



CITTÀ METROPOLITANA DI REGGIO CALABRIA

Interventi di messa in sicurezza per l'aumento della resilienza delle
infrastrutture nei territori più esposti a rischio idrogeologico

Ripristino e realizzazione di manufatti, briglie e argini

Prog. PAC 029 area programma A 13/4.

CUP: J48h19000670008

COMMITTENTE: AZIENDA CALABRIA VERDE

PFTE / ESECUTIVO

Elaborato:

Relazione idraulica idrologica

N°

GEN-12

Scala

Data

Progettista

Ing. Alfredo Mesiano

R. U. P.

Dott. Serafino Fazio

1. PREMESSA

Il presente rapporto costituisce la relazione tecnica di calcolo riguardante l'Analisi Idraulica e Idrologica all'interno del bacino della Fiumara Bruzzano nel Comune di Brancaleone, Bruzzano e Staiti.

Lo studio è stato condotto rispettando la normativa vigente in materia di rischio idrogeologico nazionale e regionale nonché le prescrizioni e le indicazioni contenute nelle Linee Guida del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) predisposte dall'Autorità di Bacino Regionale ed approvate con Delibera Regionale del 31 luglio 2002, n.20 (B.U.R. del 31 ottobre 2002, n.20).

Tale studio è documento necessario ai fini dei lavori relativi agli "Interventi di messa in sicurezza per l'aumento della resilienza delle infrastrutture nei territori più esposti a rischio idrogeologico, area programma A13/4, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria PAC 029 RC" portati avanti dall'Azienda Calabria Verde.

Nel presente elaborato sono esposti i risultati ottenuti ed in particolare, il rapporto è articolato nei seguenti 2 capitoli:

- Inquadramento generale delle aree di studio
- Stima delle Portate al Colmo derivanti dall'analisi idrologica

Come appendici al presente elaborato sono forniti i valori di portata per determinati periodi di ritorno T.

Le grandezze idrologiche, piogge e portate al colmo di piena saranno stimate per il tempo di ritorno di 200 anni, secondo quanto previsto nella Parte II delle *"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 delle aree a rischio inondazioni"*.

La verifica idraulica sulla Fiumara Bruzzano è stata condotta con il codice di calcolo HEC-RAS versione (modello idraulico monodimensionale in regime permanente), in ottemperanza a quanto contenuto nelle Linee Guida del PAI (BUR 31/10/2002).

L'analisi delle portate è stata condotta, tramite un modello per la trasformazione afflussi/deflussi in accordo a quanto suggerito nel PAI, determinando il massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t, per un assegnato periodo di ritorno.

La determinazione della distribuzione probabilistica della variabile casuale altezza di pioggia di durata t, è stata affrontata sulla base delle risultanze del VAPI, considerando la variabile $h(t)$ come una variabile aleatoria la cui distribuzione di probabilità è rappresentabile dal modello Gumbel a doppia componente (modello T.C.E.V, terzo livello).

Il valore della massima portata al colmo è stato calcolato con il metodo SCS-CN e si è verificato che il deflusso nelle singole sezioni sia considerato nelle reali peggiori condizioni.

Tale valore, considerando il modello T.C.E.V di terzo livello e il metodo SCS-CN, è stato determinato mediante il software di calcolo e di analisi Runoff Lab, che consente di effettuare elaborazioni quali l'interpretazione probabilistica di serie pluviometriche, il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, la definizione di pluviogrammi sintetici, la trasformazione afflussi-deflussi.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA E ASSETTO GEOMETRICO DELL'ALVEO

La fiumara Bruzzano è situata al confine comunale tra il Comune di Bruzzano e il Comune di Ardore.

Per quanto riguarda tutte le caratteristiche geometriche del tratto di alveo si rimanda agli elaborati grafici e di rilievo allegati al progetto in questione.

3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GRANULOMETRICHE DELL'ALVEO

Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata.

Vengono infatti individuate le singole unità litologiche, le modalità ed età della loro messa in posto, rapporti geometrici, definizione delle caratteristiche idrologiche.

Tutte le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche e granulometriche dell'alveo sono definite così come previsto al punto 2.4 delle Linee guida.

4. DATI DEL BACINO

Il bacino idrografico ricadente sia nel territorio comunale di Bruzzano che di Brancaleone è censito dal PAI con il nome di Fiumara Bruzzano.

Il bacino è ampio complessivamente circa 52.62 kmq.

Di seguito vengono riportati di dati caratteristici del bacino:

<i>CODICE</i>	BACINO	Superficie [Kmq]	Perimetro [Km]	Hmin [mt]	Hmax [mt]	Hmed [mt]	Lung. Asta [Km]
464	Fiumara Bruzzano	52.62	39.00	0.00	1070	349.15	18.2

Tab. 01 – Caratteristiche morfometriche

Nella figura seguente viene riportato uno stralcio della carta idrografica in cui è rappresentato il bacino idrologico della Fiumara Bruzzano.

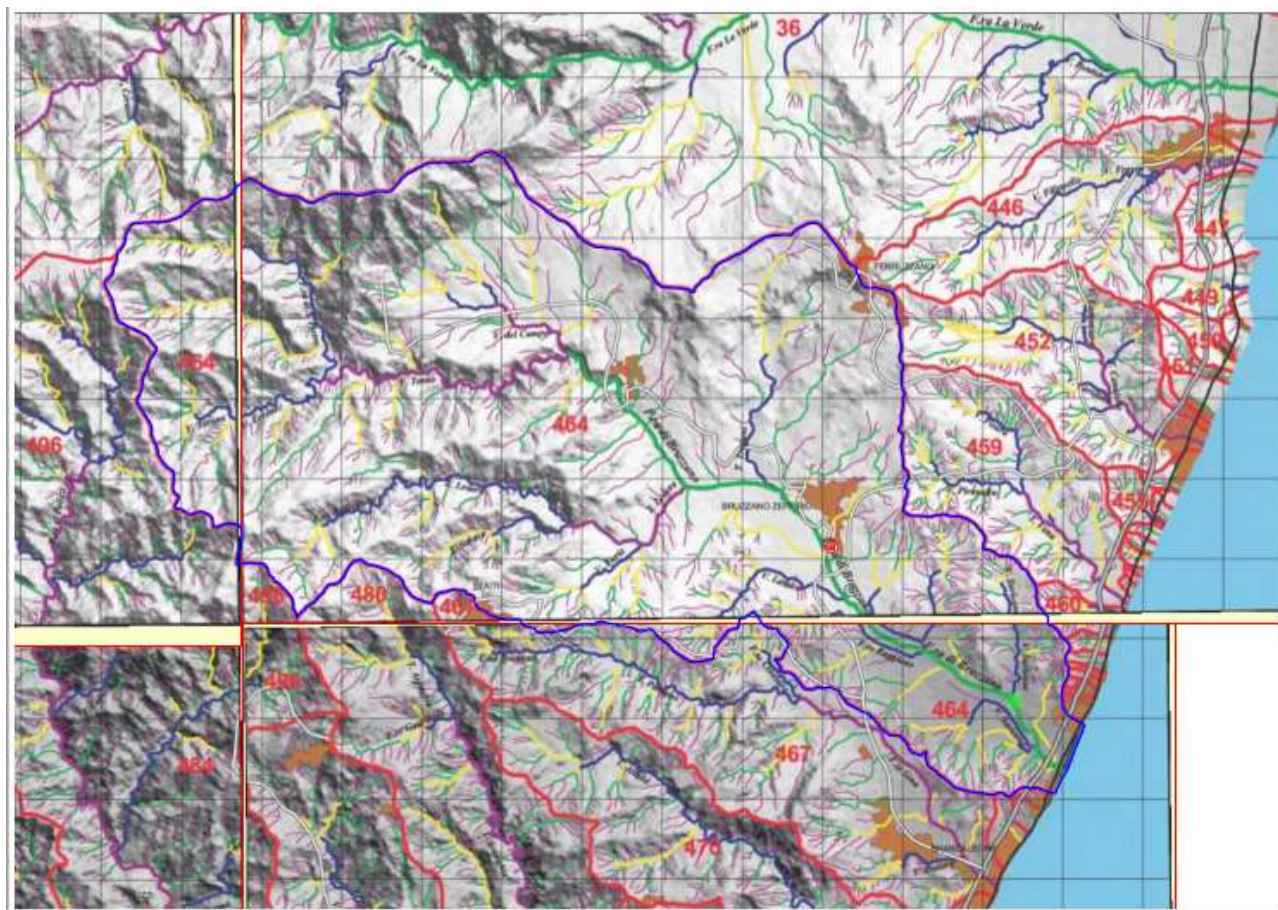


Fig. 01 - Inquadramento generale del luogo oggetto di studio

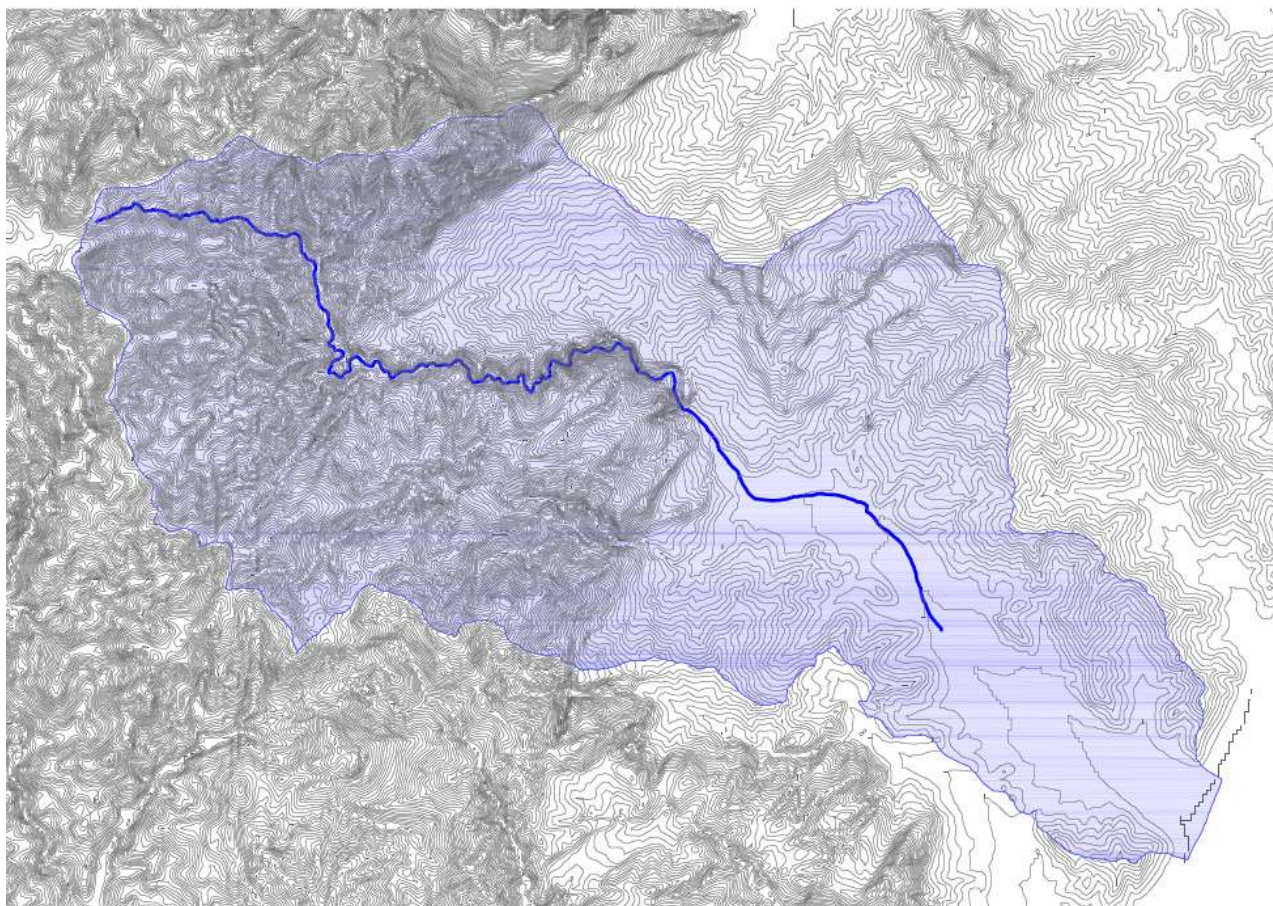


Fig. 02 – Perimetrazione del bacino della Fiumara Bruzzano e lunghezza dell’asta principale

La geologia (fig. 03) nelle aree oggetto di studio è caratterizzato da litologie affioranti, riguardano i terreni di origine continentale inquadrati dalla cartografia geologica regionale nelle “Alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose, dei letti fluviali (vedi Stralcio Carta Geologica in scala 1:10.000). La descrizione litotecnica di seguito tabellata scaturisce dall’interpretazione di alcune prove SPT eseguite in sito e da scavi esplorativi. La profondità di indagine delle prove penetrometriche è risultata notevolmente scarsa ed insignificante. La limitazione alla penetrazione dei terreni affioranti è dovuta alla presenza di blocchi cristallini di notevoli dimensioni collocati nei primi centimetri di superficie.

Tale ipotesi è stata confermata da due sezioni di scavo dai quali è stato possibile verificare l’elevata percentuale e distribuzione di blocchi cristallini di varia forma e dimensione.

I parametri litomeccanici di seguito riportati sono riferiti a terreni simili per composizione e comportamento geotecnico. Tuttavia qualora la progettazione comporta verifiche geotecniche particolari è opportuno verificare i parametri indicati in fase esecutiva e realizzativa.

Si rimanda comunque alla lettura dell’elaborato geologico allegato.

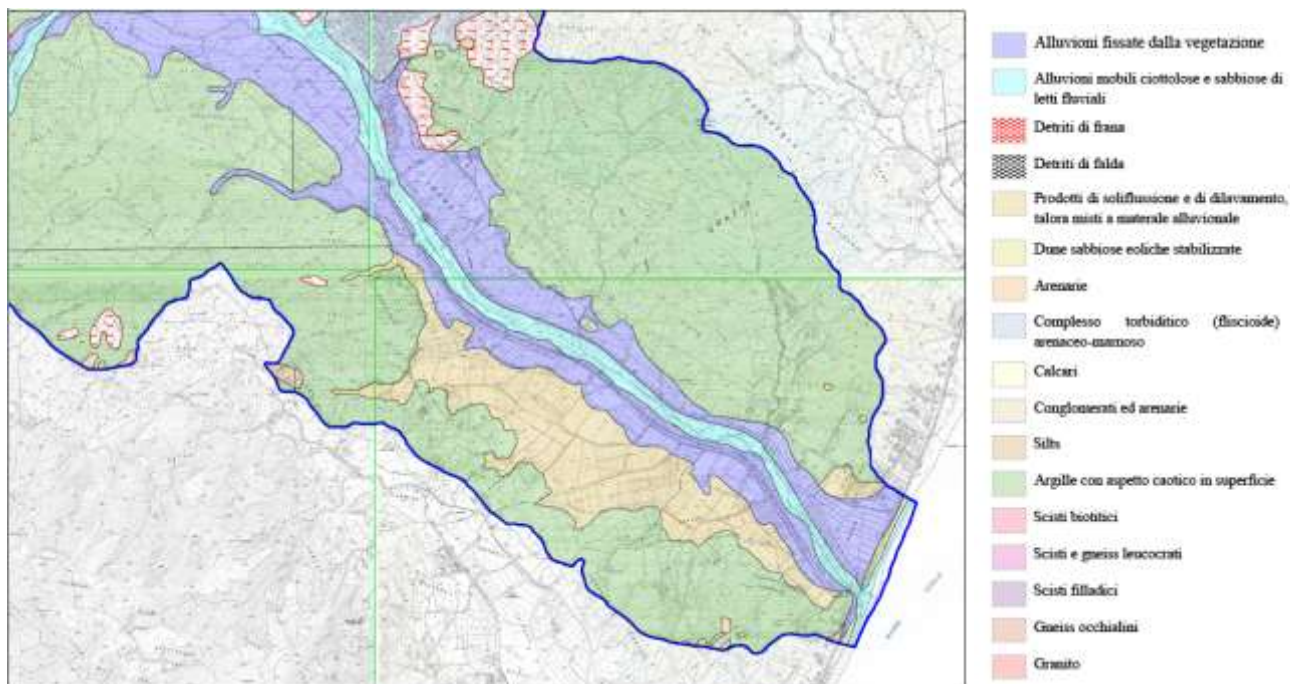


Fig. 03 – Carta d'inquadramento geologico relativa all'area oggetto di studio

L'area di studio e di intervento di sistemazione della Fiumara Bruzzano riguardo al rischio idraulico PAI è riportata in fig. 04.

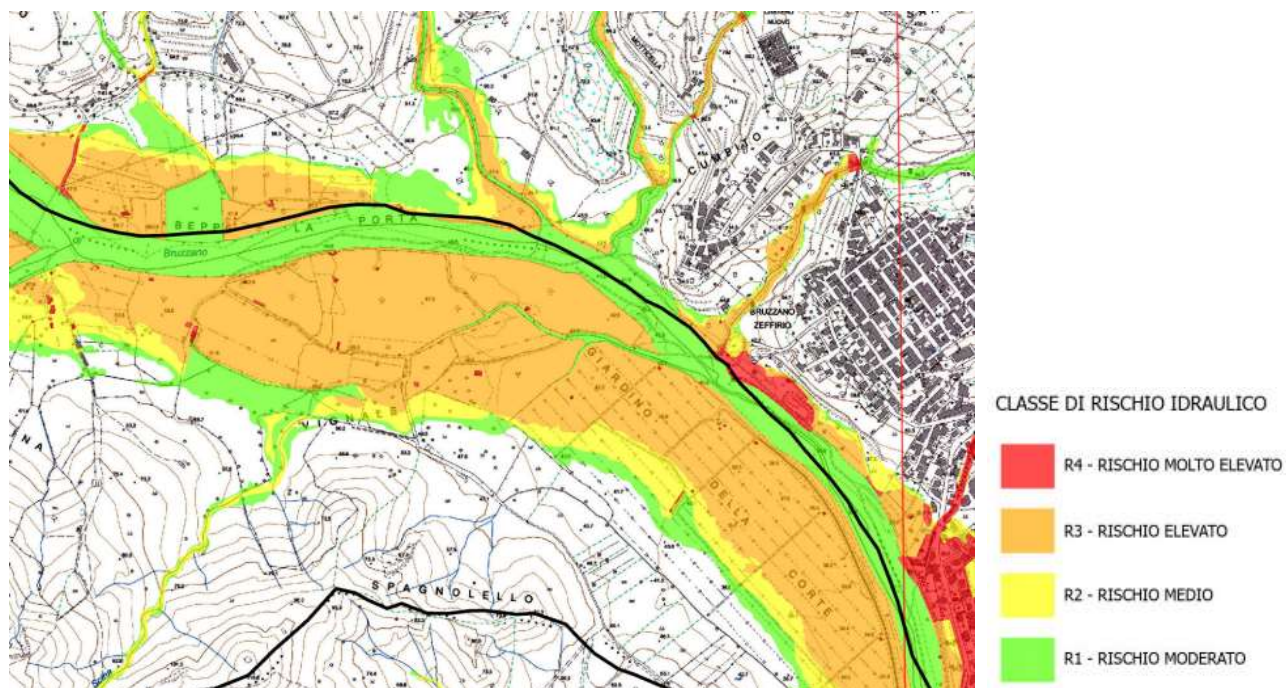


Fig. 04 – Inquadramento dell'area di intervento riguardo al rischio idraulico PAI

5. METODOLOGIA

Per la valutazione della portata massima di assegnato periodo di ritorno è stato utilizzato il software Runoff Lab, la cui procedura è articolata nel modo seguente:

- Scelta dell'elaborazione probabilistica
- Individuazione della curva di pioggia
- Determinazione del pluviogramma
- Determinazione dell'idrogramma e stima della portata al colmo di piena.

5.1 Scelta dell'elaborazione probabilistica

Il modello scelto per l'elaborazione probabilistica è quello relativo alla distribuzione T.C.E.V. (Two Component Extreme Value) al terzo livello di regionalizzazione, secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali, legati a differenti fenomeni meteorologici. Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

L'espressione della funzione di distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

ed è funzione di quattro parametri.

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre g_1 e g_2 esprimono il loro valore medio annuo.

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ha che la distribuzione di probabilità in funzione di y è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[-\exp(-y) - \Lambda_* \exp \left(-\frac{y}{g_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$g_* = \frac{g_2}{g_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/g_*}}$$

La stima dei parametri può avvenire a differenti livelli a secondo della disponibilità dei dati:

- livello di regionalizzazione zero, in cui i parametri sono tutti stimati dalla singola serie di dati, qualora se ne possiedano nel sito d'interesse; nel nostro caso se ne possiedono pochissimi e disarticolati;
- livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri Λ^* e g^* sono stimati regionalmente e i parametri Λ_1 e g_1 sono stimati puntualmente. Più precisamente tale livello di regionalizzazione consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri Λ^* e g^* possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima;

- livello di regionalizzazione due, in cui i parametri λ^* , θ^* e λ_I sono stimati regionalmente e il parametro λ_I è stimato puntualmente. In questo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri λ^* , θ^* e λ_I . λ_I può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona;
- livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati regionalmente, infatti si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra x_m e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

Il valore $h(t,T)$ corrispondente a un periodo di ritorno T (durata media fra due superamenti consecutivi) si ricava in funzione di T e dei quattro parametri comunque stimati.

Pertanto, mediante il software Runoff Lab sono stati stimati i parametri regionali relativi alla zona Calabria – sottozona Jonica corrispondenti alle durate di 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore.

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Parametri regionali					
Descrizione	Parametri zona: Calabria - Sottozona: Jonica - Durata: 1 ora	Parametri zona: Calabria - Sottozona: Jonica - Durata: 3 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona: Jonica - Durata: 6 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona: Jonica - Durata: 12 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona: Jonica - Durata: 24 ore
Lambda*	0.19970	0.26140	0.28340	0.29150	0.36100
Teta*	2.07350	2.41000	2.31030	2.21480	1.94200
Lambda 1	12.26000	14.02000	14.17000	12.91000	10.26000
Media	36.000	55.000	71.000	90.000	115.000
Parametri stimati					
Teta 1	10.49232	14.70566	18.84538	24.55581	33.14709
Lambda 2	0.66885	0.78187	0.89282	0.92519	1.19724
Teta 2	21.75582	35.44064	43.53849	54.38621	64.37165

Tab. 02 – Stima dei parametri per la zona Calabria – sottozona Jonica

Nella tabella seguente vengono riportate le espressioni della distribuzione T.C.E.V al terzo livello di regionalizzazione relative alle cinque elaborazioni considerate (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore):

TCEV terzo livello: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-12.26 \exp \left(-\frac{x}{10.492} \right) - 0.67 \exp \left(-\frac{x}{21.756} \right) \right]$
TCEV terzo livello: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-14.02 \exp \left(-\frac{x}{14.706} \right) - 0.78 \exp \left(-\frac{x}{35.441} \right) \right]$

TCEV terzo livello: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-14.17 \exp \left(-\frac{x}{18.845} \right) - 0.89 \exp \left(-\frac{x}{43.538} \right) \right]$
TCEV terzo livello: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-12.91 \exp \left(-\frac{x}{24.556} \right) - 0.93 \exp \left(-\frac{x}{54.386} \right) \right]$
TCEV terzo livello: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-10.26 \exp \left(-\frac{x}{33.147} \right) - 1.20 \exp \left(-\frac{x}{64.372} \right) \right]$

Tab. 03 – Espressioni della distribuzione T.C.E.V al terzo livello di regionalizzazione

Nella tabella sottostante vengono riportati i valori dei fattori di crescita corrispondenti ai diversi periodi di ritorno e per le cinque elaborazioni considerate (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore):

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.91	0.89	0.90	0.90	0.90
5 anni	1.29	1.28	1.28	1.29	1.31
10 anni	1.57	1.58	1.58	1.59	1.61
20 anni	1.86	1.91	1.90	1.91	1.93
50 anni	2.28	2.41	2.38	2.38	2.37
100 anni	2.63	2.83	2.78	2.76	2.72
200 anni	3.01	3.26	3.19	3.17	3.09
500 anni	3.53	3.85	3.74	3.71	3.59
1000 anni	3.94	4.29	4.17	4.13	3.97

Tab. 04 – Fattori di crescita per la zona Calabria – sottozona Jonica

Di seguito vengono riportate le elaborazioni delle distribuzioni probabilistiche delle altezze di pioggia, corrispondenti alle varie durate, ricavate dal software mediante l'applicazione del modello T.C.E.V:

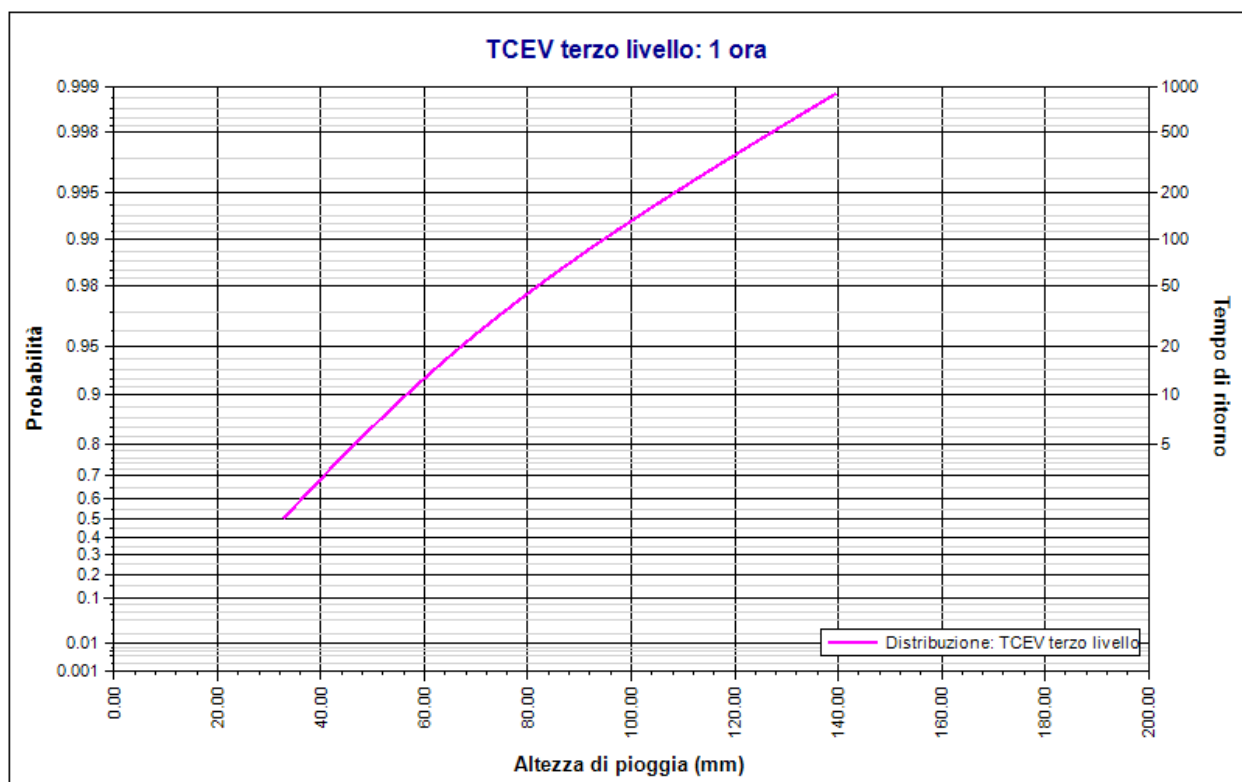


Fig. 05 - Elaborazione TCEV terzo livello: 1 ora

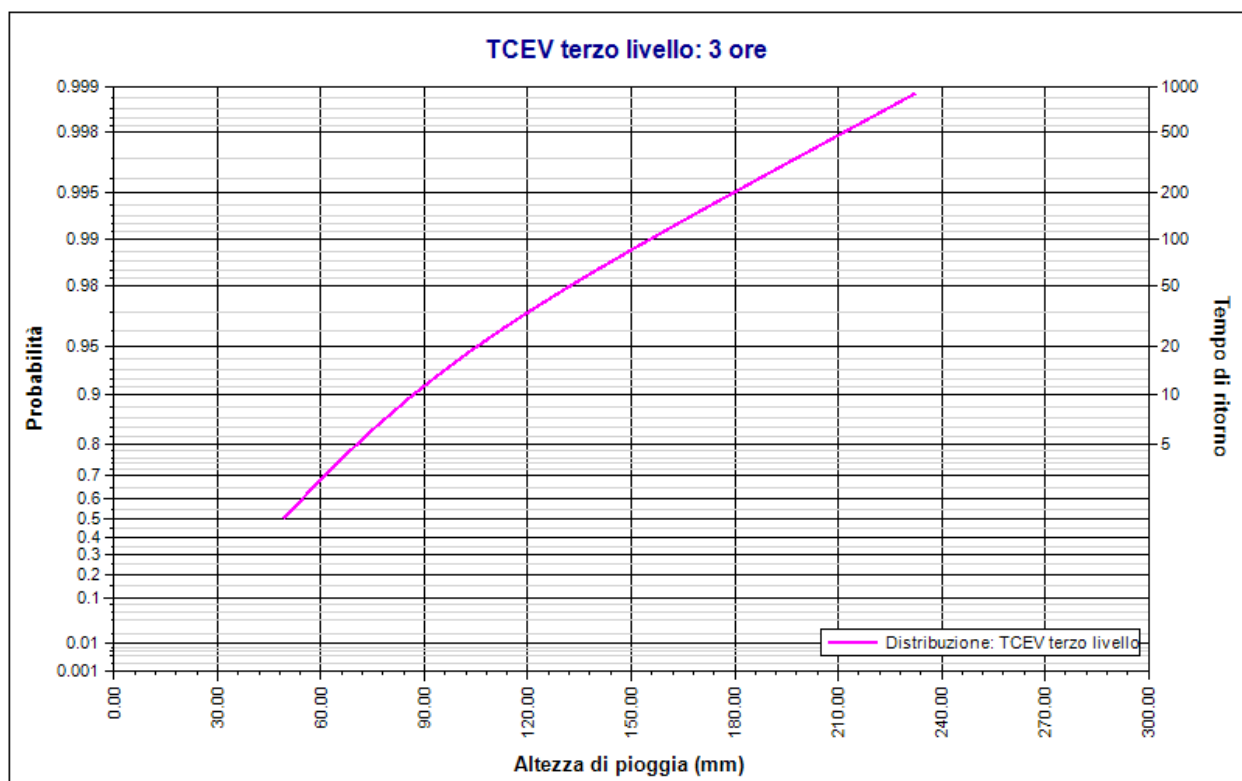


Fig. 06 - Elaborazione TCEV terzo livello: 3 ore

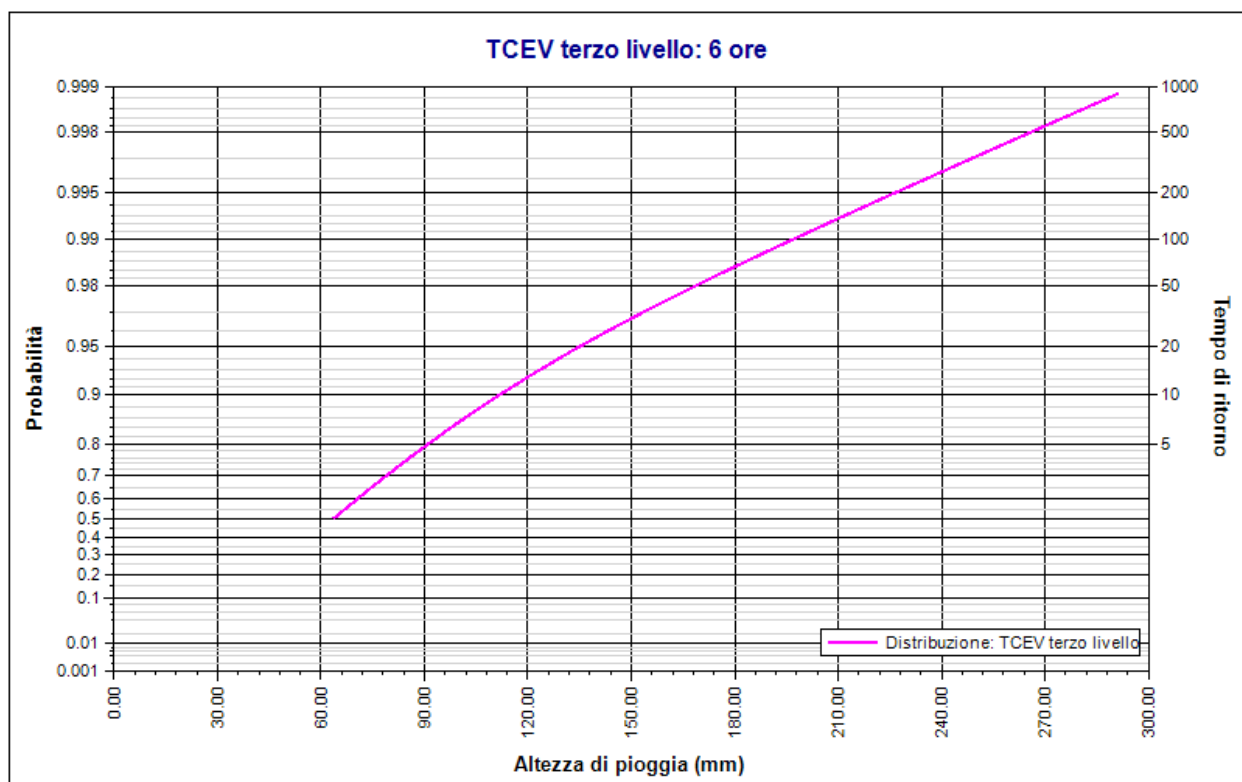


Fig. 07 - Elaborazione TCEV terzo livello: 6 ore

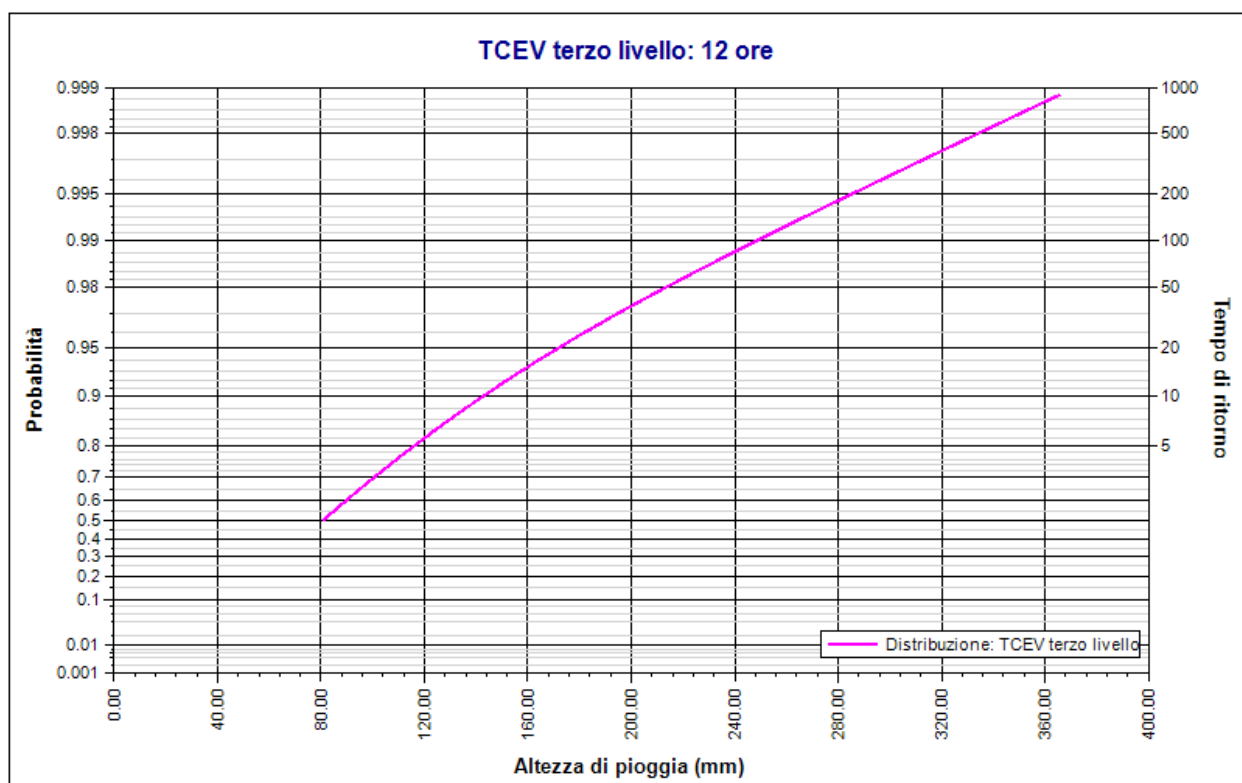


Fig. 08 - Elaborazione TCEV terzo livello: 12 ore

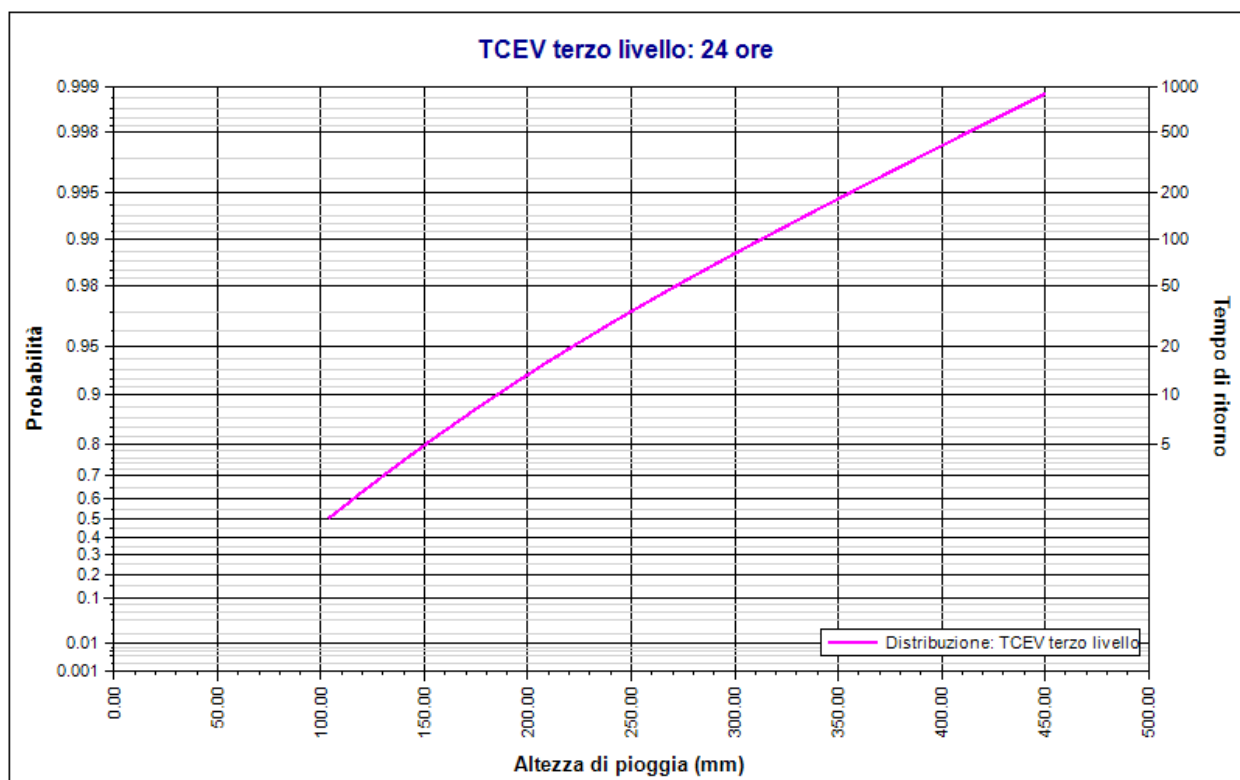


Fig. 09 - Elaborazione TCEV terzo livello: 24 ore

5.2 Individuazione della curva di pioggia

Successivamente il programma svolge automaticamente il calcolo della curva di probabilità pluviometrica, una volta fissato il periodo di ritorno, a partire da un'elaborazione probabilistica. In questo modo si ottiene la variabilità nel tempo dell'altezza di precipitazione. Oltre a questa modalità di funzionamento è possibile anche immettere direttamente i coefficienti della curva di probabilità pluviometrica (a e n) o i punti (durata, altezza di pioggia) che si vogliono interpolare mediante la curva.

In questo caso è stata determinata una curva di pioggia calcolata che discende dall'elaborazione probabilistica T.C.E.V per un periodo di ritorno di 200 anni.

Il programma fornisce i punti calcolati dalla distribuzione probabilistica di partenza per il tempo di ritorno selezionato (200 anni) della curva di probabilità pluviometrica. Le durate vengono espresse sia in ore che in minuti.

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	108.292
2	3.000	180	179.466
3	6.000	360	226.389
4	12.000	720	285.077
5	24.000	1440	355.457

Tab. 05 – Punti di calcolo della curva di probabilità pluviometrica

Nel riquadro sottostante sono invece riportati i risultati dell'interpolazione dei punti riportati in tabella, con l'indicazione, oltre ai parametri a ed n della curva, del coefficiente di correlazione.

Inoltre, affinché venga determinata la curva di pioggia e calcolati i coefficienti è necessario che l'elaborazione prescelta contenga almeno tre interpretazioni probabilistiche valide.

Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 1

Durata: 7.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 233.168 mm

Intervallo di discretizzazione: 15

Metodo di calcolo: Pluviogramma Chicago

Posizione picco (r): 0.50

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
113.43	0.37	1.00	$h(t) = 113.4 t^{0.37}$

Tab. 06 – Risultati dell'interpolazione

Si ottiene, così, la curva di pioggia calcolata per il periodo di ritorno di 200 anni avente espressione:

$$h(t)=113.4 t^{0.37}$$

t (ore)	h (mm)		t (ore)	h (mm)		t (ore)	h (mm)
1	113.430		9	255.909		17	323.866
2	146.622		10	266.090		18	330.794
3	170.375		11	275.649		19	337.484
4	189.527		12	284.676		20	343.955
5	205.853		13	293.240		21	350.226
6	220.231		14	301.398		22	356.311
7	233.168		15	309.198		23	362.225
8	244.987		16	316.676		24	367.979

Tab. 07 – Valori curva di pioggia

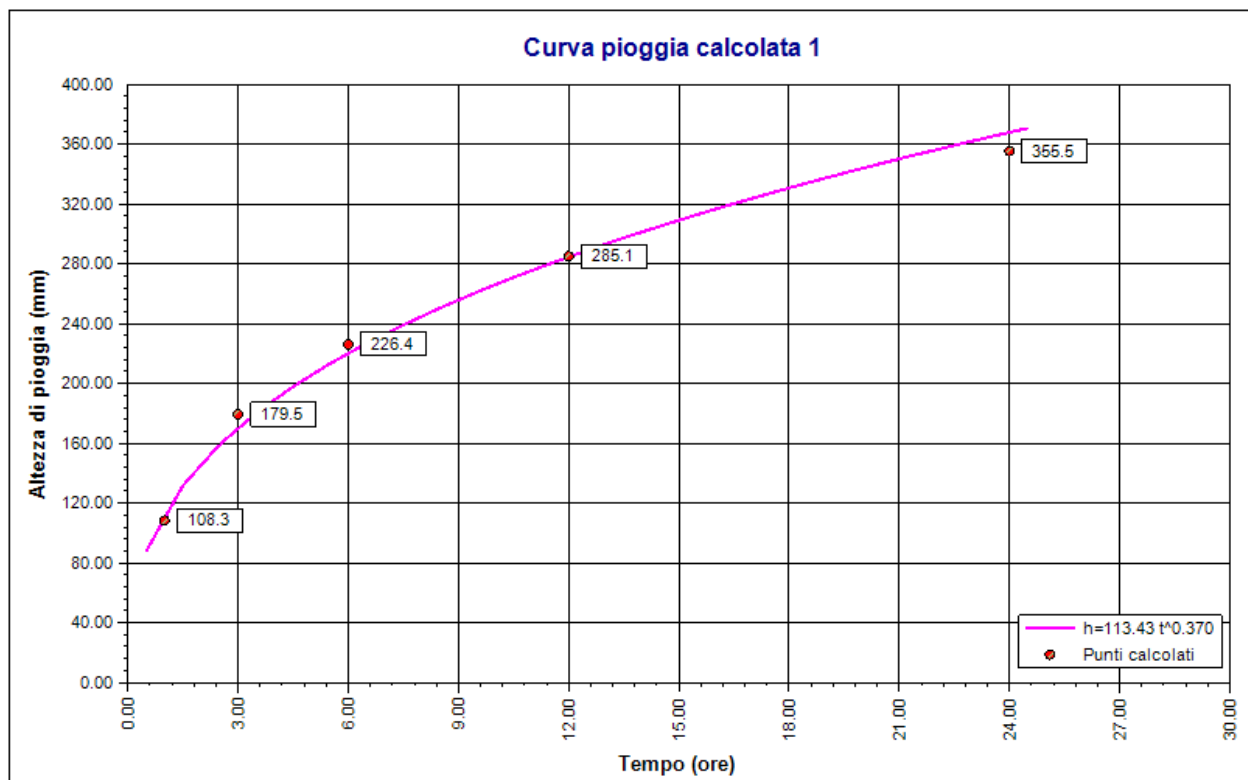


Fig. 10 – Curva di pioggia calcolata

5.3 Determinazione del pluviogramma

La pioggia di input per il modello di trasformazione afflussi-deflussi può essere sia un pluviogramma sintetico di progetto, sia un pluviogramma osservato, permettendo in tal modo la ricostruzione di eventi reali. In questo caso è stato considerato il pluviogramma sintetico, determinato a partire dalla curva di pioggia definita in precedenza, fissandone la durata totale, l'intervallo di discretizzazione e la posizione del picco, scelta tra i tipi predefiniti o inserita liberamente.

Di seguito si riporta il pluviogramma ottenuto considerando una durata totale della precipitazione di 7 ore, un intervallo di discretizzazione di 15 minuti e una posizione del picco relativa alla costruzione del pluviogramma Chicago. Tale opzione richiede come unico input il parametro r , variabile tra 0 e 1, che determina la posizione del picco. Un valore di 0.5 indica un pluviogramma simmetrico rispetto al picco.

Si osservi come il picco dell'altezza di pioggia è pari a 43.9 mm e si registra negli istanti di tempo compresi tra 3.25 e 3.75 ore.

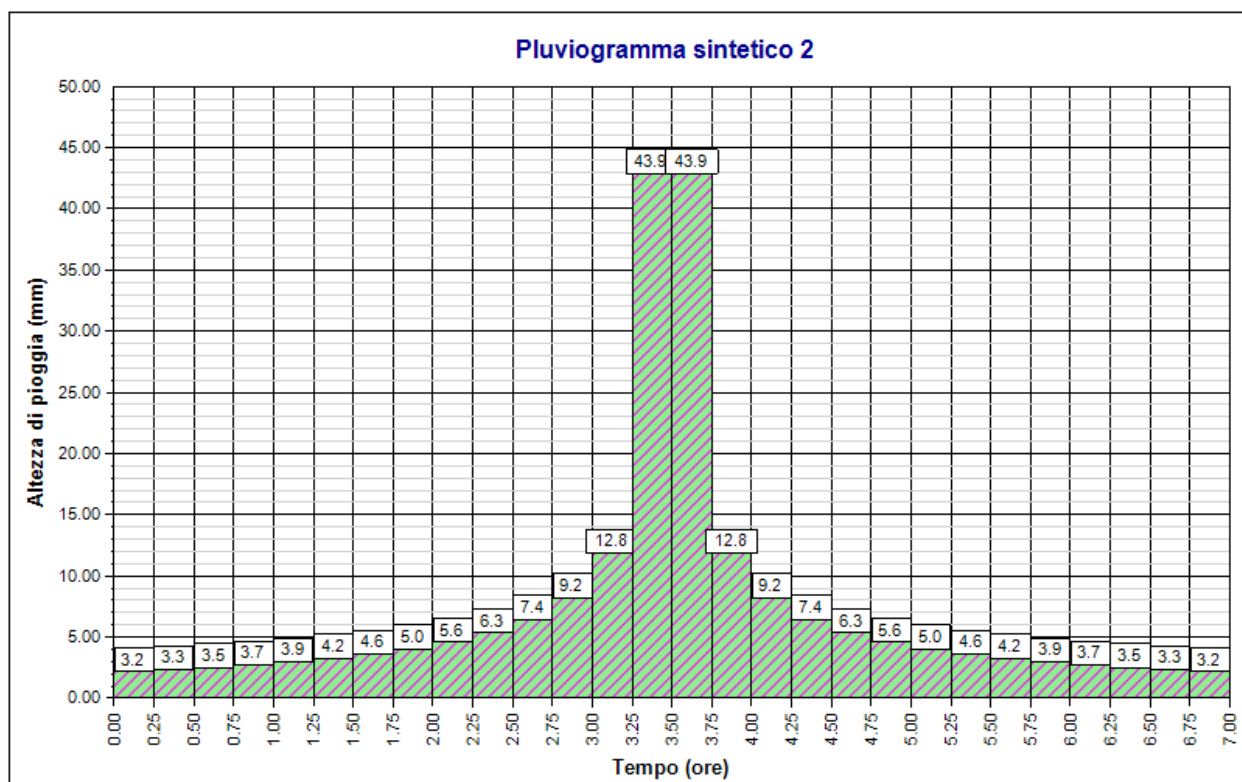


Fig. 11 – Pluviogramma sintetico

Nella tabella sottostante sono riportati gli estremi dell'intervallo (espressi in ore e in minuti) e l'altezza di precipitazione (espressa in mm) calcolata dalla curva di pioggia fornita come input.

L'altezza di pioggia complessiva è pari a 233.168 mm.

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.250	0	15	3.156
2	0.250	0.500	15	30	3.313
3	0.500	0.750	30	45	3.491
4	0.750	1.000	45	60	3.698
5	1.000	1.250	60	75	3.938
6	1.250	1.500	75	90	4.225
7	1.500	1.750	90	105	4.572
8	1.750	2.000	105	120	5.004
9	2.000	2.250	120	135	5.562
10	2.250	2.500	135	150	6.315
11	2.500	2.750	150	165	7.408
12	2.750	3.000	165	180	9.188
13	3.000	3.250	180	195	12.839
14	3.250	3.500	195	210	43.876
15	3.500	3.750	210	225	43.876
16	3.750	4.000	225	240	12.839
17	4.000	4.250	240	255	9.188
18	4.250	4.500	255	270	7.408
19	4.500	4.750	270	285	6.315

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
20	4.750	5.000	285	300	5.562
21	5.000	5.250	300	315	5.004
22	5.250	5.500	315	330	4.572
23	5.500	5.750	330	345	4.225
24	5.750	6.000	345	360	3.938
25	6.000	6.250	360	375	3.698
26	6.250	6.500	375	390	3.491
27	6.500	6.750	390	405	3.313
28	6.750	7.000	405	420	3.156

Tab. 08 – Tabella pluviogramma

5.4 Determinazione dell'idrogramma e stima della portata al colmo di piena

La simulazione dei deflussi di piena sui bacini naturali è affrontata mediante il modello idrologico SCS-CN, proposto dal Soil Conservation Service, in grado di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una assegnata precipitazione.

Per ciò che riguarda la trasformazione afflussi-deflussi, il processo è affrontato scomponendolo nelle due fasi riguardanti la determinazione delle piogge nette e la trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali. Le piogge nette sono calcolate con il metodo del Curve Number (CN), proposto dall'SCS, in funzione dell'indice CN compreso tra 0 e 100, funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

La trasformazione afflussi-deflussi, quindi, è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo t_{LAG} (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre $t_{LAG}=0.6 t_c$ con t_c tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove t_{picco} è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario, Δt è l'intervallo di calcolo espresso in ore, U_{picco} è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in $m^3/s/mm$ e A è l'area del sottobacino misurata in km^2 .

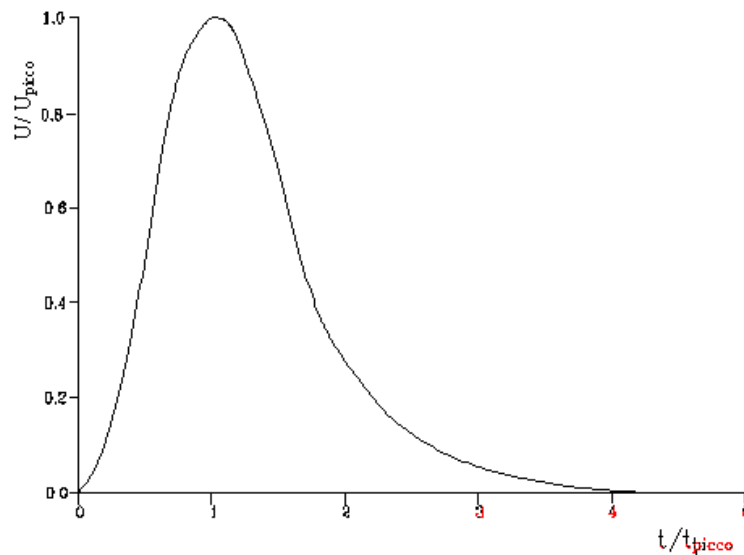


Fig. 12 – Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove $Q(i)$ è la portata alla fine dell'intervallo i -esimo, $U(j)$ è la j -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura e $P(i)$ è la pioggia netta all'intervallo i -esimo.

Per tale studio sono stati considerati i seguenti dati per la determinazione dell'idrogramma:

Tipo: Idrogramma SCS

Pluviogramma di input: Pluviogramma sintetico 2

Superficie del bacino: 52.6 kmq

Tlag: 1.920 ore

Astrazione iniziale: 3.0 mm

Curve Number: 65.0

Intervallo di calcolo: 5 minuti

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Determinate le curve di probabilità pluviometrica si può determinare la pioggia critica.

Per poter determinare la pioggia critica per il fissato periodo di ritorno si deve prima determinare il tempo di corrivazione caratteristico del bacino considerato.

Inoltre si considera che la pioggia critica si assume che abbia durata pari al tempo di corrivazione.

Per il calcolo del tempo di corrivazione si sono utilizzate le seguenti formule:

- Formula di Giandotti:

$$tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hm - H0}}$$

dove:

- t_c (ore) è il tempo di corrivazione;
- S (kmq) l'area del bacino idrografico;

- L (km) la lunghezza dell'asta principale;
- H_m (m) l'altitudine media del bacino;
- H_0 (m) quota alla sezione di chiusura.

- Formula di Viparelli:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

dove:

- t_c (ore) è il tempo di corrivazione;
- L (km) la lunghezza dell'asta principale;
- V (m/s) velocità di scorrimento dell'acqua che per Viparelli è pari a 1.5 m/s.

t_c (ore) [Giandotti]	t_c (ore) [Viparelli]	t_c (ore) [medio]
3.77	3.37	3.57

Tab. 10 – Valori caratteristici del tempo di corrivazione

Noto il tempo di corrivazione è possibile calcolare il tempo di ritardo t_{LAG} mediante l'espressione $t_{LAG}=0.6 t_c$ per la determinazione dell'idrogramma di piena attraverso il software di calcolo Runoff Lab.

Il programma permette, così, di ottenere in tempo reale l'idrogramma risultante con indicazione della portata massima del tempo di picco, della durata totale dell'evento dei volumi affluti e defluti, del coefficiente di defflusso (dato dal rapporto tra deflussi e afflussi sul bacino) e del coefficiente udometrico. È anche possibile avere un immediato riscontro visivo della sensibilità dei vari parametri coinvolti nel calcolo, osservando le variazioni nel grafico dell'idrogramma al variare dei parametri stessi.

È possibile osservare come la portata massima ottenuta, corrispondente al periodo di ritorno di 200 anni, è pari a 522.5 m³/s e si realizza in corrispondenza dell'istante di picco pari a 5.92 ore.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	561.3	mc/s
Istante picco	5.667	ore
Istante picco	340.0	minuti
Durata totale evento	16.750	ore
Volume afflusso	12265	mc x 1000
Volume deflusso	7603	mc x 1000
Altezza afflusso	233.168	mm
Altezza deflusso	144.545	mm
Coeff. deflusso	0.62	-

Parametro	Valore	U.M.
Coeff. udometrico	10.67	mc/s/kmq

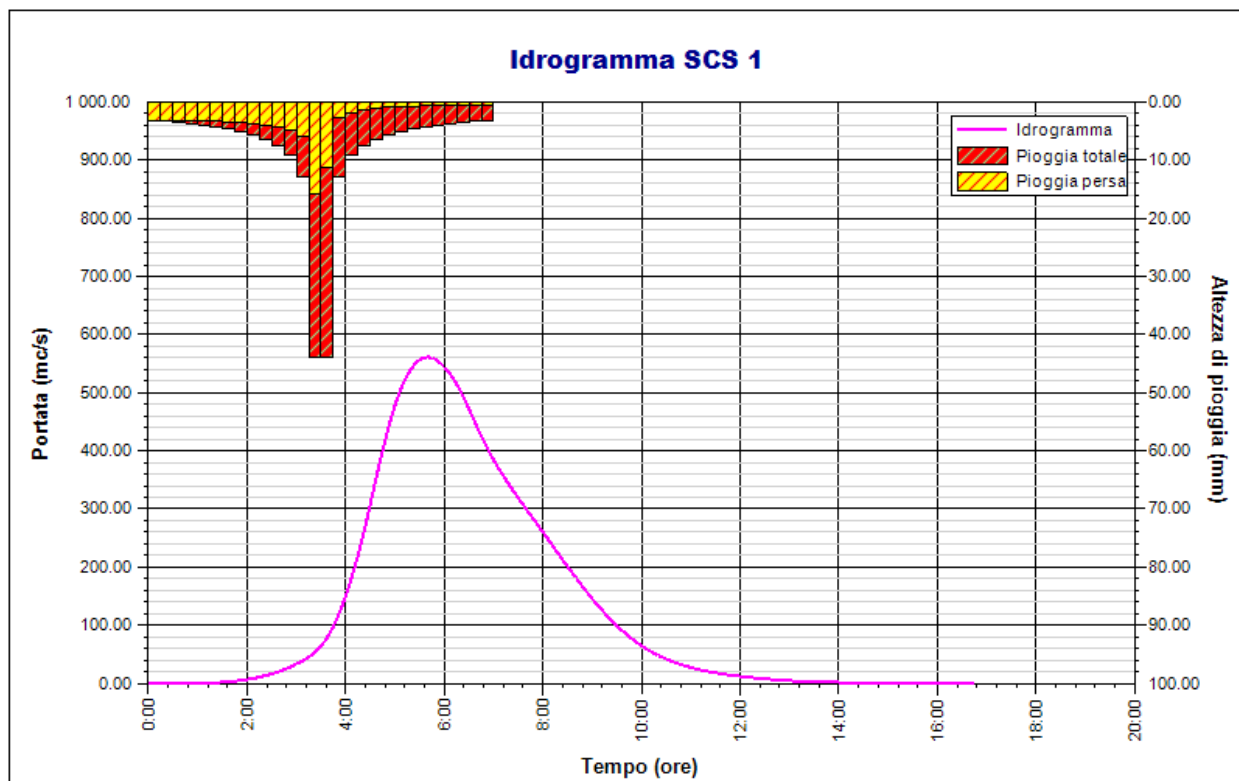


Fig. 13 - Idrogramma SCS 1

6. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente studio è stato mirato alla ricostruzione della situazione originaria dell'argine in dx idraulica.

Dai sopralluoghi effettuati sull'area oggetto di intervento si è osservato che in occasione di eventi meteorologici estremi avvenuti nel recente passato i maggiori danni sono avvenuti in sx idraulica ragion per cui, come anche emerso dalle varie riunioni effettuate presso la Città Metropolitana di Reggio Calabria, quest'ultimo Ente ha intrapreso un intervento di ricostruzione dell'arginatura in sx idraulica e conseguente ripristino dell'area a tergo per ricreare le condizioni ante alluvione mentre sulla destra idraulica non vi era alcun tipo di intervento da effettuare se non quello di asportazione di materiale alluvionale e vegetale. Una tale condizione presuppone che gli argini esistenti in c.a. risultano essere idonei a contenere la portata idraulica per determinati periodi di ritorno " $T = 200$ anni".

In virtù di tali analisi e considerazioni si è pertanto optato per un intervento di tipo puntuale con una ricostruzione dell'argine in dx idraulica con le medesime dimensioni e caratteristiche geometriche di quelli esistenti sia a monte che a valle dell'area oggetto di intervento.

Il progettista
Dott. Ing. Alfredo Mesiano