



COMUNE DI STIO

Provincia di Salerno

MESSA IN SICUREZZA DELL'ABITATO DI GORGA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO

PROGETTO ESECUTIVO

Data: Ottobre 2023		Elabor.	Verif.	Approv.
Riferimenti:		Distinta materiale n°		
Progettisti RTP: Ing. Maria Rosaria Reielli (Capogruppo) Ing. Pasquale Trotta Arch. Leopoldo Lillo Geom. Gennaro Infante Geol. Luigi Lillo	S.I.G.E.A Soc. Cooperativa Località Trone s.n.c. 84035 Stio (SA) P.Iva 05427080659	ATTIVITA' DI SUPPORTO SCIENTIFICO CUGRI-CONSORZIO INTER-UNIVERSITARIO PER LA PREVENZIONE E PREVISIONE GRANDI RISCHI UNIVERSITA' DI SALERNO Direttore Prof. Domenico Guida		
Committente: Amministrazione Comunale di Stio		Scala:	Foglio di	
Tavola: Relazione Idrologica			Disegno n : 1.2	
Documenti di proprietà Comune di Stio		Diritti tutelati a termine di legge		

Relazione Calcolo Portata Idraulica

OGGETTO: INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA ABITATO DI GORGA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO NEL COMUNE DI STIO.

Valutazione del volume di piena $Q_{D,T}$ per un assegnato periodo di ritorno T ($T=2$ anni, $T=30$ anni, $T=100$ anni e per gli attraversamenti $T=200$ anni) e durata D .

INDICE

1. Premessa	2
2. Caratteristiche idrografiche del bacino	3
3. La procedura Vapi.....	5
4. Valutazione del volume di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D, sarà pari a $Q_{D,T}$	9
5. Portate di Progetto.....	24

1. Premessa

Lo scopo della seguente relazione è quello di calcolare la portata idraulica di diversi torrenti che confluiscono nel bacino dell'Alento denominati:

- 1) Torrente Mango;
- 2) Torrente Gorga;
- 3) Torrente Frescali;
- 4) Torrente Alento.

Dopo aver preso visione dell'ubicazione di tali torrenti ed effettuato gli opportuni sopralluoghi e rilievi, è stata redatta la seguente relazione.

La presente relazione idrologica ed idraulica illustra le ipotesi ed i calcoli di verifica relativi alla stima delle massime portate al colmo di piena nonché vengono descritte e determinate le caratteristiche idrogeologiche del bacino imbrifero in esame ed i parametri idraulici del corso d'acqua con lo scopo di valutare lo stato di regimentazione del vallone, sia ai fini del dimensionamento delle opere di regimentazione lungo il tratto considerato, sia ai fini della verifica dell'efficacia stessa.

L'intervento da realizzare prevede la sistemazione idraulica utilizzando difese spondali che tendono nel complesso a regimentare la portata idrica ed a prevenire le erosioni sulle sponde ed in alveo, migliorando le condizioni morfologiche e conferendo nel tempo una certa stabilità alle aree al contorno del canale in questione.

Un elemento indispensabile per poter procedere ad un serio programma di interventi, per quel che riguarda la difesa del suolo e la protezione idrogeologica è, senza dubbio, una corretta stima della massima portata al colmo corrispondente ad un prefissato periodo di ritorno (portata di progetto).

Fino ad alcuni decenni addietro gli interventi effettuati prescindevano dall'esistenza di un rischio idrologico: la piena di progetto era valutata usando metodi empirici e deterministici, basati sulla massima portata osservata nelle stazioni di misura e su curve inviluppo con l'area del bacino sotteso.

Le piene disastrose degli ultimi decenni hanno così portato a riconoscere che la sicurezza assoluta non esiste ed è quindi inevitabile associare alle piene di progetto un qualche livello di rischio che

deve essere accettato. Da qui la necessità del mondo scientifico di far riferimento a studi statistici che per definizione considerano la probabilità di superamento come rischio accettabile.

In particolare hanno avuto un impatto positivo gli studi statistici su base regionale, poiché questi ultimi utilizzano tutta l'informazione idrologica disponibile nella regione di interesse riducendo così l'incertezza della stima.

Si farà riferimento nel seguito ai risultati ed alle metodologie messe a punto nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DELLE PIENE IN ITALIA" denominato progetto VAPI.

Il principale obiettivo del progetto è quello di fornire delle relazioni in modo da arrivare alla stima della massima portata di progetto relativa ad un prefissato periodo di ritorno.

2. Caratteristiche idrografiche del bacino

I corsi d'acqua sono composti dai seguenti tratti:

- 1) Torrente Mango nasce a quota di circa 590m s.l.m. e presenta una lunghezza di circa 543m;
- 2) Torrente Gorga nasce a quota di circa 650 m s.l.m. e presenta una lunghezza di circa 755m;
- 3) Torrente Frescali nasce a quota di circa 735m s.l.m. e presenta una lunghezza di circa 747m;
- 4) Torrente Alento nasce a quota di circa 915m s.l.m. e presenta una lunghezza di circa 1370m.

Il corso d'acqua principale è il Torrente Alento il quale confluisce nel bacino della Diga Alento posta più a valle. Gli altri torrenti tra cui Torrente Mango, Torrente Gorga e Torrente Frescali sfociano direttamente nel Torrente Alento. I diversi bacini idrografici hanno le seguenti caratteristiche:

<i>Nome Torrente</i>	<i>Superficie Bacino [km²]</i>
Torrente Mango	A = 0,0952km²
Torrente Frescali	Atot = 1,2306km² A1 = 0,5116km² (sottobacino)
Torrente Gorga	A = 0,3119km²
Torrente Alento	Atot = 3,7812km² A1 = 2,8280km² (sottobacino)

Le caratteristiche topografiche sono state acquisite da misure dirette strumentali dei tratti da sistemare; le caratteristiche idrologiche e pluviometriche sono state acquisite dalla bibliografia di studi e misure eseguite in zona ed in quelle vicinorie.

Le principali caratteristiche geometriche del tratto oggetto di intervento in esame, sono:

- **Torrente MANGO**
 - Lunghezza asta: 543,00m
 - Dislivello tratto: circa 142,50m
 - Pendenza media: 26,24%
 - Area del bacino: 0,0952 km²

- **Torrente GORGA**
 - Lunghezza asta: 755,00m
 - Dislivello tratto: circa 124,80m
 - Pendenza media: 16,53%
 - Area del bacino: 0,3119 km²

- **Torrente FRESCALI**
 - Lunghezza asta: 747,00m
 - Dislivello tratto: circa 113,90m
 - Pendenza media: 15,25%
 - Area del bacino: 1,2306 km²

- **Torrente ALENTO**
 - Lunghezza asta: 1370,00m
 - Dislivello tratto: circa 117,80m
 - Pendenza media: 8,60%
 - Area del bacino: 3,7812 km²

Per una più corretta valutazione del valore della portata idraulica sono state calcolate le portate dei sottobacini del Torrente FRESCALI e del Torrente ALENTO in modo da ridurre drasticamente il sovraddimensionamento delle sezioni che si sarebbe attenuto tenendo conto di una portata uguale.

- **Sottobacino Al Torrente Frescali:**
 - Area del sottobacino: 0,5116 km²

- **Sottobacino Al Torrente Alento:**
 - Area del sottobacino: 2,8280 km²

3. La procedura Vapi

La metodologia adottata nel progetto VAPI (Valutazione di piene in Campania) messo a punto dal C.G.G.R.I. dell'Università di Salerno, fa riferimento ad un **approccio di tipo probabilistico** per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, sicché non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori.

Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di **analisi regionale** che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un **modello probabilistico a doppia componente** TCEV (Two Component Extreme Value) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

Si è fatto riferimento ad una **procedura di regionalizzazione gerarchica**, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. In particolare, per i parametri di ordine più elevato (forma e scala), si analizzano ampie regioni che si suppongono omogenee nei suoi confronti. Le analisi svolte nel presente Rapporto mostrano che, qualunque sia la durata delle precipitazioni, da 5 min a 5 giorni, quasi ovunque tali parametri sono unici e non si può rigettare l'ipotesi che le corrispondenti regioni siano omogenee a tale livello, per cui i parametri di forma e di scala assumano valore unico non solo con le durate ma anche da sito a sito nella regione. Tali conclusioni portano a dire che il rapporto fra il valore con generico rischio di una variabile ed il valore indice (o media), detto **coefficiente probabilistico di crescita, assume una legge di variazione con il rischio unica per l'intera regione.**

Per la stima della piena media annua sono stati presi in considerazione i principali fattori climatici, geomorfologici, idrogeologici e di uso del suolo del bacino.

Sono state effettuate **analisi di correlazione** di tipo empirico e sono stati presi in considerazione modelli concettuali di trasformazione afflusso-deflusso. Tra quelli più usati si citano quello basato

sulla classica **formulazione razionale** e quello di tipo **geomorfoclimatico** che identifica la risposta del bacino attraverso due parametri concettuali, il **coefficiente di afflusso** di piena, che separa le precipitazioni totali negli afflussi efficaci alla piena ed il tempo di ritardo del bacino.

Generalmente essi dipendono da tre **complessi omogenei**: le **aree permeabili con copertura boschiva**, praticamente non contribuenti alla piena, le **aree permeabili senza copertura boschiva**, con basso contributo unitario e con deflusso lento, e le **aree impermeabili**, con più elevato contributo unitario e deflusso più rapido.

Le fasi di tale procedura sono:

1. Calcolare l'**area A** del bacino idrografico assegnato.

2. Calcolare la quota media del bacino:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_i A_i \cdot Z_i}{A}$$

3. Calcolare i coefficienti geomorfologici: l'**area permeabile** senza bosco A1, **permeabile** con bosco A3 e **impermeabile** A2.

4. Calcolare il coefficiente probabilistico di crescita K_T per piogge e portate invertendo la seguente formula:

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k / \theta_*})}$$

per le piogge: $\theta_* = 2.136$ $\Lambda_* = 0.224$ $\Lambda_1 = 37$ $\eta = 4.909$

per le portate: $\theta_* = 2.634$ $\Lambda_* = 0.350$ $\Lambda_1 = 13$ $\eta = 3.901$

5. Decidere se applicare il metodo geomorfoclimatico 1 o 2 e calcolare i relativi valori del coefficiente di afflusso e del tempo di ritardo:

Metodo Geomorfoclimatico:

Calcolare **C_f**

$$c_f = c_{f1} \frac{A_1}{A} + c_{f2} \frac{A_2}{A} + c_{f3} \frac{A_3}{A}$$

$$c_{f1} = 0.42$$

$$c_{f2} = 0.56$$

$$c_{f3} = 0.00$$

Dove le aree A1, A2 e A3 si riferiscono alle porzioni di bacino rispettivamente
 Permeabili senza bosco, impermeabili e permeabili con bosco

Calcolare t_r

$$t_r = \frac{c_{f1}A_1}{c_f A} \frac{1.25\sqrt{A_1}}{3.6c_1} + \frac{c_{f2}A_2}{c_f A} \frac{1.25\sqrt{A_2}}{3.6c_2}$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

6. Individuare l'area omogenea (o le aree omogenee) nella quale ricade il bacino e caricare i relativi valori dalla seguente tabella:

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ora]	C	D*10 ⁻⁵
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.7	0.0976	0.7360	8.7300
4	78.61	0.3846	0.8100	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.800
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Se il bacino ricade in un'unica area omogenea, caricare i corrispondenti valori dei coefficienti. Nel caso che il bacino ricada tra più aree omogenee, calcolare l'area di ciascuna zona ed i relativi valori dei coefficienti μ_0 , d_c , C, D mediati sulle relative aree omogenee, nel seguente modo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i a_i \cdot X_i}{A}$$

dove X sta per μ_0 , d_c , C, D

7. Calcolare $\beta = C - DZ$ (nel caso di più di un'area omogenea: $\beta = \bar{C} - \bar{DZ}$)
 8. Scegliere la durata della pioggia alla quale occorre fare riferimento: d (o t_r)

9. Calcolare la legge di probabilità pluviometrica $\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta}$

10. Calcolare il fattore di riduzione areale $K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$

$$c_{k1} = 0.0021$$

$$c_{k2} = 0.53$$

$$c_{k3} = 0.25$$

11. Calcolare l'intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale):

$$I_A = K_A \cdot \mu[I(d)]$$

12. Calcolare il coefficiente di attenuazione del colmo di piena $q = \begin{cases} 0.60 \\ 0.65 \end{cases}$ se $\begin{cases} 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$

$$n' = 1 + K_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t / d_c}$$

$$K_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

13. Calcolare la portata indice $\mu(Q) = c_f \cdot q \cdot k_A(d) \cdot \mu[h(d)] \cdot A$

14. Calcolare il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{(n'-1)}$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{n'}\right)$$

$$n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t / d_c}$$

15. Calcolare il massimo annuale della portata media nella durata d:

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

16. Calcolare il Massimo Annuale dell'Intensità di Pioggia in una fissata durata:

$$I_T = K_T \cdot I_A$$

17. Calcolare il Massimo Annuale della Portata al colmo di piena:

$$Q_T = K_T \cdot \mu[Q]$$

18. Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D, corrispondente al periodo di ritorno T:

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d].$$

4. Valutazione del volume di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D, sarà pari a $Q_{D,T}$

<i>Superficie del bacino Torrente MANGO</i>		S [Km ²]	0,0952	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	0,01428	0,15	15,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	0,01428	0,15	15,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	0,06664	0,7	70,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	490				

<i>Superficie del bacino Torrente GORGA</i>		S [Km ²]	0,3119	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	0,077975	0,25	15,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	0,046785	0,15	15,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	0,18714	0,6	70,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	535				

<i>Superficie del bacino Torrente FRESCALI</i>		S [Km ²]	1,2306	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	0,18459	0,15	15,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	0,18459	0,15	15,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	0,86142	0,7	70,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	600				

Superficie del bacino Torrente ALENTO		S [Km ²]	3,7812	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	1,13436	0,15	30,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	0,75624	0,15	20,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	1,8906	0,7	50,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	645				

Superficie del Sottobacino AI Torrente FRESCALI		S [Km ²]	0,5116	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	0,07674	0,15	15,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	0,07674	0,15	15,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	0,35812	0,7	70,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 2000		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	620				

Superficie del Sottobacino AI Torrente ALENTO		S [Km ²]	0,8484	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco		A ₁ [Km ²]	0,5656	0,15	30,00
Superficie non carbonatica del bacino		A ₂ [Km ²]	1,414	0,15	20,00
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva		A ₃ [Km ²]	0,8484	0,7	50,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera		T [anni]	2-30-100- 2000		
Area pluviometricamente omogenea n°	1				
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	665				

Nel Rapporto VAPI Campania è stato mostrato che, dal punto di vista della permeabilità dei litotipi affioranti, durante i fenomeni di piena si possono essenzialmente individuare due complessi idrogeologici: il primo, ad alta permeabilità, comprende tutte le rocce carbonatiche intensamente fratturate; nel secondo vengono compresi tutti gli altri litotipi, a cui si attribuisce mediamente una permeabilità nettamente minore che per le rocce carbonatiche del primo tipo.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

Indicate rispettivamente nella tabella con:

A1) Aree permeabili senza copertura boschiva;

A2) Aree a bassa permeabilità;

A3) Aree permeabili con copertura boschiva.

$$m[I(t_r)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^B}$$

Metodo Geomorfoclimatico

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino.

Per la valutazione dei volumi di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D nel VAPI si è fatto riferimento alla seguente legge:

$$Q_{D,T} = K_T \cdot \mu(Q_D)$$

K_T = coefficiente di crescita probabilistico; per ogni zona omogenea risulta funzione solo di T;

$\mu(Q_D)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena.

$$K_T = \left(\frac{g^* \cdot Ln(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{Ln(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{g^*}{\eta} \cdot Ln(T)$$

In particolare si è fatto riferimento, per la legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata alla legge a quattro parametri del Progetto VAPI i cui valori sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- I massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- Le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I parametri stimati tramite la TCEV per l'intera Campania sono:

T=2anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	0,6931472

T=30anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	3,4011974

T=100anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	4,6051702

T=200anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	5,2983174

L'indagine regionale per la determinazione della legge regionale di crescita con il periodo di ritorno $K_T(T)$, svolta nel Rapporto VAPI Campania, ha condotto alla seguente relazione:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \times \ln T \quad (T = \text{tempo di ritorno})$$

Per T=2 anni

Da cui si ha che : $K_T = 0,42$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=2 anni

da cui ha che : $K_T = 0,41$

Per T=30 anni

Da cui si ha che : $K_T = 2,25$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=30 anni

da cui ha che : $K_T = 2,26$

Per T=100 anni

Da cui si ha che : $K_T = 3,06$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=100 anni

da cui ha che : $K_T = 3,07$

Per T=200 anni

Da cui si ha che : $K_T = 3,53$

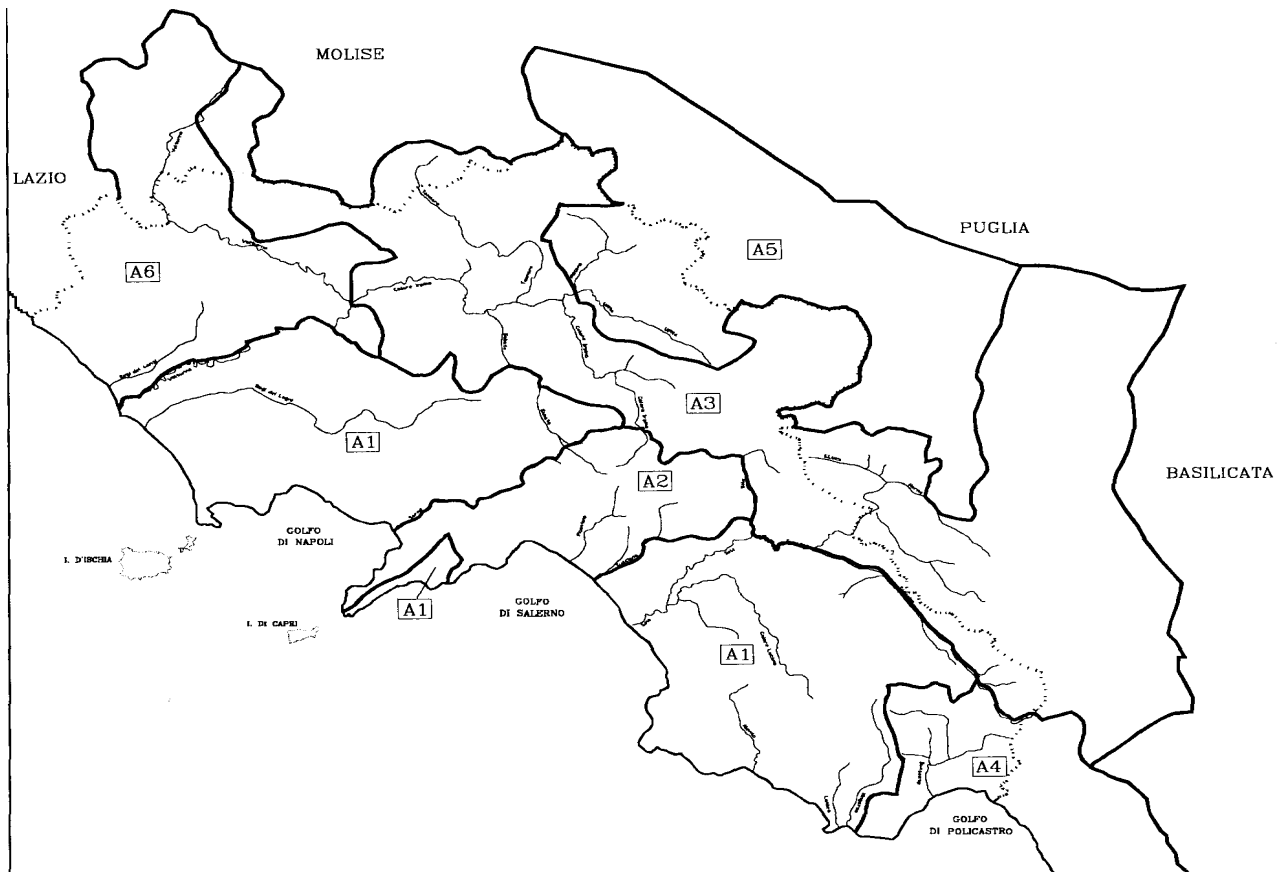
Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=200 anni

da cui ha che : $K_T = 3,55$.

Il grafico di seguito riportato rappresenta la cartografia schematica della regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliera.



Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace" nella rete idrografica. L'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce il coefficiente di afflusso di piena C_f il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo: le perdite sono sostanzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH.

$\mu(Q_D)$ = valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) \cdot r(D)$$

$\mu(Q)$ = è la piena media annua;

$r(D)$ = fattore di riduzione dei colmi di piena.

La relazione per il calcolo della piena indice con il modello geomorfoclimatico può essere scritta come:

$$\mu(Q) = C_f \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot \frac{S}{3,6}$$

Dove :

C_f : coefficiente di afflusso di piena del bacino;

q : coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena;

t_r : tempo di ritardo del bacino con la durata critica delle precipitazioni sul bacino, in ore;

$K_A(t_r)$: fattore di riduzione areale

$\mu[I(t_r)]$: valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata t_r ;

S : superficie del bacino.

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di C_f per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici.

Con la suddivisione in tre complessi omogenei (con copertura boschiva), si ha:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

dove:

C_{f1} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0.42;

C_{f2} = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.56;

C_{f3} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con bosco = 0.00.

Il tempo di ritardo del bacino, nel caso di bacini eterogenei dal punto di vista idrogeologico, può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi. Quindi la durata critica delle precipitazioni sul bacino risulta definito dalla seguente relazione:

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} \cdot \frac{A_1}{S} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2}}{C_f} \cdot \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Dove per il metodo Geomorfoclimatico in esame i valori sono:

- c_1 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili senza bosco = 0.23 m/s;

- c_2 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s.

Cf_1	0,42
Cf_2	0,56
c_1 [m/s]	0,23
c_2 [m/s]	1,87

Nel nostro caso si ha:

TORRENTE MANGO:

Cf	0,147
t_r [ore]	0,09

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	12,42236
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	2,0371785

TORRENTE GORGA:

Cf	0,189
t_r [ore]	0,25

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	9,6618357
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	1,5844722

TORRENTE FRESCALI:

Cf	0,147
t_r [ore]	0,32

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	12,42236
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	2,0371785

TORRENTE ALENTO:

Cf	0,238
t_r [ore]	0,93

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	7,6726343
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	1,2582573

SOTTIOBACINO

FRESCALI:

Cf	0,147
t_r [ore]	0,21

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	12,42236
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	2,0371785

SOTTIOBACINO ALENTO:

Cf	0,238
t_r [ore]	0,80

$Cf_1/(Cf \cdot c_1)$	7,6726343
$Cf_2/(Cf \cdot c_2)$	1,2582573

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito

$$q = \begin{cases} = 0.60 & \text{se } 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 & \text{se } 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove n' risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

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

K_I	0,000144
-------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia di durata t_r risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove $\mu(I_0)$ il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove β è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre β è funzione della quota media del bacino z

Area	n.	$\mu(I_0)$	d_c	C	$D \times 10^5$	r^2
omogenea	stazioni	[mm/ora]	[ore]			
1	14	77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,75	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	116,70	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,61	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	231,80	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,87	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(I_0)$	d_c	C	$D \cdot 10^5$	ρ^2	β
		[mm/ora]	[ore]				
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,966

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati:

TORRENTE MANGO:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	64,91
---------------------------	-------

n'	0,85
q	0,65

TORRENTE GORGA:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	51,22
---------------------------	-------

n'	0,68
q	0,65

TORRENTE FRESCALI:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	47,10
---------------------------	-------

n'	0,64
q	0,65

TORRENTE ALENTO:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	28,94
---------------------------	-------

n'	0,44
q	0,65

SOTTOBACINO FRESCALI:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	54,29
---------------------------	-------

n'	0,72
q	0,65

SOTTOBACINO ALENTO:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	31,35
---------------------------	-------

n'	0,47
q	0,65

Il fattore di riduzione areale $K_A(t_r)$ risulta essere così definito:

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

Dove :

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per $t_r \leq 24$ ore ed $A \leq 2.000 \text{ km}^2$ si può porre :

c ₁	0,0021
c ₂	0,53
c ₃	0,25

Da cui risulta:

TORRENTE MANGO:

$f_1(A)$	0,0002
$f_2(t_r)$	0,7480
$K_A(t_r)$	0,9999

TORRENTE GORGA:

$f_1(A)$	0,0007
$f_2(t_r)$	0,6869
$K_A(t_r)$	0,9996

TORRENTE FRESCALI:

$f_1(A)$	0,0026
$f_2(t_r)$	0,6705
$K_A(t_r)$	0,9983

TORRENTE ALENTO:

$f_1(A)$	0,0079
$f_2(t_r)$	0,5945
$K_A(t_r)$	0,9953

SOTTOBACINO FRESCALI:

$f_1(A)$	0,0011
$f_2(t_r)$	0,6989
$K_A(t_r)$	0,9992

SOTTOBACINO ALENTO:

$f_1(A)$	0,0059
$f_2(t_r)$	0,6056
$K_A(t_r)$	0,9964

A questo punto è possibile determinare la piena media annua $\mu (Q)$:

TORRENTE MANGO:**Calcolo della piena media annua $\mu (Q)$**

C_f	0,1470
q	0,65
t_r [ore]	0,0900
$K_A(t_r)$	0,9999
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	64,91
S [km ²]	0,0952
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	0,16

TORRENTE GORGA:**Calcolo della piena media annua $\mu (Q)$**

C_f	0,1890
q	0,65
t_r [ore]	0,2520
$K_A(t_r)$	0,9996
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	51,22
S [km ²]	0,3119
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	0,54

TORRENTE FRESCALI:

Calcolo della piena media annua $\mu(Q)$

C_f	0,1470
q	0,65
t_r [ore]	0,3236
$K_A(t_r)$	0,9983
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	47,10
S [km ²]	1,2306
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	1,54

TORRENTE ALENTO:

Calcolo della piena media annua $\mu(Q)$

C_f	0,2380
q	0,65
t_r [ore]	0,9272
$K_A(t_r)$	0,9953
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	28,94
S [km ²]	3,7812
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	4,68

SOTTOBACINO FRESCALI:

Calcolo della piena media annua $\mu(Q)$

C_f	0,1470
q	0,65
t_r [ore]	0,2086
$K_A(t_r)$	0,9992
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	54,29
S [km ²]	0,5116
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	0,74

SOTTOBACINO ALENTO:

Calcolo della piena media annua $\mu(Q)$

C_f	0,2380
q	0,65
t_r [ore]	0,8019
$K_A(t_r)$	0,9964
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	31,35
S [km ²]	2,828
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	3,80

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$

$$r(D) = \left(1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r}\right)^{(n'-1)}$$

Con

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot n'\right)$$

Nel nostro caso :

TORRENTE MANGO:

$$\alpha = 0,288563$$

TORRENTE GORGA:

$$\alpha = 0,32952$$

TORRENTE FRESCALI:

$$\alpha = 0,34119$$

TORRENTE ALENTO

$$\alpha = 0,38899$$

SOTTOBACINO FRESCALI:

$$\alpha = 0,320506$$

SOTTOBACINO ALENTO:

$$\alpha = 0,383005$$

Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$:

- TORRENTE MANGO:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
α	0,288563076
n'	0,85
D	0,00003608
t_r [ore]	0,089994779
$r(D)$	1,00

- TORRENTE GORGA:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
α	0,329519862
n'	0,68
D	0,00003608
t_r [ore]	0,252048844
$r(D)$	1,00

- TORRENTE FRESCALI:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
α	0,341190196
n'	0,64
D	0,00003608
t_r [ore]	0,32356184
$r(D)$	1,00

- TORRENTE ALENTO:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena r (D)	
α	0,388989598
n'	0,44
D	0,00003608
t _r [ore]	0,92722008
r(D)	1,00

- SOTTOBACINO FRESCALI:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena r (D)	
α	0,320506044
n'	0,72
D	0,00003608
t _r [ore]	0,208623923
r(D)	1,00

- SOTTOBACINO ALENTO:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena r (D)	
α	0,383004975
n'	0,47
D	0,00003608
t _r [ore]	0,801876906
r(D)	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D:

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

<u>TORRENTE MANGO:</u>	$\mu(Q_d) = 0,16 \cdot 1,00 = 0,16 \text{ [m}^3/\text{s]}$
<u>TORRENTE GORGA:</u>	$\mu(Q_d) = 0,54 \cdot 1,00 = 0,54 \text{ [m}^3/\text{s]}$
<u>TORRENTE FRESCALI</u>	$\mu(Q_d) = 1,54 \cdot 1,00 = 1,54 \text{ [m}^3/\text{s]}$
<u>TORRENTE ALENTO</u>	$\mu(\Theta\delta) = 4,68 \cdot 1,00 = 4,68 \text{ [m}^3/\text{s]}$
<u>SOTTOBACINO FRESCALI:</u>	$\mu(\Theta\delta) = 0,74 \cdot 1,00 = 0,74 \text{ [m}^3/\text{s]}$
<u>SOTTOBACINO ALENTO:</u>	$\mu(\Theta\delta) = 3,80 \cdot 1,00 = 3,80 \text{ [m}^3/\text{s]}$

Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D, come riportato nelle tabelle successive.

5. Portate di Progetto

<p><u>TORRENTE MANGO:</u></p> <p><u>Per T = 2 anni</u></p> $Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 0,16 = \mathbf{0,07 \text{ [m}^3/\text{s]}}$ <p><u>Per T = 30 anni</u></p> $Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 0,16 = \mathbf{0,37 \text{ [m}^3/\text{s]}}$ <p><u>Per T = 100 anni</u></p> $Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,16 = \mathbf{0,50 \text{ [m}^3/\text{s]}}$ <p><u>Per T = 200 anni</u></p> $Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 0,16 = \mathbf{0,58 \text{ [m}^3/\text{s]}}$

TORRENTE GORGA:

Per T = 2 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 0,54 = \mathbf{0,23 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 30 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 0,54 = \mathbf{1,23 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,54 = \mathbf{1,68 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 0,54 = \mathbf{1,93 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

TORRENTE FRESCALI:

Per T = 2 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 1,54 = \mathbf{0,64 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 30 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 1,54 = \mathbf{3,46 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 1,54 = \mathbf{4,72 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 1,54 = \mathbf{5,45 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

TORRENTE ALENTO:

Per T = 2 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 4,68 = \mathbf{1,95 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 30 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 4,68 = \mathbf{10,56 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 4,68 = \mathbf{14,39 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 4,68 = \mathbf{16,60 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

SOTTOBACINO FRESCALI:

Per T = 2 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 0,74 = \mathbf{0,31 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 30 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 0,74 = \mathbf{1,66 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 0,74 = \mathbf{2,27 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 0,74 = \mathbf{2,61 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

SOTTOBACINO ALENTO:

Per T = 2 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 0,42 \cdot 3,80 = \mathbf{1,58 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 30 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 2,26 \cdot 3,80 = \mathbf{8,56 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 3,80 = \mathbf{11,67 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 3,80 = \mathbf{13,46 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

I Tecnici:

S.I.G.E.A Soc. Cooperativa
Località Trone s.n.c.
84025, Sora (FR)
P.Iva 05427080659