



## CONVENZIONE PER LA PROGETTAZIONE E LA REALIZZAZIONE DI "INTERVENTO DI COLLEGAMENTO SORGENTI DELLA MUZZETTA - TOMBONA E ADEGUAMENTO IDRAULICO A DIFESA DELLA FRAZIONE CALEPPIO" IN COMUNE DI SETTALA (MI)

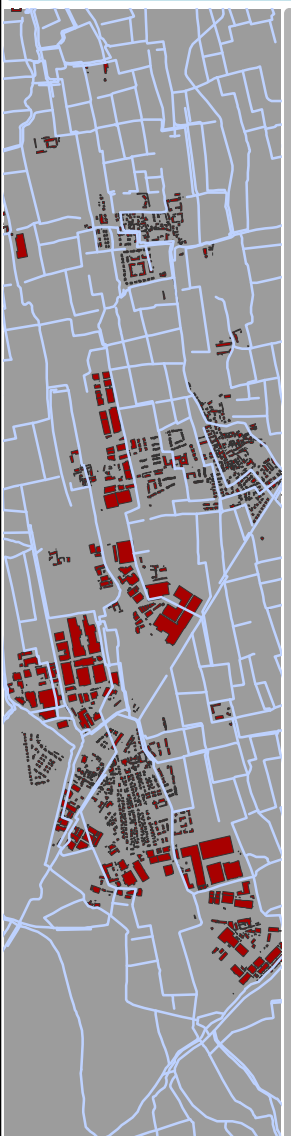


Regione Lombardia

Direzione Generale Territorio, Urbanistica e Difesa del Suolo



Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana



PROGETTO ESECUTIVO

# RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IDROLOGICA IDRAULICA

EDIZIONE: LUGLIO 2018

Il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Marco Chiesa

I Progettisti

dott. ing. Ettore Fanfani; dott. ing. Marco Chiesa

NOTE GENERALI:



Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

via Nino Dall'Oro 4 - 26900 LODI tel. 0371 - 420189 r.a. fax 0371 - 50393

email: [cmuzza@muzza.it](mailto:cmuzza@muzza.it)

**Evento alluvionale del 12/13 Novembre 2014**

**Evento alluvionale del 7/16 Giugno 2015**

**Evento alluvionale del 15 Maggio 2015**

**Analisi idrologica comune di Caleppio di Settala**

**MBL**

**Luglio 2018**

La presente analisi idrologica è finalizzata all'individuazione delle portate di riferimento, indispensabili per la valutazione delle proposte progettuali per la riduzione del rischio idraulico nel territorio di Caleppio di Settala. La stima di tali portate è stata effettuata con riferimento a tre eventi pluviali che come già descritto negli altri elaborati, negli ultimi due anni hanno dato luogo a tracimazioni ed allagamenti:

- l'evento del Novembre 2014
- l'evento del Giugno 2015
- l'evento del Maggio 2015

Nella strutturazione dello studio, come noto, si è fatto riferimento a tre successive fasi analitiche, funzionali al completamento dell'indagine idrologica, delle quali nella prima, di inquadramento territoriale sono state definite le proprietà del bacino imbrifero: dimensioni, caratteristiche geomorfologiche e di copertura del suolo.

Il secondo step è consistito nell'esame dei dati idroclimatici ufficiali (dati A.R.P.A. Lombardia, registrati alla stazione di Rodano) relativi ai tre eventi meteorologici di riferimento e nella conseguente individuazione dello stato di criticità associato.

Il singolo evento è stato esaminato in modo tale da individuare i valori di pioggia massimi riferiti a durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, che sono stati successivamente confrontati con le serie storiche di dati, registrati al pluviometro di Cassano d'Adda, permettendo la caratterizzazione statistica dell'evento. È stata scelta la stazione di Cassano d'Adda poiché è la stazione più vicina al bacino tributario che presenta la più completa serie storica di dati pluviometrici, superiore a cinquant'anni, (dal 1961 al 2010, registrati meccanicamente dal pluviografo del Consorzio dell'Adda), rispetto alla stazione pluviometrica di Rodano attiva da soli venti anni.

Nella terza fase, propriamente modellistica, è stata identificata la risposta idrologica dei due bacini individuati, Nord e Sud, in corrispondenza agli input di pioggia predefiniti nelle precedenti fasi, attraverso la simulazione dei processi che intervengono nella trasformazione tra gli afflussi e i deflussi. Alla base della determinazione dell'onda di piena vi è la definizione dell'idrogramma, per il quale è stato adottato il modello dell'invaso lineare che schematizza il bacino come un serbatoio a funzionamento lineare. Il modello dell'invaso si basa sull'ipotesi che la formazione della piena del bacino avvenga per fenomeni di vaso simili a quelli che hanno luogo in un serbatoio soggetto ad afflussi variabili nel tempo ed a deflussi dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della sua bocca di uscita.

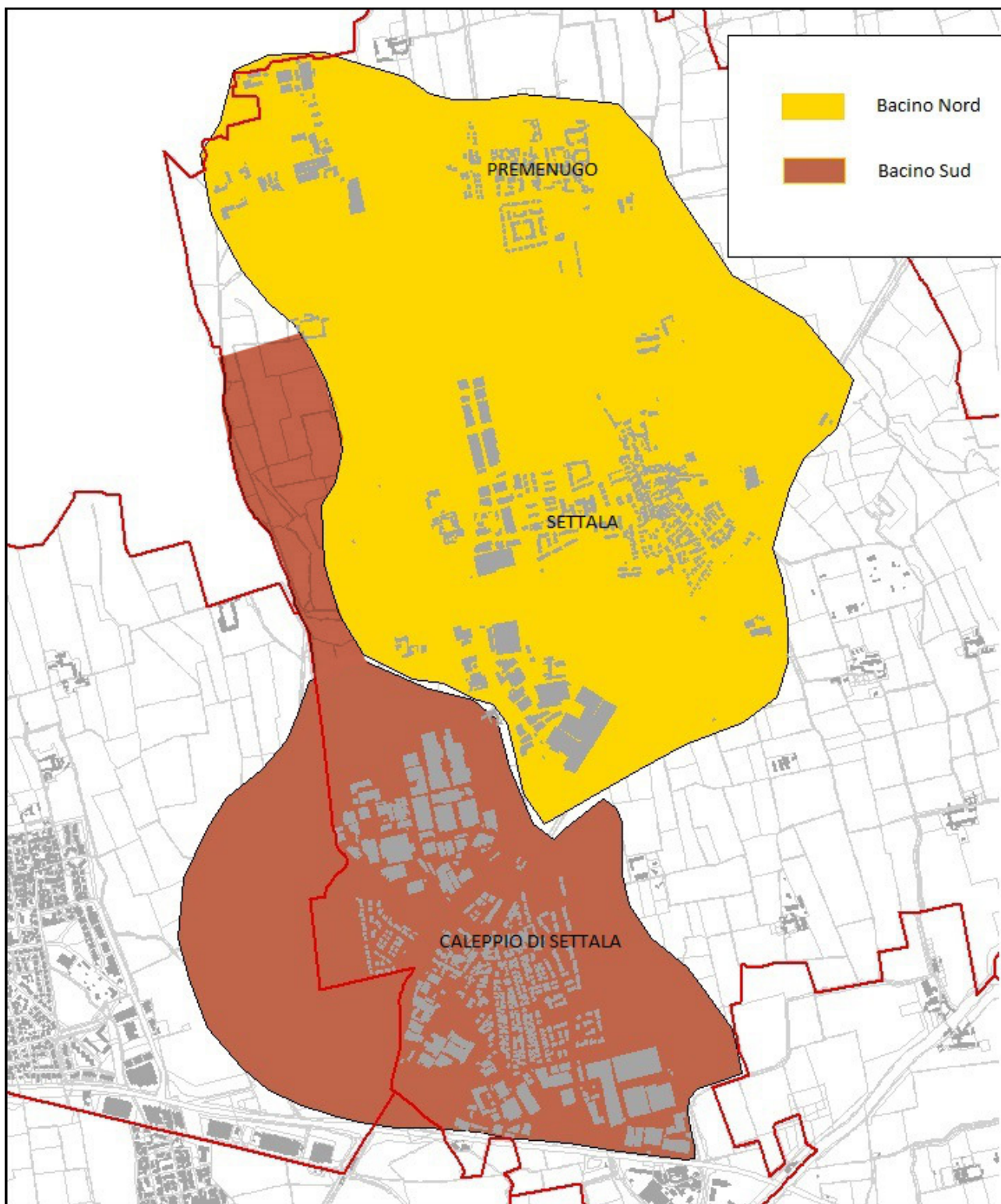
## Inquadramento Territoriale

Data la promiscuità irriguo - idraulica dell'assetto di drenaggio dei territori oggetto dell'analisi si è deciso di suddividere la porzione di territorio in due sottobacini ognuno dei quali sottende un "unico recettore equivalente" di tutte le portate di scolo. Quest'ultimo è un "canale equivalente" ideale, virtuale, che percorre il bacino sostituendosi convenzionalmente alla funzionalità dei recettori esistenti reali. Il riferimento ad un bacino equivalente è di fatto la migliore approssimazione idrologica possibile per un territorio che sarebbe impossibile interpretare diversamente per la complessità, la molteplicità delle connessioni, le ridondanze funzionali che ne caratterizzano l'assetto idraulico.

Ripartizione Idrologica Preliminare

<b><i>Bacino Equivalente 1 (bacino Nord: Settala - Premenugo)</i></b>	<b><i>Area (mq)</i></b>	<b><i>Area (ha)</i></b>
<b><i>TOTALE</i></b>		<b><i>638</i></b>
<i>Bacino Rurale</i>	4760000	476
<i>Bacino Urbano di cui:</i>	1620000	162
Commerciali (impermeabilità 85%)	480000	48
Aree Residenziali con Impermeabilizzazione 38%	1140000	114
<b><i>Bacino Equivalente 2 (bacino Sud: Caleppio - zona Indust.)</i></b>	<b><i>Area (mq)</i></b>	<b><i>Area (ha)</i></b>
<b><i>TOTALE</i></b>		<b><i>538</i></b>
<i>Bacino Rurale</i>	2160000	216
<i>Bacino Urbano di cui:</i>	1420000	322
Commerciali (impermeabilità 85%)	1840000	184
Aree Residenziali con Impermeabilizzazione 38%	1380000	138

**Il bacino oggetto della presente relazione idrologico - idraulica è il bacino SudCaleppio – zona Indust. Si riporta comunque l'analisi completa per continuità e completezza della trattazione.**



***Ripartizione del territorio settalese nei due bacini individuati:  
Bacino Nord - Settala e Bacino Sud - Caleppio zona industriale***

## **Classificazione della permeabilità dei suoli e della Copertura**

*Suddivisione in classi delle varie tipologie di terreno*

<b>CLASSE</b>	<b>Potenzialità di deflusso</b>
CLASSE A	<u>Scarsa potenzialità di deflusso</u> : comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
CLASSE B	<u>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa</u> : 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.
CLASSE C	<u>Potenzialità di deflusso moderatamente alta</u> : comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
CLASSE D	<u>Potenzialità di deflusso molto alta</u> : comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

I valori del Curve Number CN sono riportati nella tabella seguente, per i diversi tipi di suolo e con riferimento alla cosiddetta condizione di umidità precedente l'inizio dell'evento, di tipo standard (AMC antecedent moisture conditions di tipo II)

<b>Tipo di copertura (uso del suolo)</b>	<b>TIPO DI SUOLO</b>			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone Condizioni	39	61	74	80
Praterie				
Buone Condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestali				

Terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
Impermeabilità media % 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 impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

***Parametri Utilizzati:***

Tipologia di terreno : tipo B Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: 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.

Tipo di copertura uso del suolo :

per il territorio rurale – Terreno coltivato con interventi di conservazione e spazi aperti

**CN pesato pari a 70**

per il territorio urbano – Aree Commerciali (impermeabilità 85%)

**CN pesato pari a 92**

– Aree Residenziali con Impermeabilizzazione 38%

**CN pesato pari a 75**

Condizioni antecedenti all'evento: nella analisi della S.C.S vengono considerate le condizioni antecedenti l'evento e vengono classificate le diverse condizioni in tre diversi tipi di caratteristiche:

- secco AMC 1
- mediamente umido AMC 2
- umido e saturo AMC 3

La distinzione tra le tre diverse tipologie di saturazione del terreno e' rimandata alla tabella sottostante, dove la definizione della classe di AntecedentMoistureCondition (AMC) avviene in funzione della pioggia complessivamente caduta nei 5 giorni precedenti l'evento

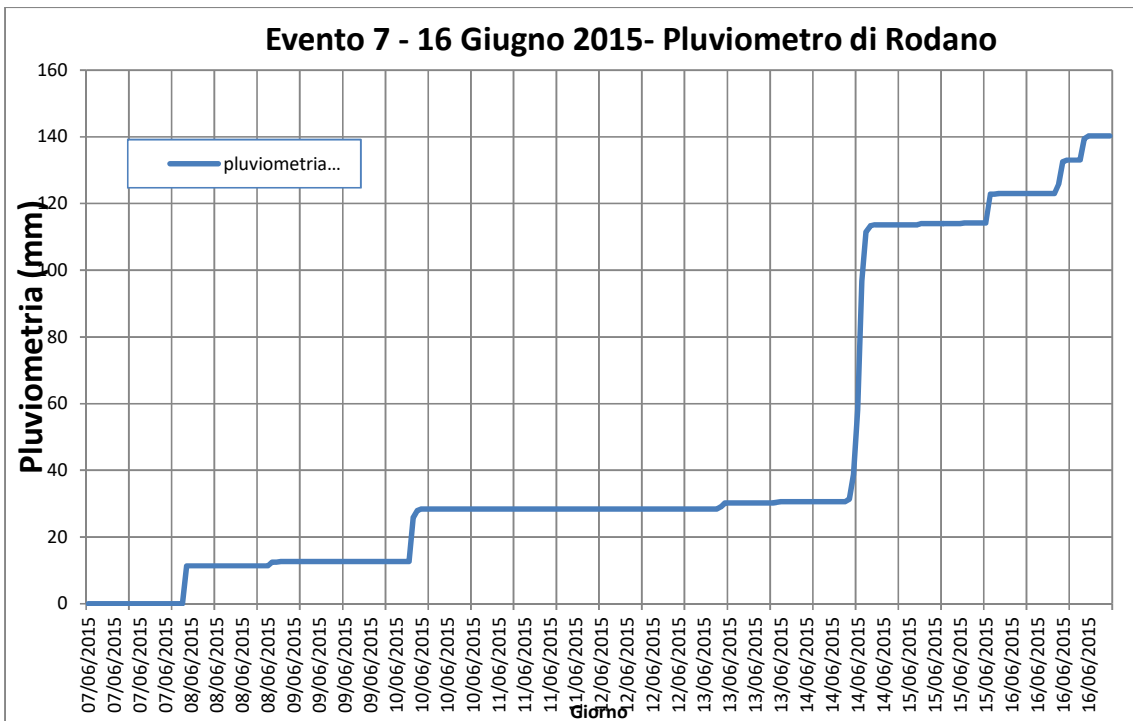
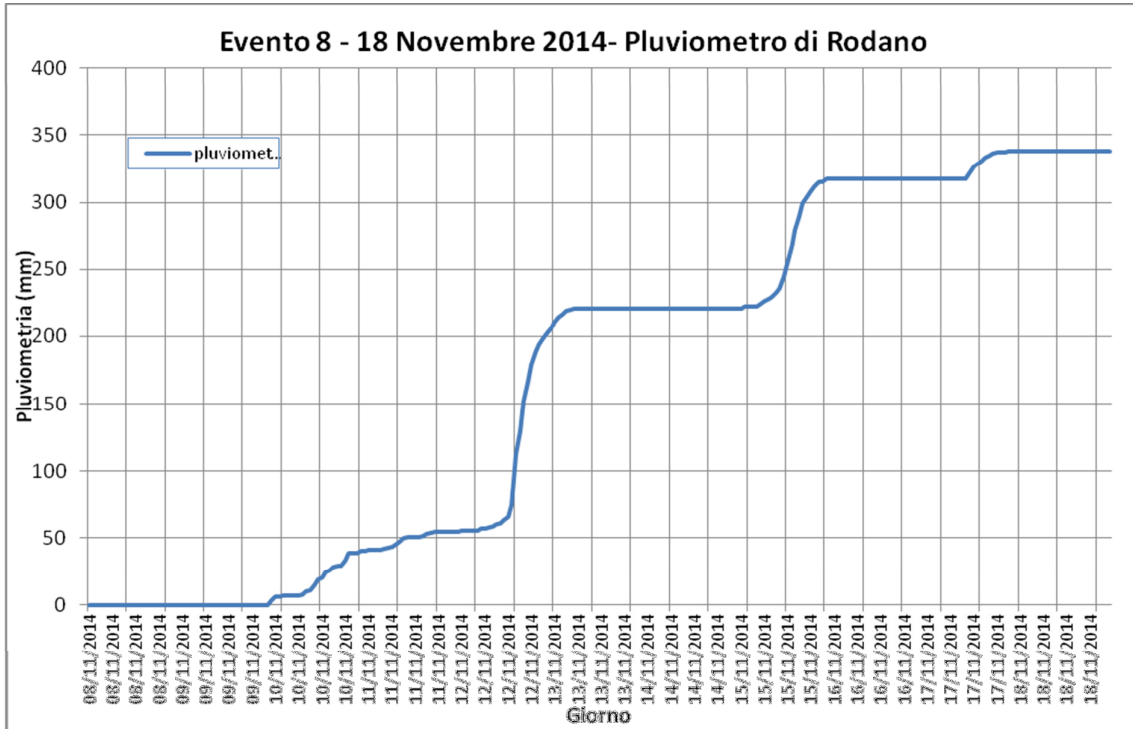
	classe	<b>Stagione di riposo</b>	Stagione di crescita
Precipitazione nei 5 gg precedenti	AMC 1	<b>&lt;12.7 mm</b>	<35.5 mm
	AMC 2	<b>12.7 - 28 mm</b>	35.5 - 53.3 mm
	AMC 3	<b>&gt;28 mm</b>	>53.3 mm

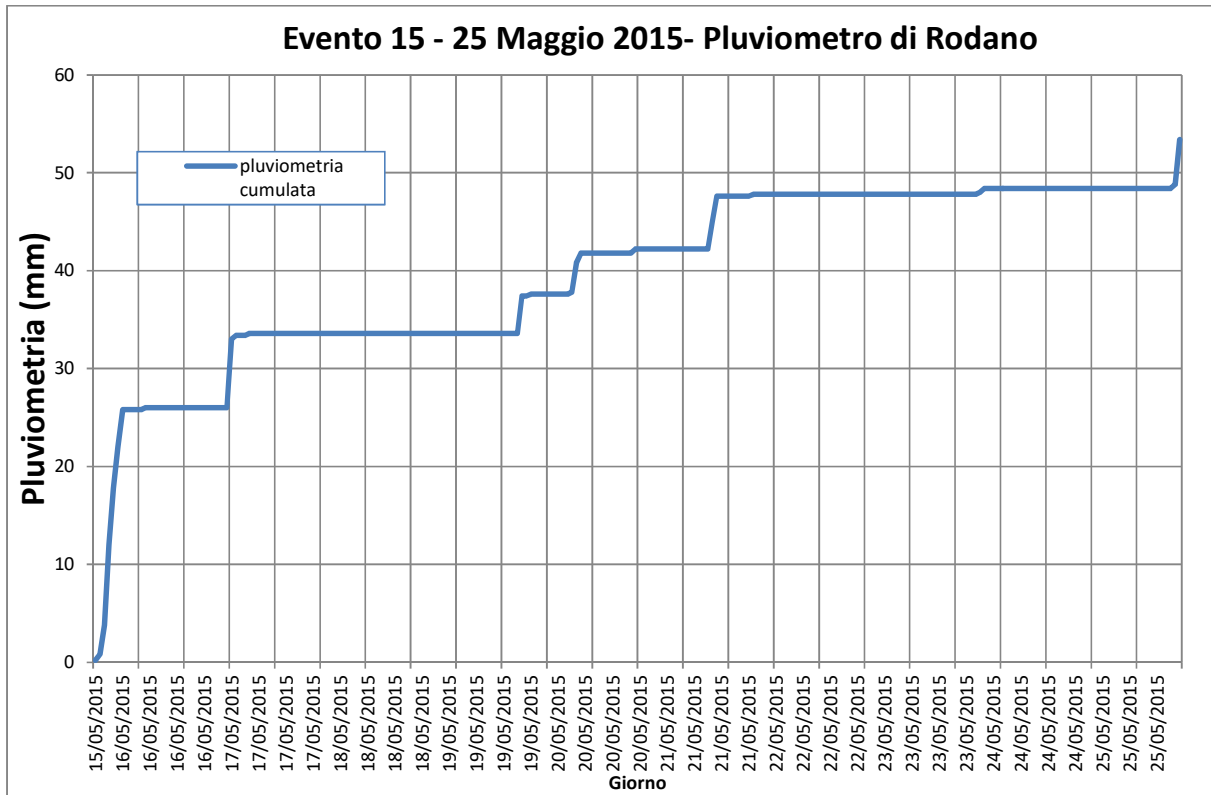


# Analisi Meteo-climatica degli eventi

## Eventi pluviometrici registrati nel novembre 2014 , giugno 2015 e maggio 2015

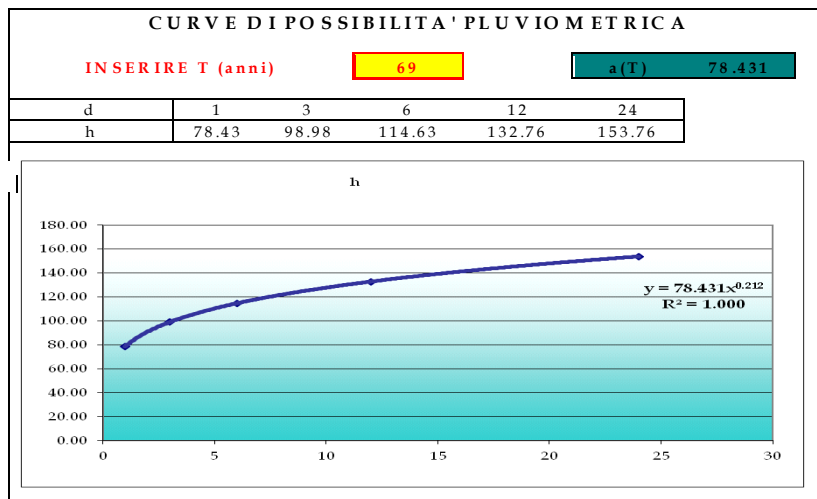
- Dati registrati al pluviometro di Rodano





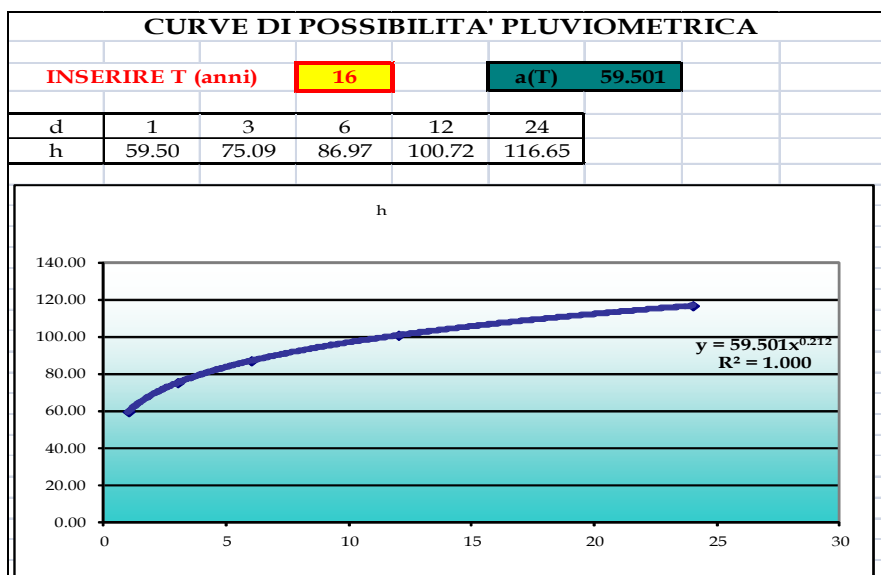
**Deduzione del tempo di ritorno dell'evento del 12/13 Novembre 2014 in confronto alla Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda**

Dall'analisi dei dati pluviometrici dell'evento del 12/13 novembre, data la corrispondenza tra i dati registrati e quelli dell'indagine statistica, e' stato possibile individuare la coerenza dell'evento con la curva di possibilità climatica, avente **tempo di ritorno di 69 anni**.



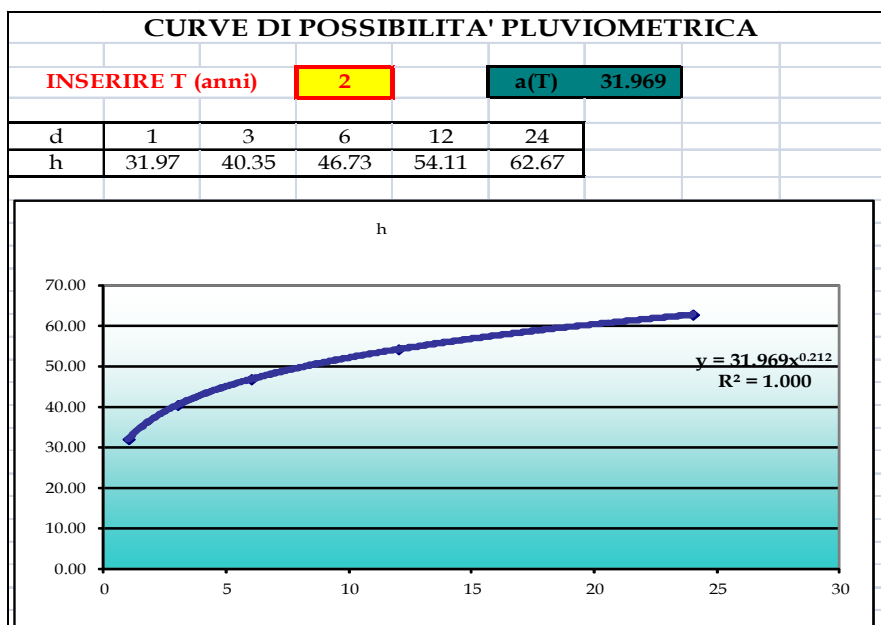
**Deduzione del tempo di ritorno dell'evento del 14 Giugno 2015 in confronto alla Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda**

Dall'analisi dei dati pluviometrici dell'evento del 14/15Giugno, data la corrispondenza tra i dati registrati e quelli dell'indagine statistica, e' stato possibile individuare la coerenza dell'evento con la curva di possibilità climatica, avente **tempo di ritorno di 16 anni**.



**Deduzione del tempo di ritorno dell'evento del 15 Maggio 2015 in confronto alla Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda**

Dall'analisi dei dati pluviometrici dell'evento del 15Maggio, data la corrispondenza tra i dati registrati e quelli dell'indagine statistica, e' stato possibile individuare la coerenza dell'evento con la curva di possibilità climatica, avente **tempo di ritorno di 2 anni**.



## Modellazione Afflussi Deflussi

Definizione degli eventi meteorologici critici e delle condizioni antecedenti l'evento del 12/13 Novembre 2014

<i><b>Eventi pluviometrici stazione di Rodano</b></i>	<i><b>Precipitazione registrata in mm</b></i>	<i><b>classe di partenza</b></i>
precipitazione prima del 1° evento	6.1 mm	
1°evento 10/11 Novembre	49.5 mm	AMC 1
<b><u>precipitazione prima del 2° evento</u></b>	<b><u>55.6 mm</u></b>	
<b><u>2° evento di precipitazione del 12/13 Novembre</u></b>	<b><u>165.4 mm</u></b>	<b><u>AMC 3</u></b>

Definizione degli eventi meteorologici critici e delle condizioni antecedenti l'evento del 14 Giugno 2015

<i><b>Eventi pluviometrici stazione di Rodano</b></i>	<i><b>Precipitazione registrata in mm</b></i>	<i><b>classe di partenza</b></i>
1°evento 10 Giugno 2015	16 mm	AMC1
<b><u>precipitazione prima del 2° evento</u></b>	<b><u>16 mm</u></b>	
<b><u>2° evento di precipitazione del 14 Giugno</u></b>	<b><u>83 mm</u></b>	<b><u>AMC 2</u></b>

Definizione degli eventi meteorologici critici e delle condizioni antecedenti l'evento del 15Maggio 2015

<i><b>Eventi pluviometrici stazione di Rodano</b></i>	<i><b>Precipitazione registrata in mm</b></i>	<i><b>classe di partenza</b></i>
1°evento 8 Maggio 2015	3.2 mm	AMC1
<b><u>precipitazione prima del 2° evento</u></b>	<b><u>3.2 mm</u></b>	
<b><u>2° evento di precipitazione del 14 Giugno</u></b>	<b><u>35 mm</u></b>	<b><u>AMC 2</u></b>

### Calcolo del numero di curva relativo nelle diverse condizioni di saturazione nel terreno nel Bacino considerato

I valori rispettivi del parametro CN ricavati dalla tabella soprastante sono riferiti alla condizione AMC 2. I corrispondenti valori di AMC 1 e AMC 3 si ottengono dalle seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013 CN(II)},$$

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057 CN(II)}.$$

Per le diverse tessiture territoriali nei bacini equivalenti sono state calcolati i numeri di curva a seconda delle tre diverse tipologie di saturazione del terreno e il CN complessivo pesato sull'area:

<b><i>Bacino 1 Nord</i></b>	<b><i>AREA in ha</i></b>		<b><i>CN AMC 1</i></b>	<b><i>CN AMC 2</i></b>	<b><i>CN AMC 3</i></b>
<i>Bacino Rurale</i>	<u>476</u>		50.36	70	84.44
<i>Bacino Urbano</i> Commerciali (impermeabilità 85%)	<u>48</u>		79.64	90	95.44
<i>Bacino Urbano</i> Aree Residenziali con Impermeabilizzazione 38%	<u>114</u>		56.60	75	87.46
<b><i>TOTALE</i></b>	<b><i>638</i></b>	<b><i>CN PESATO</i></b>	<b><i>53.96</i></b>	<b><i>72.55</i></b>	<b><i>85.88</i></b>
<b><i>Bacino 2 Sud</i></b>	<b><i>AREA in ha</i></b>		<b><i>CN AMC 1</i></b>	<b><i>CN AMC 2</i></b>	<b><i>CN AMC 3</i></b>
<i>Bacino Rurale</i>	<u>216</u>		50.36	70	84.44
<i>Bacino Urbano</i> Commerciali (impermeabilità 85%)	<u>322</u>		79.64	92	95.44
<b><i>TOTALE</i></b>	<b><i>538</i></b>	<b><i>CN PESATO</i></b>	<b><i>58.52</i></b>	<b><i>78.28</i></b>	<b><i>87.52</i></b>

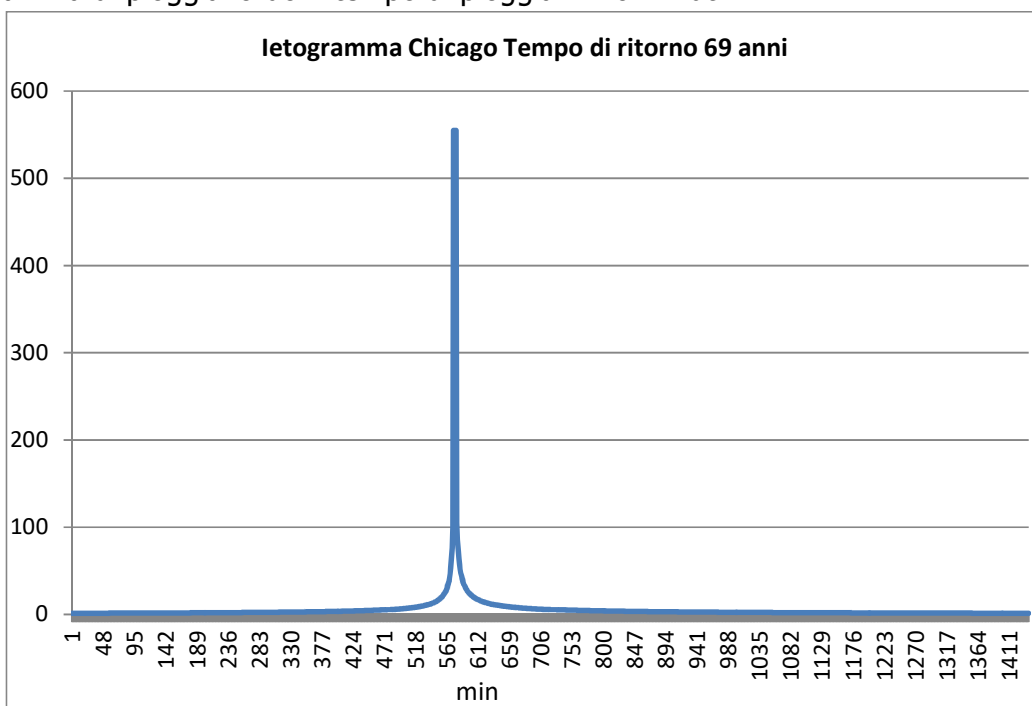
## Analisi idrologica evento 12/13 Novembre 2014

### **Bacino Equivalente n°1 - Bacino Nord**

#### **Calcolo portata per tempo di ritorno 69 anni in condizione AMC 3**

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 69 anni  $h = 78,431 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo – tempo di pioggia 1440 minuti



### **Calcolo Pioggia Netta**

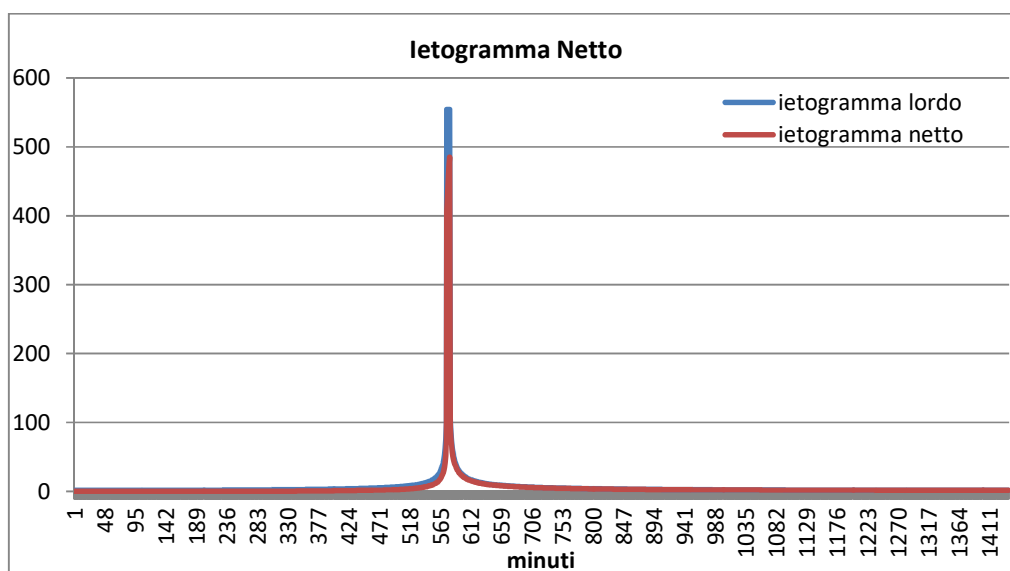
Numero di Curva CN AMC 3

85.88

Coefficiente afflusso

0.73

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta



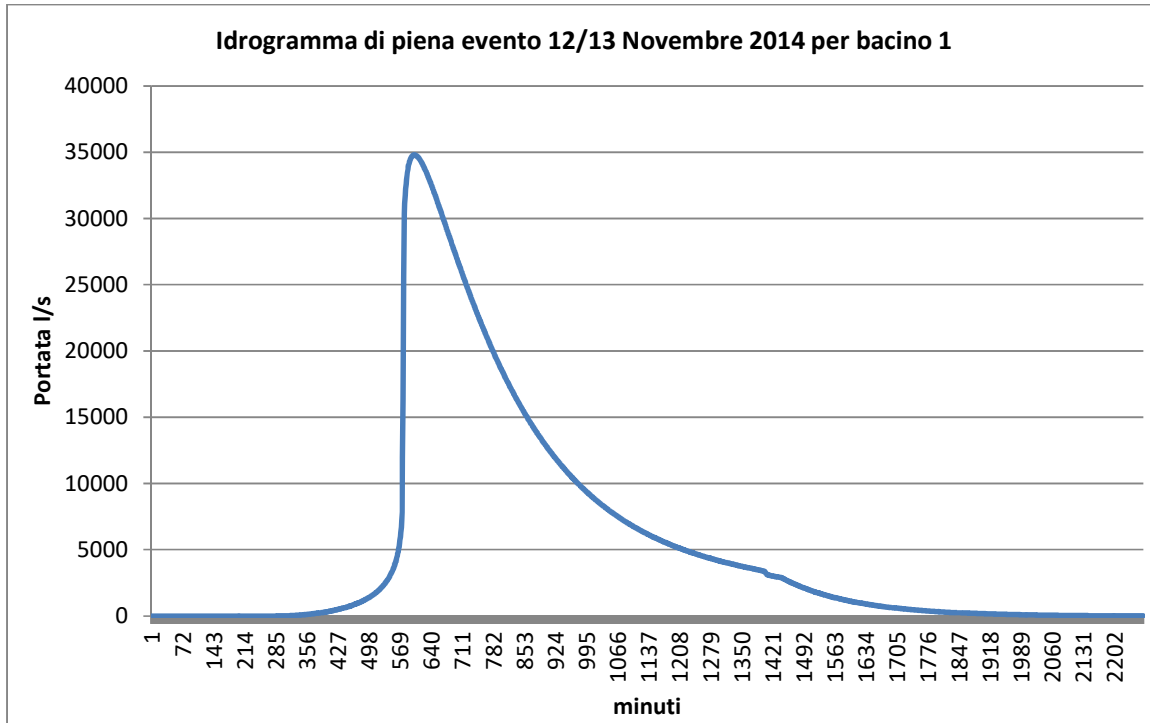
## Modello di trasformazione afflussi Deflussi

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 250 min

Area complessiva del bacino **638 ha** - Portata di piena: **34.795,00 l/s**

coeff. Udometrico **54,5 l/s \* ha**

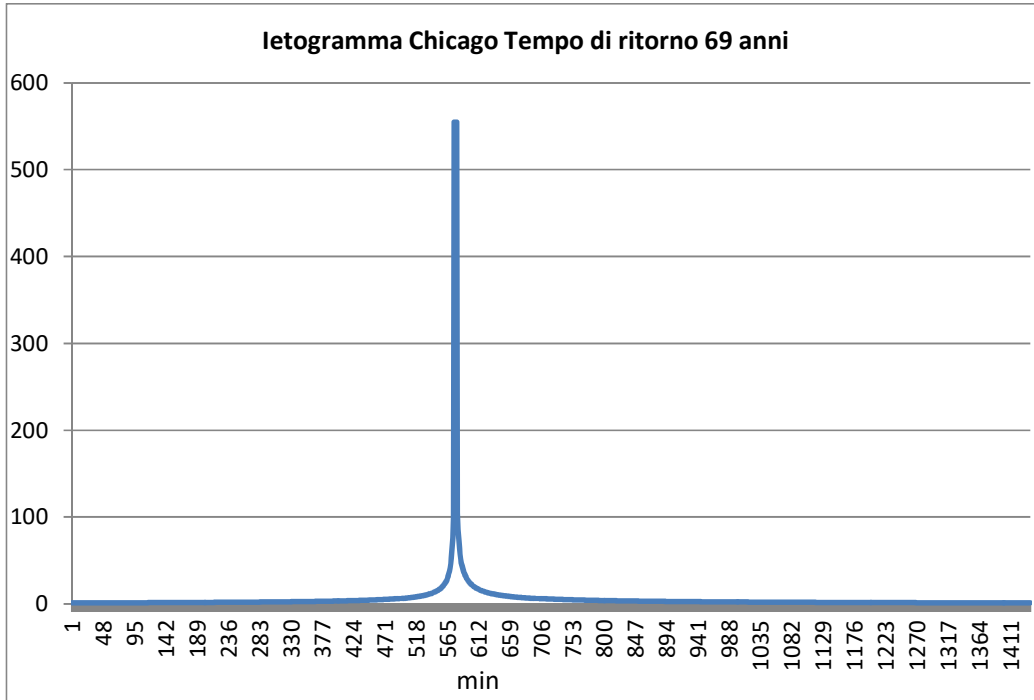


## **Bacino Equivalente n°2-Bacino Sud**

### **Calcolo portata per tempo di ritorno 69 anni in condizione AMC 3**

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 69 anni  $h = 78,431 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo – tempo di pioggia 1440 minuti



### **Calcolo Pioggia Netta**

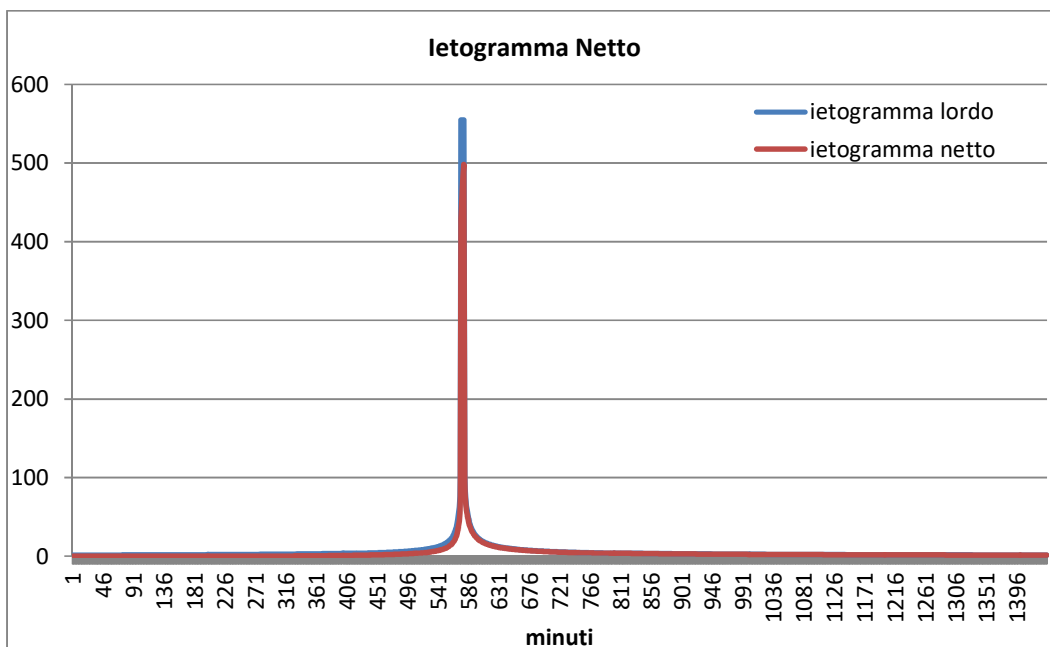
Numero di Curva CN AMC 3

87.52

Coefficiente afflusso

0.80

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta





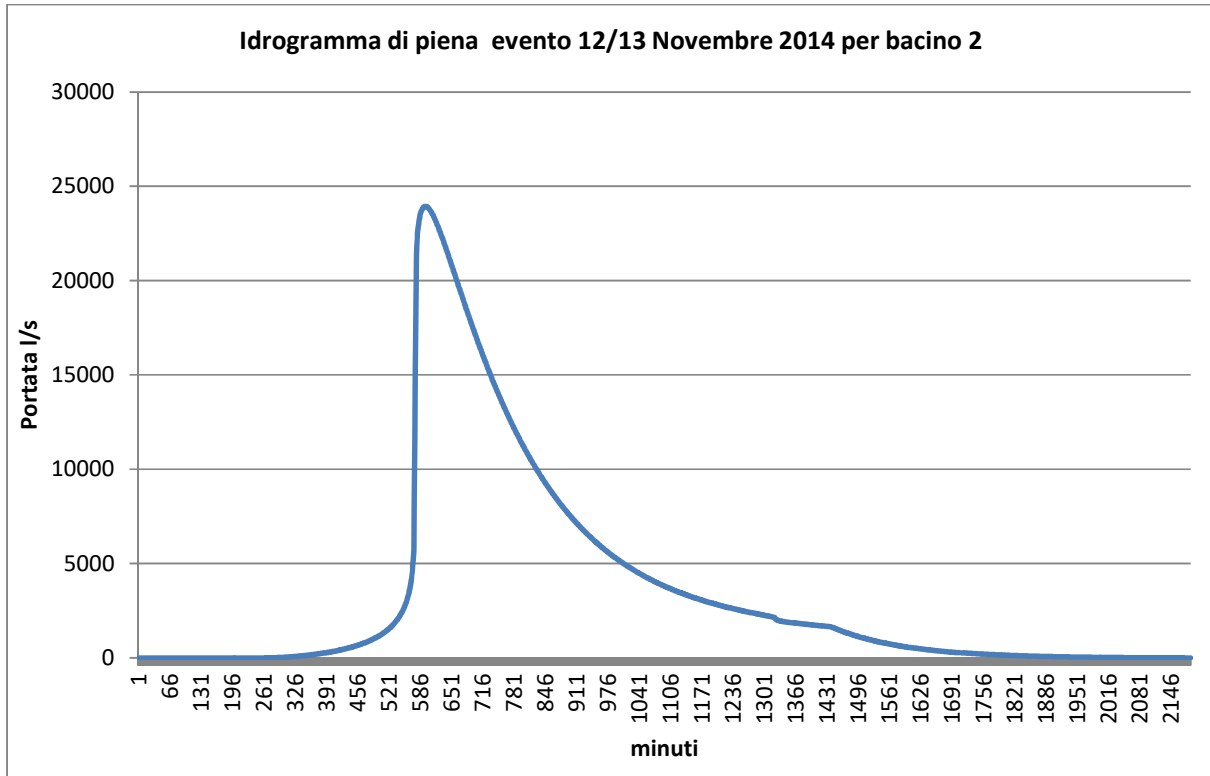
## ***Modello di trasformazione afflussi Deflussi***

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 220 min

Area complessiva del bacino **377 ha** - Portata di piena: **23.940,00 l/s**

coeff. Udometrico **63,5 l/s \* ha**



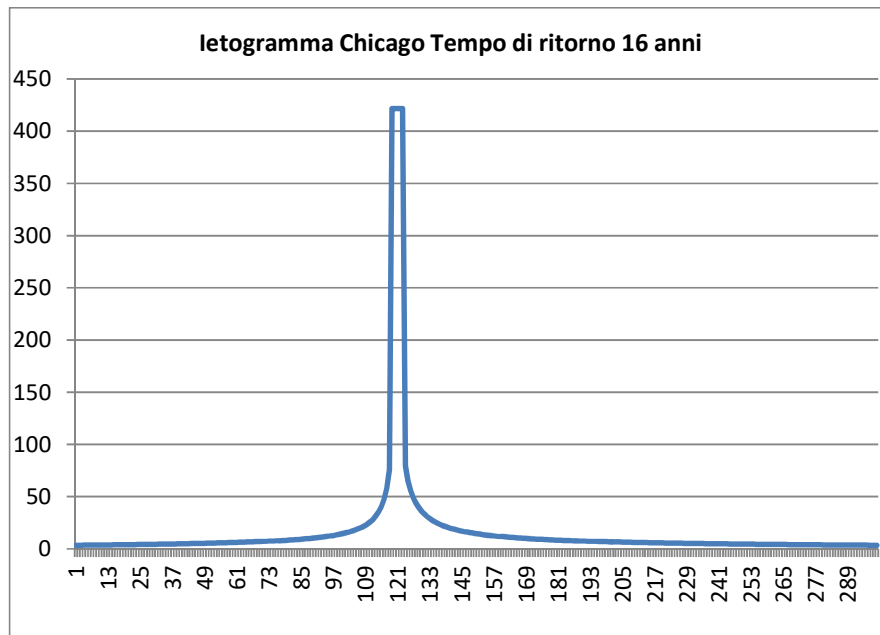
## ***Analisi idrologica Evento 14 Giugno 2015***

### ***Bacino Equivalente n°1 - Bacino Nord***

#### ***Calcolo portata per tempo di ritorno 16 anni in condizione AMC 2***

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 16 anni  $h = 59,501 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo – tempo di pioggia 300 minuti



**Calcolo Pioggia Netta**

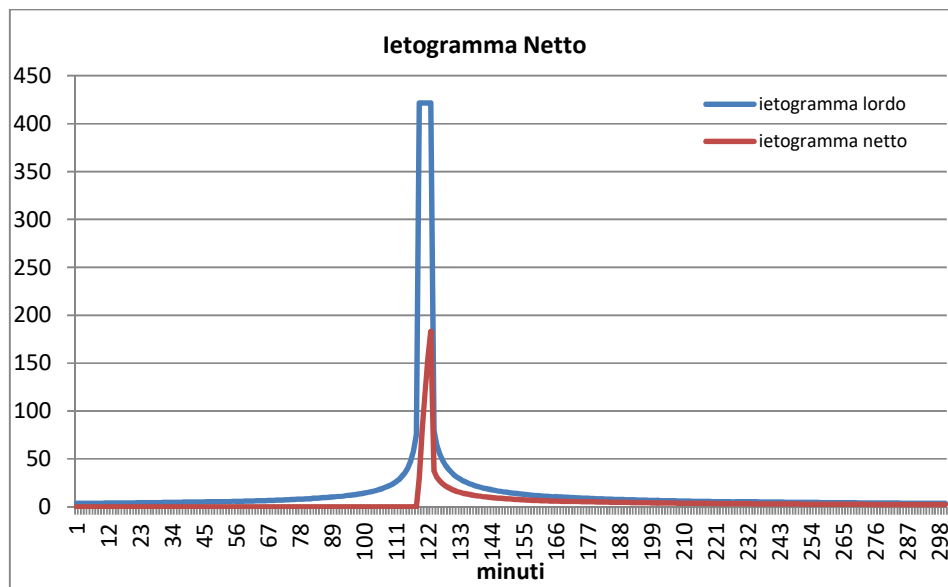
Numero di Curva CN AMC 2

72.54

Coefficiente afflusso

0.31

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta



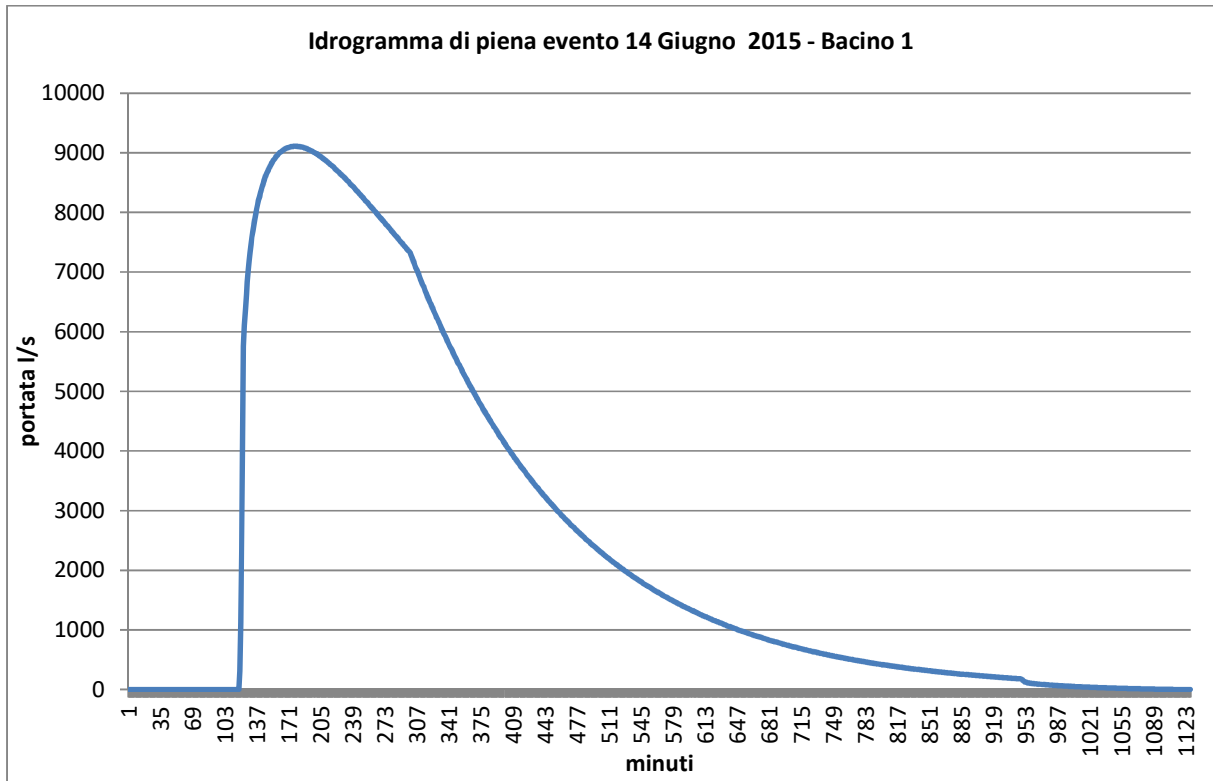
**Modello di trasformazione afflussi Deflussi**

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 250 min

Area complessiva del bacino **638 ha** - Portata di piena: **9.109,00 l/s**

coeff. Udometrico **14,3 l/s \* ha**

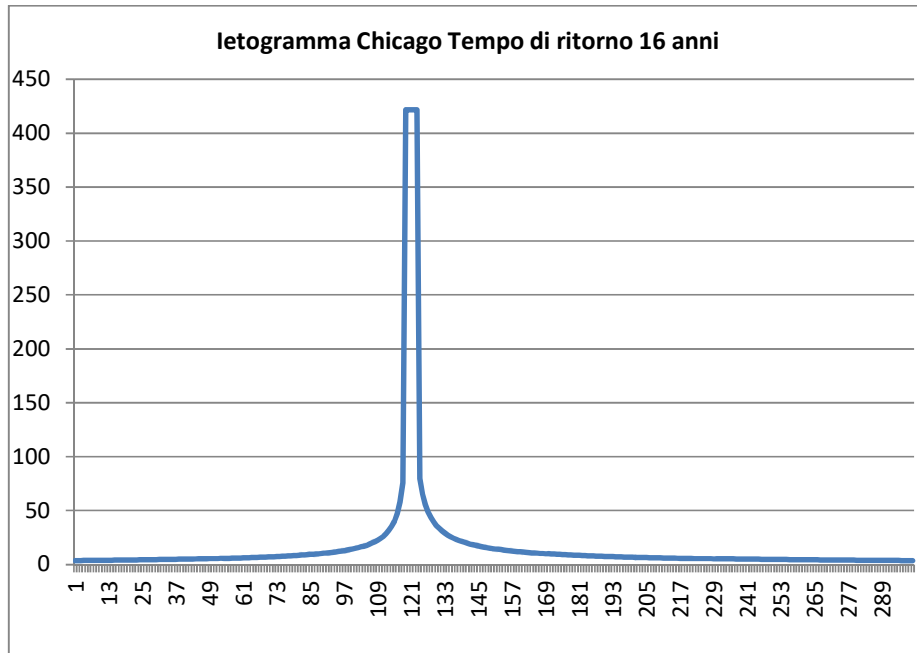


**Bacino Equivalente n°2 - Bacino Sud**

**Calcolo portata per tempo di ritorno 16 anni in condizione AMC 2**

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 16 anni  $h = 59,501 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo – tempo di pioggia 300 minuti



**Calcolo Pioggia Netta**

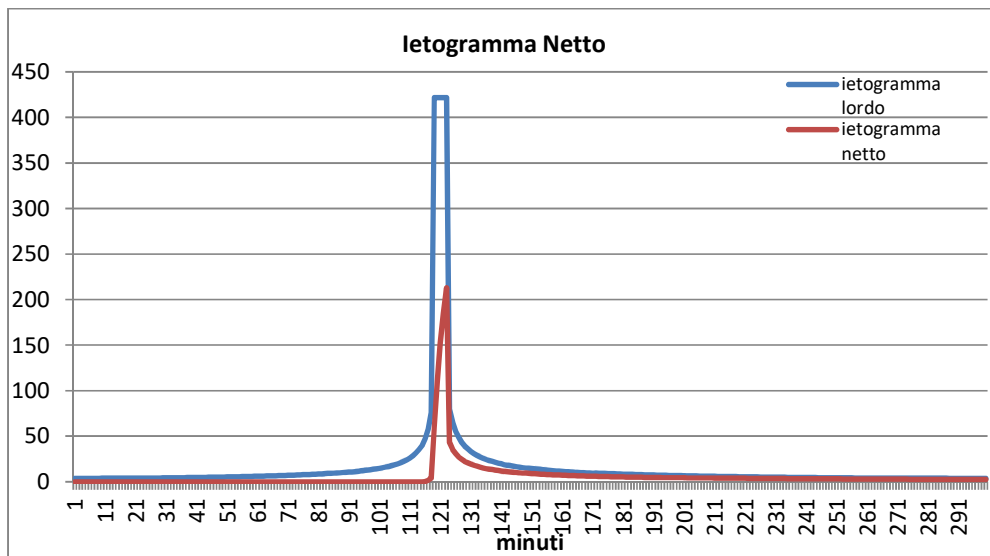
Numero di Curva CN AMC 2

75.58

Coefficiente afflusso

0.36

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta



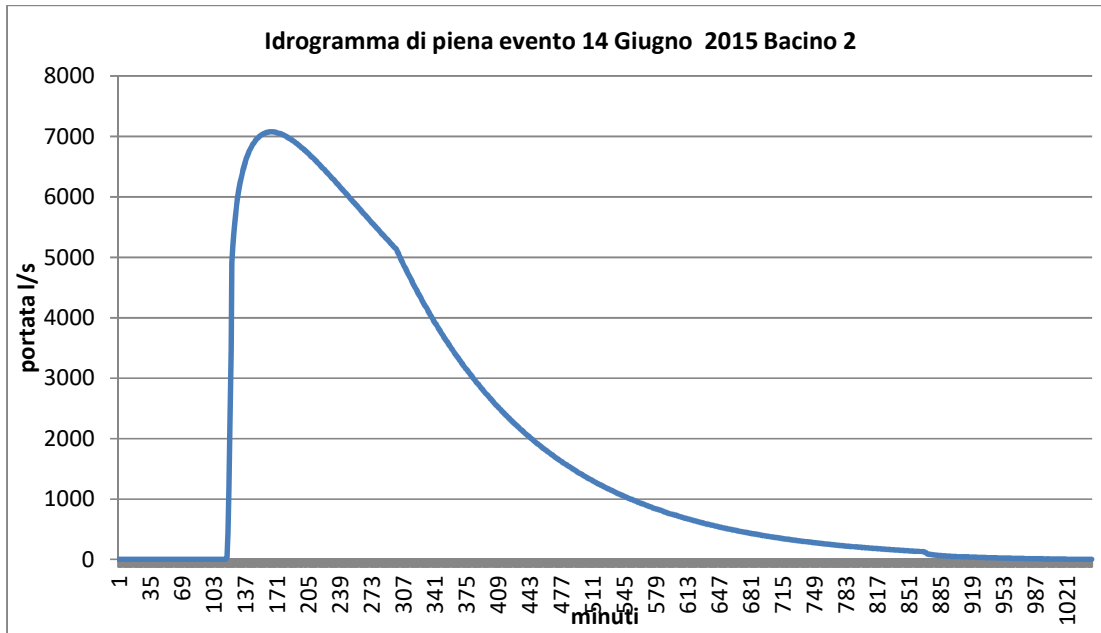
## Modello di trasformazione afflussi Deflussi

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 220 min

Area complessiva del bacino **377 ha** - Portata di piena: **7.075,00 l/s**

coeff. Udometrico **18,76 l/s \* ha**



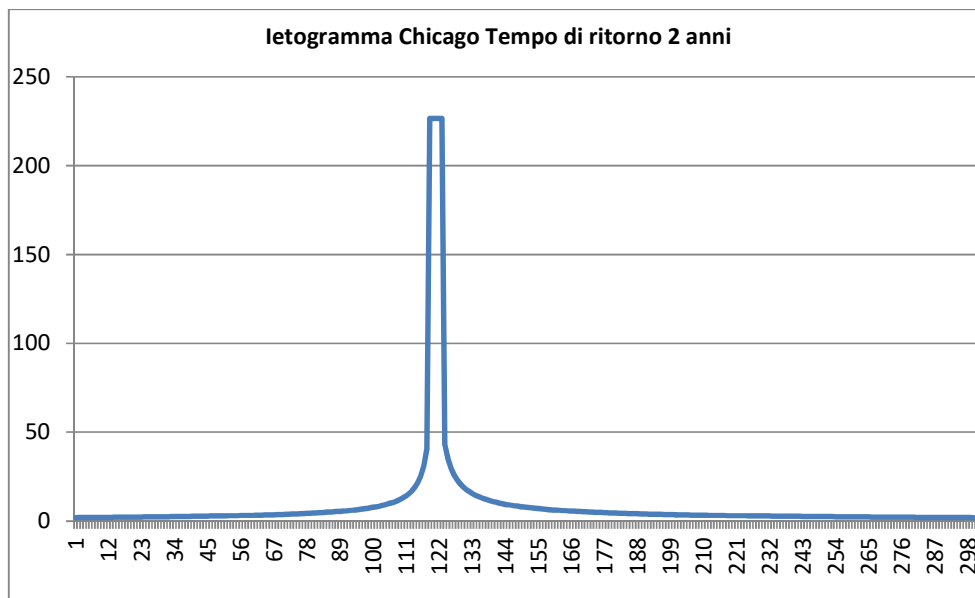
## Analisi idrologica Evento 15Maggio 2015

### Bacino Equivalente n°1 - Bacino Nord

#### **Calcolo portata per tempo di ritorno 2 anni in condizione AMC 2**

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 2 anni  $h = 31,969 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo - tempo di pioggia 300 minuti



#### **Calcolo Pioggia Netta**

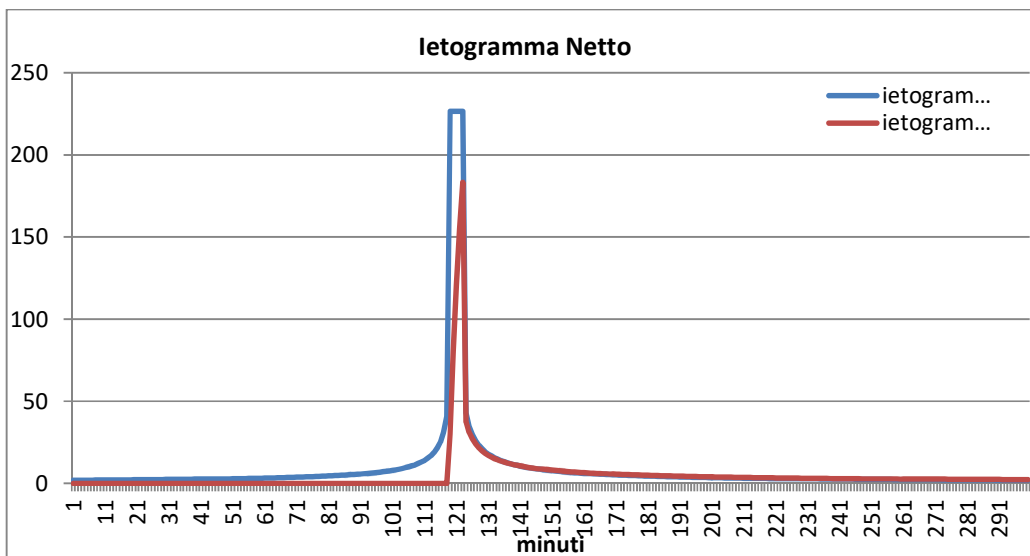
Numero di Curva CN AMC 2

72.54

Coefficiente afflusso

0.14

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta



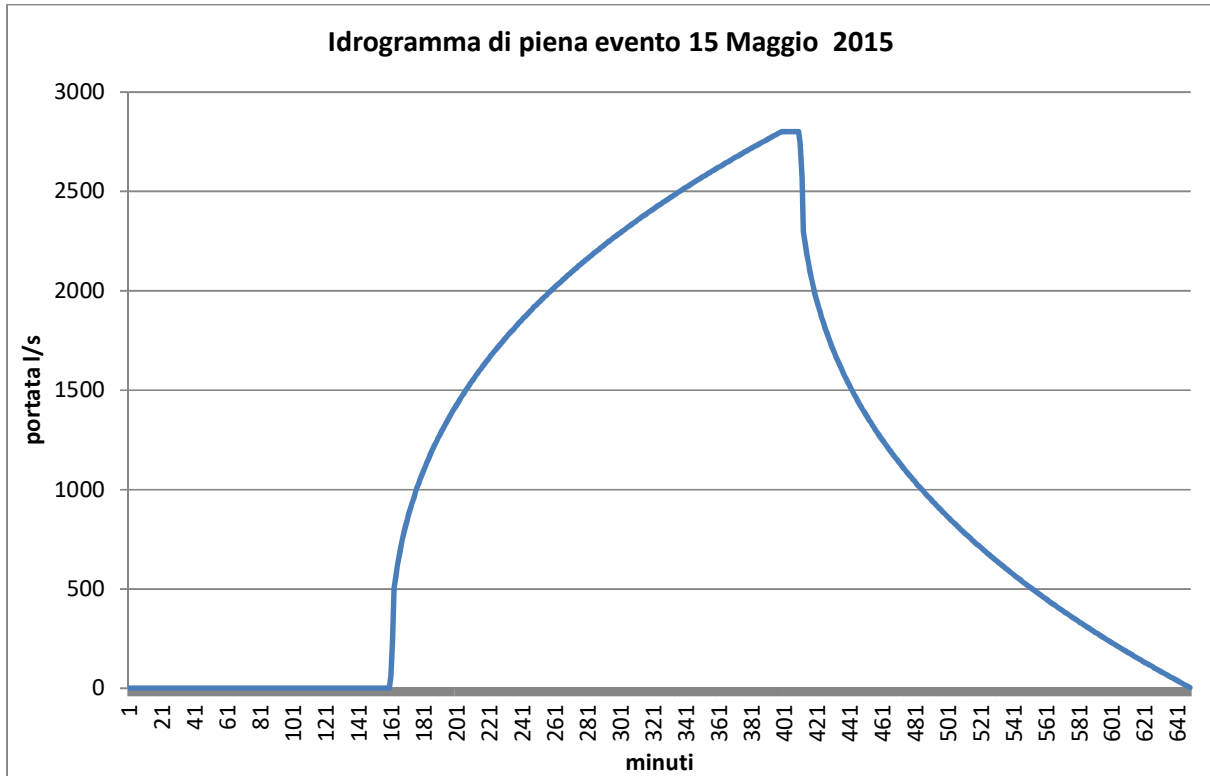
## **Modello di trasformazione afflussi Deflussi**

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 250 min

Area complessiva del bacino **638 ha** - Portata di piena: **2.900,00 l/s**

coeff. Udometrico **4,54 l/s \* ha**

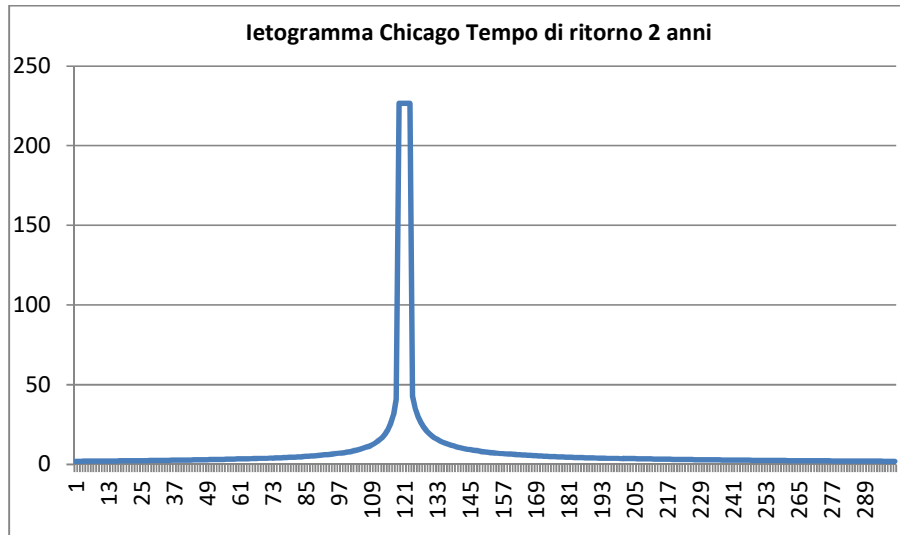


## **Bacino Equivalente n°2 - Bacino Sud**

### **Calcolo portata per tempo di ritorno 2 anni in condizione AMC 2**

Curva di possibilità climatica di Cassano d'Adda per TR 2 anni  $h = 31,969 t^{0.212}$

Ietogramma di pioggia lordo – tempo di pioggia 300 minuti



### **Calcolo Pioggia Netta**

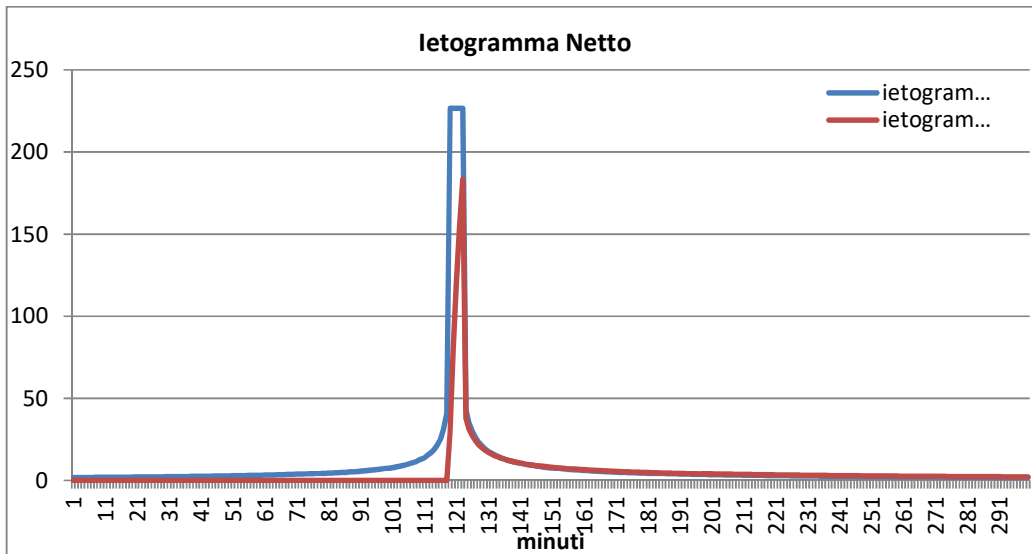
Numero di Curva CN AMC 2

75.58

Coefficiente afflusso

0.18

Ietogramma di pioggia Lorda e Netta





## Modello di trasformazione afflussi Deflussi

Metodo dell'invaso lineare

Tempo di corrivazione del Bacino calcolato con formula di Ogrosky – Mockus: 220 min

Area complessiva del bacino **377 ha** - Portata di piena: **2.692,00 l/s**

coeff. Udometrico **7,14 l/s \* ha**

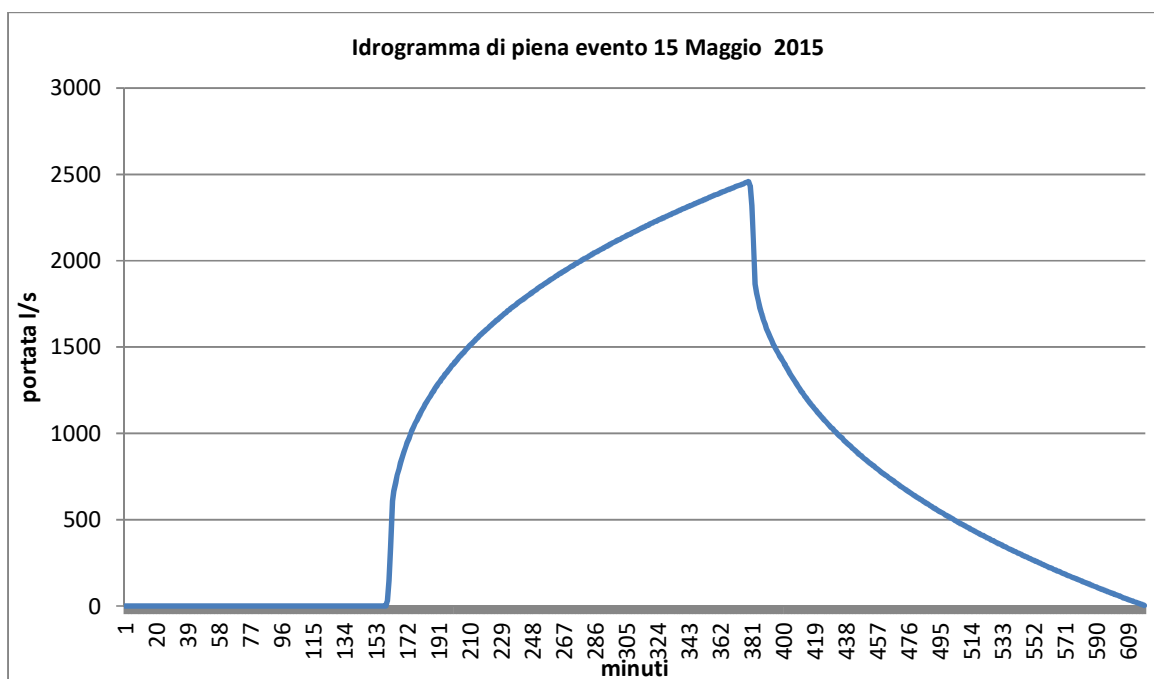


Tabella riassuntiva delle risultanze dell'analisi Idrometeorologica degli eventi 12-13 Novembre 2014 e 14 Giugno 2015

Evento	Bacino	Estensione	Tempo di ritorno evento pluviometrico	Portata di punta (mc/s)	Coefficiente udometrico (l/s ha)	Volume di piena (mc)
<b><u>12 -13 Novembre 2014</u></b>	Bacino Nord	638 ha	<b><u>Tr=69 anni</u></b>	<b>34,75</b>	<b>54,5</b>	<b>719.688,00</b>
	Bacino Sud	377 ha		<b>23,94</b>	<b>63,5</b>	<b>442.063,00</b>
<b><u>14 Giugno 2015</u></b>	Bacino Nord	638 ha	<b><u>Tr=16 anni</u></b>	<b>9,19</b>	<b>14,30</b>	<b>165.071,00</b>
	Bacino Sud	377 ha		<b>7,07</b>	<b>18,76</b>	<b>114.268,00</b>
<b><u>15Maggio 2015</u></b>	Bacino Nord	638 ha	<b><u>Tr=2 anni</u></b>	<b>2,87</b>	<b>4,54</b>	<b>42.029,00</b>
	Bacino Sud	377 ha		<b>2,69</b>	<b>7,14</b>	<b>38.450,00</b>

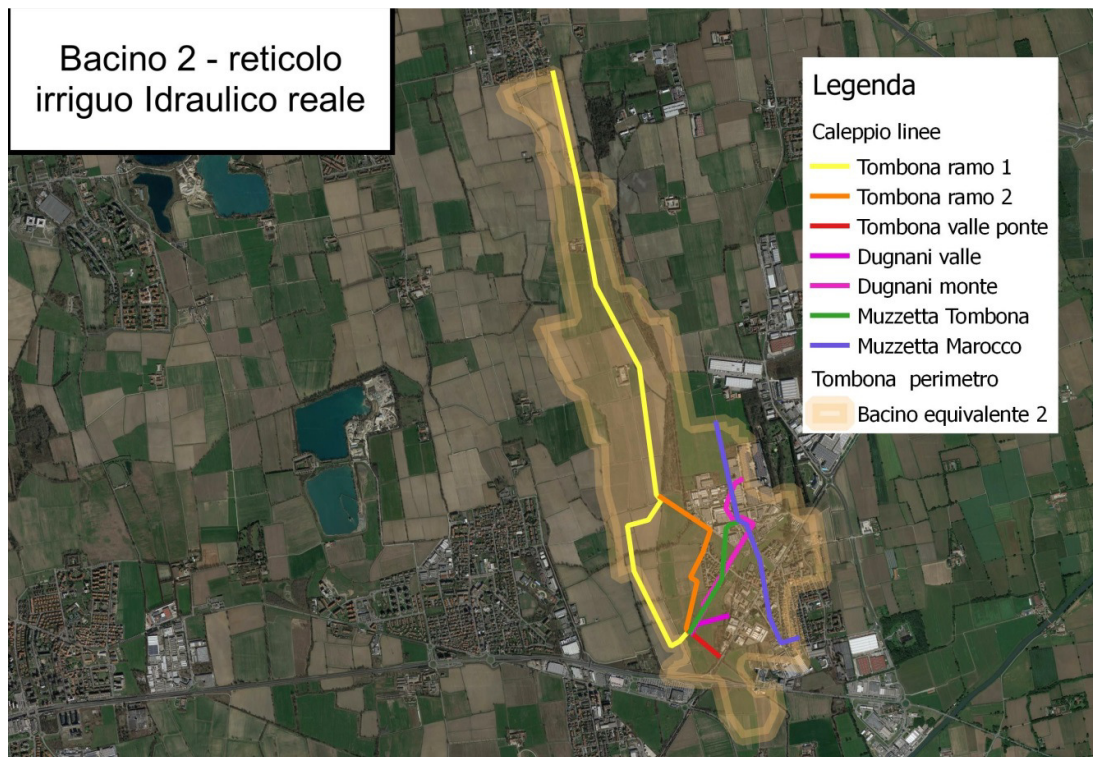
## **Stima della ripartizione delle portate di piena del Bacino Sud**

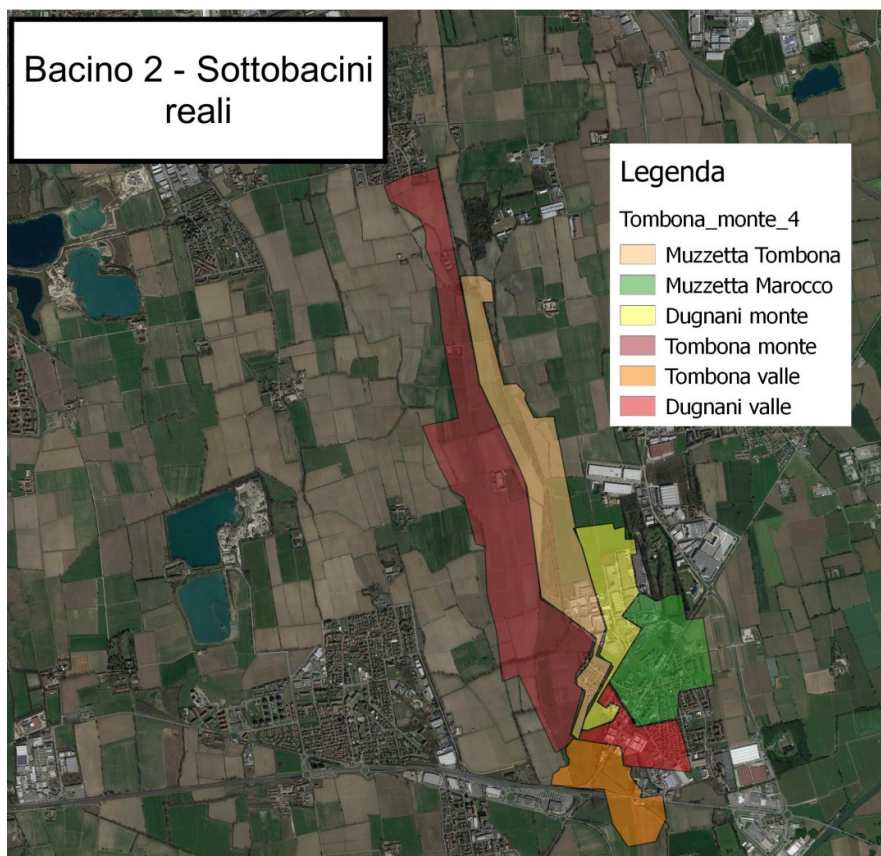
In questo step di progettazione si è approfondita l'analisi idraulica insistente sul territorio oggetto degli interventi mediante analisi estensive sul medesimo territorio consistenti in indagini di campo, rilievi piano altimetrici e indagine cartografiche effettuate su mappe catastali e territoriali, è stato possibile individuare i recettori delle portate calcolate preliminarmente con il metodo del bacino equivalente.

Nello specifico del bacino equivalente 2- Sud (Caleppio di Settala) i ricettori individuati sono i seguenti:

- Roggia Tombona (ramo 1, ramo 2, ramo valle)
- Roggia Muzzetta (ramo Tombona e ramo Marocco)
- Cavo Dugnani
- Cavo Marocco

### **1) Evento 15 Maggio 2015 - $Tr = 2$ anni**





Nella tabella sottostante sono riportate le aree dei diversi sottobacini individuati per l'evento.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>
Tombona monte ponte canale	<i>226</i>	<i>23</i>	<i>203</i>
Tombona valle attraversamento ponte canale	<i>51</i>	<i>48</i>	<i>3</i>
Muzzetta ramo tombona monte	<i>79</i>	<i>75</i>	<i>4</i>
Muzzetta ramo tombona valle	<i>39</i>	<i>8</i>	<i>31</i>
Muzzetta ramo marocco	<i>96</i>	<i>43</i>	<i>53</i>
Cavo Dugnani monte	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>17</i>
Cavo Dugnani valle	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>11</i>

Il valore del coefficiente udometrico calcolato per il bacino equivalente è stato successivamente parametrizzato sulle aree individuate, ottenendo i valori di portata drenata all'interno del Bacino 2 - Sud dei diversi corsi d'acqua per l'evento del Maggio 2015 con tempo di ritorno 2 anni.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>	<b>C. udo [l/s*ha]</b>	<b>Portata [mc/s]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>	<i>12,52</i>	<i>6,74</i>
Tombona monte ponte canale	226	23	203	6,61	3,80
Tombona valle attraversamento ponte canale	51	48	3	6,61	0,33
Muzzetta ramo tombona monte	79	75	4	7,08	0,96
Muzzetta ramo tombona valle	39	8	31	7,99	0,31
Muzzetta ramo marocco	96	43	53	7,11	0,96
Cavo Dugnani monte	28	11	17	7,99	0,23
Cavo Dugnani valle	19	8	11	7,94	0,15

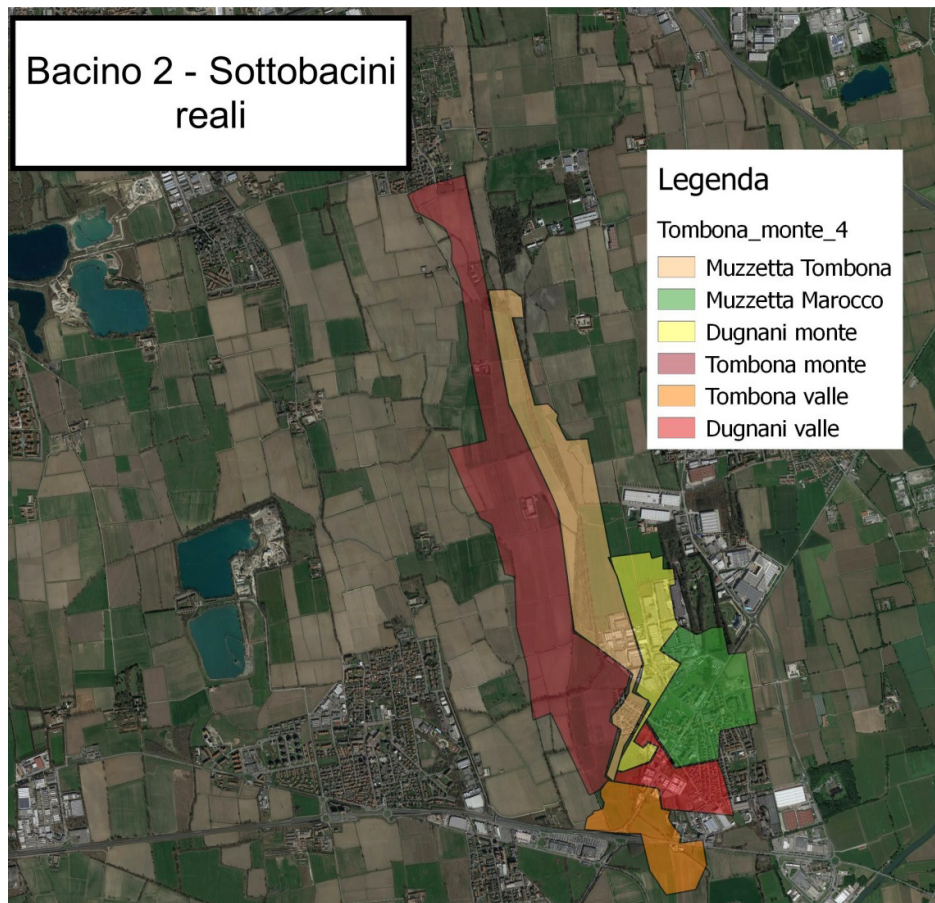
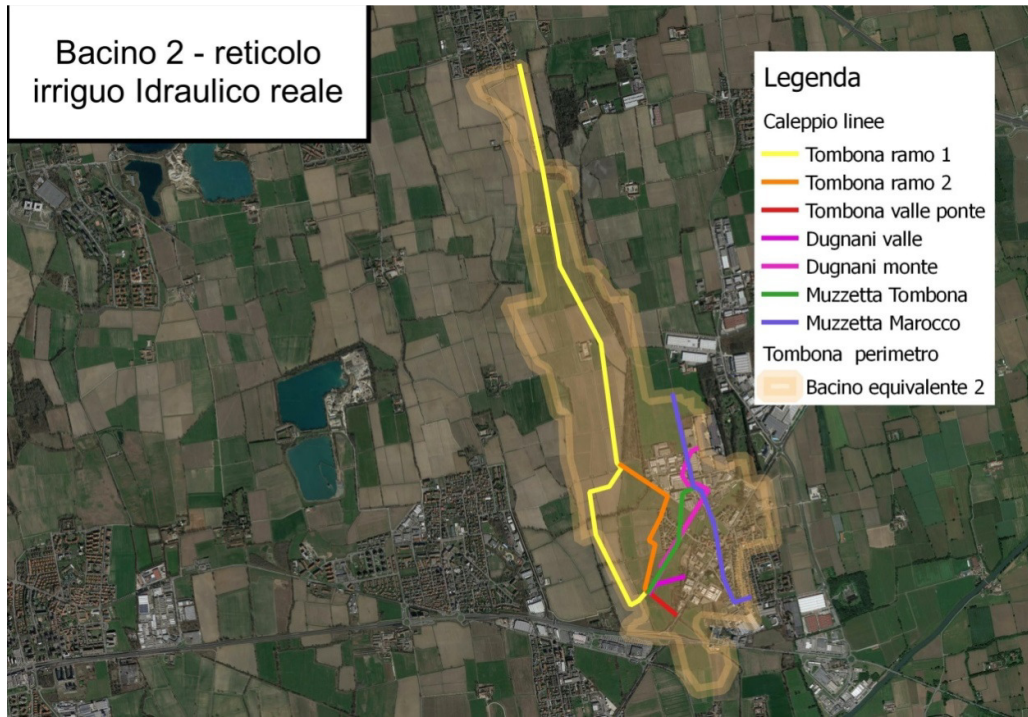
I valori ottenuti precedentemente si riferiscono alla componente di portata drenata all'interno del bacino due, che, sommati ai contributi di portata di drenaggio delle aree esterne al bacino 2 (o Sud) e eventualmente a quelli idraulici afferenti alla circolazione idrica del reticolo territoriale interferente, definiscono i valori di portata defluente nei diversi corsi d'acqua.

Nella tabella seguente sono indicati i diversi contributi di portata per i due canali oggetto della modellazione idraulica in moto permanente.

Nome	Area Drenata	C. udo [l/s*ha]	Portata drenata all'esterno del Bacino 2	Contributo del reticolo territoriale interferente [mc/s]	Portata Drenata all'interno del Bacino 2	Portata [mc/s]
	Esterna al bacino 2					
Tombona Monte ponte canale	120 ha	6,61	0,8	1,5	1,50	3,80
Tombona valle attraversamento ponte canale	-	6,61	-		0,33	0,33
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE DELLA SP 39 "CERCA"</b>						<b>4,13</b>
Tombona - tratto ponte SP39"Cerca"- Addetta	50 ha	6,61	0,330		-	0,330
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: SFOCIO IN ADDETTA</b>						<b>4,46</b>
Muzzetta Ramo Tombona monte	79 ha	7,08	0,4		0,56	0,96
Muzzetta Ramo Tombona valle	39 ha	7,99	-		0,31	0,31
Cavo Dugnani monte	28	7,99			0,23	0,23
Cavo Dugnani valle	19	7,94	-		0,15	0,15
<b>ROGGIA MUZZETTA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE SS 415 "PAULLESE"</b>						<b>1,65</b>



**2) Evento 14Giugno 2015 -  $Tr = 16$  anni**



Nella tabella sottostante sono riportate le aree dei diversi sottobacini individuati.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>
Tombona monte ponte canale	<i>226</i>	<i>23</i>	<i>203</i>
Tombona valle attraversamento ponte canale	<i>51</i>	<i>48</i>	<i>3</i>
Muzzetta ramo tombona monte	<i>79</i>	<i>75</i>	<i>4</i>
Muzzetta ramo tombona valle	<i>39</i>	<i>8</i>	<i>31</i>
Muzzetta ramo marocco	<i>96</i>	<i>43</i>	<i>53</i>
Cavo Dugnani monte	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>17</i>
Cavo Dugnani valle	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>11</i>

Il valore del coefficiente udometrico calcolato per il bacino equivalente è stato successivamente parametrizzato sulle aree individuate, ottenendo i valori di portata drenata all'interno del Bacino 2- Sud dei diversi corsi d'acqua per l'evento del Giugno 2015 caratterizzato da tempo di ritorno 16 anni.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>	<b>C. udo [l/s*ha]</b>	<b>Portata [mc/s]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>	<i>26,277</i>	<i>14,14</i>
Tombona monte ponte canale	<i>226</i>	<i>23</i>	<i>203</i>	<i>17,38</i>	<i>7,53</i>
Tombona valle attraversamento ponte canale	<i>51</i>	<i>48</i>	<i>3</i>	<i>17,38</i>	<i>0,88</i>
Muzzetta ramo tombona monte	<i>79</i>	<i>75</i>	<i>4</i>	<i>17,94</i>	<i>1,41</i>
Muzzetta ramo tombona valle	<i>39</i>	<i>8</i>	<i>31</i>	<i>20,99</i>	<i>0,82</i>
Muzzetta ramo marocco	<i>96</i>	<i>43</i>	<i>53</i>	<i>18,69</i>	<i>2,50</i>
Cavo Dugnani monte	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>17</i>	<i>20,99</i>	<i>0,60</i>
Cavo Dugnani valle	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>11</i>	<i>20,87</i>	<i>0,40</i>

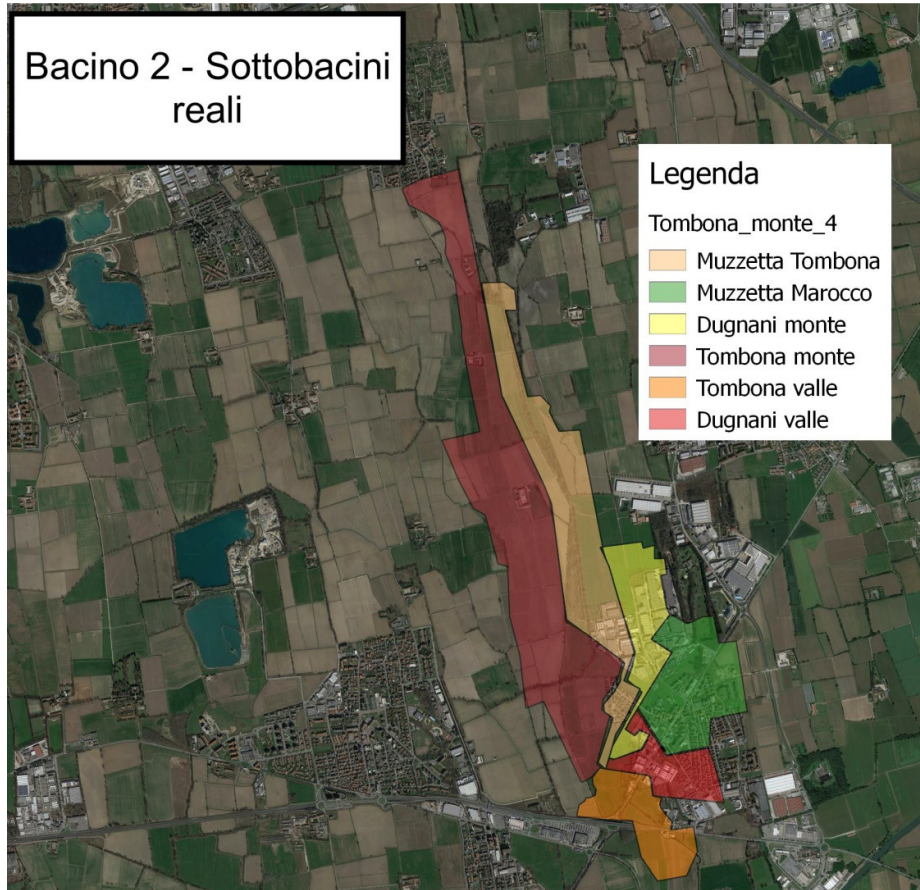
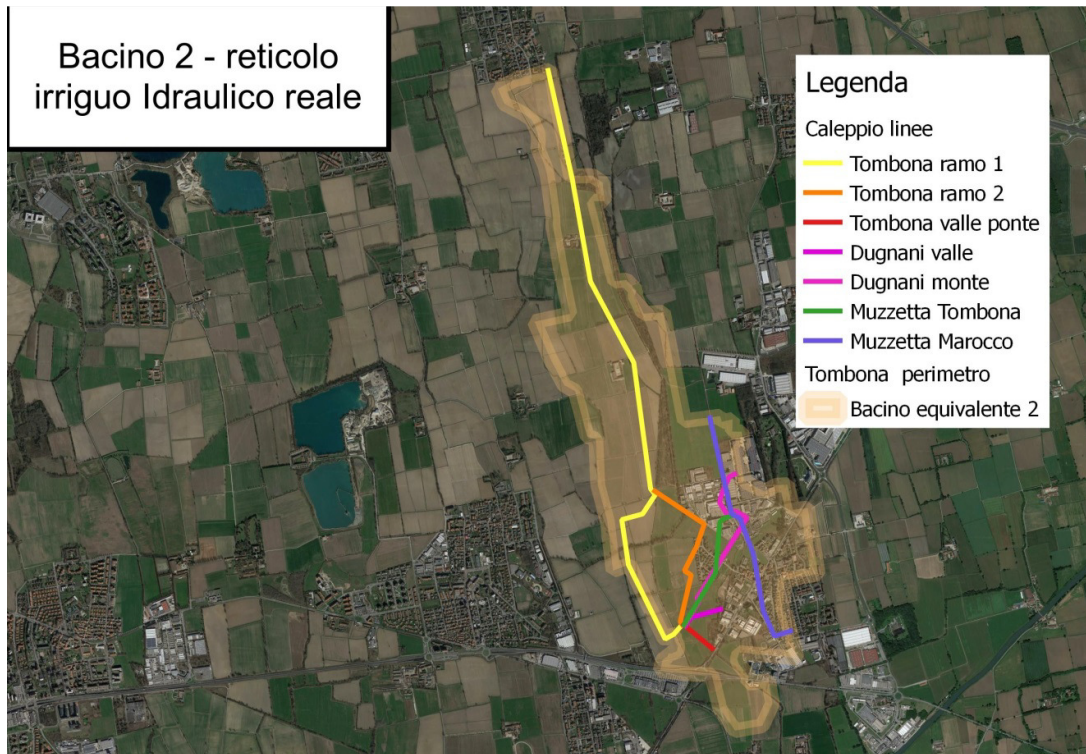


I valori ottenuti precedentemente si riferiscono alla componente di portata drenata all'interno del bacino 2, che, sommati ai contributi di portata di drenaggio delle aree esterne allo stesso bacino 2, unitamente a quelli idraulici afferenti alla circolazione idrica del reticolo territoriale interferente, definiscono i valori di portata defluente nei diversi corsi d'acqua.

Nella tabella seguente sono indicati i diversi contributi di portata per i due canali oggetto della modellazione idraulica in moto permanente.

Nome	Area Drenata [ha]	C. udo [l/s*ha]	Portata drenata all'esterno del Bacino 2 [mc/s]	Contributo del reticolo territoriale interferente [mc/s]	Portata Drenata all'interno del Bacino 2 [mc/s]	Portata [mc/s]
	Esterna al bacino 2					
Tombona Monte ponte canale	120 ha	17,38	2,1	1,5	3,93	7,53
Tombona valle attraversamento ponte canale	-	17,38	-		0,88	0,88
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE DELLA SP 39 "CERCA"</b>						<b>8,41</b>
Tombona - tratto ponte SP39 "Cerca"- Addetta	50 ha	17,38	0,869		-	0,869
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: SFOCIO IN ADDETTA</b>						<b>9,28</b>
Muzzetta Ramo Tombona monte	79 ha	17,94	-		1,41	1,41
Muzzetta Ramo Tombona valle	39 ha	20,99	-		0,82	0,82
Cavo Dugnani monte	28	20,99			0,60	0,60
Cavo Dugnani valle	19	20,87	-		0,40	0,40
<b>ROGGIA MUZZETTA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE SS 415 "PAULLESE"</b>						<b>3,23</b>

### 3) Evento Novembre 2014 - $Tr = 69$ anni



Nella tabella sottostante sono riportate le aree dei diversi sottobacini individuati.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>
Tombona monte ponte canale	<i>226</i>	<i>23</i>	<i>203</i>
Tombona valle attraversamento ponte canale	<i>51</i>	<i>48</i>	<i>3</i>
Muzzetta ramo tombona monte	<i>79</i>	<i>75</i>	<i>4</i>
Muzzetta ramo tombona valle	<i>39</i>	<i>8</i>	<i>31</i>
Muzzetta ramo marocco	<i>96</i>	<i>43</i>	<i>53</i>
Cavo Dugnani monte	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>17</i>
Cavo Dugnani valle	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>11</i>

Il valore del coefficiente udometrico calcolato per il bacino equivalente è stato successivamente parametrizzato sulle aree individuate, ottenendo i valori di portata drenata all'interno del Bacino 2 -Sud dei diversi corsi d'acqua per l'evento del Novembre 2014 avente tempo di ritorno 69 anni.

<b>Nome</b>	<b>Area Drenata [ha]</b>	<b>Rurale [ha]</b>	<b>Urbana [ha]</b>	<b>C. udo [l/s*ha]</b>	<b>Portata [mc/s]</b>
<i>Bacino 2- Sud</i>	<i>538</i>	<i>216</i>	<i>322</i>	<i>79,89</i>	<i>42,98</i>
Tombona monte ponte canale	<i>226</i>	<i>23</i>	<i>203</i>	<i>58,84</i>	<i>20,38</i>
Tombona valle attraversamento ponte canale	<i>51</i>	<i>48</i>	<i>3</i>	<i>58,54</i>	<i>2,96</i>
Muzzetta ramo tombona monte	<i>79</i>	<i>75</i>	<i>4</i>	<i>62,99</i>	<i>4,95</i>
Muzzetta ramo tombona valle	<i>39</i>	<i>8</i>	<i>31</i>	<i>71,06</i>	<i>2,79</i>
Muzzetta ramo marocco	<i>96</i>	<i>43</i>	<i>53</i>	<i>63,27</i>	<i>8,54</i>
Cavo Dugnani monte	<i>28</i>	<i>11</i>	<i>17</i>	<i>71,06</i>	<i>2,02</i>
Cavo Dugnani valle	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>11</i>	<i>70,66</i>	<i>1,35</i>

I valori ottenuti precedentemente si riferiscono alla componente di portata drenata all'interno del bacino 2, che, sommati ai contributi di portata di drenaggio delle aree esterne allo stesso bacino 2, oltre a quelli idraulici afferenti alla circolazione idrica del reticolo territoriale interferente, definiscono i valori di portata defluente nei diversi corsi d'acqua.

Nella tabella seguente sono indicati i diversi contributi di portata per i due canali oggetto della modellazione idraulica in moto permanente.

Nome	Area Drenata [ha]	C. udo [l/s*ha]	Portata drenata all'esterno del Bacino 2 [mc/s]	Contributo del reticolo territoriale interferente [mc/s]	Portata Drenata all'interno del Bacino 2 [mc/s]	Portata [mc/s]
	Esterna al bacino 2					
Tombona Monte ponte canale	120 ha	58,84	7,06		13,32	20,38
Tombona valle attraversamento ponte canale	-	58,84	-		2,96	2,96
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE DELLA SP 39 "CERCA"</b>						<b>23,34</b>
Tombona - tratto ponte SP39"Cerca"- Addetta	50 ha	58,84	2,942		-	2,942
<b>ROGGIA TOMBONA SEZIONE DI CHIUSURA: SFOCIO IN ADDETTA</b>						<b>26,28</b>
Muzzetta Ramo Tombona monte	79 ha	62,99	-		4,95	4,95
Muzzetta Ramo Tombona valle	39 ha	71,06	-		2,79	2,79
Cavo Dugnani monte	28	71,06			2,02	2,02
Cavo Dugnani valle	19	70,66	-		1,35	1,35
<b>ROGGIA MUZZETTA SEZIONE DI CHIUSURA: PONTE SS 415 "PAULLESE"</b>						<b>11,10</b>

## ***ANALISI IDRAULICA PER LA DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO - Interventi Bacino 2 - Sud - Caleppio di Settala***

Le opere previste nel primo lotto di interventi di cui al presente progetto consistono nella realizzazione del manufatto scaricatore della roggia Muzzetta e del fontanile Dugnani, nonché nell'adeguamento strutturale ed idraulico di quest'ultima per il recepimento dei deflussi di piena di origine pluviale che ad essa pervengono anche dai due canali citati, nell'ambito del Bacino sud a caleppio di Settala, che, come descritto nella relazione generale presenta situazioni di insufficienza idraulica con episodi di esondazione puntuali e diffusa con frequenza attesa semi-annuale.

A seguito delle analisi progettuali eseguite, sono state individuate come opere prioritarie da porre in prima esecuzione, come sopra indicato, il manufatto di scarico Muzzetta - Dugnani-Tombona, nonché le opere di riassetto idraulico di quest'ultima, che costituiscono l'efficace soluzione per il miglioramento della capacità di vettoriamento e scarico idraulico del territorio di Caleppio in corrispondenza del nodo "Cerca - Paullese" (il fontanile Dugnani è adiacente alla Muzzetta e attualmente scarica già in Tombona e verrebbe ricompreso nello scaricatore con un notevole miglioramento dell'efficienza idraulica, essendo prevista la rettifica della quota di fondo della Tombona e quindi la prevalenza di recapito). Ciò, di fatto, ridefinisce la natura funzionale del canale Tombona che viene assoggettato a ben più incisive opere di riassetto d'alveo, diventando così un vero e proprio scolmatore di piena.

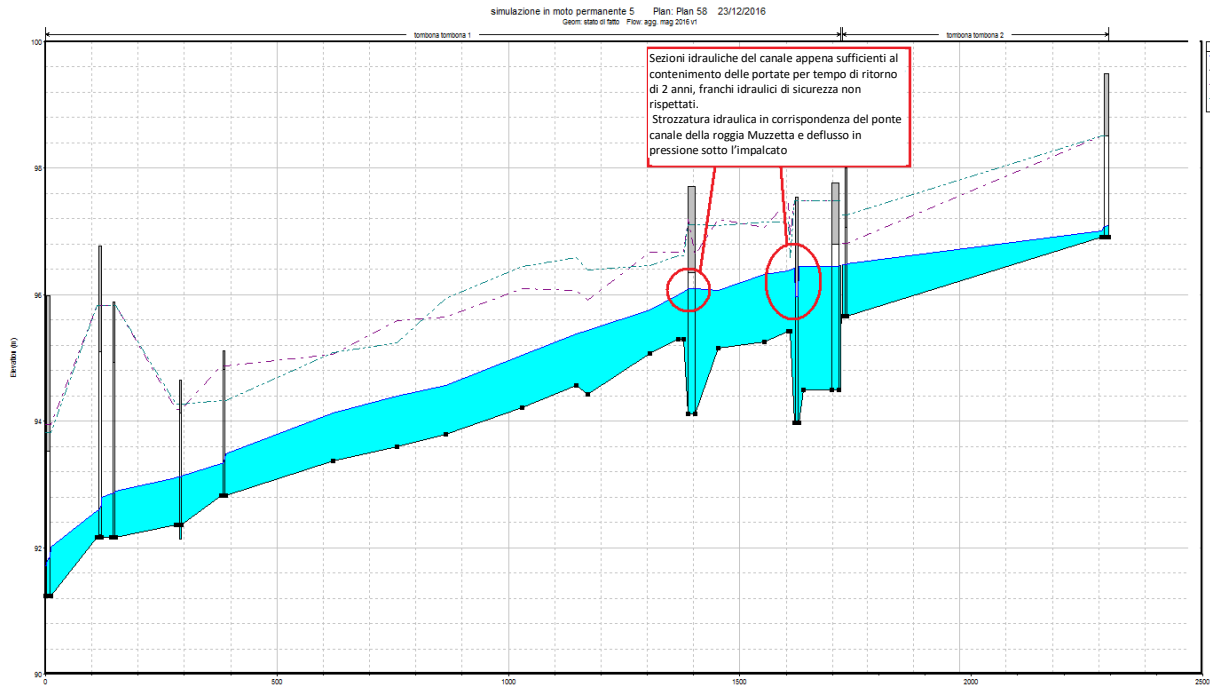
Detti interventi hanno infatti lo scopo di potenziare la capacità di scarico migliorando significativamente l'allontanamento di volumi idrici connessi ad eventi pluviali anche di solo medio - bassa intensità che già attualmente originano rigurgiti ed esondazioni nel territorio settalese, come accaduto in un recente evento critico per il territorio in oggetto, quello del maggio 2015.

Nel merito tecnico pertanto il ripristino della capacità di smaltimento dei canali Muzzetta, Dugnani e Tombona si compone dei due seguenti interventi 1S:

- 1S.1) Nuovo scaricatore roggia Muzzetta, costituito da un manufatto in c.c.a. e acciaio avente lo scopo di sversare in Tombona poco prima della relativa intersezione in fregio alla s.p. 39 "Cerca" le portate di piena del Muzzetta
- 1S.2) Adeguamento delle strutture d'alveo della roggia irrigua consortile Tombona in conformità al descritto assetto idraulico del nodo in oggetto a partire dall'intersezione con la s.p. n°39 "Cerca", sino al manufatto di regolazione dal quale si diparte il ramo finale in direzione dello scarico in Addetta. Si tratta di lavorazioni di risezionamento con opportuno approfondimento della quota di fondo e conseguente adeguamento statico e idraulico delle strutture arginali e di sponda in

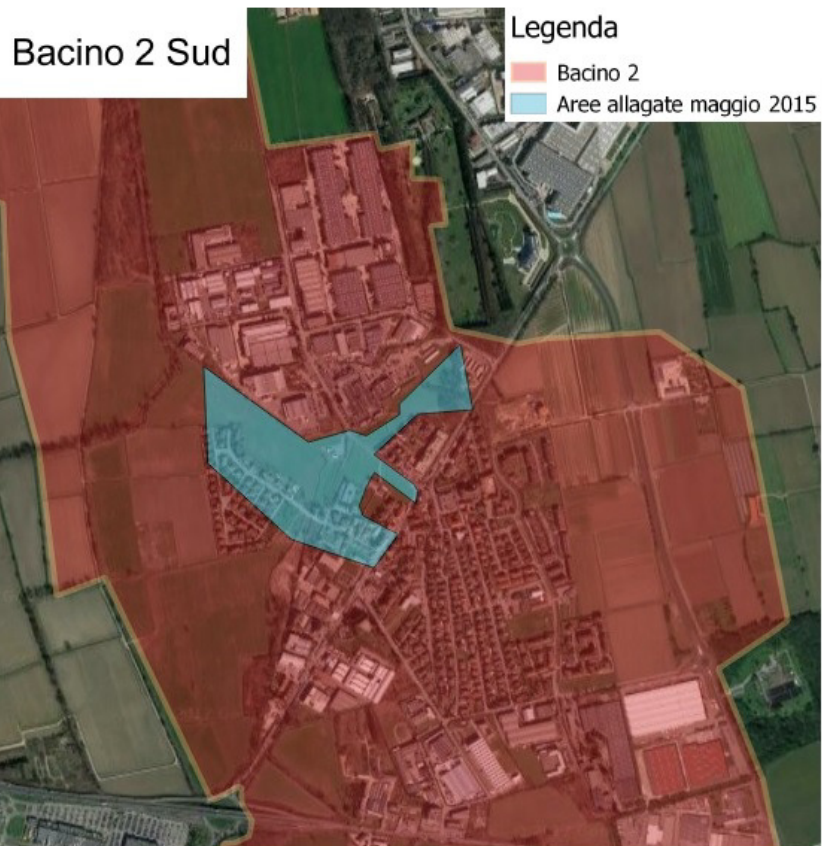


## Simulazione stato di fatto roggia Tombona per evento tempo di ritorno 2 anni



I risultati ottenuti mostrano una buona corrispondenza tra i punti di criticità idraulica (ovvero sezione insufficiente al deflusso) osservati e la mappatura delle aree allagate censite nel corso degli eventi del 2015 (evento con  $Tr = 2$  anni), che si riporta nel seguito per un confronto immediato.

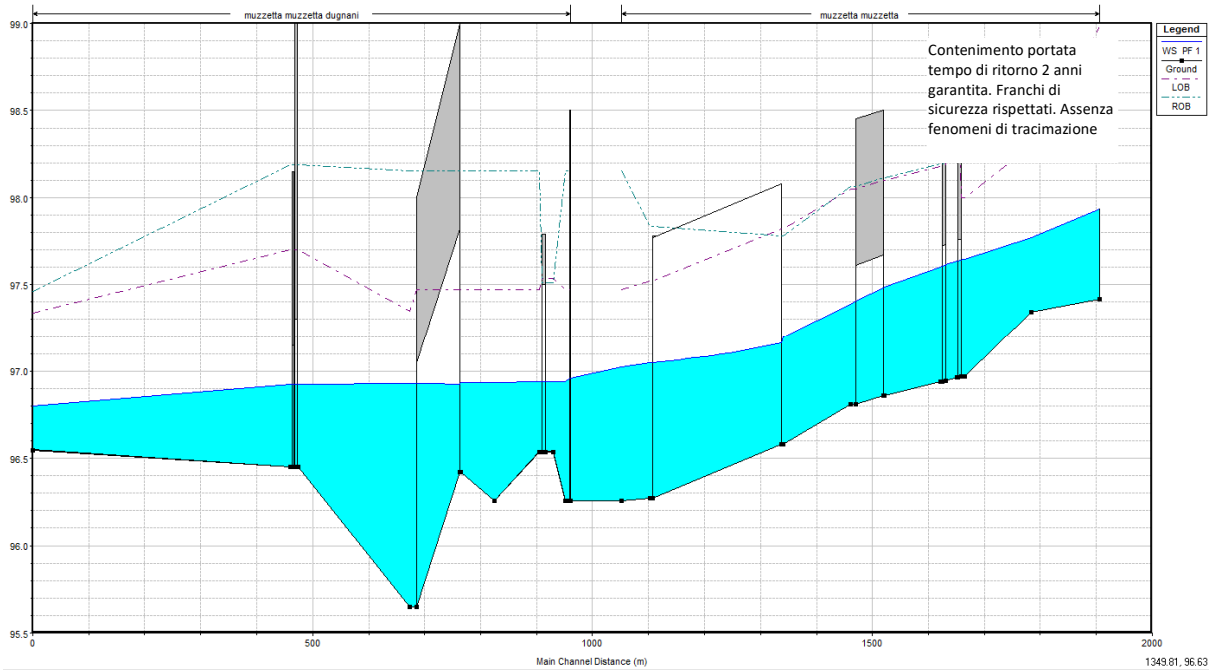




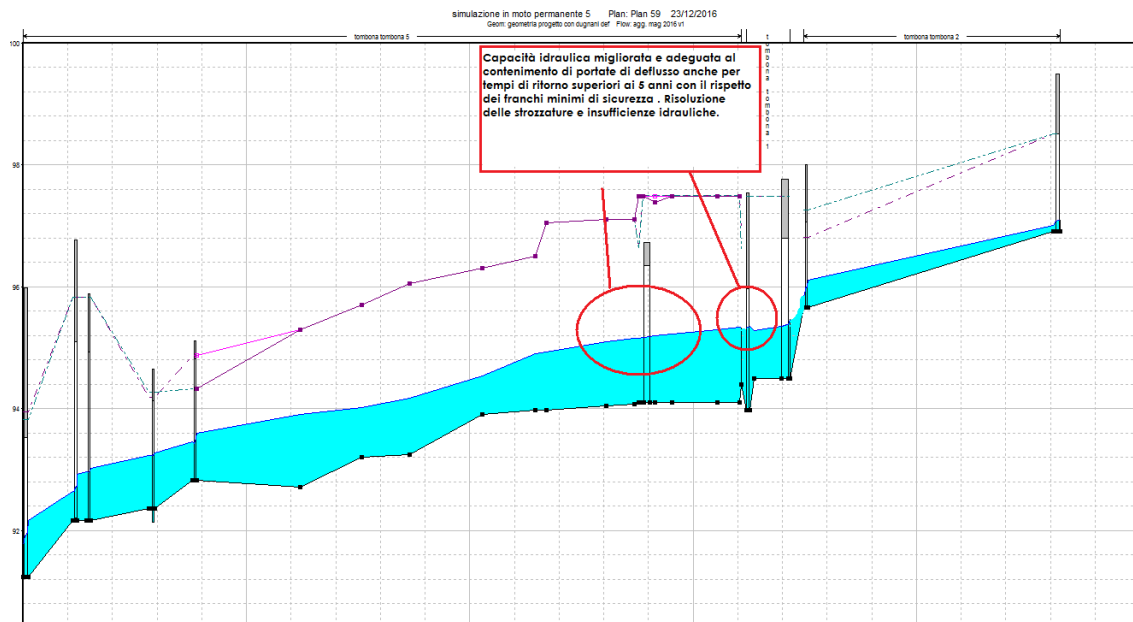
**Bacino 2-Sud - Aree allagate nell'evento maggio 2015 - Tr 2 anni Stato di fatto**

Si passa ora all'analisi delle simulazioni condotte in presenza degli interventi previsti in progetto (1S.1 e 1S.2), al fine di poterne valutare l'effettiva efficacia. Vengono presi in esame i due tempi di ritorno di riferimento: 2 e 5 anni. Per  $Tr = 2$  anni infatti il sistema allo stato di fatto va in crisi idraulica, mentre 5 anni, come ampiamente descritto, è la frequenza di crisi attesa limite di efficacia degli interventi previsti.

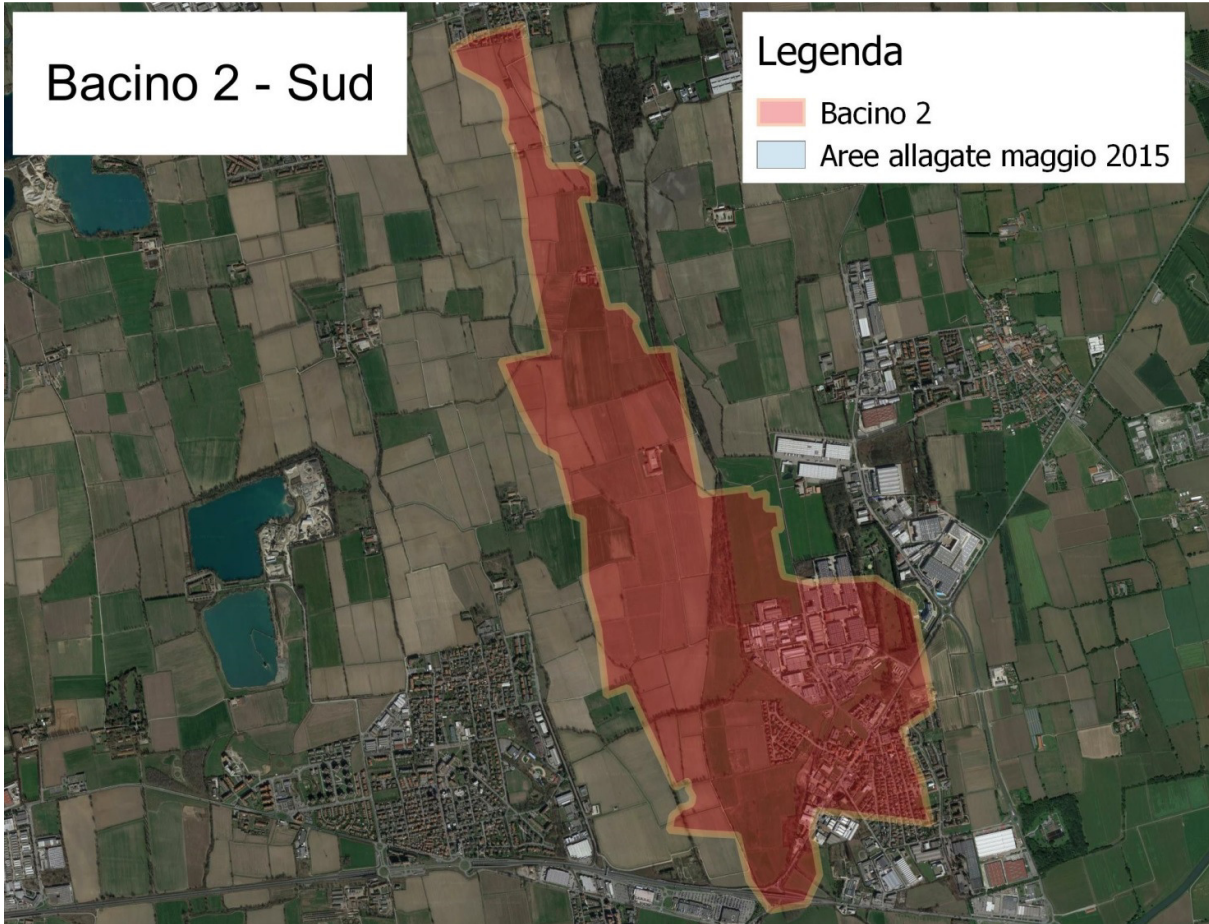
## Simulazione di progetto roggia Muzzetta con interventi 1S.1 e 1S.2 per tempo di ritorno 2 anni



## Simulazione di progetto roggia Tombonacon interventi 1S.1 e 1S.2 per tempo di ritorno 2 anni

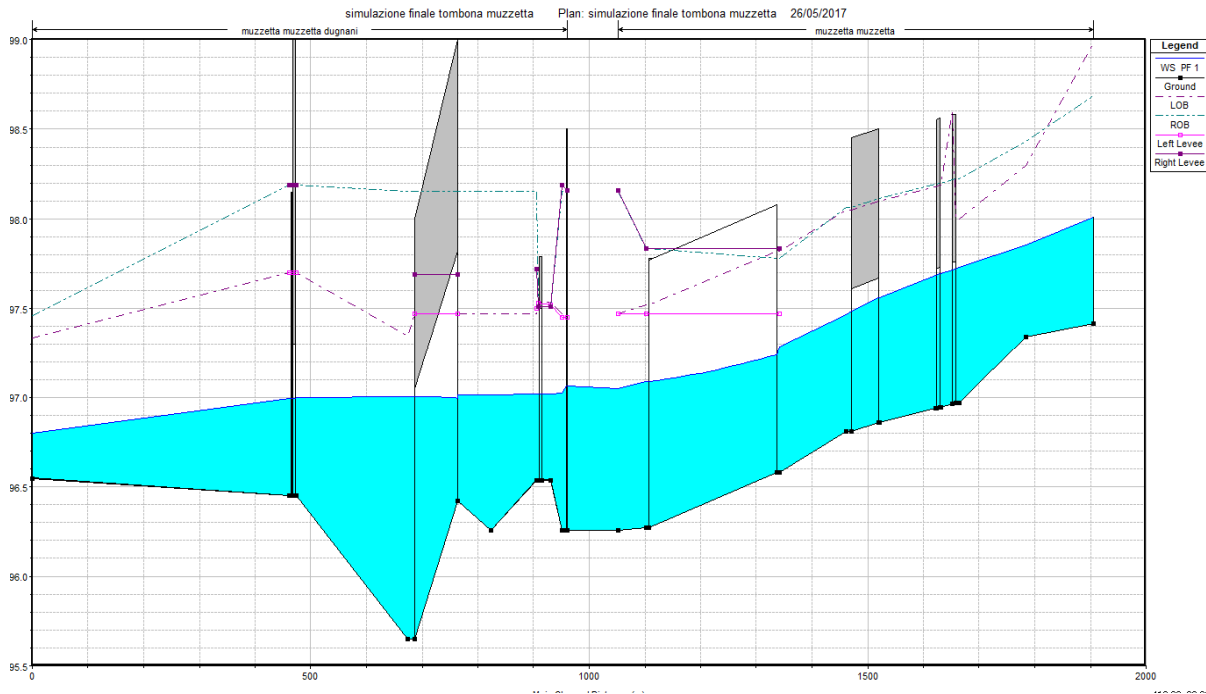


Anche la mappatura delle aree allagate, sotto riportata, rende conto della non criticità della situazione, con nessuna area interessata da esondazione grazie al nuovo assetto idraulico conseguente alla realizzazione degli interventi.



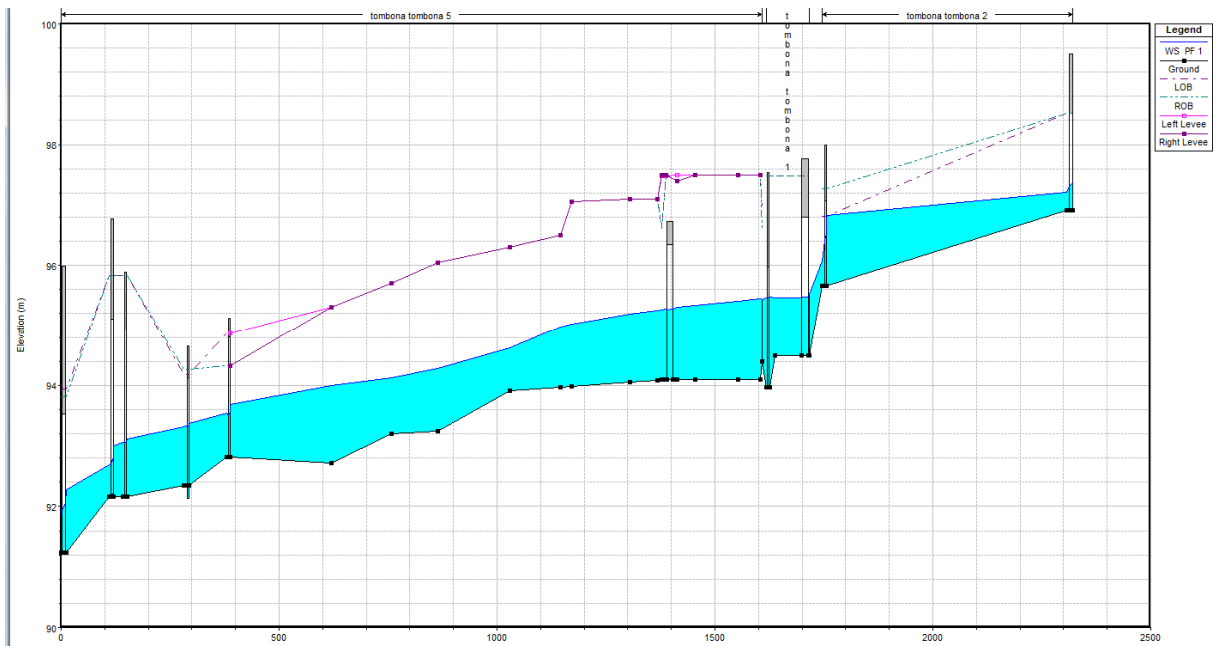
Emerge dall'analisi delle risultanze delle simulazioni, la possibilità di conseguire con gli interventi previsti, oltre che l'idonea prioritaria capacità idraulica di vettoriamento e scarico, anche un incremento del volume d'invaso, ovviamente in linea, rispetto a quanto non sia attualmente disponibile.

## Simulazione di progetto roggia Muzzetta con interventi 1S.1 e 1S.2 per tempo di ritorno 5 anni



Si evince dall'immagine del profilo liquido simulato della Muzzetta che non sussiste alcuna situazione di criticità con deflusso libero e non rigurgitato.

## Simulazione di progetto roggia Tombona con interventi 1S.1 e 1S.2 per tempo di ritorno 5 anni



Analogamente alla Muzzetta, anche per la Tombona non si riscontrano criticità di sorta, evidenziandosi un deflusso non rigurgitato e connotato da franchi di sicurezza ottimali.

Nella seguente tabella vengono schematizzati le criticità principali di carattere idraulico presenti nei due rami di Tombona e Muzzetta ed i benefici ottenuti con il primo lotto di interventi.

<i>Canale</i>	<i>Criticità</i>	<i>Intervento</i>	<i>Beneficio</i>
Muzzetta	<u>Criticità di carattere idraulico:</u> sezione idraulica insufficiente al contenimento delle portate di piena per tempo di ritorno 2 anni.	<u>Intervento 1S.1:</u> scaricatore roggia Muzzetta, per lo scarico di parte delle portate di piena nel canale Tombona	Contenimento portata tempo di ritorno 5 anni garantita. Assenza fenomeni di tracimazione
Tombona	<u>Criticità di carattere idraulico:</u> sicurezza idraulica non garantita anche per eventi di piena per tempo di ritorno 2 anni. Strozzatura idraulica in corrispondenza del ponte canale della Muzzetta, con moto in pressione sotto l'impalcato.	<u>Intervento 1S.2:</u> lavorazioni di risezionamento con opportuno riapprofondimento della quota di fondo e conseguente adeguamento statico e idraulico delle strutture arginali della roggia Tombona	Capacità idraulica migliorata al contenimento di portate di deflusso anche per tempi di ritorno superiori ai 5 anni con il rispetto dei minimi franchi di sicurezza. Incremento della capacità contenitiva, in termine di invaso in linea, rispetto a quanto non sia attualmente disponibile