

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA LAMEZIA T. - CATANZARO L.

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.

VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.

RELAZIONE IDROLOGICA

SCALA:

-

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

RC0Y 00 R 10 RI ID0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	E. Frank	Dicembre 2019	M. Villani E Lucia	Dicembre 2019	S. Vanfiori	Dicembre 2019	L. Berardi Marzo 2021
B	Emissione Esecutiva	E. Frank	Febbraio 2020	M. Villani E Lucia	Febbraio 2020	S. Vanfiori	Febbraio 2020	
C	Emissione Esecutiva	P. Martini	Marzo 2021	M. Villani	Marzo 2021	I. D'Amore	Marzo 2021	

File: RC0Y.00.R.10.RI.ID0001.001.C

n. Elab.:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

INDICE

1	PREMESSA	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2.1	MANUALE DI PROGETTAZIONE FERROVIARIO	7
2.2	IL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI	7
3	INQUADRAMENTO DEI BACINI IMBRIFERI	12
4	ANALISI PLUVIOMETRICA	18
4.1	IL METODO PROBABILISTICO DI GUMBEL	18
4.1.1	Stazioni pluviometriche di riferimento	19
4.2	METODO VAPI	21
4.2.1	Leggi di variazioni dei coefficienti di crescita con periodo di ritorno	22
4.2.2	Stima del valor medio	23
4.2.3	Piogge areali	25
4.2.4	Sintesi elaborazioni statistiche per l'area oggetto di studio	26
4.3	DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA	29
5	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	30
5.1	IL METODO CINEMATICO O RAZIONALE	30
5.2	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	31
5.3	METODO SCS - CURVE NUMBER	32
5.4	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	35
5.5	CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO PER I BACINI STUDIATI CON IL MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE	38
5.6	CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PROGETTO PER I BACINI STUDIATI CON IL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	40
5.7	PORTATE DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE NEI MODELLI MONODIMENSIONALI	45
6	APPENDICE	47

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020), km 10÷13.....	10
Figura 2 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020), km 18+806÷24.	10
Figura 3 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020). Lotto 2, km 26÷28.	11
Figura 4 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per modellazione 1D nel tratto km 10÷13 (in giallo le interferenze studiate).....	14
Figura 5 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per modellazione 1D nel tratto km 18+806÷24 (in giallo le interferenze studiate).....	15
Figura 6 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per modellazione 1D nel tratto km 27÷29 (in giallo le interferenze studiate).....	15
Figura 7 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per la modellazione 2D del fiume Amato.....	16

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Figura 8 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per la modellazione 2D del fiume Fallaco.....	17
Figura 9 – Poligoni di Thiessen per le stazioni pluviometriche di riferimento e indicazione dei sottobacini.....	20
Figura 10 – Versace P., Ferrari E., Gabriele S., Rossi F. (1989) – Valutazione delle piene in Calabria – CNR-IRPI, Cosenza.	22
Figura 11 – Suddivisione regione Calabria in 13 Aree Pluviometriche Omogenee (APO)- VAPI	25
Figura 12 – Suddivisione regione Calabria in 3 Sottozone pluviometriche omogenee	27
Figura 13 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.	30
Figura 14 – Coefficienti di uso del suolo nell’area di studio secondo codici standard delle tipologie di uso.	32
Figura 15 – Schema grafico del modello idrologico afflussi-deflussi implementato per il fiume Fallaco.	41
Figura 16 – Fiume Amato: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni per i bacini A1, A2.....	43
Figura 17 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni nel punto di confluenza dei bacini B1, B2 e B3 e per il bacino B4.	43
Figura 18 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni nei punti di confluenza dei bacini B5 + B6 e B7+B9.	44
Figura 19 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni per i bacini B8.....	44

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Quadro sintetico delle modifiche da inserire.	9
Tabella 2 – Interferenze e caratteristiche dei bacini afferenti	12
Tabella 3 – Caratteristiche dei bacini del fiume Amato.....	15
Tabella 4 – Caratteristiche dei bacini del fiume Fallaco	16
Tabella 5 - Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel (t = 1, 3, 6, 12, 24 ore).....	20
Tabella 6 – Elementi caratteristici delle Aree Pluviometriche Omogenee - VAPI.....	24
Tabella 7– Stima dei parametri regionali al secondo livello.	26
Tabella 8– Valori dei fattori di crescita (T=50-100-200-500) per le tre sottozone.	27
Tabella 9– Fattori di crescita calcolati con la formula semplificata.	28
Tabella 10– Parametri caratteristici terzo livello di regionalizzazione area in esame.	28
Tabella 11– Valori del paramento a della curva segnalatrice per l’APO T3, per i diversi tempi di ritorno considerati.....	28
Tabella 12– Valori del paramento a della curva segnalatrice per l’APO C4, per i diversi tempi di ritorno considerati.....	29
Tabella 13– Valori dei coefficienti di deflusso assunti per le diverse classi di uso del suolo.	31
Tabella 14 – Categorie di umidità del suolo in funzione di API5 (in inch = 2.54 cm).....	33
Tabella 15– Valori di CN(II) in funzione del tipo di suolo e della copertura.	34

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C	FOGLIO 4 di 48

Tabella 16– Descrizione delle categorie dei tipi di suolo.	35
Tabella 17 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni per i bacini in esame.	36
Tabella 18 – Portata al colmo determinata con il metodo razionale per Tr 200 anni.	39
Tabella 19 – Dati di input utilizzati nel modello afflussi-deflussi.	42
Tabella 20 – Valori di picco degli idrogrammi ricavati con il modello afflussi-deflussi.....	44
Tabella 21 – Portata di progetto per le interferenze oggetto di studio tramite modellazione 1D.....	45

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) di velocizzazione mediante rettifiche di tracciato della linea ferroviaria esistente tra Lamezia e Settingiano.

Il collegamento Lamezia Terme – Settingiano ha uno sviluppo complessivo pari a circa 29 km, mentre gli interventi di velocizzazione (oggetto del presente PFTE) sono limitati a tre segmenti compresi tra le progressive chilometriche 10+000 – 13+000, 19+000 - 24+0000 e 27+000 – 29+310.

Nei suddetti segmenti la velocizzazione della tratta è ottenuta o prevedendo varianti plano-altimetriche di tracciato o per mezzo di sole modifiche della sopraelevazione. Nella tabella seguente è indicato, per ogni tratta di intervento, il nome della variante di progetto e il numero della curva della linea storica (LS) interessata dalla variante:

VELOCIZZAZIONE TRAMITE AUMENTO DELLA SOPRAELEVAZIONE				
Tratta di intervento	Nome intervento	Curva LS	Pk LS inizio - fine	Velocità esistente / velocità di progetto (Km/h)
km 10+000 - 13+000	VARIANTE 10	CURVA 7	10+096 - 10+490	80/90
		CURVA8	10+825 - 11+425	
		CURVA9	11+455 – 11+740	
		CURVA 10	12+137 – 12+843	
VELOCIZZAZIONE TRAMITE VARIANTI DI TRACCIATO				
Tratta di intervento	Nome intervento	Curva compresa nell'intervento	Sviluppo intervento (m)	Velocità esistente / velocità di progetto (Km/h)
Km 19+000-24+000	VARIANTE 5	CURVA 20a e 20b	19+888 - 20+068 / 20+156-20+237	30 / 110-140
	VARIANTE 6	CURVA21	21+922 - 22+201	80 / 140
	VARIANTE 7	CURVE 22, 23 e 24	22+894 - 23+802	80 / 140
Km 27+000-29+310	VARIANTE 8	CURVA 27	27+139 - 27+291	80 / 140
	VARIANTE 9	CURVE 28 e 29	28+325 - 29+310	80 / 140

Gli interventi di velocizzazione operati con le modifiche di tracciato di cui alla Tabella precedente hanno compreso, la valutazione della sicurezza della linea sia dal punto di vista idraulica, sia geotecnico e sia strutturale. Nelle tre tratte di progetto sono previsti infatti sia interventi volti ad assicurare la sicurezza della sede ferroviaria rispetto agli incrementi delle sollecitazioni conseguenti alla velocizzazione o a fenomeni di dissesto presenti, sia ad assicurare la compatibilità della linea con riferimento al rischio idraulico esistente. Inoltre, il presente progetto prevede la sostituzione del ponte esistente alla pk 18+806 della linea storica.

La presente relazione descrive lo studio idrologico eseguito al fine di determinare le portate di progetto per la verifica idraulica delle opere di attraversamento che ricadono comprese nelle suddette tratte:

- tra il km 10+000 ed il km 13+000;
- ponte al km 18+806 + tratta tra il km 19+000 ed il km 24+000;
- tra il km 27 ed il km 29+310;

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Lo studio è stato condotto secondo quanto indicato nelle *“Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d’acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d’attenzione e l’aggiornamento delle aree a rischio inondazione”*, emanate dall’ex Autorità Regionale di Bacino della Regione Calabria¹ nell’ambito del PAI (Piano per l’Assetto Idrogeologico), che prescrive che i metodi di calcolo statistici da adottare per l’elaborazione delle precipitazioni sono quelli di Gumbel e il TCEV-VAPI, mentre per la trasformazione afflussi–deflussi devo utilizzarsi i metodi “Cinematico” (o “Razionale”) e l’SCS-CN.

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

- studio della cartografia, della topografia e individuazione delle principali interferenze tra la linea ferroviaria e l’idrografia superficiale;
- perimetrazione dei bacini idrografici di interesse e determinazione, tramite GIS, delle loro caratteristiche geomorfologiche;
- calcolo dei tempi di corrivazione alla chiusura dei diversi sottobacini mediante l’utilizzo di diverse equazioni suggerite dalle linee guida emanate dall’Autorità di Bacino;
- calcolo delle altezze di pioggia per diversi tempi di ritorno mediante due differenti modelli statistici:
 - curva probabilistica di Gumbel;
 - metodo VaPi-CNR-piogge per la regione Calabria;
- calcolo delle massime portate dei bacini idrografici mediante il metodo razionale e SCS-CN.

¹ Dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016 l’Autorità di Bacino della Regione Calabria, così come definita dalla legge 35/1996, è stata soppressa e le sue funzioni sono passate in capo all’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale. La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalla ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall’Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico. I Piani stralcio di bacino vigenti, a norma di legge, continuano ad essere pienamente applicabili nel territorio di riferimento senza soluzione di continuità e le loro disposizioni devono essere osservate.

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 MANUALE DI PROGETTAZIONE FERROVIARIO

Per la sicurezza idraulica della linea, le opere d'arte di attraversamento, esistenti o di progetto, devono osservare le prescrizioni del Manuale di progettazione ferroviaria (anno 2020), il quale prevede che i manufatti (ponti e tombini) siano verificati per eventi di massima piena caratterizzati dai seguenti tempi di ritorno (Tr):

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

2.2 IL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

In merito al rischio di esondazione dell'area di intervento si è fatto riferimento al Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) ed al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Il PAI vigente è quello della ex Autortà di Bacino della Regionale della Calabria, approvato con Delibera di Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001, "DL 180/98 e successive modificazioni. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico". Il Piano ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l'Autorità di Bacino Regionale della Calabria (in seguito denominata ABR), pianifica e programma le azioni e le norme d'uso finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Le norme specifiche relative all'assetto idraulico sono stabilite nelle *Norme di Attuazione e Misure di salvaguardia* (testo aggiornato con Delibera del C.I. n°27 del 02/08/2011) ed in particolare agli artt. 21-24 per quanto riguarda la disciplina delle aree a rischio di inondazione e delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione.

Come riportato nella *Relazione Generale* del PAI, la valutazione del rischio idraulico è stata conseguita utilizzando:

1. i risultati di modelli idrologico-idraulici, che hanno permesso di individuare le sezioni di esondazione per portate di piena con assegnati tempi di ritorno, usualmente pari a $T=20\div50, 100\div200$ e $300\div500$ anni;
2. criteri geomorfologici, per tener conto dell'andamento plano-altimetrico degli alvei fluviali e delle evidenze relative ai depositi alluvionali conseguenti a fenomeni di trasporto dei materiali solidi;
3. le informazioni storiche, da cui si è dedotto per i vari eventi alluvionali in quali località si siano verificate le inondazioni;
4. le aerofotogrammetrie, utili per l'osservazione delle tracce di piena.

Per quanto riguarda l'assegnazione delle classi di rischio, nel PAI si è tenuto conto dei seguenti elementi:

1. se il calcolo idraulico ha mostrato esondazioni in specifiche sezioni trasversali, in sponda destra o in sponda sinistra o in entrambe, il livello di rischio è stato valutato in maniera inversamente proporzionale al tempo di ritorno e proporzionale all'importanza degli elementi esposti. Nelle sezioni risultate critiche **per $T=20\div50$ anni**, e in presenza di edifici, strutture viarie principali e aree industriali, si è stabilito un livello di **rischio R4**. Analogamente, nel caso di esondazioni **per $T=100\div200$ anni**, si è scelto il livello di **rischio R3**. Infine, **per $T=500$ anni**, il **rischio** è stato valutato come **R2 o R1**;
2. nelle sezioni in cui il calcolo idraulico non ha mostrato esondazioni, ma per le quali risulta dalle informazioni storiche e aerofotogrammetriche che le stesse esondazioni sono occorse, per rotture di argini o sormonti, si è preferito operare delle scelte di classi di rischio cautelative. Ciò tiene in considerazione i limiti del calcolo idraulico. Pertanto, nel caso di informazioni tratte da documentazione storico-cronachistica riguardante località soggette a inondazioni negli eventi del passato, il livello di rischio adottato varia da R1 (aree allagate o allagabili in base all'andamento

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

altimetrico della zona) a R2 (aree inondate con danni economici meno rilevanti) a R3 (aree inondate con danni economici più rilevanti).

In mancanza di studio idrologico-idraulico, non essendo state valutate aree di esondazione a diversi tempi di ritorno e, quindi, aree a rischio, sono state comunque individuate *aree, punti e zone di attenzione* (art. 24 delle Norme di Attuazione), che derivano dall'utilizzo del criterio geomorfologico e, in presenza di dati storici, del criterio storico.

Le aree perimetrate nel PAI 2001 come aree a rischio idraulico sono state recepite nel vigente PGRA² dell'AdB del Distretto idrografico Appennino Meridionale come aree di pericolosità idraulica secondo il criterio sinteticamente ripotato di seguito

- aree R4 → P3 (pericolosità elevata) aree allagabili con tempi di ritorno di 50 anni;
- aree R3 → P2 (pericolosità media) aree allagabili con tempi di ritorno di 200 anni;
- aree R2, R1 → P1 (pericolosità bassa) aree allagabili con tempi di ritorno di 500 anni;
- aree e zone di attenzione → P3 (pericolosità elevata).

Attualmente è in corso il II Ciclo del PGRA (2016-2021) che dovrà concludersi con l'adozione del piano entro il 2021 e le cui mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni sono già disponibili.

Con Decreto n. 250 del 04/05/2020 del Segretario Generale dell'AdB dell'Appennino Meridionale è stato dato avvio alle procedure di aggiornamento dei contenuti del vigente PAI 2001 dell'ex Regionale della Calabria alle nuove mappe PGRA, per la parte relativa al rischio idraulico.

Con DS n.375 del 14/07/2020 tale procedura di aggiornamento è stata decretata conclusa; l'iter di approvazione del progetto di variante è tuttora in corso, ma risultano disponibili i contenuti delle mappe PAI aggiornate sul sito dell'AdB (<http://www.distrettoappenninomeridionale.it/>), che sono state utilizzate nella valutazione del rischio idraulico della linea ferroviaria in oggetto.

Secondo quanto disposto dalle Misure di Salvaguardia adottate con DS n. 540 del 13/10/2020, infatti, in tutte le aree perimetrate nelle mappe dei progetti di variante di aggiornamento, si applicano, a titolo di misure di salvaguardia le norme di attuazione dei relativi Piani Stralcio, facendo riferimento alla condizione più gravosa in termini di classificazione della pericolosità e/o del rischio, tra quella delle mappe del PAI vigente e quelle del Progetto di variante.

Come specificato nel Documento Tecnico-Descrittivo allegato al DS n.250/2020 nelle nuove mappe PGRA sono confluiti 5 aggiornamenti che sono stati a loro volta recepiti nell'aggiornamento del PAI 2001 come indicato in Tabella 1.

Nel medesimo documento si specifica che:

Per quanto riguarda la proposta IDn4 la stessa, stante le modalità di predisposizione, l'importante dimensione territoriale, e la generale classificazione in elevata pericolosità (P3) empiricamente attribuita, non possiede i requisiti per potere essere inserita nell'aggiornamento PAI/PGRA, ma di fatto si identifica come ambito complessivo di approfondimento di studio, e pertanto da inquadrare nelle attività del DS 211/2020 relativo alle definizioni degli studi successivi necessari per completare la rivisitazione del PAI stesso.

Parallelamente, l'esclusione di tale proposta dall'aggiornamento lascerebbe i relativi territori senza alcun tipo di tutela generalizzata in materia di rischio idraulico, quantomeno fino alla proposizione

² Il Primo Piano di Gestione Rischio di Alluvioni PGRA DAM è stato **adottato**, ai sensi dell'art. 66 del d.lgs. 152/2006, con Delibera n° 1 del Comitato Istituzionale Integrato del **17 dicembre 2015**, è stato **approvato dal** Comitato Istituzionale Integrato in data **3 marzo 2016**. Con l'emanazione del DPCM in data 27/10/2016 si è concluso il I ciclo di Gestione.

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

della successiva variante di approfondimento, che richiede comunque tempi medio-lunghi. In tale contesto potranno trovare utile collocazione soltanto le successive proposte di variante eventualmente avanzate dai Comuni e non contenute nelle vigenti mappe PGRA.

In tale scenario, ai fini della configurazione della proposta di aggiornamento, e dovendo contemperare le opposte esigenze rappresentate, le aree relative alla ID n.4 verranno perimetrare complessivamente come **aree di attenzione PGRA**. Su tali aree all'atto dell'adozione del progetto di variante di aggiornamento saranno adottate specifiche **misure di salvaguardia**, ai sensi dell'art.65 comma 7 del D.lgs. 152/2006 fino all'adozione delle varianti di approfondimento e comunque per non più di tre anni.

Tabella 1 – Quadro sintetico delle modifiche da inserire.

ID	Cod. UoM	Procedimento aggiornamento	Proponente oggetto	tipo	Aggiornamento PAI 2001
1	ITI016/ ITR181	richiesta ripermetrazione (ID 1)	Comune di Catanzaro T.Fiumarella Catanzaro Lido	4b	no
2	ITI016/ ITR181	richiesta ripermetrazione (ID 8)	Comuni di Isca (CZ) e Badolato (CZ)	4a	si
3	ITI016/ ITR181	richiesta ripermetrazione (ID 7)	Comune di S Luca	4a	si
4	ITI016/ ITR181	aggiornamento PAI 2016	ABR Calabria	2	Come aree di attenzione PGRA con MdS
5	ITI016/ ITR181	Evento alluvionale 2015 Comune di Corigliano-Rossano	ABR Calabria Tribunale di Castrovillari	2	si

Il progetto di variante del PAI è rappresentato negli elaborati grafici cod. RC0Y00R10C4ID0002001C e RC0Y00R10C4ID0002002C del presente PFTE, di cui si riportano tre stralci planimetrici in Figura 1, Figura 2, Figura 3.

Come si evince da tali figure le tratte oggetto di intervento della linea ferroviaria Lamezia-Settingiano attraversano, nella quasi totalità dei casi, quelle che nel progetto di variante del PAI sono classificate come "Aree di attenzione PGRA" alle quali si applicano le disposizioni di cui agli artt. 4 e 5 delle Misura di Salvaguardia adottate con DS n. 540 del 13/10/2020, che resteranno in vigore fino all'approvazione delle varianti di approfondimento (e comunque non oltre tre anni) e quindi escluse dalla disciplina delle norme di attuazione dei PAI anche successivamente all'approvazione delle variante di aggiornamento.

Per quanto riguarda le interferenze IN250 (VI01), IN470 (VI06) e IN510 (VI03) esse riguardano corsi d'acqua che risultano caratterizzati da un rischio idraulico di tipo R4, disciplinato all'art. 21 delle Norme di Attuazione del PAI. In particolare, la IN250 riguarda il T. Cannello, affluente in destra idraulica del fiume Amato, mentre le IN470 (VI06) e IN510 (VI03) riguardano il fiume Fallaco.

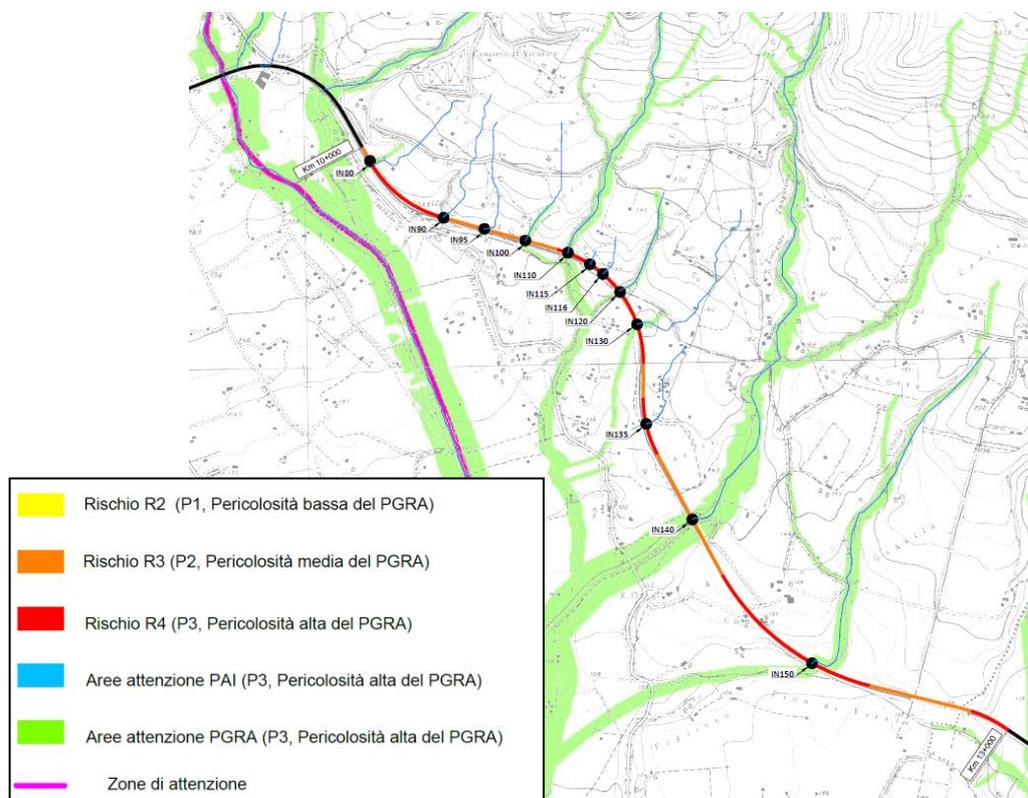


Figura 1 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020), km 10+000÷13+000.

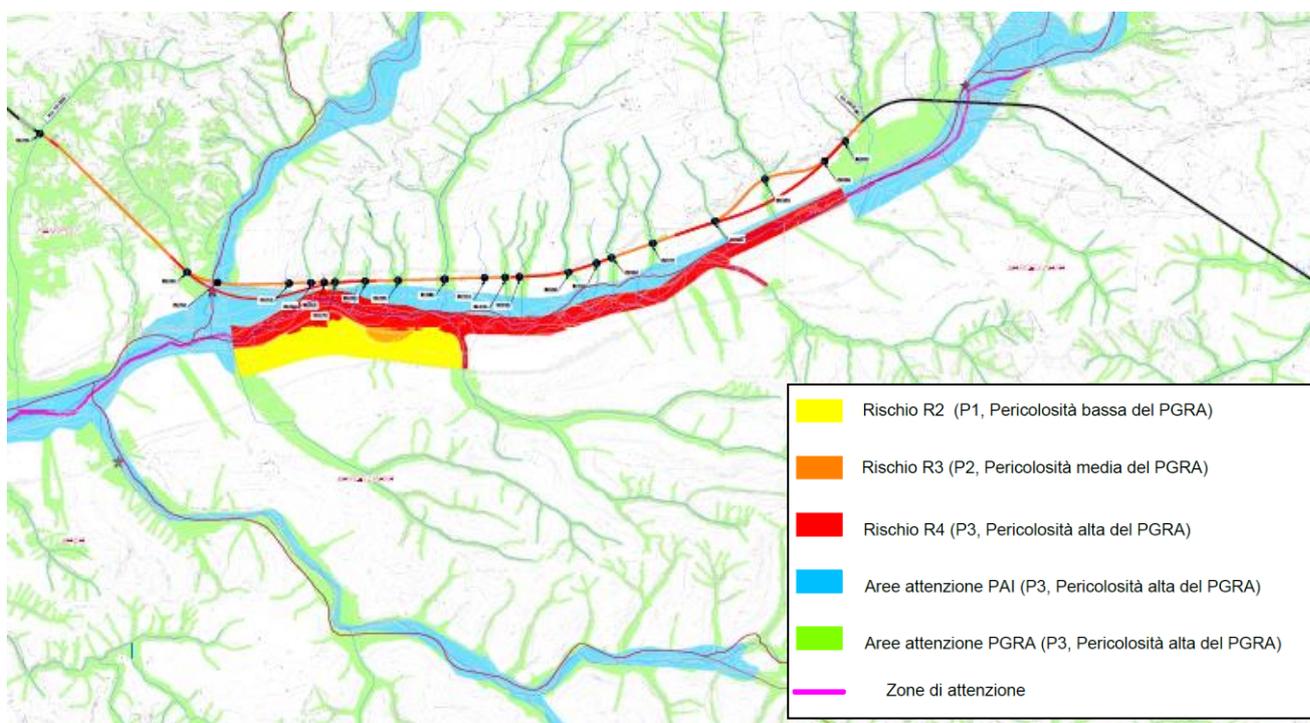


Figura 2 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020), km 18+806 e 19+000÷24+000.

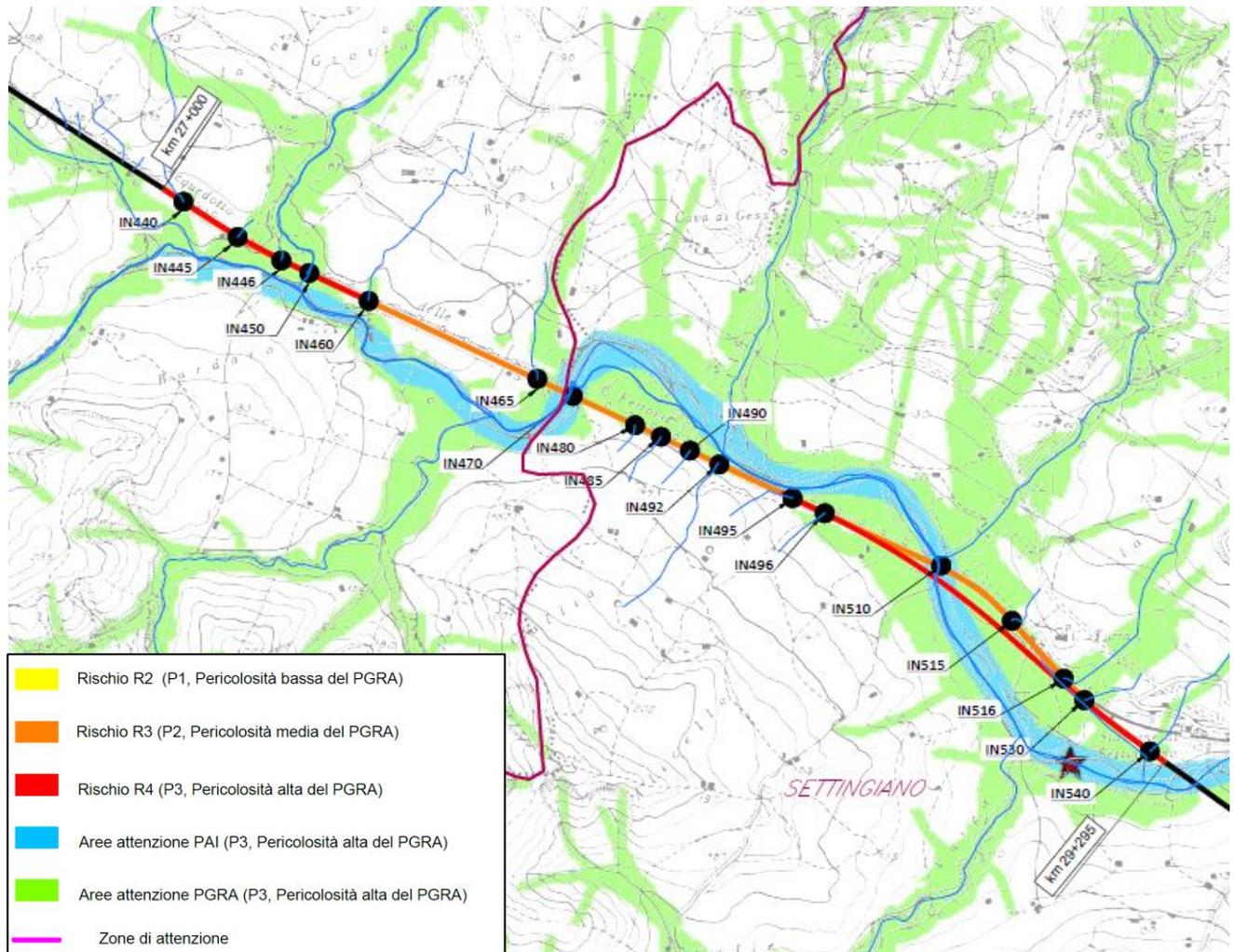


Figura 3 – Perimetrazione aree a rischio idraulico - Progetto di variante PAI (2020). Lotto 2, km 27+000÷28+000.

3 INQUADRAMENTO DEI BACINI IMBRIFERI

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche dei sottobacini imbriferi interessati dall'intervento, in corrispondenza delle sezioni di chiusura per le verifiche degli attraversamenti.

Ad ogni bacino è stato attribuito lo stesso codice del corrispondente manufatto. Nella Tabella 2 viene riportato, per ogni sottobacino, la superficie, la lunghezza dell'asta, la quota della sezione di chiusura, la quota massima e media del bacino ed infine la pendenza media dell'asta principale. Il modello digitale del terreno dell'area di studio, con l'indicazione della rete idrografica principale e la suddivisione in sottobacini è riportato in Figura 4.

Tabella 2 – Interferenze e caratteristiche dei bacini afferenti

Sottobacini (IN)	L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax bacino [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta [m/m]	H1 quota max asta [m.s.m.m.]	d (dislivello asta principale) [m]
IN80	0.43	0.13	324.84	169.61	201	9.43	210.12	40.51
IN90	0.50	0.09	326.63	161.34	208	11.47	218.53	57.19
IN95	0.4	0.1	292.3	155.87	203	12.46	209.97	54.1
IN100	0.44	0.08	240.78	154.8	201	14.53	219.49	64.69
IN110	1.04	0.45	506.39	151.03	309	18.42	343.04	192.01
IN115	0.05	0.004	188.91	152.29	167	27.81	166.25	13.96
IN116	0.14	0.02	197.30	148.41	176	22.58	183.83	35.42
IN120	0.39	0.25	388.14	148.13	223	12.97	198.07	49.94
IN130	0.65	0.13	205.82	146.70	172	8.64	202.64	55.94
IN135	0.33	0.07	165.00	139.09	152	3.90	153.66	14.57
IN140	6.21	5.39	1030.15	130.26	542	13.42	967.63	837.37
IN150	1.35	1.00	363.22	124.74	172	5.65	200.62	75.88
IN230 (VI04)	1.21	0.51	234.4	108.46	171	5.42	174.4	65.94
IN240	1.23	0.42	230.17	100.29	162	8.46	204.69	104.40
IN255	0.13	0.01	162.05	99.30	137	39.54	149.05	49.75
IN260	0.44	0.09	202.08	94.80	146	11.86	146.55	51.75
IN265	0.06	0.01	166.96	98.02	125	31.00	116.34	18.32
IN270	0.34	0.08	218.66	96.26	145	16.12	150.78	54.52
IN280	0.23	0.03	161.80	97.76	120	24.08	153.11	55.35
IN290	0.49	0.15	227.48	100.49	153	12.08	158.95	58.46
IN300 (VI07)	1.98	1.06	314.32	102.96	190	9.04	282.7	179.74
IN310	0.34	0.05	170	105.49	122	15.33	160.36	54.87
IN320	0.53	0.10	213.68	108.75	153	14.44	186.20	77.45
IN330	0.48	0.09	209.62	110.48	145	14.76	181.66	71.18
IN340	1.14	0.27	274.34	113.15	188	11.27	241.29	128.14
IN350	0.28	0.02	186.07	114.92	143	22.51	178.17	63.25
IN360	0.72	0.10	260.13	116.01	180	15.79	230.87	114.86
IN370	0.67	0.25	273.83	118.23	173	15.51	223.09	104.86

Sottobacini (IN)	L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax bacino [m.s.m.m.]	HO (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta [m/m]	H1 quota max asta [m.s.m.m.]	d (dislivello asta principale) [m]
IN380	0.41	0.08	273.71	125.08	173	15.00	185.73	60.65
IN385	1.72	0.99	337.51	126.88	222	9.28	289.20	162.32
IN386	0.06	0.02	159.69	134.70	145	5.25	139.66	4.96
IN390	0.60	0.12	214.28	135.5	165	11.29	200.2	64.7
IN440	1.06	0.93	299.79	151.04	229	8.72	245.13	94.09
IN445	0.05	0.01	161.83	148.30	152	3.82	151.23	2.93
IN446	0.03	0.0027	150.46	144.50	146	5.03	146.15	1.65
IN450 (VI05)	3.26	2.20	540.20	143.22	288	10.03	470.10	326.88
IN460	0.43	0.05	191.14	142.31	164	9.24	181.75	39.44
IN465	0.24	0.27	257.18	133.96	183	5.58	148.68	14.72
IN480	0.06	0.01	168.64	129.76	148	17.24	142.12	12.36
IN485	0.11	0.01	169.32	129.17	149	18.49	149.92	20.75
IN490	0.09	0.01	155.11	127.65	143	22.87	148.15	20.50
IN492	0.36	0.1	252.17	125.86	179	13.03	172.35	46.49
IN495	0.14	0.01	145.00	120.71	134	14.35	140.87	20.16
IN496	0.12	0.06	210.94	120.22	159	7.47	129.95	9.73
IN515	0.10	0.02	144.39	113.01	123	12.91	126.19	13.18
IN516	0.48	0.10	198.36	109.88	146	11.46	165.06	55.18
IN530	0.13	0.02	124.33	107.26	117	10.08	123.23	15.97
IN540	0.45	0.10	230.79	104.13	156	13.66	166.64	62.51

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Figura 5 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per modellazione 1D nel tratto km 18+806÷24 (in giallo le interferenze studiate).

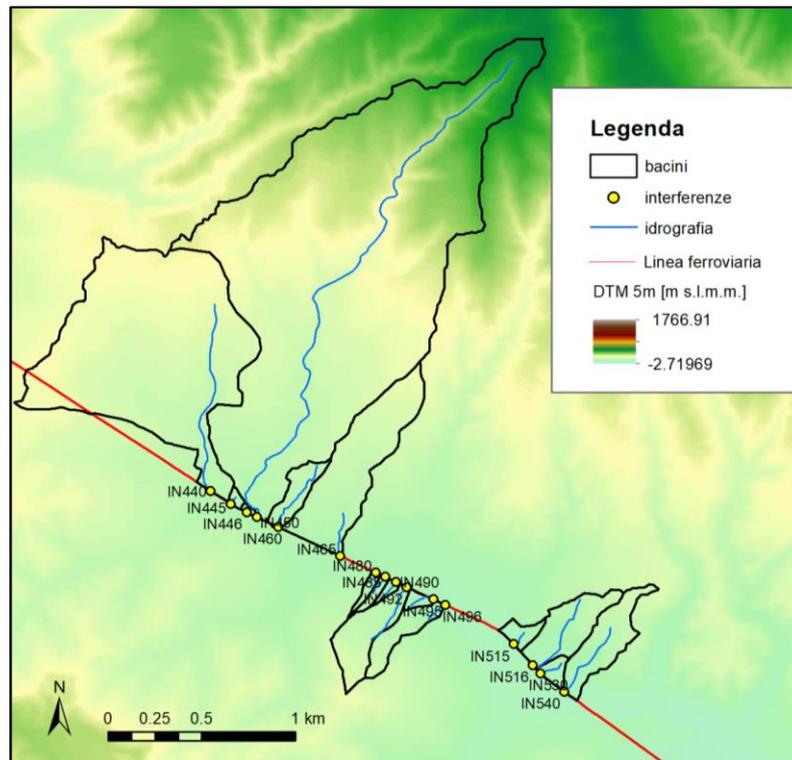


Figura 6 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per modellazione 1D nel tratto km 27÷29 (in giallo le interferenze studiate).

Con riferimento al fiume Amato e del fiume Fallaco, i quali sono stati studiati mediante modello idraulico a moto vario bidimensionale, sono state ricavate le caratteristiche dei sottobacini per i quali sono stati poi ottenuti gli idrogrammi di piena, mediante modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi HEC-HMS (cfr. § 5.6),, da utilizzare come condizioni al contorno dei modelli idraulici. In questo caso, la sezione di chiusura di ogni sottobacino non necessariamente coincide con un'interferenza con la linea ferroviaria. In Tabella 3 e in Tabella 4 sono riportati, rispettivamente per i sottobacini del fiume Amato e del Fallaco: la superficie, la lunghezza dell'asta, la quota della sezione di chiusura, la quota massima e media del bacino ed infine la pendenza media dell'asta principale. In ciascuna tabella sono inoltre riportate le caratteristiche del bacino complessivo.

Nelle figure seguenti sono, infine, riportati Il modello digitale del terreno dell'area di studio con l'indicazione della rete idrografica principale e la suddivisione in sottobacini per il fiume Amato (Figura 7) e per il fiume Fallaco (Figura 8).

Tabella 3– Caratteristiche dei bacini del fiume Amato

Sottobacini (IN)	L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax bacino [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta [%]	H1 quota max asta [m.s.m.m.]	d (dislivello asta principale) [m]
A1	10.53	17.59	1038.70	92.26	484.74	7.02	831.08	738.82
A2	30.42	126.97	1383.17	75.65	694.4296	4.30	1143.91	1068.26

A totale	30.42	144.56	1383.17	75.65	668.92	3.51	1143.91	1068.26
----------	-------	--------	---------	-------	--------	------	---------	---------

Tabella 4 – Caratteristiche dei bacini del fiume Fallaco

Sottobacini (IN)	L. asta [km]	Sup. bacino [km ²]	Hmax bacino [m.s.m.m.]	H0 (sez. chiusura) [m.s.m.m.]	H media bacino [m.s.m.m.]	i asta [%]	H1 quota max asta [m.s.m.m.]	d (dislivello asta principale) [m]
B1	1.29	0.46	280.00	145.97	212.58	8.17	250.91	104.94
B2	2.04	1.37	378.34	145.54	232.07	9.91	348.13	202.59
B3	3.29	2.19	540.20	140.00	287.92	10.02	470.10	330.10
B4	2.41	1.04	540.20	137.79	222.09	16.72	348.13	210.34
B5	1.47	1.43	375.00	130.05	228.82	4.18	191.52	61.47
B6	0.97	0.57	263.48	120.06	162.93	14.73	253.00	132.94
B7	4.60	2.43	669.25	120.06	382.01	10.77	615.03	494.97
B8	1.97	0.81	395.83	113.43	228.92	13.05	370.95	257.52
B9	0.54	0.47	255.16	113.43	160.75	26.31	120.00	6.57
B10	2.53	2.05	508.70	104.76	200.71	15.95	367.23	262.47
B11	3.40	1.46	508.70	94.07	249.93	12.19	487.15	393.08
B totale	5.21	14.29	669.25	94.07	256.50	4.88	348.13	254.06

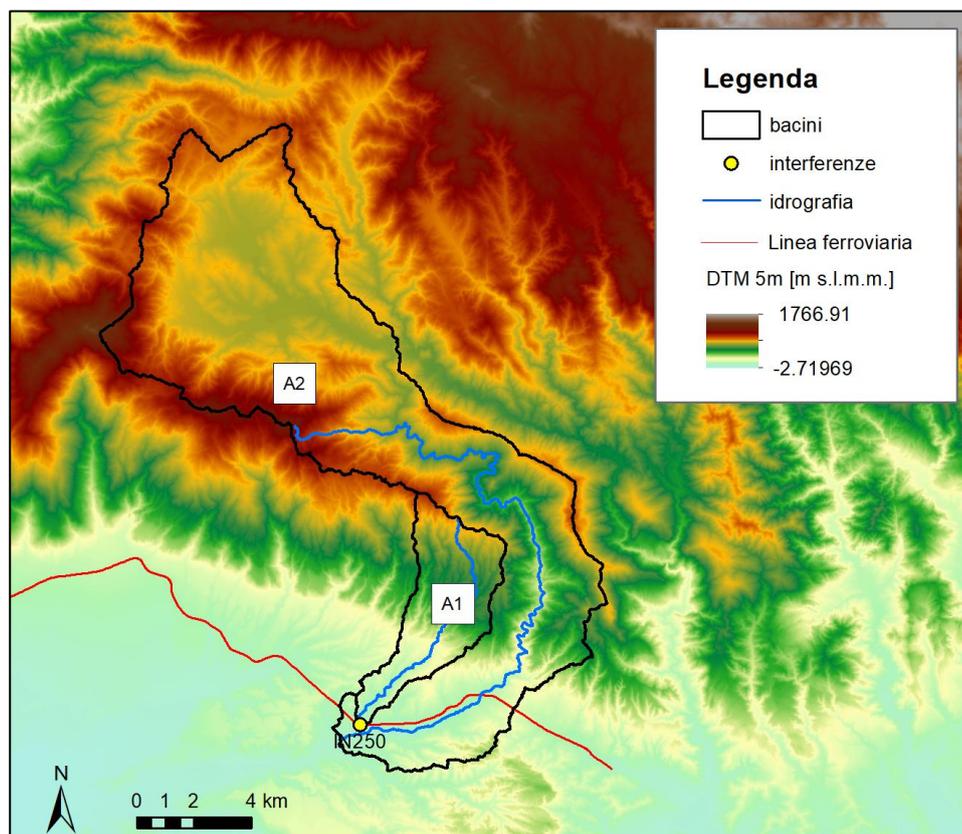


Figura 7 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per la modellazione 2D del fiume Amato.

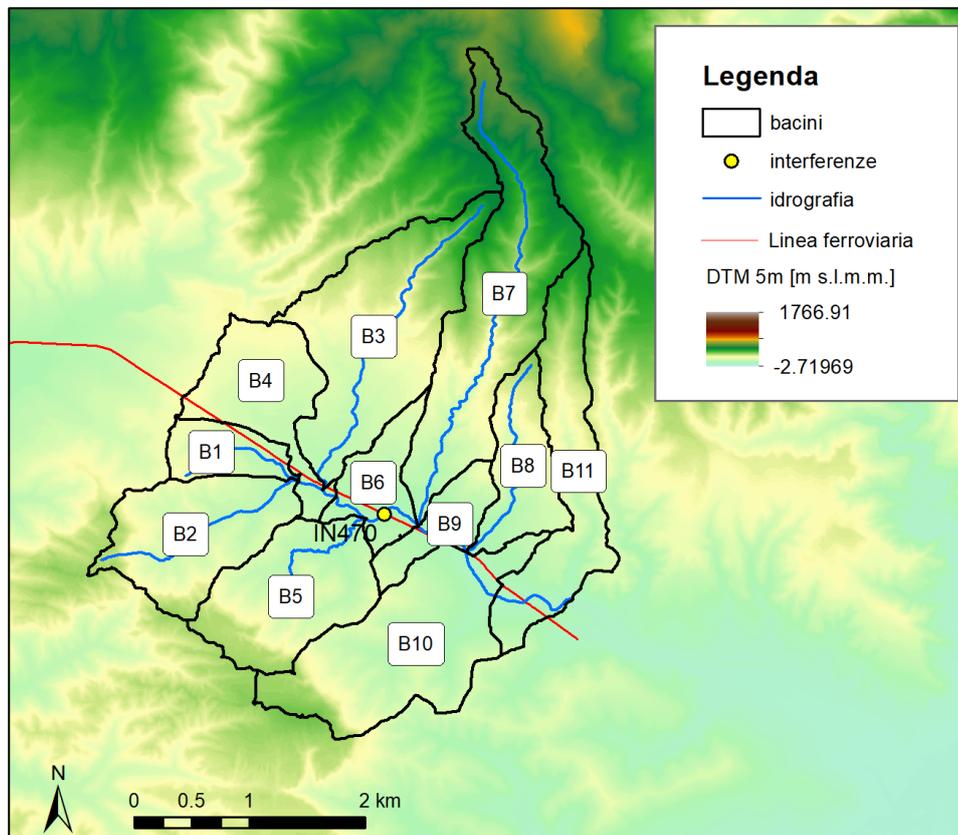


Figura 8 – Idrografia principale e suddivisione in sottobacini per la modellazione 2D del fiume Fallaco.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

4 ANALISI PLUVIOMETRICA

4.1 IL METODO 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:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Introducendo la variabile ridotta y :

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

si ha la forma canonica:

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

I parametri α 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:

$$F_i = \frac{i}{N+1} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

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:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right] \quad (\text{Eq. 4.3})$$

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

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

La stima dei parametri α 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 α e u le espressioni:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

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:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r} \quad (\text{Eq. 4.4})$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right] \quad (\text{Eq. 4.5})$$

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:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r)\tau^n \quad (\text{Eq. 4.6})$$

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:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a\tau^{n-1} \quad (\text{Eq. 4.7})$$

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.

$$\log h = \log a + n \log \tau \quad (\text{Eq. 4.8})$$

4.1.1 Stazioni pluviometriche di riferimento

Per identificare le stazioni pluviometriche di riferimento per l'analisi delle piogge, e di conseguenza per il calcolo delle portate di ogni bacino idrografico individuato nell'analisi idrografica effettuata nel capitolo precedente, sono state prese in considerazione le stazioni di misura più vicine alla zona di studio.

Inoltre, in base al numero di anni di misurazioni, le stazioni di misura di interesse per la presente analisi idrologica sono risultate essere le seguenti: Gimigliano (ID 1910), Tiriolo (ID 2890), Lamezia-Nicastro (ID 2940).

Si è quindi proceduto a ripartire il territorio di studio in aree di competenza relative alle stazioni vicine. Per questo scopo, è stato utilizzato il metodo geometrico dei reticoli di Thiessen. Con questo approccio si definisce il punto di mezzo dei segmenti che collegano una stazione con quella contigua e da questo punto si traccia la normale fino ad incontrare la normale relativa ad un'altra congiungente. L'area così delimitata è associata agli eventi che si sono verificati nella stazione posta all'interno del poligono.

A tutti i bacini individuati sono state assegnate una o più stazioni pluviometriche di riferimento secondo la metodologia sopra descritta e rappresentata in Figura 9.

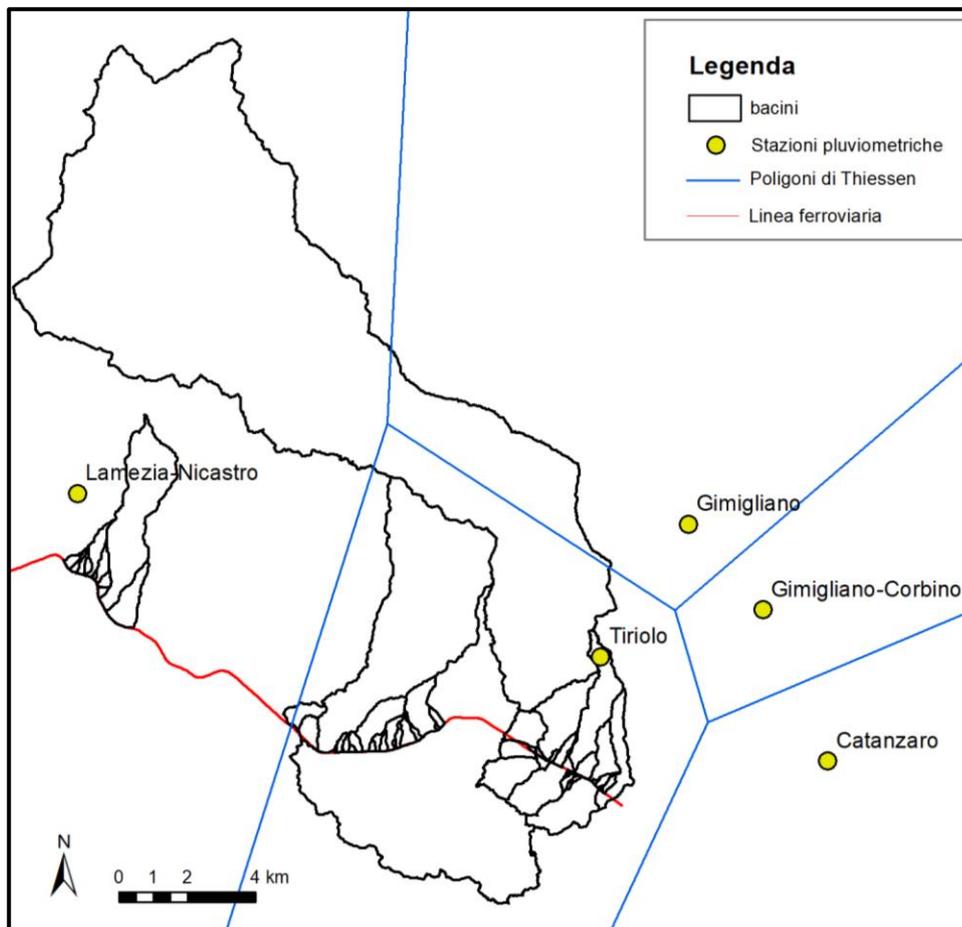


Figura 9 – Poligoni di Thiessen per le stazioni pluviometriche di riferimento e indicazione dei sottobacini.

Nel caso di bacini la cui superficie ricade all'interno dei poligoni di Thiessen di diverse stazioni pluviometriche l'altezza di pioggia è stata calcolata come media pesata delle altezze di pioggia delle singole stazioni.

I dati idrologici disponibili per l'analisi pluviometrica sono quelli degli Annali Idrologici; sono stati scaricati dal sito dell'ARPA Calabria - Centro Funzionale Multirischi (<http://www.cfd.calabria.it/>).

Di seguito si riportano i risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel per le stazioni di:

- Gimigliano ---> 30 anni di dati disponibili, compresi nel periodo 1960÷2016
- Tiriolo ---> 56 anni di dati disponibili, compresi nel periodo 1941÷2015
- Lamezia-Nicastro ---> 19 anni di dati disponibili, compresi nel periodo 1992÷2015

La Tabella 5 contiene i parametri delle curve di possibilità pluviometrica a ed n per diversi tempi di ritorno.

Tabella 5 - Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica con il metodo di Gumbel ($t = 1, 3, 6, 12, 24$ ore)

Tr	Gimigliano		Tiriolo		Lamezia-Nicastro	
	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n
2	29.7	0.404	32.2	0.366	25.8	0.354
5	46.3	0.371	47.2	0.362	33.7	0.365
10	57.3	0.359	57.1	0.360	39.0	0.370
20	67.9	0.350	66.5	0.359	44.0	0.373
30	74.0	0.347	72.0	0.358	46.9	0.375

Tr	Gimigliano		Tiriolo		Lamezia-Nicastro	
	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n	a [mm/ore ⁿ]	n
40	78.3	0.344	75.8	0.358	48.9	0.376
50	81.6	0.343	78.8	0.357	50.5	0.377
100	91.9	0.338	88.0	0.357	55.4	0.379
200	102.1	0.335	97.2	0.356	60.2	0.380
300	108.1	0.333	102.5	0.356	63.1	0.381
400	112.3	0.332	106.3	0.356	65.1	0.382
500	115.6	0.331	109.3	0.356	66.6	0.382
1000	125.8	0.329	118.4	0.355	71.5	0.383

4.2 METODO VAPI

La metodologia di regionalizzazione delle piogge individua la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio e nasce con lo scopo di superare le criticità legate alla limitata numerosità e spesso alla poca attendibilità, al fine di elaborazioni statistiche, dei dati raccolti dalla rete di pluviometri ordinari.

Il progetto VAPI (Valutazione Piene) sviluppato dal *Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche* (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche [CNR, 1994], ha avuto l'obiettivo di regionalizzare le piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei.

Per la regione Calabria, in seguito alla messa in funzione dagli anni '90 di una rete di pluviometri registratori sull'intero territorio regionale e alla raccolta di dati pluviometrici a elevata risoluzione temporale per un certo numero di anni, si è provveduto a un aggiornamento dei risultati riportati nel suddetto progetto.

Lo studio, condotto tra gli altri, dagli stessi autori del VAPI Versace (come responsabile scientifico) e Ferrari, si è dunque basato su *"un database aggiornato delle serie storiche di massimi annuali di precipitazione, giornaliera ed oraria, dal quale si sono ricavate stime ex novo dei parametri regionali, che sono sicuramente preferibili in quanto specifiche dei nuovi dati a disposizione"* (citazione "Studio e sperimentazione di metodologie e tecniche per la mitigazione del rischio idrogeologico. Lotto Progettuale n 7 - Stima delle massime portate al colmo di piena, POR Calabria 2000-2006 – Asse 1 – Risorse naturali. Misura 1.4 – Sistemi insediativi - Attività B: Definizione di procedure standardizzate per l'identificazione dei valori pluviometrici di ingresso" disponibile al seguente indirizzo:

http://www.regione.calabria.it/abr/allegati/studi_ricerca/POR%202000-2006/lotto_7_documentiWEB/monografia_B.pdf

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C



Figura 10 – Versace P., Ferrari E., Gabriele S., Rossi F. (1989) – Valutazione delle piene in Calabria – CNR-IRPI, Cosenza.

In questo capitolo sono descritte brevemente le leggi teoriche utilizzate nei citati studi (TCEV) e i parametri stimati.

4.2.1 Leggi di variazioni dei coefficienti di crescita con periodo di ritorno

Il modello a doppia componente denominato TCEV (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al., 1984) ipotizza che i massimi annuali delle precipitazioni non provengano tutti dalla stessa popolazione, ma da due popolazioni distinte legate a differenti fenomeni meteorologici. Tale ipotesi è peraltro giustificata dalla presenza in quasi tutte le serie storiche di piogge di uno o più valori (outliers) nettamente maggiori degli altri al punto da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La funzione di probabilità cumulata del modello TCEV può essere espressa nella forma:

$$F_x(x) = \exp[-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} \exp(-x/\theta_1 \theta_*)] \quad (\text{Eq. 4.9})$$

È dimostrabile che:

- il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_1 , Λ_* , θ_* ed è quindi indipendente da θ_1
- il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ_* e θ_* ed è quindi indipendente da Λ_1 e θ_1

Il modello TCEV consente di svolgere l'analisi regionale mediante un approccio gerarchico, basato su livelli successivi, tramite il quale si individuano regioni via via meno estese spazialmente, nelle quali è possibile identificare un numero crescente di relazioni tra i parametri della distribuzione ed i fattori climatici e morfologici caratterizzanti i bacini (Fiorentino ed al., 1987).

Il primo livello di regionalizzazione consiste nell'individuare zone omogenee (Z.O.) nelle quali si assume il coefficiente di asimmetria teorico della serie dei massimi annuali costante (Λ_* e θ_* costanti e stimabili). Per la stima dei parametri è stata attuata una procedura di tipo iterativo utilizzando i dati ricadenti in quella zona omogenea, con il metodo della massima verosimiglianza (Maximum likelihood) secondo la procedura proposta da Fiorentino e Gabriele (1985).

Il secondo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione delle sottozone omogenee (S.Z.O.) con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali, oltre al coefficiente di asimmetria, risulta costante anche quello di variazione (Λ_1 , Λ_* , θ_* costanti). La stima del valore regionale del parametro Λ_1 viene effettuata

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

utilizzando i valori di Λ_1 relativi alle singole serie ed ottenuti con le stime vincolate ai parametri Λ_* e θ_* stimati al primo livello di regionalizzazione.

Nella pratica viene utilizzato lo stimatore CV_1 legato a Λ_1 dalla relazione:

$$CV_1 = 0.577 / (\log \Lambda_1 + 0.251) \quad (\text{Eq. 4. 10})$$

Al secondo livello è possibile ottenere anche la variabile Fattore di Crescita (K_T).

Fissati infatti i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata all'interno della sottozona resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno e K_T .

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} * e^{-\eta k / \theta_*})} \quad (\text{Eq. 4. 11})$$

Con:

$$\eta = \frac{\mu}{\theta_1} = \ln(\Lambda_1) + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j * \Lambda_*^j}{j!} \Gamma(j/\theta_*) \quad (\text{Eq. 4. 12})$$

Per la distribuzione TCEV la relazione che fornisca il Fattore di Crescita, fissato un tempo di ritorno, non è ottenibile; pertanto, nelle approssimazioni pratiche, risulta utile la formula semplificata:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{\ln(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln(T) \quad (\text{Eq. 4. 13})$$

Per valori di T (tempo di ritorno) superiori a 10 anni, l'errore nell'uso della formula semplificata è inferiore al 10%.

Per la Calabria sono state individuate n.3 Sottozone Omogenee: Tirrenica, Centrale, Ionica.

Lo studio del POR 2000-2006 ribadisce quanto già indicato nel VAPI per le *piogge brevi* (1-3-6-12-24 ore): vista la ridotta numerosità di serie storiche dotate di dimensione campionaria tale da poter effettuare stime regionali, è stata testata l'ipotesi che, per ogni durata, restino valide le suddivisioni in un'unica ZO e in tre SZO proposte per gli estremi giornalieri, nonché i valori dei parametri regionali.

La procedura seguita nelle verifiche è la stessa già descritta nei livelli di regionalizzazione e i risultati confermano l'ipotesi. È possibile quindi estendere l'applicabilità delle curve di crescita rappresentate dalle equazioni sopra riportate anche per i massimi annuali di pioggia oraria.

4.2.2 Stima del valor medio

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di Aree Pluviometriche Omogenee (APO) per le quali esiste un legame tra i valori medi delle serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano le località in cui sono installate le stazioni di misura.

Per la regione Calabria è stata osservata, all'interno delle aree omogenee, una buona relazione tra media annuale dei massimi giornalieri e la quota. Si ipotizza che per ciascun' area omogenea la relazione tra $m[h_g]$, valore della media annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera, e la quota sul mare Z sia del tipo:

$$m[h_g] = CZ + D \quad (\text{Eq. 4. 14})$$

dove C e D sono due parametri variabili da area a area.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Se si analizzano i valori delle medie del massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata d , $m[h(d)]$, relative alle diverse stazioni che ricadono in un'APO, si nota che per ogni stazione esista, per d compreso tra 1 e 24 ore un legame del tipo:

$$m[h(d)] = a * d^n \quad (\text{Eq. 4. 15})$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito.

È stato osservato infine che il rapporto r tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione e quelli di durata 24 ore varia molto poco tra le diverse stazioni e si distribuisce normalmente con media 0.875 e scarto quadratico medio 0.031.

$$r = m[h_g]/m[h(24)] \quad (\text{Eq. 4. 16})$$

Si può quindi ottenere la stima del parametro "n" della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica sotto le seguenti ipotesi:

- parametro "a" (= $m[h(1)]$) costante in ciascuna area omogenea e pari al valore medio pesato con gli anni di funzionamento per serie di dati con $N \geq 20$ anni;
- r costante in tutta la regione e pari alla media 0.875;
- che valga l'espressione che definisce r in tutta la regione;
- che valga la relazione fra $m[h_g]$ e la quota Z

da cui:

$$n = \frac{CZ + D + \text{Log}(r) - \text{Log}(a)}{\text{Log}(24)} \quad (\text{Eq. 4. 17})$$

La Calabria è stata suddivisa in 13 Aree Pluviometriche Omogenee (APO) per le quali sono stati forniti i valori del parametro 'a' della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e i parametri C e D dell'espressione riportata sopra (vedere Tabella 6).

Tabella 6 – Elementi caratteristici delle Aree Pluviometriche Omogenee - VAPI.

AREA PLUVIOMETRICA OMOGENEA		"a"	C	D
T1	(Pollino)	27.79	0.00014	1.907
T2	(Sila grande – sottozona tirrenica)	23.75	0.00021	1.683
T3	(Alto e medio Tirreno)	26.61	0.00022	1.769
T4	(Stretto)	26.73	0.00028	1.736
C1	(Basso Crati)	21.73	0.00049	1.690
C2	(Sila grande – sottozona centrale)	23.75	0.00021	1.683
C3	(Sila greca)	31.02	0.00016	1.951
C4	(Sila piccola)	33.22	0.00032	1.840
C5	(Serre orientali)	34.99	0.00036	1.815
I1	(Alto Ionio)	24.37	0.00026	1.778
I2	(Marchesato)	30.97	0.00025	1.922
I3	(Medio e basso Ionio)	39.58	0.00043	1.953
I4	(Aspromonte merid.)	34.13	0.00027	1.817

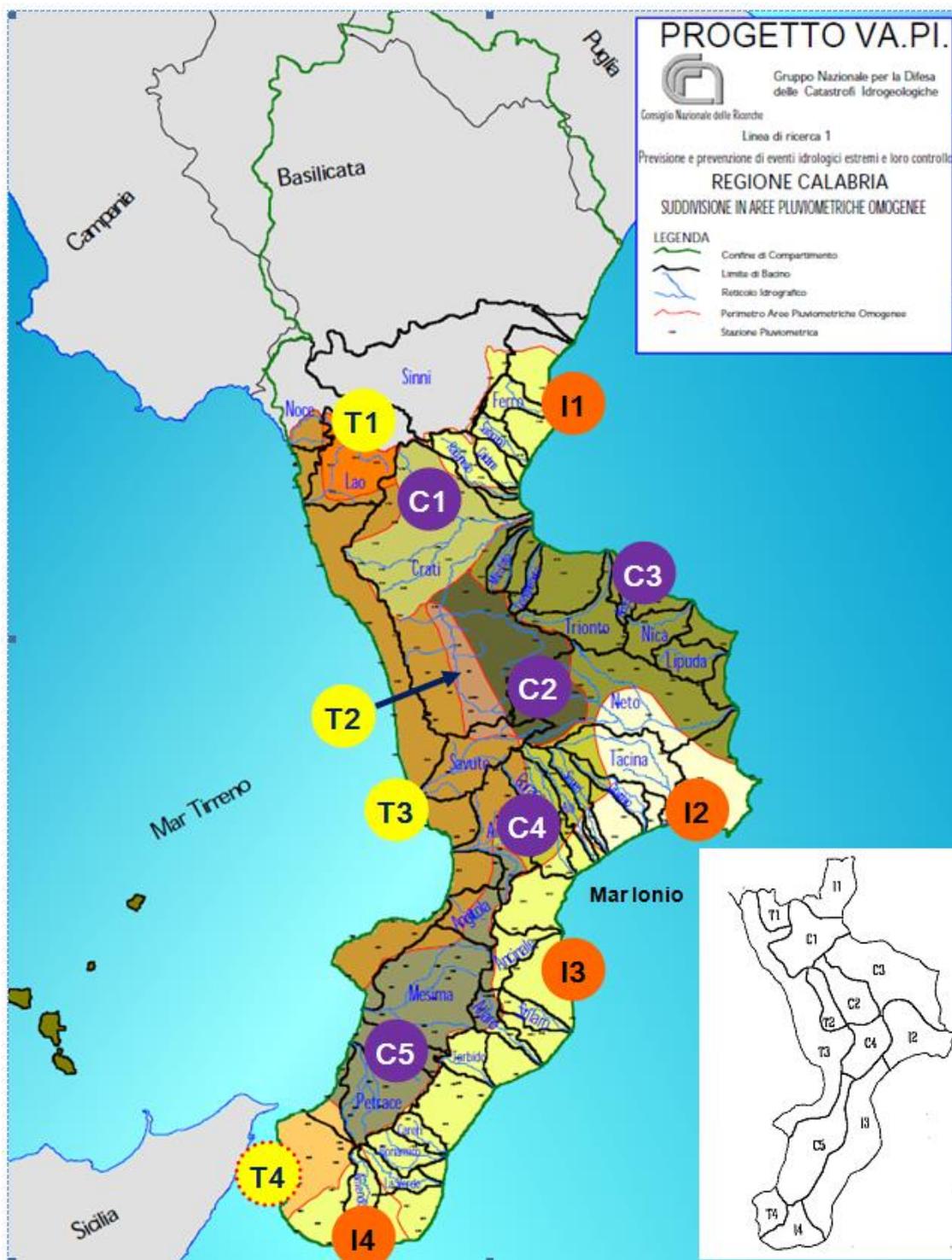


Figura 11 – Suddivisione regione Calabria in 13 Aree Pluviometriche Omogenee (APO)- VAPI

4.2.3 Piogge areali

Per passare dall'informazione puntuale a quella areale, la stima può essere fatta a rigore solo disponendo delle serie storiche costituite dai massimi annuali delle piogge di durata d sull'area in esame.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

In assenza di tali dati, una stima può essere data dalla relazione interpolatrice proposta nel Rapporto Calabria (indagine sull'andamento areale delle piogge giornaliere condotte sul bacino del fiume Crati (Battista, 1988; Pascuzzi e Catalano, 1988; Catalano et al., 1989) con risultati analoghi allo studio condotto da Penta per i bacini del versante Ionico della Basilicata, e suggerita nel VAPI:

$$ARF = a + (1 - a) * e^{(-bA)} \quad (\text{Eq. 4.18})$$

con:

- ARF=fattore di riduzione areale di seguito indicato con Kr;
- a parametro calcolato con il metodo dei minimi quadrati che assume il valore 0.732;
- b parametro calcolato con il metodo dei minimi quadrati che assume il valore 0.0018;
- A superficie in km².

Nel caso in esame, essendo i bacini di dimensione limitata il coefficiente di riduzione areale è sempre prossimo all'unità.

4.2.4 Sintesi elaborazioni statistiche per l'area oggetto di studio

Al primo livello di regionalizzazione, sotto l'ipotesi che la Calabria possa ancora essere considerata un'unica zona omogenea (come descritto nel VAPI) sono state considerate, nello studio citato POR 2000-2006, le stazioni pluviometriche caratterizzate da una dimensione campionaria $N \geq 45$ anni, per un totale di 195 serie storiche (invece delle 53 utilizzate nel VAPI)

I risultati ottenuti sono:

$$\theta_* = 2.168$$

$$\Lambda_* = 0.449$$

Tali valori sono stati confermati da una verifica di omogeneità dell'intera regione per 239 stazioni con dimensione campionaria $N \geq 20$ anni tramite Tecniche Montecarlo ottenendo intervalli di confidenza, per ogni stazione, ad un livello di significatività del 5% del coefficiente di asimmetria. Il risultato ottenuto ha condotto a non rigettare l'ipotesi che la Calabria sia una zona statisticamente omogenea.

Al secondo livello di regionalizzazione si ipotizzano valide le suddivisioni in sottozone omogenee proposte dal rapporto VAPI Calabria, ovvero SZO Tirrenica, Centrale e Ionica e per ognuna di esse è stato stimato il valore del parametro regionale Λ_1 secondo la medesima procedura del livello superiore. Anche la verifica dell'omogeneità delle sottozone ha condotto a non rigettare l'ipotesi di tale suddivisione.

I risultati forniti nello studio nell'ambito del POR 2000-2006 sono:

Tabella 7– Stima dei parametri regionali al secondo livello.

	SZO T	SZO C	SZO I
Λ_1	36	16.687	10.341
η	4.929	4.159	3.681

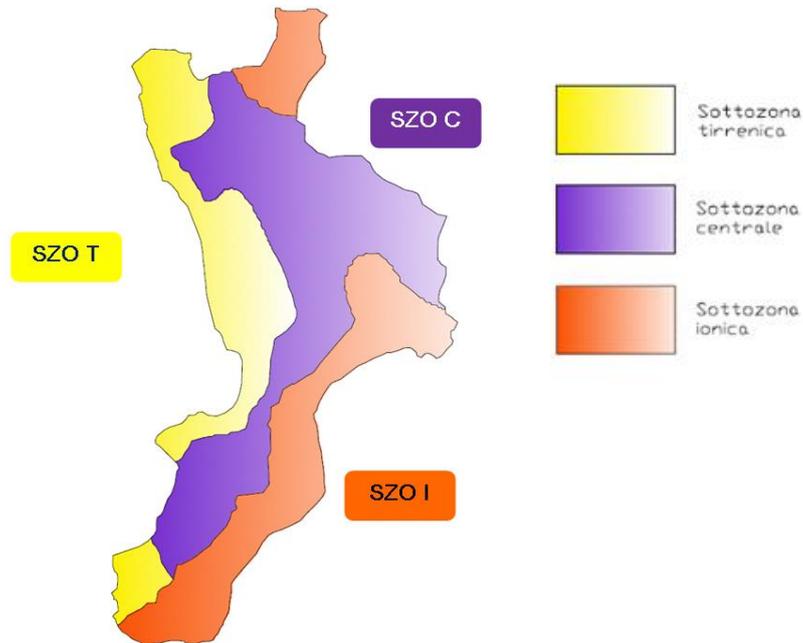


Figura 12 – Suddivisione regione Calabria in 3 Sottozone pluviometriche omogenee

Con tali valori, le espressioni di $F_k(k)$ diventano:

$$F_k(k) = \exp[-36\exp(-4.929k) - 2.345\exp(-2.274k)] \quad \text{SZO T}$$

$$F_k(k) = \exp[-16.687\exp(-4.159k) - 1.645\exp(-1.918k)] \quad \text{SZO C}$$

$$F_k(k) = \exp[-10.341\exp(-3.681k) - 1.319\exp(-1.698k)] \quad \text{SZO I}$$

Dallo studio sopra citato vengono forniti i valori di K_T per i tempi di ritorno T di 50-100-200-500 anni:

Tabella 8– Valori dei fattori di crescita (T=50-100-200-500) per le tre sottozone.

	T [anni]			
	50	100	200	500
T	2.12	2.41	2.71	3.11
C	2.32	2.67	3.03	3.50
I	2.49	2.89	3.29	3.83

La formula semplificata fornita nel VAPI di seguito riportata:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \text{Ln}(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{\text{Ln}(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln}(T) \quad (\text{Eq. 4. 19})$$

diviene:

$$K_T (\text{SZO Tirrenica}) = 0.3748 + 0.4398 \text{Ln}(T)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

$$K_T (\text{SZO Centrale}) = 0.2594 + 0.5213 \ln(T)$$

$$K_T (\text{SZO Ionica}) = 0.1630 + 0.5890 \ln(T)$$

Tabella 9– Fattori di crescita calcolati con la formula semplificata.

K_T	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
SZO T	0.68	1.08	1.39	1.69	1.79	2.00	2.10	2.40	2.71	3.11	3.41
SZO C	0.62	1.10	1.46	1.82	1.94	2.18	2.30	2.66	3.02	3.50	3.86
SZO I	0.57	1.11	1.52	1.93	2.06	2.34	2.47	2.88	3.28	3.82	4.23
parametri TCEV studio POR 2000- 2006								ϑ^*	Λ^*	Λ_1	η
								2.168	0.449	36	4.929
										16.687	4.159
										10.341	3.681

Al *terzo livello di regionalizzazione*, identificate le zone APO di interesse, si ottengono le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in funzione della quota media del bacino considerato.

L'area di intervento ricade nelle APO T3 e C4, i cui parametri sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 10– Parametri caratteristici terzo livello di regionalizzazione area in esame.

APO		"a"	C	D	r
T₃	Alto e medio Tirreno	26.61	0.00022	1.769	0.875
C₄	Sila piccola	33.22	0.00032	1.84	0.875

Per calcolare il parametro "a" della curva per i differenti tempi di ritorno si utilizzano i fattori di crescita K_T calcolati con la formula semplificata suggerita nel VAPI, ottenendo per l'area di interesse:

Tabella 11– Valori del parametro a della curva segnalatrice per l'APO T3, per i diversi tempi di ritorno considerati.

TR (anni)	50	100	200	500
$K_t (T)$	2.1	2.4	2.71	3.11
"a"	55.9	63.9	72.1	82.8

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Tabella 12– Valori del parametro a della curva segnalatrice per l'APO C4, per i diversi tempi di ritorno considerati.

TR (anni)	50	100	200	500
Kt (T)	2.3	2.66	3.02	3.5
"a"	76.4	88.4	100.3	116.3

Essendo la quota media Z differente per ognuno dei diversi bacini in esame, il parametro "n" della curva segnalatrice, è stato calcolato per ogni bacino utilizzando la seguente espressione e i termini riportati nella Tabella 10:

$$n = \frac{CZ + D + \text{Log}(r) + \text{Log}(a)}{\text{Log}(24)} \quad (\text{Eq. 4. 20})$$

4.3 DEFINIZIONE DELLE ALTEZZE DI PIOGGIA PER EVENTI CON DURATA INFERIORE ALL'ORA

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

$$r_0 = \frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = f(t) \quad (\text{Eq. 4. 21})$$

avendo indicato con f un simbolo funzionale.

Studi successivi hanno dimostrato che il legame funzionale della precedente equazione può essere espresso nella semplice forma:

$$r_0 = \frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.208 \cdot t^{0.386} \quad (\text{Eq. 4. 22})$$

In cui t è la durata dell'evento meteorico di durata inferiore all'ora, espressa in minuti.

5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

5.1 IL METODO CINEMATICO O RAZIONALE

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di limitata estensione. In questo studio, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena corrispondente ad un fissato periodo di ritorno (T_r) per bacini aventi superficie $\leq 10 \text{ km}^2$.

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

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

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = 278 \frac{\phi \cdot S \cdot h}{\tau_c} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

in cui:

- Q = portata di piena [m^3/sec];
- ϕ = coefficiente di deflusso;
- h = pioggia netta [m];
- S = area del bacino [km^2];
- τ_c = tempo di corrivazione [ore].

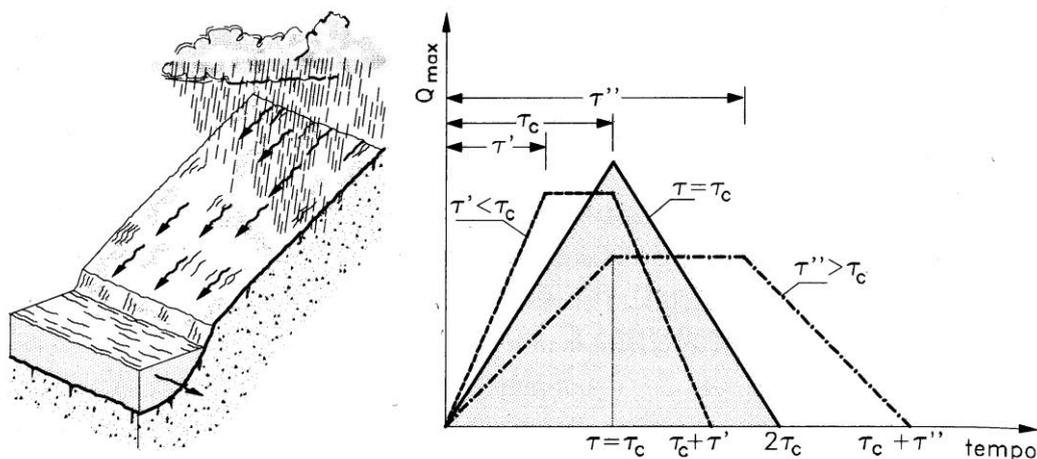


Figura 13 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. In Figura

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

13 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

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

5.2 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il *coefficiente di deflusso* ϕ_m rappresenta un valore medio pesato che tiene conto della diversa natura dei suoli costituenti i bacini in esame; i valori per ciascuna tipologia di suolo sono stati dedotti da letteratura.

In particolare, in considerazione anche delle caratteristiche geologiche dei bacini in esame (suoli impermeabili o mediamente permeabili) sono stati utilizzati i seguenti coefficienti per le diverse classi di uso del suolo (Figura 14) presenti:

Tabella 13– Valori dei coefficienti di deflusso assunti per le diverse classi di uso del suolo.

USO DEL SUOLO	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
Urbanizzato	0.70
Seminativi	0.50
Oliveti	0.45
Pascoli	0.45
Aree eterogenee	0.45
Aree complesse	0.48
Aree miste agricole-naturali	0.45
Bosco latifoglie	0.30
Bosco conifere	0.30
Bosco misto	0.30
Prato naturale non alberato	0.35
Vegetazione sclerofilla	0.40
Aree rinnovate	0.35
Aree nude	0.60
Vegetazione sparsa	0.50
Aree percorse da incendio	0.40

Il valore medio del coefficiente di permeabilità è stato calcolato come media pesata dei coefficienti delle diverse superfici presenti in ogni sottobacino:

$$\phi_m = \frac{\sum_i \phi_i S_i}{S}$$

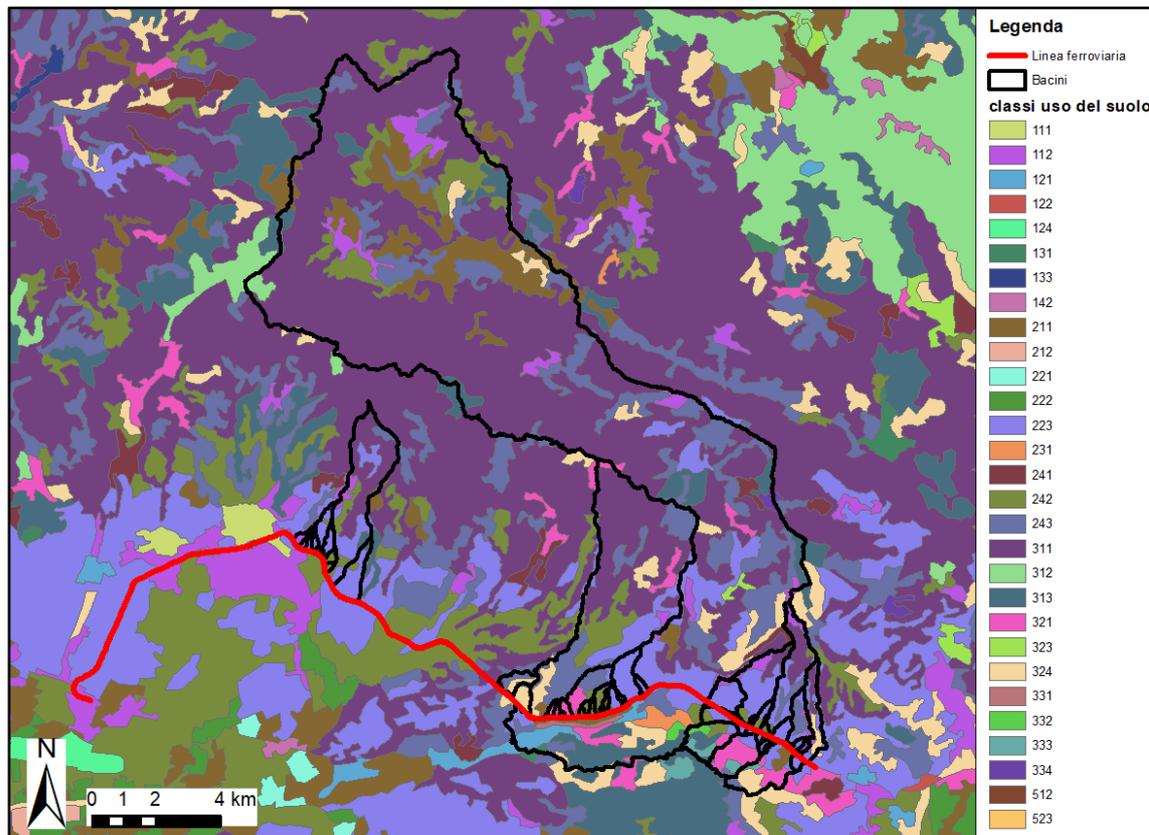


Figura 14 – Coefficienti di uso del suolo nell'area di studio secondo codici standard delle tipologie di uso.

5.3 METODO SCS - CURVE NUMBER

Per bacini aventi superficie > 10 km² la pioggia effettiva EA(t) è stata stimata anche col metodo SCS (Soil Conservation Service, 1972).

Il metodo SCS è largamente impiegato in campo idrologico, soprattutto nel caso di bacini non strumentati, per la sua grande facilità di applicazione e per la sua discreta affidabilità. Esso si basa su un'equazione, sviluppata sull'analisi di eventi pioggia-portata di un gran numero di bacini degli Stati Uniti, e così rappresentabile:

$$\frac{F_a - F_p}{S} = \frac{R^A_E}{R^A - F_p} \quad (Eq. 5.2)$$

con:

- F_a = spessore totale di pioggia ritenuto nel bacino dall'istante t=0 di inizio della pioggia;
- F_p = spessore totale di pioggia ritenuto fra t=0 e l'istante di raggiungimento del ponding;
- S = massima ritenzione potenziale del suolo;
- R^A_E = spessore totale di pioggia effettiva per l'intero evento;
- R^A = spessore totale di pioggia per l'intero evento.

La relazione pone l'uguaglianza tra il rapporto ritenzione/ritenzione massima e il rapporto pioggia effettiva prodotta/massima pioggia effettiva generabile.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

A questa si aggiunge la legge di conservazione della massa d'acqua:

$$R^A = R^A_E + F_a \quad (\text{Eq. 5.3})$$

che sostituita nell'equazione 3.2 fornisce:

$$R^A_E = \frac{(R^A - F_p)^2}{R^A + S - F_p}$$

con F_p che può essere a sua volta sostituito tramite la relazione ricavata sperimentalmente dall' SCS:

$$F_p = 0.2 \cdot S$$

La relazione finale si pone quindi nella forma:

$$R^A_E = \frac{(R^A - 0.2S)^2}{R^A + 0.8S} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

in cui, nota la pioggia media areale e quindi la R^A , l'unico parametro che resta da stimare è S .

Sulla base di considerazioni empiriche, il Soil Conservation Service ha proposto la seguente stima di S :

$$S = \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right) \quad (\text{Eq. 5.5})$$

(con S espresso in mm), in funzione di un parametro adimensionale, CN , indicato come Curve Number.

Il valore di CN varia tra 0 (suoli "infinitamente" permeabili) e 100 (suoli impermeabili) in funzione del tipo di suolo, dell'uso del suolo e del contenuto di acqua iniziale. In particolare sulla base del contenuto d'acqua iniziale, definito in termini di classi di valori del parametro API_5 (indice delle precipitazioni nei cinque giorni antecedenti l'evento), vengono distinte tre categorie di CN : $CN(I)$, $CN(II)$, $CN(III)$, come indicato in *Tabella 14*.

Tabella 14 – Categorie di umidità del suolo in funzione di API_5 (in inch = 2.54 cm).

Categoria di umidità	Stagione con vegetazione ferma	Stagione con vegetazione crescente
I	< 0.5	< 1.4
II	0.5 ÷ 1.1	1.4 ÷ 2.1
III	> 1.1	> 2.1

I valori di $CN(II)$ sono tabulati in funzione del tipo e dell'uso del suolo come indicato in *Tabella 15*; sono distinte quattro categorie di tipo di suolo ordinate dalla A alla D con potenzialità di deflusso crescente (*Tabella 16*).

I valori di $CN(I)$ e $CN(III)$ sono, invece, ricavabili da quelli di $CN(II)$ mediante le seguenti relazioni empiriche:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Tabella 15- Valori di CN(II) in funzione del tipo di suolo e della copertura.

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

Nel caso in esame è stata ricavata una mappa dei CN (sulla base della litologia e dell'uso del suolo) e per ogni bacino è stato ricavato il valore del CN medio.

Si è quindi proceduto alla stima della R_E^A , che rappresenta uno spessore di pioggia effettiva cumulato e dipende dal tempo di ritorno dell'evento.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Tabella 16– Descrizione delle categorie dei tipi di suolo.

Gruppo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende la maggior parte dei suoli sottili e contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione
D	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

Pioggia effettiva – portata diretta

La formula, utilizzata per il calcolo delle portate per bacini idrografici con superficie superiore a 10 km², è stata dedotta con considerazioni di carattere cinematico analoghe a quelle su cui si basa il metodo della corrivazione, ottenendo il valore della portata al colmo di piena in funzione del volume di acqua precipitata sul bacino durante l'evento meteorico.

Se supponiamo che l'idrogramma di piena abbia forma triangolare con tempo di base pari a due volte il tempo di corrivazione (tempo di risalita pari al tempo di discesa pari a t_c) la portata Q_{max} (m³/s) risulta data da:

$$Q_{max} = \frac{V}{t_c} = \frac{R^A E \cdot A}{t_c} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

Con:

- V = Volume onda di piena (m³);
- A = Area del bacino (m²);
- R^AE = spessore totale di pioggia effettiva per l'intero evento (m).

5.4 CALCOLO 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.

Per la stima di tale parametro si è fatto riferimento alle formule indicate nelle già citate *Linee guida* emanate dall'Autorità Regionale di Bacino nell'ambito del P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO. Velocizzazione mediante rettifiche di tracciato					
	RELAZIONE IDROLOGICA	PROGETTO RC0Y	LOTTO 00	CODIFICA R 10 RI	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. C

Calabria, ed in particolare quelle di Giandotti e Viparelli. Non è stata utilizzata la formula di Puglisi e Zanframundo, in quanto le stesse linee guida indicano la sua validità per bacini imbriferi con $43 < A < 94 \text{ km}^2$.

La formula di **Giandotti** (1934), che è una relazione frequentemente utilizzata per la stima del t_c , tiene conto della morfologia del bacino:

$$t_c = \frac{(4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L)}{0.8 \sqrt{(H_m - H_0)}} \quad (\text{Eq. 5.7})$$

con:

- A = area del bacino sottesa alla sezione di calcolo [km^2];
- L = lunghezza del corso d'acqua principale [km];
- H_m = quota media del bacino [m s.m.m.];
- 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 medesimi.

Un'altra equazione indicata dalla *Linee guida* dell'Autorità di Bacino è la formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{v} \quad (\text{Eq. 5.8})$$

Essendo:

- L = lunghezza del corso d'acqua principale [m];
- V = la velocità di scorrimento dell'acqua nel percorso relativo sia ai versanti che alla rete idrografica, ritenuta dall'Autore pari a 1-1.5 m/s.

I valori del tempo di corrivazione ottenuti per i bacini oggetto di indagine utilizzando le diverse formule sono riportati in Tabella 17.

Tabella 17 – Tempi di corrivazione determinati con le diverse formulazioni per i bacini in esame.

Sottobacini (IN)	Superficie [km^2]	Giandotti	Viparelli ($v=1\text{m/s}$)	Viparelli ($v=1.5\text{m/s}$)
IN80	0.13	0.46	0.12	0.08
IN90	0.09	0.36	0.14	0.09
IN95	0.10	0.34	0.11	0.07
IN100	0.08	0.33	0.12	0.08
IN110	0.45	0.42	0.29	0.19
IN115	0.00	0.11	0.01	0.01
IN116	0.02	0.20	0.04	0.03
IN120	0.25	0.37	0.11	0.07
IN130	0.13	0.60	0.18	0.12
IN135	0.07	0.54	0.09	0.06
IN140	5.39	1.15	1.73	1.15
IN150	1.00	1.10	0.37	0.25

Sottobacini (IN)	Superficie [km ²]	Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)
IN230 (VI04)	0.51	0.74	0.34	0.22
IN240	0.42	0.71	0.34	0.23
IN255	0.01	0.13	0.04	0.02
IN260	0.09	0.33	0.12	0.08
IN265	0.01	0.10	0.02	0.01
IN270	0.08	0.29	0.09	0.06
IN280	0.03	0.29	0.06	0.04
IN290	0.15	0.39	0.13	0.09
IN300 (VI07)	1.06	0.95	0.55	0.37
IN310	0.05	0.43	0.09	0.06
IN320	0.10	0.39	0.15	0.10
IN330	0.09	0.41	0.13	0.09
IN340	0.27	0.55	0.32	0.21
IN350	0.02	0.25	0.08	0.05
IN360	0.10	0.37	0.20	0.13
IN370	0.25	0.51	0.18	0.12
IN380	0.08	0.31	0.11	0.08
IN385	0.99	0.84	0.48	0.32
IN386	0.02	0.24	0.02	0.01
IN390	0.12	0.52	0.17	0.11
IN440	0.93	0.77	0.30	0.20
IN445	0.01	0.26	0.01	0.01
IN446	0.0027	0.24	0.01	0.01
IN450 (VI05)	2.20	1.12	0.91	0.60
IN460	0.05	0.4	0.12	0.08
IN465	0.27	0.43	0.07	0.04
IN480	0.01	0.14	0.02	0.01
IN485	0.01	0.16	0.03	0.02
IN490	0.01	0.15	0.02	0.02
IN492	0.10	0.30	0.10	0.07
IN495	0.01	0.21	0.04	0.03
IN496	0.06	0.23	0.03	0.02
IN515	0.02	0.29	0.03	0.02
IN516	0.10	0.41	0.13	0.09
IN530	0.02	0.29	0.04	0.02
IN540	0.10	0.34	0.12	0.08
A1	108.76	3.89	6.46	4.31
A2	17.59	2.06	2.93	1.95
A totale	144.56	4.81	8.45	5.63

Sottobacini (IN)	Superficie [km ²]	Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)
B1	0.46	0.71	0.36	0.24
B2	1.37	1.04	0.57	0.38
B3	2.19	1.12	0.92	0.61
B4	1.04	1.05	0.67	0.45
B5	1.43	0.88	0.41	0.27
B6	0.57	0.86	0.27	0.18
B7	2.43	1.01	1.28	0.85
B8	0.81	0.76	0.55	0.37
B9	0.47	0.65	0.15	0.10
B10	2.05	1.22	0.70	0.47
B11	1.46	1.00	0.94	0.63
B totale	14.29	2.25	1.45	0.96

5.5 CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO PER I BACINI STUDIATI CON IL MODELLO IDRAULICO MONODIMENSIONALE

La valutazione delle portate al colmo per le interferenze con i corsi d'acqua che vengono studiati a moto permanente o uniforme (1D) è stata eseguita utilizzando le altezze di pioggia corrispondenti ad un tempo di ritorno di 5, 50, 100, 200, 300 e 500 anni.

Il Tr200 rappresenta il tempo di ritorno di progetto previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni e dal manuale di progettazione ferroviario.

Il Tr300 rappresenta invece il tempo di ritorno previsto dal manuale di progettazione ferroviario per la verifica di opere di attraversamento che sottendono bacini superiori ai 10 km². I tempi di ritorno pari a 50 e 500 anni sono stati considerati poiché presenti anche negli studi idrologici del PAI/PGRA. Infine, per completezza, sono stati inseriti anche i tempi di ritorno pari a 5, 100 e 300 anni.

Per tutti i bacini è stato applicato il metodo razionale, effettuando il calcolo per i tc stimati con le formule di Giandotti e Viparelli (quest'ultima per v=1m/s e v=1.5m/s).

Nel caso dei bacini il cui studio idrologico è stato effettuato mediante l'implementazione di un modello HEC-HMS (vedi § 5.6) è stato applicato il metodo SCS-CN, nell'ipotesi prevista dalle citate linee guida dell'Autorità di Bacino che gli eventi estremi di piena avvengano in condizioni di terreno pressoché saturo, per precedenti precipitazioni: nella valutazione del CN si sono quindi ritenute, cautelativamente, umide le condizioni antecedenti di umidità del suolo (Antecedent Moisture Conditions, AMC, di tipo III), secondo la classificazione del SCS. Anche in questo caso il calcolo è stato eseguito considerando i tre diversi valori del tc.

In Tabella 18 sono riassunti i valori delle portate al colmo ottenute con il metodo razionale per i diversi sottobacini di superficie ≤ 10km², al variare della metodologia di stima delle altezze di precipitazione (Gumbel e VAPI) e di calcolo del tc (Giandotti, Viparelli con v=1m/s e Viparelli con v=1.5m/s) per un tempo di ritorno pari a 200 anni.

Tabella 18 – Portata al colmo determinata con il metodo razionale per Tr 200 anni.

Interf.	Area bacino [km ²]	Gumbel			VAPI		
		Q [m ³ /s]			Q [m ³ /s]		
		Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)	Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)
IN80	0.13	2.13	4.92	6.31	2.55	5.89	7.56
IN90	0.09	1.31	2.36	3.03	1.57	2.83	3.62
IN95	0.1	1.47	2.92	3.74	1.77	3.49	4.48
IN100	0.08	1.2	2.19	2.81	1.43	2.62	3.36
IN110	0.45	5.82	7.34	9.41	6.96	8.78	11.26
IN115	0.00	0.15	0.56	0.72	0.18	0.67	0.86
IN116	0.02	0.49	1.32	1.70	0.59	1.58	2.03
IN120	0.25	3.48	7.46	9.56	4.17	8.92	11.45
IN130	0.13	1.47	3.09	3.96	1.76	3.69	4.74
IN135	0.07	0.88	2.59	3.32	1.05	3.09	3.97
IN140	5.39	32.27	25.03	32.18	38.08	28.51	37.96
IN150	1.00	6.99	13.54	17.37	8.26	16.21	20.79
IN230 (VI04)	0.51	5.81	9.4	12.05	6.52	10.55	13.53
IN240	0.42	4.41	6.88	8.82	4.55	7.10	9.11
IN255	0.01	0.60	1.35	1.73	0.62	1.39	1.79
IN260	0.09	1.64	3.02	3.87	1.69	3.11	3.99
IN265	0.01	0.31	0.95	1.21	0.32	0.98	1.25
IN270	0.08	1.43	2.87	3.68	1.47	2.96	3.80
IN280	0.03	0.59	1.48	1.90	0.61	1.53	1.96
IN290	0.15	2.11	4.05	5.20	2.18	4.18	5.37
IN300 (VI07)	1.06	12.04	16.80	21.55	12.42	17.33	22.23
IN310	0.05	1.17	2.97	3.82	1.21	3.07	3.94
IN320	0.10	2.44	4.45	5.70	2.52	4.59	5.89
IN330	0.09	2.12	4.24	5.44	2.19	4.38	5.61
IN340	0.27	5.28	7.42	9.52	5.45	7.66	9.83
IN350	0.02	0.78	1.60	2.05	0.81	1.65	2.12
IN360	0.10	2.53	3.67	4.71	2.62	3.79	4.86
IN370	0.25	4.74	8.81	11.29	4.89	9.09	11.66
IN380	0.08	1.96	3.67	4.70	2.03	3.78	4.85
IN385	0.99	13.39	18.97	24.33	13.82	19.57	25.11
IN386	0.02	0.51	2.57	3.29	0.52	2.65	3.40
IN390	0.12	2.12	4.29	5.50	2.19	4.42	5.67
IN440	0.93	14.14	25.49	32.69	14.59	26.30	33.73
IN445	0.01	0.18	1.14	1.47	0.19	1.18	1.51

Interf.	Area bacino [km ²]	Gumbel			VAPI		
		Q [m ³ /s]			Q [m ³ /s]		
		Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)	Giandotti	Viparelli (v=1m/s)	Viparelli (v=1.5m/s)
IN446	0.0027	0.09	0.69	0.88	0.09	0.71	0.91
IN450 (VI05)	2.20	25.36	29.07	37.29	25.84	29.97	38.45
IN460	0.05	1.05	2.22	2.85	1.08	2.29	2.94
IN465	0.27	5.65	17.73	22.75	5.83	18.30	23.48
IN480	0.01	0.39	1.42	1.82	0.40	1.46	1.87
IN485	0.01	0.39	1.10	1.41	0.41	1.14	1.46
IN490	0.01	0.27	0.83	1.07	0.28	0.86	1.10
IN492	0.10	2.35	4.67	5.99	2.42	4.82	6.18
IN495	0.01	0.33	0.94	1.20	0.34	0.97	1.24
IN496	0.06	1.67	5.43	6.96	1.72	5.60	7.19
IN515	0.02	0.55	2.33	2.99	0.57	2.41	3.09
IN516	0.10	2.28	4.54	5.82	2.35	4.69	6.01
IN530	0.02	0.43	1.55	1.98	0.45	1.60	2.05
IN540	0.10	3.40	6.31	8.09	3.51	6.51	8.35

5.6 CALCOLO DEGLI IDROGRAMMI DI PROGETTO PER I BACINI STUDIATI CON IL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

Per i bacini dei corsi d'acqua che devono essere studiati con il modello idraulico bidimensionale a moto vario (fiume Amato e fiume Fallaco) non è sufficiente ricavare la portata al picco ma è necessario determinare l'idrogramma di piena alle sezioni di interesse. A tal fine è stato implementato un modello idrologico afflussi-deflussi utilizzando il software HEC-HMS (Figura 15).

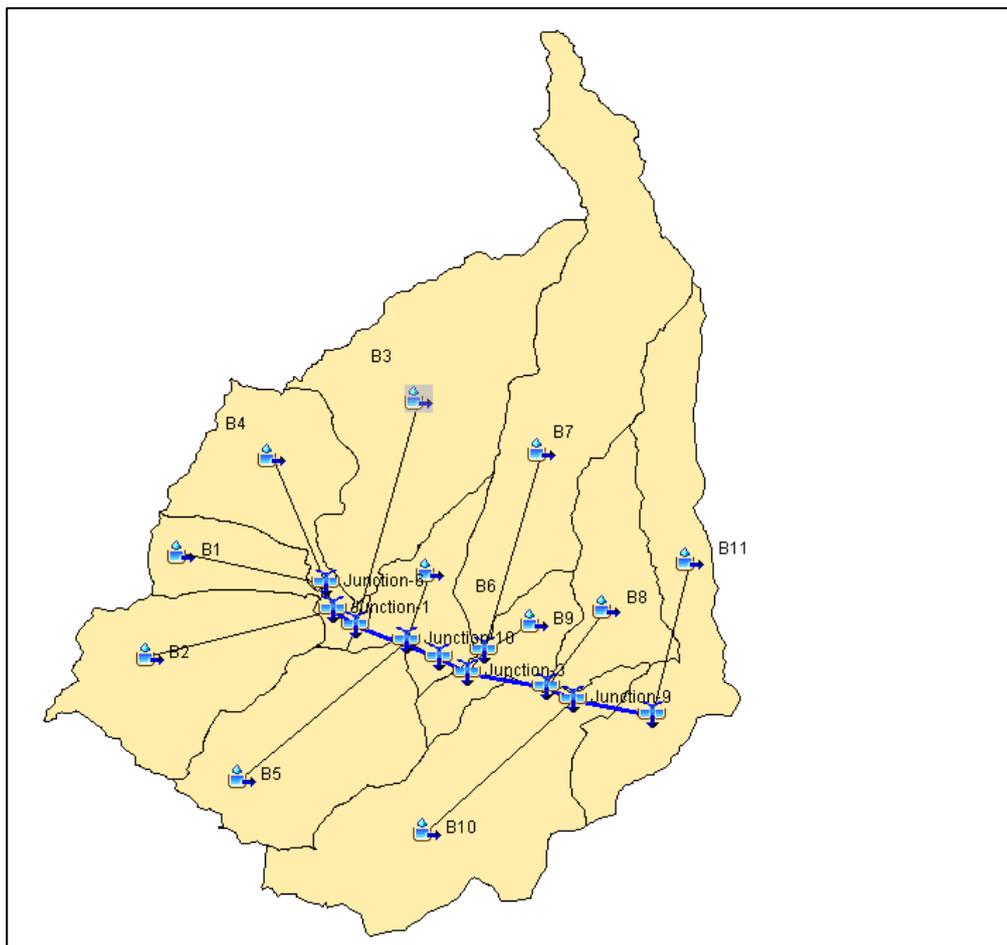


Figura 15 – Schema grafico del modello idrologico afflussi-deflussi implementato per il fiume Fallaco.

Il calcolo delle piogge nette, è stato effettuato col metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service (SCS), considerando una perdita iniziale (initial abstraction), antecedente all'inizio dei deflussi, pari ad $0.2 \cdot S$ (utilizzando quindi la trattazione originale, essendo quest'ultima quella implementata dal modello HEC-HMS).

La trasformazione delle piogge nette in idrogrammi di piena viene fatta adoperando il metodo dell'idrogramma unitario istantaneo dell'SCS e adottando per ogni bacino un valore del tempo di ritardo (tlag: tempo che separa i baricentri del pluviogramma efficace e dell'idrogramma) pari a 0.6 volte il tempo di corrivazione del singolo bacino.

Come già specificato nei paragrafi precedenti, si sono ritenute, cautelativamente e in accordo a quanto suggerito dalle linee guida dell'ex AdB Regionale della Calabria, umide le condizioni antecedenti di umidità del suolo (Antecedent Moisture Conditions, AMC, di tipo III, secondo la classificazione delle tabulazioni del SCS).

Al fine di scegliere il valore più a favore di sicurezza del tc e delle altezze di precipitazione, è stata eseguita un'analisi preliminare calcolando per ogni bacino la portata al picco al variare del metodo di calcolo delle altezze di precipitazione (Gumbel e VAPI) e del metodo di stima del tempo di corrivazione (Giandotti, Viparelli con $v=1\text{m/s}$, Viparelli con $v=1.5\text{m/s}$) secondo le metodologie esposte ai paragrafi precedenti.

Per i bacini del fiume Amato (bacini A1, A2) sono risultate sempre massime le portate calcolate stimando l'altezza di precipitazione con il metodo di Gumbel e il tc con Giandotti, mentre per il fiume Fallaco (bacini B1,

B2,..., B11) nella maggior parte dei casi associati a diversi tempi di ritorno sono risultate massime le portate calcolate stimando l'altezza di precipitazione con il VAPI e il tc con Viparelli (con $v=1.5$ m/s).

Il modello idrologico afflussi-deflussi è stato implementato utilizzando come dati di input quelli indicati alla seguente Tabella 19. Ad ogni sottobacino è stato inoltre assegnato un ietogramma rettangolare (intensità costante); ai bacini del fiume Amato è stato assegnato lo ietogramma ricavato dall'altezza di pioggia del bacino A totale, mentre ai bacini del fiume Fallaco quello ricavato dall'altezza di pioggia del bacino B totale. Tale assunzione è stata fatta ipotizzando la stessa durata di precipitazione su tutti i bacini come è ragionevole assumere in ragione dell'estensione dell'area in esame.

Tabella 19 – Dati di input utilizzati nel modello afflussi-deflussi.

Bacino	Superficie [km ²]	Tc [ore]	Tlag [ore]	CN III	S	IA [mm]	Precipitazione h [mm]	
							TR200 anni	TR300 anni
A1	17.59	2.06	1.23	74.8	85.57	17.1	93.6	98.3
A2	126.97	4.56	2.73	74.8	85.57	17.1	166.8	176.0
A totale	144.56	4.81	2.89	73.9	89.61	17.9	170.1	179.4
B1	0.46	0.24	0.14	83.59	49.86	10.0	57.69	61.75
B2	1.37	0.38	0.23	78.05	71.43	14.3	68.89	73.74
B3	2.19	0.61	0.37	80.57	61.27	12.3	82.81	88.65
B4	1.04	0.45	0.27	74.3	87.86	17.6	73.40	78.58
B5	1.43	0.27	0.16	72.76	95.10	19.0	60.66	64.94
B6	0.57	0.18	0.11	74.3	87.86	17.6	51.77	55.42
B7	2.43	0.85	0.51	76.85	76.51	15.3	94.17	100.80
B8	0.81	0.37	0.22	82.38	54.32	10.9	68.00	72.79
B9	0.47	0.10	0.06	74.3	87.83	17.6	41.20	44.10
B10	2.05	0.47	0.28	74.3	87.83	17.6	74.83	80.10
B11	1.46	0.63	0.38	74.3	87.83	17.6	83.86	89.77
B totale	14.29	0.96	0.58	78.51	69.52	13.9	98.25	105.17

Gli idrogrammi utilizzati come input al modello idraulico per Tr200 e Tr300 anni del fiume Amato sono riportati in Figura 16 dove con A2 ci si riferisce agli idrogrammi dell'asta principale del fiume Amato mentre con A1 a quelli relativi al suo affluente, il torrente Canello.

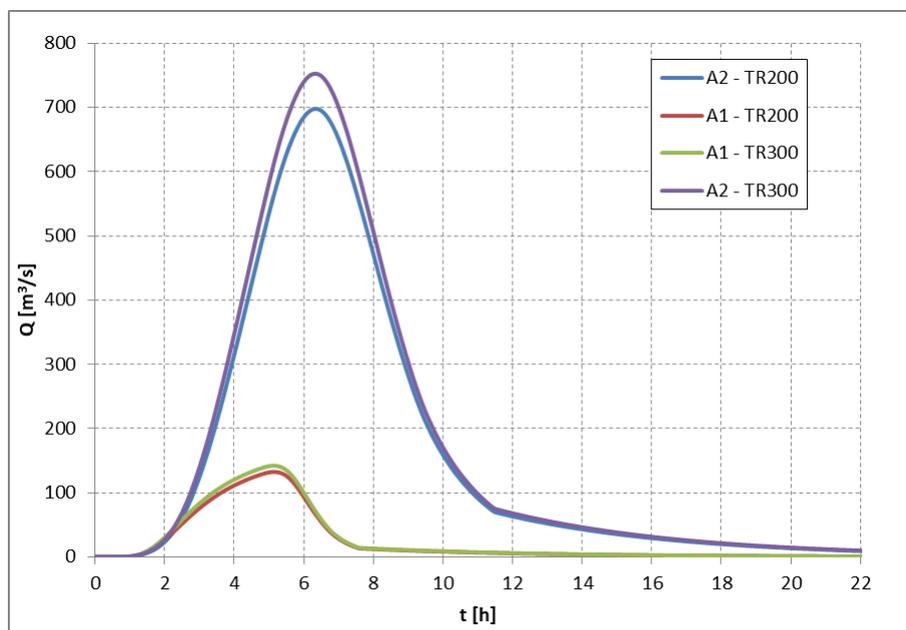


Figura 16 – Fiume Amato: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni per i bacini A1, A2.

Gli idrogrammi utilizzati come input del modello idraulico del fiume Fallaco, sempre per Tr200 e Tr300 anni, sono riportati in Figura 17, Figura 18 e Figura 19.

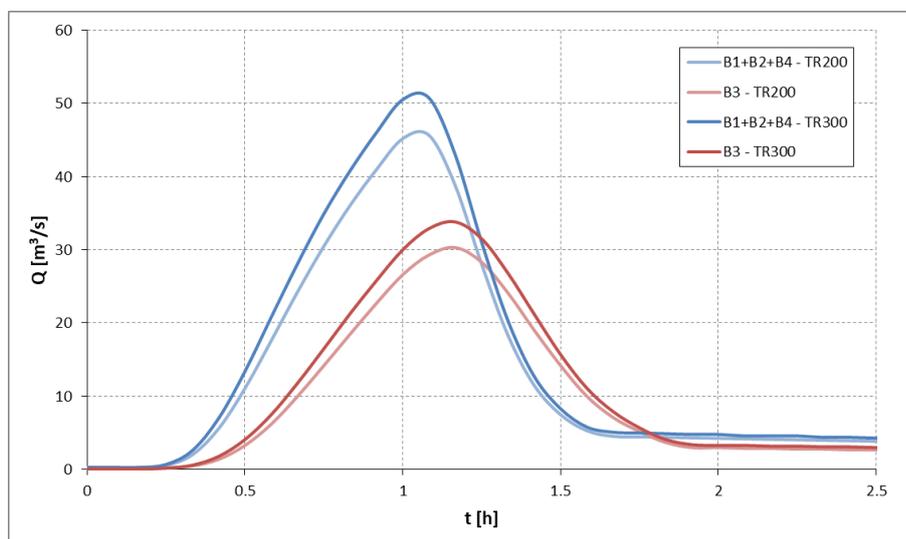


Figura 17 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni nel punto di confluenza dei bacini B1, B2 e B3 e per il bacino B4.

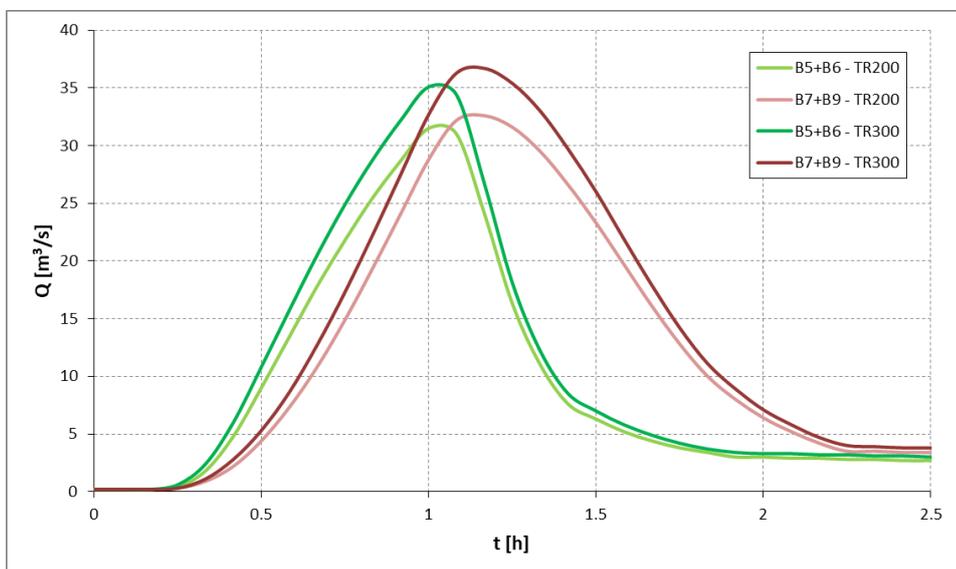


Figura 18 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni nei punti di confluenza dei bacini B5 + B6 e B7+B9.

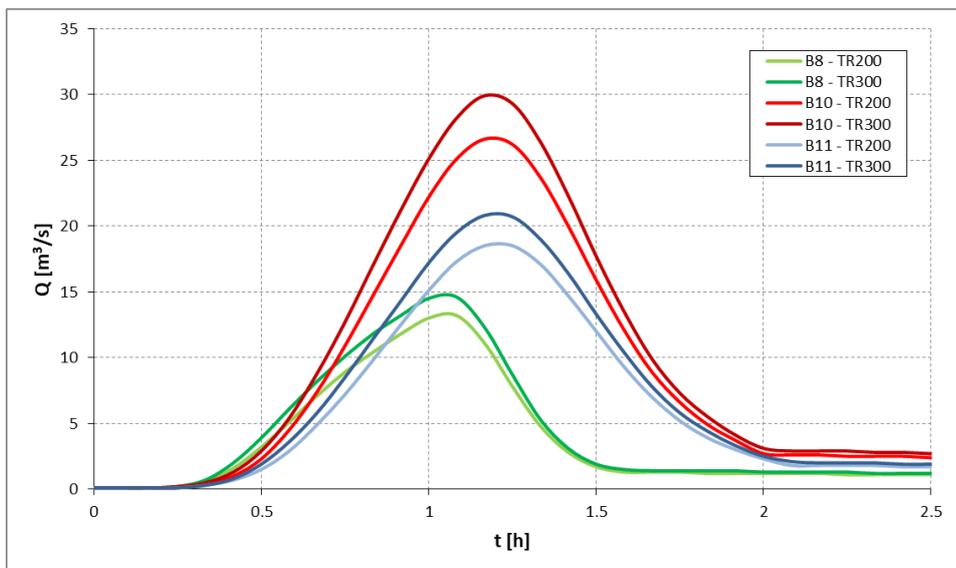


Figura 19 – Fiume Fallaco: idrogrammi di piena per Tr 200 e 300 anni per i bacini B8.

In Tabella 20 sono riportati i valori di picco degli idrogrammi utilizzati nella modellazione idraulica bidimensionale.

Tabella 20 – Valori di picco degli idrogrammi ricavati con il modello afflussi-deflussi.

Bacino	Superficie [km ²]	Portata al picco [m ³ /s]	
		TR200 anni	TR300 anni
A1	17.59	132.4	142.0
A2	126.97	698.0	752.7
B1+B2+B4	2.87	45.61	50.7
B3	2.19	30.3	33.8
B5+B6	2.00	31.5	35.1
B7+B9	2.91	32.6	36.7
B8	0.81	13.2	14.6
B10	2.05	26.6	29.9
B11	1.46	18.5	20.8

5.7 PORTATE DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE IDRAULICHE NEI MODELLI MONODIMENSIONALI

Come valori delle portate di riferimento da utilizzare nelle verifiche idrauliche delle opere di attraversamento implementate nei modelli 1D (o studiate a moto uniforme) sono state assunte, a favore di sicurezza, **i valori massimi tra quelli ottenuti dall'applicazione dei diversi metodi** e riportati nelle precedenti Tabella 18.

In conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviario, il tempo di ritorno considerato è pari a 200 anni.

I valori ottenuti sono riassunti nella seguente Tabella 21.

Tabella 21 – Portata di progetto per le interferenze oggetto di studio tramite modellazione 1D.

Interf.	Area bacino [km ²]	Tempo di ritorno di riferimento	Q Tr200 [m ³ /s]
IN80	0.13	Tr200	7.56
IN90	0.09	Tr200	3.62
IN95	0.10	Tr200	4.48
IN100	0.08	Tr200	3.36
IN110	0.45	Tr200	11.26
IN115	0.00	Tr200	0.86
IN116	0.02	Tr200	2.03
IN120	0.25	Tr200	11.45
IN130	0.13	Tr200	4.74
IN135	0.07	Tr200	3.97
IN140	5.39	Tr200	38.08
IN150	1.00	Tr200	20.79
IN230 (VI04)	0.51	Tr200	13.53
IN240	0.42	Tr200	9.11
IN255	0.01	Tr200	1.79
IN260	0.09	Tr200	3.99
IN265	0.01	Tr200	1.25
IN270	0.08	Tr200	3.80
IN280	0.03	Tr200	1.96
IN290	0.15	Tr200	5.37
IN300 (VI07)	1.06	Tr200	22.23
IN310	0.05	Tr200	3.94
IN320	0.10	Tr200	5.89
IN330	0.09	Tr200	5.61
IN340	0.27	Tr200	9.83
IN350	0.02	Tr200	2.12
IN360	0.10	Tr200	4.86
IN370	0.25	Tr200	11.66
IN380	0.08	Tr200	4.85
IN385	0.99	Tr200	25.11

Interf.	Area bacino [km ²]	Tempo di ritorno di riferimento	Q Tr200 [m ³ /s]
IN386	0.02	Tr200	3.40
IN390	0.12	Tr200	5.67
IN440	0.93	Tr200	33.73
IN445	0.01	Tr200	1.51
IN446	0.0027	Tr200	0.91
IN450 (VI05)	2.20	Tr200	38.45
IN460	0.05	Tr200	2.94
IN465	0.27	Tr200	23.48
IN480	0.01	Tr200	1.87
IN485	0.01	Tr200	1.46
IN490	0.01	Tr200	1.10
IN492	0.10	Tr200	6.18
IN495	0.01	Tr200	1.24
IN496	0.06	Tr200	7.19
IN515	0.02	Tr200	3.09
IN516	0.10	Tr200	6.01
IN530	0.02	Tr200	2.05
IN540	0.10	Tr200	8.35

In Appendice A sono riportati per completezza i valori delle portate di progetto ottenuti per tutti i tempi di ritorno considerati.

6 APPENDICE

Vengono di seguito riassunti i valori delle portate calcolate per le diverse interferenze per i vari tempi di ritorno oggetto di studio.

ID interferenza	Q_Tr5 [m³/s]	Q_Tr50 [m³/s]	Q_Tr100 [m³/s]	Q_Tr200 [m³/s]	Q_Tr300 [m³/s]	Q_Tr500 [m³/s]
IN80	2.51	3.39	4.78	7.56	8.33	9.40
IN90	1.11	1.56	2.25	3.62	4.03	4.60
IN95	1.37	1.93	2.78	4.48	4.98	5.68
IN100	1.03	1.45	2.09	3.36	3.74	4.26
IN110	3.47	4.87	7.00	11.26	12.52	14.26
IN115	0.28	0.38	0.54	0.86	0.96	1.08
IN116	0.64	0.89	1.27	2.03	2.25	2.56
IN120	3.55	4.96	7.13	11.45	12.72	14.48
IN130	1.54	2.10	2.98	4.74	5.24	5.93
IN135	1.31	1.77	2.50	3.97	4.39	4.96
IN140	10.76	15.75	23.19	38.08	42.66	49.05
IN150	6.32	8.93	12.89	20.79	23.14	26.40
IN230 (VI04)	3.54	5.50	8.09	13.53	15.27	17.64
IN240	2.14	3.68	5.40	9.11	10.39	12.16
IN255	0.59	0.85	1.15	1.79	1.99	2.25
IN260	1.00	1.66	2.40	3.99	4.54	5.28
IN265	0.36	0.56	0.78	1.25	1.41	1.62
IN270	0.89	1.54	2.25	3.80	4.33	5.07
IN280	0.44	0.78	1.15	1.96	2.24	2.63
IN290	1.21	2.13	3.15	5.37	6.14	7.21
IN300 (VI07)	6.47	9.95	13.82	22.23	24.99	28.75
IN310	1.30	1.88	2.53	3.94	4.38	4.97
IN320	1.94	2.81	3.77	5.89	6.55	7.44
IN330	1.85	2.68	3.60	5.61	6.24	7.08
IN340	3.22	4.68	6.29	9.83	10.94	12.43
IN350	0.70	1.01	1.36	2.12	2.35	2.67
IN360	1.61	2.32	3.12	4.86	5.41	6.14
IN370	3.64	5.40	7.37	11.66	13.03	14.89
IN380	1.50	2.24	3.06	4.85	5.43	6.21
IN385	7.72	11.55	15.81	25.11	28.10	32.16
IN386	1.04	1.56	2.14	3.40	3.81	4.36
IN390	1.74	2.61	3.57	5.67	6.35	7.27
IN440	10.58	15.68	21.35	33.73	37.67	43.01
IN445	0.50	0.72	0.97	1.51	1.68	1.91
IN446	0.29	0.43	0.58	0.91	1.01	1.15
IN450 (VI05)	11.78	17.67	24.21	38.45	43.02	49.23
IN460	0.94	1.38	1.87	2.94	3.28	3.73
IN465	7.43	10.97	14.89	23.48	26.20	29.89

ID interferenza	Q_Tr5 [m³/s]	Q_Tr50 [m³/s]	Q_Tr100 [m³/s]	Q_Tr200 [m³/s]	Q_Tr300 [m³/s]	Q_Tr500 [m³/s]
IN480	0.58	0.86	1.18	1.87	2.10	2.40
IN485	0.45	0.67	0.92	1.46	1.63	1.87
IN490	0.34	0.51	0.69	1.10	1.23	1.41
IN492	1.87	2.82	3.88	6.18	6.93	7.94
IN495	0.38	0.57	0.78	1.24	1.39	1.59
IN496	2.21	3.30	4.52	7.19	8.04	9.20
IN515	0.96	1.43	1.95	3.09	3.45	3.95
IN516	1.90	2.80	3.81	6.01	6.71	7.65
IN530	0.64	0.95	1.29	2.05	2.29	2.62
IN540	2.79	4.01	5.37	8.35	9.27	10.49