

## COMUNE DI SASSUOLO

(PROVINCIA DI MODENA)

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA "SAN POLO"  
AMBITO AC SUB D2 IN SASSUOLO (MO), VIA SAN POLO.**



Proprietà: **FUTURMAC s.r.l. C.F. 02063040360 – LENZOTTI EDDA**

ING. CLAUDIO BERSELLI  
Via Montanara, 260  
41049 Sassuolo (MO)  
Tel. 0536-884178 cell. 335-471.990  
E-mail: [claudio.berselli@libero.it](mailto:claudio.berselli@libero.it)  
Pec: [claudio.berselli@ingpec.eu](mailto:claudio.berselli@ingpec.eu)

### RELAZIONE IDRAULICA

**ELABORATO G**

Sassuolo Mercoledì 20 Maggio 2020

1. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E MISURE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICHE .....	3
1.1. Normativa di riferimento.....	3
1.2. Criticità idrauliche.....	4
1.3. Inquadramento generale .....	4
1.4. Inquadramento idraulico .....	4
1.5. Cartografia tematica di riferimento .....	5
1.6. Valutazione del rischio idraulico.....	8
1.7. Opere di difesa idraulica.....	9
1.8. Conclusioni.....	10
2. PROGETTO DELLE OPERE A RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE SU SUOLO PUBBLICO NEL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA .....	10
2.1. Premessa.....	10
2.2. Normativa.....	11
2.3. Inquadramento territoriale.....	11
2.4. Sistema di drenaggio delle acque meteoriche.....	15
2.5. Calcolo delle piogge e loro trasformazione .....	15
2.5.1. Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica .....	16
2.5.2. Determinazione del coefficiente di deflusso medio.....	18

2.5.3.	Trasformazione afflussi-deflussi.....	22
2.5.4.	Dati stazione di misura .....	23
2.5.5.	Rapporto sull'elaborazione probabilistica.....	30
2.5.6.	Rapporto sulla curva di pioggia.....	35
2.5.7.	Rapporto pluviogramma sintetico .....	37
2.5.8.	Rapporto idrogramma.....	39
2.5.1.	Dimensionamento della vasca di laminazione .....	47
2.6.	Dimensionamento delle reti.....	50
2.6.1.	Dimensionamento dei condotti .....	50
2.7.	Conclusioni .....	51

## **1. VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E MISURE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICHE**

### **1.1. Normativa di riferimento**

- Deliberazione n. 5 del 17 dicembre 2015 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po è adottato il "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino fiume Po (PAI) - Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta) - Integrazioni all'Elaborato 5 (Norme di Attuazione), pubblicata in Gazzetta Ufficiale il 16.02.2016 (data di decorrenza delle misure di salvaguardia);
- D.G.R. n. 1300 del 01/08/2016 " Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione del rischio di alluvione nel settore urbanistico, ai sensi dell'art.58 elaborato n.7 (norme di attuazione) e dell'art.22 elaborato n. 5 (norme di attuazione) del progetto di variante al PAI e al PAI delta adottato dal comitato istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n. 5/2015";

## **1.2. Criticità idrauliche**

Si ricorda che, ai fini del rilascio del Permesso di Costruire o dell'efficacia della Segnalazione Certificata di Inizio Attività inerente gli immobili interessati da interventi edilizi in quanto ricadenti in area interessata dal Reticolo Secondario di Pianura (RSP), occorre prendere in considerazione le "Disposizioni specifiche" di cui al punto 5.2 dell'Allegato 1 alla D.G.R. 1300/2016 e predisporre la documentazione tecnica prevista all'ultimo capoverso di tali Disposizioni consistente in una "valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione".

## **1.3. Inquadramento generale**

Il comparto in oggetto è sito nel comune di Sassuolo in Via San Polo.

L'estensione totale del comparto è pari a 19.486 m<sup>2</sup>. La superficie viene così suddivisa.

- Superficie impermeabile, rappresentata dalla viabilità, dai parcheggi e dall'area di sedime delle abitazioni con relative aree pertinenziali pari a 3536,7 m<sup>2</sup>.
- Superficie complessiva edificabile a destinazione residenziale pari a 1775 m<sup>2</sup> con raccolta delle acque di precipitazione provenienti dalle coperture e dalle aree pertinenziale in appositi serbatoi di riserva idrica e successiva dispersione nel sottosuolo.

Le acque meteoriche drenate dalla viabilità e dai parcheggi sono così suddivise.

- Nel parcheggio posto a nord è prevista la laminazione.
- Nel parcheggio posto a sud è prevista la laminazione.
- Nel percorso ciclopedonale posto a nord è prevista la dispersione per scorrimento laterale lungo il percorso stesso.

## **1.4. Inquadramento idraulico**

Per quanto riguarda l'inquadramento idraulico il comparto è posto in destra idraulica del Fiume Secchia e dista circa 2000 m dall'alveo principale. L'altezza sul livello del mare dell'area oggetto di PUA San Polo è pari mediamente a 165 m s.l.m., mentre l'altezza sul livello del mare dell'alveo del Fiume Secchia posto ad Ovest dello stesso PUA è pari a 115 m s.l.m., conseguentemente il dislivello tra l'area oggetto d'intervento e l'alveo del Fiume Secchia è pari a 50 m. A Sud-Ovest del PUA San Polo è presente il Rio San Marco per un primo tratto a cielo libero ed in seguito tombato, posto ad una quota media di -6 m dall'asse stradale di via San Polo.

## 1.5. Cartografia tematica di riferimento

Nel presente paragrafo si riassumono le informazioni deducibili dall'analisi della cartografia tematica relativa alla pericolosità ed al rischio idraulico prodotta nell'ambito del Piano Gestione Rischio Alluvioni redatto da ADB Po (Area di Bacino Po). La cartografia fa riferimento al reticolo principale ed al reticolo secondario di pianura.

La cartografia rappresentata consiste nella mappatura del rischio di alluvioni, predisposta in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. In particolare, l'art. 6 comma 5 del D.Lgs. 49/2010 recita: “Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari di cui al comma 2 e prevedono le 4 classi di rischio di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri in data 29 settembre 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 3 del 5 gennaio 1999 [...]”.

Il D.P.C.M. 29.09.98 “Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e del D.L. 11.06.98, n. 180”, richiamato nel D.Lgs. 49/2010, definisce quattro classi di rischio:

- **R4 (rischio molto elevato):** per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- **R3 (rischio elevato):** per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale;
- **R2 (rischio medio):** per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **R1 (rischio moderato o nullo):** per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Ai fini dell'attuazione del D.Lgs. 49/2010, le mappe del rischio sono state elaborate seguendo le indicazioni di cui al documento “Indirizzi operativi per l'attuazione della direttiva 2007/60/ce relativa alla valutazione ed alla gestione dei rischi da alluvioni con riferimento alla predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni”, (MATTM, aprile 2013:

in base ai quali la definizione del concetto di rischio si basa sulla seguente formula:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

**RELAZIONE IDRAULICA**

---

dove:

- P (pericolosità): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un certo intervallo di tempo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;
- E (elementi esposti): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte ad un evento naturale;
- V (vulnerabilità): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;
- Dp (danno potenziale): grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità, funzione sia del valore che della vulnerabilità dell'elemento esposto;
- R (rischio): numero atteso di vittime, persone ferite, danni a proprietà, beni culturali e ambientali, distruzione o interruzione di attività economiche, in conseguenza di un fenomeno naturale di assegnata intensità.

L'analisi del rischio è stata svolta, pertanto, sovrapponendo, mediante procedure automatizzate su piattaforma GIS – Arcmap, alle mappe della pericolosità di alluvioni la cartografia degli elementi esposti distinti in 4 classi di danno potenziale (da D4 a D1), utilizzando l'algoritmo definito dagli “Indirizzi operativi” del MATTM, in particolare mediante la elaborazione di una matrice generale che associa le classi di pericolosità P1, P2, P3 alle classi di danno D1, D2, D3 e D4, declinata in funzione della specificità e dell'intensità dei processi attesi.

**RELAZIONE IDRAULICA**



Figura 1 - Estratto cartografia Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – MAPPA PERICOLOSITÀ

<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; ctrmultiscala</li> <li>&gt; Limiti comunali</li> <li>&gt; Reticolo Secondario di Pianura (ITN008FRMRERPOL)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>attività economica e sociali</li> </ul> </li> <li>&gt; <b>Alluvioni poco frequenti - M - P2 (ITN008FHMMRSP)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITN008C3MRSP164_003</li> </ul> </li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CAMPO</th> <th>VALORE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Codice</td> <td>ITN008C3MRSP164_003</td> </tr> <tr> <td>Ambito territoriale</td> <td>RSP</td> </tr> <tr> <td>Denominazione del Consorzio</td> <td>CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA-CENTRALE</td> </tr> <tr> <td>Denominazione corso acqua</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Codice corso acqua</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Codice scenario di alluvione</b></td> <td><b>M</b></td> </tr> <tr> <td>Codice origine alluvione</td> <td>A11</td> </tr> <tr> <td>Numero abitanti</td> <td>499437</td> </tr> </tbody> </table>	CAMPO	VALORE	Codice	ITN008C3MRSP164_003	Ambito territoriale	RSP	Denominazione del Consorzio	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA-CENTRALE	Denominazione corso acqua		Codice corso acqua		<b>Codice scenario di alluvione</b>	<b>M</b>	Codice origine alluvione	A11	Numero abitanti	499437
CAMPO	VALORE																		
Codice	ITN008C3MRSP164_003																		
Ambito territoriale	RSP																		
Denominazione del Consorzio	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA-CENTRALE																		
Denominazione corso acqua																			
Codice corso acqua																			
<b>Codice scenario di alluvione</b>	<b>M</b>																		
Codice origine alluvione	A11																		
Numero abitanti	499437																		

Figura 2 - Estratto cartografia Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – Indici

Come noto per l'area in oggetto occorre fare riferimento alla cartografia relativa al Reticolo secondario di pianura (RSP).

Da quanto mostrato nel seguito si deduce che il comparto in oggetto ricade in:

**area a media pericolosità – P2**

alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni

**RELAZIONE IDRAULICA**

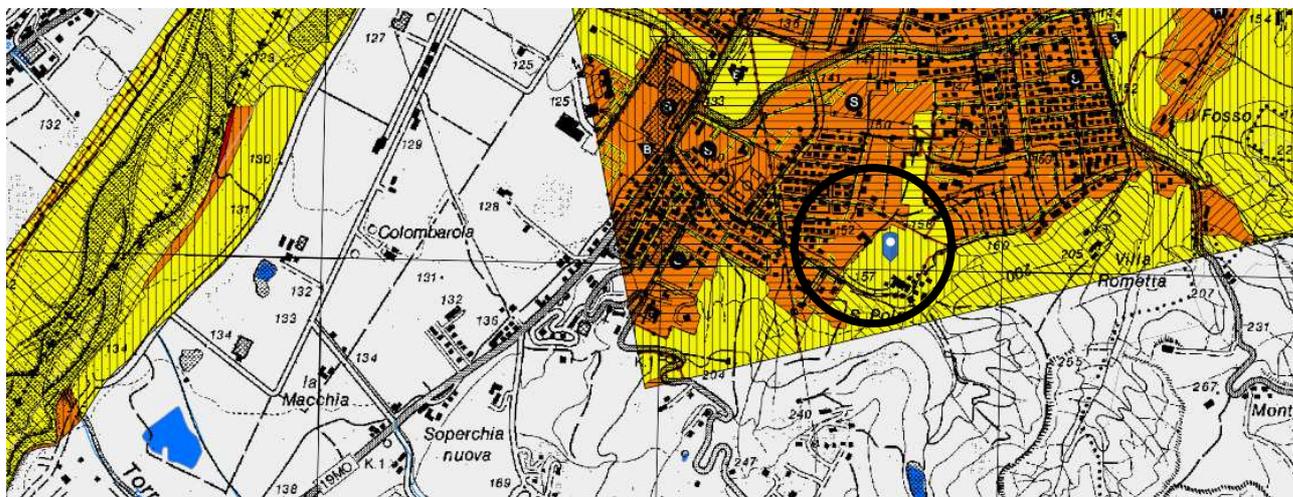


Figura 3 - Estratto cartografia Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – MAPPA DEL RISCHIO

CAMPO	VALORE
Macrocategoria europea	attività economica e sociali
Tipologia attività economiche	B43
Macrocategoria italiana	Attività produttive
Macrocategoria distretto	Culture temporanee associate a culture permanenti, Sistemi colturali e parcellari complessi e Aree con culture agricole e spazi naturali
Classe di danno	D2
Codice Comune	36040
Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura	RSP
Codice scenario di alluvione: Reticolo Secondario di Pianura	M
Classe di Rischio	R1

Da quanto mostrato nel seguito si deduce che il comparto in oggetto ricade in:

**Classe di rischio – R1 moderato o nullo**

### 1.6. Valutazione del rischio idraulico

Come indicato in precedenza il comparto è posto in destra idraulica del Fiume Secchia (reticolo principale) e dista 2000 m dall'alveo principale.

Nel presente paragrafo si descrive la metodologia adottata per verificare se il comparto in oggetto fosse oggetto di allagamenti indotti dalle piene del Fiume Secchia. L'analisi è stata condotta considerando i massimi livelli idrometrici relativi alla piena bicentenaria pubblicati da AIPO in sede di PAI. Si riporta di seguito il posizionamento del comparto nel reticolo idrografico principale e secondario.

**RELAZIONE IDRAULICA**

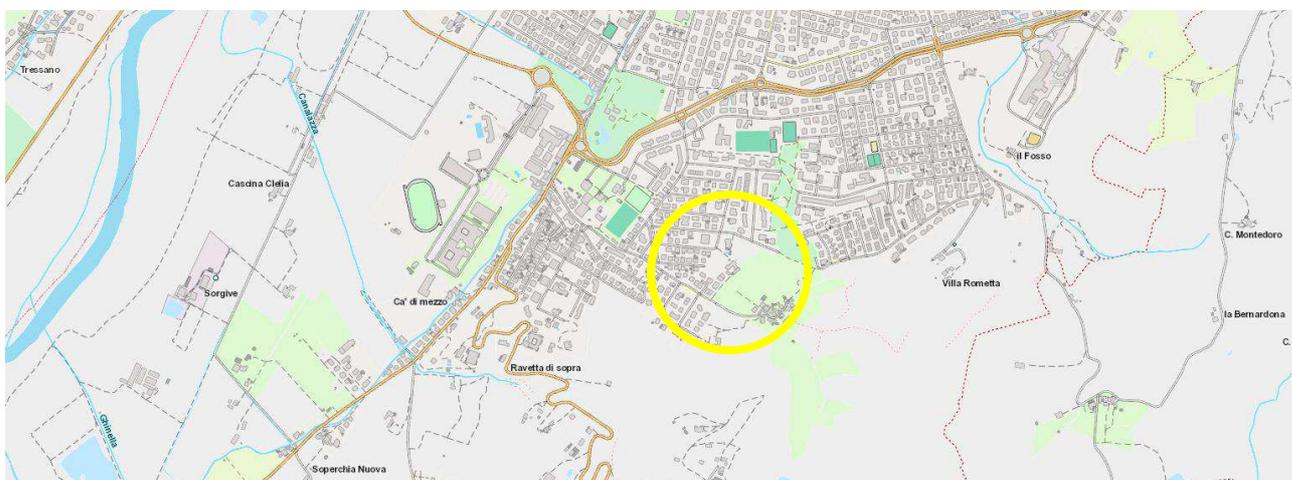


Figura 4 - Cartografia con identificazione idrografica e posizionamento del comparto.

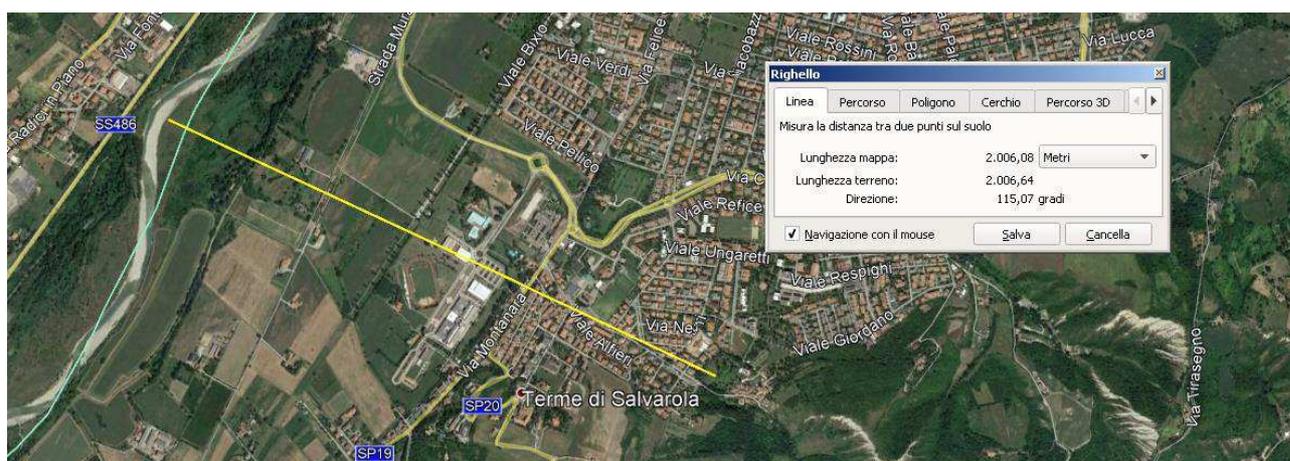


Figura 5 - Cartografia con valutazione della distanza dall'alveo del Fiume Secchia.

Dato che:

- il comparto non presenta corsi d'acqua degni di nota nei pressi dell'intervento;
- il fiume Secchia scorre ad una quota altimetrica inferiore di circa 50 metri rispetto all'area oggetto d'intervento.

si ritiene che

**non vi siano eventi critici di accadimento**

## 1.7. Opere di difesa idraulica

Nonostante si ritengano assenti eventi critici di accadimento si consiglia di porre in essere alcuni

accorgimenti progettuali di buona norma costruttiva per le eventuali porzioni interrato degli immobili. Nello specifico si raccomanda quanto segue

- che gli impianti elettrici siano realizzati ad una quota sufficiente a garantirne il funzionamento in caso di allagamento;
- di installare un sifone all'uscita delle acque nere per evitare il ritorno di queste ultime all'interno degli edifici;
- che gli impianti di condizionamento/riscaldamento siano posti in posizioni protette.

## **1.8. Conclusioni**

Lo studio idraulico è relativo al comparto AC Sub. D2 di Via San Polo – Comune di Sassuolo. Il comparto è posto in destra idraulica del Fiume Secchia e non presenta corsi d'acqua degni di nota nelle immediate vicinanze. Il comparto ricade in area a pericolosità media P2 secondo la cartografia prodotta in sede di PGRA e relativa al reticolo secondario di pianura (RSP).

Nel presente documento si è descritto lo studio idraulico dal quale non emergono particolari criticità idrauliche. Si sono tuttavia consigliati alcuni accorgimenti così come previsto nelle "Disposizioni specifiche" di cui al punto 5.2 dell'Allegato 1 alla D.G.R. 1300/2016.

## **2. PROGETTO DELLE OPERE A RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE SU SUOLO PUBBLICO NEL RISPETTO DELL'INVARIANZA IDRAULICA**

### **2.1. Premessa**

La presente relazione ha per oggetto le valutazioni di natura idraulica funzionali alla definizione della soluzione progettuale del sistema di drenaggio delle acque meteoriche e di raccolta e smaltimento delle acque reflue a servizio del PUA dell'ambito AC sub D2 "San Polo" in Sassuolo (MO), località San Polo – Via San Polo inserito nel POC 2018 del Comune di Sassuolo (MO), tenendo conto delle problematiche legate all'idraulica del territorio e della relativa sostenibilità.

Le soluzioni tecniche previste per le reti di drenaggio urbano del sub-ambito in oggetto implicano la diversificazione dei deflussi delle acque reflue di origine antropica dalle acque di origine

meteorica, così che queste ultime possano essere temporaneamente invase in uno o più bacini di laminazione atti a garantire l'invarianza idraulica della nuova edificazione.

Le valutazioni progettuali effettuate in questa sede tengono conto delle prescrizioni presenti nel PSC-RUE del Comune di Sassuolo, nel PAI dell'Autorità di Bacino del Po e delle indicazioni prescrittive dal Consorzio della Bonifica Burana; potranno comunque essere ulteriormente dettagliate nelle successive fasi progettuali in funzione delle indicazioni fornite dagli Enti gestori delle reti fognarie e idrografiche superficiali interessate.

I recapiti per le reti di drenaggio a servizio dell'area individuati dal progetto risultano essere:

- acque meteoriche: collettore fognario (acque miste) esistente lungo Via San Polo;
- acque nere: collettore fognario (acque miste) esistente lungo Via San Polo;

## **2.2. Normativa**

Ai fini della presente relazione sono state considerate le indicazioni relative al PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO e la “Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano”.

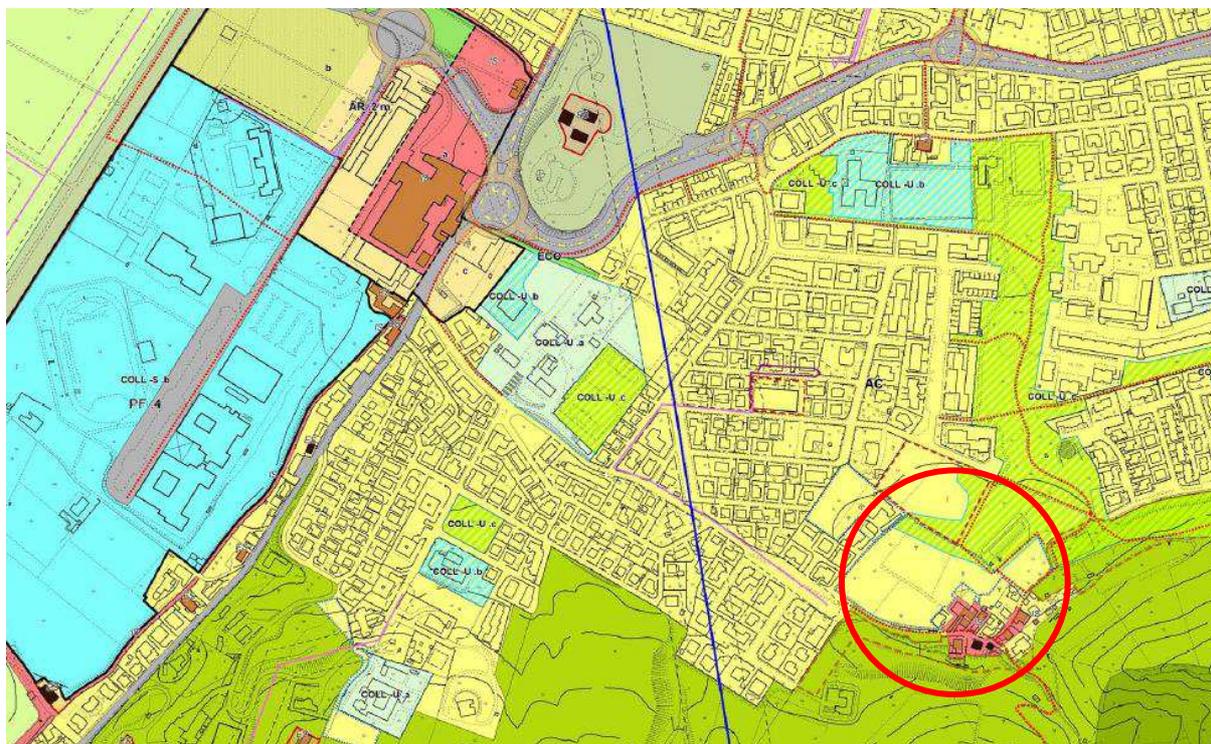
Sulla base della suddetta normativa l'area oggetto di trasformazione è classificabile come a **trascurabile impermeabilizzazione potenziale** poiché la somma delle superfici di intervento su suolo pubblico rimane inferiore a 0.1 Ha.

Al fine del dimensionamento delle opere atte a garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, sono stati effettuati considerando una durata di pioggia di **2 ore** e un tempo di ritorno di **30 anni**.

## **2.3. Inquadramento territoriale**

Dal punto di vista amministrativo il sito in esame è ubicato nel comune di Sassuolo (MO), a Sud del centro abitato del capoluogo (figura 1). Il perimetro a Sud dell'area di PUA coincide per l'intera sua estensione con l'attuale Via San Polo.

**RELAZIONE IDRAULICA**



*Figura 6 - Estratto della Tavola 1C del PSC di Sassuolo (fuori scala)*

Geograficamente la zona in esame è ubicata al passaggio tra l'alta pianura e la collina, in una zona caratterizzata da un'inclinazione molto bassa, orientata verso SE, con quote mediamente intorno a 163 m s.l.m., e si trova circa 2 km a Sud del centro storico di Sassuolo. L'elemento idrografico principale, più prossimo all'area di studio, è rappresentato dal Rio San Marco, che scorre circa 60 m a Sud dall'area oggetto d'indagine. L'unico asse viario presente è costituito da Via San Polo.

Dal punto di vista dell'uso del suolo, l'area si inserisce interamente all'interno di un ambito urbano consolidato.

L'area interessata dal Piano è identificata, nel Catasto Terreni del Comune di Sassuolo, come segue. Foglio n° 42, Mappali 114 parte, 134, 566 parte, 723 parte, 771, 772 parte, 774, 775, 780, 783, 786, 789, 790.

La superficie territoriale complessiva è pari a:

- 19.486 mq (da standard scheda POC);
- 19.486 mq (standard del PUA);
- 19.486 mq (in progetto).

RELAZIONE IDRAULICA

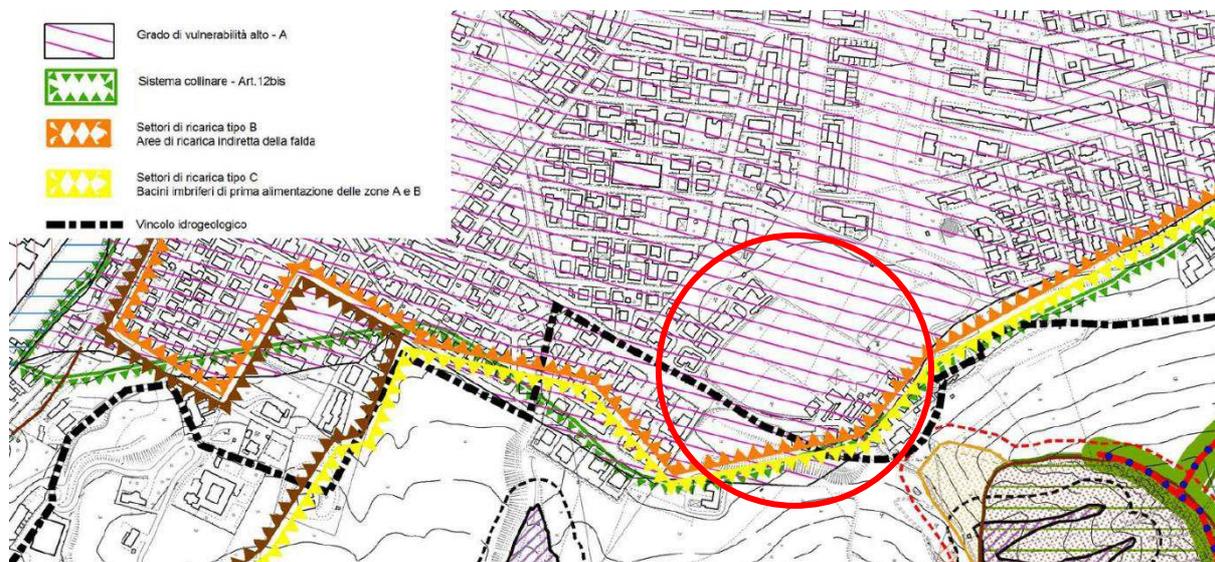


Figura 7 - Inquadramento PUA su base PSC 2011 tav. 2c Sassuolo (fuori scala)



Figura 8 - Inquadramento PUA su base catastale (fuori scala)



*Figura 9 - Inquadramento PUA su aerofotogrammetria DIGITAL GLOBE 2014*

Il progetto interessa dell'ambito AC sub D2 "San Polo" in Sassuolo (MO), località San Polo – Via San Polo inserito nel PSC 2016 del Comune di Sassuolo (MO), inserito nel POC – 2018, e prevede la costruzione di 5 unità abitative residenziali per un totale stimato di 30 A.E. potenziali. La superficie in progetto è pari a 19.486 mq. L'area verrà in parte occupata anche da parcheggi pubblici e da un breve prolungamento della via San Polo nella parte Nord – Est del Comparto. Sarà inoltre presente un attraversamento pedonale rialzato posto all'inizio del tratto adiacente al comparto oggetto d'intervento.



Figura 10 - PUA in progetto

## 2.4. Sistema di drenaggio delle acque meteoriche

Si descrivono di seguito i passaggi metodologici che hanno permesso il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche, che intercetterà le acque di dilavamento del piazzale del parcheggio posto a nord. Vengono inoltre trattati i sistemi di laminazione per i parcheggi posti a sud e per il percorso ciclopedonale in progetto.

La rete per le acque di dilavamento delle superfici del parcheggio posto a Nord immetterà nel tratto di rete mista presente nella zona a Parco posta al termine del percorso ciclopedonale in progetto.

## 2.5. Calcolo delle piogge e loro trasformazione

**RELAZIONE IDRAULICA**

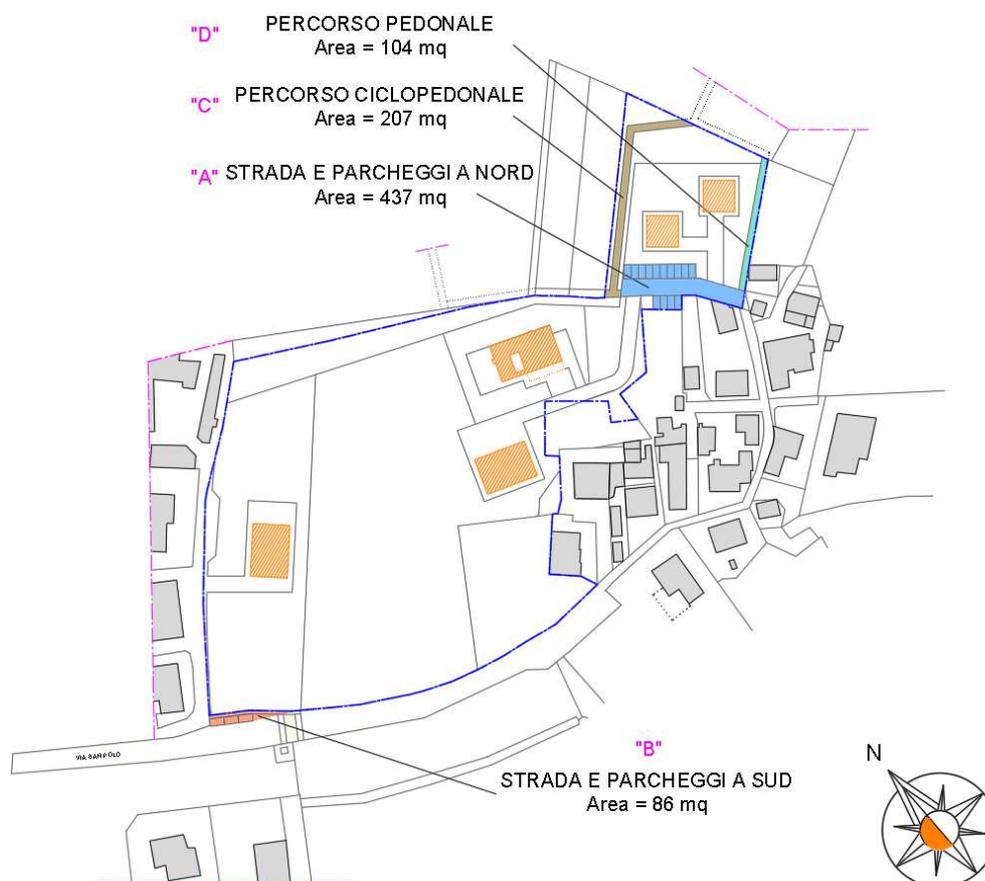


Tabella 1 – Suddivisione dei bacini di drenaggio

Come detto, l’area oggetto di studio viene suddivisa in 4 parti, “A”, “B”, “C” e “D”.

### 2.5.1. Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica

La determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è un passaggio di fondamentale importanza per caratterizzare la quantità ed intensità della precipitazione che può gravare sulla zona di progetto; a tal fine i metodi di analisi idrologica dei bacini permettono di individuare i parametri “a” ed “n” che individuano le curve di possibilità pluviometrica specifiche della zona considerata, in funzione di differenti tempi di ritorno, curve che solitamente sono esprimibili nella forma monomia:

$$h_d(t) = \alpha(t) \cdot d^n \text{ (mm)}$$

Dove:

- $h_d$  = altezza di pioggia

**RELAZIONE IDRAULICA**

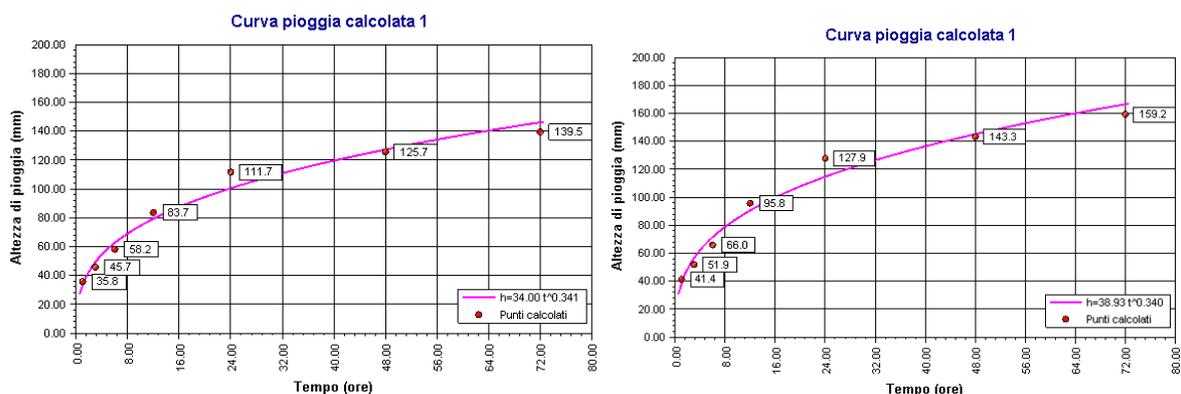
- d = durata della pioggia
- t = tempo di ritorno

I valori dei coefficienti "a" ed "n" della curva di possibilità pluviometrica media rappresentativa del bacino in esame e utilizzati nel presente lavoro, sono stati ricavati dall'analisi statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata adottata da AIPO nel "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti – Allegato 3: Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense."

Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni". In particolare, l'area d'indagine ricade all'interno della cella FR133 dell'Allegato 3.

<b>Tempo di ritorno</b> [anni]	<b>a</b>	<b>n</b>
20	34,00	0,341
50	38,93	0,340
100	42,63	0,339
200	46,31	0,339
500	51,16	0,338

*Tabella 2 - Parametri della curva di possibilità pluviometrica considerati*



RELAZIONE IDRAULICA

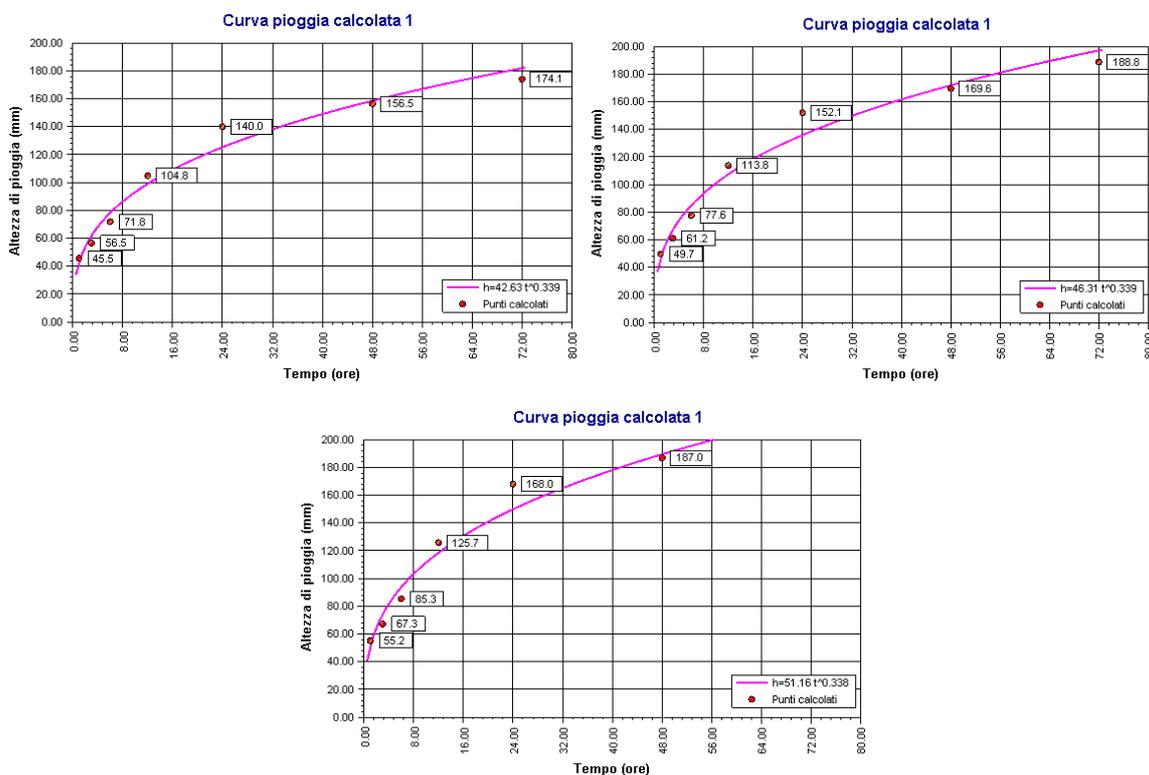


Figura 11 - Curve di pioggia – tempi di ritorno 20 – 50 – 100 – 200 – 500 anni

## 2.5.2. Determinazione del coefficiente di deflusso medio

Lo studio è mirato alla determinazione delle portate al colmo di piena al fine di stabilire l'entità delle altezze idrometriche e di conseguenza il miglior proporzionamento delle opere idrauliche obiettivo del presente progetto.

Tenendo conto, quindi, che le piene sono rappresentate da rapidi innalzamenti della superficie libera della corrente conseguenti ad un incremento di portata, che nella maggior parte dei casi è provocata da precipitazioni di forte intensità, e che tali fenomeni dipendono dalla dimensione spaziale del bacino (estensione, configurazione planimetrica e geomorfologica, modalità di deflusso) e dalla dimensione temporale (durata dell'evento di pioggia, sua intensità a parità di durata) la stima delle portate di massima piena può essere condotta attraverso due tipi d'indagine: la prima, in modo diretto, elaborando statisticamente dati di portata misurati in corrispondenza di una sezione o più sezioni; la seconda, con sistemi indiretti, che fanno ricorso a metodi empirici o a modelli matematici di trasformazione **afflussi - deflussi**.

Per le elaborazioni statistiche dei dati di portata non è stato possibile reperire registrazioni dirette effettuate sulle sezioni di chiusura del bacino in esame.

**RELAZIONE IDRAULICA**

Per quanto riguarda invece i metodi indiretti, la generazione dell'idrogramma di piena di assegnato tempo di ritorno presuppone la ricostruzione sintetica di uno ietogramma di progetto avente lo stesso tempo di ritorno dell'onda che si vuol generare.

L'idrogramma di piena scaturisce da una convoluzione dello ietogramma con l'idrogramma unitario di piena relativo al bacino da simulare.

Per **ietogramma di progetto** si intende un evento pluviometrico generato sinteticamente, con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento del reticolo superficiale di drenaggio.

Allo ietogramma di progetto viene associato un tempo di ritorno in quanto le sue caratteristiche (ad esempio l'intensità di picco, il volume totale etc.) possono, in tal modo, trovare corrispondenza in calcoli probabilistici.

In particolare è stato applicato il metodo dello **ietogramma costante**, di assegnato tempo di ritorno, che viene dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la durata dell'evento.

Non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alla rete idrica superficiale, vi sono infatti fenomeni idrologici legati all'infiltrazione ed all'immagazzinamento di acque nelle depressioni superficiali che incidono sul volume d'acqua piovuta.

Un metodo per ottenere la pioggia netta è quello del CN (**Curve Number**) del Soil Conservation Service statunitense.

L'indice CN (Curve Number), compreso tra 0 e 100, è diffusamente tabulato nella letteratura statunitense.

Una tabella abbastanza esauriente è quella riportata di seguito (si tenga presente che i tipi di suolo A, B, C, D si riferiscono alla classificazione del Soil Conservation Service riportata subito in coda).

**Aree extra urbane**

Tipo di copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
<b>Terreno coltivato</b>				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
<b>Terreno da pascolo cattive condizioni</b>				
buone condizioni	39	61	74	80
<b>Praterie</b>				
Buone condizioni	30	58	71	78
<b>Terreni boscosi o forestati terreno sottile, sottobosco povero</b>				
senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77

**RELAZIONE IDRAULICA**

<b>Spazi aperti, prati rasati, buone condizioni con almeno il 75%</b>				
dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84

*Tabella 3 - Indici CN per tipologia di suolo nelle aree extraurbane*

**Aree urbane**

Tipo di copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Aree commerciali (impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabile 72%)	81	88	91	93
<b>Aree residenziali impermeabilità media %</b>				
65	77	85	90	92
38	61	75	83	87
30	57	72	81	86
25	54	70	80	85
20	51	68	79	84
Parcheggi impermeabili, tetti	98	98	98	98
<b>Strade</b>				
pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

*Tabella 4 - Indici CN per tipologia di suolo nelle aree urbane*

I valori riportati in questa tabella si riferiscono alla condizione di umidità precedente all'inizio dell'evento di tipo standard (Antecedent moisture condition (AMC) tipo 2 in letteratura); per condizioni antecedenti all'evento molto umide (AMC tipo 3) o molto asciutte (AMC tipo 1) viene consigliata dallo stesso SCS la seguente tabella di conversione:

Classe AMC					
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74
78	90	96	31	50	70
70	85	94	22	40	60
63	80	91	15	30	50
57	75	88	9	20	37
51	70	85	4	10	22

**RELAZIONE IDRAULICA**

45                      65                                      82    0    0    0

*Tabella 5 - Tabella di conversione*

<b>Gruppo</b>	<b>Descrizione</b>
<b>B</b>	<b>Scarsa potenzialità di deflusso.</b> Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
<b>C</b>	<b>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa.</b> Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
<b>D</b>	<b>Potenzialità di deflusso moderatamente alta.</b> Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
<b>E</b>	<b>Potenzialità di deflusso molto alta.</b> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza dalla superficie.

*Tabella 6 - caratteristiche di permeabilità del suolo secondo la suddivisione del Soil Conservation Service*

Nello studio sono stati considerati terreni prevalentemente di tipo limo - argilloso, che possono essere considerati nella tabella precedente tra C e D.

Le destinazioni d’uso hanno quindi permesso di attribuire un valore del parametro CN, dedotto in condizioni medie di umidità del terreno, in relazione al rapporto di copertura delle superfici. In particolare, per ciò che riguarda le trasformazioni dovute al nuovo insediamento, si sono considerate le seguenti estensioni superficiali per i diversi bacini.

- **Bacino “A” – Parcheggio Nord e Strada: 0.0437 Ha**
- **Bacino “B” – Parcheggio Sud: 0.0086 Ha**
- **Bacino “C” – Percorso ciclopedonale: 0.0207 Ha**
- **Bacino “D” – Percorso pedonale: 0.0104 Ha**

Alle superfici è stato assegnando cautelativamente un **CN 98** (Curve Number).

Vengono anche considerate le perdite che avvengono nel bacino per effetto dell’immagazzinamento nelle depressioni superficiali del terreno. Nel caso di terreni impermeabili, i volumi invasati nelle depressioni superficiali sono sottratti alla precipitazione depurata della quota parte infiltratesi, nel caso di terreni impermeabili si farà riferimento alla pioggia lorda.

La tabella seguente (Pecher 1969-1970) si riferisce al volume massimo di acqua ritenibile nelle depressioni superficiali, una volta riempite.

<b>Tipo di superficie</b>	<b>Volume sottratto</b>
Perdite dovute al velo d'acqua	(mm)
Aree impermeabili (tetti, strade asfaltate, marciapiedi)	0.2 – 0.5
Aree permeabili (giardini, parchi, terreno arabile)	0.5 – 5.0
<b>Perdite dovute al riempimento di depressioni</b>	
Aree permeabili molto lisce	0.2 – 0.4
Aree impermeabili lisce	0.5 – 0.7
Aree coperte con scarsa vegetazione, prati, pascoli	0.6 – 2.5
Aree coperte con densa vegetazione	2.5 – 4.0

*Tabella 7 - Volume ritenibile sulle superfici (Pecher, 1969-1970)*

Per quanto attiene il valore del parametro  $I_a$  (Initial abstraction o depurazione iniziale) il Soil Conservation Service consiglia di assumere  $I_a = 0.2 S'$  che conduce, a detta di parecchi Autori, a valori eccessivamente alti di  $I_a$  e quindi a sottostime dei volumi di piena.

Nell'uso pratico e per scopi progettuali si adottano per  $I_a$  valori non superiori a 2-4 mm come risulta dalla tabella sopra riportata e che può essere convenientemente utilizzata nel caso dei bacini modenesi.

Nel nostro caso si è scelto di considerare  **$I_a = 2 \text{ mm}$**

### **2.5.3. Trasformazione afflussi-deflussi**

Per la determinazione dei valori di deflusso immessi nella rete fognaria è stato utilizzato il modello di calcolo proposto dal Soil Conservation Service, il metodo metodo CN -SCS, che consente, a partire da una precipitazione nota o da una curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, sia la determinazione del volume della piena e della sua portata al colmo sia, qualora di interesse, la completa ricostruzione dell'idrogramma.

Il metodo assume che nell'evento di piena il volume specifico del deflusso superficiale,  $P_n$ , sia proporzionale a quello precipitato,  $I$ , depurato dell'assorbimento iniziale,  $I_a$ , in ragione del rapporto tra il volume specifico infiltrato,  $F$ , ed un volume specifico,  $S$ , che caratterizza la massima ritenzione idrica potenziale del terreno.

Per i tre bacini analizzati è stato ripetuto il calcolo di seguito riportato. Si riporta il calcolo analitico per

il bacino "A" ed i risultati dei rimanenti bacini "B" e "C".

## **2.5.4. Dati stazione di misura**

Rapporto sulla stazione di misura:

**Sassuolo**

### **Descrizione**

Stazione acquisita da Hydronline

### **Dati Stazione**

**Codice:** 8237

**Bacino:**

**Comune:**

**Quota:** 121.0 m s.l.m.

**Latitudine:** 44,530000

**Longitudine:** 10,720000

### **Dati Serie**

**Serie presenti:** 12

**Durate presenti:** 5 minuti, 10 minuti, 15 minuti, 20 minuti, 30 minuti, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore

**Minima dimensione serie:** 1

**Massima dimensione serie:** 35

Serie n. 1	
Nome della serie	5 minuti
Durata	5 minuti
Descrizione	

Serie n. 2	
Nome della serie	10 minuti
Durata	10 minuti

**RELAZIONE IDRAULICA**

Serie n. 2	
Descrizione	

Serie n. 3	
Nome della serie	15 minuti
Durata	15 minuti
Descrizione	

Serie n. 4	
Nome della serie	20 minuti
Durata	20 minuti
Descrizione	

Serie n. 5	
Nome della serie	30 minuti
Durata	30 minuti
Descrizione	

Serie n. 6	
Nome della serie	1 ora
Durata	1 ora
Descrizione	

Serie n. 7	
Nome della serie	3 ore
Durata	3 ore
Descrizione	

Serie n. 8	
Nome della serie	6 ore
Durata	6 ore
Descrizione	

Serie n. 9	
Nome della serie	12 ore
Durata	12 ore
Descrizione	

**RELAZIONE IDRAULICA**

Serie n. 10	
Nome della serie	24 ore
Durata	24 ore
Descrizione	

Serie n. 11	
Nome della serie	2 giorni
Durata	48 ore
Descrizione	

Serie n. 12	
Nome della serie	3 giorni
Durata	72 ore
Descrizione	

**Serie osservazioni**

n	Durate											
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
1	10.6	7.4	9.0	13.2	25.0	45.0	33.0	50.0	68.0	118.0	138.0	153.0
2	-	-	14.7	10.4	15.0	23.0	42.0	55.0	75.0	53.0	71.3	72.3
3	-	-	15.6	11.0	9.5	16.5	23.2	28.5	47.0	96.5	71.3	73.1
4	-	-	8.0	-	14.0	21.0	33.0	44.3	50.7	70.7	79.5	84.3
5	-	-	13.0	-	11.5	11.1	22.0	38.5	63.0	62.0	41.6	44.0
6	-	-	10.0	-	16.7	21.7	29.2	30.0	35.0	76.6	100.8	102.6
7	-	-	15.2	-	22.0	26.0	34.0	46.0	77.0	41.0	82.8	111.8
8	-	-	16.8	-	11.0	16.0	25.2	40.2	54.2	101.0	114.0	117.4
9	-	-	30.8	-	16.8	20.6	34.0	38.4	49.0	76.2	75.8	78.6
10	-	-	-	-	12.8	25.8	35.0	42.0	69.0	69.8	95.0	95.0
11	-	-	-	-	7.0	9.8	27.2	38.2	65.6	80.4	84.6	109.2
12	-	-	-	-	12.0	16.4	24.4	34.2	49.2	107.6	69.2	89.2

**RELAZIONE IDRAULICA**

n	Durate											
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
13	-	-	-	-	50.0	19.2	23.6	29.2	39.4	72.6	74.6	74.6
14	-	-	-	-	10.2	15.4	20.8	30.2	40.0	54.4	93.4	110.8
15	-	-	-	-	16.4	54.4	57.8	57.8	57.8	52.0	45.8	48.0
16	-	-	-	-	-	15.4	25.2	32.6	40.8	64.2	123.8	123.8
17	-	-	-	-	-	18.6	34.0	52.0	79.2	61.4	72.8	73.0
18	-	-	-	-	-	21.0	32.0	39.6	71.6	106.6	70.4	80.2
19	-	-	-	-	-	19.0	19.8	24.0	34.0	97.6	63.4	74.8
20	-	-	-	-	-	21.0	25.8	32.2	46.0	59.6	71.8	75.4
21	-	-	-	-	-	21.2	29.2	29.8	33.6	51.4	66.4	70.6
22	-	-	-	-	-	22.2	22.4	24.0	32.8	54.8	111.4	113.6
23	-	-	-	-	-	34.4	35.4	35.4	35.4	42.6	121.6	134.6
24	-	-	-	-	-	17.6	43.0	60.8	71.6	45.0	53.2	77.6
25	-	-	-	-	-	16.2	16.2	24.0	31.8	74.8	92.2	117.6
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.0	52.2	59.2
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.8	73.8
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109.4	109.6
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.6	65.2
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.2	88.4
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.6	81.2
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55.0	55.2
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.6	85.0
34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.0	59.0
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97.0	108.0

**Dati Statistici**

**RELAZIONE IDRAULICA**

Parametro	Durate											
	5 minuti	10 minuti	15 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
Dimensione campione	1	1	9	3	15	25	25	25	25	26	35	35
Somma dei dati	10.6	7.4	133.1	34.6	249.9	548.5	747.4	956.9	1316.7	1830.8	2812.1	3089.7
Valore minimo	10.6	7.4	8.0	10.4	7.0	9.8	16.2	24.0	31.8	41.0	41.6	44.0
Valore massimo	10.6	7.4	30.8	13.2	50.0	54.4	57.8	60.8	79.2	118.0	138.0	153.0
Valore medio	10.60	7.40	14.79	11.53	16.66	21.94	29.90	38.28	52.67	70.42	80.35	88.28
Dev. standard	NaN	NaN	6.77	1.47	10.35	9.80	8.90	10.60	15.88	22.33	23.33	25.19
Coeff. variazione	NaN	NaN	0.458	0.128	0.622	0.447	0.298	0.277	0.302	0.317	0.290	0.285
Coeff. asimmetria	0.000	0.000	1.806	1.415	2.654	2.120	1.287	0.603	0.243	0.609	0.630	0.499

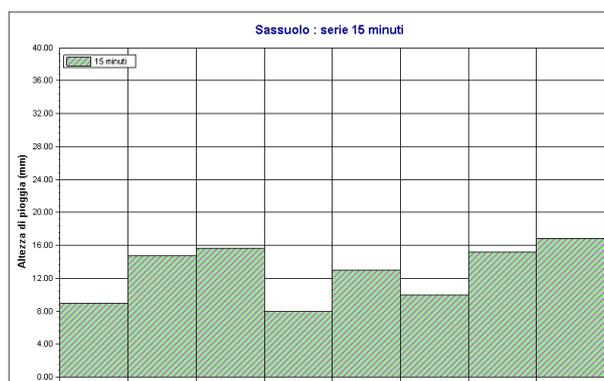


Figura 12 - Sassuolo. 15 minuti. Durata 15 minuti

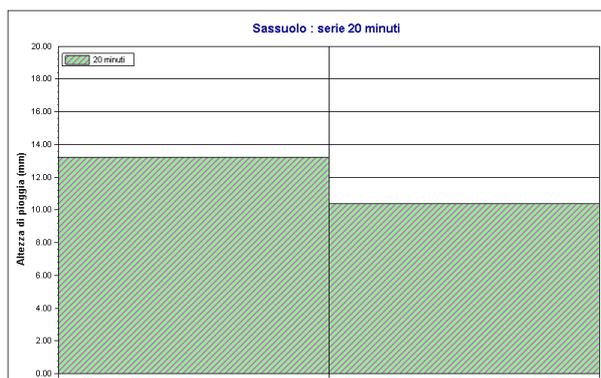


Figura 13 - Sassuolo 20 minuti. Durata 20 minuti

**RELAZIONE IDRAULICA**

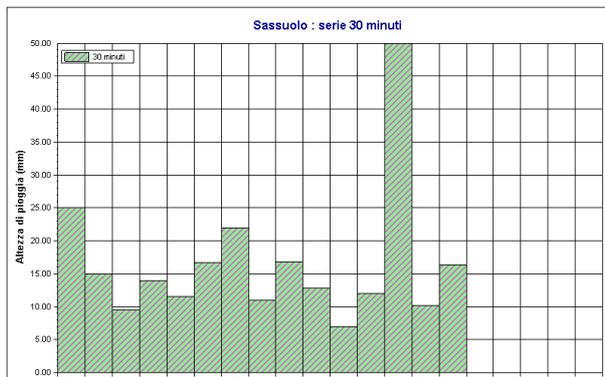


Figura 14 - Sassuolo 30 minuti. Durata 30 minuti

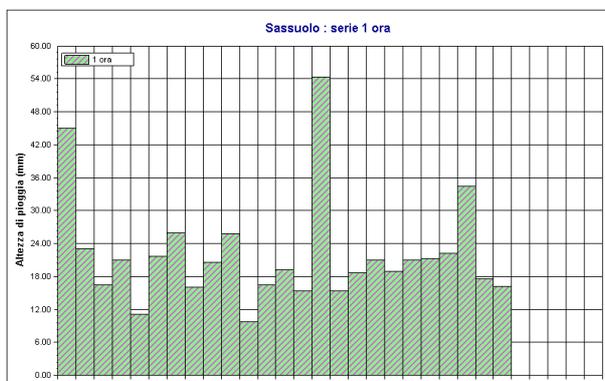


Figura 15 - Sassuolo 1 ora. Durata 1 ora

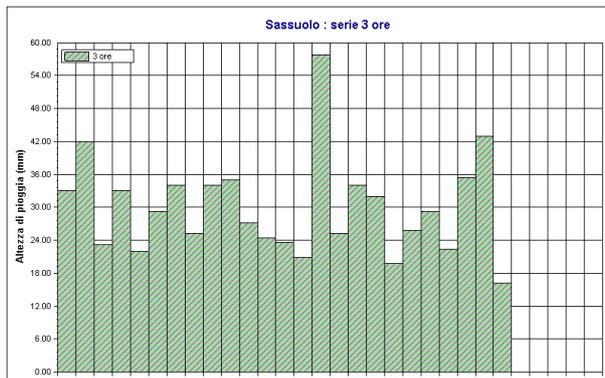


Figura 16 - Sassuolo 3 ore. Durata 3 ore

**RELAZIONE IDRAULICA**

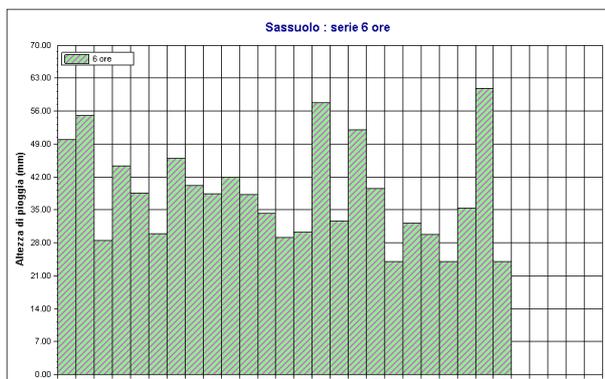


Figura 17 - Sassuolo 6 ore. Durata 6 ore

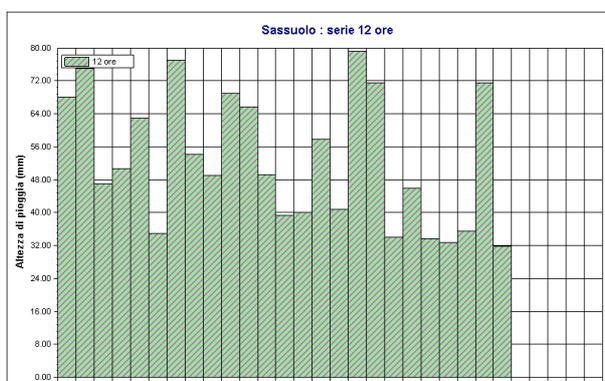


Figura 18 - Sassuolo 12 ore. Durata 12 ore

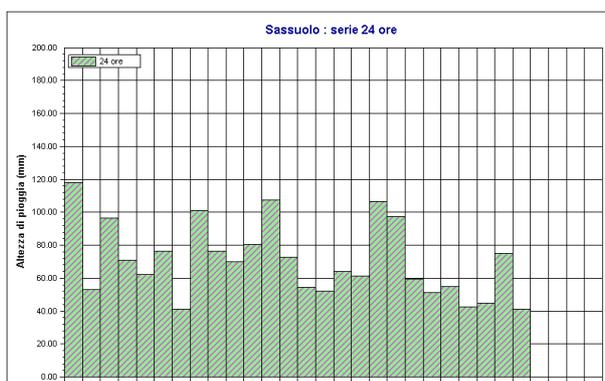
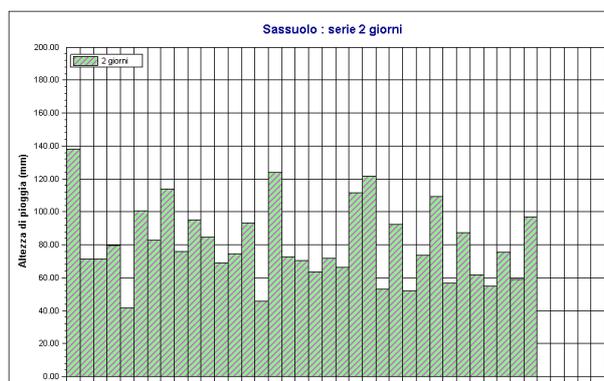
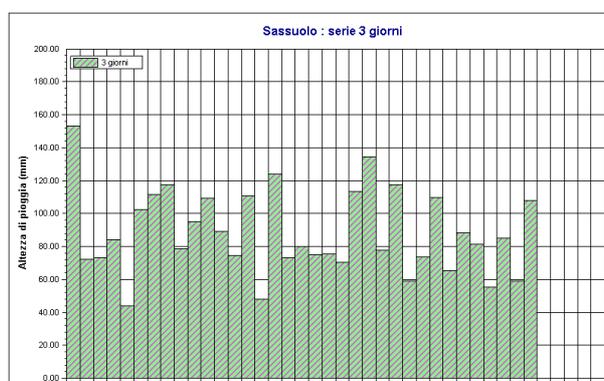


Figura 19 - Sassuolo 24 ore. Durata 24 ore

**RELAZIONE IDRAULICA**



*Figura 20 - Sassuolo 2 giorni. Durata 48 ore*



*Figura 21 - Sassuolo 3 giorni. Durata 72 ore*

**2.5.5. Rapporto sull'elaborazione probabilistica**

**Elaborazione Gumbel 1**

L'insieme dei valori  $x$  assunti da una generica grandezza idrologica può essere considerato una variabile casuale  $X$  la cui popolazione è costituita dall'insieme di tutti i valori che la  $x$  ha assunto per il passato o potrà assumere in futuro.

La serie statistica costituita dagli  $n$  valori  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$  assunti dalla  $x$  in una determinata stazione di misura, può essere considerato come un campione di dimensione  $n$  tratto a caso dalla popolazione della  $X$ .

Ci si propone di risalire dalla composizione nota del campione a quella incognita della popolazione, tenendo però bene in conto che, per difetto di campionatura, la composizione del primo può scostarsi, più o meno, da quella della seconda.

All'interno di una generica variabile casuale  $Z$ , definita variabile originaria, si considera un campione

**RELAZIONE IDRAULICA**

di dimensione  $k$  di osservazioni tratte a caso dalla popolazione della  $z$  e si assume come variabile il massimo valore  $x=z_k$  assunto da  $z$  fra le osservazioni del campione.

Posto che dalla popolazione della  $z$  possono pensarsi tratti infiniti campioni di dimensione  $k$  e posto che  $z_k$  assume di volta in volta valori diversi, alla distribuzione della variabile originaria  $z$  si può associare quella del valore massimo in un campione di dimensione  $k$ .

Ciò premesso, la funzione di ripartizione  $F(x)$  del massimo valore  $x=z_k$ , raggiunto dalla variabile originaria  $z$  in un campione di dimensione  $k$ , misura la probabilità che  $x$  risulti inferiore o al più eguale a un assegnato valore.

Se fosse nota la funzione di ripartizione  $F(z)$  della  $z$ ,  $F(x)$ , in base al quinto assioma del calcolo delle probabilità, sarebbe definito a mezzo della relazione:

$$\Phi(x = z_k) = [\Phi(z)]^k$$

se le  $k$  osservazioni che costituiscono il campione sono indipendenti una dall'altra.

In effetti la  $F(z)$  raramente è nota. Quando però si considerino campioni di grande dimensione, sicché i valori massimi  $z_k$  risultano spostati nel campo dei valori più grandi della  $x$ , ai fini applicativi è sufficiente conoscere l'andamento della  $F(z)$  in prossimità dei valori massimi e dedurre da questo l'andamento assunto dalla  $F(x)$  per diversi valori di  $k$ , in particolare esaminando se essa tende a una forma asintotica al crescere di  $k$  all'infinito.

Nel campo dell'idrologia la  $F(z)$  risulta generalmente di tipo esponenziale.

Sia  $\varepsilon$  il valore di  $z$  che ci si deve attendere che venga superato una volta su  $k$  (estremo atteso), per cui:

$$k[1 - \Phi(z = \varepsilon)] = 1$$

considerando il parametro  $a=kF(z=\varepsilon)$  che misura la rapidità con cui  $\varepsilon$  varia al variare di  $k$  (intensità di funzione) e sviluppando in serie di Taylor la funzione  $F(z)$  in prossimità di  $\varepsilon$  e si può dimostrare che per grandi valori di  $z$ , quale che sia  $F(z)$ , risulta:

$$\Phi(z) = 1 - \frac{1}{k} e^{-\alpha(x-\varepsilon)}$$

$$\Phi(x) = \left[ 1 - \frac{1}{k} \cdot e^{-\alpha(x-\varepsilon)} \right]^k$$

che tende, per  $k$  tendente ad infinito, alla funzione asintotica:

$$\Phi(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$$

che viene perciò definita legge asintotica del massimo valore, o legge doppio esponenziale o legge di

**RELAZIONE IDRAULICA**

Gumbel.

I parametri  $\alpha$  ed  $\varepsilon$  sono legati alla media  $h$  e allo scarto quadratico medio  $s$  della  $x$  dalle relazioni:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma = \frac{\sigma}{1,28255}$$

$$\varepsilon = \eta - 0,450 \sigma$$

**Dati Elaborazione**

Stazione di misura: Sassuolo

Distribuzione probabilistica: Gumbel

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 7 (5 minuti, 10 minuti, 15 minuti, 20 minuti, 30 minuti, 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore)

Elaborazioni valide: 7 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore)

**Stima parametri**

Parametro	Durate						
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
Dimensione campione	25	25	25	25	26	35	35
Valore medio	21.94	29.90	38.28	52.67	70.42	80.35	88.28
Dev. standard	9.80	8.90	10.60	15.88	22.33	23.33	25.19
Alfa	0.1679	0.1507	0.1198	0.0771	0.0576	0.0529	0.0471
Epsilon	18.159	26.020	33.401	45.124	60.166	69.563	76.451

**Espressioni delle CDF della distribuzione**

Gumbel: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.168 (x - 18.159) \right) \right]$
Gumbel: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.151 (x - 26.020) \right) \right]$
Gumbel: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.120 (x - 33.401) \right) \right]$

**RELAZIONE IDRAULICA**

Gumbel: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.077 (x - 45.124) \right) \right]$
Gumbel: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.058 (x - 60.166) \right) \right]$
Gumbel: 2 giorni	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.053 (x - 69.563) \right) \right]$
Gumbel: 3 giorni	$F_x(x) = \exp \left[ -\exp \left( -0.047 (x - 76.451) \right) \right]$

**Fratili distribuzioni probabilistiche**

Tempi di ritorno	Durate						
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
2 anni	20.34	28.45	36.46	49.88	66.53	76.49	84.23
5 anni	27.09	35.97	45.92	64.59	86.21	97.90	108.28
10 anni	31.56	40.95	52.19	74.32	99.23	112.08	124.20
20 anni	35.84	45.73	58.20	83.66	111.73	125.68	139.47
50 anni	41.39	51.91	65.98	95.75	127.90	143.29	159.24
100 anni	45.55	56.55	71.80	104.81	140.03	156.48	174.06
200 anni	49.69	61.16	77.61	113.84	152.10	169.62	188.82
500 anni	55.16	67.25	85.27	125.75	168.04	186.97	208.29
1000 anni	59.29	71.85	91.06	134.75	180.08	200.07	223.01

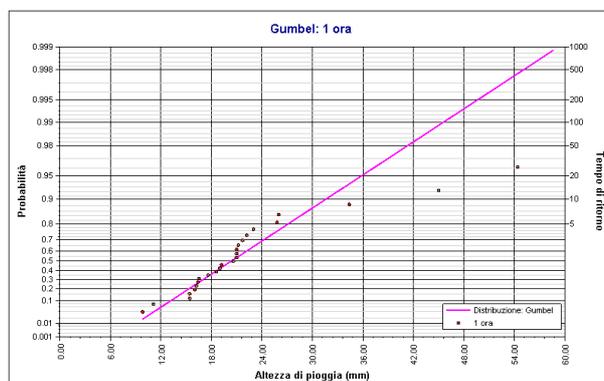


Figura 22 -Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 1 ora. Durata 1 ora

RELAZIONE IDRAULICA

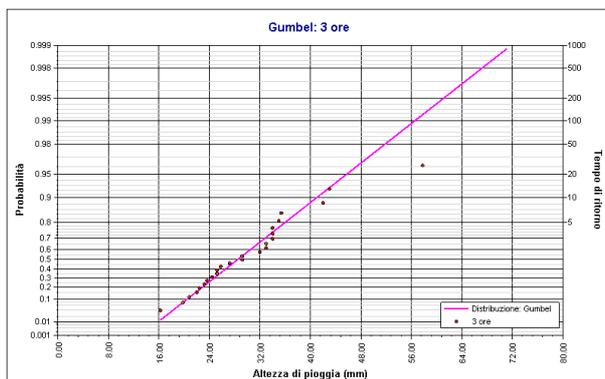


Figura 23 -Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 3 ore. Durata 3 ore

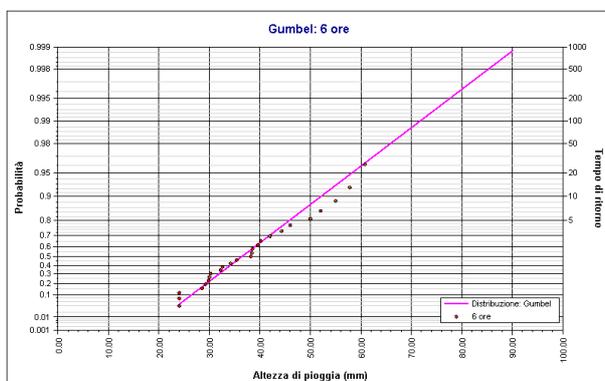


Figura 24 -Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 6 ore. Durata 6 ore

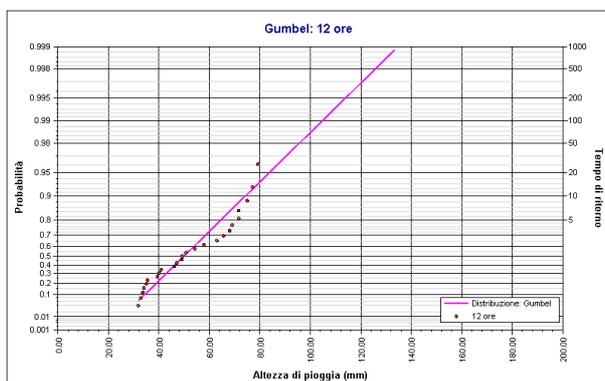


Figura 25 -Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 12 ore. Durata 12 ore

**RELAZIONE IDRAULICA**

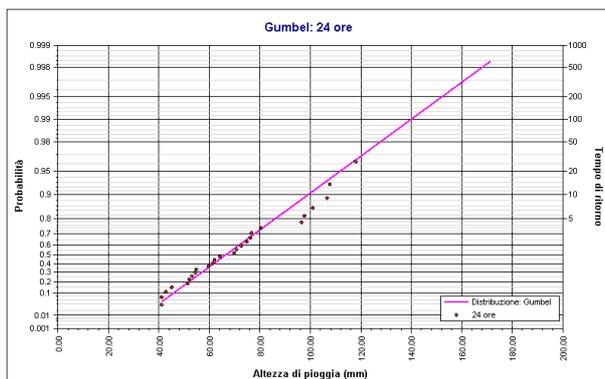


Figura 26 -Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 24 ore. Durata 24 ore

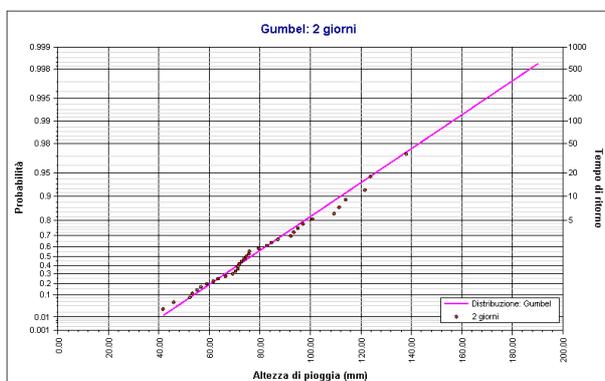


Figura 27 - Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 2 giorni. Durata 48 ore

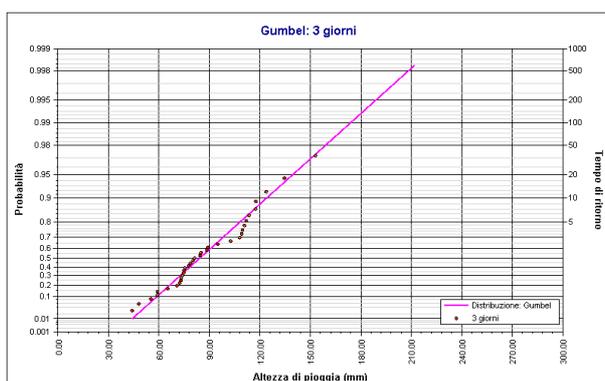


Figura 28 - Elaborazione Gumbel 1. Gumbel: 3 giorni. Durata 72 ore

**2.5.6. Rapporto sulla curva di pioggia**

**Curva pioggia calcolata 1**

**RELAZIONE IDRAULICA**

**Dati Curva di pioggia**

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione Gumbel 1

Tempo di ritorno: 30.000 anni

Numero punti: 7

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore, 48 ore, 72 ore

**Tabella punti di calcolo**

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	38.310
2	3.000	180	48.477
3	6.000	360	61.654
4	12.000	720	89.035
5	24.000	1440	118.918
6	48.000	2880	133.507
7	72.000	4320	148.259

**Risultati interpolazione**

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
36.19	0.34	0.99	$h(t) = 36.2 t^{0.340}$

**Valori curva di pioggia**

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	36.194	9	76.481	17	94.973
2	45.829	10	79.274	18	96.839
3	52.613	11	81.889	19	98.638
4	58.028	12	84.351	20	100.376
5	62.608	13	86.682	21	102.058
6	66.618	14	88.897	22	103.687
7	70.208	15	91.010	23	105.268
8	73.474	16	93.032	24	106.805

Per il dimensionamento delle opere di laminazione in progetto viene considerato un tempo di ritorno

**RELAZIONE IDRAULICA**

pari a 30 anni a cui corrisponde la seguente curva di pioggia.

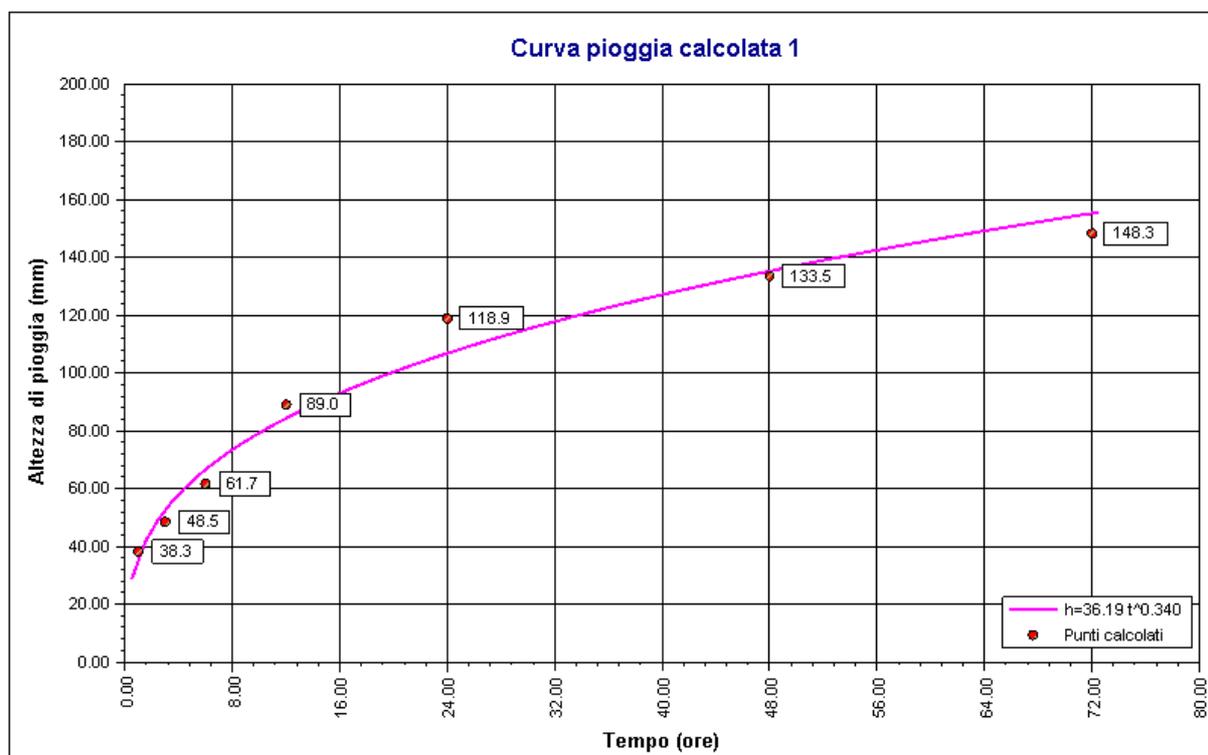


Figura 29 - Curva di pioggia – tempo di ritorno 30 anni

### 2.5.7. Rapporto pluviogramma sintetico

#### Pluviogramma sintetico 3

#### Dati Pluviogramma

- Tipo: Pluviogramma sintetico
- Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 1
- Durata: 2.000 ore
- Altezza di pioggia complessiva: 45.829 mm
- Intervallo di discretizzazione: 5

#### Curva di pioggia

**RELAZIONE IDRAULICA**

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
36.19	0.34	$h(t) = 36.2 t^{0.340}$

**Tabella pluviogramma**

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	0.659
2	0.083	0.167	5	10	0.699
3	0.167	0.250	10	15	0.746
4	0.250	0.333	15	20	0.801
5	0.333	0.417	20	25	0.868
6	0.417	0.500	25	30	0.950
7	0.500	0.583	30	35	1.057
8	0.583	0.667	35	40	1.199
9	0.667	0.750	40	45	1.401
10	0.750	0.833	45	50	1.721
11	0.833	0.917	50	55	2.323
12	0.917	1.000	55	60	4.134
13	1.000	1.083	60	65	15.530
14	1.083	1.167	65	70	2.911
15	1.167	1.250	70	75	1.966
16	1.250	1.333	75	80	1.540
17	1.333	1.417	80	85	1.290
18	1.417	1.500	85	90	1.122
19	1.500	1.583	90	95	1.000
20	1.583	1.667	95	100	0.907
21	1.667	1.750	100	105	0.833
22	1.750	1.833	105	110	0.772
23	1.833	1.917	110	115	0.721
24	1.917	2.000	115	120	0.679

**RELAZIONE IDRAULICA**

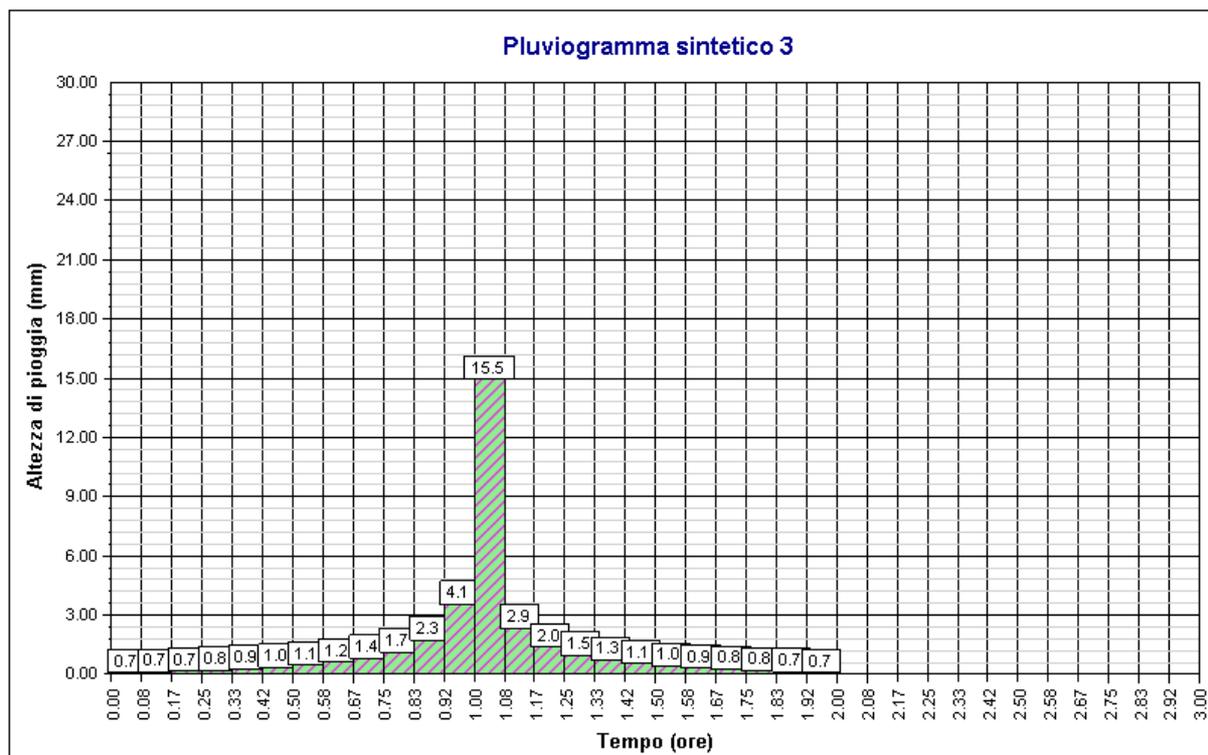


Figura 30 -Pluviogramma sintetico 3

### 2.5.8. Rapporto idrogramma

#### Idrogramma SCS 1

##### Modello SCS-CN

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

**RELAZIONE IDRAULICA**

R è il deflusso fino all'istante t (mm)

P è la precipitazione fino all'istante t (mm)

S sono le perdite fino all'istante t (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite S e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione, S' (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S'.

Considerando che un'aliquota di P si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo Ia (mm) la perdita iniziale (Initial abstraction).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN (Curve Number) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo tLAG (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre tLAG=0,6 tC con tC tempo di corrivazione del bacino in esame.

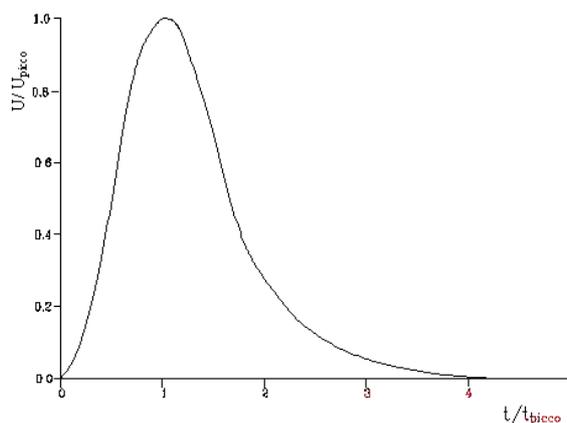
L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

**RELAZIONE IDRAULICA**

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in km<sup>2</sup>.



Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

**Dati Idrogramma**

- Tipo: Idrogramma SCS
- Pluviogramma di input: Pluviogramma sintetico 3
- Superficie del bacino: 0.000437 kmq
- Tlag: 0.250 ore
- Astrazione iniziale: 2.0 mm
- Curve Number: 98.0
- Intervallo di calcolo: 5 minuti

**Tabella idrogramma**

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	0.659	0.659	0.000	0.0000
2	0.083	5	0.699	0.699	0.000	0.0000

**RELAZIONE IDRAULICA**

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
3	0.167	10	0.746	0.744	0.002	0.0000
4	0.250	15	0.801	0.668	0.132	0.0000
5	0.333	20	0.868	0.550	0.317	0.0000
6	0.417	25	0.950	0.464	0.486	0.0000
7	0.500	30	1.057	0.401	0.656	0.0001
8	0.583	35	1.199	0.354	0.845	0.0003
9	0.667	40	1.401	0.320	1.081	0.0004
10	0.750	45	1.721	0.301	1.420	0.0007
11	0.833	50	2.323	0.301	2.022	0.0009
12	0.917	55	4.134	0.361	3.774	0.0012
13	1.000	60	15.530	0.599	14.931	0.0017
14	1.083	65	2.911	0.058	2.853	0.0031
15	1.167	70	1.966	0.034	1.931	0.0054
16	1.250	75	1.540	0.025	1.516	0.0072
17	1.333	80	1.290	0.019	1.271	0.0073
18	1.417	85	1.122	0.016	1.106	0.0062
19	1.500	90	1.000	0.014	0.986	0.0047
20	1.583	95	0.907	0.012	0.895	0.0036
21	1.667	100	0.833	0.010	0.822	0.0029
22	1.750	105	0.772	0.009	0.763	0.0023
23	1.833	110	0.721	0.008	0.713	0.0020
24	1.917	115	0.679	0.008	0.671	0.0017
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.0015
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.0013
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.0010
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	0.0007
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	0.0005
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	0.0003
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.0002
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.0001
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.0001
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.0000
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.0000
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.0000
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.0000
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.0000
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.0000
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.0000
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0000

**RELAZIONE IDRAULICA**

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
42	3.417	205	0.000	0.000	0.000	0.0000
43	3.500	210	0.000	0.000	0.000	0.0000
44	3.583	215	0.000	0.000	0.000	0.0000
45	3.667	220	0.000	0.000	0.000	0.0000
46	3.750	225	0.000	0.000	0.000	0.0000
47	3.833	230	0.000	0.000	0.000	0.0000
48	3.917	235	0.000	0.000	0.000	0.0000
49	4.000	240	0.000	0.000	0.000	0.0000

**Tabella risultati – Bacino "A"**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.0073	mc/s
Istante picco	1.333	ore
Istante picco	80.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	20	mc x 1000
Volume deflusso	17	mc x 1000
Altezza afflusso	45.829	mm
Altezza deflusso	39.350	mm
Coeff. deflusso	0.86	-
Coeff. udometrico	16.62	mc/s/kmq

**RELAZIONE IDRAULICA**

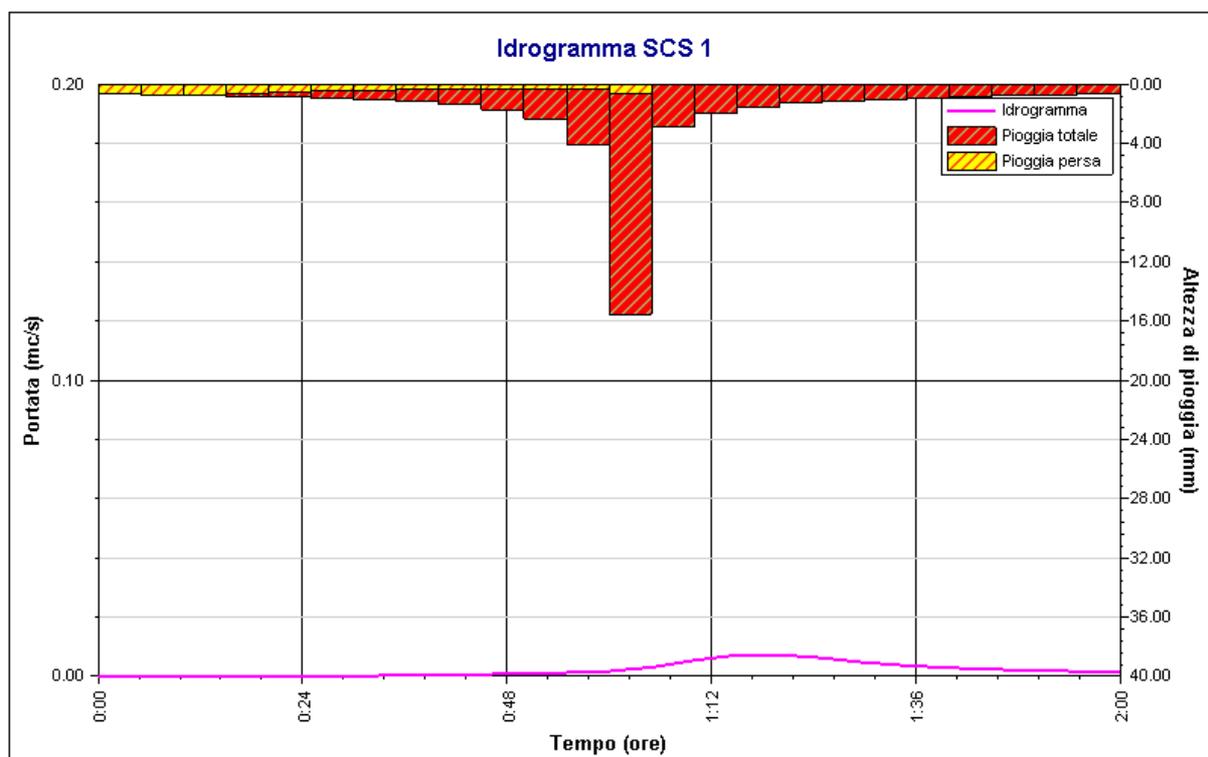


Figura 31 -Idrogramma SCS 1 – Bacino "A"

Per i restanti bacini vengono riportati i soli risultati di calcolo.

**Tabella risultati – Bacino "B"**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.0014	mc/s
Istante picco	1.333	ore
Istante picco	80.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	4	mc x 1000
Volume deflusso	3	mc x 1000
Altezza afflusso	45.829	mm
Altezza deflusso	39.350	mm
Coeff. deflusso	0.86	-
Coeff. udometrico	16.62	mc/s/kmq

**RELAZIONE IDRAULICA**

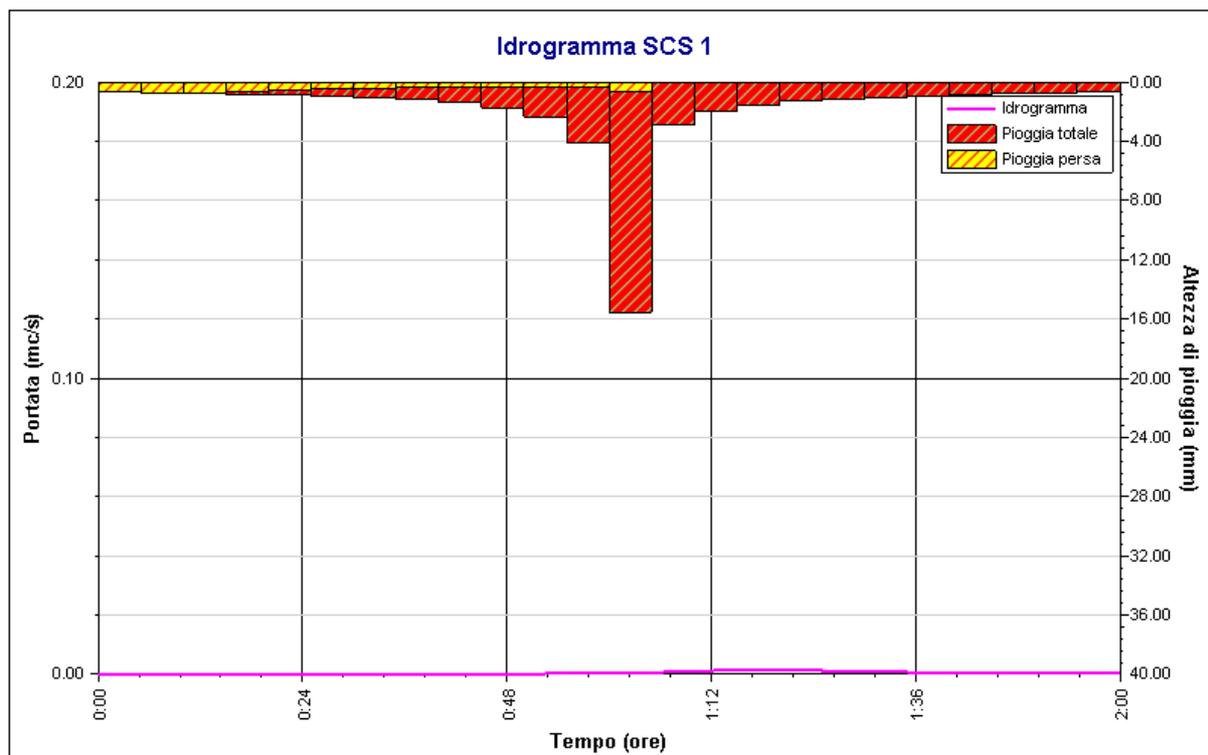


Figura 32 -Idrogramma SCS 1 – Bacino "B"

**Tabella risultati – Bacino "C"**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.0034	mc/s
Istante picco	1.333	ore
Istante picco	80.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	9	mc x 1000
Volume deflusso	8	mc x 1000
Altezza afflusso	45.829	mm
Altezza deflusso	39.350	mm
Coeff. deflusso	0.86	-
Coeff. udometrico	16.62	mc/s/kmq

**RELAZIONE IDRAULICA**

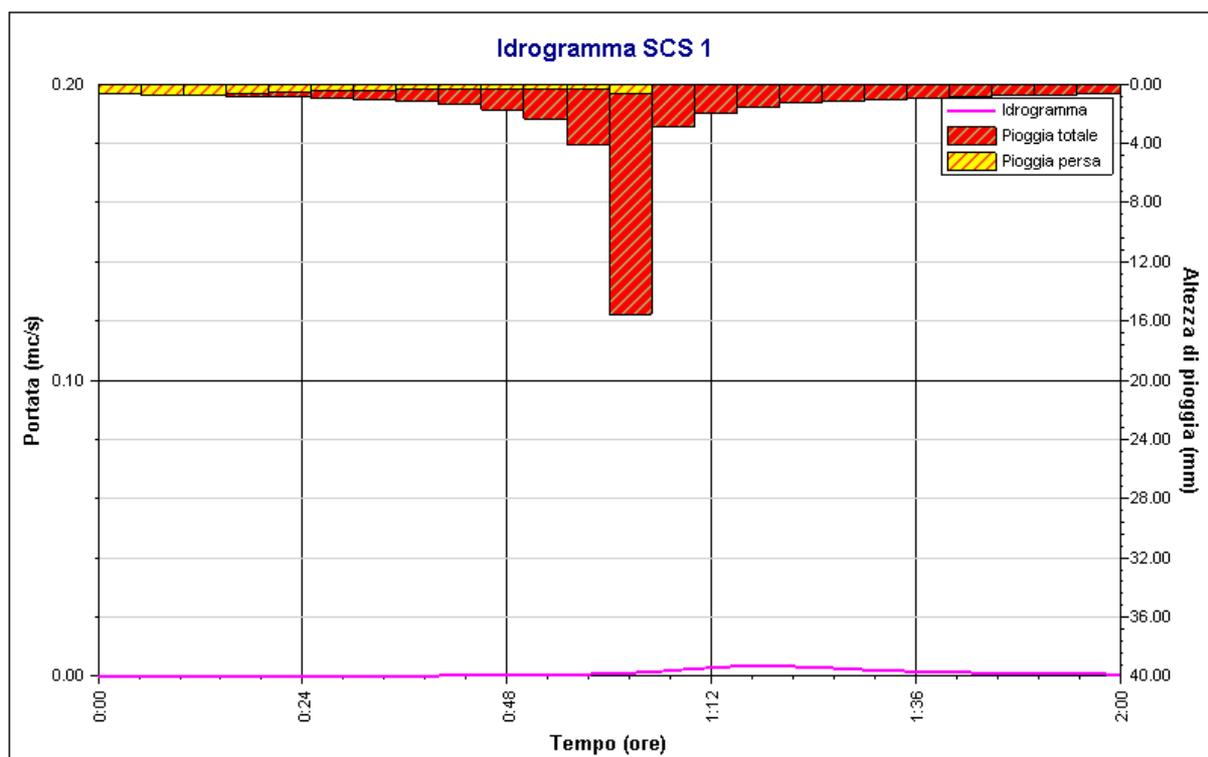


Figura 33 -Idrogramma SCS 1 – Bacino “C”

**Tabella risultati – Bacino “D”**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.0017	mc/s
Istante picco	1.333	ore
Istante picco	80.0	minuti
Durata totale evento	4.000	ore
Volume afflusso	5	mc x 1000
Volume deflusso	4	mc x 1000
Altezza afflusso	45.829	mm
Altezza deflusso	39.350	mm
Coeff. deflusso	0.86	-
Coeff. udometrico	16.62	mc/s/kmq

**RELAZIONE IDRAULICA**

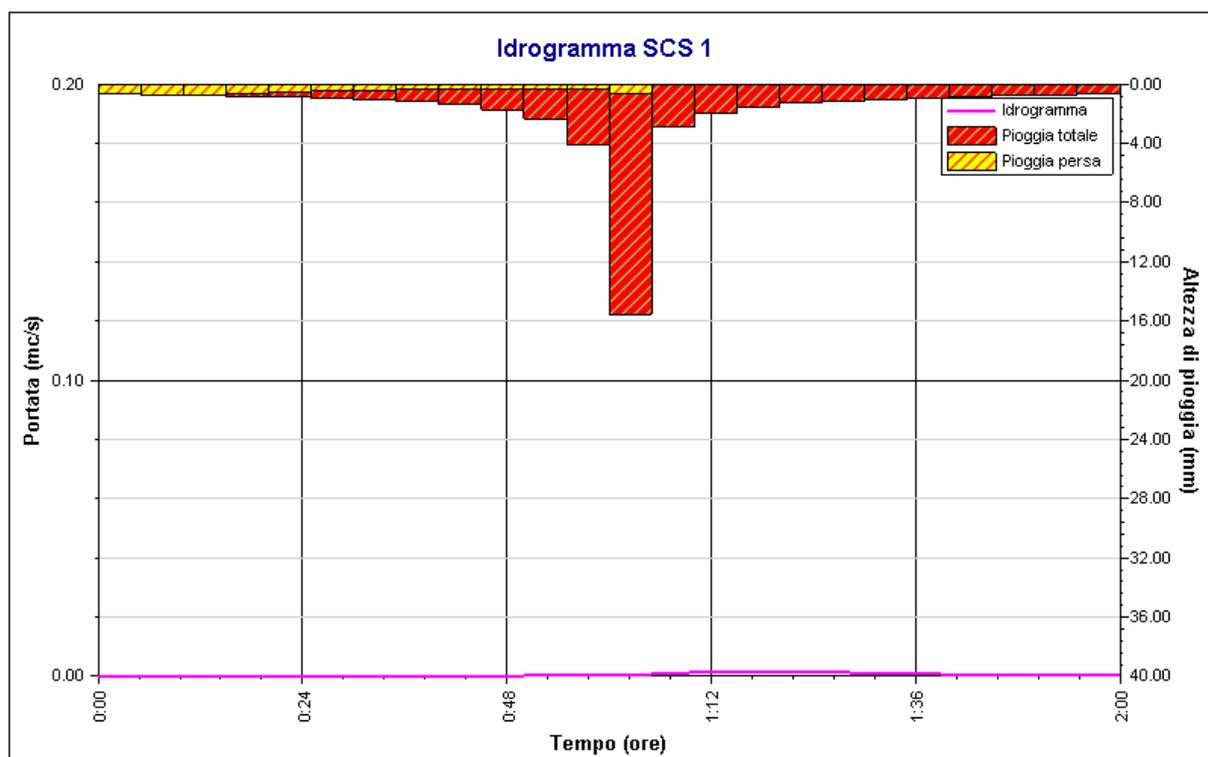


Figura 34 -Idrogramma SCS 1 – Bacino “D”

**2.5.1. Dimensionamento della vasca di laminazione**

L’art. 11, comma 9 del PTCP, relativo alla gestione del rischio idraulico, individua, in fase di prima applicazione, come parametro di riferimento per l’invarianza idraulica a cui i Comuni possono attenersi, il valore di 300-500 mc/ha di volume di laminazione per ogni ettaro impermeabilizzato.

Il Rapporto preliminare ai fini del procedimento integrato di VALSAT – VAS della Variante 2011 al POC comunale stabilisce, per quanto riguarda l’applicazione del principio di invarianza idraulica, che in fase attuativa debba essere prescritta la realizzazione di un opportuno sistema di laminazione sulle reti, per cui deve essere previsto necessario nulla osta dell’Autorità idraulica.

Il volume restituito dall’idrogramma generato da piogge con tempo di ritorno di **30 anni** è stato calcolato con gli idrogrammi riportati in precedenza.

Dal confronto dei due volumi nella tabella successiva è possibile notare la considerevole differenza tra il volume massimo di invaso indicato dalla normativa provinciale e comunale e quello effettivamente generato dalle piogge attese.

	Superficie	Volume stimato	Volume	Volume laminante
--	------------	----------------	--------	------------------

**RELAZIONE IDRAULICA**

Aree edificate	(mq)	PTCP (300-500 mc/ha)	idrogramma calcolato (mc)	(mc)
Bacino “A”	413	12-21	20	20.8
Bacino “B”	86	3-4	4	4.8
Bacino “C”	207	6-10	9	In dispersione
Bacino “D”	104	3-5	5	In dispersione

*Tabella 8 - Risultati del dimensionamento dei volumi di laminazione mc/ha e utilizzando l'idrogramma derivante dalla pioggia con tempo di ritorno di 30 anni.*

Nello specifico le soluzioni progettuali previste sono le seguenti.

**Bacino “A”**

Per il bacino A si prevede la realizzazione interrata di un volume di laminazione costituito da trincee drenanti tipo Rigofill. Considerando che ogni modulo ha una capacità drenante di 0.4 mc occorreranno 52 moduli arrotondati per eccesso. Trattasi di uno strato di 4x13 moduli delle dimensioni di 3.2 m x 10.4 m di altezza pari a 0.66 m.

$$V \text{ laminante} = (4 \cdot 13) \cdot 0.4 = 20.8 \text{ mc} > 20 \text{ mc necessari da idrogramma calcolato.}$$



*Figura 35- Modulo Drenante Ripo Rigofill*

**Bacino “B”**

Per il bacino B si prevede la realizzazione di un dosso artificiale lungo la via San Polo con un dislivello minimo pari a 0.2 m. Considerando la larghezza della fascia stradale in questo punto pari a 8 metri circa e la profondità dell'area di accumulo allagabile pari a 6 metri si valuta il volume del prisma a base triangolare con la seguente formula.

**RELAZIONE IDRAULICA**

$V \text{ laminante} = (0.2 \cdot 6 \cdot 8) / 2 = 4.8 \text{ mc} > 4 \text{ mc}$  necessari da idrogramma calcolato.

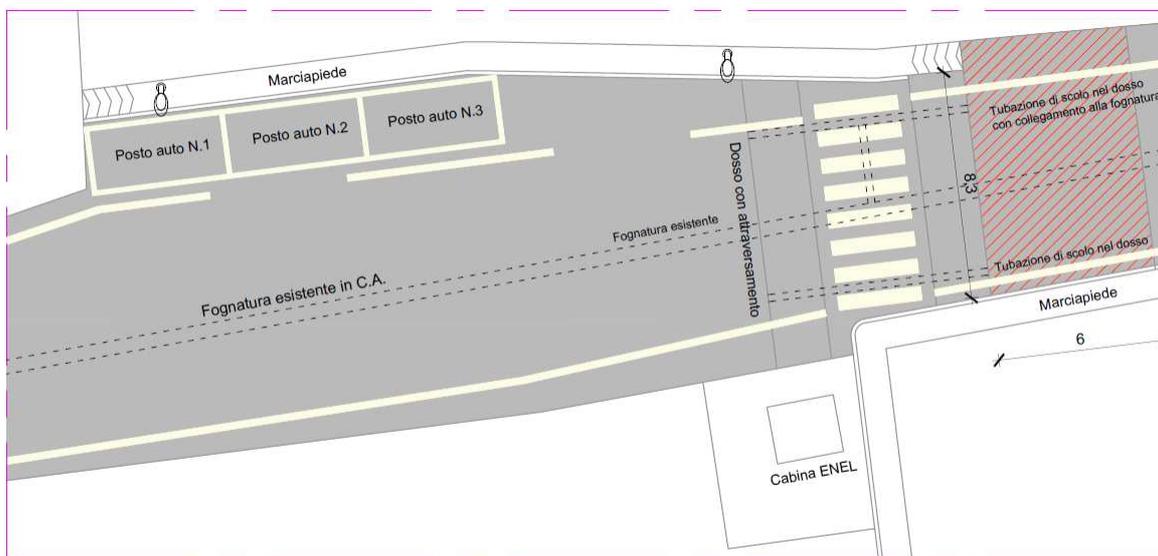


Figura 36 - Volume di laminazione a tergo del dosso lungo la Via San Polo

**Bacino “C”**

Per il bacino C si fa riferimento all’art. 7.5 della “direttiva inerente le verifiche idrauliche per del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico” che recita quanto segue:

*“Nel caso in cui non sia prevista una canalizzazione delle acque verso un corpo recettore, ma i deflussi vengano dispersi sul terreno, non è necessario prevedere dispositivi di invarianza idraulica in quanto si può supporre ragionevolmente che la laminazione delle portate in eccesso avvenga direttamente sul terreno”.*

Per il percorso ciclopedonale non è prevista l’immissione in fognatura o corso idrico esistente bensì la naturale infiltrazione delle acque per dilavamento e scorrimento laterale della superficie del percorso stesso. Ciò è possibile grazie alla presenza di continue bordature in terreno che consentono un effetto laminante naturale e la successiva infiltrazione delle acque nel terreno.

Ai soli fini di stimare l’eventuale effetto laminante del terreno circostante si assume di considerare per un’estensione di 45 m, un doppio bordo di larghezza pari a 1,5 m che con un dislivello di 10 cm produrrebbe una laminazione pari a  $V \text{ laminante} = 0.1 \cdot 45 \cdot 1.5 \cdot 2 = 13.5 \text{ mc} > 9 \text{ mc}$  (volume calcolato).

**Bacino “D”**

Per il bacino D si segue adotta la stessa osservazione di cui al bacino “C”. Per il percorso pedonale non è prevista l’immissione in fognatura o corso idrico esistente bensì la naturale infiltrazione delle acque per dilavamento e scorrimento laterale della superficie del percorso stesso. Ciò è possibile grazie alla presenza di una bordatura continua in terreno che consente un effetto laminante naturale e la successiva

infiltrazione delle acque nel terreno.

Ai soli fini di stimare l'eventuale effetto laminante del terreno circostante si assume di considerare per un'estensione di 47 m, un singolo bordo di larghezza pari a 1,5 m che con un dislivello di 10 cm produrrebbe una laminazione pari a  $V \text{ laminante} = 0.1 \cdot 47 \cdot 1.5 = 7.05 \text{ mc} > 5 \text{ mc}$  (volume calcolato).

## 2.6. Dimensionamento delle reti

### 2.6.1. Dimensionamento dei condotti

Il dimensionamento della rete di drenaggio è stato effettuato sulla base delle portate di picco relativa all'idrogramma di piena per piogge con tempo di ritorno di **30 anni**, ricavato al paragrafo precedente. Sulla base di questo valore è quindi stato determinato il diametro del condotto terminale che permette di smaltire le portate di picco che caratterizzano la rete.

Rete	Superficie (ha)	Portata richiesta (l/sec)	DN finale (PVC)	Portata all'80% del riempimento (l/sec)
Bacino "A"	0.0413	7.3	200	57
Bacino "B"	0.0086	1.4	100	8
Bacino "C"	In dispersione			
Bacino "D"	In dispersione			

*Tabella 9 - Risultati del dimensionamento della rete di drenaggio a servizio di strade/parcheggi per il bacino.*

**RELAZIONE IDRAULICA**

Formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler

**Dati di calcolo**

D  m = Diametro interno del canale

w  % = Livello percentuale riempimento del canale

i  m/m = Pendenza del canale

k  = Coefficiente di scabrezza

**Q**  m<sup>3</sup>/s = **Portata della condotta**

**Dati di calcolo**

D  m = Diametro interno del canale

w  % = Livello percentuale riempimento del canale

i  m/m = Pendenza del canale

k  = Coefficiente di scabrezza

**Q**  m<sup>3</sup>/s = **Portata della condotta**

Tabella diametri interni tubazioni

$v = k R^{2/3} i^{1/2}$

Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:

- 120 Tubi Pe, PVC, PRFV
- 100 Tubi nuovi gres o ghisa rivestita
- 80 Tubi con lievi incrostazioni, cemento ord.
- 60 Tubi con incrostazioni e depositi
- 40 Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo

Figura 37 – Calcolo delle portate per condotte DN 200 e DN 100

Il dimensionamento di cui sopra, adottato per tutta la rete, è cautelativo rispetto alla capacità di smaltimento dei deflussi calcolati, poiché permette di smaltire una maggior quantità d’acqua. Ne risulta che come la buona regola progettuale suggerisce, il riempimento dei condotti è inferiore all’80%.

## 2.7. Conclusioni

L’area oggetto di intervento è stata suddivisa in tre bacini di drenaggio per ognuno dei quali si è provveduto a valutare le opportune misure per consentire l’invarianza idraulica delle opere in progetto.