

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NODO DI CATANIA**

**S.O. OPERE CIVILI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI  
LINEA INTERESSATO**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

Relazione idrologica per lo studio idraulico del canale Forcile

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3H 00 D 09 RI ID0001 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	Emissione esecutiva	N. Granieri	Luglio 2021	A. Cappelli	Luglio 2021	S. Vanfiori	Luglio 2021	A. Vittozzi Luglio 2021
File: RS3H.00.D.09.RI.ID0001.002.A								n. Elab.: 1



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  
NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO  
INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  
DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI  
DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO

**RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	2 di 64

## INDICE

1. PREMESSA .....	6
2. ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	9
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	10
3.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL’AREA DI STUDIO .....	10
3.2 MORFOLOGIA E IDROGRAFIA .....	11
3.3 INTERVENTI DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI DEL CANALE FORCILE E DEI SUOI AFFLUENTI.....	11
3.4 PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL’AREA DI STUDIO.....	12
4. DATI DI BASE .....	14
5. ANALISI MORFOMETRICA DEL RETICOLO E DEL BACINO IDROGRAFICO .....	15
5.1 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI E DEL RETICOLO IDROGRAFICO .....	15
5.2 PROBLEMATICHE INERENTI LA CARATTERIZZAZIONE AUTOMATICA DEL RETICOLO E DEL BACINO .....	16
5.3 ESTRAZIONE DEI BACINI “RIDOTTI” .....	17
5.4 RISULTATI DELL’ANALISI MORFOMETRICA .....	18
6. LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	21
6.1 CCP PER EVENTI CON DURATA SUPERIORE ALL’ORA.....	23
6.2 CCP PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL’ORA .....	23
7. MODELLAZIONE IDROLOGICA .....	25
7.1 TEMPO DI RITORNO .....	25
7.2 APPROCCIO METODOLOGICO PER LA STIMA DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA.....	25
7.2.1. <i>Metodo cinematico o razionale: Bacini con <math>S &lt; 1 \text{ km}^2</math></i> .....	25
7.2.2. <i>Metodo del WFIUH (Width Function Instantaneous Unit Hydrograph): Bacini con <math>S &gt; 1 \text{ km}^2</math></i> .....	27
7.2.3. <i>Riduzione degli idrogrammi per effetto degli interventi di mitigazione del rischio idraulico previsti         dal Comune di Catania.....</i>	28
7.3. BACINI DI SUPERFICIE INFERIORE A 1 KM <sup>2</sup> .....	29
7.3.1. <i>Tempo di corrivazione.....</i>	29
7.3.2. <i>Trasformazione afflussi-deflussi.....</i>	29
7.4. BACINI DI SUPERFICIE SUPERIORE A 1 KM <sup>2</sup> .....	31
7.4.1. <i>Calcolo delle Funzione d’ampiezza .....</i>	31
7.4.2. <i>Calcolo dello ietogramma di progetto .....</i>	38
7.4.3. <i>Analisi delle perdite idrologiche.....</i>	38
7.4.4. <i>Trasformazione afflussi-deflussi.....</i>	43
7.5 CONFRONTO TRA GLI IDROGRAMMI RICAVATI CON I VARI METODI .....	44
7.5. IETOGRAMMA DI PROGETTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE CON PIOGGIA DISTRIBUITA .....	52
8. INPUT IDROLOGICI PER LE VERIFICHE IDRAULICHE .....	55
8.1 IDROGRAMMI DI PIENA PER IL MODELLI IDRAULICO A PARAMETRI CONCENTRATI SENZA GLI EFFETTI DEGLI INTERVENTI DEL COMUNE DI CATANIA .....	55
8.2 IDROGRAMMI DI PIENA PER IL MODELLI IDRAULICO A PARAMETRI CONCENTRATI CONSIDERANDO GLI EFFETTI DEGLI INTERVENTI DEL COMUNE DI CATANIA.....	58
8.3 IETOGRAMMI DI PROGETTO PER IL MODELLO IDRAULICO A PARAMETRI DISTRIBUITI .....	62

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL’ AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RS3H 00 D09RI ID0001 002 A 4 di 64

APPENDICE A – CODICI USO DEL SUOLO .....	64
Figura 1. Inquadramento delle interferenze su immagine satellitare .....	10
Figura 2: Stralcio della Carta di Pericolosità idraulica .....	13
Figura 3. Codice di definizione delle linee di drenaggio implementato in GIS.....	15
Figura 4. Inquadramento dei bacini idrografici.....	16
Figura 5. Correzione del DTM 2x2 per continuità idraulica aste fluviali.....	17
Figura 6. Inquadramento dei bacini: in arancio i bacini urbanizzati drenati dai collettori fognari .....	18
Figura 7 - Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione. .....	26
Figura 8. Carta delle pendenze, dell'uso del suolo (2012) e dei tempi di residenza idraulica del bacino 3 .....	33
Figura 9 Carte delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 2.....	34
Figura 10. Carta delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 1 ....	35
Figura 11- Carta delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 8.....	36
Figura 12. Carta del CN estratta dall'allegato al PAI .....	40
Figura 13. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 anni relativi al bacino 3.....	44
Figura 14. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 anni relativi al bacino 3.....	44
Figura 15. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 3.....	45
Figura 16. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 3.....	45
Figura 17. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 anni relativi al bacino 2.....	46
Figura 18. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 relativi al bacino 2.....	46
Figura 19.- Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 2.....	47
Figura 20 Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 2.....	47
Figura 21 Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 relativi al bacino 1.....	48
Figura 22. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 relativi al bacino 1.....	48
Figura 23. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 relativi al bacino 1.....	49
Figura 24. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 1.....	49
Figura 25. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 relativi al bacino 8.....	50
Figura 26. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 anni relativi al bacino 8.....	50
Figura 27. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 8.....	51
Figura 28. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 8.....	51
Figura 29. Ietogramma lordo e netto Chicago - Tr50 anni.....	53
Figura 30. Ietogramma lordo e netto Tr 100 anni .....	53
Figura 31. Ietogramma lordo e netto Tr 200 anni .....	54
Figura 32. Ietogramma lordo e netto Tr 300 anni .....	54
Figura 33. Idrogrammi Tr 50 -Bacini maggiori .....	55
Figura 34. Idrogrammi Tr 100- Bacini maggiori .....	55
Figura 35. Idrogrammi Tr 200- bacini maggiori.....	56
Figura 36. Idrogrammi Tr 300- bacini maggiori.....	56

Figura 37. Idrogrammi Tr 50- Bacini minori .....	57
Figura 38. Idrogrammi Tr 100- Bacini minori .....	57
Figura 39. Idrogrammi Tr 200- Bacini minori .....	58
Figura 40. Idrogrammi Tr 300- Bacini minori .....	58
Figura 41. idrogrammi "ridotti" Bummacaro .....	59
Figura 42. Idrogrammi per il bacino 3 .....	59
Figura 43. Idrogrammi bacino 4 .....	60
Figura 44. Idrogrammi "ridotti" Librino A .....	60
Figura 45. Idrogrammi "ridotti" S.Agata (bacino 1) .....	61
Figura 46. Contributo dei bacini minori - Tr 50 anni.....	61
Figura 47. Contributo dei bacini minori – Tr 100 anni.....	61
Figura 48. Contributo dei bacini minori –Tr 200 anni.....	62
Figura 49. Contributo dei bacini minori - Tr 300 anni.....	62
Figura 50. Ietogrammi netti tipo Chicago .....	62
Tabella 1. Sintesi degli interventi di regimazione delle acque superficiali .....	12
Tabella 2. Quadro di sintesi PAI .....	12
Tabella 3 – Interferenze idrauliche e caratteristiche dei bacini afferenti.....	19
Tabella 4. Caratteristiche morfometriche dei bacini "ridotti" .....	19
Tabella 5 – Tempi di ritorno di progetto .....	25
Tabella 6 - Tempo di corrivazione del bacino con superficie minore di 1 kmq.....	29
Tabella 7. Determinazione delle portate al colmo Tr 50 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq) .....	30
Tabella 8- Determinazione delle portate al colmo Tr 100 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq).....	30
Tabella 9- Determinazione delle portate al colmo Tr 200 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq).....	31
Tabella 10- Determinazione delle portate al colmo Tr 300 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq).....	31
Tabella 11 – tempi di corrivazione ricavati con diverse formulazioni.....	38
Tabella 12. Curve number di II e III categoria.....	39

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>6 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	6 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	6 di 64								

## 1. PREMESSA

Il progetto “sistemazione Nodo di Catania” è articolato nei seguenti interventi:

1. Interramento della stazione di Catania C.le e realizzazione del raddoppio su nuovo tracciato tra le stazioni di Catania Centrale e Catania Acquicella.
2. Interramento linea per il prolungamento della pista dell'Aeroporto di Fontanarossa e per la messa a STI del tratto di linea interessato

Il presente studio idraulico è relativo a quanto indicato nel precedente p.to 2, ovvero la progettazione definitiva del *Interramento linea per il prolungamento della pista dell'Aeroporto di Fontanarossa e per la messa a STI del tratto di linea interessato*

L'intervento in questione è necessario per la realizzazione della nuova pista di volo dell'aeroporto Fontanarossa, la cui lunghezza totale sarà pari a 3.200m e potrà accogliere aeromobili capaci di servire destinazioni di lungo raggio, soddisfacendo la domanda di traffico prevista dalla pianificazione strategica nazionale.

L'ambito di studio si colloca ai margini dell'area suburbana di Catania, limitrofa all'Aeroporto Fontanarossa.

Il progetto prevede le modifiche alla infrastruttura ferroviaria necessarie a poter realizzare l'allungamento, da parte di SAC, della pista aeroportuale, in particolare:

1. interramento del tratto ferroviario a doppio binario, tramite la realizzazione di una galleria artificiale e trincee di approccio alla galleria medesima, facente parte della direttrice Palermo-Catania, interferente con l'allungamento della pista dell'aeroporto;
2. ripristino del collegamento Catania-Siracusa attraverso un ramo di nuova realizzazione a singolo binario;
3. realizzazione del ramo di collegamento Siracusa-Palermo a singolo binario;
4. realizzazione del nuovo fascio arrivi-partenze
5. realizzazione di un nuovo terminal merci nell'attuale impianto ferroviario di Bicocca e relativo collegamento alla linea ferroviari verso Siracusa.
6. stazione Fontanarossa (con due binari di corsa, un binario di precedenza e due marciapiedi di lunghezza pari a 250m) e relativo parcheggio kiss-ride.
7. collegamento fascio A/P al Terminal Merci


*Inquadramento del progetto*

Con riferimento al precedente p.to 6, la stazione di Fontanarossa assumerà una configurazione “definitiva” funzionale al futuro modello di esercizio della Palermo-Catania, con un impianto che prevede due binari di corsa e due di precedenza (con marciapiedi di 350m) nell’ambito dell’intervento di *Interramento della stazione di Catania C.le e realizzazione del raddoppio su nuovo tracciato tra le stazioni di Catania Centrale e Catania Acquicella.*

La relazione in oggetto descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare gli input idrologici per le verifiche idrauliche delle opere di attraversamento. Il progetto prevede la realizzazione di due fornici di trasparenza con annessa sistemazione dei canali a monte, la deviazione del canale Forcile a valle dei due attraversamenti nonché un muro di protezione del rilevato ferroviario.

N	Descrizione	WBS	
1	Nuovo tombino 6x2.5 doppia canna alla pk 0+710,00	Nuovo tombino	IN01A
		Sistemazione idraulica lato monte	IN01B
2	Nuovo tombino 6x2.5 alla pk 0+835,00	Nuovo tombino	IN02A
		Sistemazione idraulica lato monte	IN02B
3	Deviazione del canale Forcile	NI01C	
4	Muro di protezione	MU01	

Le verifiche sono state svolte secondo due approcci: con il metodo classico a parametri concentrati e con quello a parametri distribuiti. Per le analisi del primo caso sono stati dunque stimati gli idrogrammi di piena dei bacini sottesi in prossimità delle opere di attraversamento ferroviario e dei bacini afferenti al Forcile fino alla foce; per le seconde invece è stato costruito uno ietogramma di progetto.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO  INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  DELL’ AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI  DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>8 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	8 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	8 di 64								

Nel dettaglio l’analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

1. studio della cartografia, della topografia e individuazione delle principali interferenze tra la linea ferroviaria in progetto e l’idrografia superficiale;
2. Analisi afflussi-deflussi dei bacini idrografici
  - I. perimetrazione dei bacini idrografici e studio delle loro caratteristiche geomorfologiche;
  - II. valutazione delle caratteristiche dei bacini e calcolo dei tempi di corrivazione mediante l’utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
  - III. calcolo degli idrogrammi di progetto mediante il metodo razionale, per bacini con  $S < 1$  kmq, e il metodo del WFIUH (Width Function Instantaneous Unit Hydrograph) per bacini con  $S > 1$  kmq;
3. Analisi afflussi-deflussi dei bacini idrografici “ridotti” in funzione dell’effetto degli interventi di regimazione delle acque superficiali progettati dal comune di Catania
  - I. Perimetrazione dei bacini idrografici “ridotti” escludendo le aree drenate dai nuovi collettori fognari Tr 300 anni
  - II. valutazione delle caratteristiche dei bacini e calcolo dei tempi di corrivazione mediante l’utilizzo di diverse equazioni disponibili in letteratura;
  - III. calcolo degli idrogrammi di progetto mediante il metodo razionale, per bacini con  $S < 1$  kmq, e il metodo del WFIUH (Width Function Instantaneous Unit Hydrograph) per bacini con  $S > 1$  kmq;
4. Stima dello ietogramma di progetto per le verifiche idrauliche con il modello idrologico distribuito



## 2. ELABORATI DI RIFERIMENTO

DESCRIZIONE ELABORATO	SCALA	CODIFICA
COROGRAFIA DEI BACINI IDROGRAFICI –Inquadramento area di Fontanarossa	1:10 000	RS3H00D09C4ID0001001A
COROGRAFIA DEI BACINI IDROGRAFICI – Sottobacini del canale Forcile	1:5 000	RS3H00D09C5ID0001001A
COROGRAFIA DELLE AREE D PERICOLOSITA' IDRAULICA – STRALCIO PGRA- dettaglio del Canale Forcile	1:5 000	RS3H00D09C5ID0002001A

### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

#### 3.1 Inquadramento generale dell'area di studio

Le opere di attraversamento previste ricadono in una porzione di territorio del comune di Catania critica in quanto densa di infrastrutture: i corsi d'acqua prima attraversare la linea ferroviaria, intersecano la strada provinciale SP701 e il nodo che collega la strada suddetta con via di Fontanarossa, via Priolo Sopraelevata, via di Gelso Bianco, viale Librino. A valle di IN01A e IN02A scorre un canale recettore parallelamente alla linea ferroviaria Catania-Siracusa fino all'intersezione con il viadotto di via Fontanarossa, superata la quale, piega in direzione est per poi confluire nel canale Forcile.

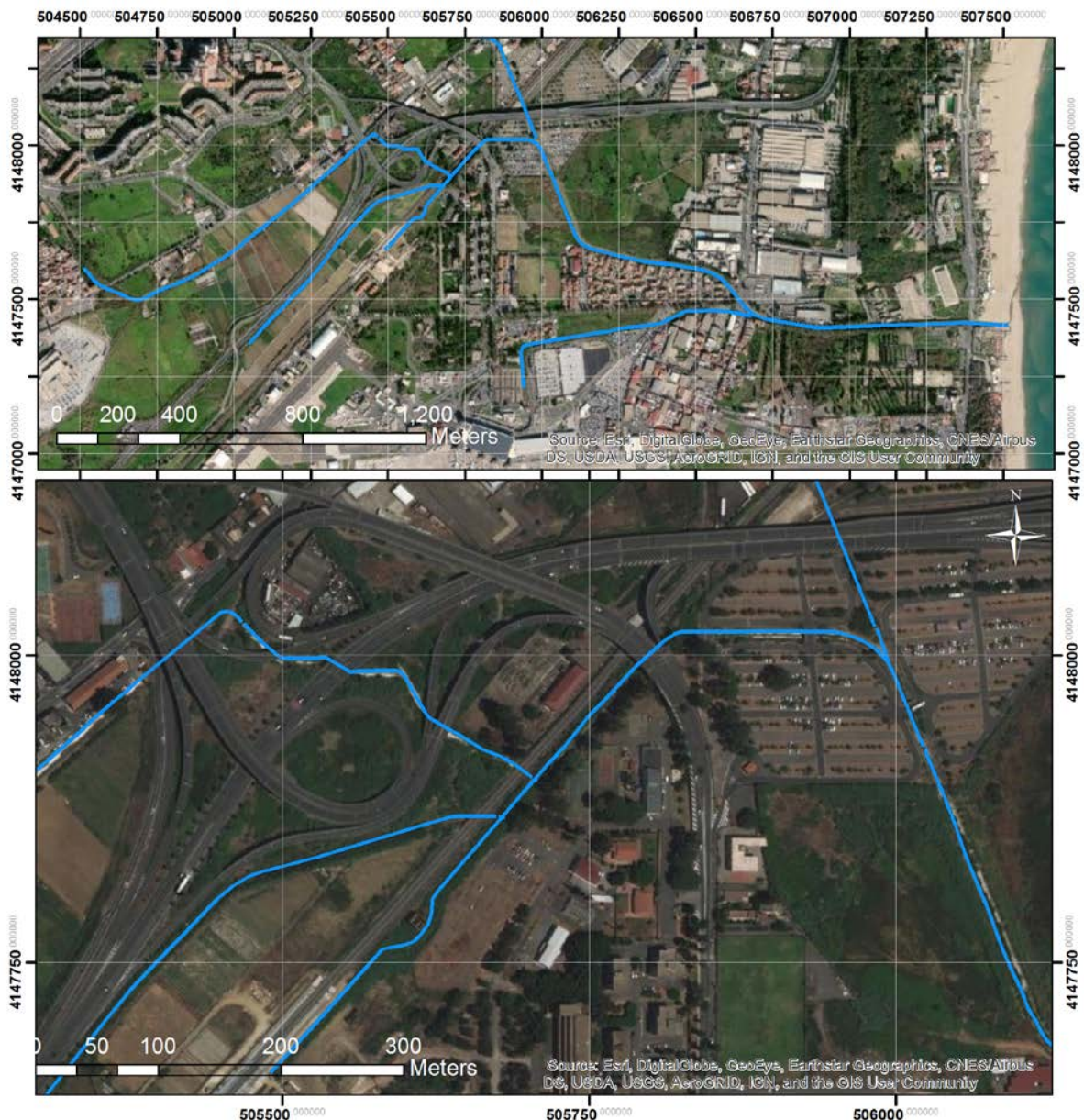


Figura 1. Inquadramento delle interferenze su immagine satellitare

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO  NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO  INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA  DELL’ AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI  DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>11 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	11 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	11 di 64								

### 3.2 Morfologia e idrografia

L’area di studio ricade nel comprensorio dei bacini idrografici interclusi tra il bacino del Fiume Simeto e quello del Fiume Alcantara nella parte orientale della Sicilia. In quest’area sono presenti rilievi collinari diffusamente incisi, costituiti dai depositi alluvionali dei Sieli e dalle colline delle Terreforti, e un lembo orientale della Piana di Catania. La Piana, ormai drenata da canali e fossi di scolo, è il risultato delle alluvioni del Simeto e dei suoi affluenti che hanno colmato gradualmente l’ampio golfo formatosi con il sollevamento dei rilievi circostanti; questo accumulo è stato agevolato dalla presenza di una estesa duna costiera, rafforzata nel tempo dal moto ondosso e dalle correnti marine che lambiscono la costa.

Le incisioni che solcano l’Area raggiungendo la linea di costa sono le seguenti: T. Minissale, T. Fiumefreddo, T. delle Forche, T. Salto del Corvo – Vallonazzo, T. Macchia, T. Jungo, V. Babbo, V. Cozzi, T. Babbo, T. Archi, T. Carruba 1 e 2, T. Pricoco, T. Fago Mangano, V. Pozzillo, T. Lavinaio-Platani, T. Peschiera, T. Abramo, T. Barriera, T. Ciccuni, T. Madonna Nuova, V. del Toscano, V. Acquicella, Canale Fontanarossa, Canale Arci, Canale Buttaceto.

I deflussi lungo le incisioni anzidette e principalmente quelli che riescono a raggiungere il mare sono del tutto occasionali. I deflussi tumultuosi in concomitanza ad eventi piovosi di particolare intensità si esauriscono rapidamente al cessare delle precipitazioni.

L’antropizzazione ha determinato un notevole mutamento delle condizioni ambientali sia per l’incremento dell’impermeabilizzazione del suolo legata all’estendersi degli insediamenti, sia per la trasformazione degli alvei che condiziona il libero deflusso delle acque. Gli alvei sono spesso occupati parzialmente o completamente da zone coltivate che interrompono la continuità idraulica, o addirittura trasformati in strade a volte asfaltate.

### 3.3 Interventi di regimazione delle acque superficiali del canale Forcile e dei suoi affluenti

Nell’ambito della progettazione esecutiva delle opere di riqualificazione e sistemazione idraulica del torrente Forcile e dei suoi affluenti, il comune di Catania ha previsto di realizzare un sistema di collettori fognari di elevata capacità. Il progetto contempla la messa a dimora di 3 scolarari paralleli al corso del canale Forcile a valle degli attraversamenti ferroviari: due, di dimensioni 3x2 m saranno posti in destra idraulica, il terzo, di dimensioni 2.5x2 m sarà posto invece sulla sinistra idraulica. I primi due accoglieranno le acque intercettate in 3 punti di presa (denominati Bummacaro, Cutore e Librino) e convogliate mediante collettori circolari ( $\phi$  2000). Lo scolare minore raccoglie invece le acqua captate dall’opera di presa denominata S. Agata.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002

Opera di presa	Localizzazione	$\phi$	$Q_{Tr50}$	$Q_{Tr300}$
-	-	mm	mc/s	mc/s
Bummacaro	viale Bummacaro	2000	11.61	15.18
Cutore	viale Vigo	2000	9.41	12.3
Librino	nei pressi di via Boccone	2500	15.09	19.72
S.Agata	viale Nitta	2500	16.29	21.29

*Tabella 1. Sintesi degli interventi di regimazione delle acque superficiali*

### 3.4 Pericolosità idraulica dell'area di studio

La pericolosità idraulica dell'area di studio è rappresentata in parte nelle tavole relative al PAI dell'area territoriale tra i bacini del Fiume Simeto e del Fiume Alcantara (095) e in parte in quelle relative al PAI del bacino del fiume Simeto (094), essendo la parte meridionale del sito d'intervento ricadente nella fascia alluvionale di quest'ultimo.

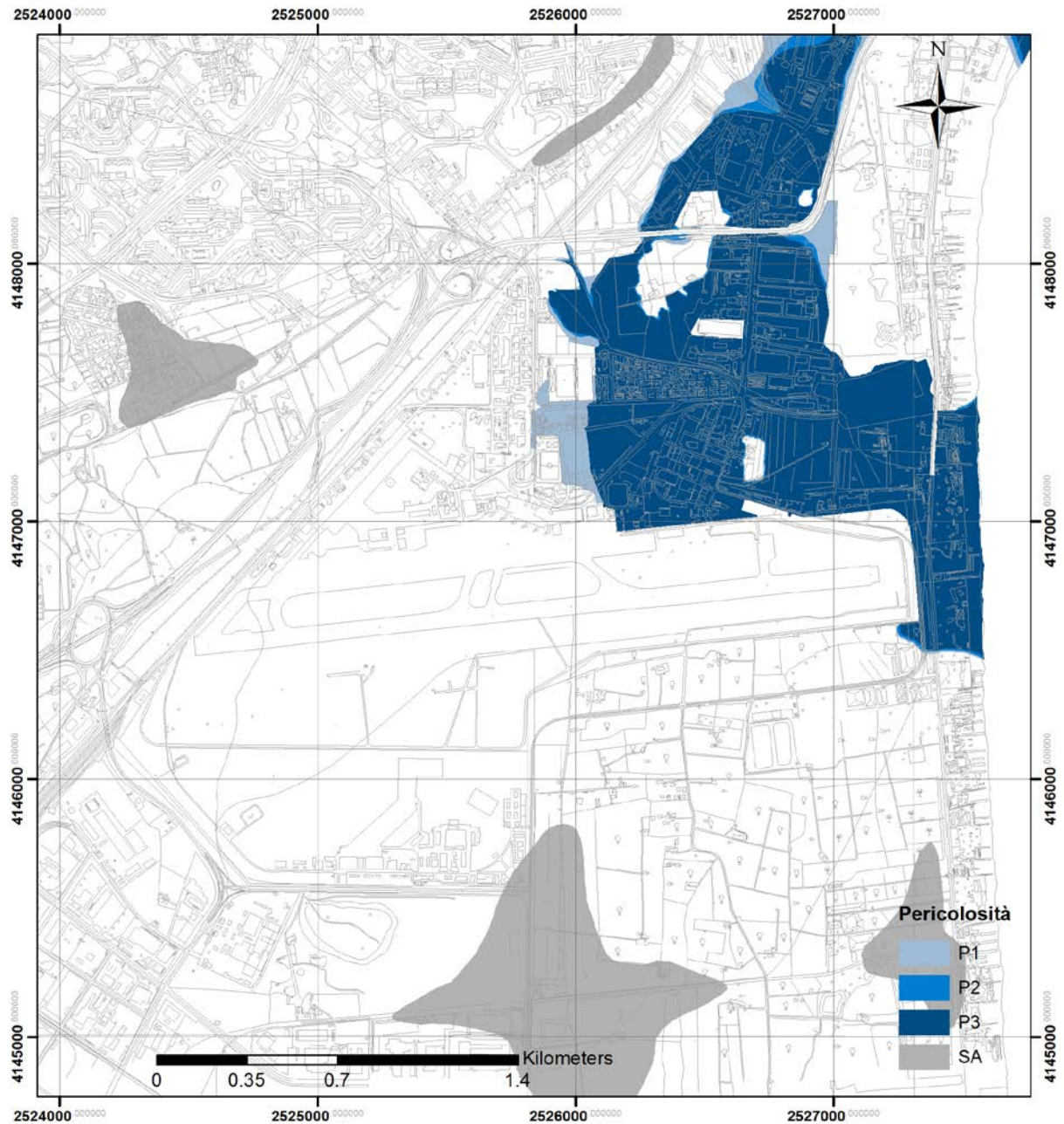
PAI	Tavola	Anno
Area 095	634090	Deliberazione n.365 del 17-12-2014
Area 094	634130	1° Aggiornamento - 2008

*Tabella 2. Quadro di sintesi PAI*

I contenuti del PAI sono stati anche confrontati con i contenuti del PGRA approvato con Decreto Del Presidente Del Consiglio Dei Ministri 7 Marzo 2019, e risultano i medesimi.

Nella Relazione del PAI sono definite le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione, la localizzazione e la caratterizzazione degli eventi alluvionali che abbiano prodotto effetti sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o, semplicemente, abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

Dall'elaborato grafico annesso relativo alla carta di pericolosità idraulica si evince come gli interventi previsti siano esclusi dalle aree perimetrate a rischio alluvionale.



*Figura 2: Stralcio della Carta di Pericolosità idraulica*

Nella Relazione di Piano sono inoltre individuate delle zone poste sotto la dicitura "sito di attenzione", in particolare nella zona interessata sono stati evidenziati i seguenti siti:

-095-E-3CT-E09 - Località: Forcile (Villaggio S. Maria Goretti) – CTR 1:10.000: 634090, 634100.

-095-E-3CT-E17 - CTR 1:10.000: 634010, 634090.

-095-E-3CT-E18 - CTR 1:10.000: 634090.

-095-E-3CT-E19 - Località: Zia Lisa – CTR 1:10.000: 634090.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>14 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	14 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	14 di 64								

## 4. DATI DI BASE

La base dati necessaria per lo svolgimento dello studio è stata acquisita dai vari enti territoriali. In particolare sono stati reperiti:

- Il DTM 2x2m della regione Sicilia derivato da dati LIDAR volo ATA 2007-2008  
<http://www.sitr.regione.sicilia.it/geoportale/it/Home/SearchMetadata>
- Lo shapefile relativo all'uso del suolo del 2012 (Corine land cover 2012  
 ISPRA) <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>
- La CTR 2012-2013 1:10000 in formato tiff della regione Sicilia  
[http://www.sitr.regione.sicilia.it/?page\\_id=2699](http://www.sitr.regione.sicilia.it/?page_id=2699)

Sono stati considerati anche i rilievi effettuati da Italferr nell'ambito del presente progetto:

- Rilievi celerimetrici dell'area
- Rilievo LIDAR (5pt/mq)
- Cartografia scala 1:2000

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002	REV. A

## 5. ANALISI MORFOMETRICA DEL RETICOLO E DEL BACINO IDROGRAFICO

### 5.1 Identificazione dei bacini e del reticolo idrografico

L'identificazione del bacino e del reticolo idrografico può essere eseguita in maniera automatica in ambiente GIS avvalendosi di un modello digitale del terreno, in breve DTM (*Digital Terrain Model*). Gli strumenti informatici presenti nelle piattaforme GIS consentono di estrarre le direzioni di drenaggio assegnando ad ogni cella del DTM la cella delle 8 ad essa limitrofe caratterizzata dalla quota altimetrica più bassa e di individuare al contempo il numero complessivo delle celle drenanti in ognuna di esse.

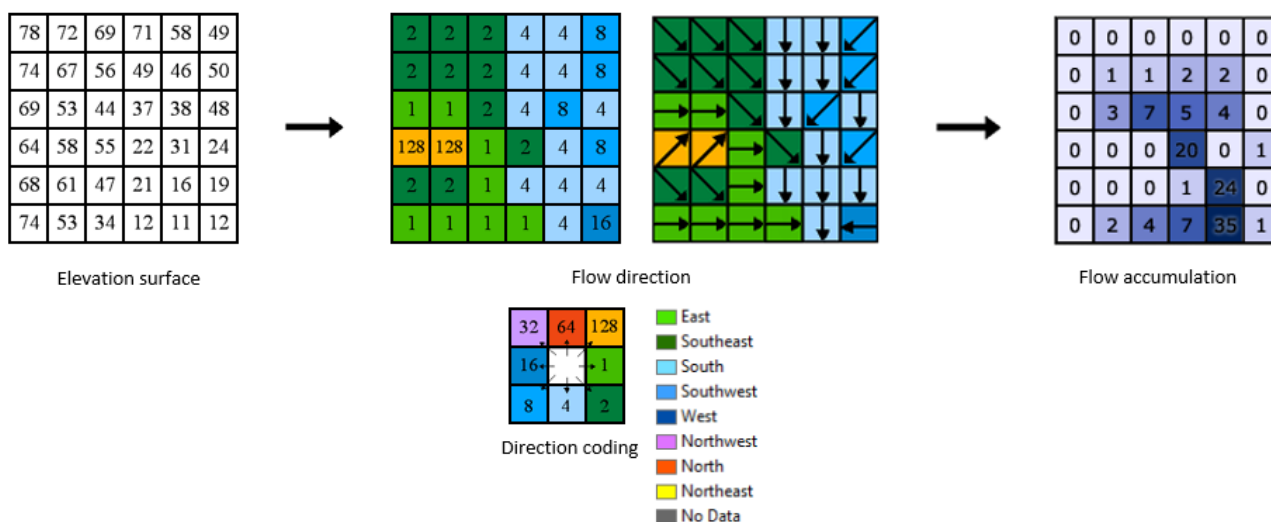


Figura 3. Codice di definizione delle linee di drenaggio implementato in GIS

L'applicazione del metodo deve essere tuttavia preceduta da un'operazione automatica di rimozione delle depressioni artificiali: i DTM contengono numerose celle non idrologicamente connesse a quelle adiacenti che nella maggior parte dei casi sono riconducibili ad errori di interpolazione dei dati sorgente nell'elaborazione del modello. La delineazione del reticolo e del bacino richiede, oltre alle coordinate della sezione di chiusura, la definizione dell'area di soglia di innesco del canale che deve essere svolta con attenzione poiché da essa deriva la stima del tempo di corrivazione. Per definire i pixel-canale è possibile fissare una soglia sull'area cumulata di drenaggio: a tutte le celle che drenano un'area superiore al valore fissato verrà attribuito un valore 1, tutte le altre saranno identificate da un valore nullo. Dal raster così ottenuto si ricava lo shapefile relativo al reticolo idraulico. Non avendo a disposizione informazioni inerenti rilievi specifici è stato adottato un valore di riferimento per l'area soglia di 1 kmq.

La procedura di ricostruzione automatica del bacino e del reticolo descritta consente di ottenere risultati affidabili quanto più il bacino è pendente e quanto più basso è il grado di antropizzazione dello stesso. Nei casi di bacini pressoché pianeggianti o caratterizzati da una forte componente antropica è necessario ricorrere a procedure manuali per la corretta simulazione del reticolo idrologico. In base alle considerazioni

illustrate, l'analisi morfometrica svolta sfruttando gli strumenti GIS è stata supportata da una interpretazione preliminare della base cartografica disponibile. L'analisi effettuata ha permesso di definire 14 bacini idrografici, il cui inquadramento è riportato nelle tavole (RS3C00D09C3ID0001001A RS3C00D09C5ID0001001A) e qui rappresentato per chiarezza.

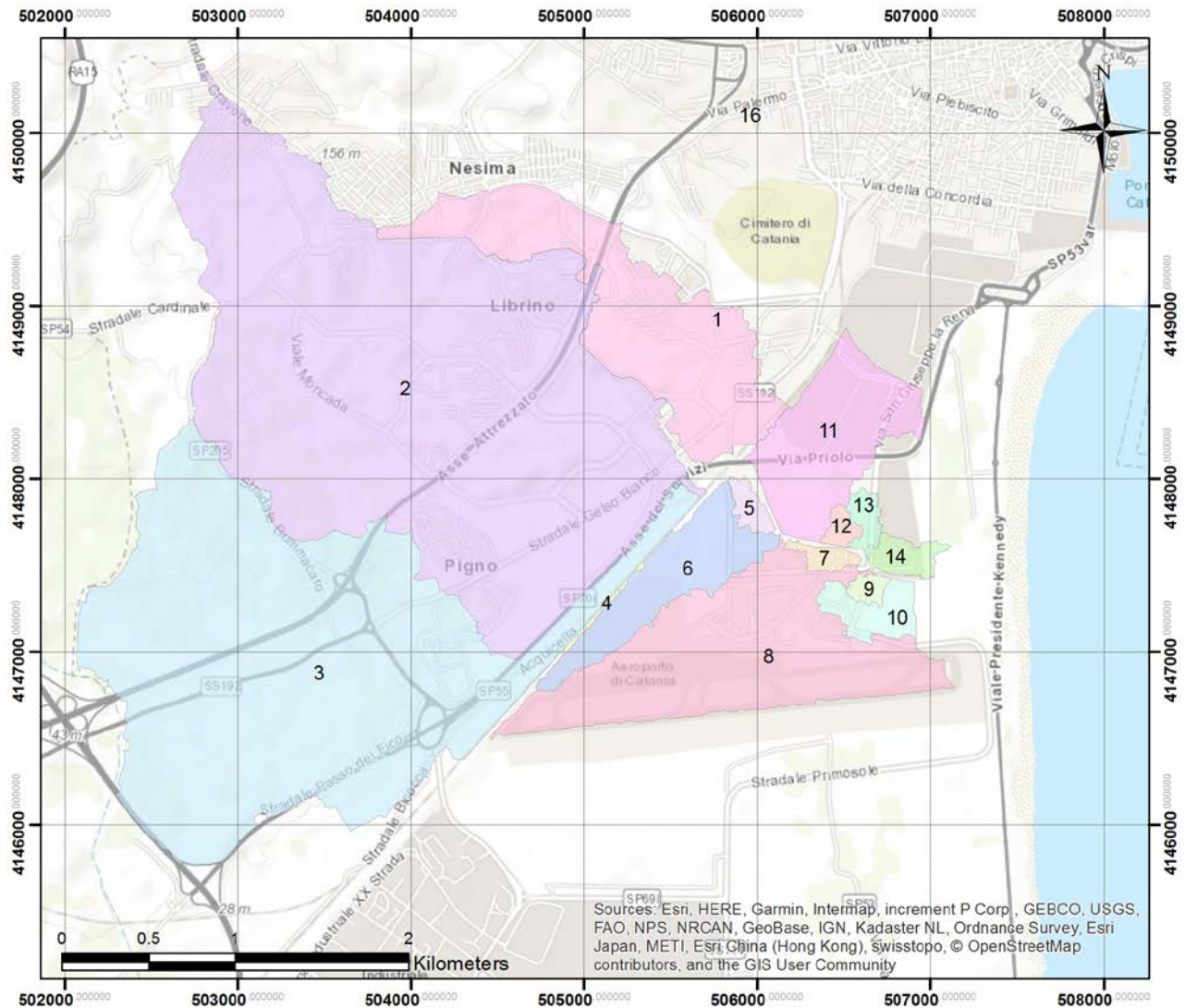


Figura 4. Inquadramento dei bacini idrografici

## 5.2 Problematica inerente la caratterizzazione automatica del reticolo e del bacino

L'individuazione dei bacini ha richiesto preliminarmente un'operazione manuale di correzione del DTM, consistita nella incisione degli alvei dei canali in prossimità delle interferenze essendo l'area densa di infrastrutture e quindi fortemente antropizzata.

In secondo, luogo si è proceduto nel correggere le linee di drenaggio in punti singoli come quelli illustrati nella Figure. Il confronto tra la il reticolo idraulico riportato dalla CTR e quello idrologico estratto in una prima fase ha evidenziato due errori rilevanti, con conseguente sovrastima delle aree drenate.



 <p><b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b></p>												
<p><b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b></p>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>17 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	17 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	17 di 64								

Nella “Figura 5. Correzione del DTM 2x2 per continuità idraulica aste fluviali” un’asta in realtà competente al bacino del torrente Cubba era erroneamente attribuito al bacino drenato da uno degli attraversamenti

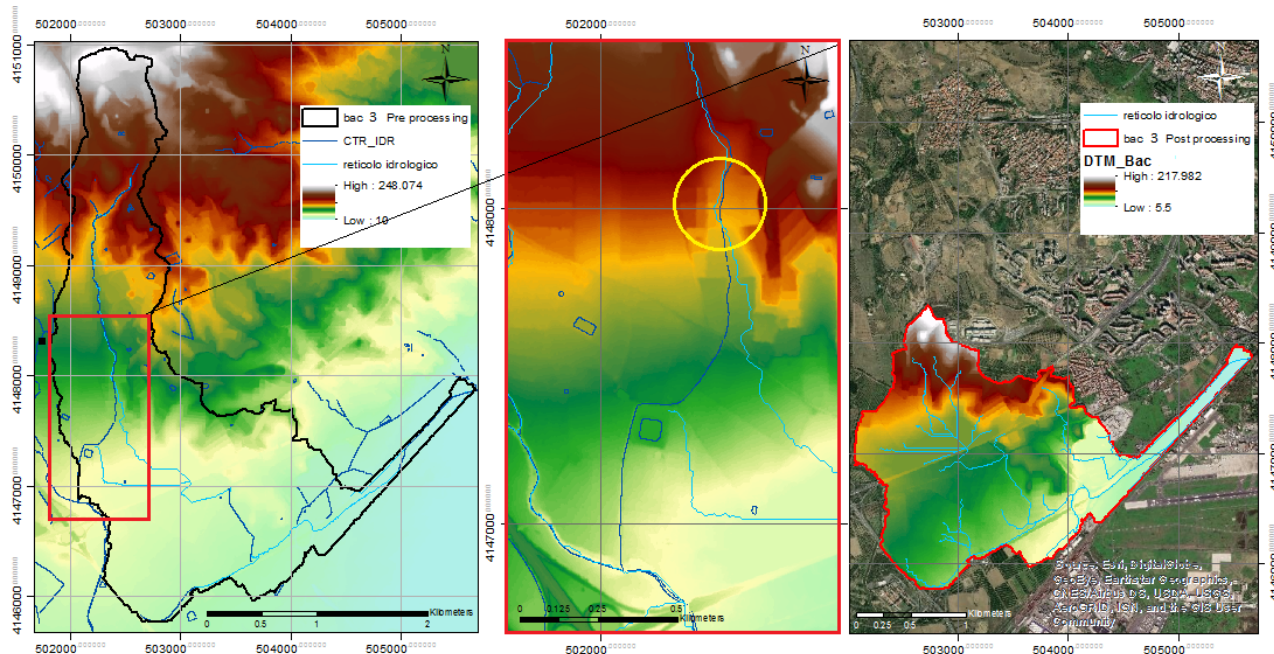


Figura 5. Correzione del DTM 2x2 per continuità idraulica aste fluviali

### 5.3 Estrazione dei bacini “ridotti”

Al fine di condurre le verifiche idrauliche con il modello a parametri concentrati considerando l’effetto delle opere di regimazione superficiale del comune di Catania si è proceduto con l’escludere quelle porzioni di bacino drenate dalle opere sopra menzionate. I bacini oggetto di sostanziale modifica sono il bacino 2 e l’1 come si evince nella figura sottostante. Le porzioni attive risultano pertanto essere quelle raffigurate con colori diversi dall’arancio.

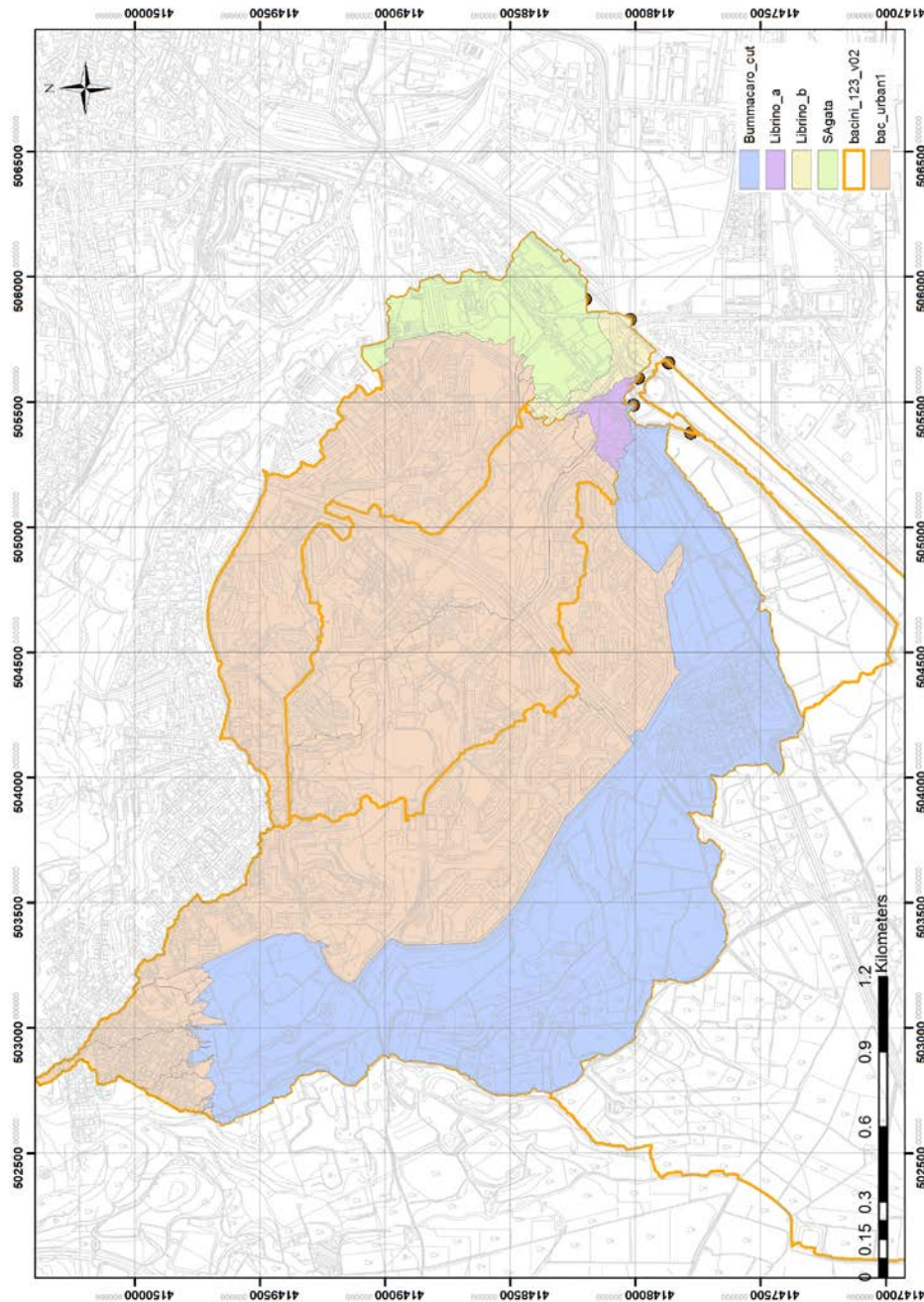


Figura 6. Inquadramento dei bacini: in arancio i bacini urbanizzati drenati dai collettori fognari

## 5.4 Risultati dell'analisi morfometrica

Una volta individuati i bacini idrografici sono state ricavati i parametri morfometrici caratteristici necessari per la stima del tempo di corrivazione e per la modellazione idrologica afflussi-deflussi. E' bene puntualizzare che per i bacini modellati mediante il modello afflussi-deflussi geomorfologico, la stima è stata effettuata sul reticolo idrologico e non su quello idraulico, questo perché nonostante il secondo rappresenti lo stato dei luoghi dei flussi canalizzati, è opportuno che la caratterizzazione dei parametri morfometrici sia coerente con la conformazione idrologica e morfologica del bacino per una corretta applicazione del metodo.

I parametri morfometrici ricavati sono i seguenti:

- $A_b$  : area del bacino idrografico (km<sup>2</sup>)
- $L_b$  : lunghezza dell'asta principale (km)
- $y_{max}$ : quota massima del bacino idrografico (m s.l.m.)
- $y_{min}$  : quota minima del bacino idrografico
- $y_m$  : quota media del bacino idrografico (m s.l.m.)

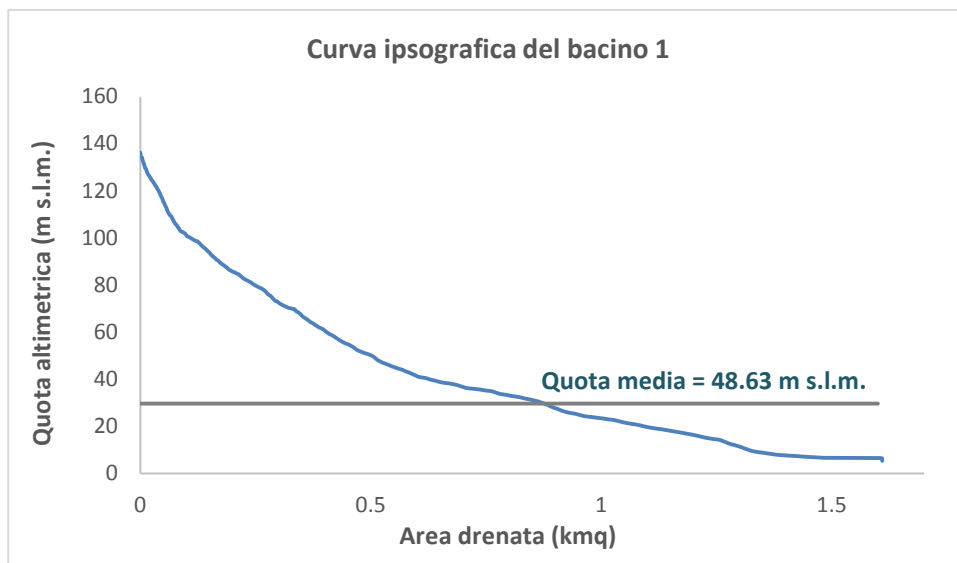
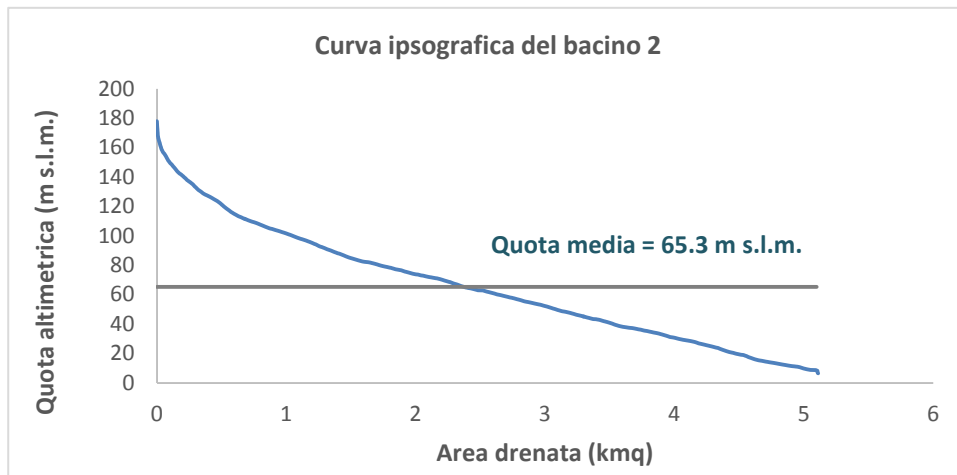
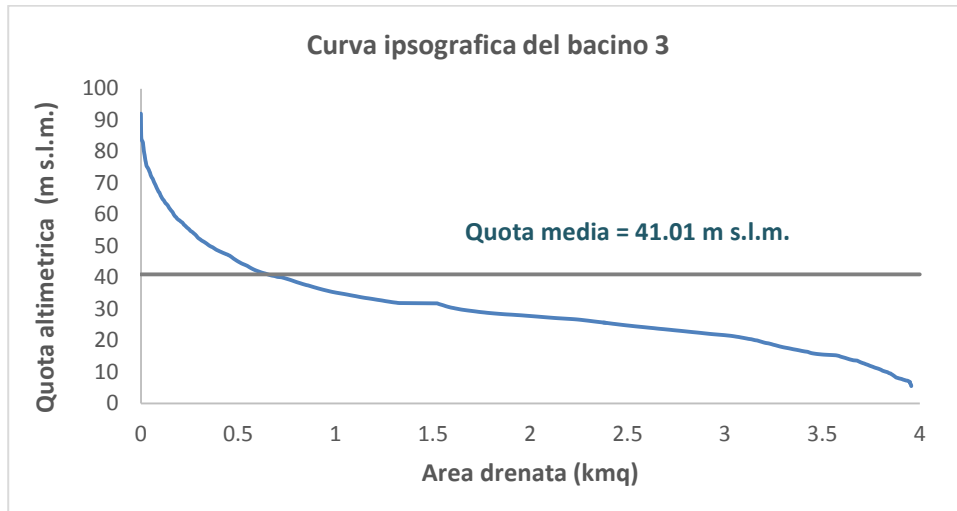
Nella tabella seguente vengono riassunti i valori delle grandezze analizzate e le curve ipsografiche dei bacini maggiori.

<b>ID</b>	<b>Pk di progetto</b>	<b>Sez. chiusura</b>	<b><math>L_b</math></b>	<b>A</b>	<b><math>y_{max}</math></b>	<b><math>y_{min}</math></b>	<b><math>Y_{media}</math></b>
-	-		<b>km</b>	<b>kmq</b>	<b>m slm</b>	<b>m slm</b>	<b>m slm</b>
3	km 0+710,00	IN01A	4.2	3.95	217.98	5.4	29.72
2	km 0+835,00	IN02A	4.01	5.11	178.05	5.4	65.3
1			1.3	1.14	136.28	5.4	48.63
4			0.9	0.014	11.75	5.4	8.48
5				0.049	8.46	4.46	5.54
6				0.428	12.7	3.7	7.29
7				0.041	5.25	2.85	4.3
8				1.294	13.9	2.75	6.02
9				0.0318	5.92	2.62	4.19
10				0.133	5.94	1.94	3.75
11				0.607	12.51	2.01	4.42
12				0.034	7.15	3.05	4.62
13				0.052	5.5	3.6	4.52
14				0.075	7.06	2.46	3.86

Tabella 3 – Interferenze idrauliche e caratteristiche dei bacini afferenti

ID	L	A	$y_{max}$	$y_{min}$	$Y_{media}$
-	km	kmq	m slm	m slm	m slm
Bummacaro cut	3.68	1.99	177.47	7.00	66.48
Librino A	0.22	0.04	31.27	6.71	15.17
S.Agata cut	0.36	0.30	39.22	5.50	15.28

Tabella 4. Caratteristiche morfometriche dei bacini "ridotti"



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002	REV. A

## 6. LINEE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Nel presente studio si è fatto ricorso al metodo VAPI Sicilia per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno per il territorio insulare. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Sicilia* [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

### I° Livello di regionalizzazione

L'applicazione della TCEV effettuata facendo ricorso ai massimi annuali delle altezze di pioggia di fissata durata misurati in stazioni localizzate nel territorio siciliano hanno evidenziato, al primo livello di regionalizzazione, la seguente dipendenza dei parametri  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$  dalla durata  $t$ :

$$\Theta^* = 1.95 + 0.0284 \cdot t$$

$$\Lambda^* = 0.175 \cdot t^{0.301}$$

### II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa nelle tre sottozone A, B e C della Figura 5 e a ciascuna di esse è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro  $\lambda_1$ , indicato con il simbolo  $\Lambda_1$ , che risulta dipendente dalla durata:

Sottozona A	$\Lambda = 12.40 \cdot t^{0.1802}$
Sottozona B	$\Lambda = 12.40 \cdot t^{0.1802}$
Sottozona C	$\Lambda = 11.96 \cdot t^{0.0960}$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anch'esso dipendente dalla durata:

Sottozona A	$\alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$
Sottozona B	$\alpha = 3.5236 \cdot t^{0.0945}$
Sottozona C	$\alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$

Pertanto al  $h'_t$  risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RS3H 00 D09RI ID0001 002 A 22 di 64

$$P(h'_t) = \exp \left[ -\lambda_1 \left( \exp \left( \frac{\mu}{\vartheta_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta_*} \left( \exp \left( \frac{\mu}{\Theta_* \vartheta_1} \right) \right)^{-h'_t} \right]$$

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno  $Tr \geq 10$  anni, la funzione inversa della  $P(h'_t)$  assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr)$$

Sottozona A	$b_0(t) = 0.5391 - 0.001635 \cdot t$ $b_1(t) = 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966$	(2a)
Sottozona B	$b_0(t) = 0.5135 - 0.002264 \cdot t$ $b_1(t) = 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508$	(2b)
Sottozona C	$\beta(\tau) = 0.5015 - 0.003516 \tau$ $\beta(\tau) = 0.0003720 \cdot \tau^2 + 0.00102 \cdot \tau + 1.010$	(2c)

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si otterrà moltiplicando la precedente relazione con i coefficienti determinati per ciascuna sottozona mediante le (2), per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t)$$

In cui  $h_{t,Tr}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e prefissato tempo di ritorno  $Tr$ .

### III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di  $\mu$  nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la (3) in qualsiasi punto della regione.

Confrontando le medie teoriche  $\mu$  con le medie campionarie  $m_c$  si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici  $\Lambda_1$  e  $\Theta_1$  possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:  $m_c = a \cdot t$

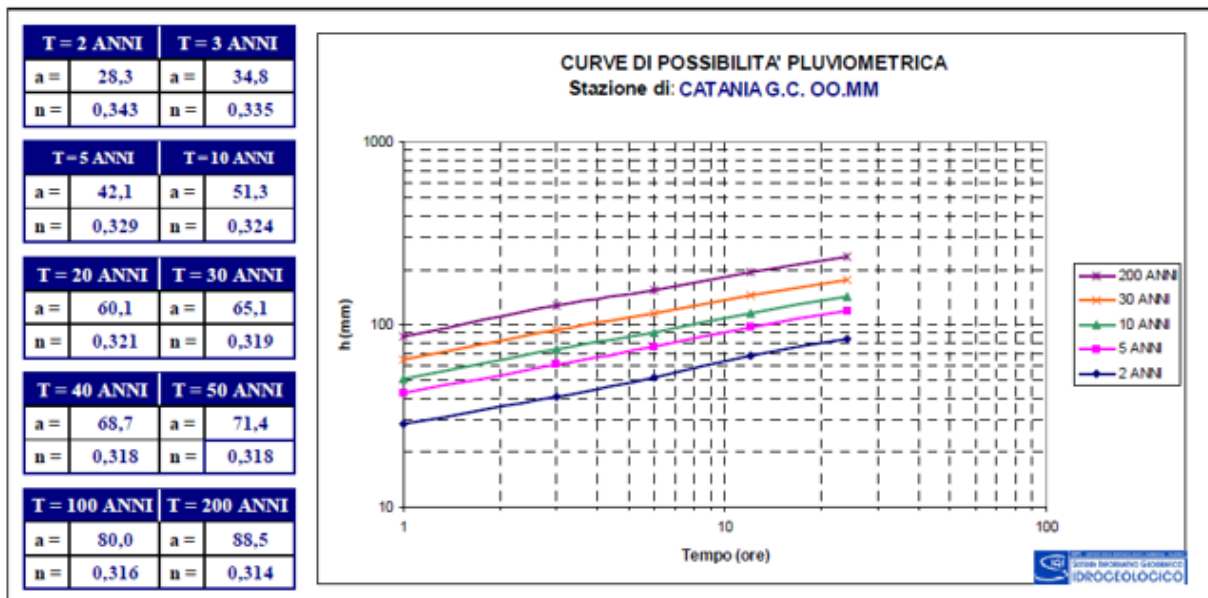
In questo modo è consentito, peraltro, di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media ( $mt$  per  $t=1, 3, 6, 12$  e  $24$  ore), con i soli due parametri  $a$  ed  $n$ . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  e  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$  della, non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.

Si riportano di seguito le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica prese a riferimento per la stima delle portate di progetto.

### 6.1 CCP per eventi con durata superiore all'ora



I valori dei parametri "a" ed "n" per un tempo di ritorno di 300 anni sono i seguenti:

Tr 300 anni			
a	92.9	n	0,331

### 6.2 CCP per eventi con durata inferiore all'ora

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiore all'ora vengono denominati eventi brevi; gli eventi brevi e quelli lunghi, precedentemente esposti, seguono differenti dinamiche meteorologiche e non possono essere trattati in egual modo. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia  $h$ , con  $t$  minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia  $h$  di durata 60 minuti, a parità di tempo di ritorno  $T$ , è dipendente solo dalla durata  $t$  espressa in minuti:

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO RS3H 00 D09RI ID0001 002 A 24 di 64

$$h_{t,T} / h_{60,T} = f(t) \quad (1)$$

avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale della (1) può essere espresso nella semplice forma:

$$h_{t,T} / h_{60,T} = (t / 60)^s \quad (2)$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti, s è un coefficiente che assume un diverso valore numerico in dipendenza della regione in esame. Nel caso in oggetto, per la Sicilia il coefficiente assume il valore di 0.386 (Ferreri e Ferro, 1989). L'equazione precedente assume quindi la forma:

$$h_{t,T} / h_{60,T} = (t / 60)^{0.386} \quad (3)$$

Fissati i vari tempi di ritorno T, i parametri delle rispettive curve di possibilità pluviometrica sono desumibili dalla tabella precedente.



	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002	REV. A

## 7. MODELLAZIONE IDROLOGICA

### 7.1 Tempo di ritorno

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviaria e dall'Aggiornamento delle Norme tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. L'autorità di Bacino della Sicilia nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) non fornisce indicazioni relativamente al dimensionamento delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua.

La tabella seguente sintetizza la scelta effettuata per tipologia di opere:

	Manuale di progettazione ferroviaria	NTC 2018 e relativa circolare applicativa
Manufatti di attraversamento (ponti e tombini)	<i>linea ferroviaria <math>Tr = 300</math> anni per <math>S &gt; 10 \text{ km}^2</math></i> <i>linea ferroviaria <math>Tr = 200</math> anni per <math>S \leq 10 \text{ km}^2</math></i> <i>Deviazioni stradali <math>Tr = 200</math> anni</i>	<i><math>Tr = 200</math> anni</i>

Tabella 5 – Tempi di ritorno di progetto

S= superficie del bacino

### 7.2 Approccio Metodologico per la stima degli idrogrammi di piena

La metodologia applicata per la stima dei deflussi si differenzia a seconda dell'estensione dei bacini:

#### 7.2.1. Metodo cinematico o razionale: Bacini con $S < 1 \text{ km}^2$

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di limitata estensione. In questo studio, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena corrispondente ad un fissato periodo di ritorno ( $Tr$ ).

La schematizzazione alla base del metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

Il calcolo della portata si effettua con la formula seguente:

$$Q_{\max} = \frac{h_{d,t} \times C \times A}{3.6 \times t_c} \quad \text{con}$$

- A area del bacino [km<sup>2</sup>];
- h<sub>d,t</sub> precipitazione caduta per un tempo pari alla durata critica [mm];
- C coefficiente di deflusso superficiale;
- t<sub>c</sub> tempo di corrivazione (ore).

Il valore di *h* rappresenta l'altezza di pioggia che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t<sub>c</sub> solo una parte del bacino contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella figura seguente è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

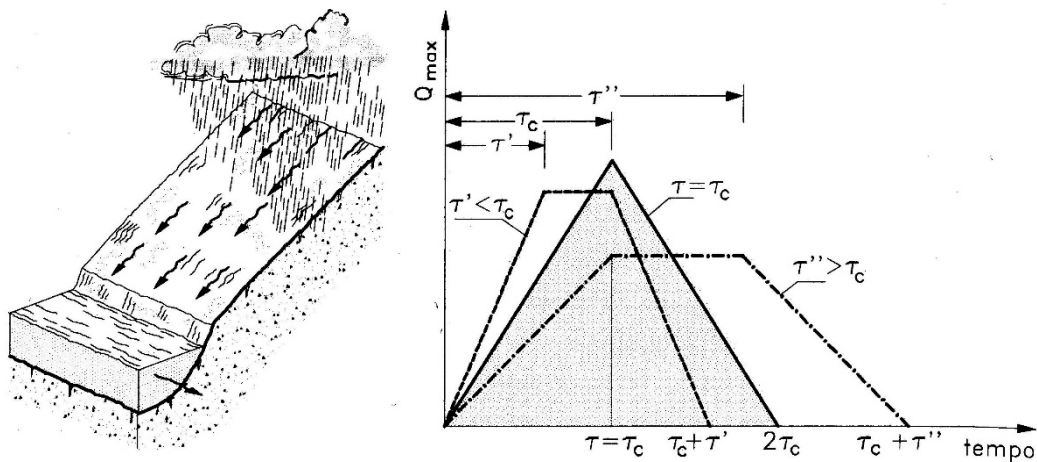


Figura 7 - Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione è funzione essenzialmente delle caratteristiche morfometriche del bacino e per la sua stima possono essere utilizzate diverse formulazioni in funzione dell'estensione del bacino.

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="0"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>27 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	27 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	27 di 64								

### 7.2.2. Metodo del WFIUH (Width Function Instantaneous Unit Hydrograph): Bacini con $S > 1$ kmq

La metodologia applicata per la stima dei deflussi relativi ai bacini "intermedi" caratterizzati da un'estensione superiore al kmq, si basa sul metodo del WFIUH. Il Width Function Instantaneous Unit Hydrograph è un modello afflussi-deflussi appartenente alla macro categoria dell'IUH, in cui la funzione di risposta, notoriamente coincidente con la densità di probabilità dei tempi di residenza del bacino, è data dalla *Width Function*.

L'idrogramma così ottenuto verrà confrontato con quelli ricavati applicando il metodo razionale, supponendo eventi di precipitazione caratterizzati dalle seguenti durate critiche:

- tempo di corrivazione ricavato mediante il metodo della funzione d'ampiezza
- tempo di corrivazione ricavato mediante la formula empirica di Giandotti

$$t_{cG} = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{y_m - y_0}} \quad (L [km]; A [km^2]; y [m])$$

La formula di Giandotti ha il pregio, rispetto ad altre relazioni, di comprendere nei parametri utilizzati per il calcolo del tempo di corrivazione diverse caratteristiche dei bacini analizzati. Questo garantisce una ricostruzione dei tempi di corrivazione basata sui principali parametri dei medesimi.

- tempo di corrivazione ricavato mediante la formula empirica di Puglisi

$$t_{cP} = 6 L^{0.67} (y_{max} - y_{min})^{-0.33} \quad (L [km]; y [m])$$

#### Funzione d'ampiezza

La Funzione d'Ampiezza o *Width Function*, è definita come **la distribuzione statistica dei tempi di residenza del bacino** ossia del tempo medio di permanenza di una generica goccia di pioggia ruscellante dal momento della caduta sul terreno al momento di passaggio attraverso la sezione di chiusura. La stima dei tempi di residenza idraulica può essere condotta su piattaforma ESRI ArcGIS mediante tecniche di *terrain analysis*, estraendo la matrice delle distanze idrologiche e scalandola in base alle velocità medie di deflusso: **il tempo di corrivazione è definito come il massimo della matrice dei tempi di residenza.**

Le velocità sono ricavate mediante la formula proposta da Mc Cuen applicabile sia per deflussi su versanti che in canali poco profondi:

$$v_h = a\sqrt{S}$$

dove  $v_h$  è la velocità nelle singole celle,  $S$  è la pendenza della cella e  $a$  è un coefficiente correlato all'uso del suolo (McCuen 1998). La formula tende a sovrastimare la velocità su versante quando la pendenza è superiore a 0.04; per valori superiori a tale soglia il termine  $S$  è sostituito da  $S'$  fornito dalla seguente equazione:

$$S' = 0.05247 + 0.06363 S - 0.182 e^{-62.38 S}$$

Corine code	Nomenclature	'a' SCS
111	Continuous urban fabric	2.96
112	Discontinuous urban fabric	2.96
121	Industrial or commercial units	2.96
124	Airports	2.96
131	Mineral extractio sites	2.96
133	Constructions sites	2.96
142	Sports and leisure facilities	2.96
211	Non-irrigated arable land	2.06
212	Permanently irrigated land	2.06
221	Vineyards	2.06
222	Fruit trees and berry plantations	2.06
223	Olive groves	2.06
231	Pastures	2.59
241	Annual crops associated with permanent crops	2..59
242	Complex cultivation	2.59
243	Land principally occupied by agriculture, with sgnificant areas of natural vegetation	2.59
244	Agro forestry areas	2.59
311	Broad-leaved forest	0.73
312	Coniferous forest	0.73
313	Mixed forest	0.73
321	Natural grassland	2.59
322	Moors and heathland	2.59
323	Sclerophyllous vegetation	2.59
324	Transitional woodland shrub	2.59
331	Beaches, dunes and sand plains	2.59
332	Bare rock	2.96
333	Sparsely vegetated areas	2.59
334	Burnt areas	2.96

### **7.2.3. Riduzione degli idrogrammi per effetto degli interventi di mitigazione del rischio idraulico previsti dal Comune di Catania**

Ai fini del presente lavoro di progettazione ITALFERR si terrà conto delle presenza di tali manufatti in alcune verifiche idrauliche:

- Scenario a
- Scenario e

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>				
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002

### 7.3. Bacini di superficie inferiore a 1 kmq

#### 7.3.1. Tempo di corrivazione

Per i bacini di estensione inferiore al kmq dotati di asta incisa è stata utilizzata la formula empirica di Kirpich conformemente con quanto riportato sul MdP Parte II Sez.3 (par. 3.7.2.1.4), adottando valori minimi di 15 minuti.

$$t_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \text{ con } t [\text{min}] \text{ e } L [\text{m}]$$

Per i bacini di estensione inferiore al kmq ma privi di asta incisa si è fatto ricorso alla formula NRCS-SCS, 1997

$$t_c = 0.0526 \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right) L^{0.8} S^{-0.5}$$

con t in minuti, L la massima distanza (in piedi) tra lo spartiacque e la sezione di chiusura, CN il Curve Number del bacino ed S la pendenza media percentuale del bacino.

ID Bacino	$t_{\text{Kirpich}}$	$t_{\text{NRCS}}$	$t_{\text{calcolo}}$
-	min	min	min
4	23.85	-	23.85
5	-	14.75	14.75
6	-	59.19	59.19
7	-	16.28	16.28
9	-	22.23	22.23
10	-	34.41	34.41
11	-	39.21	39.21
12	-	7.73	15
13	-	16.82	16.82
14	-	22.71	22.71

Tabella 6 - Tempo di corrivazione del bacino con superficie minore di 1 kmq

#### 7.3.2. Trasformazione afflussi-deflussi

Per i bacini di limitata estensione è stato adottato un idrogramma triangolare isoscele con portata di picco corrispondente al tempo di corrivazione, stimata mediante il metodo razionale. Il metodo assume la precipitazione uniformemente distribuita nello spazio e nel tempo; si basa sull'uso della curva di possibilità pluviometrica e sull'assunzione che a parità di tempo di ritorno T, la portata al colmo sia prodotta dall'evento con durata pari al tempo di corrivazione del bacino.

$$Q = \varphi i(t_c, T) A$$

Il valore del coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 1 ipotizzando cautelativamente una condizione satura del terreno.

<b>ID Bacino</b>	<b>A</b>	<b><math>\varphi</math></b>	<b><math>t_{NRCS}</math></b>	<b><math>t_{calcolo}</math></b>	<b><math>i_{50}</math></b>	<b><math>Q_{50}</math></b>
-	ha	-	min	min	mm/h	m <sup>3</sup> /s
<b>4</b>	1.39	1	23.85	23.85	125.82	0.49
<b>5</b>	4.9	1	14.75	15	167.25	2.99
<b>6</b>	42.8	1	59.19	59.19	72.00	11.13
<b>7</b>	4.1	1	16.28	16.28	159.04	2.35
<b>9</b>	3.18	1	22.23	22.23	131.36	1.51
<b>10</b>	13.3	1	34.41	34.41	100.45	4.84
<b>11</b>	60.7	1	39.21	39.21	92.71	20.35
<b>12</b>	3.4	1	7.73	15	167.25	2.08
<b>13</b>	5.2	1	16.82	16.82	155.87	2.93
<b>14</b>	7.5	1	22.71	22.71	129.64	3.53

Tabella 7. Determinazione delle portate al colmo Tr 50 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq)

<b>ID Bacino</b>	<b>A</b>	<b><math>\varphi</math></b>	<b><math>t_{NRCS}</math></b>	<b><math>t_{calcolo}</math></b>	<b><math>i_{100}</math></b>	<b><math>Q_{100}</math></b>
-	ha	-	min	min	mm/h	m <sup>3</sup> /s
<b>4</b>	1.39	1	23.85	23.85	140.97	0.54
<b>5</b>	4.9	1	14.75	15	187.39	2.58
<b>6</b>	42.8	1	59.19	59.19	80.67	9.59
<b>7</b>	4.1	1	16.28	16.28	178.19	2.03
<b>9</b>	3.18	1	22.23	22.23	147.19	1.30
<b>10</b>	13.3	1	34.41	34.41	112.55	4.17
<b>11</b>	60.7	1	39.21	39.21	103.87	17.53
<b>12</b>	3.4	1	7.73	15	187.39	1.79
<b>13</b>	5.2	1	16.82	16.82	174.64	2.53
<b>14</b>	7.5	1	22.71	22.71	145.25	3.04

Tabella 8- Determinazione delle portate al colmo Tr 100 anni mediante il metodo razionale (S< 1 kmq)

ID Bacino	A	$\varphi$	$t_{NRCs}$	$t_{calcolo}$	$i_{200}$	$Q_{200}$
-	ha	-	min	min	mm/h	$m^3/s$
4	1.39	1	23.85	23.85	155.95	0.60
5	4.9	1	14.75	15	207.30	2.85
6	42.8	1	59.19	59.19	89.24	10.61
7	4.1	1	16.28	16.28	197.13	2.24
9	3.18	1	22.23	22.23	162.83	1.44
10	13.3	1	34.41	34.41	124.51	4.61
11	60.7	1	39.21	39.21	114.91	19.39
12	3.4	1	7.73	15	207.30	1.98
13	5.2	1	16.82	16.82	193.20	2.79
14	7.5	1	22.71	22.71	160.69	3.37

 Tabella 9- Determinazione delle portate al colmo Tr 200 anni mediante il metodo razionale ( $S < 1 \text{ kmq}$ )

ID Bacino	A	$\varphi$	$t_{NRCs}$	$t_{calcolo}$	$i_{300}$	$Q_{300}$
-	ha	-	min	min	mm/h	$m^3/s$
4	1.39	1	23.85	23.85	163.71	0.63
5	4.9	1	14.75	15	217.61	2.99
6	42.8	1	59.19	59.19	93.68	11.13
7	4.1	1	16.28	16.28	206.93	2.35
9	3.18	1	22.23	22.23	170.92	1.51
10	13.3	1	34.41	34.41	130.70	4.84
11	60.7	1	39.21	39.21	120.62	20.35
12	3.4	1	7.73	15	217.61	2.08
13	5.2	1	16.82	16.82	202.80	2.93
14	7.5	1	22.71	22.71	168.68	3.53

 Tabella 10- Determinazione delle portate al colmo Tr 300 anni mediante il metodo razionale ( $S < 1 \text{ kmq}$ )

## 7.4. Bacini di superficie superiore a 1 kmq

### 7.4.1. Calcolo delle Funzione d'ampiezza

La stima dei tempi di residenza idraulica, per il calcolo della Funzione d'Ampiezza, è stata condotta su piattaforma ESRI ArcGIS mediante tecniche di *terrain analysis*, estraendo la matrice delle distanze idrologiche e scalandola in base alle velocità medie di deflusso: **il tempo di corrivazione è definito come il massimo della matrice dei tempi di residenza.**

Le velocità sono state ricavate mediante la formula proposta da Mc Cuen applicabile sia per deflussi su versanti che in canali poco profondi:

$$v_h = a\sqrt{S}$$

dove  $v_h$  è la velocità nelle singole celle,  $S$  è la pendenza della cella e  $a$  è un coefficiente correlato all'uso del suolo (McCuen 1998). La formula tende a sovrastimare la velocità su versante quando la pendenza è superiore a 0.04; per valori superiori a tale soglia il termine  $S$  è sostituito da  $S'$  fornito dalla seguente equazione:

$$S' = 0.05247 + 0.06363 S - 0.182 e^{-62.38 S}$$

Le velocità sono state calcolate a partire da un'unione spaziale tra il layer relativo alle pendenze e quello contenente le informazioni di uso del suolo.



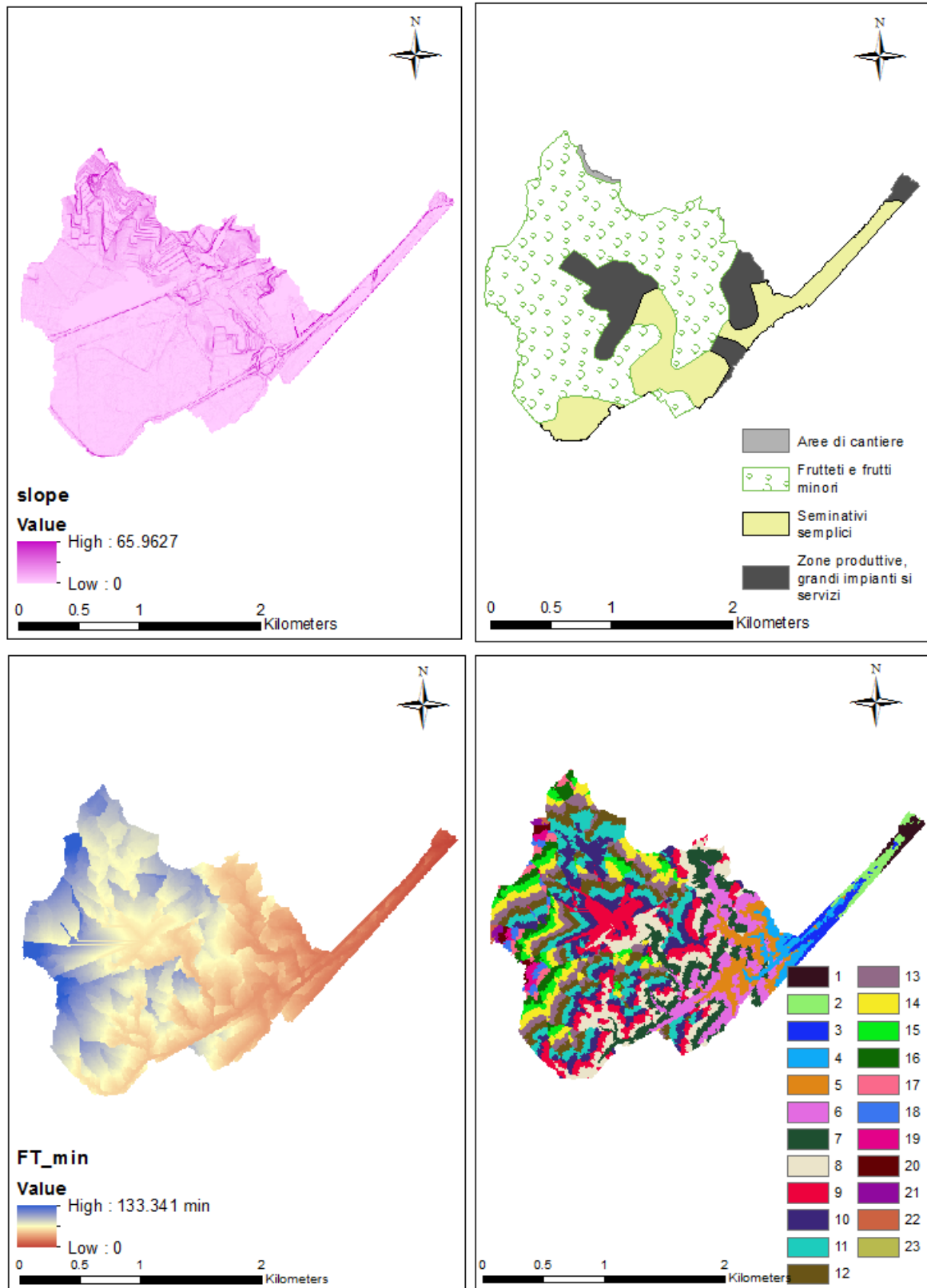


Figura 8. Carta delle pendenze, dell'uso del suolo (2012) e dei tempi di residenza idraulica del bacino 3

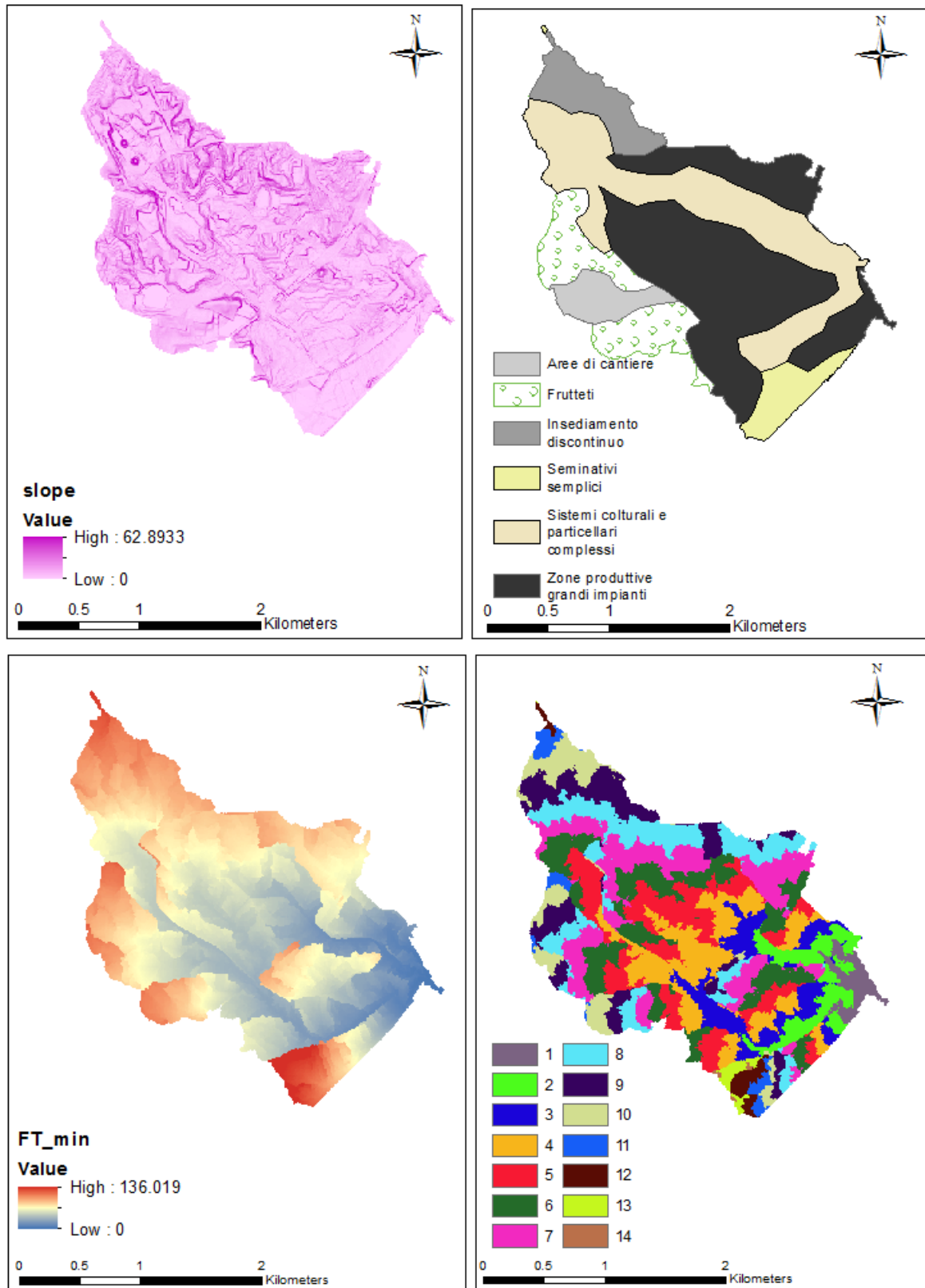


Figura 9 Carte delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 2

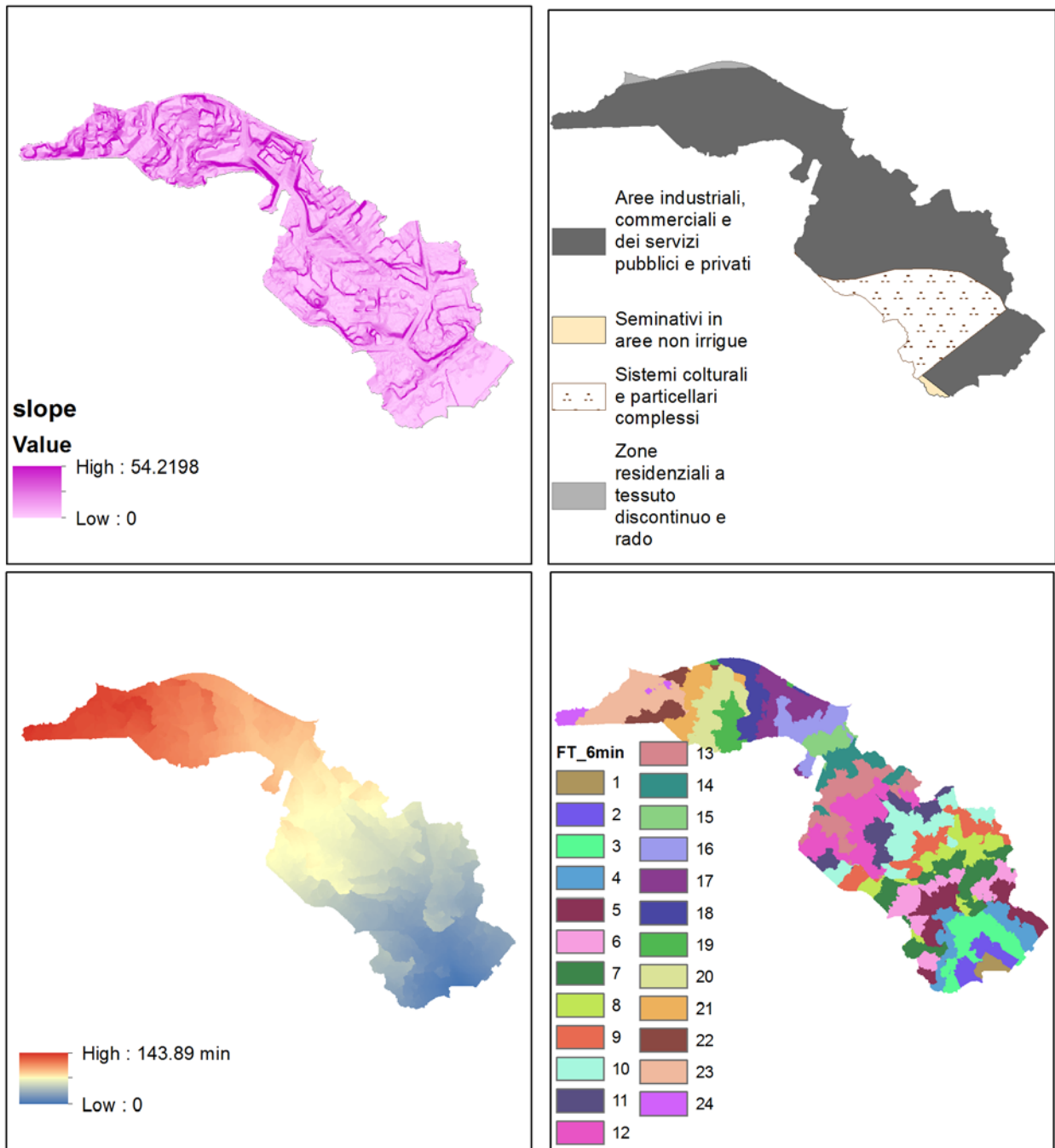


Figura 10. Carta delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 1

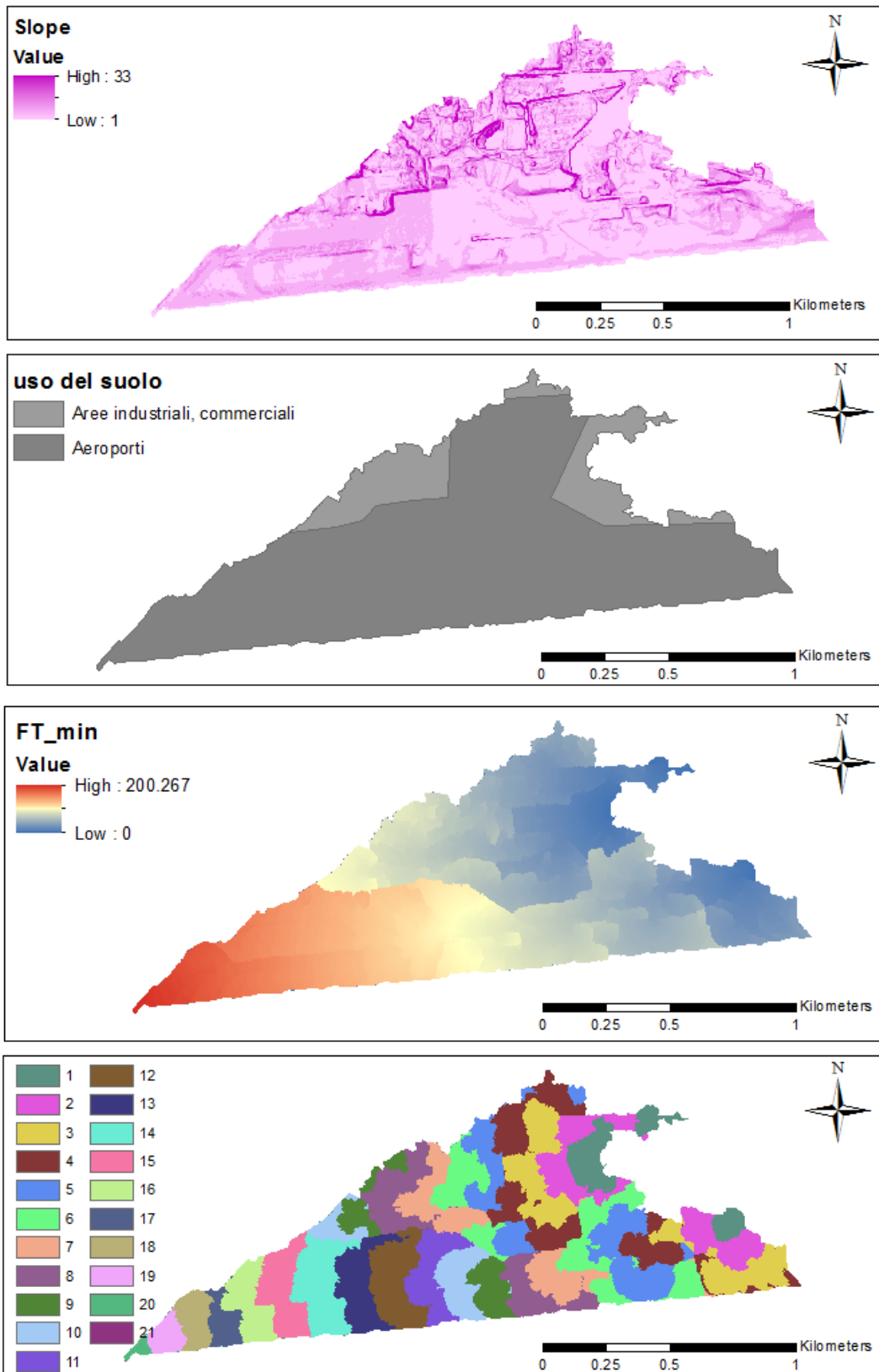
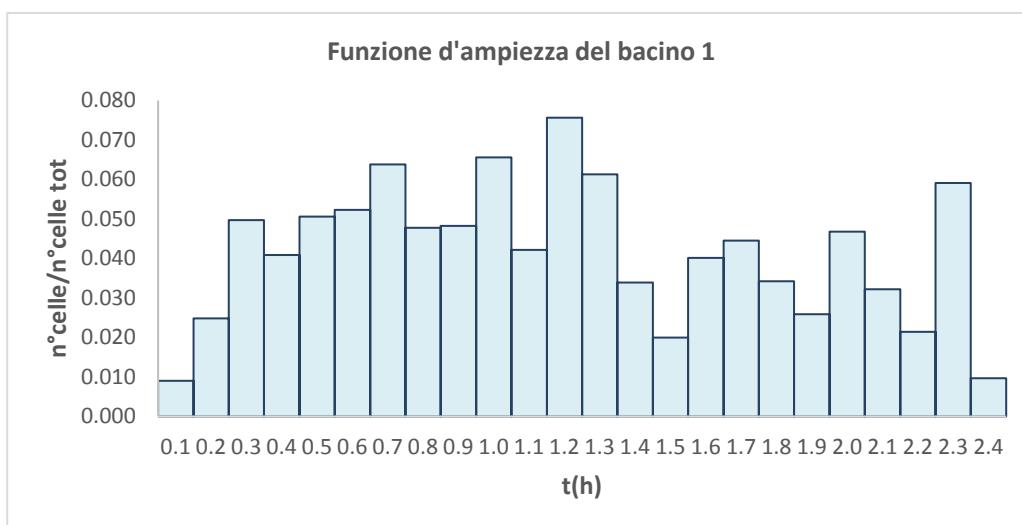
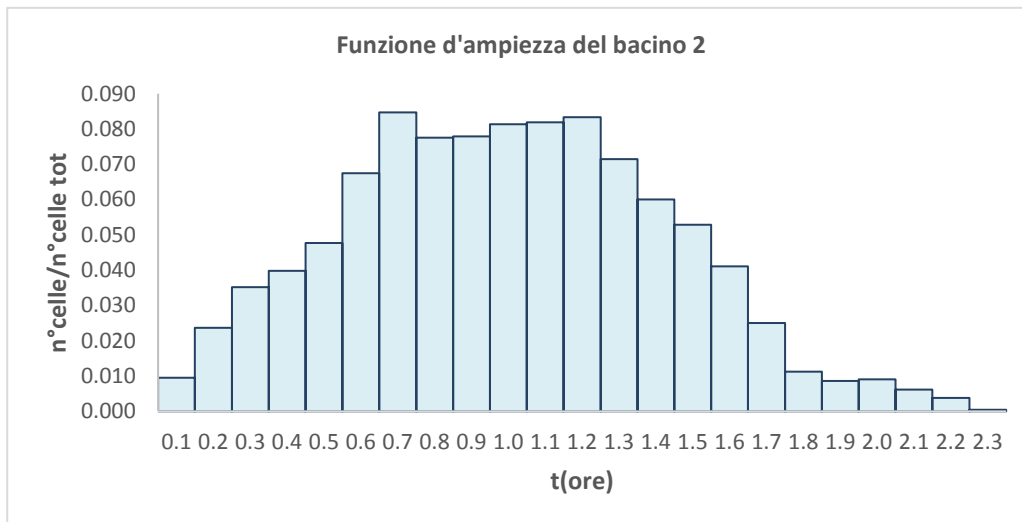
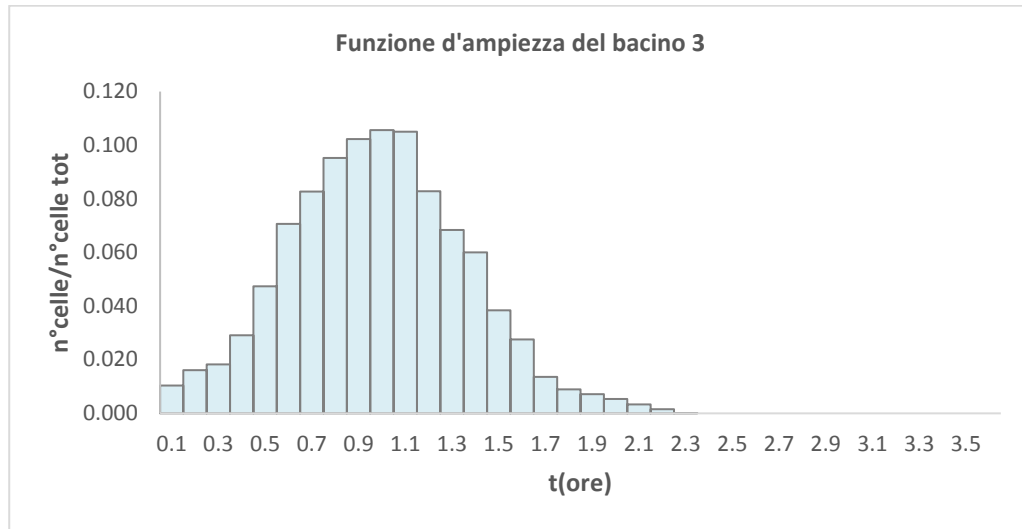
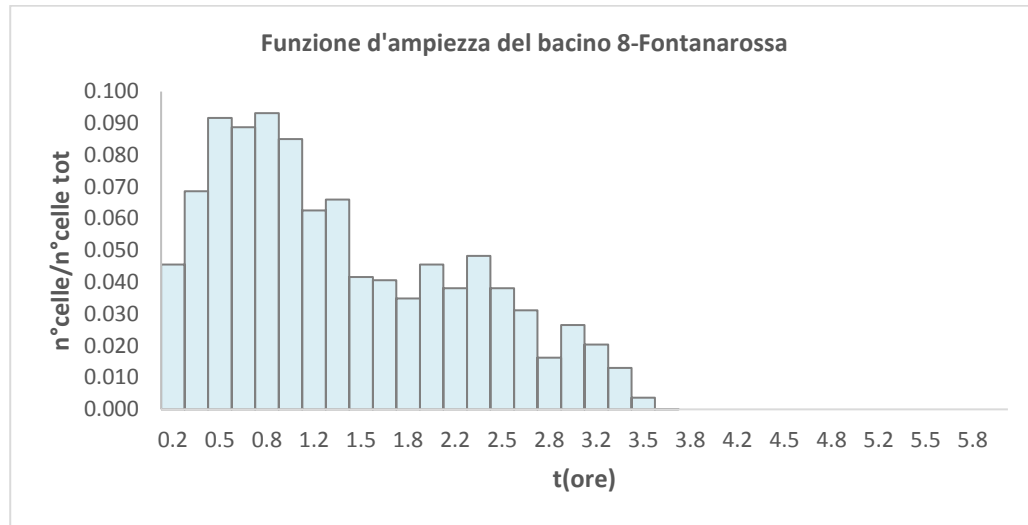


Figura 11- Carta delle pendenze, dell'uso del suolo del 2012, dei tempi di residenza idraulica del bacino 8





Nella tabella seguente viene illustrato il confronto dei risultati numerici ottenuti per il calcolo del tempo di corrivazione con il metodo della funzione di ampiezza rispetto ad i valori ottenuti applicando le formule empiriche di Giandotti e di Puglisi.

ID Bacino	Pk di progetto	Sez. chiusura	A	$t_{Giandotti}$	$t_{Puglisi}$	$t_{wf}$
-		-	km <sup>2</sup>	<i>h</i>	<i>h</i>	<i>h</i>
<b>3</b>	km 0+710,00	IN01A	3.95	3.62	2.68	2.22
<b>2</b>	km 0+835,00	IN02A	5.11	2.43	2.78	2.27
<b>1</b>			1.15	1.19	1.43	2.40
<b>8</b>			1.29	3.23	2.82	3.33

Tabella 11 – tempi di corrivazione ricavati con diverse formulazioni

#### 7.4.2. Calcolo dello ietogramma di progetto

La precipitazione insistente su ogni bacino è stata assunta costante con durata complessiva pari al tempo di corrivazione precedentemente stimato, con intensità media  $i(t)$  ricavata dalla relazione intensità-durata-frequenza i cui parametri sono riportati nel capitolo 6.

#### 7.4.3. Analisi delle perdite idrologiche

La stima delle perdite idrologiche, per la determinazione della pioggia netta, è stata definita utilizzando il metodo SCS-CN, sviluppato nel 1956 dal U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service (SCS) ora denominato Natural Resources Conservation Service (NRCS). Tale metodologia rappresenta uno degli approcci più diffusi per la stima delle perdite idrologiche. L'equazione generale alla base del metodo è la seguente:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ per } P \geq I_a$$

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>					
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	PROGETTO RS3H	LOTTO 00	CODIFICA D09RI	DOCUMENTO ID0001 002	REV. A

$$P_n = 0 \text{ per } P < I_a$$

dove  $P_n$  è l'altezza di precipitazione netta,  $P$  è l'altezza di precipitazione lorda,  $I_a$  indica le perdite iniziali ed  $S$  la capacità di campo di facile determinazione grazie alla correlazione con il CN.

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \text{ con } S \text{ in pollici}$$

Il Curve Number è un indice, variabile da 0 a 100, che ingloba al suo interno fattori come la tipologia, l'uso del suolo, e le condizioni idrologiche. L'attribuzione del valore all'indice è stata eseguita definendo in primo luogo la classe di suolo (Tipo A) ed individuando successivamente macro categorie di uso del suolo.

Le perdite iniziali  $I_a$ , definite come funzione di  $S$  attraverso un parametro  $\lambda$ , giocano un ruolo importante nella stima dell'altezza netta di pioggia, della posizione del picco di piena e del tempo di formazione della piena.

Il valore originale del rapporto  $I_a/S$  ( $\lambda$ ) era stato fissato a 0.2, ma diversi studi confermano essere troppo elevato.

Nel 2003 Woodward (del NRCS) e Hawkins (dell'Università dell'Arizona) hanno suggerito di adottare un coefficiente pari a 0.05 adottando la seguente relazione correttiva di  $S$ .<sup>1</sup>

$$S_{0.05} = 1.33(S_{0.20})^{1.15} \text{ con } S \text{ espressa in pollici}$$

I valori del CN sono stati desunti dalla Carta del Curve Number allegata al PAI. Per ogni campo individuato è stato calcolato il valore medio attribuibile ad una categoria AMC II e di conseguenza il valore di CN di III categoria; attraverso una media ponderata è stato dunque calcolato il Curve Number caratteristico di ogni bacino.

<b>Bacino</b>	<b>CN II medio</b>	<b>CN III</b>	<b>Bacino</b>	<b>CN II medio</b>	<b>CN III</b>
1	83.8	92.2	8	95	97.8
2	83	91.8	9	85	92.9
3	82	88.2	10	90.5	95.6
4	90	95	11	90.8	95.8
5	89.7	95.2	12	95	97.8
6	90	95.4	13	95	97.8
7	95	97.8	14	90	95.4

Tabella 12. Curve number di II e III categoria

<sup>1</sup> Hawkins R. et al. (2003)- *Runoff Curve Number Method: examination of the initial abstraction ratio*

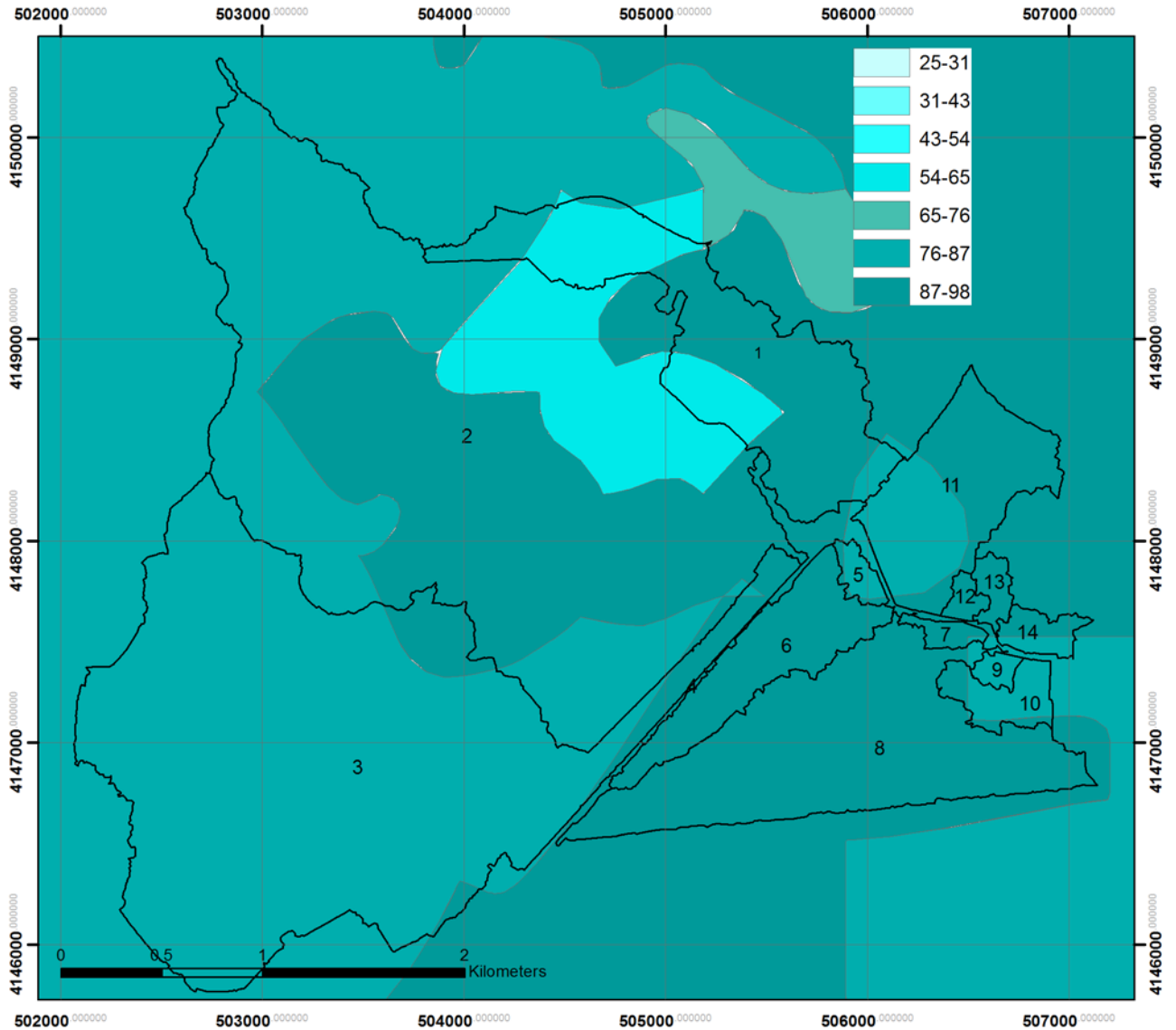


Figura 12. Carta del CN estratta dall'allegato al PAI



<b>Bacino 1</b>			
a	92.9	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 300 anni
n	0.331	-	
a	88.8	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 200 anni
n	0.314	-	
a	80	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 100 anni
n	0.316	-	
a	71.4	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 50 anni
n	0.318	-	
CN	92.24	-	Curve number medio del bacino (III)
S <sub>0.05</sub>	1.09	inch	Quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino
	27.67	mm	
λ	0.05	-	
Ia	1.38	mm	Perdita iniziale
δ	2.67	h	Tempo di corrivazione
P <sub>tot 300</sub>	128.62	mm	Precipitazione lorda cumulata nella durata δ
P <sub>tot 200</sub>	120.47	mm	
P <sub>tot 100</sub>	109.11	mm	
P <sub>tot 50</sub>	97.57	mm	
Δt	0.1	h	Passo temporale

<b>Bacino 2</b>			
a	92.9	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 300 anni
n	0.331	-	
a	88.8	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 200 anni
n	0.314	-	
a	80	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 100 anni
n	0.316	-	
a	71.4	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 50 anni
n	0.318	-	
CN	91.81	-	Curve number medio del bacino (III)
S <sub>0.05</sub>	1.17	inch	Quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino
	29.64	mm	
λ	0.05	-	
Ia	1.48	mm	Perdita iniziale
δ	2.3	h	Tempo di corrivazione
P <sub>tot 300</sub>	122.42	mm	Precipitazione lorda cumulata nella durata δ
P <sub>tot 200</sub>	114.95	mm	
P <sub>tot 100</sub>	104.09	mm	
P <sub>tot 50</sub>	93.05	mm	
Δt	0.1	h	Passo temporale

<b>Bacino 3</b>			
a	92.9	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 300 anni
n	0.331	-	
a	88.8	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 200 anni
n	0.314	-	
a	80	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 100 anni
n	0.316	-	
a	71.4	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 50 anni
n	0.318	-	
CN	88.24	-	Curve number medio del bacino (III)
S <sub>0.05</sub>	1.85	inch	Quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino
	47	mm	
λ	0.05	-	
Ia	2.35	mm	Perdita iniziale
δ	2.2	h	Tempo di corrivazione
P <sub>tot 300</sub>	120.63	mm	Precipitazione lorda cumulata nella durata δ
P <sub>tot 200</sub>	113.36	mm	
P <sub>tot 100</sub>	102.64	mm	
P <sub>tot 50</sub>	91.75	mm	
Δt	0.1	h	Passo temporale

<b>Bacino 8</b>			
a	92.9	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 300 anni
n	0.331	-	
a	88.8	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 200 anni
n	0.314	-	
a	80	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 100 anni
n	0.316	-	
a	71.4	mm/h <sup>n</sup>	Parametri CPP Tr 50 anni
n	0.318	-	
CN	98	-	Curve number medio del bacino (III)
S <sub>0.05</sub>	0.21	inch	Quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino
	5.43	mm	
λ	0.05	-	
Ia	0.27	mm	Perdita iniziale
δ	3.33	h	Tempo di corrivazione
P <sub>tot 300</sub>	138.43	mm	Precipitazione lorda cumulata nella durata δ
P <sub>tot 200</sub>	129.16	mm	
P <sub>tot 100</sub>	117.04	mm	
P <sub>tot 50</sub>	104.71	mm	
Δt	0.16	h	Passo temporale

#### 7.4.4. Trasformazione afflussi-deflussi

Il *Width Function Instantaneous Unit Hydrograph* è un modello afflussi-deflussi appartenente alla macro categoria dell'IUH, in cui la funzione di risposta del bacino, o densità di probabilità dei tempi di concentrazione, è data dalla *Width Function*.

Il metodo è del tutto analogo al modello della concentrazione o della corrivazione la cui formulazione originaria viene brevemente descritta nel seguito.

I punti del bacino caratterizzati da uno stesso tempo di corrivazione individuano una linea isocorriva. Si fissa un intervallo di tempo  $\Delta t$  e si considerano le isocorrive con tempo di corrivazione multiplo del passo temporale scelto. Con  $A_1 A_2 \dots A_n$  si indicano le porzioni del bacino comprese, rispettivamente, tra le isocorrive con tempi di corrivazione 0 e  $\Delta t$ ,  $\Delta t$  e  $2\Delta t$  etc. L'idrogramma complessivo si ottiene applicando il principio della sovrapposizione degli effetti, cioè sommando tutti gli idrogrammi parziali corrispondenti alle precipitazioni che nei diversi intervalli cadono sulle diverse aree in cui è suddivisa l'area totale del bacino.

Tempi	Aree						Portate
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	Q
$1\Delta t$	$A_1 i_1$						$A_1 i_1$
$2\Delta t$	$A_1 i_2$	$A_2 i_1$					$A_1 i_2 + A_2 i_1$
$3\Delta t$	$A_1 i_3$	$A_2 i_2$	$A_3 i_1$				$A_1 i_3 + A_2 i_2 + A_3 i_1$
$4\Delta t$	$A_1 i_4$	$A_2 i_3$	$A_3 i_2$	$A_4 i_1$			$A_1 i_4 + A_2 i_3 + A_3 i_2 + A_4 i_1$
$5\Delta t$	$A_1 i_5$	$A_2 i_4$	$A_3 i_3$	$A_4 i_2$	$A_5 i_1$		$A_1 i_5 + A_2 i_4 + A_3 i_3 + A_4 i_2 + A_5 i_1$
$6\Delta t$	$A_1 i_6$	$A_2 i_5$	$A_3 i_4$	$A_4 i_3$	$A_5 i_2$	$A_6 i_1$	$A_1 i_6 + A_2 i_5 + A_3 i_4 + A_4 i_3 + A_5 i_2 + A_6 i_1$
$7\Delta t$		$A_2 i_6$	$A_3 i_5$	$A_4 i_4$	$A_5 i_3$	$A_6 i_2$	$A_2 i_6 + A_3 i_5 + A_4 i_4 + A_5 i_3 + A_6 i_2$
$8\Delta t$			$A_3 i_6$	$A_4 i_5$	$A_5 i_4$	$A_6 i_3$	$A_3 i_6 + A_4 i_5 + A_5 i_4 + A_6 i_3$
$9\Delta t$				$A_4 i_6$	$A_5 i_5$	$A_6 i_4$	$A_4 i_6 + A_5 i_5 + A_6 i_4$
$10\Delta t$					$A_5 i_6$	$A_6 i_5$	$A_5 i_6 + A_6 i_5$
$11\Delta t$						$A_6 i_6$	$A_6 i_6$

Le linee isocorrive possono essere estratte mediante tecniche di terrain analysis in GIS come descritto in precedenza; una volta estratta la funzione d'ampiezza è stata effettuata la convoluzione tra quest'ultima, per ciascun bacino, e l'intensità di precipitazione per ottenere le portate specifiche relative ad ogni intervallo temporale ed integrando queste ultime rispetto alle aree delle superfici, sono stati ricavati gli idrogrammi.

## 7.5 Confronto tra gli idrogrammi ricavati con i vari metodi

Si è proceduto dunque al confronto dell'idrogramma stimato mediante il metodo del WFIUH con gli idrogrammi triangolari associati alle portate al colmo, definite mediante il metodo razionale, corrispondenti a tre tempi di corrivazione: Giandotti, Puglisi e lo stesso stimato con la funzione d'ampiezza.

Come illustrato nella figure sotto riportate, il metodo del WFIUH risulta il più cautelativo per i bacini 2 e 3, mentre per il bacino 1 verrà impiegato, a vantaggio di sicurezza l'idrogramma triangolare con durata stimata mediante la formula di Puglisi.

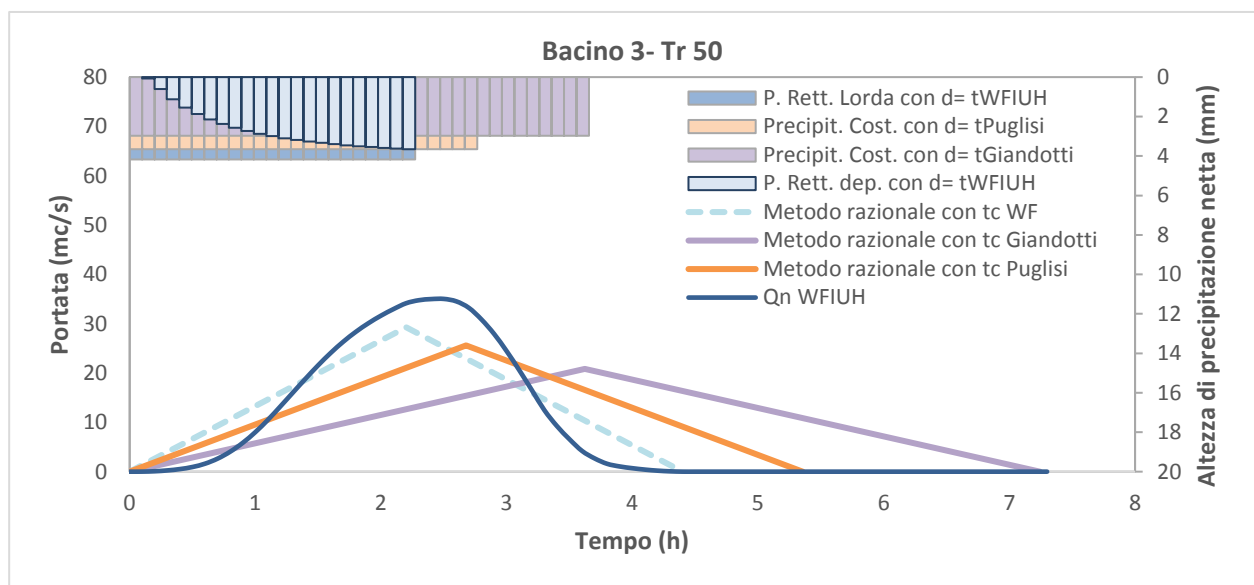


Figura 13. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 anni relativi al bacino 3

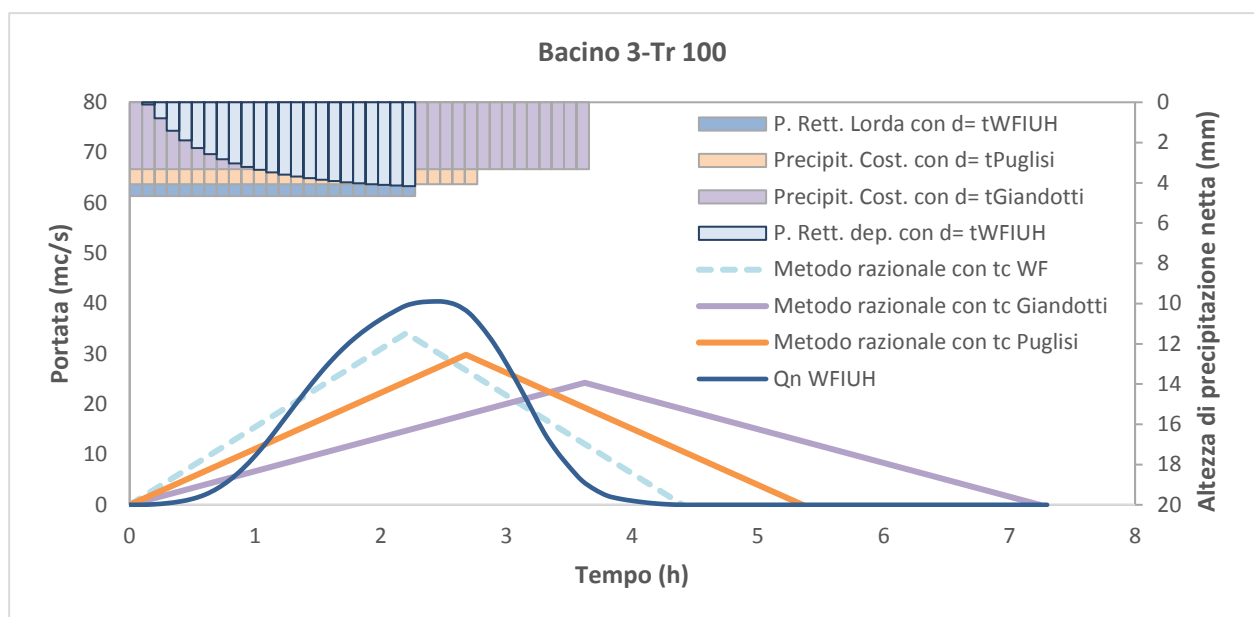


Figura 14. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 anni relativi al bacino 3

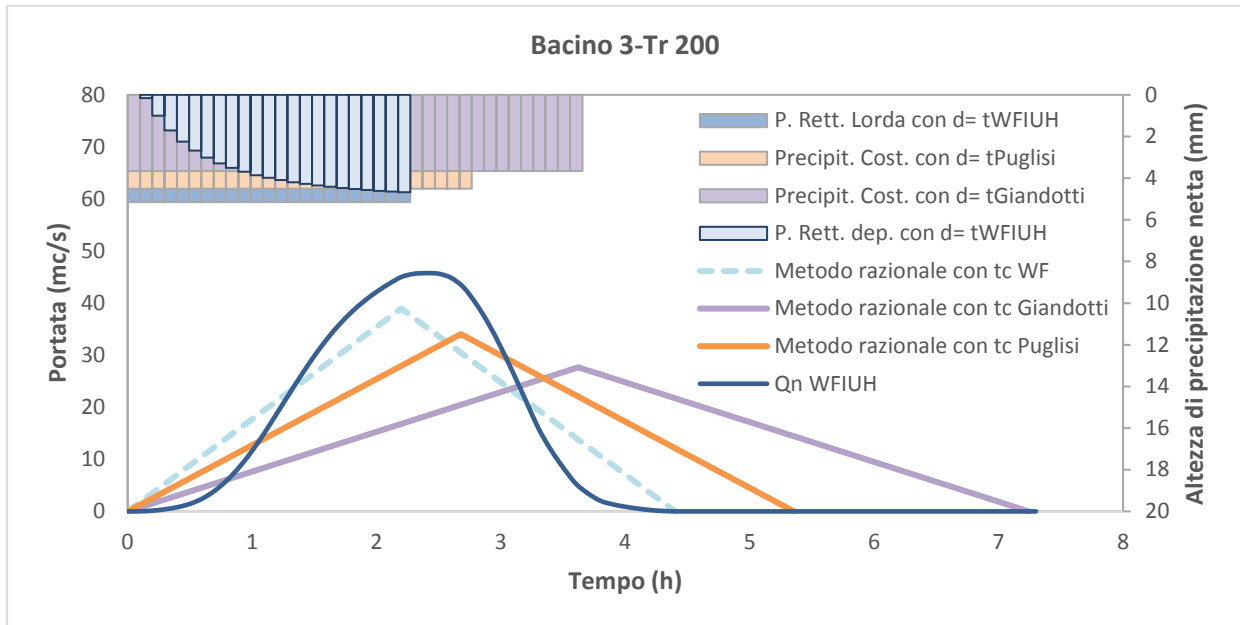


Figura 15. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 3

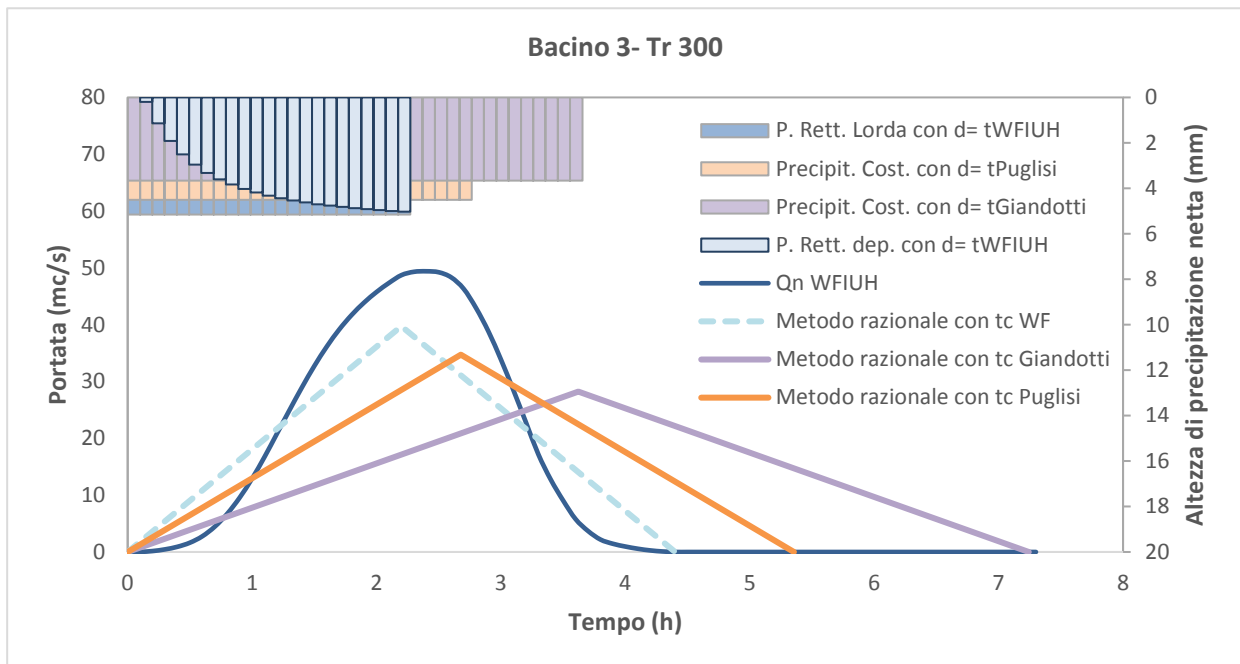


Figura 16. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 anni relativi al bacino 3

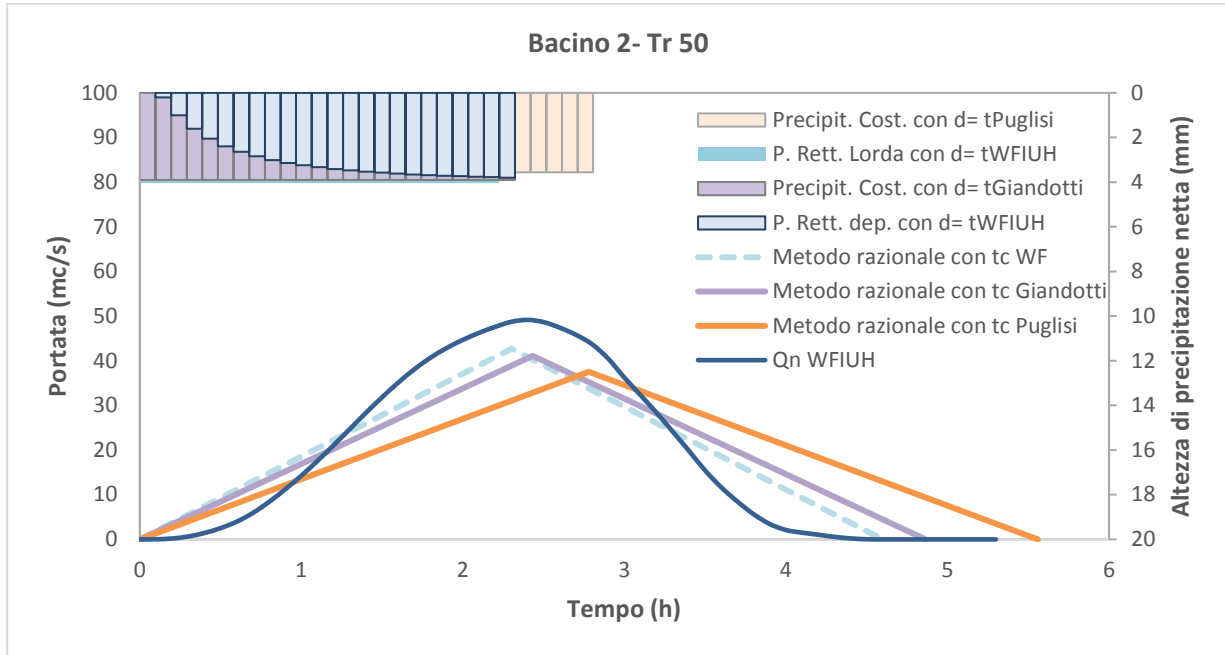


Figura 17. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 anni relativi al bacino 2

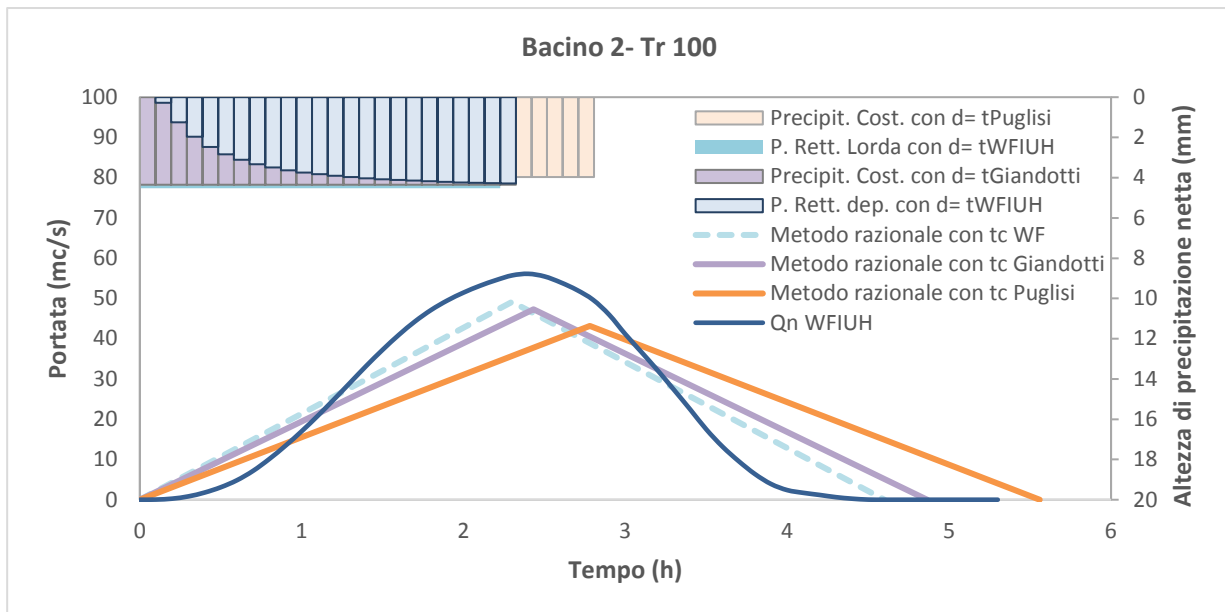


Figura 18. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 anni relativi al bacino 2

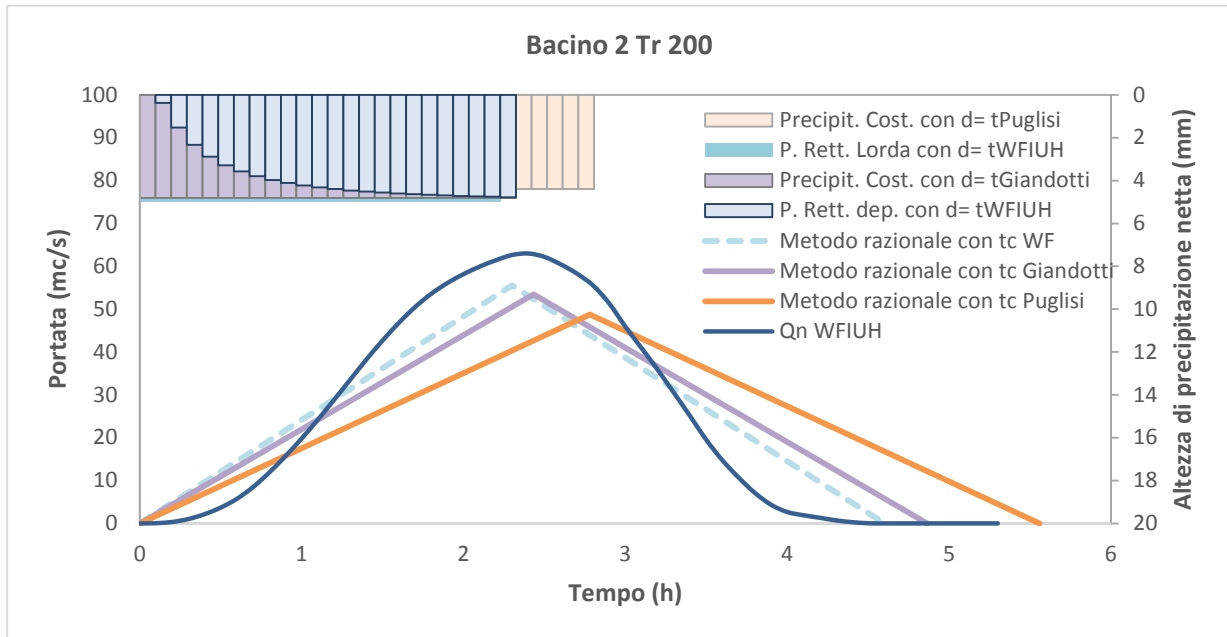


Figura 19.- Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 2

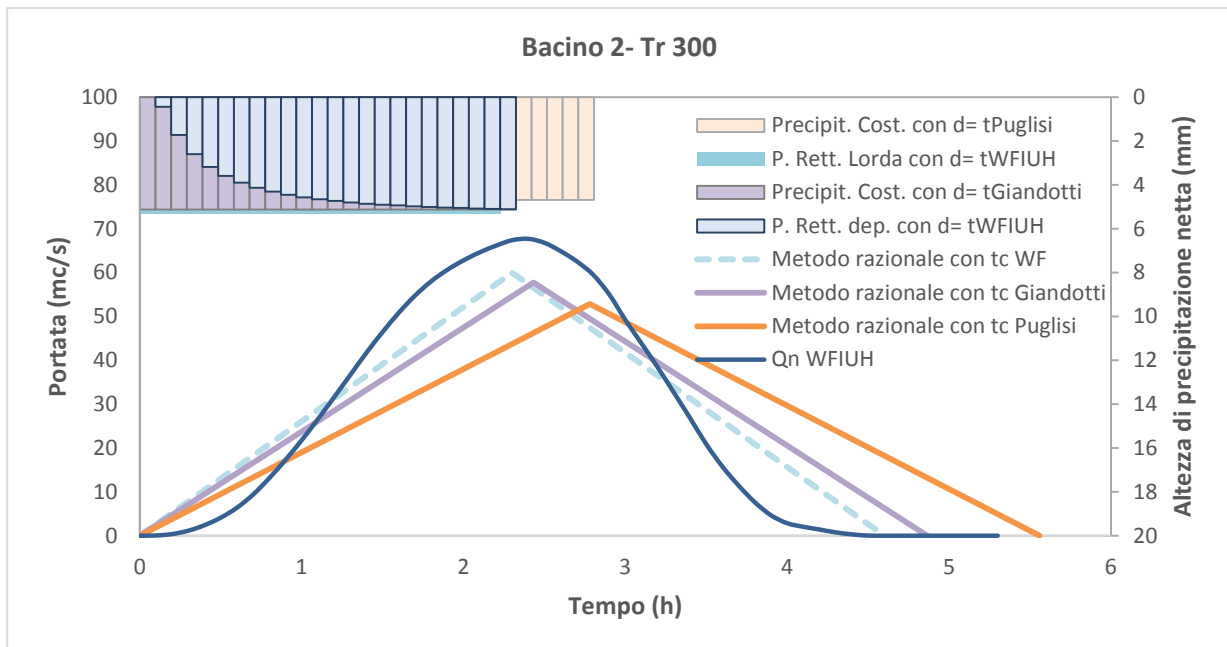


Figura 20 Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 2

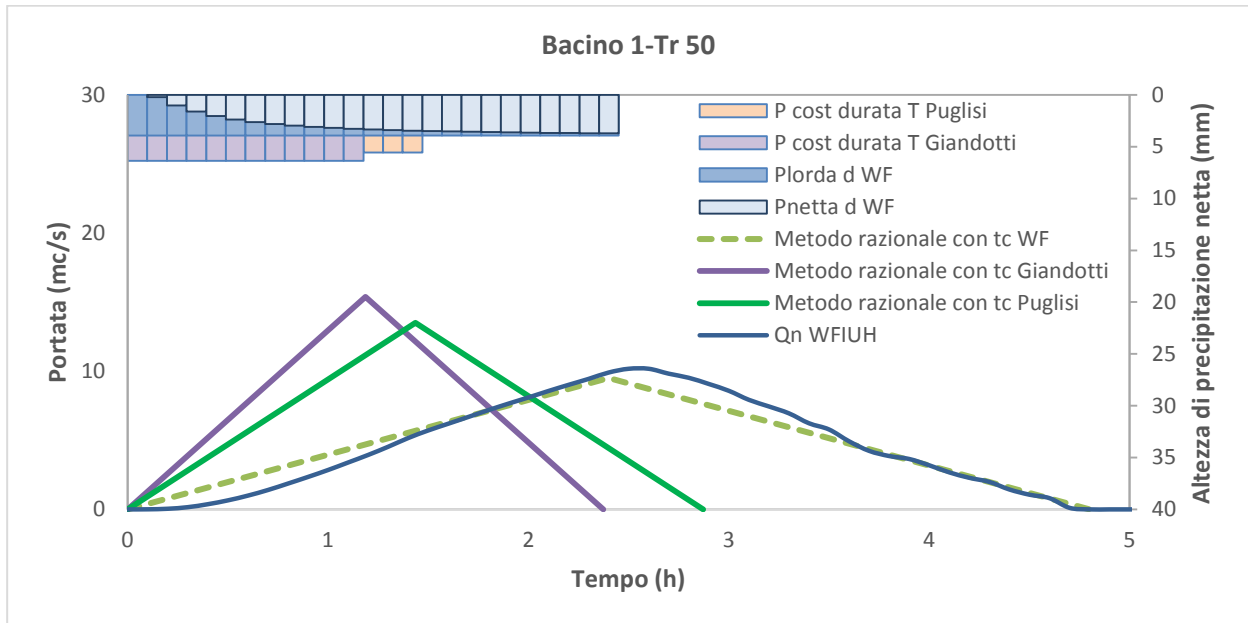


Figura 21 Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 relativi al bacino 1

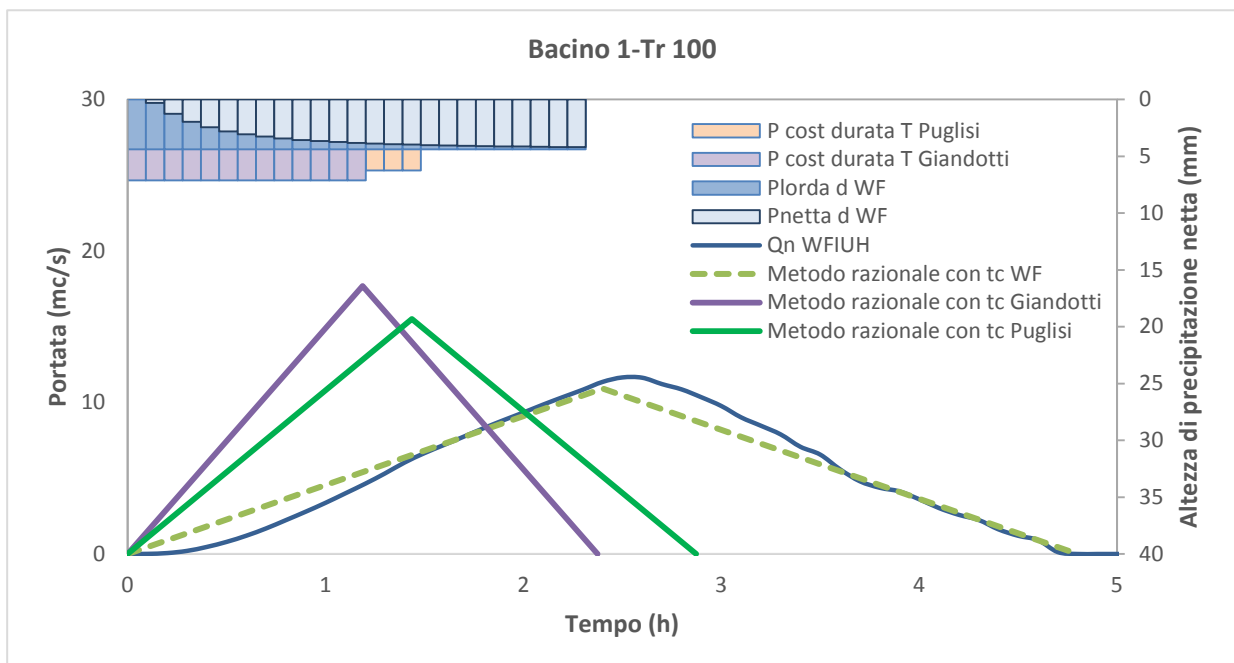


Figura 22. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 relativi al bacino 1



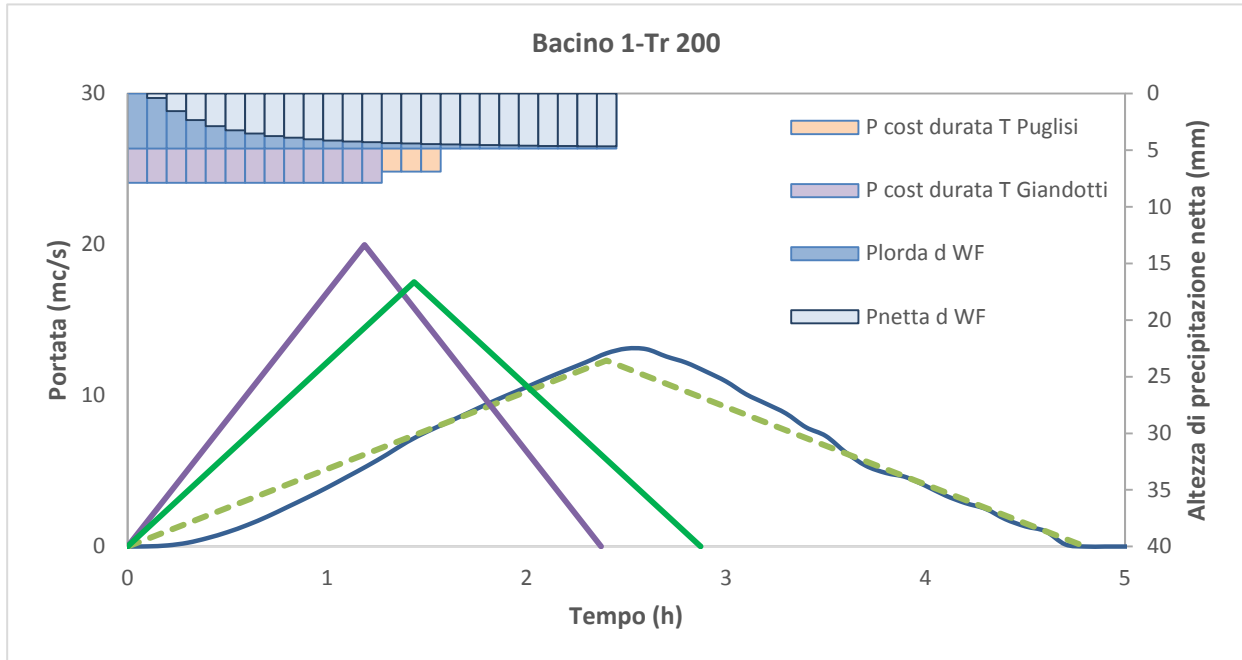


Figura 23. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 relativi al bacino 1

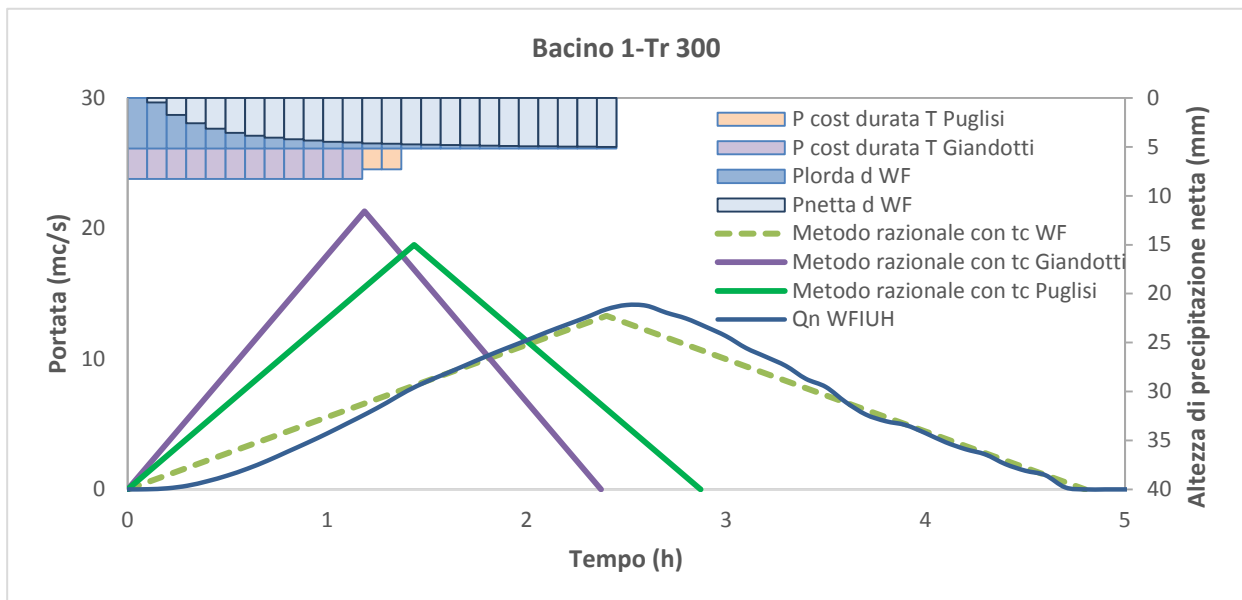


Figura 24. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 relativi al bacino 1

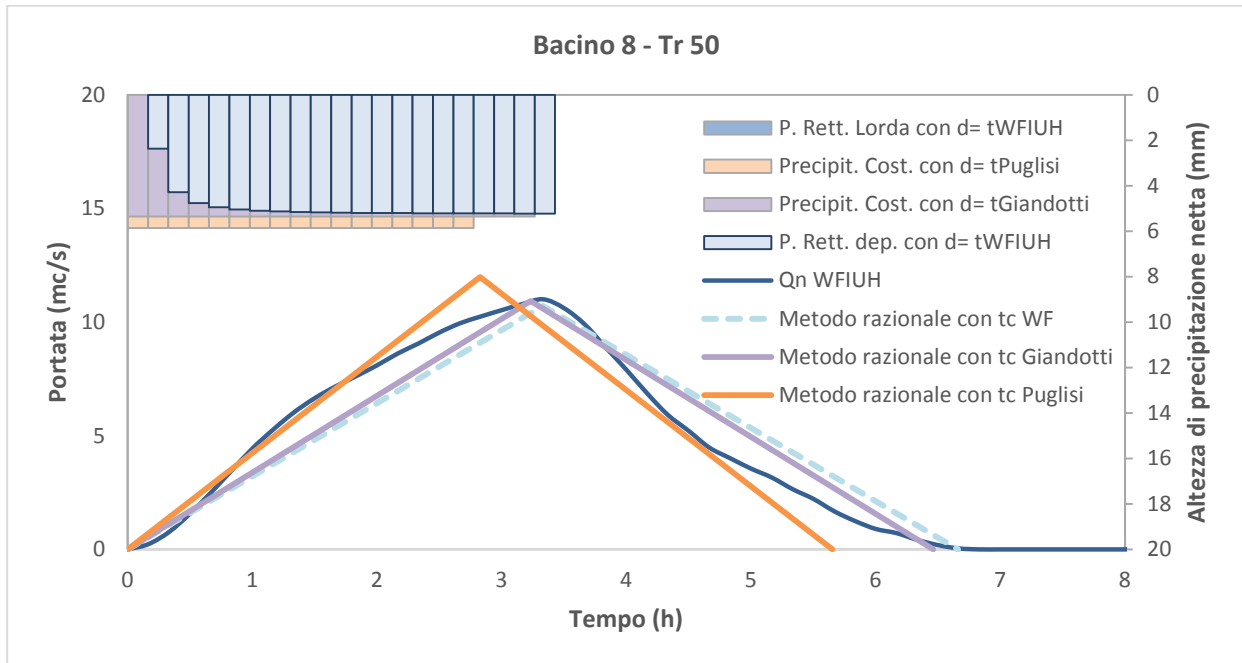


Figura 25. Confronto tra gli idrogrammi Tr 50 relativi al bacino 8

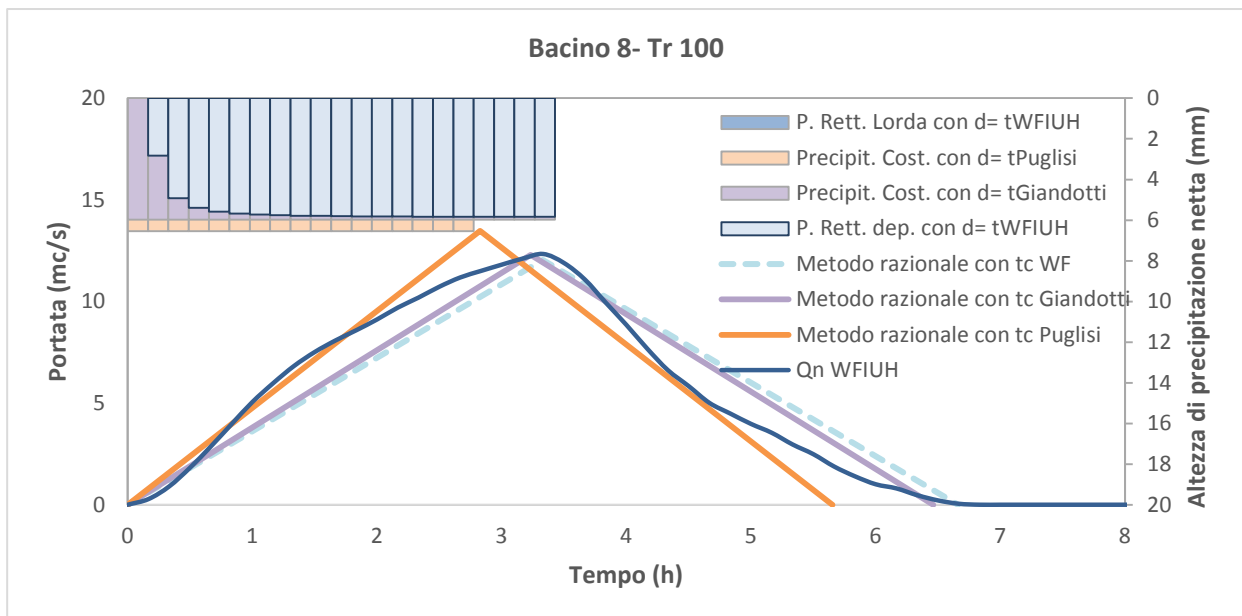


Figura 26. Confronto tra gli idrogrammi Tr 100 anni relativi al bacino 8

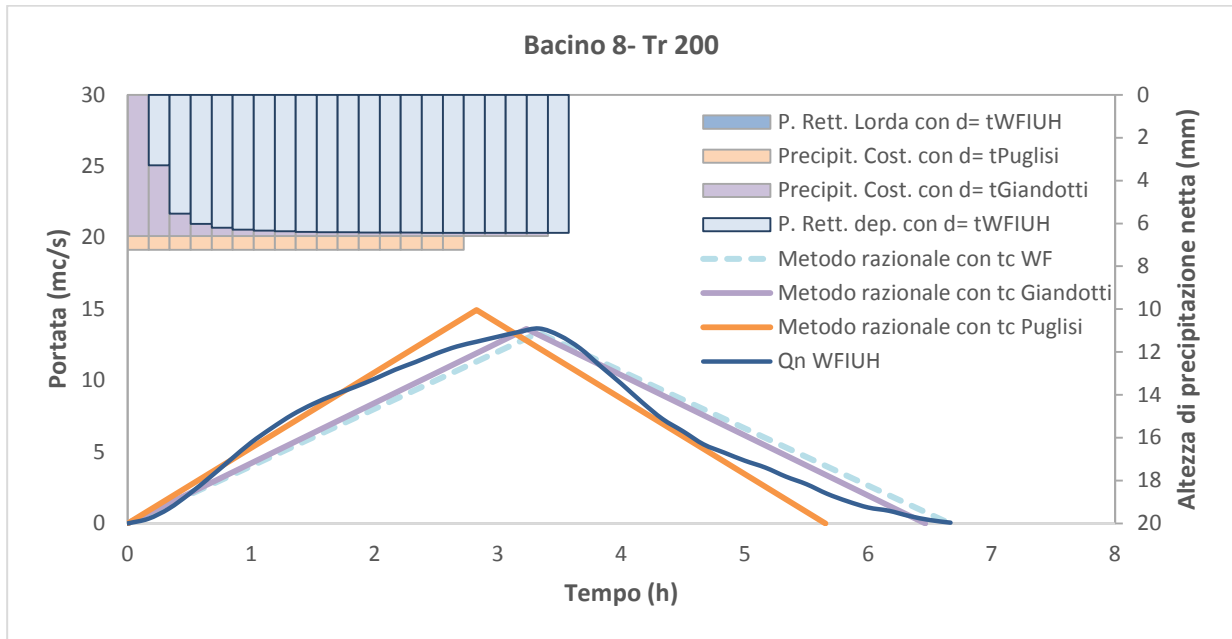


Figura 27. Confronto tra gli idrogrammi Tr 200 anni relativi al bacino 8

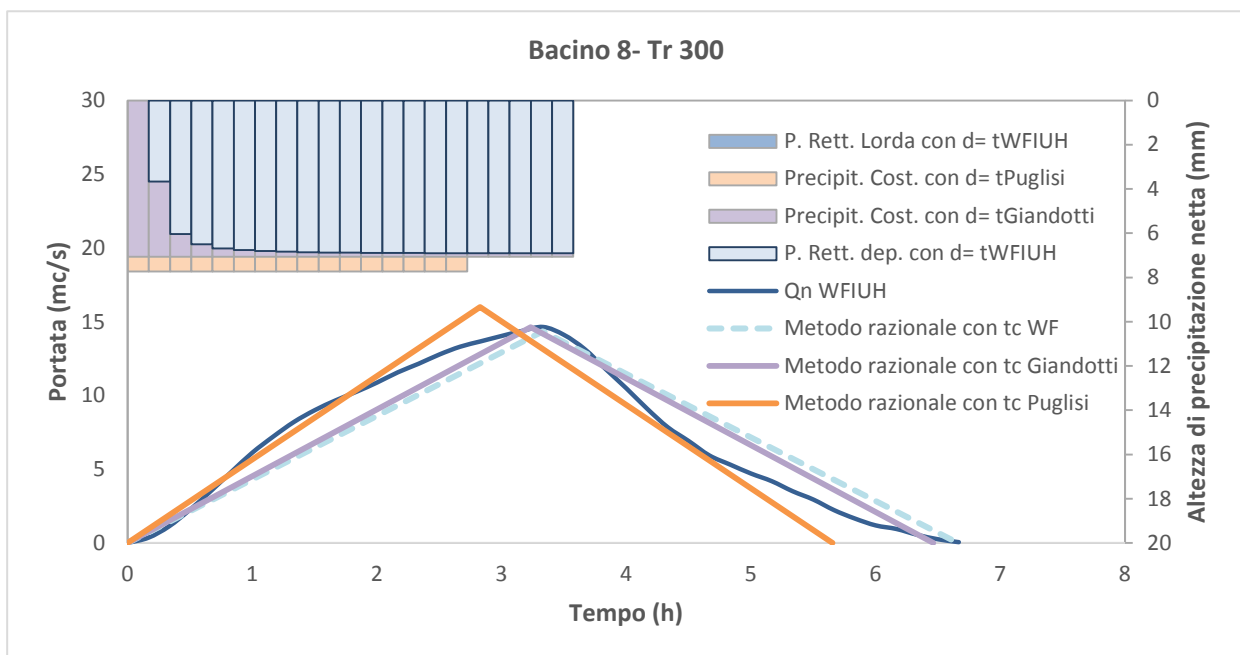


Figura 28. Confronto tra gli idrogrammi Tr 300 anni relativi al bacino 8

Nella tabella seguente sono riportati i valori di portata al colmo ottenuti applicando i diversi valori del tempo di corrivazione; sono evidenziati in grassetto i valori di portata al colmo che verranno utilizzati per i dimensionamenti idraulici.

<b>Bacino 1</b>	<b>Q<sub>max</sub> (mc/s)</b>			
Tr	Metodo WFIUH	Metodo razionale con tc WF	Metodo razionale con tc Giandotti	Metodo razionale con tc Puglisi
50	10.2	9.51	<b>15.4</b>	13.49
100	11.7	10.9	<b>17.7</b>	15.5
200	13.1	12.3	<b>20</b>	17.5
300	14.1	13.3	<b>21.3</b>	18.8

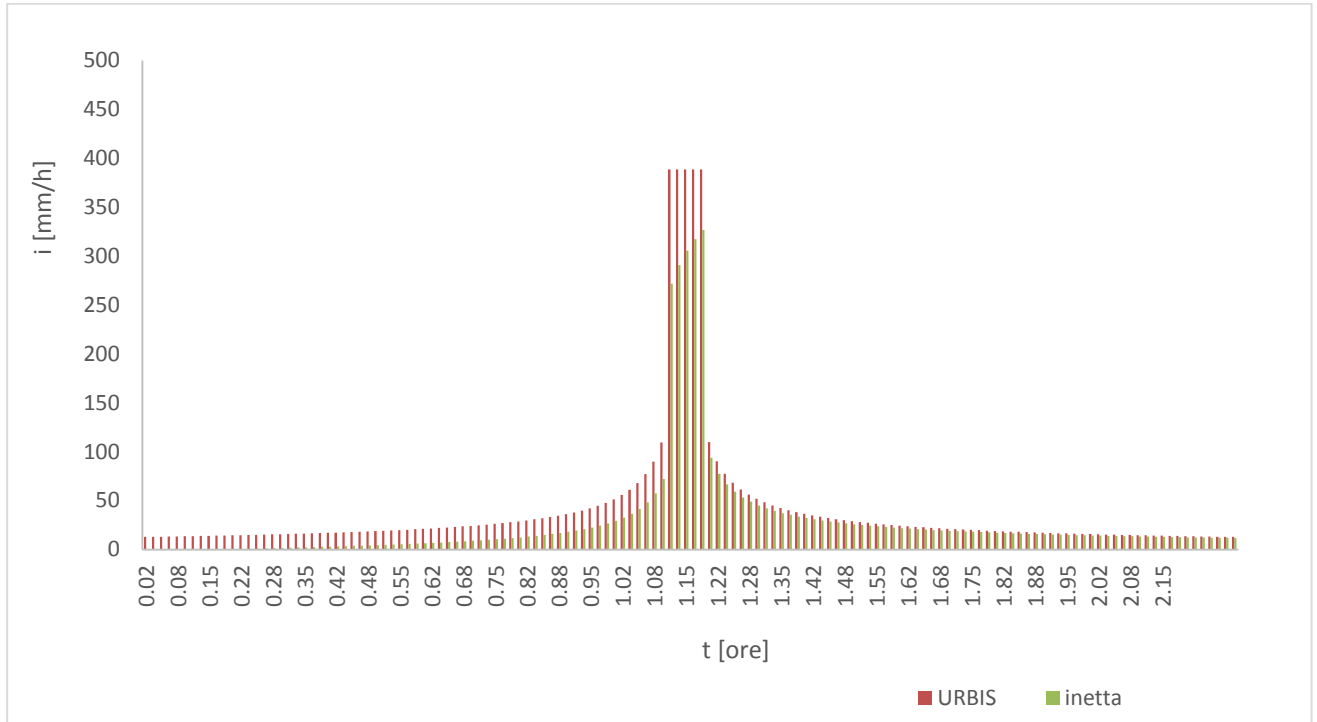
<b>Bacino 2</b>	<b>Q<sub>max</sub> (mc/s)</b>			
Tr	Metodo WFIUH	Metodo razionale con tc WF	Metodo razionale con tc Giandotti	Metodo razionale con tc Puglisi
50	<b>49.2</b>	42.71	41.11	37.53
100	<b>56.1</b>	49.15	47.3	43.17
200	<b>63</b>	55.54	53.46	48.78
300	<b>67.7</b>	59.97	57.77	52.83

<b>Bacino 3</b>	<b>Q<sub>max</sub> (mc/s)</b>			
Tr	Metodo WFIUH	Metodo razionale con tc WF	Metodo razionale con tc Giandotti	Metodo razionale con tc Puglisi
50	<b>35</b>	29.27	20.83	25.6
100	<b>40.4</b>	34.11	24.26	29.82
200	<b>45.8</b>	38.96	27.68	34.05
300	<b>49.4</b>	39.73	28.23	34.72

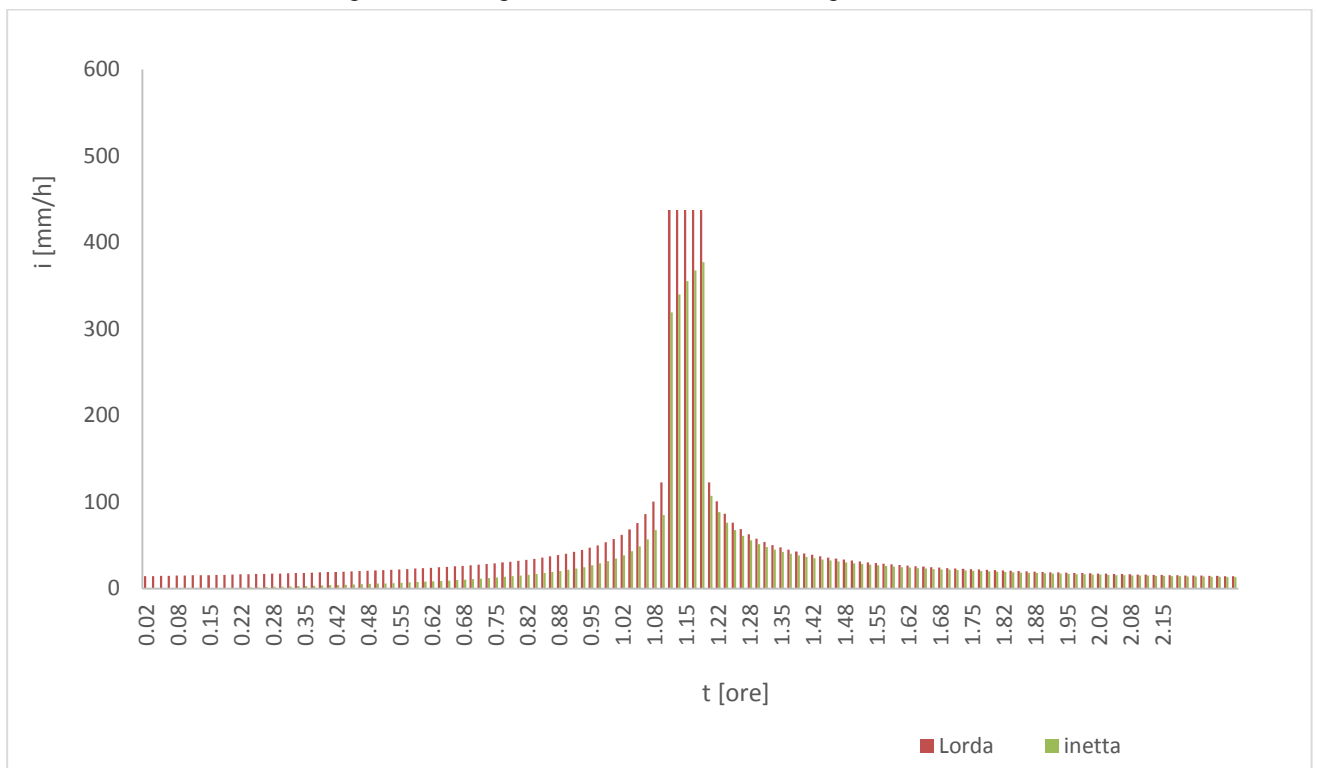
<b>Bacino 8</b>	<b>Q<sub>max</sub> (mc/s)</b>			
Tr	Metodo WFIUH	Metodo razionale con tc WF	Metodo razionale con tc Giandotti	Metodo razionale con tc Puglisi
50	11	10.07	10.9	<b>12</b>
100	12.3	12.04	12.3	<b>13.5</b>
200	13.6	13.3	13.62	<b>14.9</b>
300	14.6	14.34	14.64	<b>16.01</b>

## 7.5. Ietogramma di progetto per le verifiche idrauliche con pioggia distribuita

Per le verifiche idrauliche mediante modello idraulico bidimensionale con input idrologico distribuito è stato scelto lo ietogramma Chicago di durata pari al tempo di corrivazione più critico ovvero 2,3 ore. Lo ietogramma lordo, calcolato assumendo una posizione di picco centrale (r=0.5), è stato depurato dalle perdite idrologiche mediante il metodo SCS del Curve Number precedentemente illustrato. Per il calcolo si è fatto ricorso al codice URBIS.



*Figura 29. Ietogramma lordo e netto Chicago - Tr50 anni*



*Figura 30. Ietogramma lordo e netto Tr 100 anni*

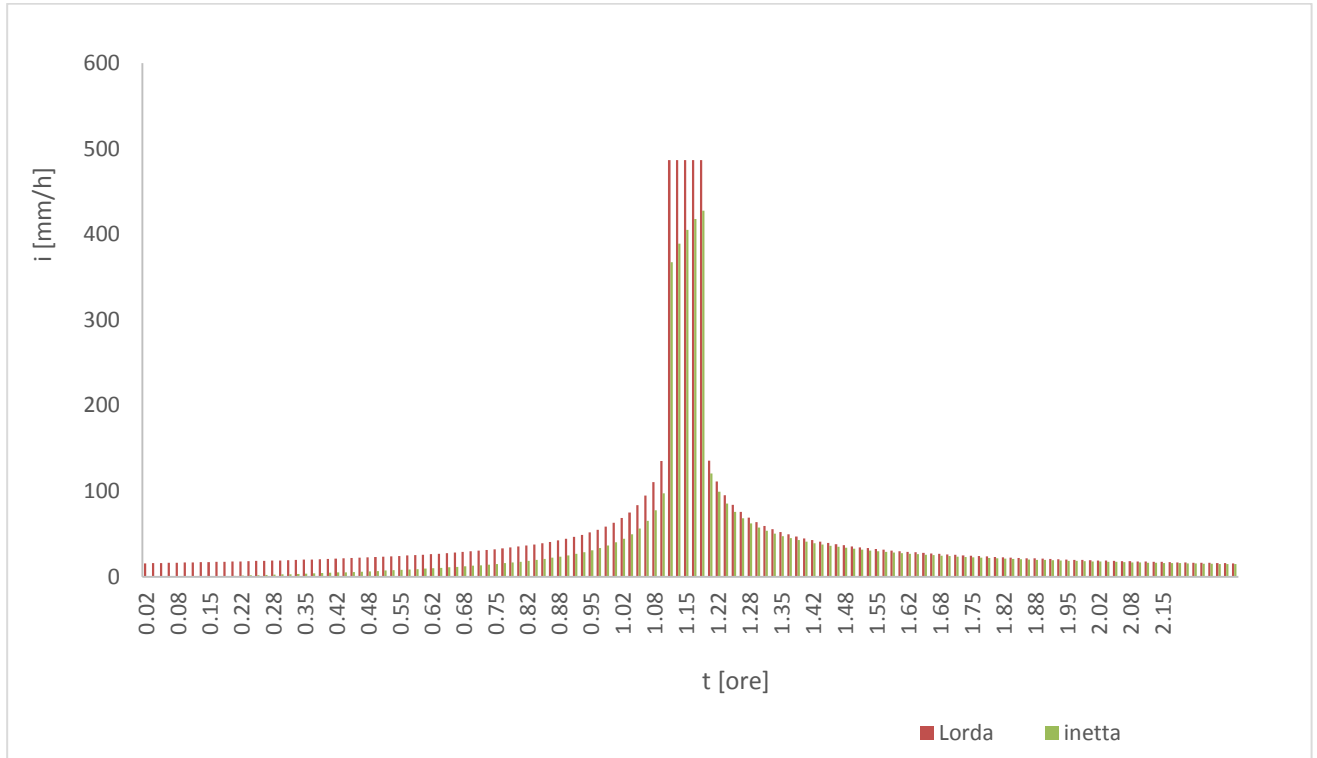


Figura 31. Ietogramma lordo e netto  $Tr$  200 anni

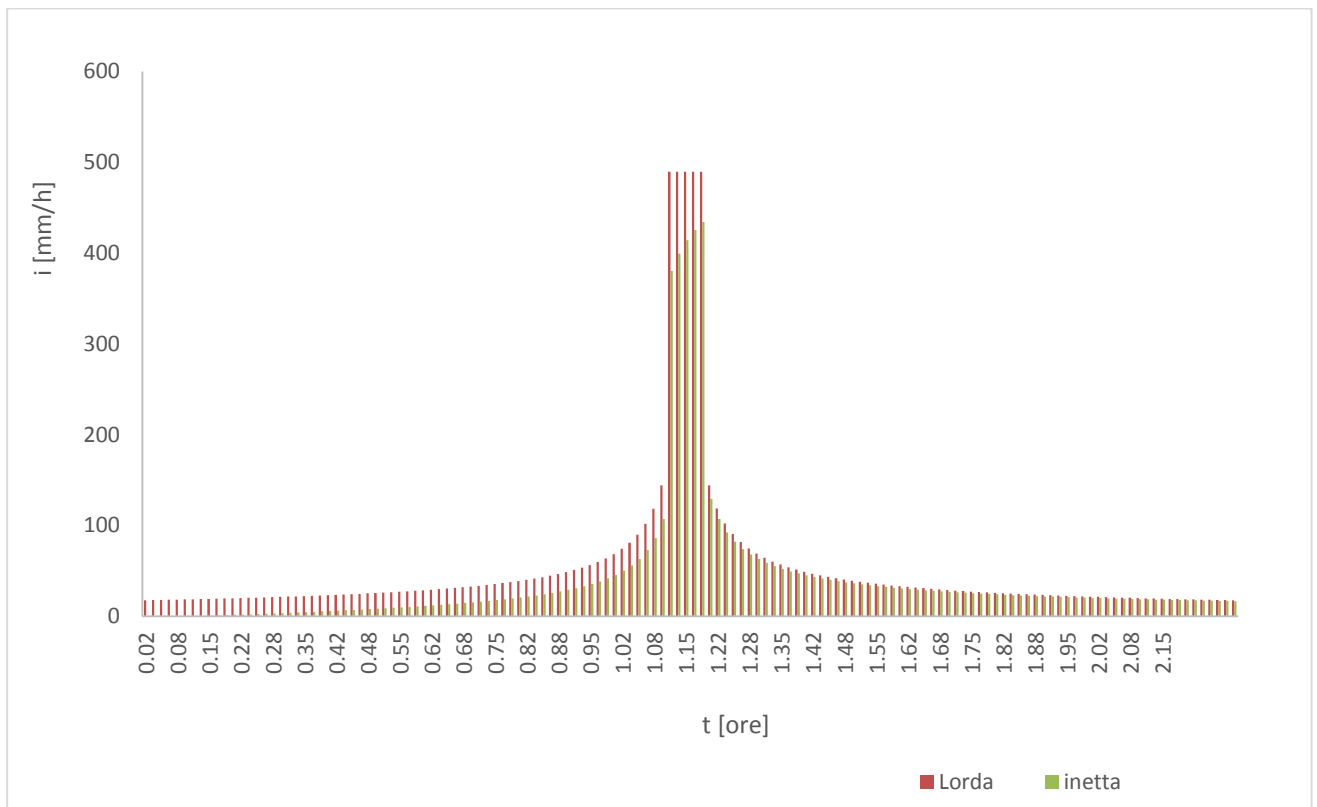


Figura 32. Ietogramma lordo e netto  $Tr$  300 anni

## 8. INPUT IDROLOGICI PER LE VERIFICHE IDRAULICHE

### 8.1 Idrogrammi di piena per il modelli idraulico a parametri concentrati senza gli effetti degli interventi del comune di Catania

Le verifiche idrauliche verranno svolte in moto vario considerando gli idrogrammi di piena ricavati nel precedente paragrafo considerando per la compatibilità idraulica i tempi di ritorno 50, 100 e 300 anni e 200 per la progettazione delle opere ITALFERR.

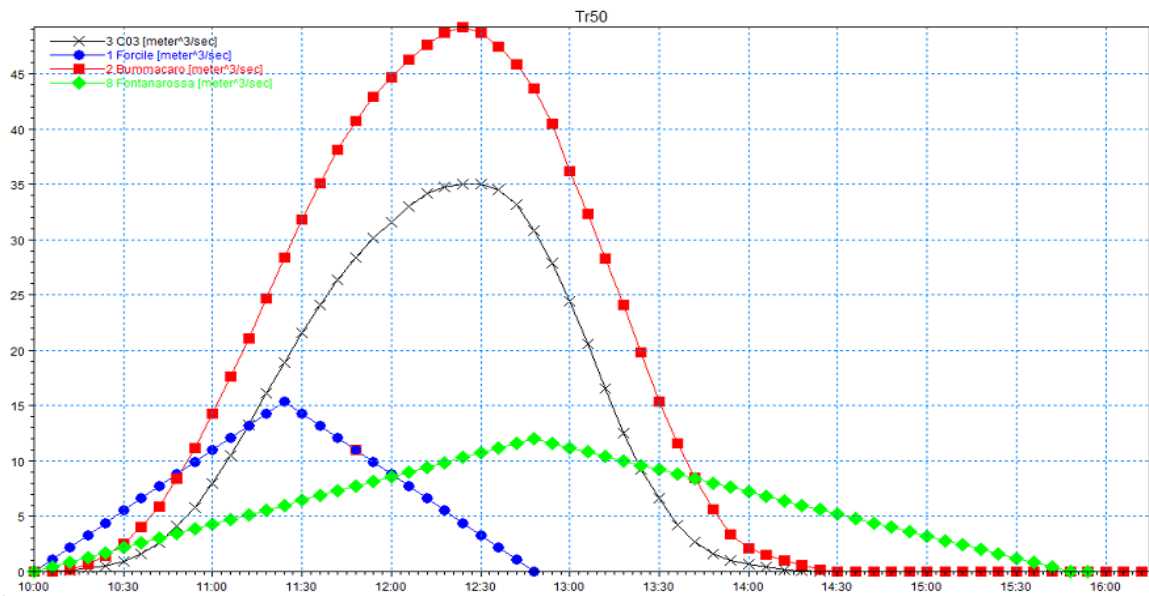


Figura 33. Idrogrammi Tr 50 -Bacini maggiori

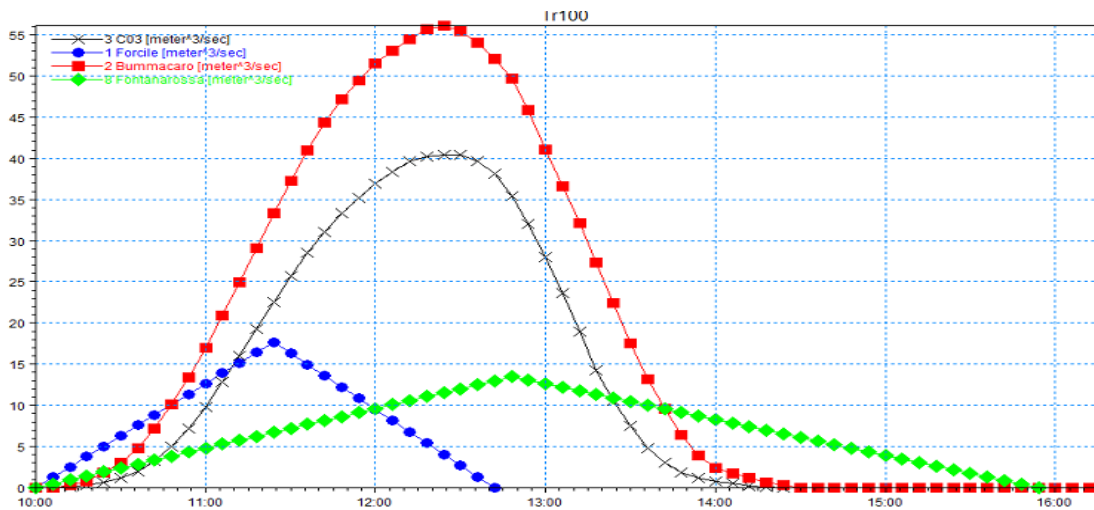


Figura 34. Idrogrammi Tr 100- Bacini maggiori

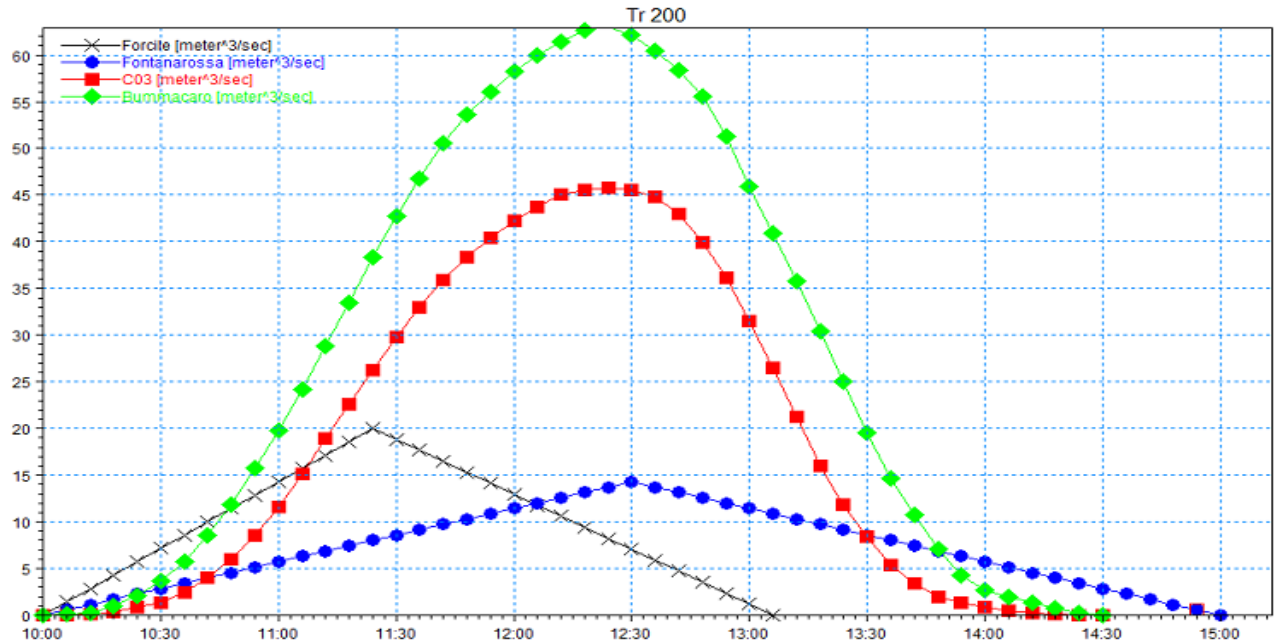


Figura 35. Idrogrammi Tr 200- bacini maggiori

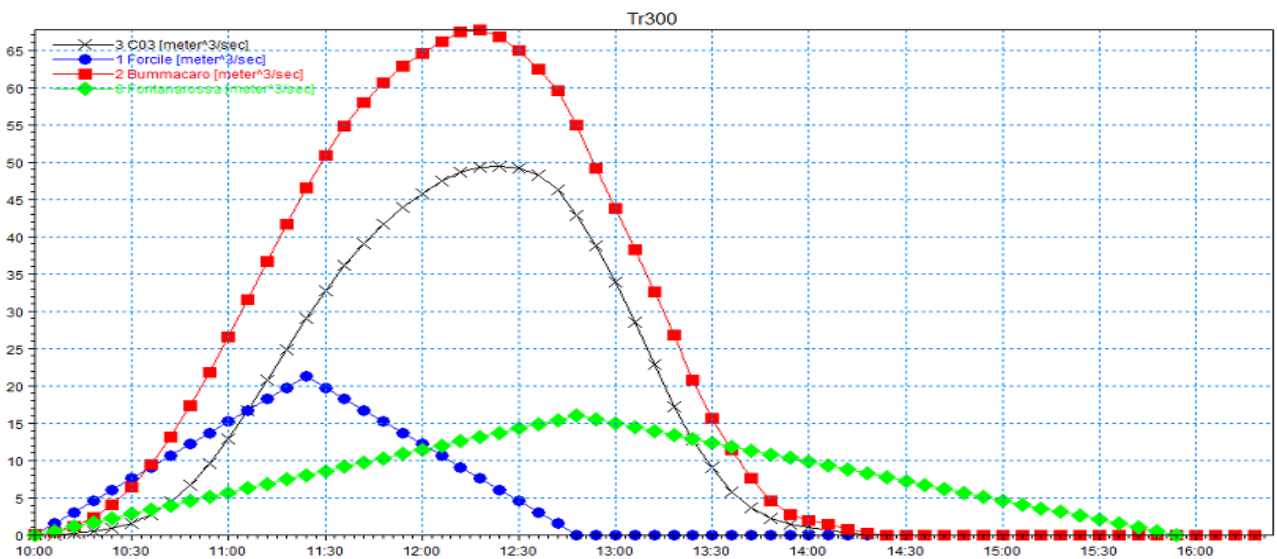


Figura 36. Idrogrammi Tr 300- bacini maggiori



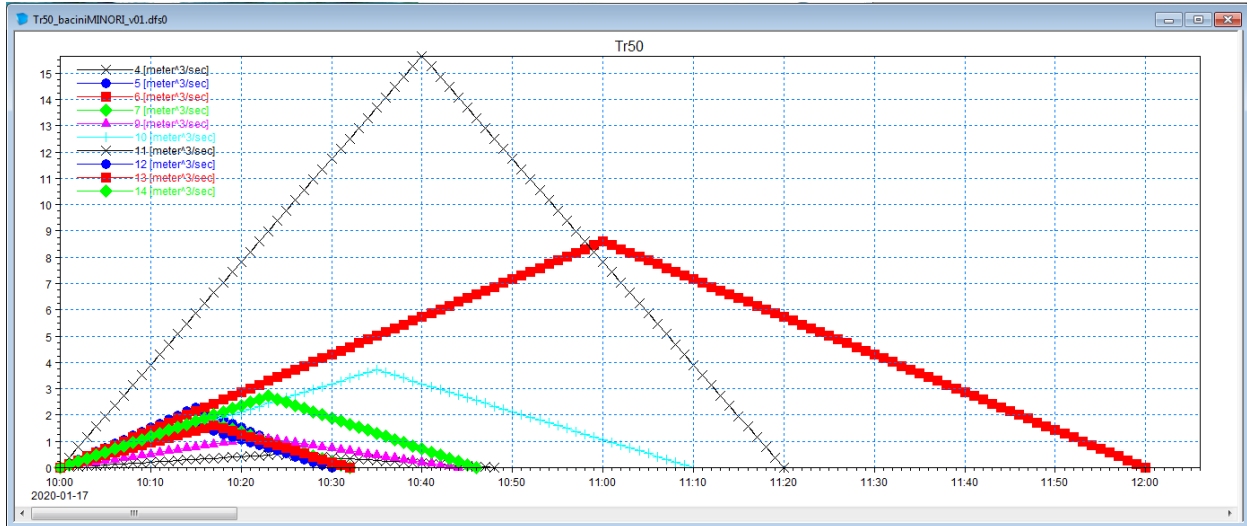


Figura 37. Idrogrammi Tr 50- Bacini minori

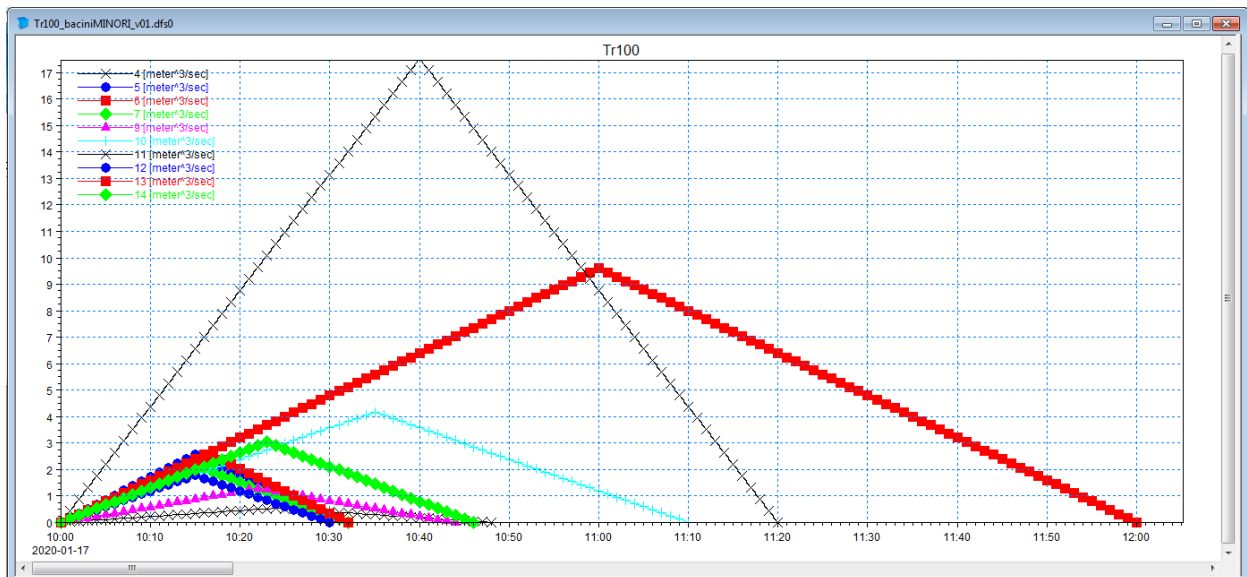


Figura 38. Idrogrammi Tr 100- Bacini minori

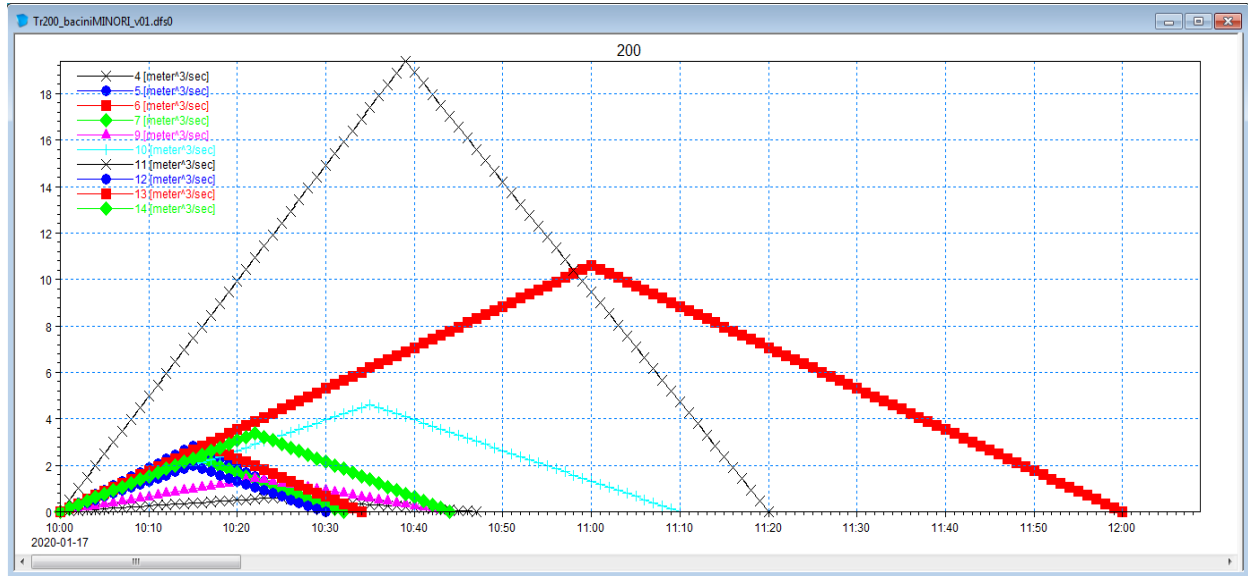


Figura 39. Idrogrammi Tr 200- Bacini minori

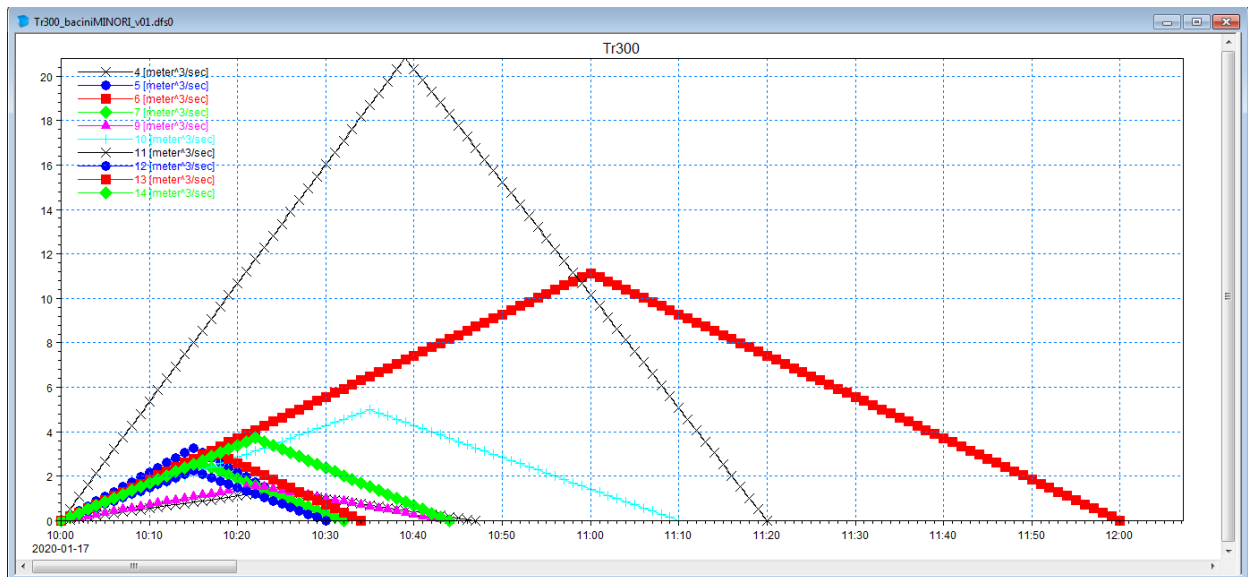


Figura 40. Idrogrammi Tr 300- Bacini minori

## 8.2 Idrogrammi di piena per il modelli idraulico a parametri concentrati considerando gli effetti degli interventi del comune di Catania

La stima degli idrogrammi “ridotti” è stata eseguita in maniera del tutto analoga a quella condotta per i bacini interi. Come illustrato in precedenza il metodo del WFIUH risulta il più cautelativo per il bacino 2, mentre per il bacino 1 verrà impiegato, a vantaggio di sicurezza l'idrogramma triangolare con durata stimata mediante la formula di Puglisi.

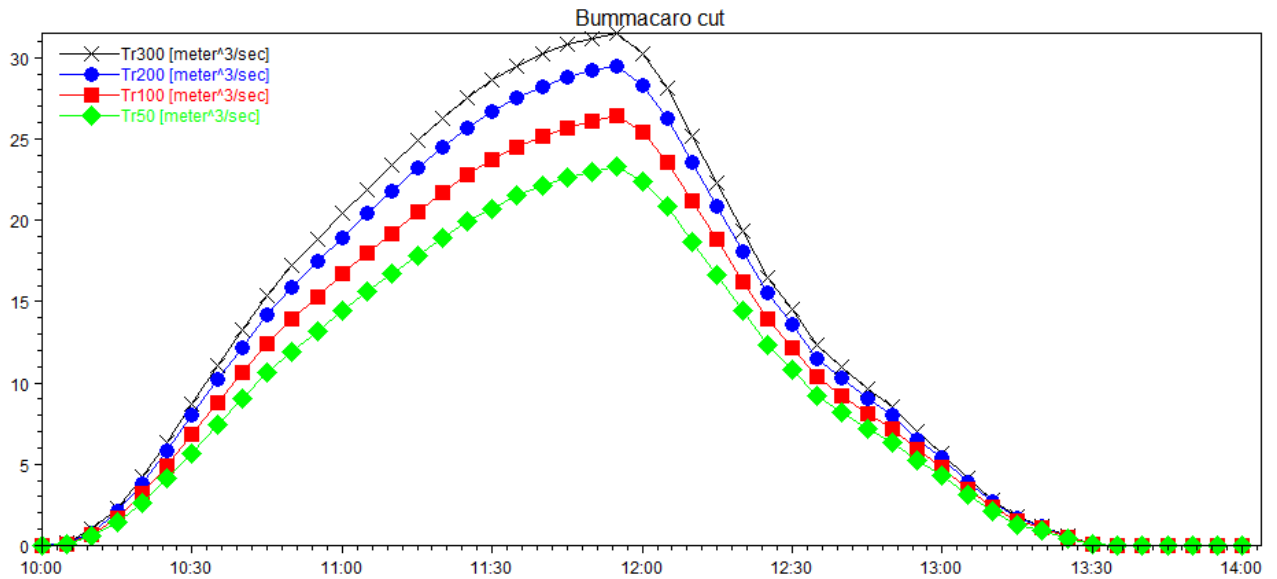


Figura 41. idrogrammi "ridotti" Bummacaro

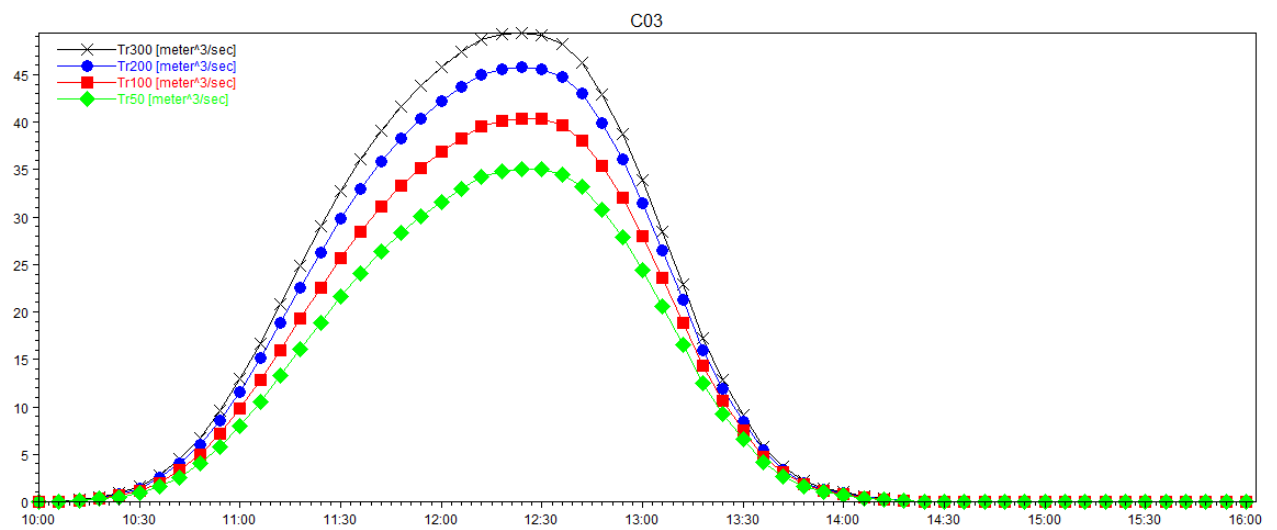


Figura 42. Idrogrammi per il bacino 3

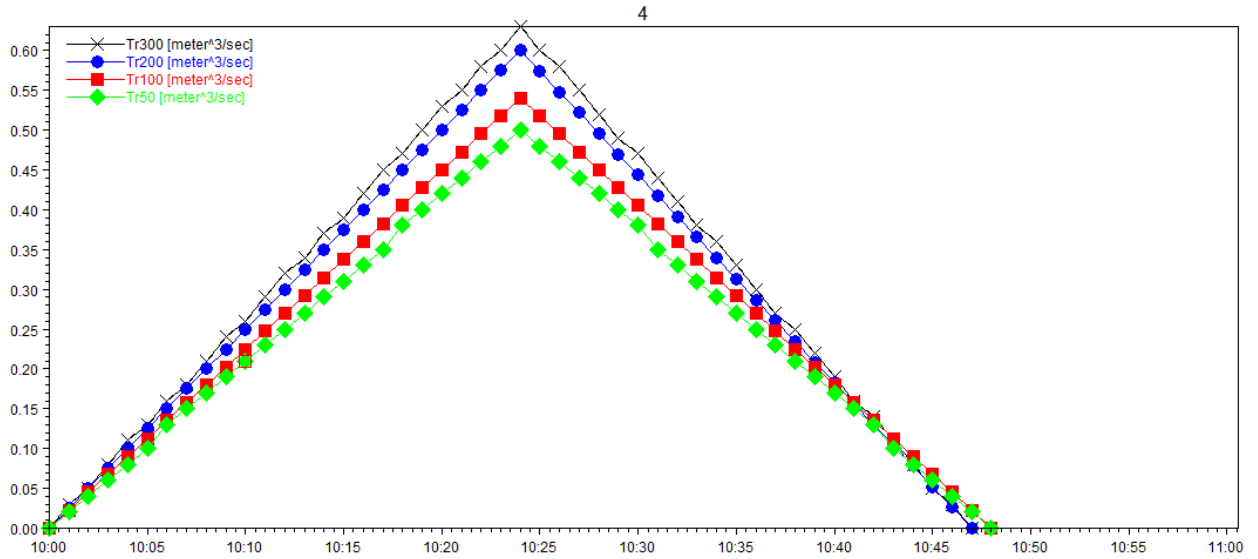


Figura 43. Idrogrammi bacino 4

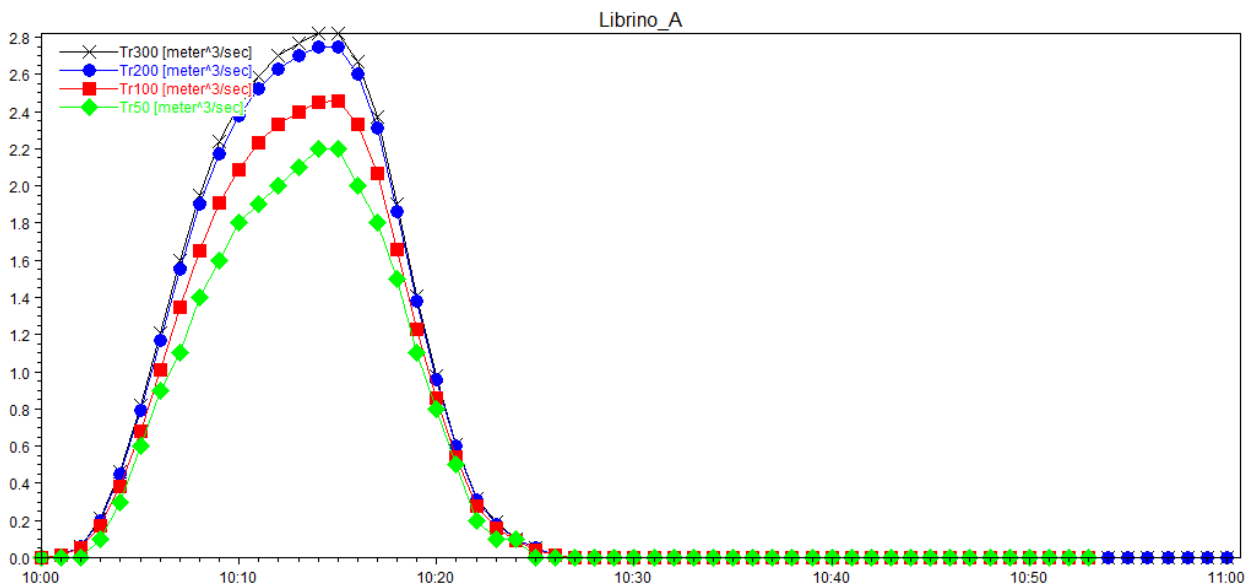


Figura 44. Idrogrammi "ridotti" Librino A

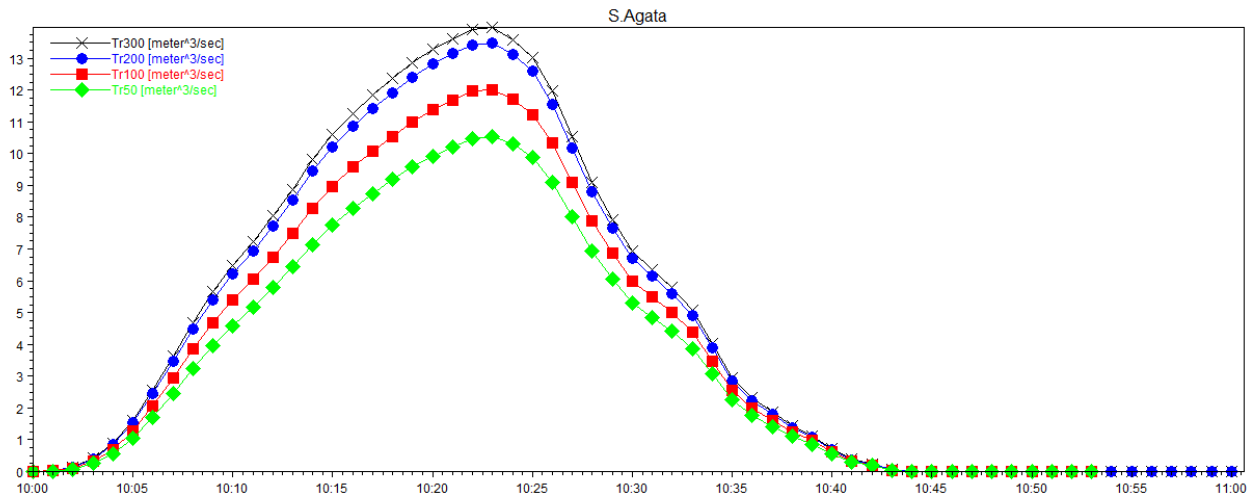


Figura 45. Idrogrammi "ridotti" S.Agata (bacino 1)

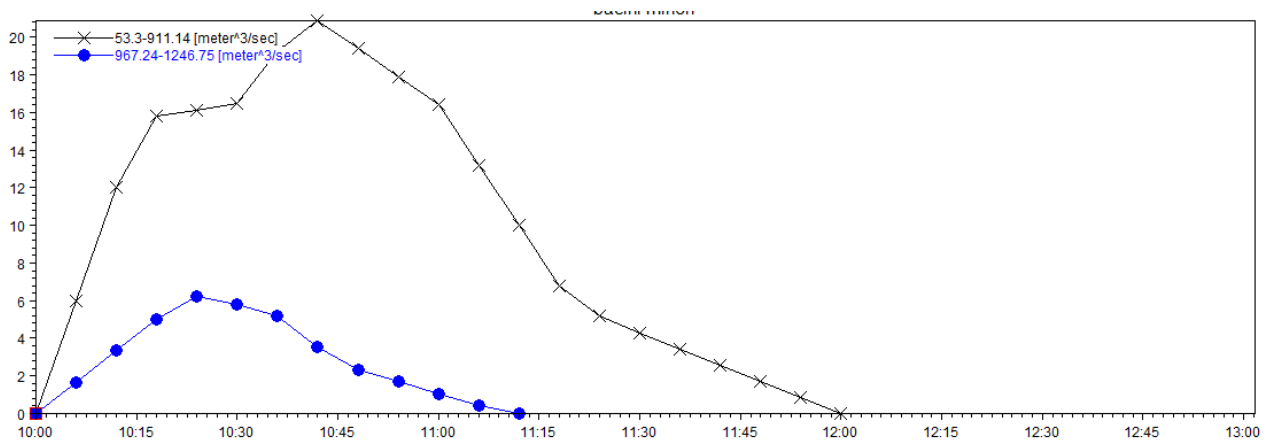


Figura 46. Contributo dei bacini minori - Tr 50 anni

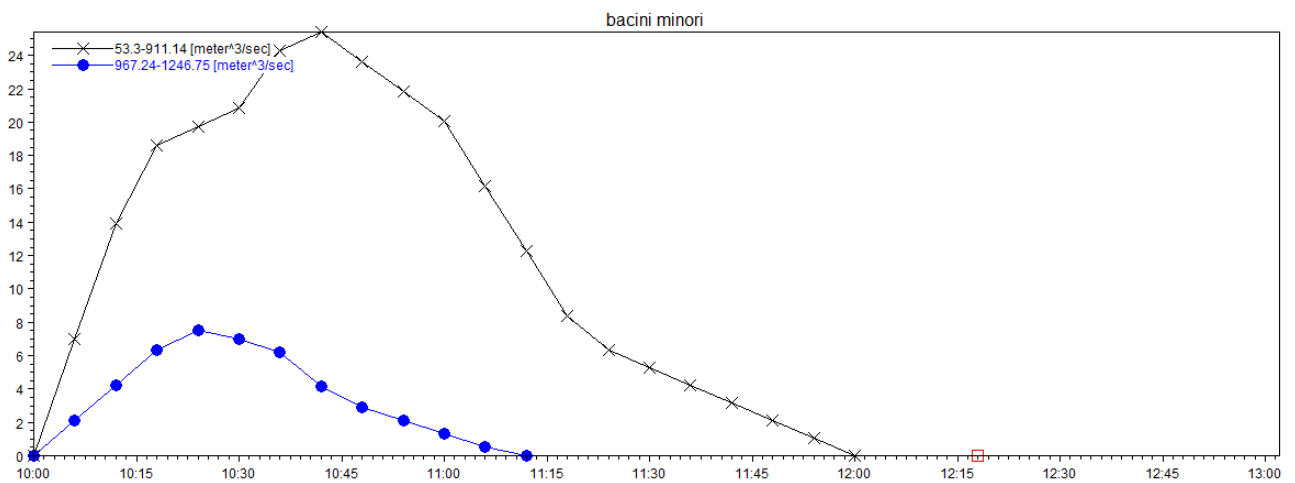


Figura 47. Contributo dei bacini minori – Tr 100 anni

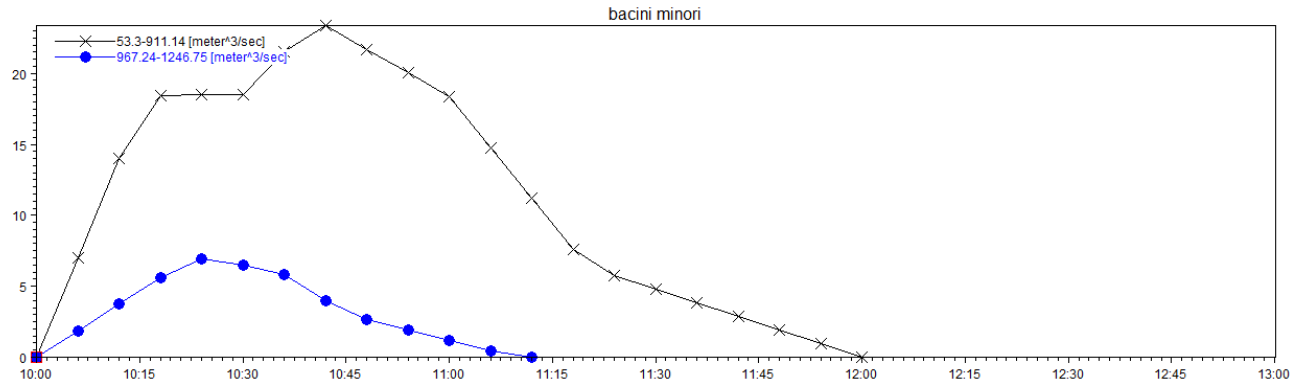


Figura 48. Contributo dei bacini minori –Tr 200 anni

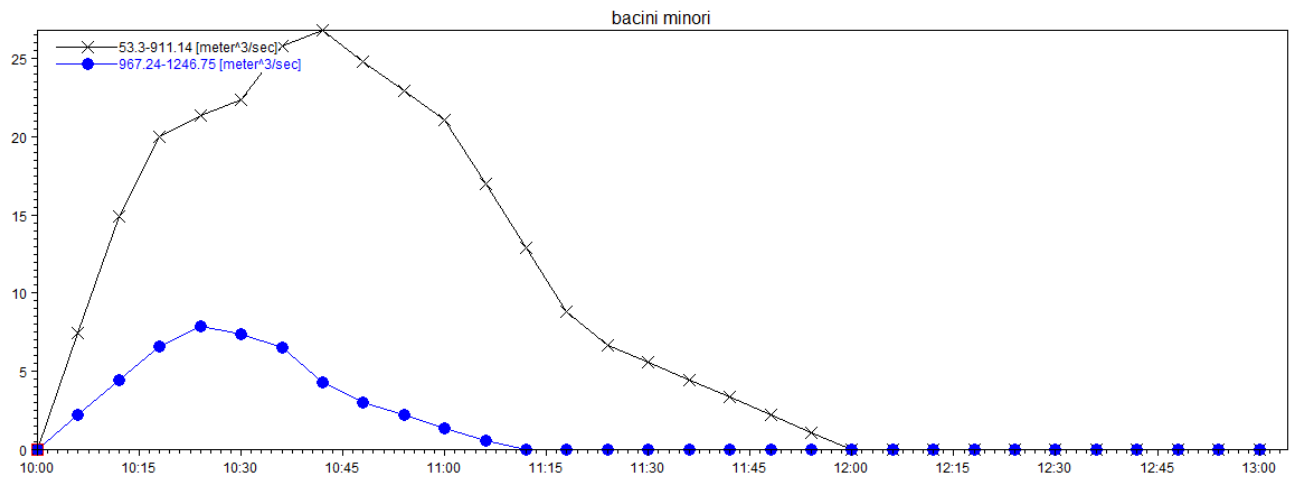


Figura 49. Contributo dei bacini minori - Tr 300 anni

### 8.3 letogrammi di progetto per il modello idraulico a parametri distribuiti

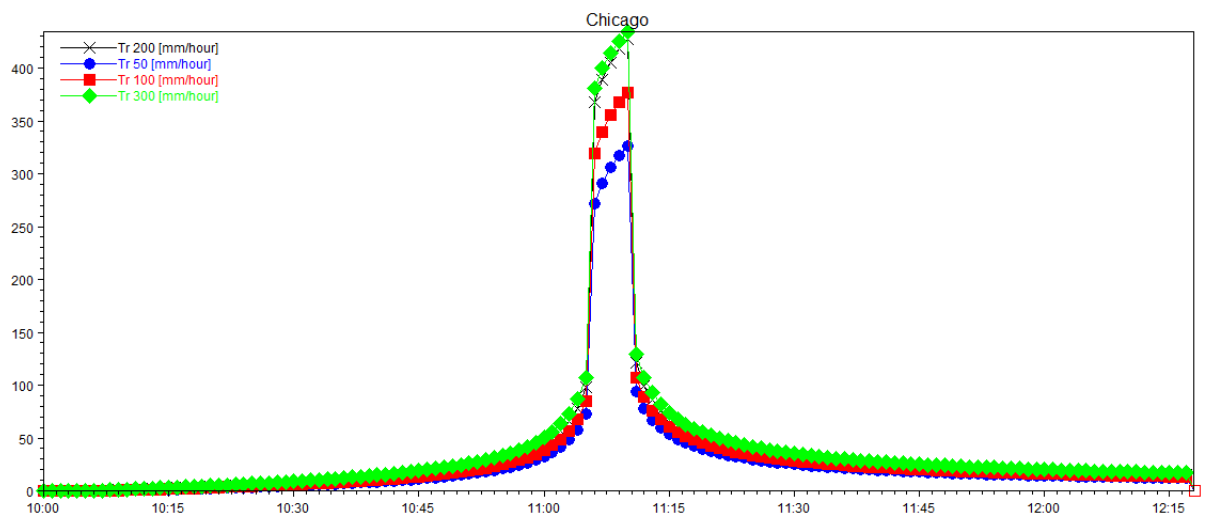


Figura 50. letogrammi netti tipo Chicago

	<b>DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO          NODO DI CATANIA – PROGETTO DEFINITIVO          INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA          DELL' AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI          DEL TRATTO DI LINEA INTERESSATO</b>												
<b>RELAZIONE IDROLOGICA CANALE FORCILE</b>	<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>RS3H</td> <td>00</td> <td>D09RI</td> <td>ID0001 002</td> <td>A</td> <td>63 di 64</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	63 di 64
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3H	00	D09RI	ID0001 002	A	63 di 64								

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V., *Valutazione delle piene in Sicilia*, Istituto di Idraulica dell'Università di Palermo e GNDCI (Gruppo Nazionale per la difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Palermo, 1993.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., *Valutazione delle piene*, C.N.R. °165, 1982.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- G. Ferreri, V. Ferro, Una espressione monomia della curva di probabilità pluviometrica, per durate inferiori all'ora, valida nel territorio siciliano. Bollettino dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo, 1-2, 1989
- Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.
- Lo Bosco D., Leonardi G., Scopelliti F., *Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale*, Quaderno di Dipartimento - Serie Didattica, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 2002.
- Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977
- Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Bacino Idrografico del Fiume Simeto, Area Territoriale tra il bacino del Fiume Simeto e il bacino del Fiume San Leonardo, Lago di Pergusa, Lago di Maletto – Relazione*, 2005.
- Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana – Relazione Generale*, 2004.
- Regione Siciliana, Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (ARRA), *Annali Idrologici*, disponibili presso [www.osservatorioacque.it](http://www.osservatorioacque.it).
- Rossi F., Fiorentino M., Versace P., *Two component extreme value distribution for Flood Frequency Analysis*, Water Resources Research, Vol. 20, N.7, 1984.
- Ven Te Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.

## APPENDICE A – CODICI USO DEL SUOLO

CLASSI DI USO DEL SUOLO / LAND USE CLASSES				
1° livello 1st level	2° livello 2nd level	3° livello 3rd level		
1 Territori modellati artificialmente Artificial surfaces	11 Zone urbanizzate Urban areas	111	Tessuto denso (● nuclei di estensione inferiore a 25 ha) Continuous urban fabric (● settlements smaller than 25 ha)	
		112	Tessuto rado Discontinuous urban fabric	
	12 Zone produttive e infrastrutture Industrial and infrastructural areas	12	121	Aree industriali (■ aree di estensione inferiore a 25 ha) Industrial areas (■ areas smaller than 25 ha)
			122	Infrastrutture generiche General infrastructures
			123	Aree portuali Port areas
			124	Aeroporti Airports
			125	
	13 Zone in trasformazione Transitional areas	13	131	Aree in costruzione, escavazioni, suoli rimaneggiati Construction sites, excavations, earthworks
			132	Discariche Dumps
			133	Aree estrattive (▲ cave di estensione inferiore a 25 ha) Extractive areas (▲ quarries smaller than 25 ha)
	14 Zone verdi urbane e zone archeologiche Green urban areas and archaeological areas	14	141	Aree verdi urbane, sportive e ricreative Urban parks, sport and leisure areas
			142	Aree archeologiche (▲ aree di estensione inferiore a 25 ha) Archaeological areas (▲ areas smaller than 25 ha)
	2 Territori agricoli Agricultural areas	21 Seminativo Arable land	211	Seminativo semplice, irriguo, arborato; foraggere; colture orticole Arable land irrigated and not locally with tree crops; fodder; horticulture
			212	Colture in serra e sotto tunnel Green houses and cultivations under plastic
22 Legnose agrarie Permanent crops		22	221	Agrumeto Citrus groves
			222	Vigneto Vineyards
			223	Oliveto Olive groves
			224	Mandorleto Almond groves
			225	Frutteto (f: ficodindia, k: carrubeto, n: nocciolo, t: pistacchieto) Orchards (f: prickly pear, k: carob, n: hazel, t: pistachio)
			226	Legnose agrarie miste Mixed groves
23 Zone agricole eterogenee Heterogeneous agricultural areas		23	231	Sistemi colturali e partecellari complessi Complex cultivation patterns
			232	Seminativo associato a vigneto Associations of annual crops and vineyards
			233	
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali Forest and semi-natural areas	31 Boschi Forests	311	Latifoglie Broad-leaved	
		312	Conifere Coniferous	
		313	Bosco misto Mixed forest	
		314	Aree parzialmente boscate o bosco degradato Partially wooded land or degraded forest	
	32 Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea Shrub and/or herbaceous vegetation associations	32	321	Macchia e cespuglieto Shrubland
			322	Pascolo Grassland
			323	Incolto, incolto roccioso Sparsely vegetated areas
	33 Zone aperte con vegetazione rada o assente Open spaces with little or no vegetation	33	331	Aree in erosione, calanchi, rocce Erosion scars, badlands, rock outcrops
			332	Alvei fluviali River beds
			333	Spiagge Beaches
			334	
4 Zone umide Wetlands	41 Zone umide interne Inland wetlands	411	Pantani interni Inland marshes	
	42 Zone umide costiere Maritime wetlands	421	Pantani Coastal marshes	
		422	Saline Salines	
5 Corpi idrici Water bodies	51 Acque continentali Inland waters	511	Laghi naturali e naturali ampliati Natural lakes, enlarged natural lakes	
		512	Laghi artificiali Reservoirs	
	52 Acque marittime e acque di transizione Marine and transitional waters	521	Lagune Lagoons	
		522	Laghi costieri Coastal lakes	

Indicatori di presenze significative non isolabili all'interno di altre classi / Indicators of significant, but not dissociable, occurrences within other classes

 a: agrumi c: ortaggi f: ficodindia k: carrubo m: mandorlo o: olivo p: palma nana s: serre o tendoni v: vite  
 citrus vegetables prickly pear carob almond olive dwarf palm green houses vine