



REPUBBLICA ITALIANA



*Comune di Cicala*

88040 - (Provincia di Catanzaro )  
via Attanzio - Tel. 0968-85294 Fax 0968-85282

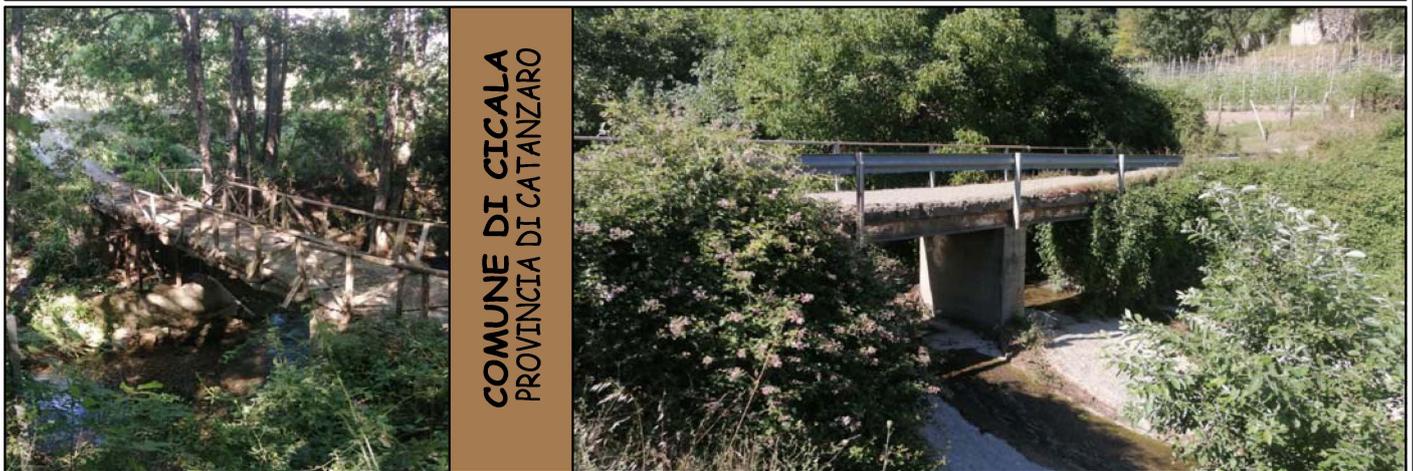


MINISTERO DELL'INTERNO

**DECRETO DEL DIPARTIMENTO PER GLI AFFARI INTERNI E TERRITORIALI  
DEL MINISTERO DELL'INTERNO DEL 23/02/2021**

**CONTRIBUTI PER L'ANNO 2021 PER INVESTIMENTI IN OPERE PUBBLICHE DI MESSA IN SICUREZZA  
DEGLI EDIFICI E DEL TERRITORIO DI CUI ALL'ART. 1, COMMA 139 E SEGUENTI, LEGGE 145/2018**

**RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA  
IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME  
AI CORSI D'ACQUA  
CUP: I48C20000010001**



COMUNE DI CICALA  
PROVINCIA DI CATANZARO

**Tav. 3/A**

**PROGETTO ESECUTIVO**

IL R.U.P.  
Geom. L. BONACCI

TITOLO

**RELAZIONE IDROLOGICA  
TORRENTE SANT'ELIA**

SCALA :

Il Sindaco  
Geom. A. FALVO

PROGETTISTI - R.T.P.

Ing. AMELIO G.

Ing. VITELLI G.

Ing. PERRI T.

Ing. MADIA F.

DATA :

FEBBARIO 2023

## 1. PREMESSA.

Il presente elaborato tratta lo studio idrologico relativo al progetto per la **RIQUALIFICAZIONE IDRAULICA IDROGEOLOGICA DELLE AREE PROSSIME AI CORSI D'ACQUA** da realizzarsi nel Comune di Cicala, necessario per dimensionare correttamente gli interventi in programma. La presente relazione è stata redatta utilizzando come dati di input le piogge calcolate tramite la Metodologia TCEV del VAPI Calabria, contenuti all'interno della Relazione Idrologica di questo progetto.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

Lo studio idraulico è stato condotto secondo le *“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”*.

## 3. AUTORITÀ DISTRETTO MERIDIONALE.

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della Puglia, della Basilicata, della Calabria, del Molise.



*Area di competenza dell'AdB distrettuale dell'Appennino Meridionale.*

Le Autorità di Bacino Distrettuali, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.). La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresaeed 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.

Ai sensi delle norme su richiamate, le Autorità di bacino distrettuale provvedono:

- Ad elaborare il Piano di bacino distrettuale e i relativi stralci, tra cui il piano di gestione del bacino idrografico, previsto dall'articolo 13 della direttiva 2000/60/CE, e il piano di gestione del rischio di alluvioni, previsto dall'articolo 7 della direttiva 2007/60/CE, nonché i programmi di intervento;
- Ad esprimere parere sulla coerenza con gli obiettivi del Piano di bacino dei piani e programmi dell'Unione europea, nazionali, regionali e locali relativi alla difesa del suolo, alla lotta alla desertificazione, alla tutela delle acque e alla gestione delle risorse idriche.

Attualmente, i documenti e le normative vigenti sono ancora in Piani di Assetto Idrogeologico delle singole ex Autorità di Bacino, in questo caso, quello della Regione Calabria.

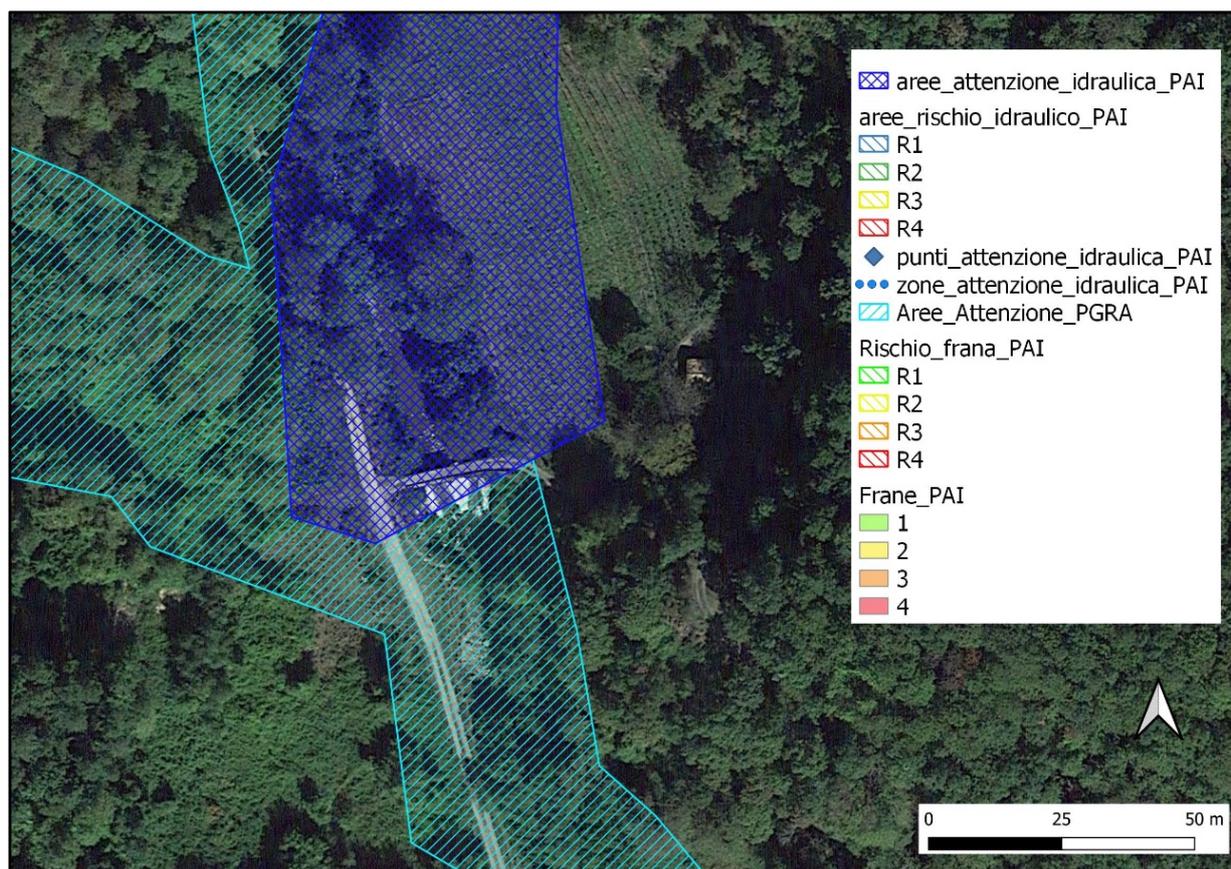
#### **4. AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE CALABRIA.**

Il presente studio è stato redatto in conformità agli indirizzi dettati per il settore specifico dal "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" della Calabria, di seguito denominato PAI. Questo Piano, sviluppato in ottemperanza del D.L. 180/98 (Decreto Sarno) e finalizzato alla valutazione del rischio di frana, di alluvione ed erosione costiera, ha valore sovraordinatorio sulla strumentazione urbanistica locale, come sancito dall'art. 1 bis della L. n. 365 del 11 dicembre 2000. Pertanto, il PAI rappresenta uno strumento conoscitivo del territorio fisico oltre che normativo e di programmazione degli interventi necessari alla difesa e/o alla mitigazione dei rischi. Le direttive emanate dal PAI relativamente alle specifiche tematiche sviluppate nel presente studio sono riportate essenzialmente in due atti:

- Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia;
- 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 di attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio di esondazione;

Le linee guida forniscono gli indirizzi generali da applicare nelle attività di progettazione per i casi espressamente previsti dalle Norme di Attuazione.

Nelle sopra citate Norme di Attuazione all'Art. 11 (Individuazione delle aree a rischio e/o pericolo d'inondazione) vengono definite aree di rischio quelle perimetrate mediante modellazione analitica ed attribuzione delle classi R4, R3, R2, R1.



*Stralcio perimetrazione rischio idraulico.*

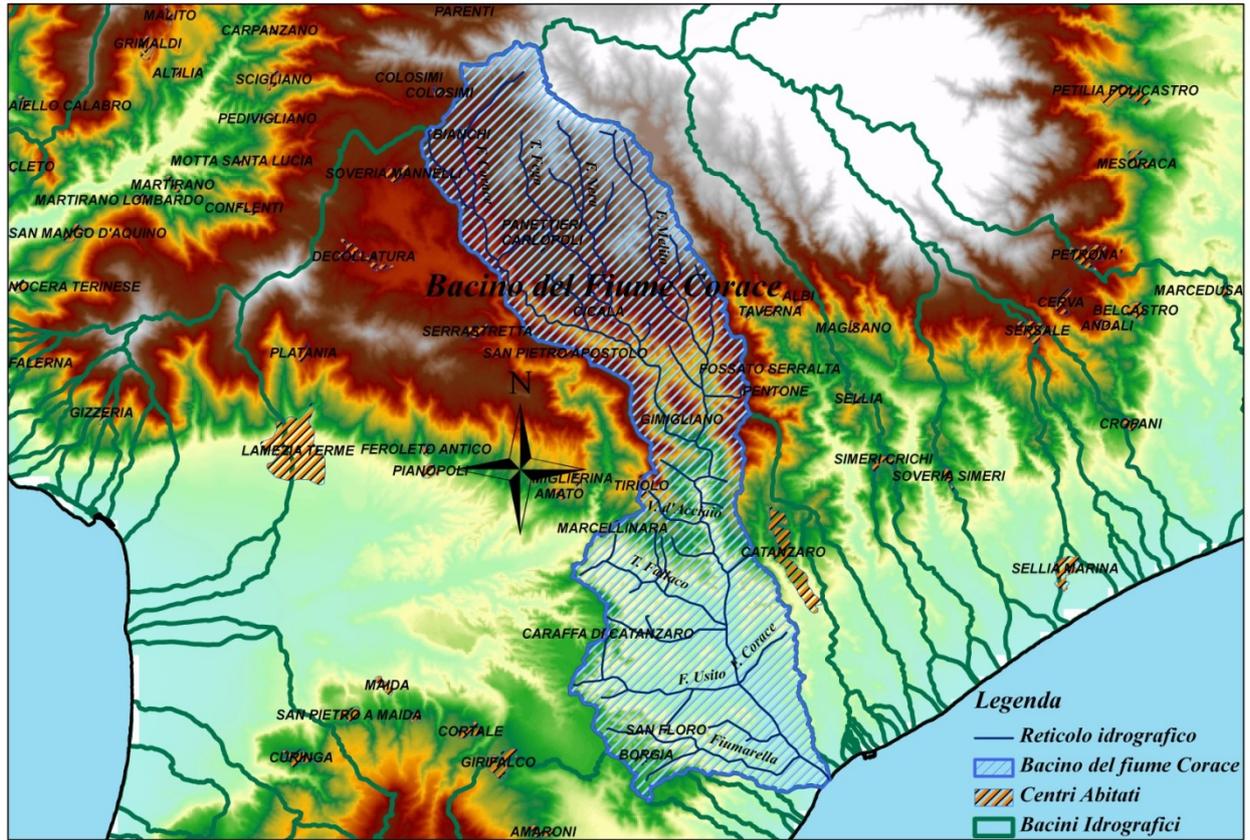
L'area oggetto di intervento è inserita nel Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria come area di attenzione idraulica.

L'area ricade nella perimetrazione del P.G.R.A.

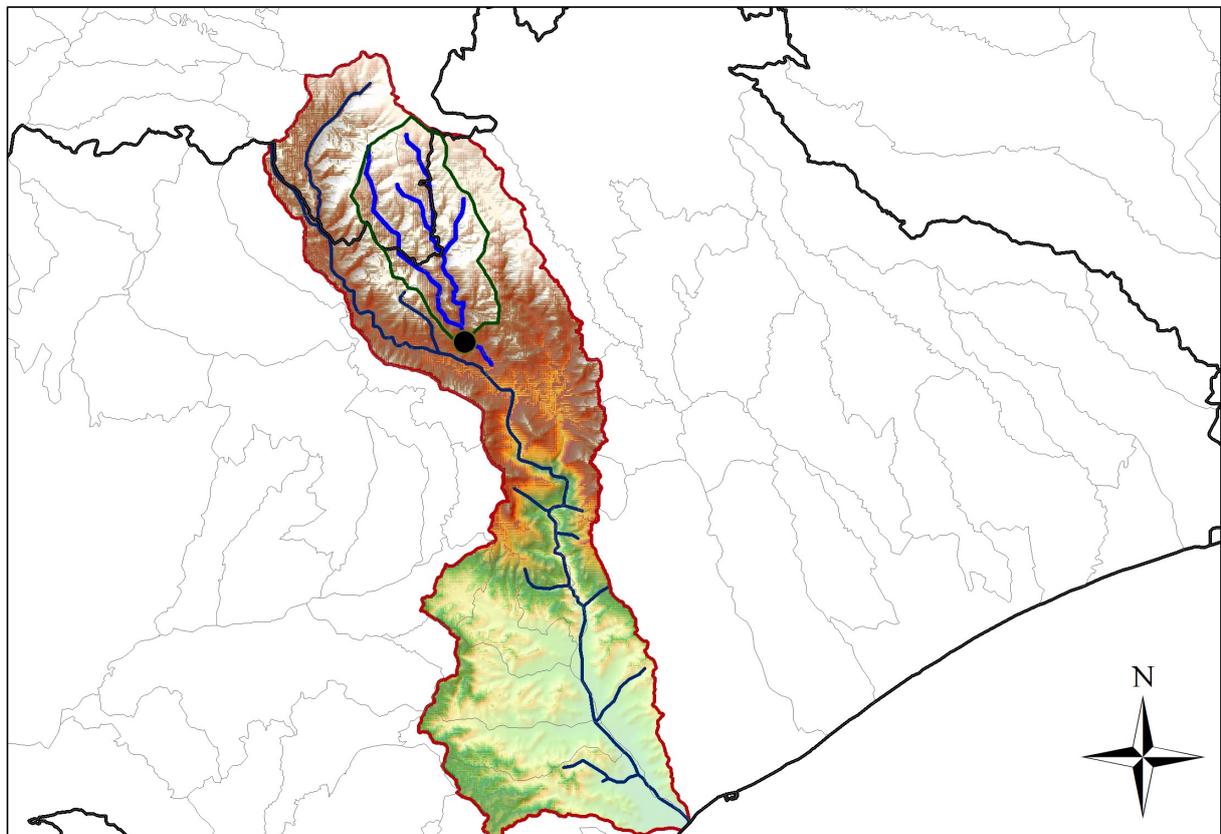
## 5. ANALISI IDROLOGICA.

### 5.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.

Il corso del Torrente Sant'Elia è un affluente del Fiume Corace e si sviluppa per un tratto di 1120 m all'interno del Comune di Cicala (CZ). La superficie del bacino idrografico, sotteso alla sezione di chiusura in prossimità del ponte Sant'Elia, risulta di 14,68 Km<sup>2</sup>.



*Inquadramento geografico del bacino di interesse.*



*Delimitazione del sottobacino bacino di interesse*

## 5.2 STUDIO MORFOLOGICO.

Una volta delineato il bacino idrografico tramite l'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici (GIS), è stato possibile determinare le caratteristiche morfologiche del bacino, quali: l'area, la lunghezza dell'asta principale, la quota massima e minima e media di bacino, infine il dislivello del bacino. Tali caratteristiche sono riportate nella tabella che segue:

### CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO.

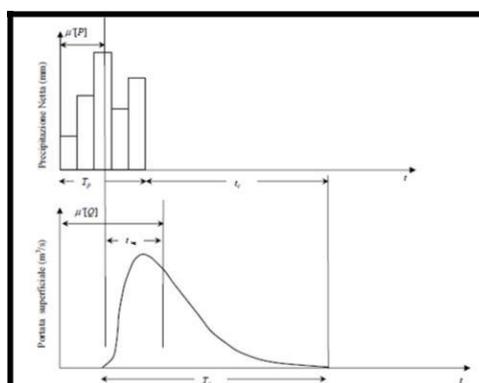
Area	14.68	Km <sup>2</sup>
Altezza max	1404.52	m
Altezza min	770.64	m
Altezza media	994.33	m
Lunghezza asta principale	11.20	Km

### TEMPI CARATTERISTICI.

I tempi caratteristici che contribuiscono a definire le modalità di risposta di un bacino idrografico e sono:

- il *tempo di corrivazione* del bacino;
- il *tempo di ritardo* del bacino.

La Figura 3.3.1 mostra i tempi caratteristici del bacino con riferimento ad un idetogramma di pioggia netta di durata  $T_p$ , ipotizzata uniforme sul bacino, e ad un idrogramma della sola portata superficiale di durata  $T_q$ . In queste ipotesi, il tempo di corrivazione  $t_c$  è la distanza temporale che intercorre tra l'ultimo istante di pioggia e l'istante in cui transita l'ultimo valore di portata alla sezione di chiusura. Il tempo di ritardo  $t_{lag}$  è la distanza tra i baricentri  $\mu'[P]$  e  $\mu'[Q]$  rispettivamente del pluviogramma e dell'idrogramma considerati, esso assumerà valori diversi al variare del tipo di modello di trasformazione afflussi-deflussi.



Esempio tempi caratteristici

### 5.3 TEMPO DI CORRIVAZIONE.

È possibile associare ad ogni punto del bacino un *tempo di corrivazione* inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua per raggiungere la sezione di chiusura, scorrendo sempre in superficie. Tra questi il maggiore viene indicato come il *tempo di corrivazione del bacino*. Esso rappresenta dunque il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino a partire dal punto idraulicamente più lontano da essa. Di seguito vengono riportate le formule più utilizzate in Italia per il calcolo del tempo di corrivazione di un bacino idrografico.

La formula più comunemente usata per la stima del tempo di corrivazione di un bacino, utilizzata nello studio,  $t_c$  è la *formula di Giandotti*, valida per bacini di estensione superiore a 100 kmq:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L_p}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

in cui  $t_c$  è misurato in ore,  $A$  è l'area del bacino in  $kmq$ ,  $L_p$  la lunghezza dell'asta principale in  $km$ ,  $H_m$  l'altitudine media del bacino, espressa in  $m$ , riferita al livello medio del mare e con  $H_0$  la quota della sezione di chiusura, anch'essa in  $m$ , sempre riferita al livello medio del mare.

La stessa formula è stata adattata da Aronica e Paltrinieri per bacini di superficie inferiore ai 10  $kmq$ , dividendo il  $t_c$  così ottenuto per il prodotto tra un termine  $M$  e  $d$ , dipendenti rispettivamente del tipo di copertura e permeabilità del suolo.

Tipo di copertura	M
Terreno nudo	0,667
Terreni coperti con erbe rade	0,250
Terreni coperti da bosco	0,200
Terreni coperti da prato permanente	0,167
Permeabilità	d
Terreni semi-impermeabili	1,270
Terreni poco permeabili	0,960
Terreni mediamente permeabili	0,810
Terreni molto permeabili	0,690

#### 5.4 TEMPO DI RITARDO.

Il *tempo di ritardo* ( $t_{lag}$ ) di un bacino è l'intervallo di tempo che separa il baricentro dello ietogramma di pioggia netta dal baricentro dell'idrogramma del deflusso superficiale. In molti modelli di trasformazione afflussi – deflussi si ritiene che questo sia un valore caratteristico del bacino che non dipende dal particolare evento.

**Formula del Soil Conservation Service:**

$$t_{lag} = 0.6t_c$$

in cui  $t_{lag}$  e  $t_c$  sono misurati in ore.

#### 5.5 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE E DEL TEMPO DI RITARDO.

Di seguito viene riportato il calcolo del tempo di corrivazione con la formula di Giandotti e del tempo di ritardo utilizzato per l'area d'interesse:

- $t_c=2.08$  ore
- $t_{lag}= 1.248$  ore

### 6. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO.

Nella progettazione di opere idrauliche interferenti con le portate di piena, è prioritariamente indispensabile procedere alla stima della portata massima prevedibile che le solleciterà nel corso della loro vita prevista.

La portata, nella maggior parte dei casi, è originata dalle precipitazioni meteoriche e, più in generale, dipenderà dalle caratteristiche molto variabili, sia nel tempo che nello spazio, delle trasformazioni che l'acqua subisce durante il suo ciclo idrologico.

In siffatte condizioni, è praticamente impossibile calcolare la massima portata prevedibile in senso deterministico e bisognerà, quindi, affrontare il problema nel solo modo possibile, e cioè in termini probabilistici.

Significa, cioè, che la portata di piena va considerata come una variabile casuale, la quale, conseguentemente, dovrà essere stimata relativamente ad un livello di probabilità che essa ha di non essere superata o, meglio ancora, relativamente ad un periodo di tempo (detto tempo di ritorno) che intercorre, in media, tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato.

In genere, è possibile riconoscere due tipi di problemi, a seconda del tipo di informazioni di cui si dispone:

- stima della portata di piena di progetto direttamente dall'analisi probabilistica di osservazioni dirette di portata fatte in passato nel sito;
- stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del processo della loro trasformazione in deflussi.

Il calcolo che seguirà si occupa del secondo caso, in quanto non sono disponibili rilevazioni idrometrografiche.

Per quanto riguarda l'analisi delle precipitazioni, la letteratura tecnica classica consiglia leggi a due parametri (Gumbel, Galton, Fuller), tuttavia recenti studi, svolti nell'ambito del progetto VA.P.I. del CNR-GNDCI, suggeriscono di utilizzare la più affinata funzione TCEV (Two Component Extreme Value). Quest'ultima è stata recepita anche nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

## 7. ANALISI IDROLOGICA DELLE PIOGGE CON IL MODELLO PROBABILISTICO TCEV

La metodologia utilizzata in questo caso fa riferimento a quella proposta su scala regionale e nazionale dal progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare, viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari). Le elaborazioni relative all'applicazione di tale modello fanno riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica in cui i parametri vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico. Di fatto il modello TCEV adottato costituisce una generalizzazione del modello di Gumbel, il quale tende a sottostimare i valori più elevati registrati. Esso risulta costituito dal prodotto di due leggi di Gumbel, la prima delle quali destinata ad interpretare e descrivere, in chiave probabilistica i massimi valori ordinari e, la seconda, quelli straordinari (outliers) (aventi secondo H classico modello di Gumbel una probabilità di superamento inferiore del 5% e, quindi, tali da potersi ritenere straordinari). Tale modello ipotizza che il massimo valore annuale assuma la seguente funzione di probabilità cumulata:

$$F(X_T) = e^{-\Lambda_1 e^{\frac{X_T}{\theta_1}} - \Lambda_2 e^{\frac{1}{\theta_2} - \Lambda_2 e^{\frac{X_T}{\theta_2}}}}$$

dove:

- $X_T$  è la variabile considerata con  $X_T \geq 0$ ;
- $\Lambda^* \theta^*$  sono parametri dimensionali dipendenti solo dal coefficiente di asimmetria e pertanto stimabili solo sull'base di un'indagine regionale ad ampia scala (Analisi regionale di I livello);
- $\Lambda_I$  è il numero medio di eventi indipendenti, di tipo ordinario, che si determinano nella zona (e, pertanto, è un'caratteristica climatica di una zona omogenea valutata un'analisi regionale di II livello).

La precedente funzione di probabilità cumulata  $F(X_T)$  esprime la probabilità che la variabile  $X_T$  assuma un valore al più uguale a  $x$ , mentre ovviamente:

$$1 - F(X_T) = P\{X_T > x\}$$

esprime la probabilità che  $X_T$  superi il valore  $x$ , e si abbia quindi un evento critico.

Per un valore  $x$  della variabile  $X_T$ , noto  $F(X_T)$ , può essere immediatamente calcolato il periodo di ritorno  $T_r$  corrispondente:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(X_T)}$$

Nel programma VAPI è stata effettuata l'analisi statistica dell'intera informazione idrologica su base regionale delle piogge massime giornaliere; tale informazione è stata successivamente integrata con l'analisi delle piogge intense di breve durata. In dettaglio l'analisi dei parametri di forma è stata effettuata all'interno del primo livello di regionalizzazione: si è ipotizzato, infatti, che i tau parametri, poiché dipendono da fattori essenzialmente climatici, siano costanti in senso statistico in ampie aree geografiche, dette zone omogenee. Nel caso della distribuzione TCEV, si può fare riferimento alla variabile standardizzata  $Y$ , definita come:

$$Y = \frac{X}{\theta_1} - \ln \Lambda_1$$

che dipende solo dai parametri standardizzati (parametri di forma):

$$\theta^* = \frac{\theta_2}{\theta_1}; \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\theta^*}}$$

La funzione di probabilità cumulata della variabile  $Y$  è:

$$F_Y(y) = \exp\left(-e^{-y} - \Lambda^* e^{-y/\theta^*}\right)$$

che è ancora una distribuzione TCEV standardizzata.

L'ipotesi di omogeneità regionale, che si esprime attraverso le relazioni:

$$\theta^* = \text{cost}$$

$$\Lambda^* = \text{cost}$$

corrisponde ad ammettere che la variabile standardizzata  $Y$  sia identicamente distribuita sull'intera regione. L'analisi del parametro di scala della distribuzione viene effettuata all'interno del secondo livello di regionalizzazione, che riguarda contemporaneamente i parametri di forma e di scala della distribuzione delle piogge. Si assume che il parametro di scala sia costante in aree geografiche omogenee più piccole contenute all'interno delle zone omogenee precedentemente identificate al primo livello di regionalizzazione (sottozone omogenee). Nel caso della distribuzione TCEV si può fare riferimento alla variabile  $K$  definita come:

$$K = \frac{X}{\mu(X)}$$

che dipende sia dai parametri di forma  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  sia dal parametro di scala  $\Lambda_1$  poiché la sua funzione di probabilità cumulata è ancora una distribuzione TCEV del tipo:

$$F_K(k) = \exp\left[-\Lambda_1 e^{-k\eta} - \Lambda_1^{1/\theta^*} \Lambda^* e^{-k\eta/\theta^*}\right]$$

Mettendo in relazione esplicita la variabile K con il periodo di ritorno  $T_r$ , la  $F_K(k)$  esprime la funzione di probabilità cumulata del fattore probabilistico di crescita. Pertanto, per ottenere la legge di crescita con il periodo di ritorno, è necessario e sufficiente completare l'analisi di regionalizzazione ai primi due livelli.

L'espressione del fattore di crescita probabilistica  $K_T(T_r)$  è dato dall'espressione implicita:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp[-\Lambda_1 e^{-k\eta} - \Lambda_1^{1/\theta^*} \Lambda^* e^{-k\eta/\theta^*}]}$$

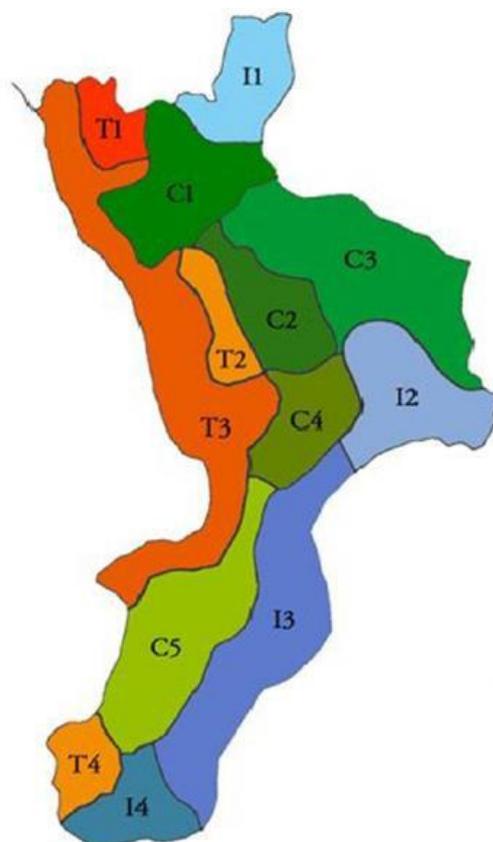
La stima dei parametri di forma è stata eseguita utilizzando la tecnica proposta da Gabriele e Villani (1992) nota come tecnica di stima della verosimiglianza regionale con soglia.

Per poter utilizzare le formule che contengono dati relativi alle precipitazioni in termini di altezze o di intensità si è provveduto alla determinazione di tali parametri sulla base dei dati pluviometrici regionali elaborati nel progetto VAPI.

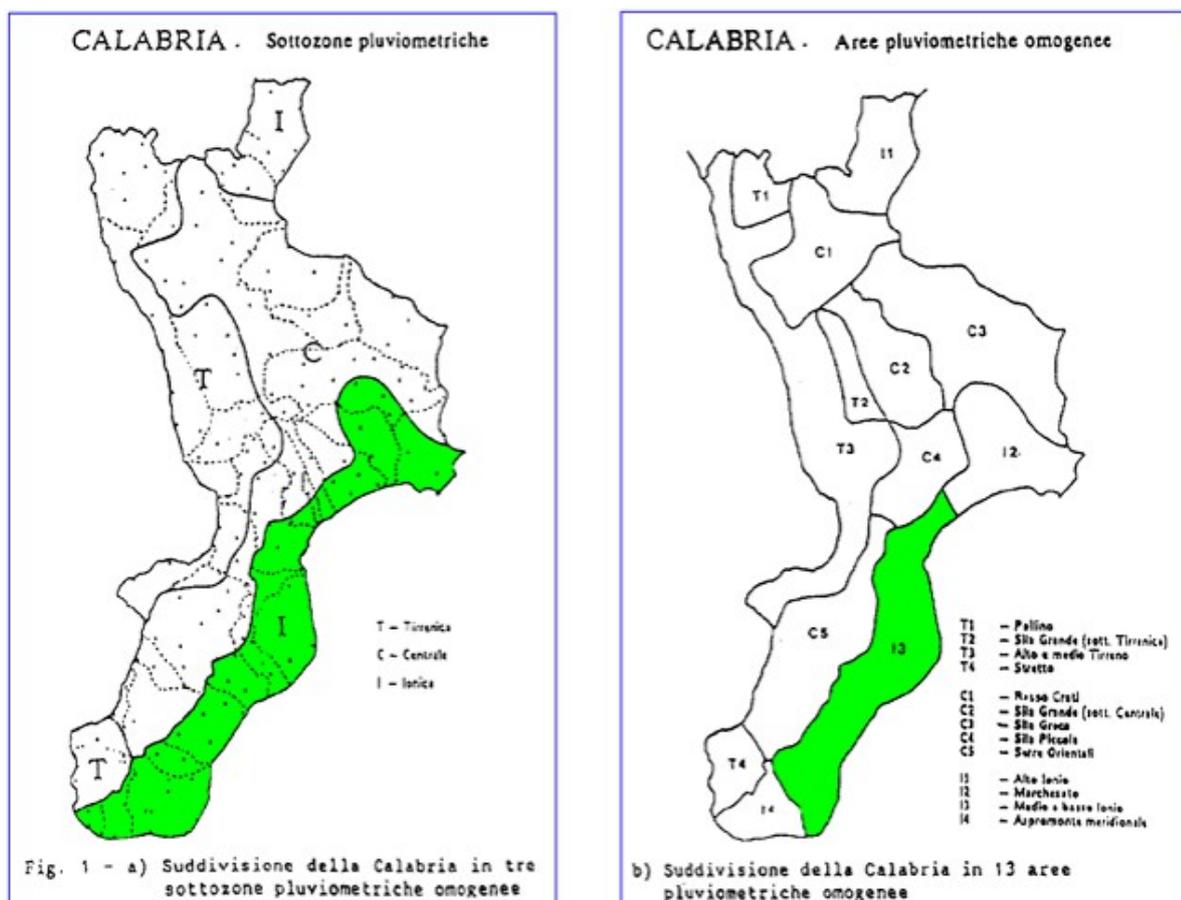
### 7.1 PRIMO E SECONDO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE.

Per il primo e secondo livello di regionalizzazione sono state individuate le regioni omogenee rispetto ai parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  (primo livello) e al parametro  $\Lambda_1$  (secondo livello) e risulta quindi individuato il valore di  $\eta$ . Tali regioni sono dette Sottozone Omogenee (SZO) e per la Calabria sono le seguenti:

- Sottozona Tirrenica;
- Sottozona Centrale;
- Sottozona Ionica.



Divisione sottozone Calabria



*Estratto dal VAPI Calabria-Sottozone pluviometriche ed aree pluviometriche omogenee.*

I valori dei parametri caratteristici al primo e secondo livello di regionalizzazione sono i seguenti:

Sottozona	$\vartheta_*$	$\Lambda_*$	$\hat{\Lambda}_1$	$\eta$
Tirrenica	2.154	0.418	48.914	5.173
Centrale			22.878	4.414
Ionica			10.987	3.681

I valori di  $K_T$  (fattori di crescita) relativi ai tempi di ritorno più comunemente usati nella pratica sono riportati nella tabella seguente:

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ (Tirreno)	0.92	1.22	1.45	1.69	1.78	1.95	2.04	2.32	2.60	2.98	3.27
$K_T$ (Centrale)	0.91	1.26	1.53	1.81	1.91	2.12	2.22	2.54	2.87	3.32	3.65
$K_T$ (Ionio)	0.89	1.31	1.63	1.97	2.09	2.34	2.46	2.85	3.25	3.78	4.18

*Il bacino idrografico in esame ricade all'interno della sottozona omogenea Centrale.*

## 7.2 TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE.

Il terzo livello di regionalizzazione, come già indicato in precedenza, consiste nell'individuazione di legami tra valori medi dette serie storiche ed i parametri geografici che caratterizzano le località in cui sono installate le stazioni di misura. Nel caso della Calabria è stata osservata, all'interno di aree omogenee, una buona relazione tra la media annuale dei massimi giornalieri e la quota. È stato

pertanto ipotizzato che l'intera regione possa essere suddivisa in aree omogenee in ciascuna delle quali esiste una correlazione tra i valori della media del massimo annuale dell'altezza di precipitazione giornaliera  $m[h_g]$  e la quota sul mare  $Z$ , del tipo:

$$m[h_g] = C*Z+D$$

in cui  $C$  e  $D$  sono due parametri variabili da area ad area.

Nel caso della Calabria sono state individuate 13 aree pluviometriche omogenee (APO). La delimitazione delle APO è riportata sempre nella figura precedente. Analizzando 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 evidenzia che per ogni stazione esista, per  $d$  compreso tra 1 e 24 ore un legame del tipo:

$$m[h_{(d)}] = a*d^n$$

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

Si è notato, inoltre, che il rapporto:

$$r = m[h_g] / m[h_{24}]$$

relativo ad uno stesso periodo di funzionamento, comprendente cioè solo gli anni per cui sono disponibili entrambi i valori, varia molto poco passando da una stazione all'altra. Nel caso della Calabria  $r$  è distribuito normalmente con media 0.875 e scarto quadratico medio 0.031. Si può quindi utilizzare l'informazione ben più ampia disponibile sulle precipitazioni giornaliere anche per sviluppare il terzo livello dell'analisi regionale delle piogge brevi. Più precisamente:

- assumendo che  $m[h_{(1)}]$ , e quindi il parametro  $a$  è costante in ciascuna delle aree omogenee e pari al valor medio pesato con gli anni di funzionamento degli  $x_1$  relativi alle serie con  $N \geq 20$ .
- assumendo che in ogni stazione vale il rapporto:  $r = m[h_g] / m[h_{24}]$ ;
- ricordando che in ciascuna area omogenea è nota la relazione
 
$$m[h(d)] = a*d^n;$$
- si ottiene:  $n = (C*Z + D + \log r - \log a) / \log 24$

Area omogenea	$a$	$b$	$c$	$d$
T1	0.00014	1.907	27.79	0.521
T2	0.00021	1.683	23.75	0.365
T3	0.00022	1.769	26.61	0.402
T4	0.00028	1.736	16.73	0.367
C1	0.00049	1.690	21.73	0.411
C2	0.00021	1.683	23.75	0.365
C3	0.00016	1.951	31.02	0.517
C4	0.00032	1.840	33.22	0.377
C5	0.00036	1.815	34.99	0.329
I1	0.00026	1.778	24.37	0.449
I2	0.00025	1.922	30.97	0.489
I3	0.00043	1.953	39.58	0.414
I4	0.00027	1.817	34.13	0.342

*Valori di  $a$   $b$   $c$  e  $d$  in funzione della sottozona*

Complessivamente le piogge sui bacini considerati possono essere espresse, per ogni tempo di ritorno, mediante la classica formula monomia:

$$h = a t^n$$

dove  $h$  è l'altezza di pioggia e  $t$  la relativa durata e con i parametri  $a$  e  $n$  variabili con la quota. Le formulazioni esposte possono essere dunque applicate ai bacini oggetto di studio, determinando per ciascuno di essi la quota media sul livello del mare del bacino idrografico ed assumendo come durata un tempo pari al tempo di corrvazione del bacino stesso.

## 8. FASI DI CALCOLO.

Nel presente studio verranno seguite le seguenti fasi:

- Studio pluviometrico mediante determinazione delle curve di possibilità pluviometrica, per i tempi di ritorno pari a  $T_r=30$  anni,  $T_r=50$  anni,  $T_r=100$  anni e  $T_r=200$  anni, al terzo livello di regionalizzazione mediante l'applicazione dei coefficienti di crescita indicati nel metodo VAPI per la sottozona omogenea in cui ricade l'opera;
- Calcolo della massima portata al colmo per il tempo di ritorno di 200 anni, utilizzando la formula razionale

### 8.1 CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA. METODO VAPI AL TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE.

Nel menzionato studio del GNDCI i valori di **a** ed **n** sono stati anch'essi ricavati da un'analisi regionale, individuando 13 aree omogenee in ciascuna delle quali si ritiene valido un legame di correlazione tra la media delle altezze di pioggia giornaliera massime annuali e la quota sul mare. Il valore di **a** per la sottozona omogenea C4 (SILA PICCOLA), nella quale ricade il Torrente Sant'Elia è stato trovato pari a 33.22 mm. Per la stima del valore di **n** viene indicata la relazione

$$n = \frac{cH + d - \log r - \log a}{\log 24}$$

essendo **c** e **d** due parametri variabili da area ad area, **H** l'altezza media del bacino rispetto alla quota del mare ed **r** un coefficiente costante per tutta la regione e pari a 0.875 (rapporto tra la media delle piogge giornaliera e la media delle piogge di durata 24 ore).

Per la zona pluviometrica omogenea C4 (SILA PICCOLA) i valori dei parametri necessari alla caratterizzazione dell'espressione precedente sono:

- $a = 33.22$ ;
- $c = 0.00032$ ;
- $d = 1.840$ .

Per il bacino del Torrente Sant'Elia (sezione di chiusura di progetto 770,64 m s.l.m.) con quota media **H** pari a 994.33 m s.l.m. si ha dunque:

$$n = 0.5034.$$

In definitiva le curve di probabilità pluviometriche risultano essere:

$$\begin{aligned} h_{t,50} &= 73.72 \cdot t^{0.5034} \text{ (tempo di ritorno } T = 50 \text{ anni)} = 107.36 \\ h_{t,100} &= 84.49 \cdot t^{0.5034} \text{ (tempo di ritorno } T = 100 \text{ anni)} = 123.04 \\ h_{t,200} &= 95.50 \cdot t^{0.5034} \text{ (tempo di ritorno } T = 200 \text{ anni)} = 139.07 \end{aligned}$$

## 9. STIMA DELLA MASSIMA PORTATA AL COLMO METODO RAZIONALE.

La particolare caratteristica della formula razionale prevede in via teorica, una relazione diretta tra pioggia e portata e consente di assumere come tempo di ritorno della portata al colmo lo stesso delle piogge che, teoricamente, la generano.

Adattabile a bacini di tutte le dimensioni attraverso un'opportuna scelta della formula per la determinazione del tempo di corrivazione ( $T_c$ ).

Tra i metodi razionali, molteplici sono le formule utilizzabili; tra esse è stata presa in considerazione quella che si basa sul presupposto che, nell'ipotesi di una precipitazione ad intensità uniforme sull'intera superficie di un determinato bacino e costante nel tempo, pervengono alla sezione di chiusura di quest'ultimo i contributi di aree via via più distanti dalla sezione stessa sino al raggiungimento della condizione di contributo contemporaneo da parte di tutto il bacino. In tali condizioni la portata al colmo ( $Q_{max}$ ) risulta esprimibile tramite la relazione:

$$Q_{max} = \frac{\phi \cdot i_{t,T} \cdot A}{3.6} = \frac{\phi \cdot a \cdot t^{n-1} \cdot A}{3.6}$$

$Q_{max}$  = portata al colmo di dato tempo di ritorno (in m<sup>3</sup>/sec);

$i_{t,T}$  = intensità di pioggia (in mm/ora) di dato tempo di ritorno (nel caso nostro, T=200 anni) raggugliate al bacino sotteso e di durata pari al tempo di corrivazione ( $T_c$ );

A = area del bacino sotteso dalla sezione di chiusura depurata delle aree permeabili in formazioni calcaree (aliquota di area permeabile in formazione calcarea= 70%) e da quelle sottese da significativi invasi artificiali (in Km<sup>2</sup>);

$\phi$  = coefficiente di deflusso di piena; questo può essere posto, cautelativamente, pari a 0.158 sulla base di un modello afflussi = deflussi nel quale viene fatta la logica assunzione che le condizioni idrologicamente più sfavorevoli vengono raggiunte a seguito di piogge intense e persistenti per cui abbia a ridursi fortemente sia la saturazione del suolo che dell'aria, cosicché tanto l'infiltrazione quanto l'evapotraspirazione possano essere stimate assai prossime allo zero (almeno per un tempo corrispondente al tempo di corrivazione). In realtà i  $\phi$  delle piene reali sono quasi sempre inferiori ad 1, per cui questa assunzione porta sempre ad una sopravvalutazione delle  $Q_{max}$  la quale può però considerarsi come una specie di fattore di sicurezza, vista la comunque alta aleatorietà di tutti i tipi di valutazione della  $Q_{max}$ .

## 9.1 DETERMINAZIONE DELL'ALTEZZA MEDIA DEL BACINO – CURVA IPSOGRAFICA.

Sulla base della cartografia a disposizione (DEM dell'area), si è proceduto alla determinazione dell'altezza media del bacino: **Hm=994.33 m slm.**

## 9.2 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.

Per la determinazione del tempo di corrivazione si utilizza la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

dove:

- A in km<sup>2</sup>, rappresenta la superficie del bacino idrografico;
- L in km, rappresenta la lunghezza dell'asta principale;
- Hmax in ms.l.m., rappresenta la quota massima del bacino;
- Ho in m s.l.m., rappresenta la quota alla sezione di chiusura;
- Hm in m s.l.m., rappresenta l'altitudine media del bacino.

Facendo riferimento alle grandezze relative al bacino sotteso nella sezione di chiusura (rappresentata dalla sezione del canale da verificare):

- A = 1.468 km<sup>2</sup>;
- L = 11.20 km;
- Hmax = 1404.52 m s.l.m.;
- Ho = 770.64 m s.l.m.;
- Hm = 994.33 m s.l.m..

si ha:

$$t_c = 2,08 \text{ ore}$$

## 9.3 CALCOLO MASSIMA PORTATA AL COLMO.

C.P.P. dedotta dal V.A.P.I.:

$$Q_{max,50} = 9.83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max,100} = 11,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max,200} = 12,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 10. CONCLUSIONI

**A conclusione di tutti i calcoli effettuati, le successive simulazioni sia nelle condizioni attuali che in quelle di progetto verranno condotte sulla base della massima portata al colmo con periodo di ritorno di 200 anni pari a 12,73 m<sup>3</sup>/s**