

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## S.O. OPERE CIVILI

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA

### NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA

### LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA

### LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO

### IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica generale

SCALA:

-

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

RC2A B1 R 09 RI ID0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L. Nani 	Dic. 2021	A. Cappelli 	Dic. 2021	I. D'Amore 	Dic. 2021	A. Vittozzi Oglio 2023 Oggetto: Relazione idrologica generale Data: 20/07/2023 Dati: Relazione idrologica generale N° 42078
B	Emissione esecutiva	E. Sellari 	Luglio 2023	A. Cappelli 	Luglio 2023	I. D'Amore 	Luglio 2023	

File: RC2AB1R09RIID0001001B.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	9
2.1	PSAI - PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME SELE .....	9
2.2	PGRA DELL'ADB DELL'APPENNINO MERIDIONALE .....	10
2.3	NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (DECRETO 17 GENNAIO 2018 DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI) .....	11
2.4	CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, N. 7 C.S.LL.PP. (ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELL'AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018).....	12
2.5	MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE (RFI DTC SI CS MA IFS 001 D).....	12
3	STUDIO IDROLOGICO.....	13
3.1	ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI.....	13
3.1.1	<i>Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche della Regione Campania.....</i>	13
3.1.2	<i>Metodo VA.PI. Regione Campania.....</i>	17
3.2	INDIVIDUAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI.....	23
3.3	ANALISI IDROLOGICA .....	27
3.3.1	<i>Stima delle portate di progetto .....</i>	27
3.4	ANALISI IDROLOGICA DEI CORSI D'ACQUA MAGGIORI .....	42
3.4.1	<i>Metodologia.....</i>	42
3.5	VALUTAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PROGETTO .....	47
3.5.1	<i>Fiume Bianco .....</i>	47
3.5.2	<i>Fiume Tanagro.....</i>	51
3.5.3	<i>Canale Acqua dell'Imperatore (bacini 79, 80).....</i>	55
4	CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	59

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Lotto 1b Romagnano-Buonabitacolo. Corografia dell'intervento .....	7
Figura 2 – Estratto della mappa delle fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) del Bacino del Sele in corrispondenza del fiume Tanagro nel Vallo di Diano. ....	10
Figura 3 – Mappe pericolosità alluvione (PGRA-Appennino distretto meridionale -Anno2021).....	11
Figura 4 – Delimitazione dei bacini del lotto 1B.....	24
Figura 5 – Delimitazione dei sottobacini Fiume Tanagro. ....	26
Figura 6: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno. ....	32
Figura 7 – Rappresentazione cartografica del CN-B nell'area di studio. ....	33
Figura 8: Distribuzione tipo di uno ietogramma Chicago .....	43
Figura 9: Idrogramma Unitario SCS adimensionalizzato.....	45
Figura 10 – Fiume Bianco in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario. ....	47
Figura 11 – Fiume Bianco -Bacino.....	48
Figura 12 – Risultati Hec Hms fiume Bianco.....	49
Figura 13 – Idrogrammi di piena – fiume Bianco alla sezione dell'attraversamento ferroviario.....	49
Figura 14 – Confronto delle portate al colmo ottenute con i diversi metodi. ....	50
Figura 15 – Tracciato ferroviario (in rosso) a fianco del Fiume Tanagro nel tratto della Valle di Diano. ....	51
Figura 16 – Inquadramento Bacini del Fiume Tanagro su Ortofoto.....	52
Figura 17 – Modello idrologico del Fiume Tanagro.....	53
Figura 18 – Idrogrammi di piena Bacini Fiume Tanagro. ....	54
Figura 19 – Tracciato ferroviario (in rosso) e canale Acqua dell'Imperatore, con suddivisione in sottobacini del bacino 80. ....	55
Figura 20 – Modello idrologico del Bacino 79 e 80.....	56
Figura 21 – Idrogrammi di piena Bacini 79 e 80.....	57
Figura 22 – Confronto delle portate al colmo per il Bacino 80 ottenute con i diversi metodi. ....	58
Figura 23 – Confronto delle portate al colmo per il Bacino 79 ottenute con i diversi metodi. ....	58
<b>Figura 30 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 31 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5.....</b>	<b>61</b>

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Stazioni di pioggia considerate per le analisi statistiche.....	13
Tabella 2 – Parametri curve di possibilità pluviometrica per durate superiori a 1 ora. ....	16
Tabella 3 – Parametri curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori a 1 ora. ....	16
Tabella 4 – Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania. ....	18
Tabella 5 – Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T.....	18
Tabella 6 – Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Campania.....	18
Tabella 7 – Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le portate in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T.....	18
Tabella 8 – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche. ....	19
Tabella 9 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini del lotto 1B. ....	26
Tabella 10 – Caratteristiche geomorfologiche dei Bacini del Fiume Tanagro. ....	27
Tabella 11: Esempi di suoli ricadenti nella classificazione secondo SCS.....	32
Tabella 12 – Tempo di corrvazione.....	36
Tabella 13 – Tempo di corrvazione Bacini Fiume Tanagro. ....	36
Tabella 14 – Risultati Analisi idrologica Bacini interferenti – Metodo Razionale TR200. ....	38
Tabella 15 – Risultati Analisi idrologica Bacini Fiume Tanagro – Metodo Razionale TR200.....	38
Tabella 16 – Risultati Analisi idrologica– Metodo VAPI TR200. ....	40
Tabella 17 - Risultati Analisi idrologica Bacini Fiume Tanagro – Metodo VAPI TR200.....	40
Tabella 18 – Sintesi delle portate TR200 di riferimento considerate per le verifiche idrauliche. ....	42
Tabella 19 – Sintesi delle portate TR200 di riferimento per il modello idrologico del Fiume Tanagro. ....	42
Tabella 20 – Fattore di picco e coefficiente per la definizione della curva di esaurimento (Wanielista, et al. 1997). ....	46
Tabella 21 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena.....	48
Tabella 22 – Portata massima TR200.....	50
Tabella 23 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena.....	53

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b>  <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b></p>												
<p><b>Relazione idrologica generale</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC2A</td> <td>B1 R 09</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>B</td> <td>5 di 63</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	5 di 63
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	5 di 63								

Tabella 24 – Portate massime TR200.....54

Tabella 25 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena.....56

Tabella 26 – Portate massime TR200.....57

**Tabella 27 – Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell’area di intervento (ISPRA, 2015).**  
.....62

Tabella 28 – Lotto 1B: Potenziale incremento di portata dovuto ai cambiamenti climatici (+20%). .....63

## 1 PREMESSA

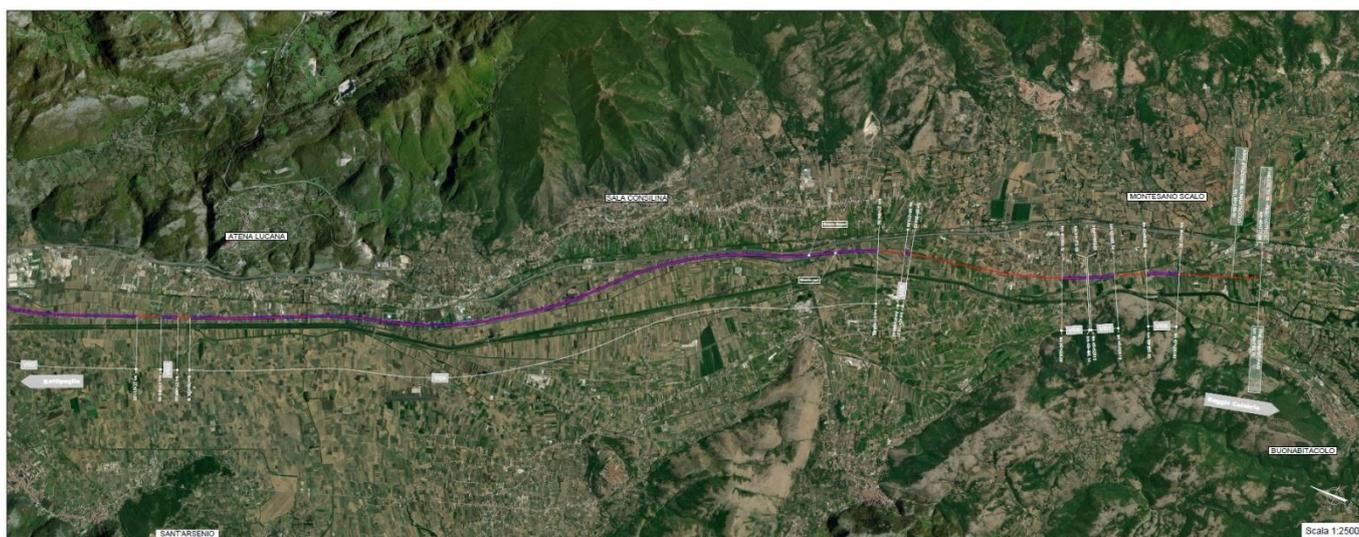
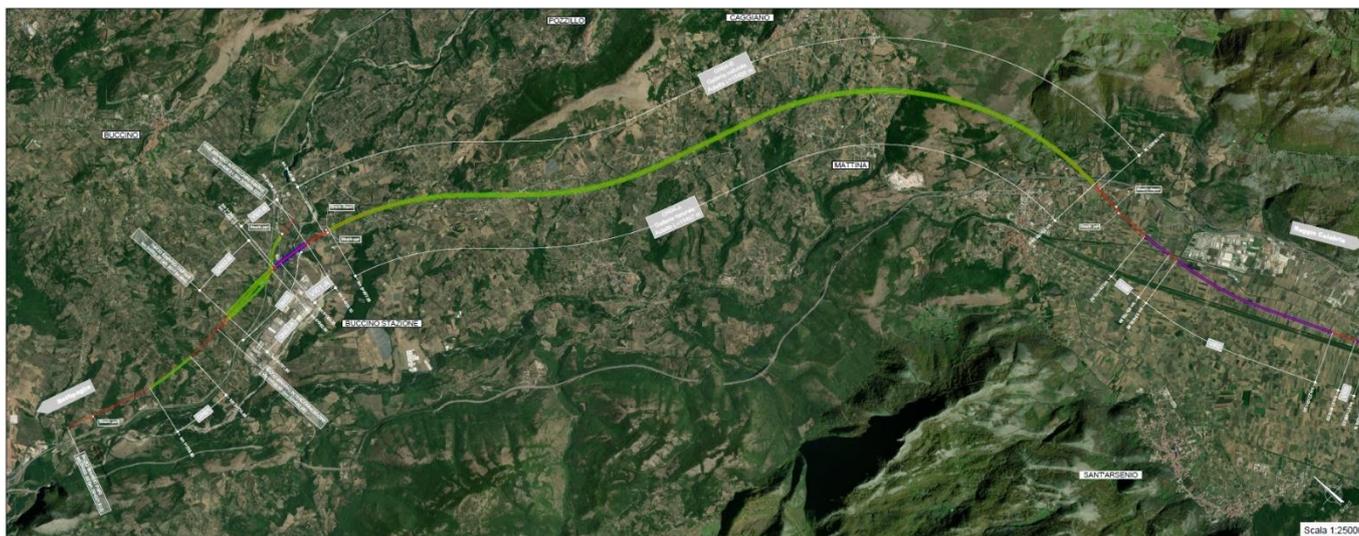
La presente relazione è parte integrante degli elaborati specialistici relativi al Progetto di fattibilità tecnica ed economica della Linea ferroviaria Salerno-Reggio Calabria.

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il **lotto 1b Romagnano – Buonabitacolo**, che integra quanto previsto nell'ambito del lotto precedente (1a Battipaglia-Romagnano) realizzando di fatto il doppio binario fino alla stazione di Buonabitacolo e completando l'interconnessione di Romagnano con il ramo relativo al binario pari.

Il tracciato del presente lotto si sviluppa in doppio binario per circa 50 km con una velocità di tracciato di 300 km/h, tranne che per il ramo dell'Interconnessione di Romagnano con innesto sulla LS Battipaglia – Potenza C.le, progettato a 100 km/h.

Dato l'assetto finale previsto nel precedente lotto, l'inizio dell'intervento è ubicato in punti diversi, iniziando il binario pari laddove nel lotto 1a era previsto il passaggio doppio/singolo binario, mentre invece il binario dispari inizia a partire dal punto in cui nell'altro lotto era presente la deviazione verso la LS Battipaglia – Potenza C.le (ramo dispari della Interconnessione di Romagnano).

Il tracciato attraversa i territori di Buccino, Auletta, Caggiano, Polla, Atena Lucana, Sala Consilina, Padula e Montesano sulla Marcellana, tutti nella Provincia di Salerno.



**Figura 1 - Lotto 1b Romagnano-Buonabitacolo. Corografia dell'intervento**

Obiettivo dello studio idrologico è la valutazione delle portate di piena dei corsi d'acqua che interferiscono con la linea ferroviaria, da adottare come valori di progetto per il dimensionamento delle nuove opere di attraversamento e delle opere di difesa e protezione idraulica del corpo ferroviario, e da assumere come valori di riferimento nell'analisi della compatibilità idraulica dell'intervento proposto.

Le portate sviluppate nelle stime sono quelle relative al colmo di piena riferite al periodo di ritorno di 200 anni, calcolate per ognuna delle sezioni del reticolo idrografico di interesse del progetto.

	<p><b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b>  <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b>  <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b></p>												
<p><b>Relazione idrologica generale</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC2A</td> <td>B1 R 09</td> <td>RI</td> <td>ID0001 001</td> <td>B</td> <td>8 di 63</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	8 di 63
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	8 di 63								

L'analisi è stata svolta attraverso:

- reperimento ed interpretazione della cartografia di base e dei modelli digitali del terreno (DTM) relativi ai bacini idrografici dei corsi d'acqua sottesi alle sezioni di attraversamento;
- reperimento di ulteriori informazioni mediante specifici sopralluoghi nei quali sono state acquisite notizie sull'idrografia della zona, sullo stato degli alvei nonché sul comportamento dell'area durante gli eventi piovosi estremi;
- perimetrazione dei bacini idrografici e studio delle loro caratteristiche morfometriche;
- raccolta ed analisi dei dati pluviometrici ed idrometrici;
- analisi idrologica e valutazione delle piene di progetto mediante applicazione di diversi metodi, tra cui quelli proposti nel V.A.P.I.

La presente relazione si articola nei seguenti Capitoli:

- il Capitolo 2 presenta un inquadramento normativo;
- il Capitolo 3 descrive lo studio idrologico, comprendente l'analisi pluviometrica e la valutazione delle portate di progetto;
- Il Capitolo 4 descrive l'Analisi idrologica svolta per i corsi d'acqua maggiori.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.1 PSAI - Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del Fiume Sele

Le diverse fasce fluviali coincidono con le aree inondabili a meno di un tirante idrico pari a 30 cm utilizzato per delimitare le fasce fluviali che risultano, pertanto, meno estese rispetto alle aree inondabili.

Nella carta delle fasce fluviali sono inoltre evidenziati le zone di pericolo e cioè:

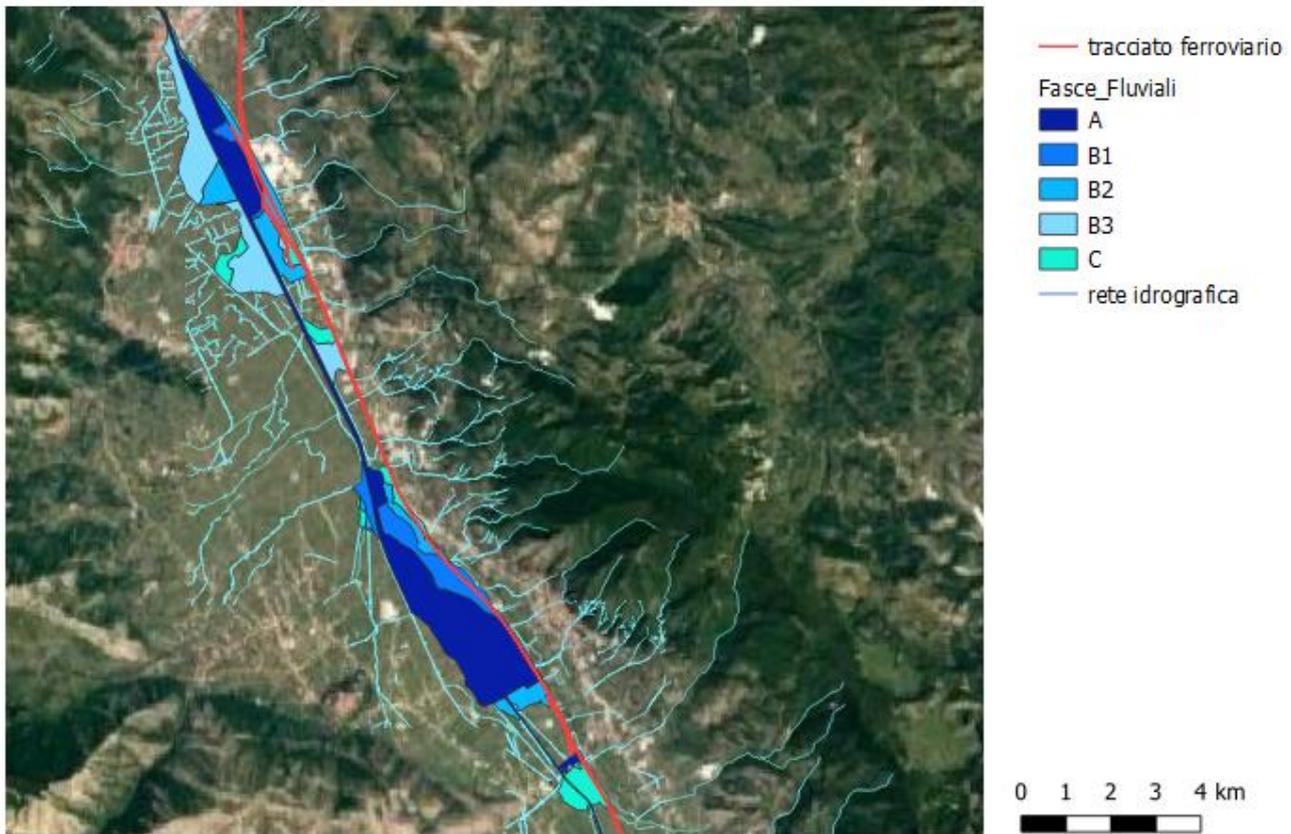
- i tronchi potenzialmente interessati dalla invasione di conoidi e quindi soggetti a rischio di ostruzione, così come richiesto con nota dell'Autorità di bacino n. 811 del 18 maggio 2009,
- i tronchi fluviali del reticolo principale fino al terzo ordine gerarchico di Horton incluso, non interessati dalla perimetrazione delle aree inondabili, per i quali è necessario sviluppare adeguate indagini di tipo idraulico in caso di nuove antropizzazioni,
- le aree del tratto focivo potenzialmente interessate da fenomeni di allagamento prodotte dalla insufficienza della rete di bonifica,
- le aree del Tanagro potenzialmente interessate da allagamento causato dall'esonazione dei canali di bonifica
- i centri abitati attraversati dal reticolo fluviale che non sono stati interessati dalla perimetrazione delle aree inondabili
- i tronchi fluviali, appartenenti al reticolo principale, che attraversano aree urbanizzate

I tempi di ritorno che definiscono le fasce fluviali sono:

- Periodo di ritorno T = 30 anni, per la perimetrazione della Fascia A;
- Periodo di ritorno T = 50 anni, per la perimetrazione della Sottofascia B1;
- Periodo di ritorno T = 100 anni, per la perimetrazione della Sottofascia B2;
- Periodo di ritorno T = 200 anni, per la perimetrazione della Sottofascia B3;
- Periodo di ritorno T = 500 anni, per la perimetrazione della Fascia C.

Le Norme di Attuazione dei PSAI (Agosto 2016) indicano all'art. 50 - Studio di compatibilità idraulica. Valutazione della Pericolosità e Rischio: *“Nei casi espressamente previsti dalle presenti norme, i progetti relativi ad interventi (opere, manufatti, infrastrutture ecc.) ricadenti in aree a pericolosità/rischio idraulico e/o da colata sono corredati da uno studio di compatibilità idraulica, contenente valutazioni e verifiche sull'ammissibilità, la natura e l'importanza qualitativa e quantitativa degli effetti di ciascun progetto sullo scenario idraulico definito negli elaborati costituenti il PSAI. [...]”*

La Figura 2 riporta un estratto delle fasce fluviali del PSAI del F. Sele in corrispondenza del Vallo di Diano.



**Figura 2 – Estratto della mappa delle fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) del Bacino del Sele in corrispondenza del fiume Tanagro nel Vallo di Diano.**

## 2.2 PGRA dell'AdB dell'Appennino Meridionale

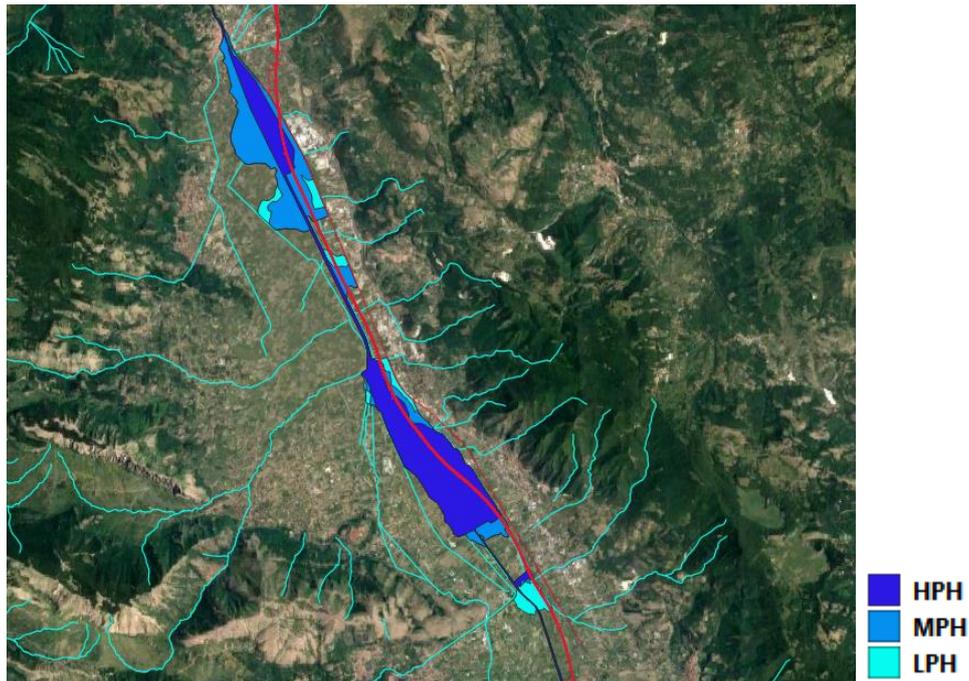
La definizione degli scenari di probabilità nel Distretto dell'Appennino Meridionale partendo dalle indicazioni fornite dal D.lgs. 49/2010, in attuazione della Dir. 2007/60/CE, tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale, pluviale, marina e da elevato trasporto solido). Per le alluvioni di origine la Direttiva Alluvioni stabilisce che le mappe di pericolosità mostrino l'area geografica che può essere inondata in corrispondenza di tre diversi scenari di probabilità:

- a) scarsa probabilità o scenari di eventi estremi
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno  $\geq 100$  anni)
- c) elevata probabilità di alluvioni

Il D.Lgs. 49/2010, attuativo della Direttiva Alluvioni, stabilisce che siano da considerarsi scenari di elevata probabilità o alluvioni frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 20 e 50 anni (HPH), mentre sono da considerarsi scenari di probabilità media o alluvioni poco frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 100 e

200 anni (MPH). Ne consegue che siano da considerarsi scenari di scarsa probabilità o scenari di eventi estremi, quelli corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 200 anni (LPH).

La Figura 3 riporta un estratto delle mappe di pericolosità del Fiume Sele in corrispondenza del Vallo di Diano.



**Figura 3 – Mappe pericolosità alluvione (PGRA-Appennino distretto meridionale -Anno2021).**

### **2.3 Norme tecniche per le costruzioni (Decreto 17 gennaio 2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti)**

All'interno dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (Decreto 17 gennaio 2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti), al punto 5.1.2.3, si definiscono gli argomenti principali dello studio di "Compatibilità idraulica" relativo ai ponti stradali. Le stesse prescrizioni si estendono poi ai ponti ferroviari, secondo il paragrafo 5.2.1.2.

Si riporta un estratto della normativa:

#### *5.1.2.3 Compatibilità Idraulica*

[...]

*Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto deve essere corredato da uno studio di compatibilità idraulica costituito da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte.*

[...]

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

#### 2.4 Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018)

Le «Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.» propongono al punto C5.1.2.3 «Compatibilità Idraulica» ulteriori prescrizioni:

[...]

*Ai fini dell'applicazione del punto 5.1.2.3 della Norma, s'intende per alveo la sezione occupata dal deflusso della portata di piena di progetto. Quest'ultima è a sua volta caratterizzata da un tempo di ritorno pari a  $Tr = 200$  anni, dovendosi intendere tale valore quale il più appropriato da scegliere, non escludendo tuttavia valori anche maggiori che devono però essere adeguatamente motivati e giustificati.*

[...]

#### 2.5 Manuale di progettazione delle opere ferroviarie (RFI DTC SI CS MA IFS 001 D)

In accordo a quanto previsto dal Manuale di Progettazione delle opere ferroviarie, ogni tipo di manufatto idraulico deve essere verificato utilizzando i seguenti tempi di ritorno  $Tr$ :

- **linea ferroviaria  $Tr = 200$  anni**
- **deviazioni stradali  $Tr = 200$  anni**

[...]

##### 3.7.2.1.2 Attraversamenti corsi d'acqua principali

[...]

*definizione di una procedura di trasferimento dei dati caratteristici di portata alle sezioni di calcolo; **per le verifiche di opere esistenti sarà utile calcolare le portate con tempo di ritorno di 30, 50, 100, 200 e 500 anni.** Per gli attraversamenti più importanti si calcolerà una portata di piena estrema, per eventuali verifiche di uno scenario di superamento della portata di progetto;*

[...]

*calcolo dei profili di piena in condizioni di moto permanente nel tronco fluviale in esame per valori di portata corrispondenti ai valori assegnati dei tempi di ritorno e definizione dei corrispondenti livelli di piena alla sezione degli attraversamenti, ante e post operam; valutazione della compatibilità idraulica delle fasi costruttive;*

[...]

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 3 STUDIO IDROLOGICO

Nell'ambito del presente progetto è stato sviluppato uno studio idrologico con lo scopo di ricavare le caratteristiche idrologiche dell'area di studio ed individuare le portate di riferimento per i corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria di progetto.

Per le analisi idrologiche sono stati considerati:

- i dati di precipitazione delle stazioni pluviometriche delle Province di Salerno, Avellino e Potenza forniti dal Centro Funzionale Multirischi della Protezione Civile Regione Campania ed analizzati con il metodo di Gumbel;
- i parametri delle analisi pluviometriche ricavati dagli studi del V.A.P.I. della Campania, della Basilicata e della Calabria;
- i parametri di regionalizzazione delle piene ricavati dal PAI Campania;
- i parametri di regionalizzazione delle piene ricavati dal VA.P.I. della Basilicata.

La scelta delle portate di riferimento si è basata su criteri cautelativi scegliendo la portata maggiore tra quelle ricavate, valutato il campo di applicazione dei diversi metodi.

I paragrafi seguenti illustrano le analisi effettuate.

#### 3.1 Analisi delle precipitazioni

##### 3.1.1 Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche della Regione Campania

Al fine di procedere all'analisi statistica delle precipitazioni intense nella zona di studio, sono state prese in esame le serie storiche di 10 stazioni, collocate nei bacini esaminati ed aventi almeno 19 anni di misurazioni. I dati forniti comprendono i valori storici dei massimi annuali corrispondenti a diverse durate di pioggia, che vanno dai 10 minuti alle 24 ore.

Nome stazione	Codice	Provincia	Numero di anni di misure
Auletta	12267	SA	27
Avigliano		PZ	19
Bagnoli Irpino	18398	AV	20
Battipaglia	17411	SA	20
Boiara	17262	AV	20
Caposele	18408	AV	20
Castelluccio	12273	SA	27
Contursi Meteo	17255	SA	20
Montesano		SA	19
Persano Sele	12247	SA	25
Senerchia	12286	AV	25
Vietri	12307	PZ	23

**Tabella 1 – Stazioni di pioggia considerate per le analisi statistiche.**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Per ciascuna stazione e per ogni durata di precipitazione è stato applicato il modello probabilistico di Gumbel. Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta  $y$ :

$$y = \alpha(x - u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri  $\alpha$  e  $u$  sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le  $N$  altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad  $N$ . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di plotting position di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha  $N+1$  in luogo di  $N$  per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \quad \Rightarrow \quad y_i = -\ln \left[ -\ln \left( \frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta  $y$  dipende solamente da  $h$  con la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri  $\alpha$  e  $u$  si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Otteniamo quindi per  $\alpha$  e  $u$  le espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Introducendo ora il concetto di tempo di ritorno,  $T_r$ , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

Grazie al metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione  $h(T_r, \tau)$  che fornisce il valore di  $h$  in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione  $h(T_r, \tau)$  la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica). L'intensità di precipitazione è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di  $h$  soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

Di seguito si riporta la tabella con i parametri delle curve di possibilità pluviometrica  $a$  ed  $n$  per i tempi di ritorno di 30, 50, 100, 200, 300 e 500 anni.

Stazione	Codice	Prov.	anni	TR30		TR50		TR100		TR200		TR300		TR500	
				a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
Auletta	12267	SA	27	47.40	0.29	51.44	0.28	56.90	0.28	62.34	0.27	65.51	0.27	69.51	0.27
Avigliano	38525	PZ	19	39.93	0.29	43.21	0.28	47.61	0.28	52	0.28	54.56	0.28	57.78	0.27
Bagnoli Irpino	18398	AV	20	54.75	0.35	59.31	0.35	65.47	0.35	71.61	0.35	75.19	0.34	79.70	0.34
Battipaglia	17411	SA	20	53.23	0.33	57.45	0.33	63.13	0.33	68.79	0.33	72.10	0.33	76.26	0.34
Boiara	17262	AV	20	54.39	0.23	59.33	0.22	65.99	0.22	72.63	0.22	76.50	0.22	81.39	0.21
Caposele	18408	AV	20	65.29	0.27	71.26	0.27	79.31	0.26	87.33	0.26	92.02	0.26	97.92	0.25
Contursi Meteo	17255	SA	20	65.28	0.29	71.24	0.29	79.28	0.28	87.30	0.28	91.97	0.28	97.87	0.28
Persano Sele	12247	SA	25	50.37	0.16	54.82	0.15	60.83	0.15	66.81	0.14	70.31	0.13	74.72	0.13
Senerchia	12286	AV	25	71.49	0.35	77.91	0.35	86.58	0.34	95.20	0.34	100.2	0.34	106.6	0.34
Vietri	12307	PZ	23	41.36	0.22	45.03	0.21	49.97	0.20	54.89	0.20	57.77	0.19	61.39	0.19
Castelluccio	12273	SA	27	53.54	0.31	58.26	0.31	64.63	0.31	70.98	0.31	74.69	0.31	79.35	0.31
Montesano	28542	SA	19	42.79	0.39	45.75	0.4	49.73	0.4	53.71	0.4	56.03	0.4	58.95	0.41

**Tabella 2 – Parametri curve di possibilità pluviometrica per durate superiori a 1 ora.**

In particolare, per le analisi idrologiche dei bacini minori del lotto 1B sono state utilizzate le stazioni di Vietri, Auletta, Avigliano, Boiara, Contursi, Castelluccio e Montesano.

Per i bacini che presentano un tempo di corrvazione inferiore all'ora è stata eseguita un'analisi di Gumbel con i valori storici dei massimi annuali corrispondenti a durate di pioggia inferiori all'ora.

Questi dati sono stati inoltre utilizzati per determinare i parametri delle curve di possibilità pluviometrica da utilizzare nelle verifiche del drenaggio di piattaforma ferroviaria e stradale.

Si riepilogano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori all'ora per i tempi di ritorno 25,100 e 200anni:

Stazione	TR25		TR100		TR200	
	n	a	n	a	n	a
Castelluccio	0.528	52.044	0.532	64.343	0.534	70.45
Montesano	0.603	53.19	64.27	0.61	69.78	0.61
Vietri	0.418	45.59	62.89	0.41	70.46	0.4

**Tabella 3 – Parametri curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori a 1 ora.**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 3.1.2 Metodo VA.PI. Regione Campania

#### 3.1.2.1 Generalità

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VA.P.I. Campania attraverso una metodologia di analisi regionale delle informazioni idrologiche, che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche, con un approccio di tipo probabilistico, che associa ad ogni valore della variabile idrologica di riferimento una probabilità che si verifichino eventi con valori superiori. La valutazione della massima portata di piena in una data sezione della rete idrografica viene quindi effettuata in un contesto probabilistico, riferendosi ad un assegnato rischio di superamento in N anni, o al periodo di ritorno di T anni. Per cui non esiste un massimo assoluto della variabile di interesse, ma ad ogni suo valore viene associata una probabilità di superamento in un anno e, quindi un periodo di ritorno, T, inteso come numero medio di anni fra due superamenti successivi della variabile idrologica di interesse.

La metodologia probabilistica adottata nel rapporto VA.P.I. è basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente TCEV (Two Component Extreme Value), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una combinazione di due popolazioni distinte, di cui la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma più intensi.

I diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, attraverso una procedura di regionalizzazione gerarchica, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena  $Q_T$  corrispondente al prefissato periodo di ritorno T, può essere valutata come:

$$Q_T = K_T m(Q)$$

dove:

- $m(Q)$  = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice);
- $K_T$  = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra  $Q_T$  e la piena indice.

La legge di variazione di  $K_T$  con T si indica come legge di crescita con il periodo di ritorno.

Per quanto attiene alla valutazione del fattore probabilistico di crescita, il rapporto VA.P.I. propone la formulazione riportata al paragrafo che segue. Per la valutazione di  $m(Q)$ , vengono invece indicate quattro differenti metodologie, due di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di tipo indiretto (la formula razionale e il modello geomorfoclimatico) in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 3.1.2.2 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il tempo di ritorno

#### *Pluviometria*

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita KT:

$$T = \frac{1}{1-F_K(k)} = \frac{1}{1-\exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\Theta^*}} e^{-\eta k \theta^*})} \quad (1)$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in Tabella 4.

Piogge	$\Theta^*=2.536$	$\Lambda^*=0.224$	$\Lambda_1=37$	$\eta=4.909$
--------	------------------	-------------------	----------------	--------------

**Tabella 4 – Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania.**

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della formula precedente per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita KT. Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tabella 5, i valori di KT ottenuti numericamente dalla (1) per alcuni valori del periodo di ritorno.

<b>T (anni)</b>	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
<b>KT (piogge)</b>	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.17	3.53

**Tabella 5 – Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T.**

#### *Idrometria - Portate istantanee al colmo di piena*

In riferimento alla (1), i parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in Tabella 6. Si riportano di seguito, nella Tabella 7, i valori di KT per alcuni valori del periodo di ritorno.

Portate	$\Theta^*=2.634$	$\Lambda^*=0.350$	$\Lambda_1=13$	$\eta=3.901$
---------	------------------	-------------------	----------------	--------------

**Tabella 6 – Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Campania.**

<b>T (anni)</b>	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
<b>KT (portate)</b>	0.87	1.29	1.63	2.03	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

**Tabella 7 – Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le portate in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T.**

### 3.1.2.3 Stima del valor medio - Leggi di probabilità pluviometrica

#### Piogge puntuali

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata  $d$ ,  $\mu[I(d)]$ , con la durata stessa.

Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola, devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per  $d$  che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea.

Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$\mu[I(d)] = \mu[I_0] / (1+d/d_c)^\beta$$

in cui  $d$  e  $d_c$  vanno espressi in ore,  $\mu[I_0]$  e  $\mu[I(d)]$  in mm/ora e vale:

$$\beta = C - D Z$$

I parametri delle formule sopra riportate sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee e sono riportati nella seguente Tabella 8.

Area omogenea	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D * 10^5$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.7	0.0976	0.736	8.73
4	78.61	0.3846	0.81	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.8
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476
7	83.75	0.3312	0.7031	7.7381



**Tabella 8 – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche.**

#### Piogge areali

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando la pioggia puntuale per il fattore di riduzione areale  $K_A$ :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$$

dove  $A$  è l'area del bacino, espressa in km<sup>2</sup>,  $d$  la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

- $c1 = 0.0021$
- $c2 = 0.53$
- $c3 = 0.25$

### 3.1.2.4 Formulazioni per il calcolo della portata indicate nel VA.P.I. Campania

Nel caso frequente in cui i dati di pioggia registrati nelle stazioni presenti nell'area di studio dovessero essere insufficienti per un'analisi statistica, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi introdotti nel rapporto VA.P.I.

#### Regressione empirica:

Tra le diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino, per le sue prestazioni statistiche, il rapporto VA.P.I. propone la seguente relazione:

$$\mu(Q) = a A_{rid}^b$$

in cui con  $A_{rid}$  si intende l'area del bacino ridotta delle sue parti carbonatiche con copertura boschiva, espressa in  $km^2$ , mentre  $\mu(Q)$  è in  $m^3/s$ , ed i parametri valgono

- $a = 3.2160$
- $b = 0.7154$

#### Modelli concettuali:

L'area interessata è stata suddivisa in tre tipologie idrogeomorfologiche:

- A1, la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco
- A2, la superficie non carbonatica del bacino;
- A3, la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva

in ognuna delle quali vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piena media annua utilizzando due diversi modelli concettuali, i cui risultati sono nel seguito sintetizzati:

#### 1) Formula razionale

Il modello razionale ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole. In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$\mu(Q) = C * K_A(tr) \mu[I(tr)] A / 3.6$$

in cui i parametri del modello, cioè il coefficiente di piena  $C^*$  ed il tempo di ritardo del bacino,  $t_r$ , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C_f = C_{f1} \left( \frac{A1}{A} \right) + C_{f2} \left( \frac{A2}{A} \right)$$

$$t_r = \frac{C_{f1} A_1}{C_f A} \frac{1,25}{3,6c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} A_2}{C_f A} \frac{1,25}{3,6c_2} \sqrt{A_2}$$

dove le aree sono espresse in km<sup>2</sup>,  $t_r$  in ore,  $[I(tr)]$  in mm/ora ed  $(Q)$  in m<sup>3</sup>/s e

- $C^*_1 = 0.29$
- $C^*_2 = 0.36$
- $c_1 = 0.23$  m/s
- $c_2 = 1.87$  m/s

## 2) Modello geomorfoclimatico

Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico ed è rappresentato dalla seguente espressione:

$$\mu(Q) = C_f S(d^*) K_A(d^*) \mu[I(d^*)] A$$

in cui

- $d^*$  è la durata critica delle precipitazioni sul bacino che dipende in maniera complessa sia dalle caratteristiche geomorfologiche della risposta del bacino, sia dalle caratteristiche climatiche delle precipitazioni intense sul bacino stesso: in particolare, dipende dal tempo di ritardo del bacino,  $t_r$ ;
- $C_f$  è il coefficiente di afflusso di piena del bacino, che tiene conto della trasformazione della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini dei deflussi superficiali di piena: le perdite sono essenzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare;
- $S(d^*)$  è il coefficiente di attenuazione della portata al colmo di piena, che tiene conto delle attenuazioni indotte sul picco di piena dalla propagazione e laminazione dell'onda all'interno del reticolo dei canali.

La stessa espressione può anche essere riscritta come:

$$\mu(Q) = C_f q K_A(tr) \mu[I(tr)] A / 3.6$$

in cui  $q$  è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello, ma che può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.6 \text{ se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta \frac{t_r}{d_c}}{1 + \frac{t_r}{d_c}} \leq 0.45 \\ 0.65 \text{ se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta \frac{t_r}{d_c}}{1 + \frac{t_r}{d_c}} \leq 0.65 \end{cases}$$

in cui  $b$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, mentre  $k_1$  è un coefficiente numerico pari a:

$$k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

se le aree sono in  $\text{km}^2$ , le durate sono in ore e le intensità di pioggia in  $\text{mm/ora}$ .

La piena media annua viene calcolata noti i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, l'area del bacino ed i valori dei parametri della risposta del bacino, che sono il coefficiente di afflusso  $C_f$  ed il tempo di ritardo  $t_r$  del bacino, valutabili attraverso le seguenti espressioni:

$$C_f = C_{f1} \left( \frac{A_1}{A} \right) + C_{f2} \left( \frac{A_2}{A} \right)$$

$$t_r = \frac{C_{f1} A_1}{C_f A} \frac{1,25}{3,6c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} A_2}{C_f A} \frac{1,25}{3,6c_2} \sqrt{A_2}$$

in cui:

- $C_{f1} = 0.42$
- $C_{f2} = 0.56$
- $c_1 = 0.23 \text{ m/s}$
- $c_2 = 1.87 \text{ m/s}$

### 3.1.2.5 Stima del valor medio - Norme di attuazione dei PSAI dei bacini in destra e sinistra Sele (Agosto 2016)

Le norme di attuazione dei PSAI relativi ai bacini idrografici regionali in destra e sinistra Sele ed interregionale del Fiume Sele indicano di valutare l'ordine di grandezza della media dei massimi annuali della portata istantanea,  $\mu(Q)$ , attraverso la relazione:

$$\mu(Q) = 6.3511 \cdot [(1-pp) \cdot S]^{0.6387}$$

dove la portata  $\mu(Q)$  è espressa in  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $pp$  rappresenta la percentuale di area permeabile ricadente nel bacino ed  $S$  rappresenta l'area complessiva del bacino sotteso dalla sezione di interesse (espressa in  $\text{km}^2$ ).

Il valore  $Q_T$  del massimo annuale della portata istantanea corrispondente al periodo di ritorno  $T$  è pari al prodotto:

$$Q_T = \eta \cdot (\mu Q K_T)$$

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

all'interno del quale  $K_T$  è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno T, il cui valore è riportato nella precedente Tabella 7.

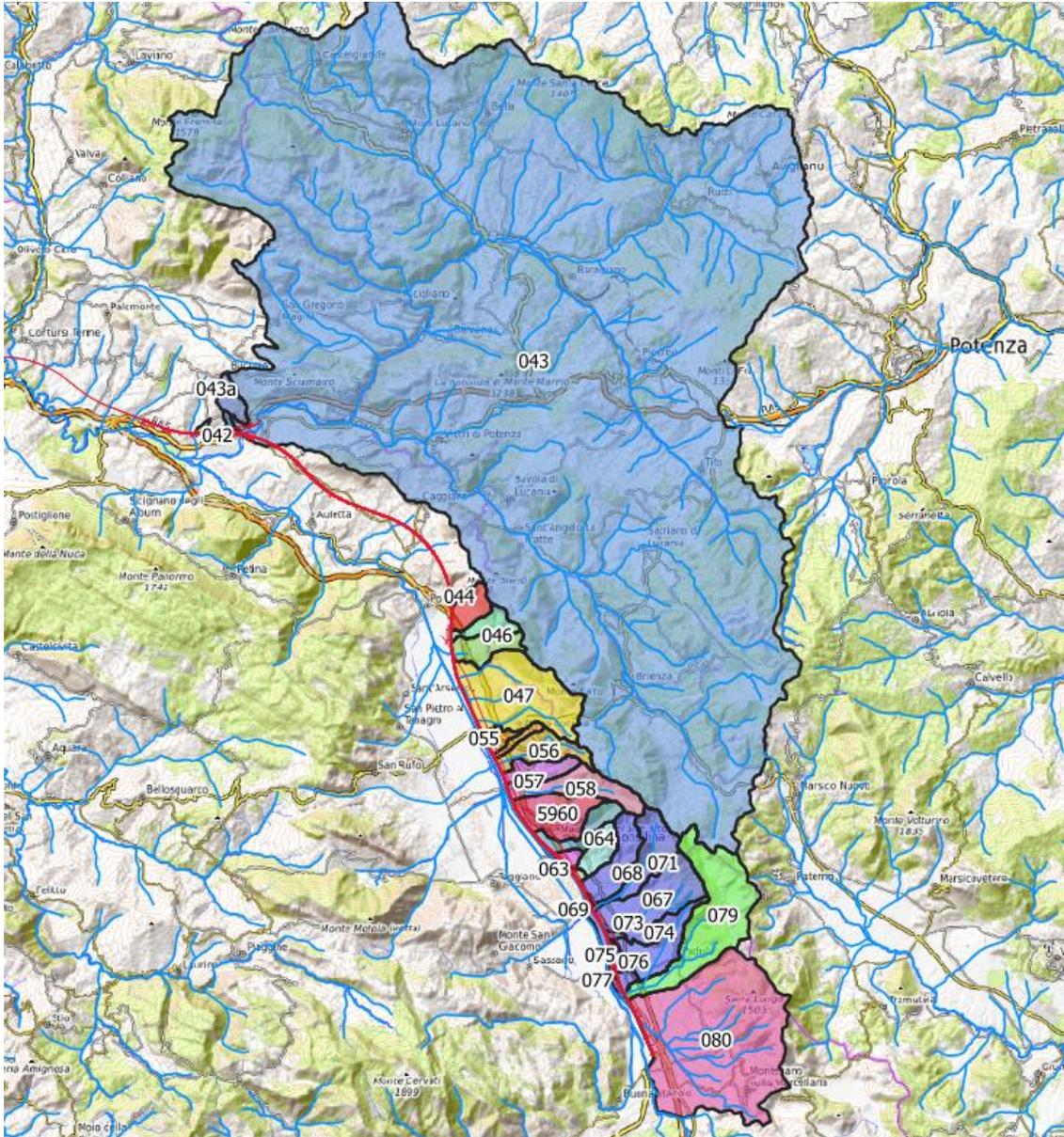
### 3.2 Individuazione e caratterizzazione dei bacini

La delimitazione dei bacini corrispondenti ai singoli attraversamenti è stata effettuata a partire dai punti d'intersezione tra la linea ferroviaria in oggetto di intervento e i corsi d'acqua presenti nella zona. I bacini così definiti sono stati denominati mediante un ID e la progressiva chilometrica dell'attraversamento a cui corrispondono.

Per ricostruire la rete idrografica e individuare i limiti dei bacini, delineati a partire dalle sezioni di interesse, è stato utilizzato, dove presente, il modello digitale del terreno alla risoluzione di 1 m fornito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Nelle zone in cui il DTM a risoluzione 1 m non era disponibile è stato utilizzato il modello digitale del terreno di risoluzione pari a 10 m disponibile presso l'INGV (Tinitaly - Download area - ingv.it).

Una volta delineati i bacini, è stato possibile individuarne le principali caratteristiche morfologiche, fisiche ed idrologiche.

La seguente Figura 4 rappresenta i bacini del Lotto 1B, la cui corografia è riportata anche negli elaborati grafici dedicati.



**Figura 4 – Delimitazione dei bacini del lotto 1B.**

Mediante analisi spaziali sono state calcolate le seguenti caratteristiche:

- area del bacino;
- lunghezza dell'asta idrografica principale;
- quota massima dell'asta principale (H<sub>top river</sub>);
- quota del bacino alla sezione di chiusura (H<sub>0</sub>);
- quota media del bacino (H<sub>medio</sub>);
- pendenza media dell'asta idrografica principale.

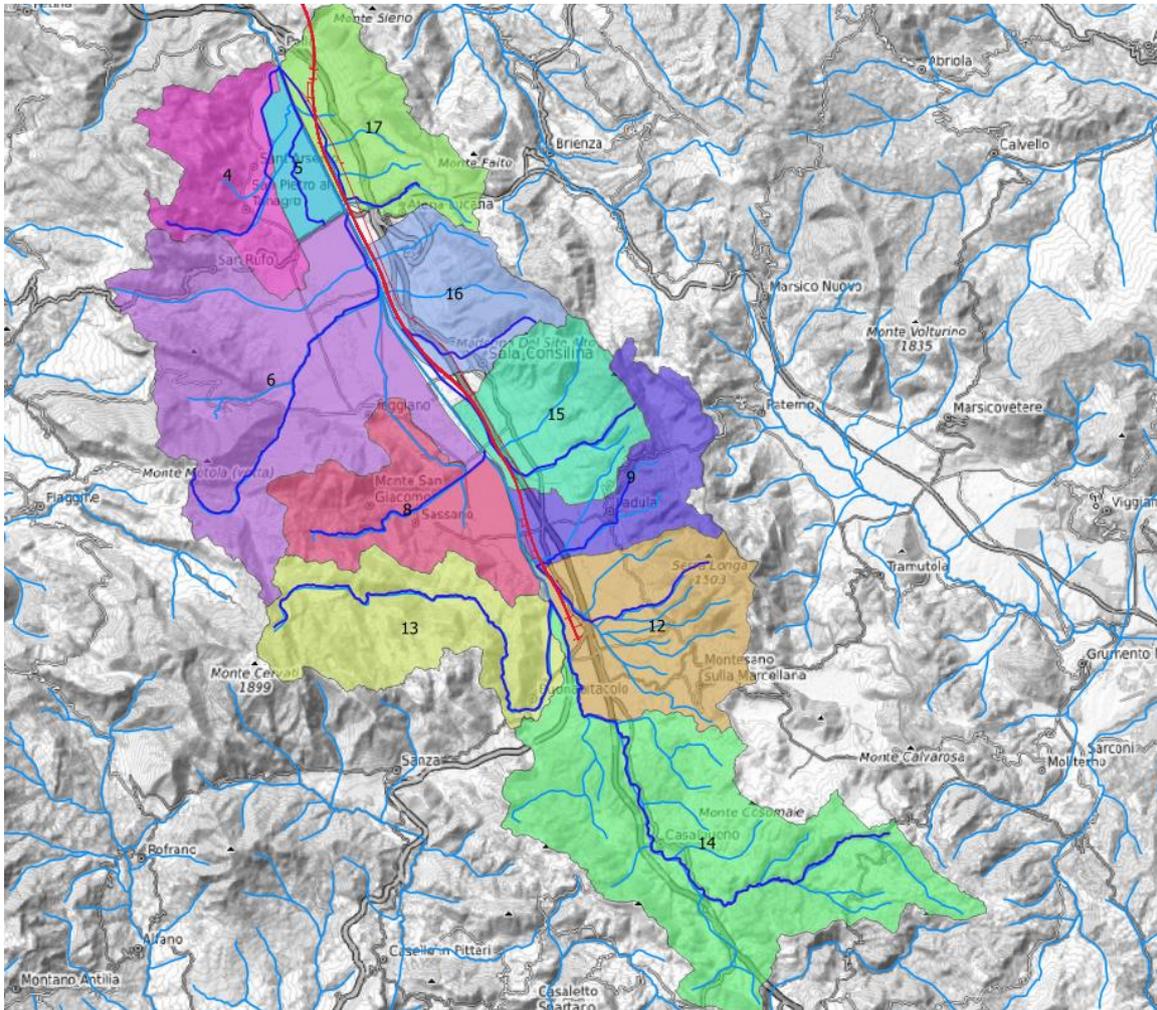
Le caratteristiche topografiche sono riportate nella seguente Tabella 9. I codici identificativi (ID) dei bacini proseguono la numerazione adottata nell'analisi svolta per il Lotto 1A.

ID	P.k.	Area bacino [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza asta principale [km]	H0 [m s.m.m.]	Htop [m s.m.m.]	Pendenza media dell'asta [m/m]	Pendenza media del bacino [%]	H media bacino [m s.m.m.]
42	5+095	0.52	1.32	172.85	515.00	0.26	16.85	268.33
43	5+579	914.00	57	120.00	1400.00	0.02	29.94	771.26
44	22+369-22+511	3.74	3.21	445.27	1144.00	0.22	35.55	745.30
45	22+793-23+084	3.15	3.94	444.65	1133.00	0.17	33.42	813.00
46	23+953	4.88	4.6	441.84	1164.00	0.16	25.12	681.48
47	24+125	22.90	9.837	442.02	920.80	0.05	24.16	713.03
55a	28+703	1.15	3.69	445.82	587.09	0.04	19.33	572.77
55b	30+063	1.21	3.69	445.82	587.09	0.04	19.33	572.77
56	30+265	5.88	6.033	448.60	1040.00	0.10	26.37	766.90
57	31+256	3.68	3.91	447.22	1026.00	0.15	27.08	687.55
58	31+825	8.09	6.31	450.65	1221.00	0.12	34.53	963.71
59	33+715	1.76	2.315	450.07	812.00	0.16	14.91	543.82
60a	27+749	4.16	4.4	448.00	1018.00	0.13	39.02	745.66
60b	28+825	2.20	2.1	449.00	744.00	0.14	30.00	745.66
61	35+055	0.39	0.55	449.44	461.00	0.02	5.49	462.87
62	31+260	3.25	4.93	449.83	1353.00	0.18	49.54	1028.08
63	36+378	0.80	0.96	450.01	457.80	0.01	5.04	461.72
64	37+498	3.80	4	450.72	1303.00	0.21	42.63	797.44
65	37+899	0.37	0.679	451.22	459.00	0.01	1.64	455.68
67 parallelo	-	42.12	7	452.26	1232.00	0.11	24.13	740.60
68	38+960	7.26	5.7	452.26	626.00	0.03	30.14	773.00
69	39+273	0.09	0.546	454.57	457.00	0.00	1.05	456.71
70	39+678	0.07	0.34	456.53	458.00	0.00	0.85	456.85
71	39+930	8.00	7.28	457.44	1114.00	0.09	37.02	952.92
72	40+446	14.25	7.388	455.40	1239.00	0.11	25.21	764.11
73	41+308	0.48	1.03	459.15	463.00	0.00	0.70	461.59
74	42+059	7.79	6.5	460.40	950.00	0.08	17.54	619.56
75	42+210	0.10	0.33	458.76	462.00	0.01	1.33	460.45
76	42+505	1.37	1.162	459.93	464.00	0.00	1.53	469.13
77	42+886	0.29	0.812	462.52	464.00	0.00	1.38	465.12
78	43+960-44+218	0.95	0.48	465.42	472.00	0.01	1.88	473.81
79	45+242	23.31	8.054	467.23	1065.00	0.07	30.21	984.79
80 (totale)	45+706	56.19	7	467.17	1389.70	0.13	23.66	779.03

80a	-	5.88	5	474.19	561.47	0.02	2.58	492.72
80b	-	39.04	7	474.01	1502.28	0.15	26.83	813.28
80c	-	7.57	7.5	468.43	1495.96	0.14	22.05	768.68
80d	-	5.63	8	467.40	1478.36	0.13	31.69	870.81

**Tabella 9 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini del lotto 1B.**

Tra i il km 26+100 e il km 46+000 il tracciato si sviluppa parallelo al Fiume Tanagro e ricade all'interno delle fasce di pericolosità idraulica del Fiume stesso. Le verifiche idrauliche dei viadotti e rilevati in progetto sono quindi influenzati dai livelli idrici e velocità del Fiume Tanagro. Il modello idrologico del Bacino chiuso a Polla considera il contributo di 11 sottobacini (Figura 5) le cui caratteristiche geomorfologiche sono riportate nella seguente tabella.



**Figura 5 – Delimitazione dei sottobacini Fiume Tanagro.**

ID	Area bacino [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza asta principale [km]	H0 [m s.m.m.]	Htop [m s.m.m.]	Pendenza media dell'asta [m/m]	Pendenza media del bacino [%]	H media bacino [m s.m.m.]
Tanagro4	37.41	11.20	442.06	1318.00	0.08	32.18	766.53
Tanagro5	11.50	5.50	439.06	448.10	0.00	0.43	443.73
Tanagro6	113.38	19.00	443.02	1493.00	0.06	29.70	798.52
Tanagro8	46.82	9.80	450.12	880.00	0.04	27.95	708.27
Tanagro9	34.20	8.10	458.01	1065.00	0.07	26.37	886.48
Tanagro12	56.19	7.00	467.17	1389.70	0.13	23.66	779.03
Tanagro13	57.37	23.70	471.98	1423.00	0.04	35.30	949.24
Tanagro14	123.50	28.50	472.66	1402.71	0.03	32.04	794.38
Tanagro15	40.08	10	450.00	1239.00	0.08	30.58	808.49
Tanagro16	34.16	10.00	447.00	1353.00	0.09	29.71	774.02
Tanagro17	40.63	15.00	442.01	920.80	0.03	25.20	702.16

**Tabella 10 – Caratteristiche geomorfologiche dei Bacini del Fiume Tanagro.**

### 3.3 Analisi idrologica

Lo studio per la stima delle portate idrologiche in corrispondenza degli attraversamenti esistenti si è basato sulle seguenti fasi:

- definizione dei bacini corrispondenti ai singoli attraversamenti;
- ricostruzione delle caratteristiche morfologiche, fisiche e idrologiche dei bacini, effettuata in ambiente GIS;
- analisi pluviometrica;
- calcolo delle portate di riferimento per la verifica idraulica.

Per i bacini del Fiume Bianco (42), Fiume Tanagro (parallelo alla linea ferroviaria) e Canale dell'Imperatore (bacini 79-80) sono stati inoltre sviluppati modelli idrologici per il calcolo degli idrogrammi di piena da inserire come input nei modelli Bidimensionali ( Par.3.4) .

#### 3.3.1 Stima delle portate di progetto

Il calcolo delle portate di colmo è stato effettuato utilizzando il metodo razionale, dove le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSP) derivanti dall'elaborazione statistica dei dati di pioggia registrati presso le stazioni di misura considerate ed utilizzando i metodi suggeriti dal VA.PI. delle diverse regioni.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 3.3.1.1 Metodo cinematico o razionale

Uno dei più comuni metodi per il calcolo della portata di piena è il metodo razionale. La relazione che esprime la portata di piena in funzione del tempo di ritorno, per mezzo della pioggia critica, e delle caratteristiche del bacino è:

$$Q_{max} = \frac{\varphi S h}{3.6 t_c}$$

In cui:

- $Q_{max}$  è la portata di piena espressa in m<sup>3</sup>/s;
- $\varphi$  è il coefficiente di deflusso;
- $S$  è la superficie del bacino, espressa in km<sup>2</sup>;
- $h$  è l'altezza di pioggia critica in mm;
- $t_c$  è il tempo di corrivazione del bacino in ore.

#### 3.3.1.1.1 Definizione del tempo di corrivazione

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.

In letteratura esistono diverse formulazioni che permettono di stimare il valore del tempo di corrivazione sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.

Per il presente studio sono state considerate le formulazioni di Giandotti, Pasini, Pezzoli, Ventura, Chow, Kerby e Kirpich, utilizzate in base al campo di applicabilità e perlopiù dipendenti dalle dimensioni dell'area del bacino.

Di seguito si riportano le relazioni più comunemente utilizzate:

**Giandotti** (1934): è una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo che tiene conto della morfologia del bacino ed è valida per superfici variabili fra 170 e 70'000 km<sup>2</sup>:

$$t_c = \frac{(4 \sqrt{S} + 1.5 L)}{0.8 \sqrt{(H_m - H_0)}}$$

dove

A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km<sup>2</sup>];

L = lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua principale [km];

$H_m$  = quota media del bacino [m s.m.m.];

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

$H_0$  = quota della sezione di chiusura [m s.m.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 bacini.

**Kirpich:** la formula valuta il tempo di corrivazione in base al rapporto tra la lunghezza dell'asta principale (dalla sezione di chiusura al punto più elevato) e la sua pendenza media. Tale metodo ben si adatta a bacini di modesta estensione (qualche chilometro quadrato) e, come nei bacini in esame, con pendenze elevate del corso d'acqua.

$$t_c = 0.0195 k \left( \frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0.77}$$

dove  $k$  è il coefficiente di riduzione legato all'uso del suolo (1.0 per suolo nudo, 2.0 per suolo inerbito). Nel caso dei bacini oggetto di questo studio è stato utilizzato un coefficiente di riduzione pari a 2.

**Pezzoli:** ha proposto una formula del tempo di corrivazione dedotta sulla base di misure relative ad alcuni piccoli bacini piemontesi.

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

**Watt e Chow:** ha riconosciuta l'applicabilità della formula del tempo di ritardo proposta insieme a Watt, ottenuta utilizzando i dati relativi a 44 bacini americani e canadesi di area compresa tra 0.01 e 5840 km<sup>2</sup> e caratterizzati da valori della pendenza  $i_a$  variabili tra 0.00121 e 0.0978,

$$t_L = a \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^b$$

$$t_c = \frac{t_L}{0.6}$$

in cui  $t_L$  è espresso in ore,  $L$  è la lunghezza dell'asta principale espressa in m, e le costanti  $a$  e  $b$  assumono rispettivamente il valore 0.000326 e 0.79.

**Chow** ha proposto anche la stessa formula analizzando i dati relativi a 20 piccoli bacini americani di superficie variabile tra 0.012 e 18.5 km<sup>2</sup> con  $a = 0.00116$  e  $b = 0.64$ .

**Kirpich:** ha proposto una correlazione, in forma grafica, tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $L/\sqrt{i_a}$ , utilizzando i dati di sei piccoli bacini americani di area compresa tra 0.0051 e 0.433 km<sup>2</sup>:

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

In cui  $t_c$  è espresso in ore e  $L$  è la lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque, espressa in metri e  $i_a$  la sua pendenza (m/m).

**Pasini:** Considerando la pendenza, la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino in km e la superficie in  $\text{km}^2$ , Pasini esprime il tempo di corrivazione come:

$$t_c = 0.108 \frac{(\sqrt[3]{S L})}{\sqrt{i_a}}$$

La formula di Pasini è stata sviluppata per bacini inferiori a  $40\text{km}^2$ .

**Ventura** (per bacini inferiori a  $40\text{km}^2$ ): Considerando la pendenza  $i_a$  e la superficie in  $\text{km}^2$ , Ventura esprime invece il tempo di corrivazione come:

$$t_c = 0.1272 \sqrt{\frac{S}{i_a}}$$

In questo progetto per superfici dei bacini maggiori di  $1\text{km}^2$  è stata utilizzata la formula di Giadotti; per bacini con superficie compresa tra 1.5 e 10 il  $t_c$  è stato calcolato come media dei risultati ottenuti con i metodi di Pasini, Pezzoli, Chow e Ventura; per bacini con superficie maggiore di  $1.5\text{km}^2$  il  $t_c$  è stato calcolato come media dei risultati ottenuti con i metodi di Choiw, Kerby e Kirpich.

L'**altezza di pioggia critica** si deduce dalla LSPP di assegnato tempo di ritorno  $T_r$ , ponendo  $t=t_c$ . In quest'istante, infatti, la pioggia possiede la durata minima tale per cui tutto il bacino contribuisce alla formazione del deflusso e l'intensità maggiore, poiché al crescere della durata la precipitazione diviene sempre meno intensa.

### 3.3.1.1.2 Metodo SCS del CN – separazione afflussi/deflussi

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo SCS del Curve Number (CN).

Il metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS, 1972) è basato sull'assunzione che all'inizio dell'evento pluviometrico parte del volume piovuto, indicato nel seguito come  $V_0$ , sia necessario a saturare il terreno e quindi non contribuisca alla formazione del deflusso superficiale. Quando il volume cumulato della precipitazione caduta eccede tale volume  $V_0$ , ha inizio il processo di ruscellamento superficiale, secondo un paradigma di tipo hortoniano. Per queste assunzioni, il metodo SCS può essere ritenuto un metodo di tipo misto dunniano-hortoniano in quanto considera sia un volume iniziale di saturazione sia un limite alla capacità di infiltrazione del terreno.

Il valore  $V_0$  sintetizza la condizione del bacino negli istanti precedenti l'evento pluviometrico ed è definita in accordo con l'altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni antecedenti l'evento considerato, condizione usualmente indicata con l'acronimo inglese AMC (Antecedent Moisture Content). La condizione del terreno del bacino può essere classificata come inizialmente asciutta, (AMC-I), caratterizzata da una condizione di umidità intermedia

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

(AMC-II), oppure prossima alla saturazione a causa di un evento pluviometrico accaduto in precedenza (AMC-III). Di conseguenza, lo stato del terreno caratterizzato da una condizione AMC-I sarà quella che potenzialmente genererà il contributo al ruscellamento superficiale più contenuto, mentre la condizione AMC-III il più elevato.

L'equazione proposta dal SCS definisce il ruscellamento superficiale come:

$$P_e = \frac{(P - V_0)^2}{(P + S - V_0)}$$

in cui:

$P_e$ : altezza di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale (in mm) all'istante temporale  $t$ ;

$P$ : altezza di precipitazione (in mm) piovuta sino all'istante  $t$ ;

$(P - V_0)$ : Pioggia netta (mm):

$S$ : massima ritenzione potenziale del terreno, calcolata mediante la relazione:

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

dove CN è il coefficiente di ruscellamento, denominato Curve Number, che dipende dalla tipologia di terreno, dall'uso del suolo e dal contenuto di umidità del terreno.

Il Soil Conservation Service, ed altri autori, forniscono valori empirici di CN a seconda delle caratteristiche idrogeologiche del tipo di suolo, dell'uso del suolo congiuntamente alle pratiche agricole o ai trattamenti dei terreni e della condizione di umidità iniziale (condizioni I, II, o III). La Figura 6 riporta i valori di CN per diverse tipologie di uso del suolo, trattamento, condizione idrologica e caratteristiche idrogeologiche. Queste ultime sono specificate suddividendo i terreni in quattro gruppi (A, B, C e D) in dipendenza dalla loro capacità di infiltrazione (Tabella 11).

Tipo di copertura o uso del suolo	A	B	C	D
Terreno coltivato, senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato, con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni (prati tagliati)	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati su terreno sottile, con sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati con sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni, con almeno il 75% di superficie coperta da manto erboso	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con circa 50% di superficie coperta da manto erboso	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali con impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali con impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade bianche (non asfaltate)	72	82	87	89

**Figura 6: Valori di Curve Number per diverse tipologie di uso del suolo, condizione idrologica e gruppo di terreno.**

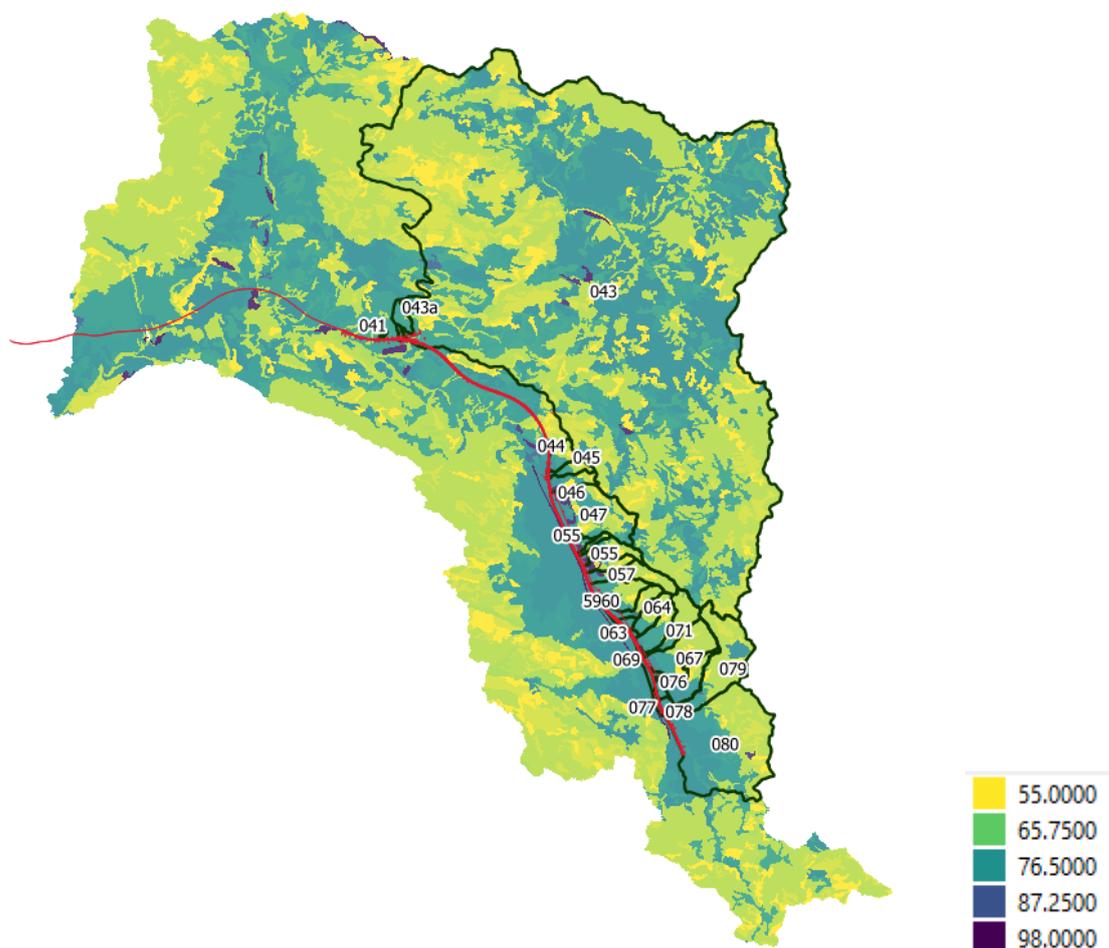
Tipo di suolo	Descrizione
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso Comprende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde e molto permeabili.
<b>B</b>	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno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

**Tabella 11: Esempi di suoli ricadenti nella classificazione secondo SCS.**

Tipicamente possono verificarsi numerose combinazioni di tipo d'uso del suolo e caratteristiche geo-pedologiche del terreno. Il modo più immediato per determinare il CN è stimare ciascun gruppo idrologico come percentuale dell'area totale di drenaggio. Gli usi del suolo dovranno quindi essere calcolati a loro volta come percentuale dell'area totale

di drenaggio e tabulati assieme ai corrispondenti valori di CN. Infine, moltiplicando i valori di CN per le corrispondenti percentuali e sommando per tutti i diversi complessi di uso del suolo si determina il CN medio.

Il Curve Number è stato calcolato sulla base della mappa di uso del suolo e assumendo una classe di permeabilità B Figura 7.



**Figura 7 – Rappresentazione cartografica del CN-B nell'area di studio.**

La pioggia netta viene definita come la differenza tra l'altezza di pioggia e le perdite iniziali ( $I_a$ ):

$$P_n = h_{netta} - I_a$$

assumendo  $I_a=0.05 S$ , essendo  $S$  la capacità idrica massima del suolo.

Per stimare il parametro  $I_a$  (Initial Abstraction), che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto a priori al bilancio idrico, dati sperimentali (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972) indicano che questo parametro è sempre proporzionale alla massima ritenzione potenziale del terreno ( $S$ ) e può essere calcolato quindi come  $c \cdot S$  con  $c$  compreso tra 0.05 e 0.2. In via cautelativa è stato considerato un valore pari a 0.05.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

L'equazione per il calcolo della pioggia efficace è definita come:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

dove  $P_n$  è la pioggia netta e S la capacità idrica massima del suolo.

Il coefficiente di deflusso  $\varphi$  è dunque pari al rapporto tra la pioggia efficace ( $P_e$ ) e la pioggia totale ( $h_{netta}$ ):

$$\varphi = \frac{P_e}{h_{netta}}$$

Il valore minimo del coefficiente di deflusso considerato in questo progetto è pari a 0.3;

### 3.3.1.2 Risultati ottenuti

La portata di progetto per la verifica delle opere, avente un tempo di ritorno pari a 200 anni, è stata calcolata con i diversi metodi illustrati ai paragrafi precedenti.

Per ciascun bacino:

- sono stati calcolati il tempo di corrivazione mediante le diverse formule di letteratura e indicate nel V.A.P.I. da applicare a seconda del metodo di calcolo della portata adottato;
- sono stati identificati la stazione pluviometrica di riferimento ed i parametri della curva di possibilità pluviometrica calcolata;
- sono stati ricavati i valori delle precipitazioni con il Metodo V.A.P.I.;
- sono stati calcolati i valori di piena mediante i diversi metodi: cinematico, metodi VA.P.I. empirico, razionale, geomorfologico;
- sono stati calcolati i valori di piena mediante le diverse formule di regionalizzazione disponibili per le diverse Regioni;
- è stato fatto un confronto e analisi critica dei risultati ottenuti per selezionare le portate di riferimento.

### 3.3.1.2.1 Risultati ottenuti Metodo Razionale – Stazioni pluviometriche

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dell'analisi idrologica eseguita con il metodo razionale:

ID	Progr.	Area bacino	$t_c$ Giandotti	$t_c$ Pasini	$t_c$ Pezzoli	$t_c$ Ventura	$t_c$ Chow	$t_c$ Kerby	$t_c$ Kirpich	$t_c$ medio
		[km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
42	5+095	0.52	-	0.187	0.143	0.180	0.098	-	0.276	0.19
43	5+579	914	10.111	-	-	-	25.529	-	12.873	10.11
44	22+369-22+511	3.74	-	0.530	0.378	0.527	0.366	-	0.586	0.45
45	22+793-23+084	3.15	-	0.598	0.518	0.540	0.351	-	0.747	0.50
46	23+953	4.88	-	0.769	0.639	0.709	0.481	-	0.877	0.65
47	24+125	22.9	2.563	-	-	-	1.883	-	2.471	2.22
55a	28+703	1.15	-	0.894	1.037	0.697	0.300	-	1.274	0.79
55b	30+063	1.21	-	0.909	1.037	0.715	0.310	-	1.274	0.79
56	30+265	5.88	-	1.133	1.060	0.985	0.630	-	1.295	0.95
57	31+256	3.68	-	0.683	0.559	0.634	0.409	-	0.791	0.57
58	31+825	8.09	-	1.147	0.993	1.035	0.721	-	1.232	0.97
59	33+715	1.76	-	0.436	0.322	0.427	0.251	-	0.517	0.36
60a	0	4.16	-	0.791	0.672	0.721	0.462	-	0.912	0.66
60b	0	2.2	-	0.480	0.308	0.503	0.299	-	0.500	0.40
61	35+055	0.39	-	0.446	0.209	0.548	0.182	-	0.371	0.28
62	0	3.25	-	0.636	0.634	0.536	0.353	-	0.871	0.54
63	36+378	0.8	-	1.098	0.586	1.263	0.390	-	0.821	0.61
64	37+498	3.8	-	0.580	0.477	0.537	0.372	-	0.700	0.49
65	37+899	0.37	-	0.636	0.349	0.723	0.213	-	0.550	0.38
67 (parallelo)	0	42.12	2.684	-	-	-	2.134	-	1.382	2.41
68	38+960	7.26	-	2.140	1.796	1.963	1.049	-	1.944	1.74
69	39+273	0.09	-	0.593	0.450	0.572	0.117	-	0.670	0.39
70	39+678	0.07	-	0.473	0.285	0.513	0.101	-	0.471	0.29
71	39+930	8	-	1.394	1.333	1.198	0.788	-	1.545	1.18
72	40+446	14.25	1.854	1.566	1.248	1.474	1.083	-	1.468	1.45
73	41+308	0.48	-	1.396	0.926	1.441	0.361	-	1.167	0.76

**Relazione idrologica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	36 di 63

ID	Progr.	Area bacino	t <sub>c</sub> Giando tti	t <sub>c</sub> Pasini	t <sub>c</sub> Pezzoli	t <sub>c</sub> Ventura	t <sub>c</sub> Chow	t <sub>c</sub> Kerby	t <sub>c</sub> Kirpich	t <sub>c</sub> medio
		[km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
74	42+059	7.79	-	1.456	1.303	1.294	0.821	-	1.518	1.22
75	42+210	0.1	-	0.350	0.183	0.406	0.097	-	0.335	0.22
76	42+505	1.37	-	2.131	1.080	2.515	0.721	-	1.314	1.02
77	42+886	0.29	-	1.563	1.047	1.605	0.329	-	1.282	0.81
78	43+960-44+218	0.95	-	0.710	0.225	1.059	0.368	-	0.393	0.38
79	45+242	23.31	1.725	-	-	-	1.664	-	1.800	1.69
80	45+706	56.19	-	2.522	2.08	2.33	1.10	-	2.18	2.01
80a	-	5.88	2.41	-	-	-	1.86	-	1.24	2.13
80b	-	39.04	-	1.121	1.11	0.95	0.67	-	1.35	0.96
80c	-	7.57	-	1.081	1.24	0.85	0.57	-	1.46	0.93
80d	-	5.63	-	2.522	2.08	2.33	1.10	-	2.18	2.01

**Tabella 12 – Tempo di corrivazione.**

ID	Progr.	Area bacino	t <sub>c</sub> Giando tti	t <sub>c</sub> Pasini	t <sub>c</sub> Pezzoli	t <sub>c</sub> Ventura	t <sub>c</sub> Chow	t <sub>c</sub> Kerby	t <sub>c</sub> Kirpich modificato	t <sub>c</sub> medio
		[km <sup>2</sup> ]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
Tanagro4		37.41	2.86	-	-	-	2.21	-	2.27	2.54
Tanagro5		11.50	12.61	10.613	7.461	10.64	3.58	-	5.82	8.98
Tanagro6		113.38	4.71	-	-	-	5.03	-	3.91	4.87
Tanagro8		46.82	3.27	-	-	-	3.08	-	2.56	3.17
Tanagro9		34.20	2.15	-	-	-	2.12	-	1.80	2.13
Tanagro12		56.19	2.87	-	-	-	2.43	-	1.30	2.65
Tanagro13		57.37	3.77	-	-	-	3.61	-	5.24	3.69
Tanagro14		123.50	6.08	-	-	-	6.29	-	6.54	6.18
Tanagro15		40.08	2.66	-	-	-	2.31	-	2.08	2.49
Tanagro16		34.16	2.65	-	-	-	1.99	-	1.97	2.32
Tanagro17		40.63	3.72	-	-	-	3.11	-	4.02	3.42

**Tabella 13 – Tempo di corrivazione Bacini Fiume Tanagro.**

**Relazione idrologica generale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	B1 R 09	RI	ID0001 001	B	37 di 63

ID	Progr.	CN	Stazione pioggia	a	n	h	S	la	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	C	Q <sub>200</sub>
						[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]
42	5+095	75.0	CASTELLUCCIO d<1h	70.45	0.534	35.45	84.67	4.23	31.22	8.41	0.30	<b>5.56</b>
43	5+579	78.0	Media pesata	59.93	0.241	104.67	71.64	3.58	101.09	59.16	0.57	<b>1486.68</b>
44	22+369- 22+511	65.7	VIETRI d<1h	62.89	0.407	45.45	132.58	6.63	38.82	8.79	0.30	<b>31.48</b>
45	22+793- 23+084	64.8	VIETRI d<1h	62.89	0.407	47.51	137.73	6.89	40.62	9.25	0.30	<b>24.86</b>
46	23+953	67.9	VIETRI d<1h	62.89	0.407	52.76	119.88	5.99	46.76	13.12	0.30	<b>33.06</b>
47	24+125	69.1	VIETRI	54.89	0.20	64.25	113.36	5.67	58.58	19.96	0.31	<b>57.17</b>
55a	28+703	74.6	VIETRI d<1h	62.89	0.407	57.04	86.42	4.32	52.72	19.97	0.35	<b>8.12</b>
55 b	30+063	74.6	VIETRI d<1h	62.89	0.407	57.19	86.42	4.32	52.87	20.06	0.35	<b>8.53</b>
56	30+265	66.5	VIETRI d<1h	62.89	0.407	61.65	128.16	6.41	55.24	16.64	0.30	<b>31.75</b>
57	31+256	66.8	VIETRI d<1h	62.89	0.407	50.08	126.18	6.31	43.77	11.27	0.30	<b>26.90</b>
58	31+825	63.6	Montesano d<1h	69.78	0.614	68.66	145.35	7.27	61.39	18.23	0.30	<b>47.56</b>
59	33+715	73.0	Montesano d<1h	69.78	0.614	37.20	93.76	4.69	32.51	8.37	0.30	<b>15.21</b>
60a		66.1	Montesano d<1h	69.78	0.614	54.14	130.46	6.52	47.62	12.73	0.30	<b>28.40</b>
60 b		66.1	Montesano d<1h	69.78	0.614	39.62	130.46	6.52	33.09	6.70	0.30	<b>18.28</b>
61	35+055	76.5	Montesano d<1h	69.78	0.614	37.93	78.14	3.91	34.03	10.32	0.30	<b>3.33</b>
62		62.8	Montesano d<1h	69.78	0.614	47.78	150.26	7.51	40.27	8.51	0.30	<b>24.00</b>
63	36+378	76.5	Montesano d<1h	69.78	0.614	61.81	78.08	3.90	57.91	24.66	0.40	<b>6.68</b>
64	37+498	65.7	Montesano d<1h	69.78	0.614	45.10	132.80	6.64	38.46	8.64	0.30	<b>29.09</b>
65	37+899	77.2	Montesano d<1h	69.78	0.614	48.36	74.91	3.75	44.61	16.65	0.34	<b>3.11</b>
67	-	67.4	Montesano	53.706	0.402	76.47	122.77	6.14	70.33	25.62	0.34	<b>124.53</b>
68	38+960	77.0	Montesano	53.706	0.402	67.05	75.87	3.79	63.26	28.76	0.43	<b>33.42</b>
69	39+273	77.5	Montesano d<1h	69.78	0.614	54.56	73.64	3.68	50.88	20.79	0.38	<b>0.78</b>
70	39+678	76.5	Montesano d<1h	69.78	0.614	43.94	77.90	3.89	40.04	13.60	0.31	<b>0.56</b>
71	39+930	62.8	Montesano	53.706	0.402	57.37	150.26	7.51	49.86	12.42	0.30	<b>32.48</b>
72	40+446	64.8	Montesano	53.706	0.402	62.27	138.02	6.90	55.37	15.85	0.30	<b>51.21</b>
73	41+308	77.9	Montesano d<1h	69.78	0.614	76.74	72.17	3.61	73.13	36.81	0.48	<b>4.21</b>

ID	Progr.	CN	Stazione pioggia	a	n	h	S	la	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	C	Q <sub>200</sub>
						[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]
74	42+059	70.2	Montesano	53.706	0.402	58.14	107.76	5.39	52.75	17.34	0.30	<b>31.01</b>
75	42+210	78.0	Montesano d<1h	69.78	0.614	35.68	71.64	3.58	32.09	9.93	0.30	<b>0.89</b>
76	42+505	77.1	Montesano	53.706	0.402	54.07	75.62	3.78	50.29	20.09	0.37	<b>7.52</b>
77	42+886	77.9	Montesano d<1h	69.78	0.614	81.30	72.06	3.60	77.69	40.31	0.50	<b>2.53</b>
78	43+960-44+218	77.3	Montesano d<1h	69.78	0.614	39.34	74.64	3.73	35.61	11.50	0.30	<b>7.93</b>
79	45+242	63.8	Montesano	53.706	0.402	66.39	144.15	7.21	59.18	17.23	0.30	<b>76.17</b>
80	45+706	69.0	Montesano	53.706	0.402	79.45	114.12	5.71	73.74	28.95	0.36	<b>170.72</b>
80a		77	Montesano	53.706	0.402	71.08	75.87	3.8	67.29	31.63	0.44	<b>25.74</b>
80b		67	Montesano	53.706	0.402	72.84	125.10	6.3	66.59	23.13	0.32	<b>117.62</b>
80c		69	Montesano d<1h	69.78	0.614	68.13	114.12	5.7	62.42	22.07	0.32	<b>48.30</b>
80d		70	Montesano d<1h	69.78	0.61	66.88	108.86	5.4	61.44	22.17	0.33	<b>37.17</b>

**Tabella 14 – Risultati Analisi idrologica Bacini interferenti – Metodo Razionale TR200.**

ID	Progr.	CN	Stazione pioggia	a	n	h	S	la	P <sub>netta</sub>	P <sub>efficace</sub>	C	Q <sub>200</sub>
						[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[m <sup>3</sup> /s]
T4		71	Montesano	53.706	0.402	78.11	103.75	5.2	72.92	30.10	0.39	<b>123.28</b>
T5		80	Montesano	53.706	0.402	129.79	63.50	3.2	126.62	84.33	0.65	<b>30.02</b>
T6		63	Montesano	53.706	0.402	101.51	149.17	7.5	94.05	36.37	0.36	<b>235.25</b>
T8		67	Montesano	53.706	0.402	85.45	125.10	6.3	79.19	30.70	0.36	<b>125.86</b>
T9		70	Montesano	53.706	0.402	72.83	108.86	5.4	67.38	25.76	0.35	<b>114.83</b>
T12		69	Montesano	53.706	0.402	79.45	114.12	5.7	73.74	28.95	0.36	<b>170.72</b>
T13		65	Montesano	53.706	0.402	90.74	136.77	6.8	83.90	31.90	0.35	<b>138.01</b>
T14		65	Montesano	53.706	0.402	111.72	136.77	6.8	104.88	45.52	0.41	<b>252.71</b>
T15		66	Montesano	53.706	0.402	77.44	131.31	6.6	70.87	24.84	0.32	<b>111.39</b>
T16		67	Montesano	53.706	0.402	75.37	123.37	6.2	69.20	24.87	0.33	<b>101.65</b>
T17		69	Montesano	53.706	0.402	87.99	115.75	5.8	82.21	34.14	0.39	<b>112.91</b>

**Tabella 15 – Risultati Analisi idrologica Bacini Fiume Tanagro – Metodo Razionale TR200.**

### 3.3.1.2.2 Risultati ottenuti Metodo VAPI

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati della analisi idrologiche eseguite con il metodo VAPI:

ID	Progr.	Area bacino	C*	Cf	tr	tr	m [l(d)]	Q <sub>200</sub> VAPI razionale	Q <sub>200</sub> VAPI geomorf	Q <sub>200</sub> VAPI regr. Empirica
		[km <sup>2</sup> ]	formula raz	met geomorf	formula raz	met geomorf	[mm/ora]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
42	5+095	0.52	0.4	0.6	0.7	0.1	63.09	11.59	11.72	7.10
43	5+579	914.00	0.3	0.4	25.8	5.0	8.80	1359.66	1269.01	1490.57
44	22+369-22+511	3.74	0.2	0.3	1.1	0.6	39.11	23.55	23.20	24.56
45	22+793-23+084	3.15	0.2	0.3	1.0	0.5	42.08	21.72	21.46	22.18
46	23+953	4.88	0.2	0.3	1.3	0.7	37.56	29.98	29.57	29.95
47	24+125	22.90	0.2	0.3	3.0	1.8	20.37	76.60	69.32	85.81
55a	28+703	1.15	0.0	0.1	0.3	0.1	73.22	2.99	3.02	12.54
55b	30+063	1.21	0.1	0.1	0.4	0.1	71.22	4.41	4.46	13.00
56	30+265	5.88	0.3	0.4	2.0	1.5	22.70	34.40	30.87	24.20
57	31+256	3.68	0.2	0.3	1.2	0.7	36.19	25.24	24.81	22.98
58	31+825	8.09	0.2	0.3	1.7	0.8	33.27	49.74	45.46	43.27
59	33+715	1.76	0.3	0.4	1.2	1.0	28.89	14.71	13.15	8.43
60a		4.16	0.2	0.3	1.7	1.4	24.40	20.75	18.48	19.70
60b		2.20	0.2	0.3	1.6	1.6	23.09	11.45	10.05	8.80
61	35+055	0.39	0.2	0.3	0.5	0.5	41.90	3.64	3.51	3.46
62		3.25	0.1	0.2	0.9	0.5	42.31	17.14	16.92	23.41
63	36+378	0.80	0.2	0.3	0.6	0.1	62.12	9.22	9.32	9.67
64	37+498	3.80	0.2	0.3	1.4	1.0	28.14	21.73	19.56	21.24
65	37+899	0.37	0.2	0.3	0.4	0.1	66.48	4.24	4.29	5.56
67	-	42.12	0.2	0.3	4.3	2.0	17.87	152.06	138.74	135.24
68	38+960	7.26	0.2	0.3	1.9	1.2	24.89	39.84	36.06	34.66
69	39+273	0.09	0.2	0.3	0.2	0.0	71.60	1.03	1.04	2.01
70	39+678	0.07	0.2	0.3	0.2	0.0	71.91	0.91	0.92	1.68
71	39+930	8.00	0.1	0.2	1.3	0.5	37.99	34.02	33.87	47.07
72	40+446	14.25	0.3	0.4	3.1	2.3	15.20	53.30	47.83	46.84
73	41+308	0.48	0.2	0.3	0.5	0.1	65.03	5.64	5.70	6.71
74	42+059	7.79	0.3	0.4	2.7	2.2	16.18	36.35	32.45	23.65
75	42+210	0.10	0.2	0.3	0.2	0.0	71.03	1.27	1.29	2.17
76	42+505	1.37	0.3	0.5	1.2	1.0	27.63	11.45	10.18	5.57
77	42+886	0.29	0.2	0.3	0.4	0.1	67.42	3.47	3.51	4.67
78	43+960-44+218	0.95	0.2	0.3	0.7	0.1	61.35	10.40	10.51	10.94
79	45+242	23.31	0.2	0.3	3.6	2.4	15.00	77.76	70.17	76.18
80	45+706	56.19	0.3	0.4	6.0	4.0	11.62	160.54	144.81	133.02

ID	Progr.	Area bacino	C*	Cf	tr	tr	m [l(d)]	Q <sub>200</sub> VAPI razionale	Q <sub>200</sub> VAPI geomorf	Q <sub>200</sub> VAPI regr. Empirica
		[km <sup>2</sup> ]	formula raz	met geomorf	formula raz	met geomorf	[mm/ora]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
80a	-	5.88	0.3	0.4	2.5	2.3	19.05	27.56	24.38	18.64
80b	-	39.04	0.2	0.3	7.2	7.2	7.32	52.84	46.08	75.15
80c	-	7.57	0.1	0.2	1.3	0.3	48.42	37.50	37.66	47.07
80d	-	5.63	0.1	0.2	1.3	0.3	53.33	35.11	35.40	38.59

**Tabella 16 – Risultati Analisi idrologica– Metodo VAPI TR200.**

ID	Progr.	Area bacino	C*	Cf	tr	tr	m [l(d)]	Q <sub>200</sub> VAPI razionale	Q <sub>200</sub> VAPI geomorf	Q <sub>200</sub> VAPI regr. Empirica
		[km <sup>2</sup> ]	formula raz	met geomorf	formula raz	met geomorf	[mm/ora]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
Tanagro4		37.41	0.2	0.3	3.9	2.0	19.8	138.6	126.2	124.4
Tanagro5		11.50	0.2	0.4	3.7	3.5	12.9	35.8	31.5	27.8
Tanagro6		113.38	0.2	0.4	7.2	3.5	13.8	316.0	288.2	268.8
Tanagro8		46.82	0.3	0.4	5.4	3.5	13.6	160.1	144.7	119.1
Tanagro9		34.20	0.2	0.3	3.8	1.8	20.3	142.3	129.9	117.4
Tanagro12		56.19	0.3	0.4	6.0	4.0	11.6	160.5	144.8	133.0
Tanagro13		57.37	0.2	0.3	5.3	3.5	15.1	168.2	151.8	151.4
Tanagro14		123.50	0.2	0.3	6.7	4.0	16.7	302.3	274.0	291.7
Tanagro15		40.08	0.2	0.3	4.4	2.6	14.7	120.9	109.6	121.2
Tanagro16		34.16	0.2	0.3	3.8	2.2	17.8	117.0	106.2	112.4
Tanagro17		40.63	0.2	0.4	5.0	3.5	12.6	120.4	108.4	106.4

**Tabella 17 - Risultati Analisi idrologica Bacini Fiume Tanagro – Metodo VAPI TR200.**

### 3.3.1.3 Portate di progetto

Ai fini della verifica delle interferenze sono stati adottati i valori di portata massimi tra quelli ottenuti applicando i diversi metodi.

La seguente tabella riassume le portate assunte come riferimento per le verifiche idrauliche.

Id	Progr.	S	Q max 200
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]
42	5+095	0.52	11.72
43	5+579	914.00	1490.57
44	22+369- 22+511	3.74	31.48
45	22+793- 23+084	3.15	24.86
46	23+953	4.88	33.06
47	24+125	22.90	85.81
48	54120	0.53	7.60
49	54502	5.39	32.71
55a	28+703	1.15	12.54
55b	30+063	1.21	13.00
56	30+265	5.88	34.40
57	31+256	3.68	26.90
58	31+825	8.09	49.74
59	33+715	1.76	15.21
60a		4.16	28.40
60b		2.20	18.28
61	35+055	0.39	3.64
62		3.25	24.00
63	36+378	0.80	9.67
64	37+498	3.80	29.09
65	37+899	0.37	5.56
66	67726	0.02	0.67
67 parallelo	-	42.12	152.06
68	38+960	7.26	39.84
69	39+273	0.09	2.01
70	39+678	0.07	1.68
71	39+930	8.00	47.07
72	40+446	14.25	53.30
73	41+308	0.48	6.71
74	42+059	7.79	36.35
75	42+210	0.10	2.17
76	42+505	1.37	11.45
77	42+886	0.29	4.67
78	43+960- 44+218	0.95	10.94
79	45+242	23.31	77.76
80	45+706	56.19	170.72

Id	Progr.	S	Q max 200
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]
80a		5.88	27.56
80b		39.04	117.62
80c		7.57	48.30
80d		5.63	38.59

Tabella 18 – Sintesi delle portate TR200 di riferimento considerate per le verifiche idrauliche.

Id	S	Q max 200
	[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]
Tanagro4	37.41	138.59
Tanagro5	11.50	35.79
Tanagro6	113.38	316.04
Tanagro8	46.82	160.13
Tanagro9	34.20	142.29
Tanagro12	56.19	170.72
Tanagro13	57.37	168.20
Tanagro14	123.50	302.31
Tanagro 15	40.08	121.18
Tanagro 16	34.16	117.01
Tanagro17	40.63	120.43

Tabella 19 – Sintesi delle portate TR200 di riferimento per il modello idrologico del Fiume Tanagro.

### 3.4 Analisi idrologica dei corsi d'acqua maggiori

Si riporta di seguito lo studio idrologico sviluppato al fine di definire gli idrogrammi di piena per i corsi d'acqua che richiedono un'analisi idraulica mediante modello bidimensionale. In particolare, si tratta dei seguenti: Fiume Bianco (bacino 43), Fiume Tanagro nel Vallo di Diano, Canale Acqua dell'Imperatore (bacino 80).

Gli idrogrammi ottenuti sono stati utilizzati come condizioni idrologiche dei modelli idraulici bidimensionali sviluppati nell'ambito del presente progetto e presentati nella Relazione idraulica dedicata.

#### 3.4.1 Metodologia

Al fine di individuare gli idrogrammi di piena dei bacini in esame per il tempo di ritorno di 200 anni si è assunto che la portata abbia il medesimo tempo di ritorno della pioggia che l'ha generata (linearità della trasformazione).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

La modellazione idrologica dell'area in esame è stata effettuata tramite il software HEC-HMS, sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, ideato per simulare i processi di afflussi e deflussi all'interno di un bacino idrografico, applicabile nelle più generali condizioni geografiche e per diversi problemi di natura idrologica. In particolare, il software consente, a partire da una precipitazione nota o da una curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, di ricavare attraverso la "convoluzione" dell'idrogramma unitario istantaneo del bacino l'intera onda di piena e la relativa portata al colmo alla sezione di chiusura.

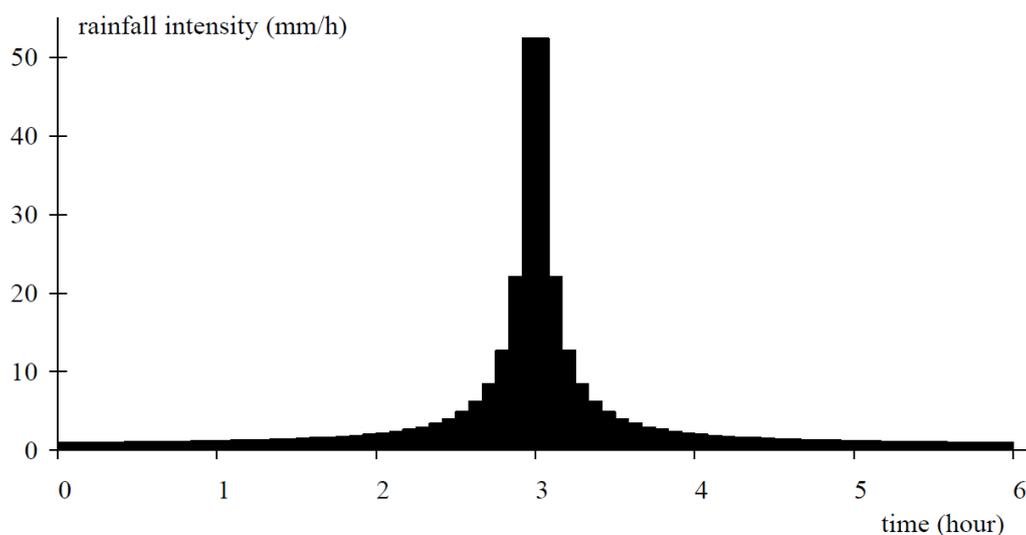
I parametri morfologici che costituiscono parte dell'input per la modellazione idrologica (area, quota media e pendenza del bacino, lunghezza e pendenza dell'asta) sono stati ricavati in ambiente GIS e riportati in Tabella 9 e Tabella 10.

### 3.4.1.1 Ietogrammi

Come distribuzione meteorica è stato adottato lo ietogramma Chicago, uno ietogramma sintetico che permette di simulare eventi meteorici intensi e concentrati.

Questo ietogramma fu sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.

Lo ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata dell'evento. Infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio ed alla fine dell'evento (vedi Figura 8).



**Figura 8: Distribuzione tipo di uno ietogramma Chicago**

Per il Bacino del Fiume Tanagro, il metodo utilizzato è stato quello di assegnare ad ogni bacino lo ietogramma Chicago (Metodo "Specified Hyetograph") calcolato esternamente al programma. Per il Bacino del Fiume Bianco e

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

Canale dell'imperatore è stato invece utilizzato il metodo "Frequency Storm" che produce una pioggia sintetica a partire dai dati statistici sulle precipitazioni (altezza di pioggia associata ad una durata ed un tempo di ritorno specifici). Questo tipo di ietogramma presenta per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione coerente con quella definita dall'analisi statistica o dalla curva di possibilità pluviometrica. La posizione della maggiore intensità può essere posizionata al 25%, 33%, 50%, 67% o 75% della durata. La posizione non cambia l'altezza di precipitazione totale, ma cambia il modo in cui questa è distribuita nel tempo. Nel caso in esame è stato scelto di posizionare il picco di intensità al 50% della durata.

#### 3.4.1.2 Metodo SCS del CN – separazione afflussi/deflussi

Come descritto al par.3.3.1.1.2, la determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS, 1972) del Curve Number (CN).

Per la stima dei valori dei CN sono stati presi come riferimento i dati di uso del suolo (CORINE) e le informazioni disponibili relative alla permeabilità dei suoli<sup>1</sup> ed alla geologia<sup>2</sup>. I valori del CN e Initial Abstraction per i bacini oggetto di studio sono riportati in Tabella 15 e Tabella 14.

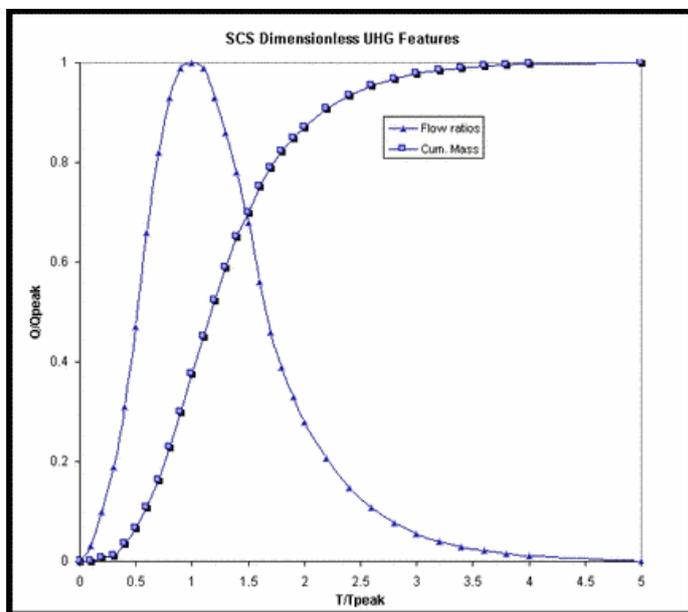
#### 3.4.1.3 Metodo dell'Idrogramma Unitario istantaneo – SCS

Il modello idrologico di distribuzione delle piogge efficaci di progetto è l'idrogramma unitario istantaneo SCS. Questo modello è stato ottenuto da una serie di idrogrammi unitari di numerosi bacini di caratteristiche dimensionali e geografiche diverse tra loro.

Nella Figura 9 si riportano la curva dell'idrogramma e le coppie di punti ( $t/t_p, Q/Q_p$ ) che permettono di tracciare tale idrogramma.

<sup>1</sup> ISPRA (2019): Elaborazione preliminare di una Carta della Permeabilità d'Italia derivata dalle informazioni della Carta Litologica d'Italia

<sup>2</sup> Vitale Stefano, Ciarcia Sabatino (2018): Tectono-stratigraphic setting of the Campania region (southern Italy). Journal of Maps, vol. 14



$t/t_p$	$Q/Q_p$	$t/t_p$	$Q/Q_p$	$t/t_p$	$Q/Q_p$
0.0	0	1.1	0.990	2.4	0.147
0.1	0.030	1.2	0.930	2.6	0.107
0.2	0.100	1.3	0.860	2.8	0.077
0.3	0.190	1.4	0.780	3.0	0.055
0.4	0.310	1.5	0.680	3.2	0.040
0.5	0.470	1.6	0.560	3.4	0.029
0.6	0.660	1.7	0.460	3.6	0.021
0.7	0.820	1.8	0.390	3.8	0.015
0.8	0.930	1.9	0.330	4.0	0.011
0.9	0.990	2.0	0.280	4.5	0.005
1.0	1.000	2.2	0.207	5.0	0

**Figura 9: Idrogramma Unitario SCS adimensionalizzato.**

I parametri dell'idrogramma sono i seguenti:

- D = durata della precipitazione efficace unitaria;
- $Q_p$  = portata di picco derivante dalla precipitazione efficace;
- $T_l$  = tempo di ritardo, intervallo temporale tra il baricentro della precipitazione efficace e l'istante temporale in cui si verifica la portata di picco;
- $T_p$  = tempo di picco, intervallo temporale compreso tra l'inizio della precipitazione e l'istante temporale in cui si verifica la portata di picco;
- $T_c$  = tempo di concentrazione, calcolato sulla base delle caratteristiche del bacino, rappresenta il tempo che intercorre tra la fine della precipitazione efficace e il punto di flesso della curva di discesa dell'idrogramma;
- $T_r$  = tempo di recessione, l'intervallo temporale tra il tempo di picco e la fine dell'idrogramma, dato dal rapporto  $r=T_r/T_p$ ;
- $T_b$  = durata totale dell'idrogramma,  $T_b=T_r+T_p$ ;
- $Pe$  = Runoff o precipitazione efficace.

Il tempo di ritardo,  $T_l$  è pari a circa  $0.6 T_c$ . I valori ottenuti per i bacini oggetto di studio sono riportati in Tabella 12 e Tabella 13.

Il tempo di picco,  $T_p$  può essere calcolato come:

$$T_p = \frac{D}{2} + T_l$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

La portata di picco è calcolata come:

$$Q_p = \frac{p \cdot A_w \cdot P_e}{\frac{D}{2} + T_l}$$

con p fattore di picco; e coefficiente di controllo del volume dell'idrogramma nella fase di crescita e decrescita. I fattori di picco sono riportati in Tabella 20.

Tipo di bacino	Fattore di picco	Coefficiente della curva di esaurimento
Bacini urbani, forti pendenze dei versanti	575	1.25
SCS "standard"	484	1.67
Bacini misti urbani/rurali	400	2.25
Bacini rurali, buone pendenze dei versanti	300	3.33
Bacini rurali, dolci pendenze dei versanti	200	5.5
Bacini rurali, versanti piatti	100	12.0

**Tabella 20 – Fattore di picco e coefficiente per la definizione della curva di esaurimento (Wanielista, et al. 1997).**

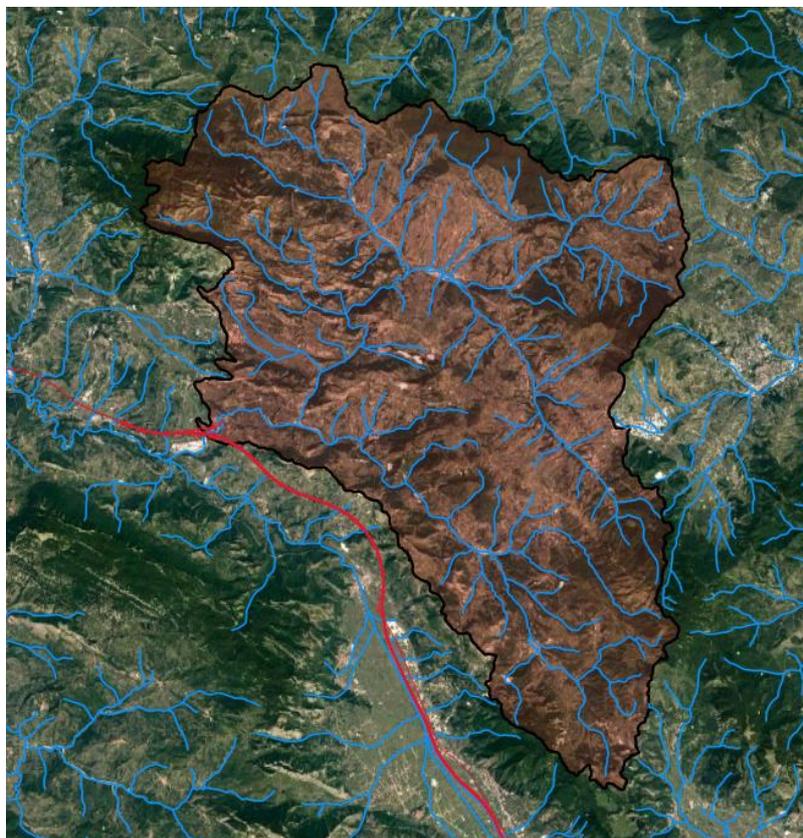
### 3.5 VALUTAZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PROGETTO

#### 3.5.1 Fiume Bianco

Il bacino del Fiume Bianco in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario in progetto ha un'area di circa 914 km<sup>2</sup>. Nella seguente Figura 10 si riporta un inquadramento della linea ferroviaria in corrispondenza del fiume Bianco mentre Figura 11 rappresenta il bacino del Fiume Bianco.



Figura 10 – Fiume Bianco in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario.



**Figura 11 – Fiume Bianco -Bacino.**

Il modello idrologico è stato calibrato prendendo come riferimento i valori di piena riportati all'interno del PGRA che per un evento con TR200anni indica un valore di portata massima pari a 1805.5 mc/s.

I parametri inseriti nel modello idrologico del bacino sono riportati nella seguente tabella:

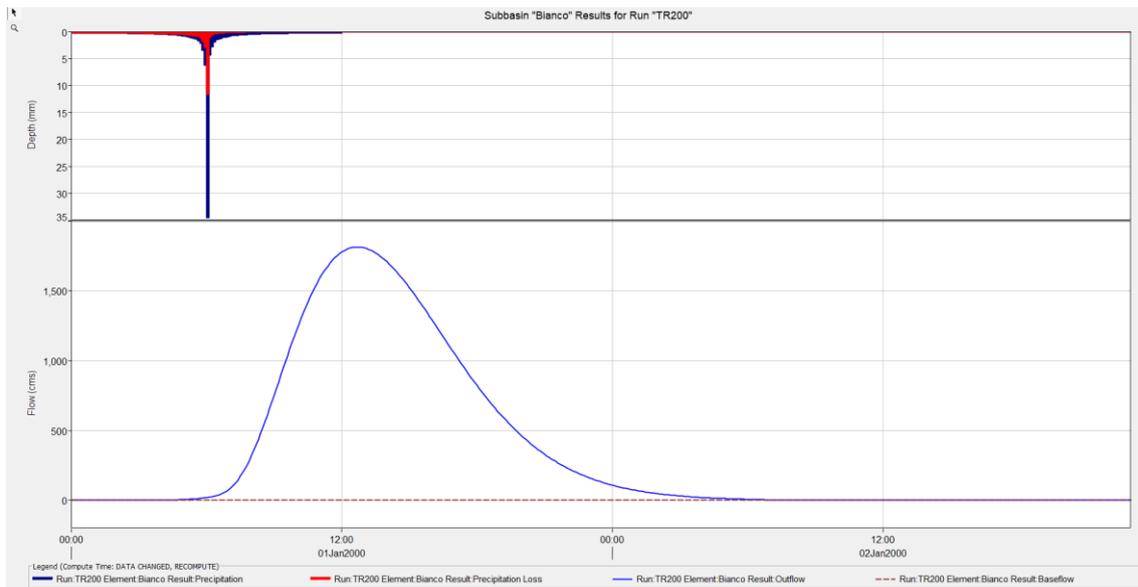
Parametro	Fiume Bianco
Area (km <sup>2</sup> )	914
CN	78
Ia	3.5
Lag Time (min)	360
Peak rate factor	500

**Tabella 21 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena.**

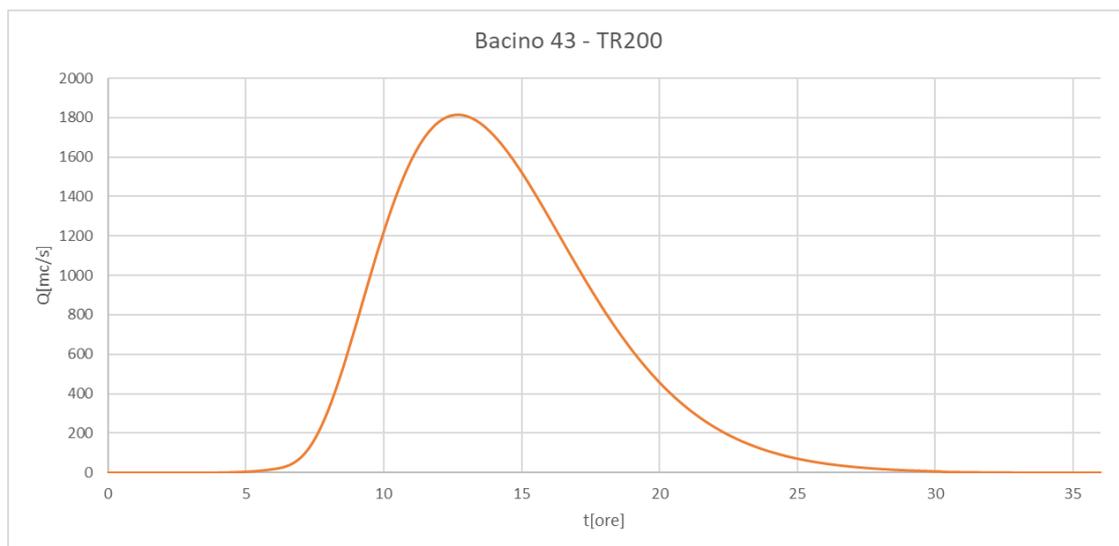
Il modello meteorologico utilizzato è il “Frequency Storm” che produce una pioggia sintetica a partire dai dati statistici sulle precipitazioni. I parametri di possibilità pluviometrica utilizzati sono stati calcolati mediante media

pesata dei valori ottenuti dalle singole stazioni di Vietri, Avigliano, Boiara, Contursi e Castelluccio. La durata dell'evento è stata imposta pari a 12ore.

Si riporta nelle seguenti immagini l'idrogramma di piena in corrispondenza della sezione di chiusura finale del bacino:



**Figura 12 – Risultati Hec Hms fiume Bianco.**

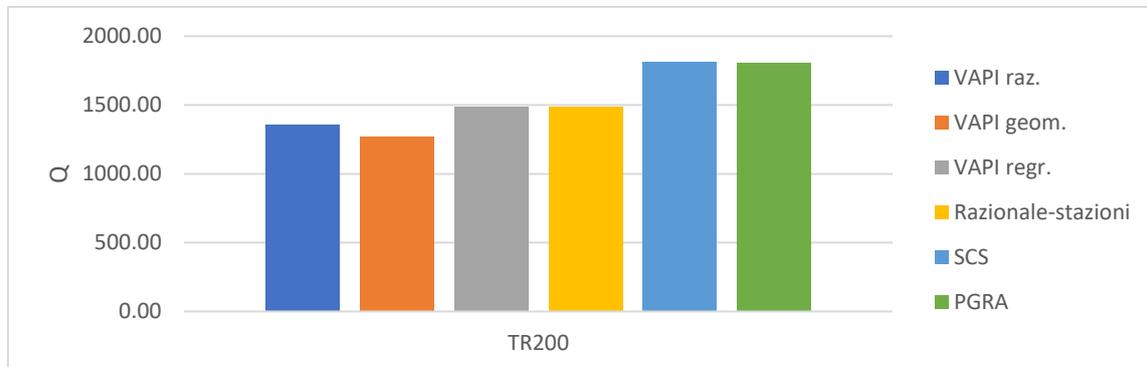


**Figura 13 – Idrogrammi di piena – fiume Bianco alla sezione dell'attraversamento ferroviario.**

Parametro	Fiume Bianco
Q max TR200 (m <sup>3</sup> /s)	1813.0

**Tabella 22 – Portata massima TR200.**

I valori di portata al colmo ottenuti sono stati confrontati con quelli calcolati attraverso i diversi metodi indicati. La figura seguente riporta un confronto dei valori al colmo, per cui si ritiene che quelli relativi agli idrogrammi sopra riportati siano adeguati al calcolo idraulico.



**Figura 14 – Confronto delle portate al colmo ottenute con i diversi metodi.**

### 3.5.2 Fiume Tanagro

Il tracciato ferroviario in progetto corre parallelo al Fiume Tanagro nella Valle del Diano, dove il corso d'acqua raccoglie i contributi di numerosi canali di drenaggio nonché di torrenti dai versanti.

Il Fiume Tanagro non viene interferito direttamente ma il tracciato ricade parzialmente in area allagabile. Pertanto, è richiesta una valutazione dei tiranti idrici che si instaurano in caso di piena del Tanagro che serve anche per valutare opportune condizioni a contorno di valle degli affluenti interferiti.

Nella seguente Figura 15 si riporta un inquadramento della linea ferroviaria nella Valle del Diano e in Figura 17 i bacini considerati nel modello idrologico.

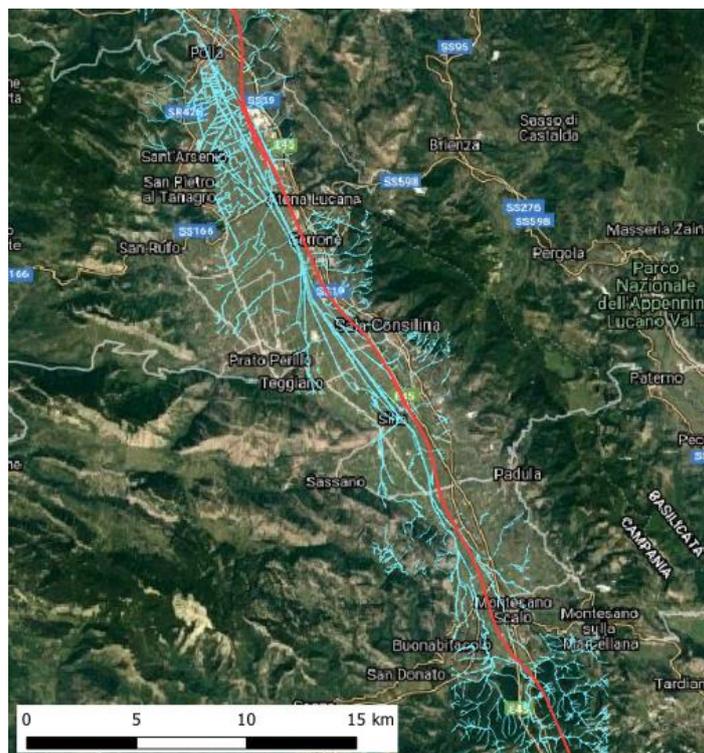
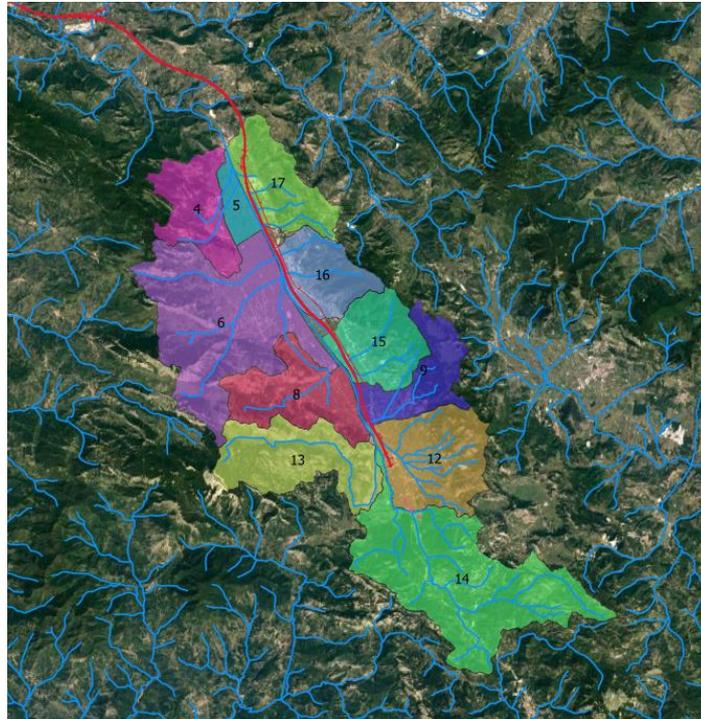
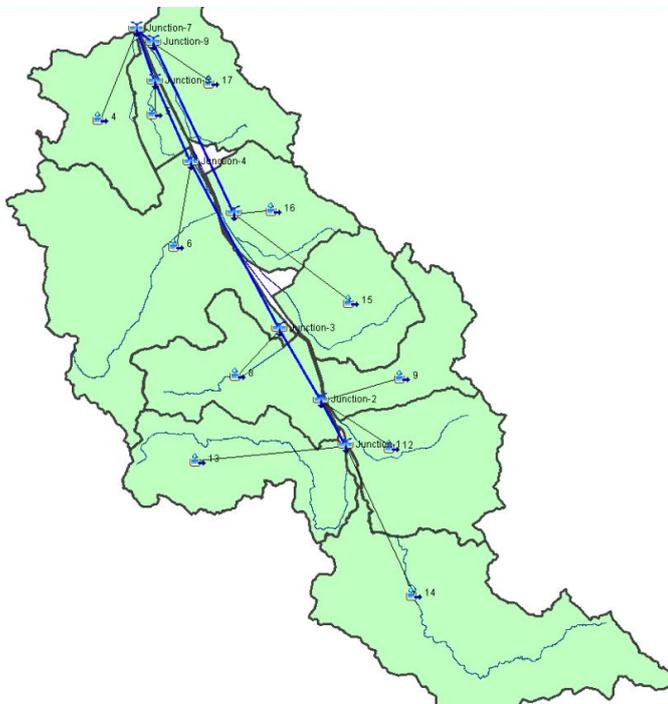


Figura 15 – Tracciato ferroviario (in rosso) a fianco del Fiume Tanagro nel tratto della Valle di Diano.



**Figura 16 – Inquadramento Bacini del Fiume Tanagro su Ortofotografia**

Lo schema idrologico del bacino è stato quindi ricostruito all'interno del modello HEC-HMS come riportato in Figura 17; sono stati creati 11 sottobacini a chiusura delle sezioni di interesse collegati tra loro tramite canali lineari (tratti) e una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in base alle caratteristiche del corso d'acqua riportate in Tabella 13.



**Figura 17 – Modello idrologico del Fiume Tanagro**

Il modello idrologico è stato calibrato prendendo come riferimento per i singoli bacini i valori ottenuti dai metodi esposti nei capitoli precedenti (V.A.P.I. e Razionale) e per il bacino complessivo (Junction7) i valori riportati all'interno del PGRA. La massima portata per un evento con TR200anno riportato nel PGRA per il bacino del Fiume Tanagro chiuso a Polla risulta essere pari a 778.4 mc/s.

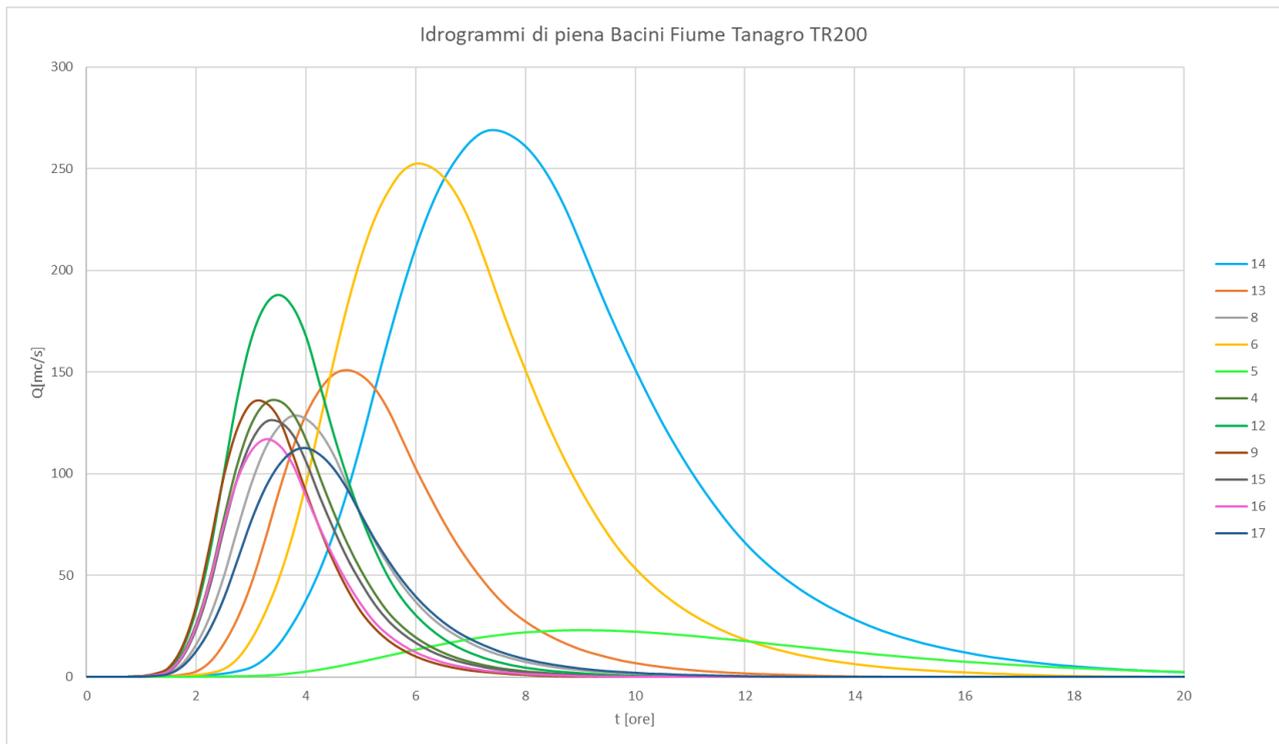
I parametri inseriti nel modello idrologico per i singoli bacini sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	4	5	6	8	9	12	13	14	15	16	17
Area (km <sup>2</sup> )	37.4	11.5	113.4	46.8	34.2	56.2	57.4	123.5	40.1	34.2	40.6
CN	71	80	63	67	70	69	65	65	66	67	69
la	5.2	3.2	7.5	6.3	5.4	5.7	6.8	6	6.6	6.2	5.8
Lag Time (min)	92	323.3	175.4	114.3	76.8	95.3	132.7	222.6	89.5	83.6	122.9
Peak rate factor	484	400	484	484	484	484	484	484	484	484	484

**Tabella 23 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena**

Per valutare i valori delle portate al colmo di piena sono state applicate le altezze di pioggia distribuite secondo uno ietogramma Chicago di durata critica pari al tempo di corrivazione di ciascun sottobacino. I parametri di possibilità pluviometrica utilizzati sono riferiti alla stazione pluviometrica di Montesano.

Si riporta nelle seguenti immagini gli idrogrammi di piena dei singoli Bacini utilizzati come input nel modello idraulico.



**Figura 18 – Idrogrammi di piena Bacini Fiume Tanagro.**

ID	Q max TR200 (m <sup>3</sup> /s)
4	136.00
5	23.20
6	252.40
8	128.30
9	135.00
12	187.80
13	151.00
14	268.80
15	125.50
16	116.80
17	112.50

**Tabella 24 – Portate massime TR200.**

La portata massima ottenuta nella sezione di chiusura a Polla risulta essere pari a 812.6 mc/s confrontabile con quanto riportato all'interno del PGRA.

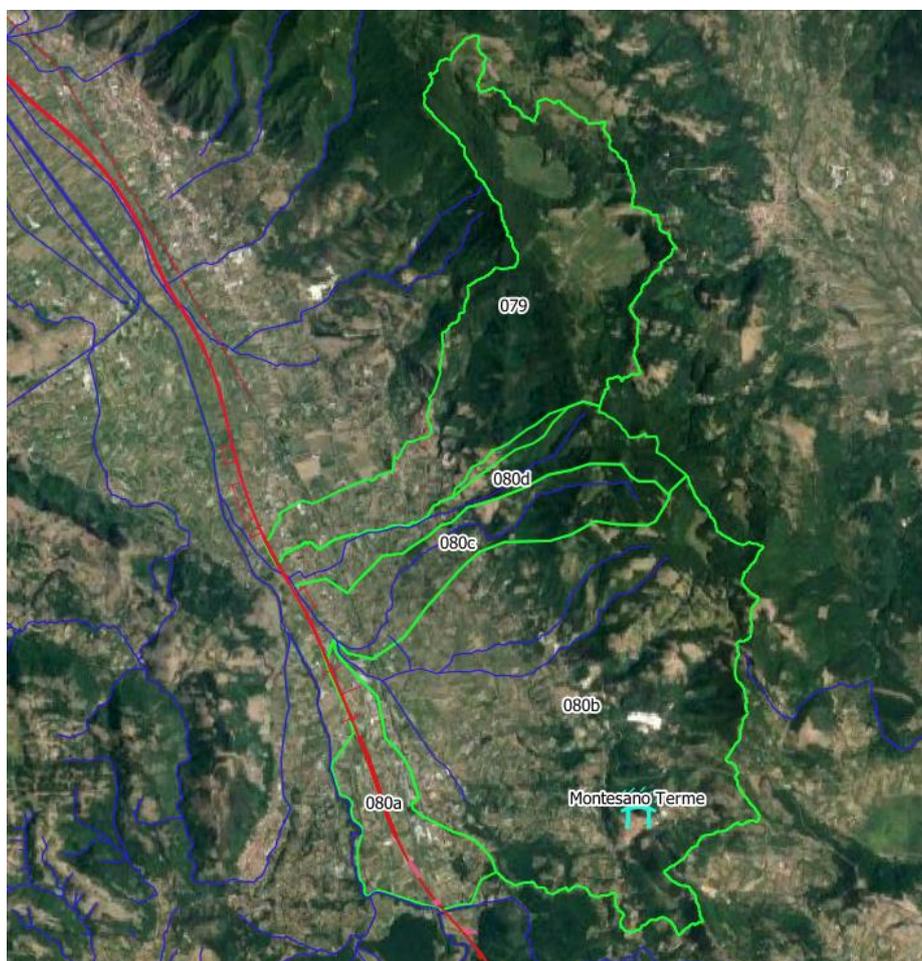
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

### 3.5.3 Canale Acqua dell'Imperatore (bacini 79, 80)

Il tracciato ferroviario in progetto corre parallelo al canale Acqua dell'Imperatore e lo attraversa alla pk 45+706.

Vista l'ubicazione del corso d'acqua e l'eventuale criticità idraulica che potrebbe intaurarsi in caso di insufficienza della sezione rispetto ad un lungo tratto della ferrovia in progetto, si è scelto di implementare un modello bidimensionale, che richiede la definizione degli idrogrammi di piena.

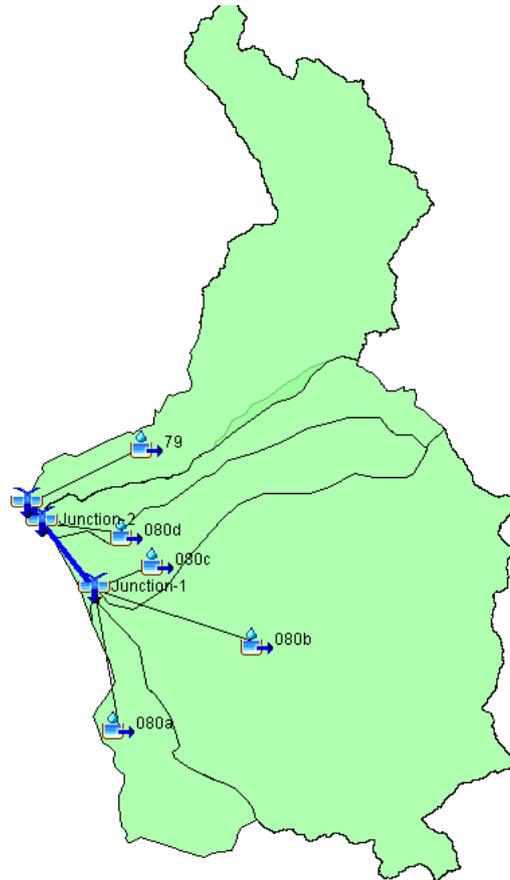
Il bacino 80 è stato quindi a sua volta suddiviso in 4 sottobacini, date le caratteristiche della rete idrografica (Figura 15).



**Figura 19 – Tracciato ferroviario (in rosso) e canale Acqua dell'Imperatore, con suddivisione in sottobacini del bacino 80.**

Il modello idrologico è stato calibrato prendendo come riferimento per i singoli bacini i valori ottenuti dai metodi esposti nei capitoli precedenti (V.A.P.I. e Razionale).

Lo schema idrologico del bacino è stato quindi ricostruito all'interno del modello HEC-HMS come riportato in Figura 20 e sono stati creati 5 sottobacini a chiusura delle sezioni di interesse collegati tra loro tramite canali lineari (tratti) e una semplice traslazione dell'onda di piena. Il tempo di ritardo di ciascun canale è stato calcolato in base alle caratteristiche del corso d'acqua riportate in Tabella 12.



**Figura 20 – Modello idrologico del Bacino 79 e 80**

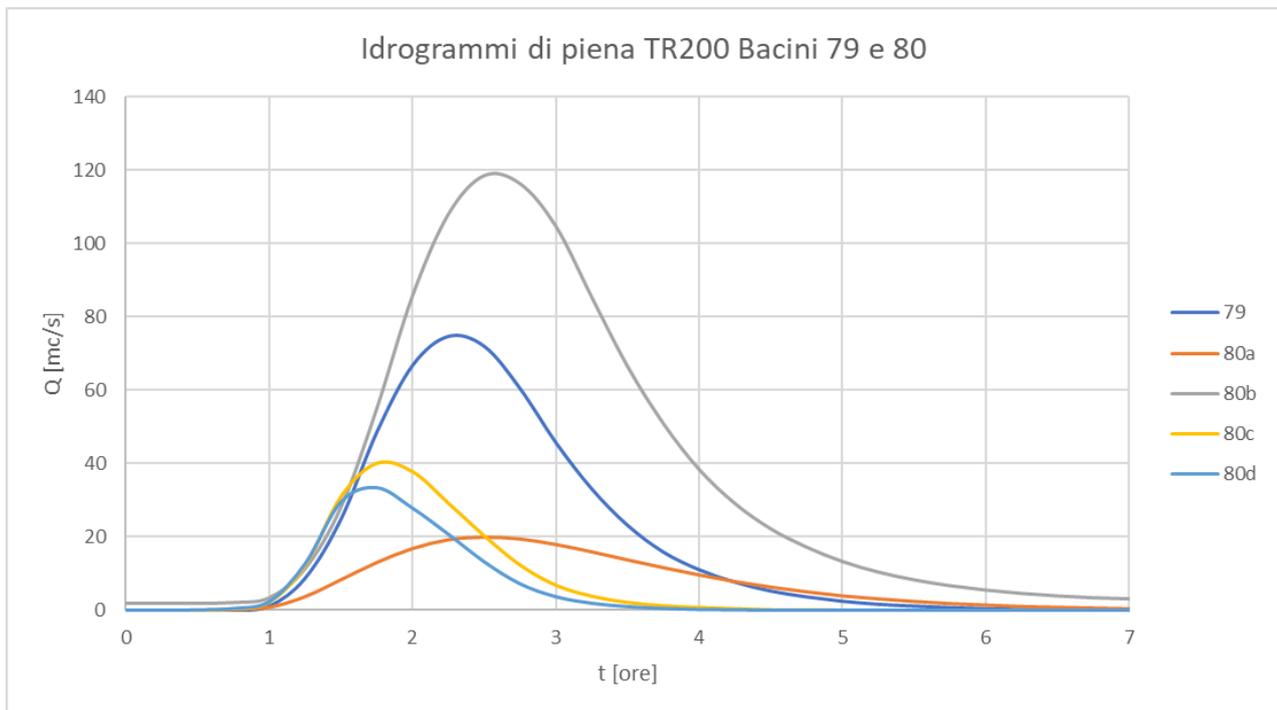
I parametri inseriti nel modello idrologico per i singoli bacini sono riportati nella seguente tabella:

Parametro	80a	80b	80c	80d	79
Area (km <sup>2</sup> )	5.9	39	7.6	5.6	23.31
CN	77	67	69	70	64
la	3.8	6.3	5.7	5	7
Lag Time (min)	72	76.8	34.6	30	60
Peak rate factor	350	484	484	484	484

**Tabella 25 – Parametri di calcolo per la definizione degli idrogrammi di piena.**

Il modello meteorologico utilizzato è il “Frequency Storm” che produce una pioggia sintetica a partire dai dati statistici sulle precipitazioni. I parametri di possibilità pluviometrica utilizzati sono riferiti alla stazione di Montesano. La durata dell’evento è stata imposta pari a 2ore.

Si riporta nella seguente immagine gli idrogrammi di piena dei singoli Bacini utilizzati come input nel modello idraulico.

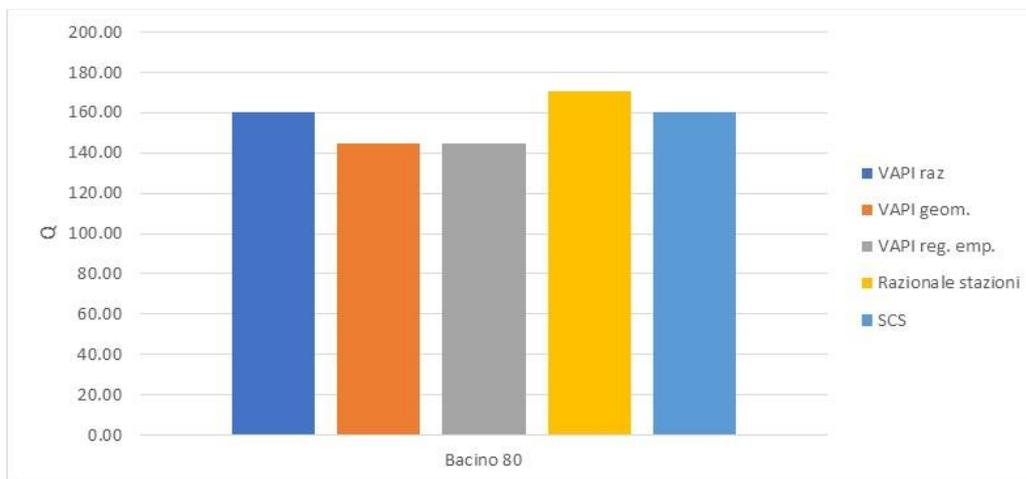


**Figura 21 – Idrogrammi di piena Bacini 79 e 80**

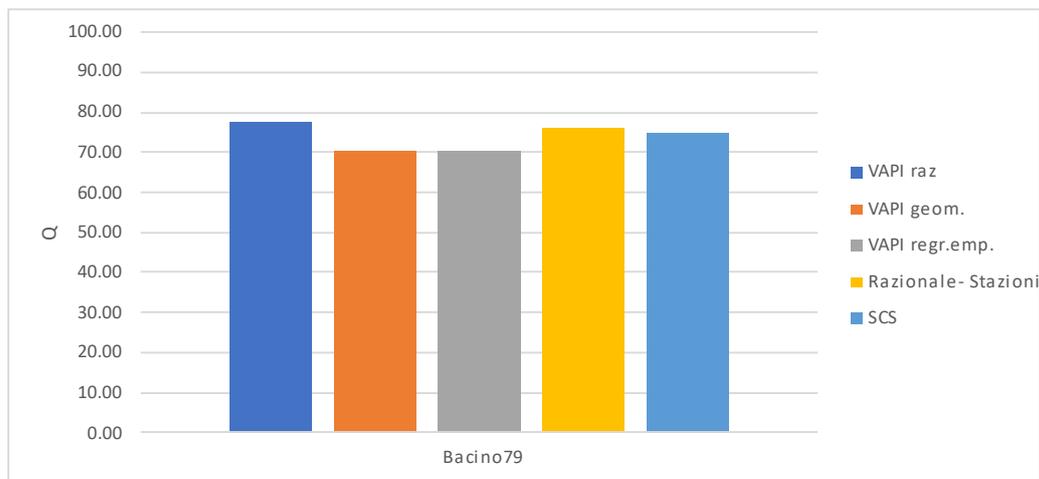
ID	Q max TR200 (m <sup>3</sup> /s)
79	74.7
80a	20.0
80b	119.0
80c	40.0
80d	33.0

**Tabella 26 – Portate massime TR200**

I valori di portata al colmo ottenuti per il bacino 80 (Junction2) e il bacino 79 sono stati confrontati con quelli calcolati attraverso i diversi metodi indicati. La figura seguente riporta un confronto dei valori al colmo, per cui si ritiene che quelli relativi agli idrogrammi sopra riportati siano adeguati al calcolo idraulico.



**Figura 22 – Confronto delle portate al colmo per il Bacino 80 ottenute con i diversi metodi.**



**Figura 23 – Confronto delle portate al colmo per il Bacino 79 ottenute con i diversi metodi.**

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b> <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</b>					
	<b>Relazione idrologica generale</b>	COMMESSA RC2A	LOTTO B1 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. B

#### 4 CAMBIAMENTI CLIMATICI

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

Secondo la definizione della *World Meteorological Organization (WMO)*, le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, *l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC)* ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (*Representative Concentration Pathways – RCP*), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello *Special Report on Emission Scenarios (SRES)*. I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m<sup>2</sup> - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m<sup>2</sup> - RCP4.5 e 6 W/m<sup>2</sup> - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m<sup>2</sup> - RCP8.5).

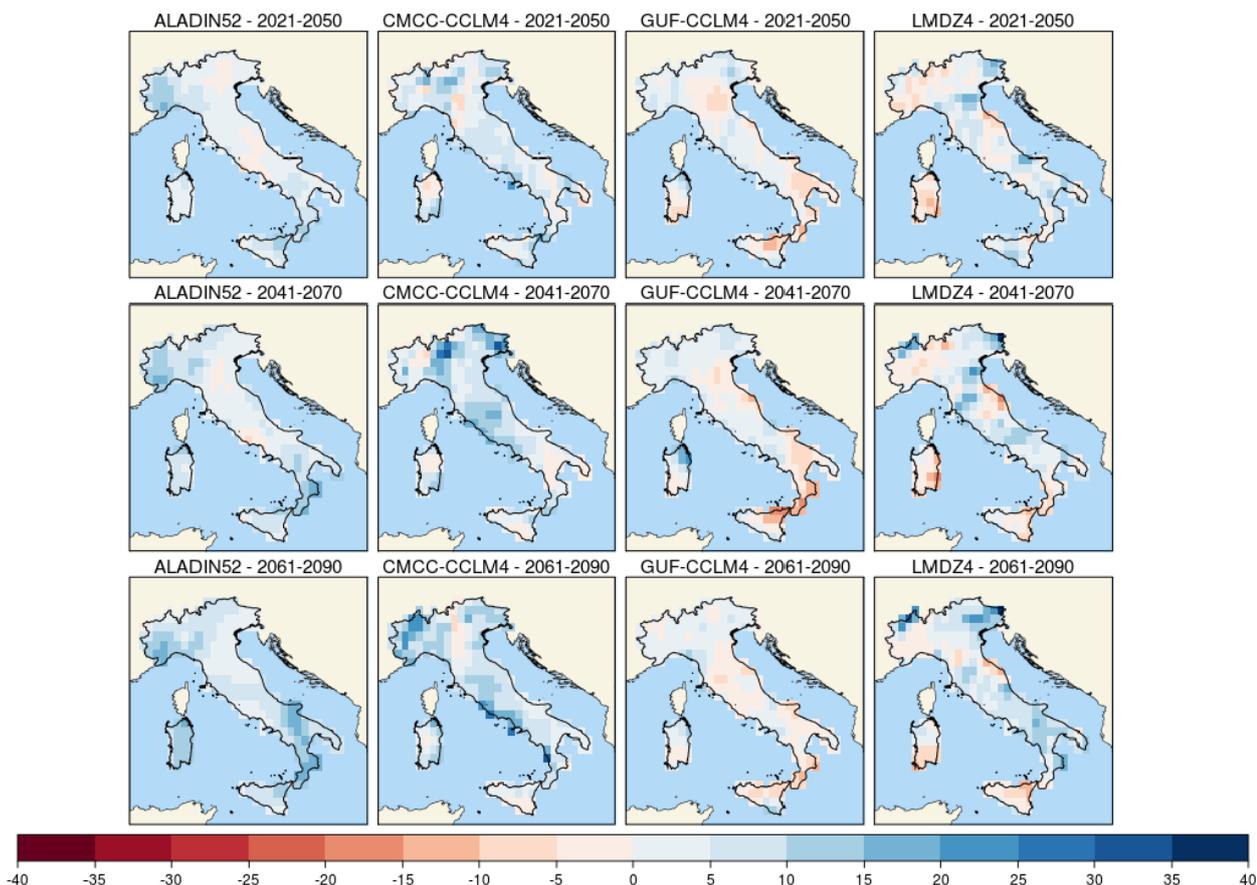
Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine "proiezione climatica", riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, globali e regionali, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro. I modelli regionali (*"Regional Climate Models", RCM*) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

Recentemente l'ISPRA (rif. *"Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali"*, 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli.

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD) con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5.

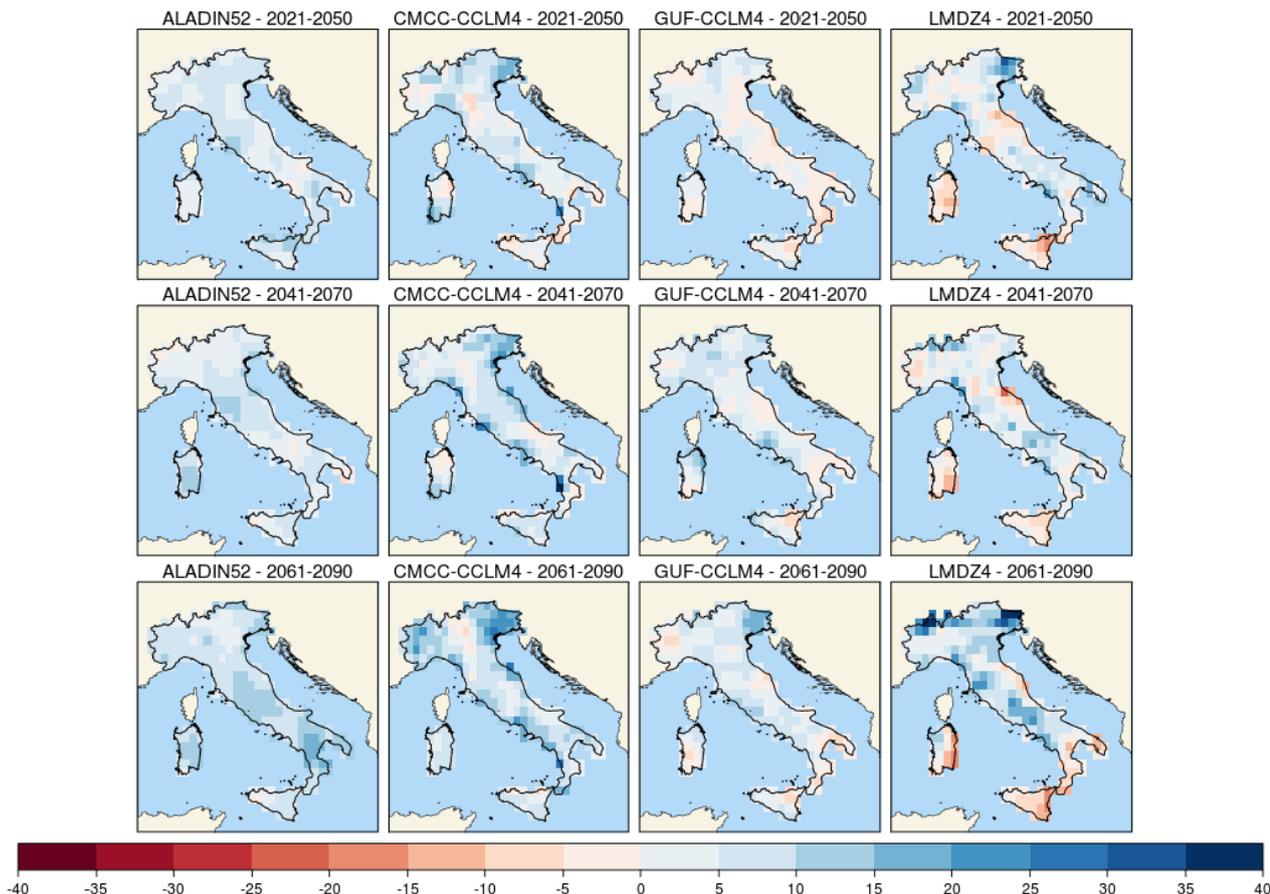
**RCP 4.5**



**Figura 24 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5.**

**Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).**

**RCP 8.5**



**Figura 25 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5.**

**Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).**

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

Nella tabella seguente si riportano le variazioni di precipitazione massima giornaliera (h24) (rispetto al valore nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), previste nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, con riferimento ai due scenari RCP4.5 e RCP8.5, dedotte dalle mappe sopra descritte.

Periodo	Variazione max $h_{24}$ (RCP4.5)	Variazione max $h_{24}$ (RCP8.5)
2021-2050	+10-15 mm (LMDZ4)	+10-15 mm (LMDZ4)
2041-2070	+15-20 mm (ALADIN52)	+10-15 mm (LMDZ4)
2061-2090	+20-25 mm (ALADIN52)	+15-20 mm (ALADIN52)

**Tabella 27 – Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell'area di intervento (ISPRA, 2015).**

Con riferimento all'analisi idrologica effettuata, ed in particolare ai dati di pioggia registrati presso le stazioni pluviometriche analizzate, il valore massimo di precipitazione massima giornaliera ( $h_{24}$ ), nel periodo climatologico 1971-2000, ammonta a 125 mm (Senerchia, 1999). Prendendo tale valore come riferimento, la variazione massima prevista, ossia +20-25 mm nel trentennio 2061-2090, corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera del 20% circa.

Pertanto, applicando tale incremento alle altezze di pioggia di progetto, ne deriva (adottando la formula razionale) un contestuale aumento delle portate al colmo, della medesima entità (+20%). Si ottengono, in questo caso, le seguenti variazioni in termini di portata.

Id	Progr.	S	Q max 200	Q <sub>MAX</sub> cambiamenti climatici
				[m <sup>3</sup> /s]
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
42	5+095	0.52	11.72	14.06
43	5+579	914.00	1490.57	1788.68
44	22+369- 22+511	3.74	31.48	37.78
45	22+793- 23+084	3.15	24.86	29.83
46	23+953	4.88	33.06	39.67
47	24+125	22.90	85.81	102.97
48	54120	0.53	7.60	9.12
49	54502	5.39	32.71	39.25
55a	28+703	1.15	12.54	15.05
55b	30+063	1.21	13.00	15.60
56	30+265	5.88	34.40	41.28
57	31+256	3.68	26.90	32.28
58	31+825	8.09	49.74	59.69
59	33+715	1.76	15.21	18.25
60a		4.16	28.40	34.08
60b		2.20	18.28	21.94
61	35+055	0.39	3.64	4.37
62		3.25	24.00	28.80
63	36+378	0.80	9.67	11.60
64	37+498	3.80	29.09	34.91
65	37+899	0.37	5.56	6.67

Id	Progr.	S	Q max 200	Q <sub>MAX</sub> cambiamenti climatici
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]
66	67726	0.02	0.67	0.80
67 parallelo	-	42.12	152.06	182.47
68	38+960	7.26	39.84	47.81
69	39+273	0.09	2.01	2.41
70	39+678	0.07	1.68	2.02
71	39+930	8.00	47.07	56.48
72	40+446	14.25	53.30	63.96
73	41+308	0.48	6.71	8.05
74	42+059	7.79	36.35	43.62
75	42+210	0.10	2.17	2.60
76	42+505	1.37	11.45	13.74
77	42+886	0.29	4.67	5.60
78	43+960- 44+218	0.95	10.94	13.13
79	45+242	23.31	77.76	93.31
80	45+706	56.19	170.72	204.86
80a		5.88	27.56	33.07
80b		39.04	117.62	141.14
80c		7.57	48.30	57.96
80d		5.63	38.59	46.31
Tanagro4	37.41	138.59	166.31	199.57
Tanagro5	11.5	35.79	42.95	51.54
Tanagro6	113.38	316.04	379.25	455.10
Tanagro8	46.82	160.13	192.16	230.59
Tanagro9	34.2	142.29	170.75	204.90
Tanagro12	56.19	170.72	204.86	245.84
Tanagro13	57.37	168.20	201.84	242.21
Tanagro14	123.5	302.31	362.77	435.33
Tanagro 15	40.08	121.18	145.42	174.50
Tanagro 16	34.16	117.01	140.41	168.49
Tanagro17	40.63	120.43	144.52	173.42

**Tabella 28 – Lotto 1B: Potenziale incremento di portata dovuto ai cambiamenti climatici (+20%).**

Per quanto riguarda i tombini, ipotizzando, in via cautelativa, che al seguente incremento di portata corrisponda un ugual incremento percentuale del G.R., si passerebbe da un grado di riempimento massimo del 61% (tombino IN03 del lotto 1B) ad un G.R. del 73%. Quindi, sulla base delle proiezioni climatiche ad oggi disponibili, le opere previste in progetto garantirebbero (al 2090) il passaggio a pelo libero di eventuali “portate incrementate” per effetto dei cambiamenti climatici.