



## REGIONE CALABRIA

### Commissario di Governo

per il contrasto del dissesto idrogeologico  
nel territorio della Regione Calabria – art.  
10 L. n. 116 dell'11/08/2014



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

**Interventi integrati di ripristino funzionale e ambientale del reticolo idrografico  
presente della sub - area programma A13-1 nel comune di Reggio Calabria.**

**Codice Rendis 18IR266/G1**

**CUP J35J16000100001 CIG Z9836E0A22**

## PROGETTO DEFINITIVO

## Relazione idrologica

Codice elaborato	PROGETTAZIONE	SETTORE	CODICE	REVISIONE
	DE	GE	007	0
PROGETTAZIONE <i>Ing. Domenico Ciancio</i>	GEOLOGIA <i>Dott. Attilio Porchia</i>			
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO <i>Geom. Alessandro Falvo</i>				

## Sommario

1. Introduzione .....	2
2. Lineamenti generali.....	3
3. Analisi morfometrica.....	6
2.1. Caratterizzazione asta principale.....	8
2.2. Tempo di corrivazione .....	9
2.3. Coefficiente di deflusso.....	11
4. Stima delle massime precipitazioni .....	14
5. Analisi statistica regionale delle piogge e stima delle curve di possibilità pluviometrica .....	15
4.1. Terzo livello di regionalizzazione .....	18
6. Stima della massima portata al colmo di piena con metodo analitico.....	21
7. Bibliografia .....	23

## 1. Introduzione

Nell'ambito della progettazione definitiva relativa agli **“Interventi integrati di ripristino funzionale e ambientale del reticolo idrografico presente della sub - area programma A13-1 nel comune di Reggio Calabria. Codice Rendis 18IR266/G1 CUP J35J16000100001 CIG Z9836E0A22”**, l'analisi idrologica condotta è focalizzata sulla determinazione della portata massima di progetto, essenziale per la pianificazione e la realizzazione di una serie di interventi sull'assetto fluviale.

L'obiettivo primario di questi interventi è il ripristino e il rafforzamento delle condizioni di sicurezza dell'asta fluviale in esame. Al centro delle opere programmate si identificano il ripristino delle briglie, opere di sbarramento trasversale, che hanno la funzione di ridurre la pendenza del letto fluviale. Questa riduzione si traduce in una minor velocità della corrente fluviale, con un conseguente decremento della sua potenza erosiva, cruciale per la salvaguardia delle sponde e del letto stesso. Parallelamente, sono previsti interventi di ripristino degli argini laterali, concepiti per proteggere e salvaguardare le aree confinanti dall'eventualità di fenomeni alluvionali.

Pur essendo l'area di studio situata a breve distanza dalla linea di costa, e nonostante la porzione di bacino a valle dell'area oggetto di intervento contribuisca in modo limitato alla portata complessiva, si è ritenuto opportuno, in una prospettiva di massima prudenza, considerare l'intero dominio del bacino idrografico del Torrente Gallico. Ciò ha comportato l'inclusione anche della porzione di valle precedentemente menzionata, garantendo così una valutazione idrologica completa e accurata.

## 2. Lineamenti generali.

La Fiumara “Gallico” nasce ad una quota di circa 1700 m s.l.m. sul versante orientale dell’Aspromonte. In particolare, la confluenza dei torrenti “Troia” e “Mitta”, genera ad una quota di circa 730 m s.l.m. la fiumara “Gallico” la quale mantiene il toponimo fino alla foce.

Il bacino idrografico del Torrente Gallico, individuato con l’Id. 41 nella carta idrografica della Regione Calabria, ricade per ampia parte nel Comune di Reggio Calabria ove l’asta principale rappresenta fa da confine con i comuni di Calanna, Laganadi, S. Alessio in Aspromonte e S. Stefano in Aspromonte. Il bordo nord orientale del bacino corre lungo il confine comunale di Roccaforte del Greco (Figura 2-1) (Vedi allegato DE-GE-010-0).

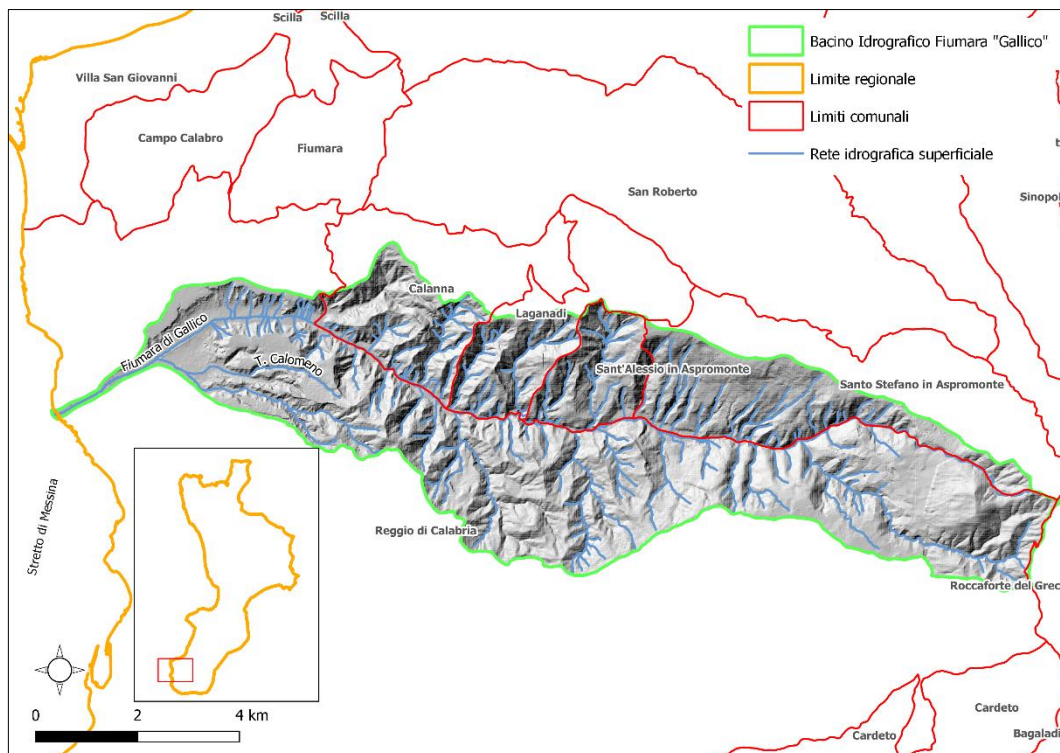


Figura 2-1 Inquadramento territoriale de bacino idrografico del Torrente Gallico.

Dal limite orientale dello spartiacque (1700 m s.l.m.) e fino a quote di circa 550 m s.l.m. il corso d’acqua si presenta confinato in versanti rocciosi fortemente incisi. Dai 550 m s.l.m. verso valle il letto subisce un progressivo allargamento che raggiunge le sue massime estensioni nelle aree di valle a partire dai 270 m s.l.m. fino alla foce (Figura 2-2).

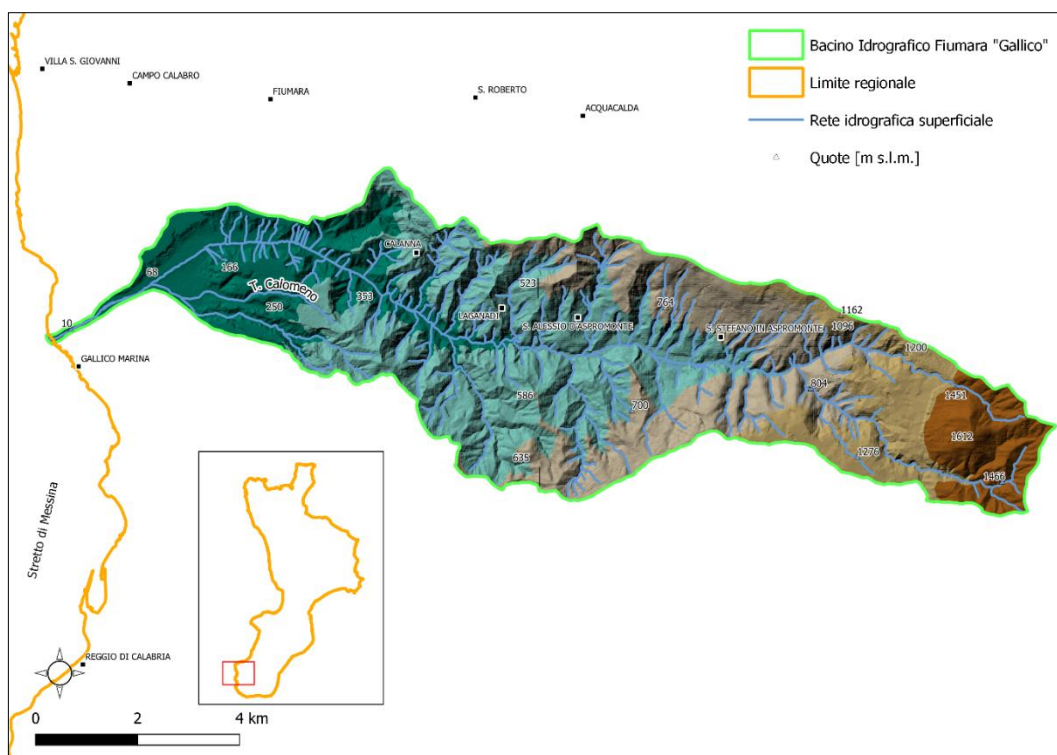


Figura 2-2 Altimetria del bacino elaborata dal DTM con risoluzione a 5 m della Regione Calabria..

Tale configurazione è in linea con i litotipi affioranti nel bacino e costituiti per ampia parte da Unità cristallino-metamorfiche che danno espressione a paesaggi con versanti acclivi e più resistenti ai processi di erosione mentre, nelle porzioni di valle, le unità terrigene più propense ad essere erose, permettono un allargamento della valle e generano un paesaggio del tipo collinare con pendenze inferiori (Figura 2-3).

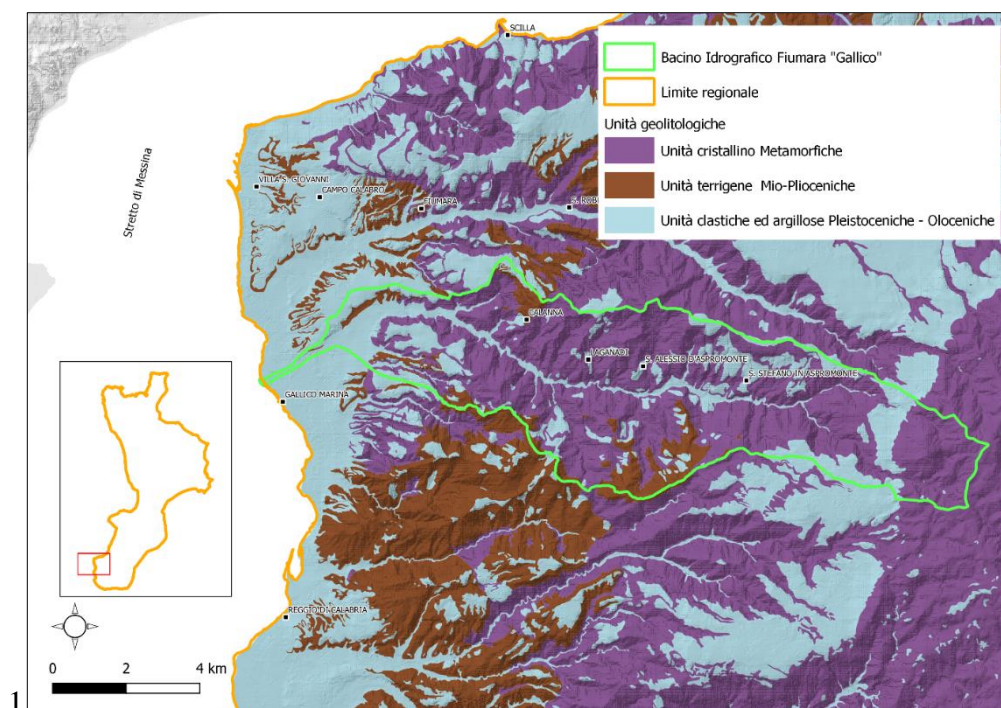


Figura 2-3 Principali Unità Geolitologiche ricadenti all'interno del bacino idrografico del Torrente Gallico.

A completare il quadro morfologico del bacino vi è la sua orientazione circa est-ovest con la Fiumara “Gallico” che fa da limite tra i versanti a sud con esposizione a nord e, viceversa, i versanti a nord con esposizione a sud. La differente esposizione incide sul grado di umidità delle aree e di conseguenze sulla copertura vegetale. Tali fattori concorrono, a parità di condizioni meccaniche dei litotipi, alterati a seguito di processi tettonici e morfologici, a generare una differente predisposizione al dissesto delle due porzioni di bacino. Dall’esame delle cartografie del PAI è infatti ben evidente come tutti i fenomeni grafitativi si concentrano sui versanti a nord con cinematismi prevalentemente di scorrimento, attivi o quiescenti, e pericolosità variabile entro l’intero *range* da moderata a molto alta (Figura 2-4) (per l’area di intervento vedi allegato DE-GE-012-0).



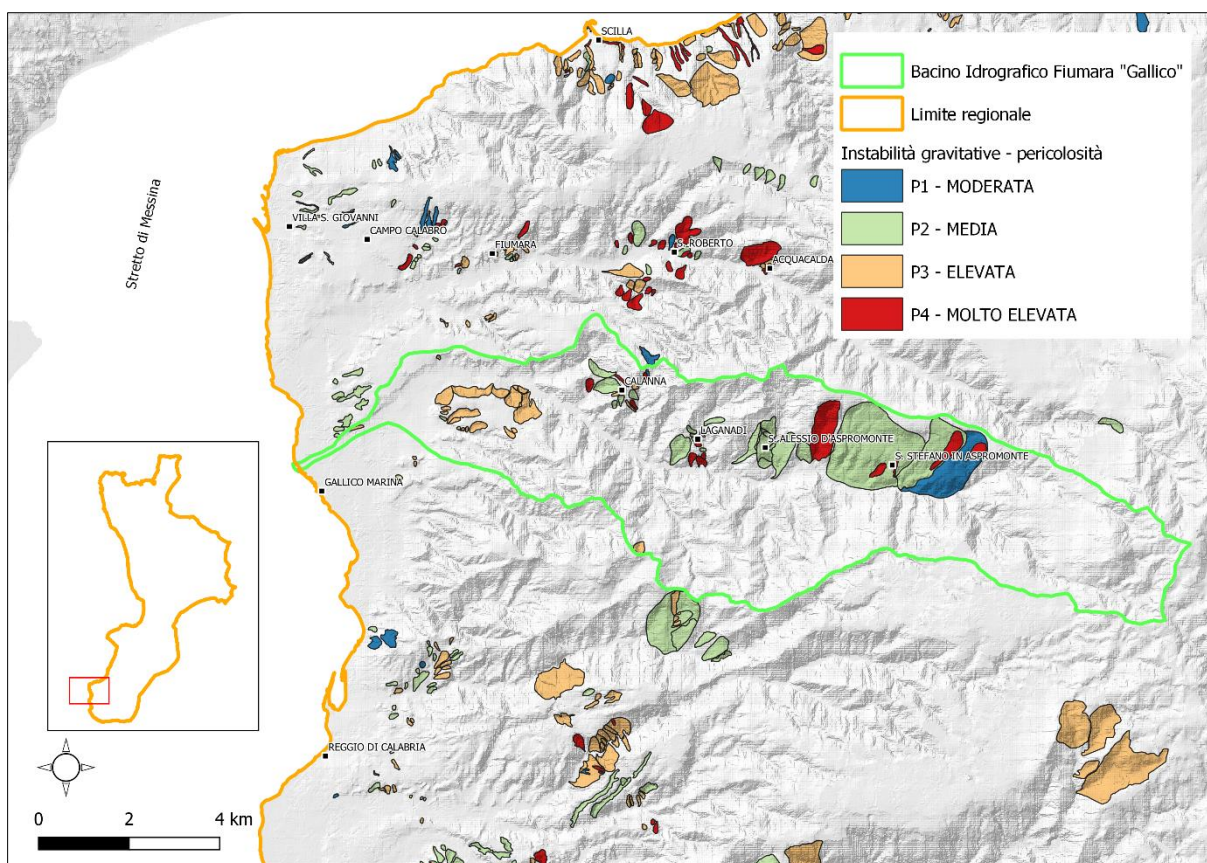


Figura 2-4 Distribuzione delle instabilità di versante nell'area. (Fonte PAI).

### 3. Analisi morfometrica

Di seguito vengono esposti i principali parametri morfometrici derivanti dall'elaborazione eseguita, entro il perimetro del bacino idrografico di interesse, utilizzando il Modello Digitale di Terreno (DTM 5x5) con risoluzione a 5m fornito dalla Regione Calabria (Tabella 3-1).

Tabella 3-1 Principali parametri morfologici del bacino. I calcoli sono stati eseguiti utilizzando come base il DTM 5x5 messo a disposizione dalla Regione Calabria.

Sup. tot. [km <sup>2</sup> ]	Quota massima [m s.l.m.]	Quota minima [m s.l.m.]	Quota media [m s.l.m.]	Pendenza media bacino [°]	Pendenza massima bacino [°]
59,667	1795,99	0,00	715,95	23,96	89,47

È stata costruita la curva ipsografica, che fornisce la distribuzione delle superfici nelle diverse fasce altimetriche. Ogni punto della suddetta curva ha, come ordinata, un valore di quota  $h_i$  e, come ascissa, la superficie parziale del bacino  $A_i$ , posta al di sopra della quota considerata.

Ovviamente, alla quota massima corrisponde una superficie nulla mentre, alla quota minima, che è quella della sezione di chiusura, corrisponde la superficie dell'intero bacino. L'area racchiusa dalla curva ipsografica e dagli assi coordinati, rapportata alla superficie del bacino, fornisce il valore dell'altitudine media (V. Ferro, 2012) (Figura 3-1).

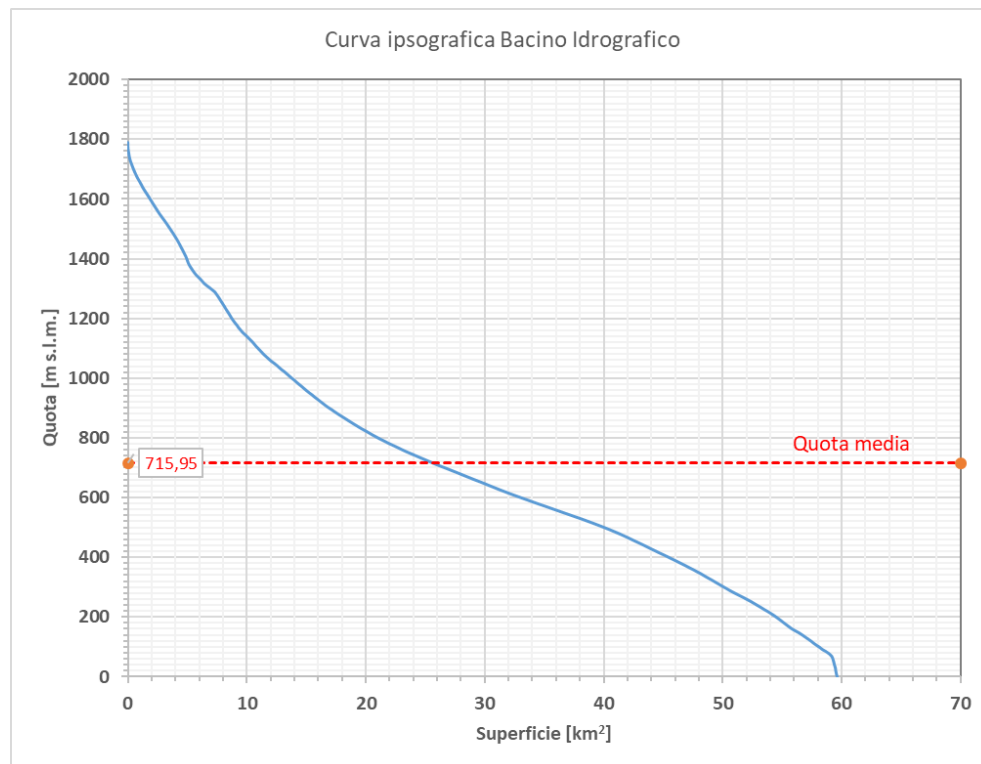


Figura 3-1 Curva ipsografica e quota media del bacino.



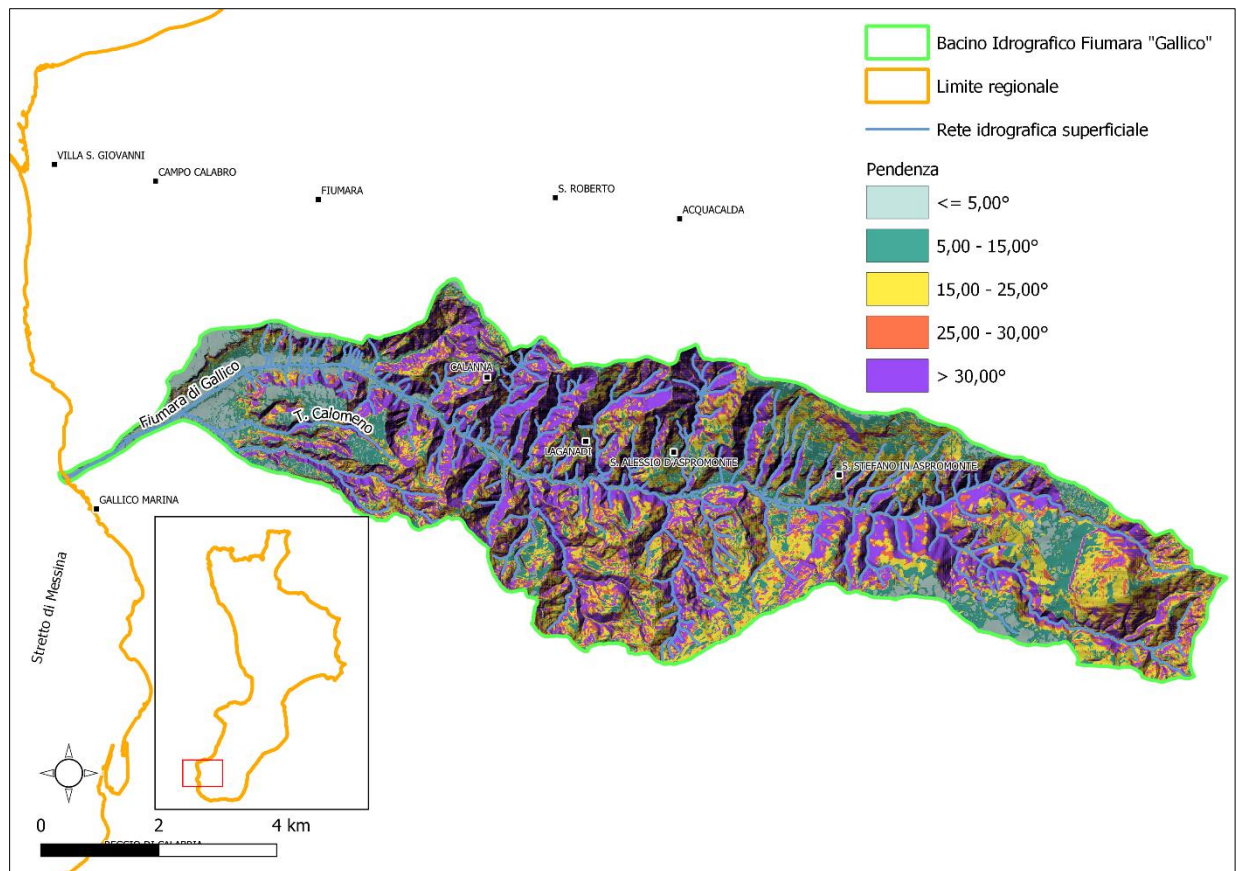


Figura 3-2 Distribuzione delle pendenze per il bacino idrografico considerato.

## 2.1. Caratterizzazione asta principale

La caratterizzazione dei principali parametri morfometrici riguardanti l'asta principale, insieme ai parametri relativi al bacino, saranno utili al calcolo del tempo di corrivazione e di altri parametri necessari alle verifiche idrauliche.

La pendenza media dell'asta principale, è calcolata come media ponderata delle pendenze di n tratti in cui possa dividersi il corso d'acqua e cioè adottando la formula:

$$i = \frac{\sum(i_i * l_i)}{L}$$

Dove:

$i$  è la pendenza media del corso d'acqua;

$i_i$  è la pendenza del generico tratto di corso d'acqua;

$l_i$  è la lunghezza (in m) del generico tratto di corso d'acqua;

$L$  è la lunghezza totale (in m) del corso d'acqua.

L'immagine seguente (Figura 3-3) mostra il profilo longitudinale dell'asta principale mentre, nella Tabella 3-2 sono riportati i principali parametri morfometrici.

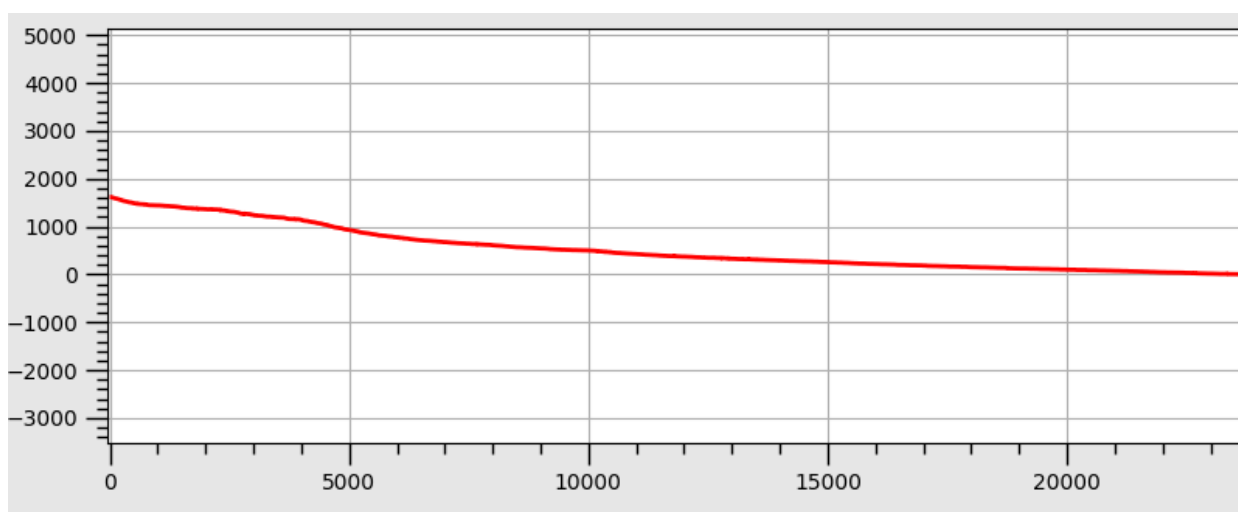


Figura 3-3 Profilo altimetrico asta principale. Ricavato da DTM 5x5 Regione Calabria.

Tabella 3-2 Principali parametri morfometrici riguardanti l'asta di drenaggio principale.

Lunghezza asta principale		Pendenza media asta principale		Quota massima asta	Quota minima asta
km	[m]	coeff.ang.	[°]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
24,22	24.215,00	0,07	3,82	1.616,80	0

## 2.2.Tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione  $T_c$  di un bacino è il tempo necessario perché il bacino sia integralmente contribuente, ovvero il tempo impiegato da una singola particella d'acqua piovuta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura. La definizione di tempo di corrivazione consente di spiegare perché la piena si verifica proprio se l'evento meteorico ha una durata almeno pari al tempo di corrivazione, dato che in questo caso tutta l'area scolante

contribuisce ai fini del deflusso superficiale. Il concetto di tempo di corrivazione permette anche di giustificare perché nei piccoli bacini sono sufficienti piogge brevi per determinare eventi di piena.

Tale parametro è stato calcolato attraverso varie formulazioni proposte in letteratura, in particolare:

- Formulazione di Giandotti

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:

A area bacino (km<sup>2</sup>);

L lunghezza asta principale (km);

H<sub>m</sub>-H<sub>0</sub> quota media relativa (m).

- Formulazione di Pezzoli

$$t_c = 0,055 \cdot \frac{L}{i^{0,5}}$$

Con:

L lunghezza asta principale estesa fino allo spartiacque (km);

i pendenza media dell'asta principale

- Formulazione di Viparelli che ipotizza una velocità media di deflusso pari a 1 m/s

$$t_c = \frac{L}{3,6}$$

- Formulazione di Pasini

$$t_c = \frac{24 \cdot 0,045 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i \cdot 100}}$$

Dove:

L lunghezza asta principale estesa fino allo spartiacque (km);

A area bacino idrografico (km2);

i pendenza media dell'asta principale.

▪ Formulazione di Ventura

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i}}$$

	$t_c$	
<b>Ventura</b>	<b>3,80</b>	tempo in ore
<b>Pasini</b>	<b>4,73</b>	tempo in ore
<b>Pezzoli</b>	<b>5,15</b>	tempo in ore
<b>Giandotti</b>	<b>3,14</b>	tempo in ore
<b>Viparelli</b>	<b>6,73</b>	tempo in ore
<b><math>t_c</math> medio</b>	<b>4,710</b>	tempo in ore

In via precauzionale si prenderà in considerazione il valore risultate dalla formulazione di Giandotti ( $t_c=3.14$ )

### 2.3.Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso o assorbimento  $f$  tiene conto della riduzione dell'afflusso meteorico per effetto della permeabilità dei suoli ricadenti nel bacino ed esprime la percentuale d'acqua piovuta che contribuisce al deflusso. I valori del coefficiente sono influenzati dalla litologia affiorante nonché dalla tipologia di uso del suolo che incide sulla permeabilità della superficie.

Per la determinazione del coefficiente vengono utilizzati i valori proposti da R.H. McCuen "A Guide to Hydrological Analysis using SCS Methods" in funzione di quattro classi di suolo in base alla capacità di assorbimento e dell'uso del suolo:

TIPO	DESCRIZIONE
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale – banchi spessi di sabbia anche con piccole percentuali di limo e/o argilla; banchi spessi di ghiaie , materiali incoerenti in genere
<b>B</b>	Bassa potenzialità di deflusso superficiale – banchi di medio spessore di sabbie e/o ghiaie con maggiore propensione alla saturazione
<b>C</b>	Potenzialità di deflusso superficiale medie – banchi di sabbie e/o ghiaie sottili, con sottostante substrato argilloso impermeabile, sabbie con argilla e limi
<b>D</b>	Potenzialità di deflusso superficiale molto alta – argilla con alta capacità di rigonfiamento in genere materiali impermeabili in superficie

Valori del parametro CN (adimensionale)	←Tipo idrologico Suolo →			
↓ Tipologia di Uso del Territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup> (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500÷1000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000÷1500 m <sup>2</sup> (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali , lotti di 1500÷2000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000÷5000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000÷10000 m <sup>2</sup> (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade, ....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

In ambiente gis si ricavano le percentuali di superficie in relazione alla copertura del suolo e, a vantaggio di sicurezza, per i calcoli si utilizzano i valori del coefficiente per la tipologia di suolo più sfavorevole (TIPO D).

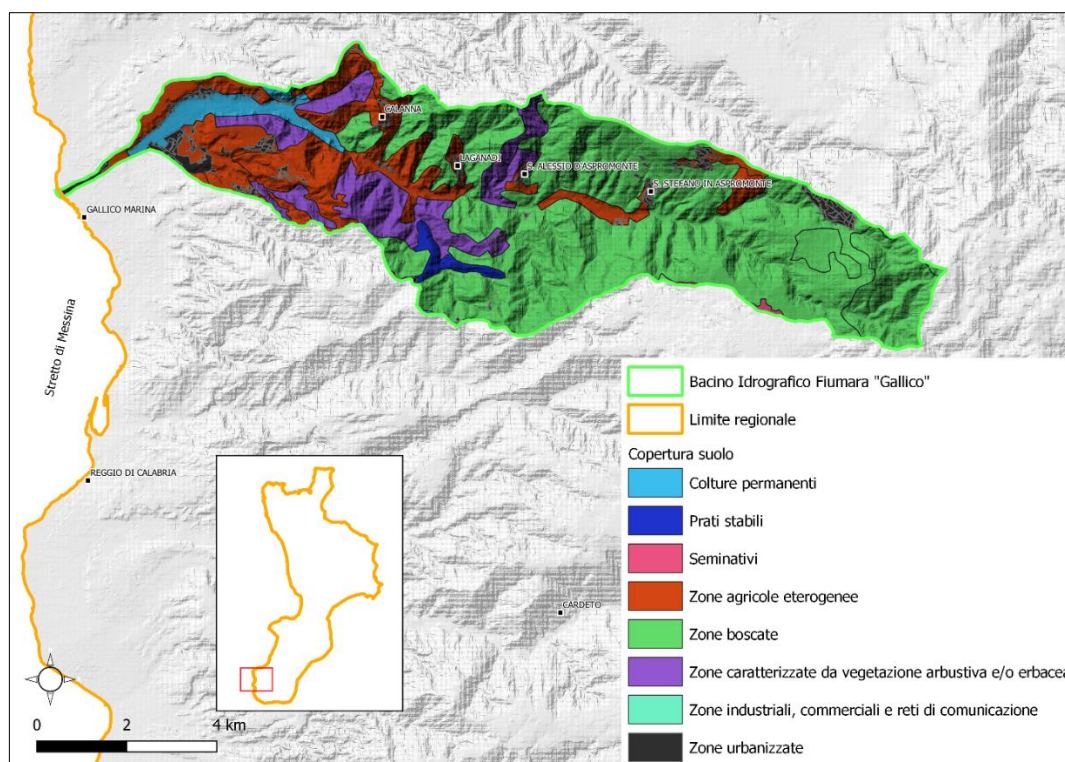


Figura 3-4 Calcolo delle percentuali di territorio secondo le classi di uso del suolo.

Effettuando una media pesata, con pesi uguali alle percentuali di area, si ricava il valore globale del coefficiente:

$$Cd = \frac{\sum Cd_i \cdot A}{A_{TOT}}$$

	Area [km <sup>2</sup> ]	Area [%]	Cd <sub>i</sub>
Urbanizzato	2,19	4	0,92
Terreni incolti	7,06	12	0,84
Superfici agricole	13,97	23	0,83
Boschi	36,45	61	0,79
<b>Area Totale</b>	<b>59,667</b>		

**Coefficiente di deflusso Cd 0,81**



#### 4. Stima delle massime precipitazioni

Il valore della portata di piena da assumere è stato fissato in base alle indicazioni fornite dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI). 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" è stabilito che i calcoli idraulici, vista la ridotta quantità di misure idrometriche storiche disponibili sul territorio Calabrese e le conseguenti incertezze derivanti dall'analisi dei dati, nel caso in esame totalmente assenti, vanno condotti con riferimento ad una portata di piena caratterizzata da un tempo di ritorno pari a  $T=200$  anni.

I metodi di stima della portata di progetto possono essere molteplici, a seconda che la zona di interesse sia o meno "strumentata":

- caso A: è possibile utilizzare serie di rilevamenti dei livelli idrometrici del corso d'acqua in esame dal quale estrapolare, mediante elaborazioni statistiche opportune, le associate curve di possibilità idrometrica;
- caso B: analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e nell'impiego di modelli di trasformazione afflussi-deflussi per la trasformazione in portate;
- caso C: impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili relativi ad una porzione di territorio omogenea rispetto ai fenomeni in esame, per ottenere, in genere mediante l'impiego di leggi di regressione statistica, la stima della distribuzione di probabilità della grandezza idrologica in studio.

Data la mancanza di dati pluviometrici derivanti dalle stazioni di misura ricadenti nei pressi del bacino oggetto di studio e tantomeno di stazioni di rilevamento dei livelli idrici di alcun corso d'acqua o fosso interferente con l'area di progetto, si è optato per l'utilizzo di modelli regionalizzati secondo quanto riportato dal "Rapporto sulla Valutazione delle Piene in Calabria" (VAPI), pubblicato nel 1989 a cura del CNR-IRPI, nell'ambito del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). Tale procedura prevede l'impiego di modelli afflussi-deflussi che utilizzano come ingresso pluviometrico una regionalizzazione delle piogge intense, elaborate nella forma di leggi di probabilità pluviometrica (relazioni

Intensità-Durata-Frequenza o IDF) espresse tramite la legge asintotica del massimo valore tipo 1 a due componenti o TCEV (Two Component Extreme Value).

La base dati per lo sviluppo di tale metodologia ha compreso:

- Pluviometria: per i valori massimi annuali delle precipitazioni giornaliere e di breve durata sono state utilizzate tutte le stazioni calabresi del compartimento di Catanzaro che hanno funzionato nel periodo 1916-1987. In particolare sono state prese in considerazione 278 stazioni munite di pluviometro e 125 di pluviografo. Le stazioni con il numero di dati (n) maggiore di 30 sono 176 per un totale di 8015 anni stazione, mentre quelle con i massimi annuali delle piogge brevi con n maggiore o uguale a 20 sono 49 per un totale di 1423 anni stazione;
- Idrometria: Per la regionalizzazione delle piene in Calabria sono state utilizzate le serie dei massimi annuali delle portate al colmo delle stazioni idrometriche con più di dieci anni di osservazione, già utilizzate per il primo livello di analisi regionale I dati sono stati ricavati quasi tutti dalla Pubblicazione Speciale n°17 del Servizio Idrografico Italiano, disponibile a tutt'oggi in cinque edizioni successive che coprono un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1970. Alcuni dati, relativi a pochi bacini, sono stati messi cortesemente a disposizione dallo stesso Ente per il periodo 1971-84. Per quanto concerne le stazioni idrometriche esse sono 40, per 24 di esse sono stati utilizzati anche i valori delle portate giornaliere per un numero complessivo di anni di funzionamento pari a 4820, invece i massimi annuali delle portate al colmo sono stati inseriti per tutte le stazioni per un numero complessivo di anni pari a 571.

## 5. Analisi statistica regionale delle piogge e stima delle curve di possibilità pluviometrica

L'analisi statistica delle piogge, che segue, è stata effettuata ipotizzando che il campione dei massimi annuali di altezza di pioggia di durata 1,3,6,12,24 ore appartenga ad una popolazione distribuita secondo la legge di TCEV. Data la presenza di alcuni pluviometri riportanti valori dei massimi annuali delle precipitazioni di breve durata più elevati della media (*outliers*), l'approccio statistico è quello di considerarli appartenenti a una popolazione diversa legata a

una differente fenomenologia meteorologica, che deve essere riprodotta da una legge di probabilità diversa dalla Gumbel o log-normale che tendono a sottostimare tali eventi.

Un modello che traduce in termini statistici tali caratteristiche è il modello a doppia componente TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) che si riconduce formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità di tipo Gumbel. La prima denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda, componente straordinaria, genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti. Secondo tale distribuzione di probabilità il massimo annuale dell'altezza di pioggia di durato oraria / sub-oraria  $t$  è dato dalla seguente espressione:

$$F_x(x) = \exp\left(-\bigwedge_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - \bigwedge_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}}\right)$$

Dove:

- $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  rappresentano il valore atteso del numero degli eventi nell'intervallo di tempo unitario, ad esempio l'anno, che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta;
- $\Theta_1$  e  $\Theta_2$  il valore atteso dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta, con  $\Theta_2 \geq \Theta_1$ .

Tale modello può essere anche strutturato secondo il metodo del valore indice. Con tale metodo si analizza in luogo di  $X$  una variabile adimensionale  $X/X_I$  dove  $X_I$  è un valore caratteristico della distribuzione di  $X$  ed assume il nome di valore indice. Come valore indice si utilizza la media  $\mu$  e si analizza la variabile  $X'=X/\mu$  che viene indicata come fattore di crescita.

Seguendo tale approccio, la stima della portata  $X_T$  si ottiene attraverso due passaggi distinti:

- stima del fattore di crescita  $X'_T$  relativo al tempo di ritorno  $T$ ;
- stima del valore indice  $\mu$

La portata sarà data dal prodotto:

$$X_T = x'_T \cdot \mu$$

Il fattore di crescita è una stima probabilistica (curva di crescita) ed è eseguita mediante l'espressione:

$$F_{x'}(x') = \exp\left(-\bigwedge_1 \exp(-\alpha x') - \bigwedge_* \bigwedge_1^{1/\theta_*} \exp(-\alpha x' / \theta_*)\right)$$

Dove:

$$\bigwedge_* = \bigwedge_2 / \bigwedge_1^{1/\theta_*} ; \quad \theta_* = \frac{\theta_2}{\theta_1}; \quad \alpha = \frac{\mu}{\theta_1} = \ln \bigwedge_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{-1^i \bigwedge_*^i}{i!} \Gamma(i/\theta_*)$$

Con  $\gamma_\varepsilon$  costante di Eulero

I metodi di regionalizzazione consentono di stimare alcuni parametri della TCEV sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee (Figura 5-1). In particolare:

- 1° livello di regionalizzazione si assume un valore costante di  $\bigwedge_*$ ,  $\theta_*$  per l'intera Calabria, zona omogenea.
- 2° livello di regionalizzazione, oltre a  $\bigwedge_*$ ,  $\theta_*$  costanti nelle zone omogenee, si assume costante il valore del parametro  $\bigwedge_1$  per le sottozone omogenee (tirrenica T, Ionica I, Centrale C). Per la stima di  $\bigwedge_1$  si utilizzano tutti i dati della sottozona.
- 3° livello di regionalizzazione si prosegue in modo regionale anche per la stima dell'ultimo parametro (sia esso  $\mu$  o  $\theta_1$ ) all'interno di aree omogenee.

LA Figura 5-1 riporta la suddivisione della regione in sottozone ed aree pluviometriche omogenee con evidenziata l'area in cui ricade il bacino del Fiume Gallico oggetto di questo studio, Sottozona T, Area T4.

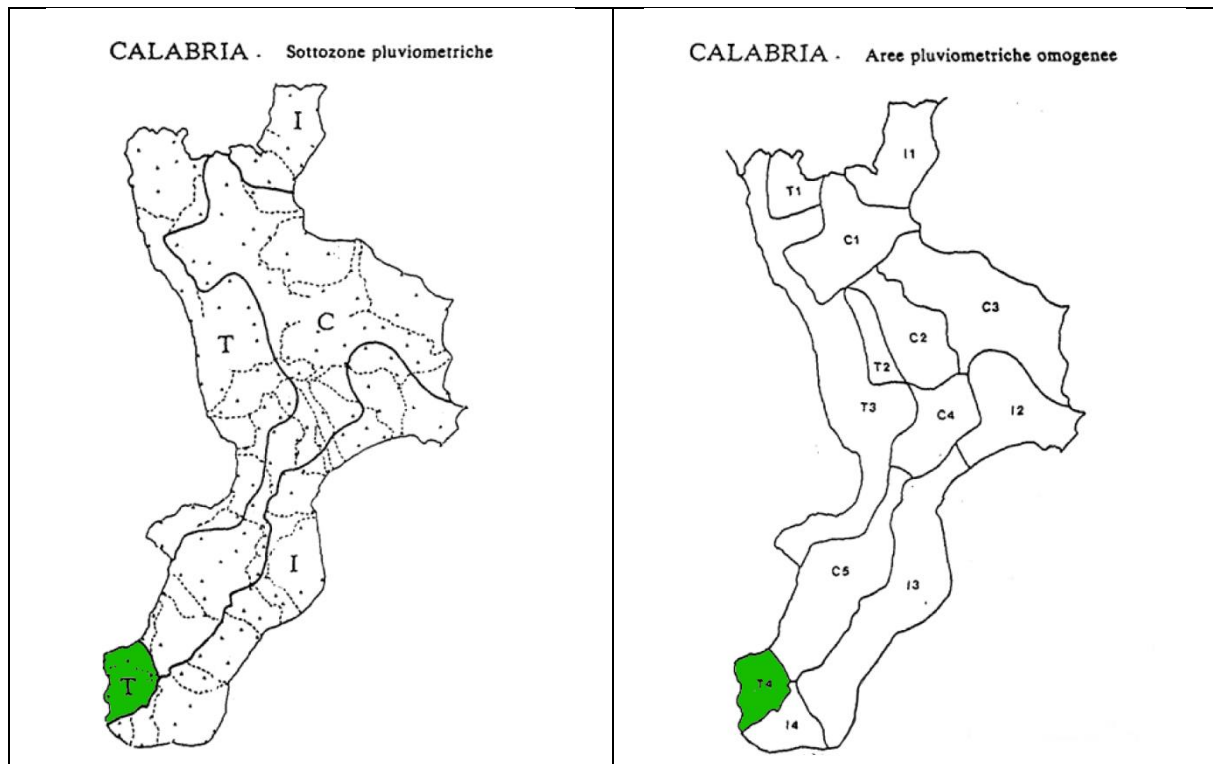


Figura 5-1 Suddivisione della Regione in sottozone pluviometriche omogenee, T - tirrenica; I - ionica; C – centrale (a sinistra); Suddivisione in aree pluviometriche omogenee T1-Pollino, T2- Sila grande – sottozona tirrenica; T3-Alto e medio Tirreno; T4-Stretto; C1-Basso Crati; C2-Sila grande – sottozona centrale; C3-Sila greca; C4-Sila piccola; C5-Serre orientali; I1-Alto Ionio; I2-Marchesato; I3-Medio e basso Ionio; I4-Aspromonte meridionale (a destra). In verde le aree in cui ricade il bacino in esame.

#### 4.1.Terzo livello di regionalizzazione

Secondo l'approccio CNR - 1989, nella ipotesi che la Calabria possa essere considerata come una unica zona pluviometrica omogenea, sono stati stimati al primo livello di regionalizzazione i parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$ , i quali assumono rispettivamente i valori di 0.418 e 2.154 per l'intera Calabria.

Al secondo livello di regionalizzazione considerando l'area oggetto di studio ricadente nella sottozona Tirrenica (T), sono stati stimati i parametri  $\Lambda_1$  e  $\alpha$  che valgono rispettivamente 48.914 e 5.173.

Sostituiti i valori dei parametri nella distribuzione di probabilità, si ottiene la curva di crescita  $F_x(x')$ . Fissati i tempi di ritorno ed invertita l'equazione  $F_x(x')$  si ottengono i seguenti valori di  $x'$  del coefficiente di crescita:

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
<b>X't</b> (Sottozona Tirreno)	0,92	1,22	1,45	1,69	1,78	1,95	2,04	2,32	2,6	2,98	3,27

Si applica quindi il terzo livello di regionalizzazione che consiste nella ricerca di un legame tra il valore medio delle serie storiche ed i parametri geografici (l'altitudine media sul livello del mare) che caratterizzano il bacino. La Calabria è stata suddivisa in 13 aree pluviometriche omogenee (Figura 5-1) in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale della pioggia giornaliera  $m[h_g]$  e la quota sul mare  $Z$  del tipo:

$$m(h_g) = C Z + D$$

Assumendo valido un legame tra la il valor medio del massimo annuale dell'altezza di pioggia e la durata  $t$ ,

$$m[h(t)] = a \cdot t^n$$

Considerando che per la Calabria il rapporto

$$\frac{m[h_g]}{m[h(t)]} = r$$

è distribuito normalmente con media pari a 0.875 e scarto quadratico medio 0.031, si ottiene:

$$m[h(t)] = a \cdot t^{\frac{C Z + D - \log r - \log a}{\log 24}}$$

I valori dei parametri per la caratterizzazione della relazione sono stati definiti dal progetto VAPI per l'area pluviometrica T4 (Figura 5-1)

Area Pluviometrica Omogenea		a	c	d
T4	Stretto	26,73	0,00028	1,736

Sostituendo tali valori nell'equazione per una quota media del bacino pari a 715.95m si ottiene la legge di possibilità pluviometrica associata all'area di studio:

$$m[h(t)] = 26.73 \cdot t^{0.4111}$$

Il risultato è posto pari al valore indice  $\mu$ .



		1h [mm]	3h [mm]	6h [mm]	12h [mm]	24h [mm]
Tempo di ritorno [anni]	2	24,592	38,632	51,371	68,309	90,833
	5	32,611	51,230	68,122	90,584	120,453
	10	38,759	60,888	80,965	107,662	143,161
	20	45,174	70,966	94,366	125,481	166,857
	25	47,579	74,745	99,391	132,164	175,743
	40	52,124	81,884	108,884	144,786	192,527
	50	54,529	85,663	113,909	151,469	201,413
	100	62,014	97,420	129,543	172,259	229,058
	200	69,498	109,178	145,178	193,048	256,703
	500	79,655	125,135	166,396	221,263	294,221
	1000	87,407	137,312	182,589	242,795	322,854

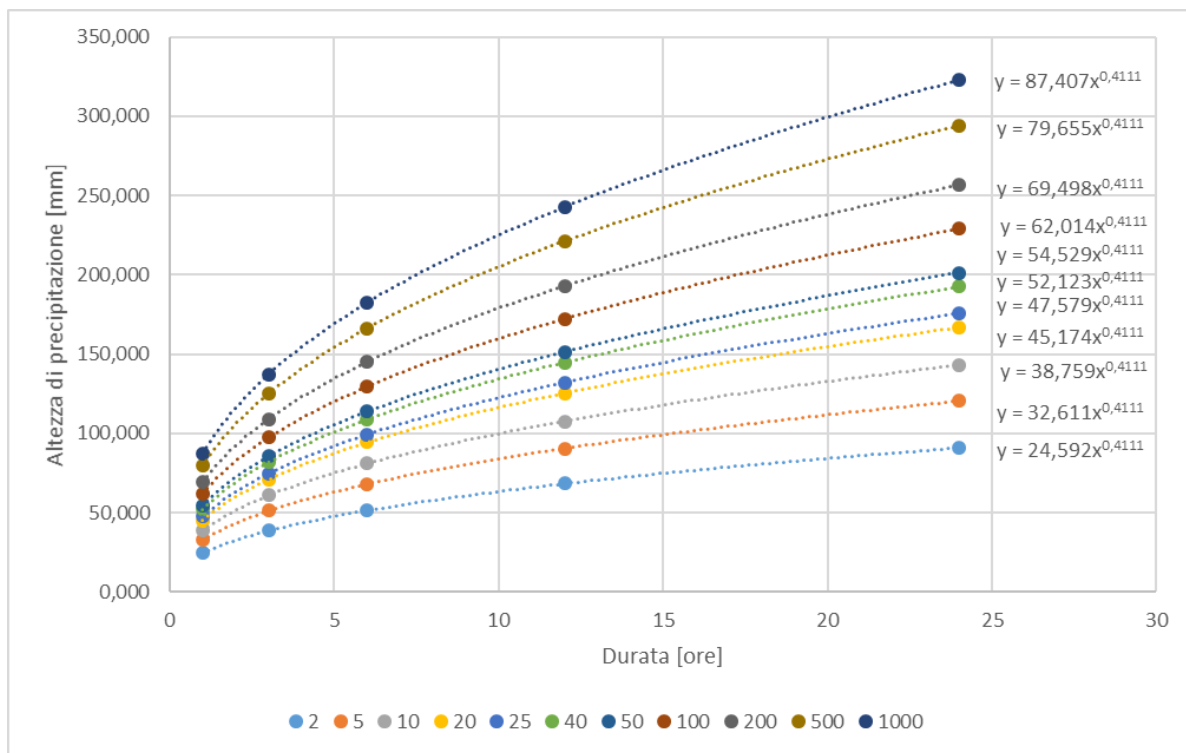


Figura 5-2 Curve di possibilità pluviometrica e tabella parametri delle curva  $h(t,T) = a_T t^n$

		$a_T$	$n_T$
Tempo di ritorno [anni]	2	24,592	0,4111
	5	32,611	0,4111
	10	38,759	0,4111
	20	45,174	0,4111
	25	47,579	0,4111
	40	52,124	0,4111

	$a_T$	$n_T$
50	54,529	0,4111
100	62,014	0,4111
200	69,498	0,4111
500	79,655	0,4111
1000	87,407	0,4111

La durata della pioggia critica si assume di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ , definito come il tempo al quale tutte le parti del bacino contribuiscono con il loro massimo deflusso alla formazione della piena.

Noto il fattore di crescita  $X'_T$  possono essere calcolati i valori dell'altezza di pioggia critica di durata  $t_c$  in funzione del tempo di ritorno (T):

$$h(t_c, T) = m[h(t_c)] \cdot X'_T = 42.786 \cdot X'_T$$

		$a_T$	$n_T$	$h(t_c, T)$ [mm]
Tempo di ritorno [anni]	2	24,592	0,4111	39,364
	5	32,611	0,4111	52,199
	10	38,759	0,4111	62,040
	20	45,174	0,4111	72,309
	25	47,579	0,4111	76,160
	40	52,124	0,4111	83,434
	50	54,529	0,4111	87,284
	100	62,014	0,4111	99,265
	200	69,498	0,4111	111,245
	500	79,655	0,4111	127,504
	1000	87,407	0,4111	139,912

## 6. Stima della massima portata al colmo di piena con metodo analitico.

Le formule analitiche forniscono la massima portata al colmo di piena in funzione di parametri morfometrici del bacino e della pioggia che genera la piena. Esse costituiscono una semplice forma di bilancio idrologico (Linee guida PAI, 2002).

L'evapotraspirazione risulta in genere irrilevante rispetto agli altri termini del bilancio idrologico, mentre la componente superficiale assume un'importanza preponderante rispetto alle altre forme di deflusso. In questa visione il fenomeno di piena risulta dovuto essenzialmente a quella parte di precipitazione (pioggia netta), che non essendosi infiltrata dà luogo allo scorrimento sui versanti (scorrimento superficiale) e raggiunge la rete idrografica. Il volume di controllo con cui si identifica il bacino si riduce a quello che comprende la rete idrografica ed ha base coincidente con la superficie del suolo.

Il metodo razionale considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione  $t_c$ .

La formula per il calcolo della portata al colmo di massima piena Q secondo il metodo razionale è la seguente:

$$Q = \frac{c_d \cdot h_{(t_c, T)} \cdot A}{3,6 \cdot t_c}$$

Con

- $C_d$  coefficiente di deflusso
- $t_c$  tempo di corrivazione in ore
- $h_{(t_c, T)}$  altezza di pioggia di durata  $t_c$  riferita al tempo di ritorno T
- A area del bacino in  $\text{km}^2$

		$h(t_c, T) \text{ [mm]}$	$Q \text{ [m}^3/\text{s]}$
Tempo di ritorno [anni]	2	39,364	168,299
	5	52,199	223,179
	10	62,040	265,254
	20	72,309	309,158
	25	76,160	325,622
	40	83,434	356,720
	50	87,284	373,184
	100	99,265	424,406
	200	111,245	475,627
	500	127,504	545,142
	1000	139,912	598,193

*Il Geologo*

*Dott. Attilio Porchia*

## 7. Bibliografia

GNDICI “Valutazione delle Piene in Calabria” CNR-IRPI Geodata n°30 1989 e “Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia”. Rapporto Catanzaro GNDICI Unità Operativa 1.4 Linea 1.

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) (ai sensi dell'art. 1-bis della L. 365/2000, dell'art.17 Legge 18 maggio 1989 n. 183, dell'art.1 Legge 3 agosto 1998 n. 267). 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.