



**STUDIO MACRI'
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati
d' Ingegneria
ed Architettura



Ing. Renato BARRA

RECAPITI e - mail:
studiomacri@interfree.it
pec.domenico.macri1@ingpec.eu

SEDE OPERATIVA ED
AMM.VA
Centro Lucrezia della Valle
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

COMUNE DI CARDINALE

(PROVINCIA DI CATANZARO)

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:	A.T.P. (ASSOCIAZIONE TEMPORANEA TRA PROFESSIONISTI)	
DICEMBRE 2020	PROGETTISTI :	DIREZIONE LAVORI:
	ING. DOMENICO MACRI' - CAPOGRUPPO MANDATARIO	ING. DOMENICO MACRI'
	ING. RENATO BARRA - MANDANTE	
	ARCH. MADDALENA TROMBY - MANDANTE GIOVANE PROFESSIONISTA	

	TITOLO DEL PROGETTO:
	INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE - CODICE CZ042A/10.

Prot. Dis.	Modifiche:	1]
REV01 -S	Sostituisce il N. - A.1.2	2]Analisi critica delle portate
	Sostituito dal N.	3]
ALL. N. A1.2	Oggetto del Disegno: RELAZIONE IDROLOGICA	

SCALA:	ENTE APPALTANTE:
	AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CARDINALE.
	RESPONSABILE UTC - ING. S. LUPICA e-mail: ufficio.tecnico@comune.cardinale.cz.it

A TERMINI DI LEGGE - ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

INDICE

1. PREMESSA	2
1.1 STRUTTURA DELL'ANALISI	4
2 METODI PER IL TRATTAMENTO DEI DATI PLUVIOMETRICI	6
2.1 REGOLARIZZAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI CON LA DISTRIBUZIONE DI GUMBEL	7
2.2 ANALISI PLUVIOMETRICA A SCALA REGIONALE	9
2.2.1. Leggi di probabilità pluviometrica.....	13
2.3 CONCLUSIONI	15
3 METODI PER LA STIMA DELLA PORTATA	17
3.1 DESCRIZIONE DEL BACINO	18
3.2 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	18
3.3 STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA	22
3.4 CALCOLO DELLA PORTATA SOLIDA	25
3.5.2. La formulazione di Pica per la valutazione della capacità di trasporto solido di fondo in alvei torrentizi.....	25
3.5 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA TOTALE	27
ALLEGATO A: CURVE DI MASSIMA POSSIBILITÀ CLIMATICA	28
1 ANALISI IDROLOGICHE: PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO	29
2 ANALISI IDROLOGICHE: PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE	46

1. PREMESSA

Lo studio in oggetto riguarda la sistemazione idraulica del pendio alle spalle dell'abitato di Cardinale in provincia di Catanzaro; nella presente relazione vengono esposti i criteri e le valutazioni che hanno condotto alla definizione delle portate idrauliche del sistema di raccolta delle acque superficiali.

Finalità dello studio è l'analisi critica della relazione idrologica redatta per il progetto definitivo relativamente alle massime precipitazioni per un dato tempo di ritorno ed alla valutazione del tempo di corrivazione dei diversi bacini.

L'analisi delle massime precipitazioni prevedrà il confronto con le curve di massima possibilità pluviometrica già definite con l'elaborazione di Gumbel per le stazioni di Serra San Bruno e Chiaravalle Centrale con quelle ricavabili considerando i criteri e le procedure descritte nel "Rapporto sulla Valutazione delle Piene in Calabria" (VAPI), pubblicato nel 1989 a cura del CNR-IRPI, nell'ambito del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) e adottate anche nel PAI della regione Calabria. Tale procedura prevede l'impiego di modelli afflussi-deflussi che utilizzano come ingresso pluviometrico una regionalizzazione delle piogge intense, elaborate nella forma di leggi di probabilità pluviometrica (relazioni Intensità-Durata-Frequenza o IDF) espresse tramite la legge asintotica del massimo valore tipo 1 a due componenti o TCEV (Two Component Extreme Value).

La stima del tempo di corrivazione verrà condotta applicando diverse formulazioni empiriche confrontando i risultati anche in relazione alle caratteristiche geometriche dei bacini.

A tal fine sono stati condotti gli studi idrologici del versante alle spalle dell'abitato di Cardinale dove si trovano i fossi denominati "Giacco, Marchese, Cavaliere e Donnelerio" che scorrono lungo gli impluvi naturali della collina.

In particolare si è provveduto a definire la portata dei bacini imbriferi interessati dagli interventi in modo da condurre le verifiche nelle condizioni attuali ed in quelle di progetto delle opere di sistemazione.

L'obiettivo dell'indagine svolta è la stima dei valori delle portate di piena, con tempi di ritorno prefissati (*200 anni e 500 anni*), che si possono prevedere in corrispondenza delle sezioni di intersezione sui corsi d'acqua considerati lungo

l'asta dei diversi rii, valori a cui far riferimento per le verifiche idrauliche delle sezioni e dei manufatti esistenti ed in progetto.

1.1 STRUTTURA DELL'ANALISI

Il procedimento di analisi impiegato per il calcolo delle portate al colmo relativo ai tempi di ritorno corrispondenti ai *200 e 500 anni*, in sintesi, è stato così strutturato:

- definizione del bacino relativo ai diversi rii;
- suddivisione del bacino in sottobacini in funzione della sezione di chiusura;
- determinazione delle caratteristiche geomorfologiche dei sottobacini;
- scelta delle stazioni pluviometriche per le quali le dimensioni del campione dei dati di pioggia è risultata significativa e confronto con quelle ricavate dal metodo di regionalizzazione delle piogge (TCEV);
- attribuzione delle aree di competenza dei singoli bacini;
- regolarizzazione dei dati pluviometrici;
- determinazione dei coefficienti a , n della curva di possibilità climatica;
- ragguaglio delle altezze di pioggia alle aree di competenza;
- calcolo del coefficiente di deflusso;
- calcolo delle portate.

Per la determinazione delle portate di piena, l'analisi è stata condotta trattando i dati pluviometrici con la curva di possibilità pluviometrica mentre le portate sono state calcolate facendo riferimento al metodo cinematico.

Il presente lavoro è suddiviso in due sezioni, la prima dedicata ai metodi impiegati per il trattamento dei dati storici di pioggia per determinare le altezze d'acqua corrispondente ad un assegnato tempo di ritorno, la seconda concernente i metodi per la valutazione delle portate al colmo riportate nelle sezioni corrispondenti alle sezioni di chiusura.

Per la determinazione delle curve di massima possibilità pluviometrica a partire dalle serie storiche di Serra San Bruno e Chiaravalle Centrale è stata utilizzata la legge di distribuzione asintotica del massimo valore o *legge di Gumbel*, e per la verifica della adattabilità delle leggi sono stati impiegati i *test di verifica del segno e di Pearson* o del χ^2 che rappresenta una misura dello scostamento tra la frequenza cumulata empirica dei punti sperimentali e la probabilità che tali punti avrebbero se fossero distribuiti secondo tale legge.

Le curve ottenute da questa analisi verranno confrontate con quelle ricavate dall'applicazione del secondo livello di regionalizzazione.

Nota l'altezza d'acqua relativa ad un assegnato tempo di ritorno, si procederà con la determinazione delle portate di piena.

2 METODI PER IL TRATTAMENTO DEI DATI PLUVIOMETRICI

La successione cronologica degli eventi, benché costituisca il punto di partenza di ogni elaborazione, non sempre è adeguata a sistematiche ricerche data la irregolarità con la quale generalmente gli eventi si presentano. Si ricorre, pertanto, a rappresentazioni cartesiane dove in ascissa sono riportati i tempi ed in ordinata le intensità di precipitazione o le altezze totali di precipitazione.

Le curve che si ottengono, e delle quali si possono determinare le espressioni algebriche, si definiscono curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

Queste curve sono costruite in modo tale da mettere in evidenza l'andamento critico della pioggia, ovvero i valori massimi di altezza di pioggia che la medesima può assumere nei successivi intervalli di tempo.

Da questo la denominazione di "pioggia critica" per un particolare evento di nota durata che porta in condizioni critiche una rete idraulica, ovvero quando la massa di volume d'acqua invasato e del volume scaricato in un dato intervallo di tempo supera il volume che affluisce alla rete nello stesso tempo.

La linea integrale di pioggia o curva rappresentativa della durata dell'evento pluviometrico in funzione del tempo quale si desume dal pluviografo è indicata dalla relazione:

$$h = h(t)$$

2.1 REGOLARIZZAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI CON LA DISTRIBUZIONE DI GUMBEL

Note le rilevazioni pluviometriche, è possibile costruire la curva di possibilità pluviometrica procedendo nel modo seguente:

1. si considerano i valori misurati delle altezze di pioggia h nel tempo t considerato in un certo numero di anni;
2. fissato un certo tempo di ritorno TR ed un tempo di misura t si ricava un valore di altezza di pioggia:

$$h_{t,TR} = h(t) \rightarrow h_{t,TR} = a \cdot t^n$$

dove le costanti a , n si determinano riportando le coppie di valori $h(t)$, t in un diagramma cartesiano logaritmico tale che la curva si trasforma nell'equazione di una retta:

$$\lg h(t) = \lg a + n \cdot \lg t$$

per evitare i passaggi precedenti è sufficiente determinare i parametri della legge di distribuzione utilizzata (in funzione della media e dello scarto quadratico medio del campione):

parametri della distribuzione di Gumbel: α , ε

funz. di probabilità $P(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}}$

L'interpolazione lineare dei valori sul grafico per ottenere le rette è eseguita con il metodo dei minimi quadrati che minimizza gli scarti.

3. Determinati i parametri della distribuzione è possibile calcolare l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ il cui valore posto sul grafico in corrispondenza del tempo t individua uno dei punti necessari per la costruzione della curva di possibilità pluviometrica relativa ad un tempo di ritorno TR .

Le rilevazioni utilizzate nel presente studio forniscono le altezze di pioggia relativa ad eventi di durata rispettivamente di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive e le curve sono state determinate per tempi di ritorno corrispondenti a 200 e 500 anni.

I dati pluviometrici sono stati ricavati dalle misurazioni dei pluviografi di Serra San Bruno e Chiaravalle Centrale posti rispettivamente più a sud e più a nord dell'abitato di Cardinale; le elaborazioni statistiche sono contenute nell'allegato A.

Di seguito si riportano i coefficienti delle due curve di massima possibilità pluviometrica determinati per i tempi di ritorno di 200 anni e 500 anni.

Tr 200 anni		
Stazione	a	n
Serra San Bruno	86.04	0.497
Chiaravalle Centrale	109.69	0.542
Tr 500 anni		
Stazione	a	n
Serra San Bruno	96.48	0.497
Chiaravalle Centrale	123.10	0.547

Tabella 1: parametri curve di massima possibilità pluviometrica

2.2 ANALISI PLUVIOMETRICA A SCALA REGIONALE

L'adozione della legge TCEV è stata introdotta a seguito della constatazione del fatto che in numerosi pluviometri si sono registrati alcuni eventi assolutamente straordinari, la cui intensità supera di gran lunga le intensità inferiori di pari durata. Tali eventi sono indicati nella letteratura anglosassone come outliers. La probabilità di questi eventi è fortemente sottostimata da una legge di Gumbel o da una legge lognormale.

Il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI è basato sulla distribuzione dei valori estremi tipo 1 a due componenti (TCEV1) (Rossi e Versace, 1982) (Rossi et altri, 1984), che rappresenta la distribuzione del massimo valore di una misura di due popolazioni, costituite da:

- una componente base, contenente i valori medi e bassi,
- una componente straordinaria, contenente i valori più elevati,

ed ha quindi la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali riescono a rendere conto. Per la distribuzione TCEV, il massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria o suboraria t , è dato dall'espressione:

$$F(x) = e^{\left[-\Lambda_1\left(\frac{x}{\theta_1}\right) - \Lambda_2\left(\frac{x}{\theta_2}\right)\right]}$$

Dove:

- Λ_1 e Λ_2 il valore atteso del numero degli eventi nell'intervallo di tempo unitario, ad esempio l'anno, che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta;
- Θ_1 e Θ_2 il valore atteso dell'intensità degli eventi che appartengono rispettivamente alla componente bassa e alla componente alta, con $\Theta_2 \geq \Theta_1$.

Se si pone $\theta^* = \theta_2/\theta_1$ e $\Lambda^* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta^*}$ si può considerare la quaterna di parametri Λ^* , θ^* , Λ_1 e θ_1 .

La stima dei parametri della TCEV avviene con un approccio di tipo gerarchico basato su tre livelli successivi di regionalizzazione. La stima dei parametri può avvenire a differenti livelli:

- 0) Livello di regionalizzazione zero, in cui i parametri sono tutti stimati dalla singola serie di dati, qualora se ne possiedano nel sito d'interesse;
- 1) Livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri Λ^* e θ^* sono stimati regionalmente e i parametri Λ_1 e θ_1 sono stimati puntualmente;
- 2) Livello di regionalizzazione due, in cui i parametri Λ^* , θ^* e Λ_1 sono stimati regionalmente e il parametro θ_1 è stimato puntualmente;
- 3) Livello di regionalizzazione tre, in cui i parametri sono stimati regionalmente.

Il valore x indica l'altezza di pioggia di durata t per T (tempo di ritorno assegnato) assegnato, $h_{t,T}$.

L'analisi delle piogge giornaliere in Calabria, effettuata nello studio di *Valutazione delle Piene* (VAPI) dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ha portato alla verifica dell'ipotesi che l'intera regione costituisca una zona pluviometricamente omogenea, ossia nella quale si possono ritenere costanti i parametri $\Lambda^* = 0.418$ e $\theta^* = 2.154$

Si sono, quindi, individuate tre sottozone in cui si ritiene costante il coefficiente di variazione e di conseguenza il parametro Λ_1 (sottozona tirrenica, T: $\Lambda_1=48,914$; sottozona centrale, C: $\Lambda_1=22,878$; sottozona ionica, I: $\Lambda_1=10,987$). Infine, sono state delimitate 13 aree omogenee, in ciascuna delle quali si ritiene

valido un legame di correlazione tra la media delle altezze di pioggia giornaliere massime annuali e la quota sul mare.

In base a quanto desunto dalle carte VAPI, si individuano, in primo luogo, le sottozone in cui ricadono i bacini dei corpi idrici interessati dal progetto. In base alla figura 1, si ricava che la sottozona di riferimento è quella Ionica e che l'area omogenea è la I3.

Nel PAI, ritenendo valida la suddivisione in sottozone e aree omogenee del VAPI anche per le piogge di breve durata t , si è effettuata l'analisi delle stesse, pervenendo alla valutazione dei parametri Λ^* , θ^* e Λ_1 per le diverse durate, $t = 1, 3, 6, 12, 24$ ore (Tabella 2), attraverso il metodo della massima verosimiglianza. La scelta di far variare i parametri con la durata non pare del tutto convincente, dal momento che i dati campionari sono insufficienti per cogliere con la necessaria affidabilità tali variazioni.

Tuttavia, essendo la procedura PAI riconosciuta come procedura ufficiale, si è ritenuto di doversi uniformare a tale procedura, non senza avere verificato che i risultati ottenuti fossero poco diversi da quelli ottenibili con la più robusta assunzione di parametri invarianti con la durata delle piogge, come peraltro originariamente previsto nel progetto VAPI.

Durata (h)	1° livello di regionalizzazione		2° livello di regionalizzazione		
	θ^*	Λ^*	Λ_1 Tirrenica	Λ_1 Centrale	Λ_1 Ionica
1	2.0735	0.1997	13.03	12.84	12.26
3	2.4100	0.2614	21.26	17.77	14.02
6	2.3103	0.2834	25.17	18.97	14.17
12	2.2148	0.2915	31.85	17.60	12.91
24	1.9420	0.3610	31.54	13.42	10.26

Tabella 2: parametri regionali della distribuzione TCEV, secondo PAI

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

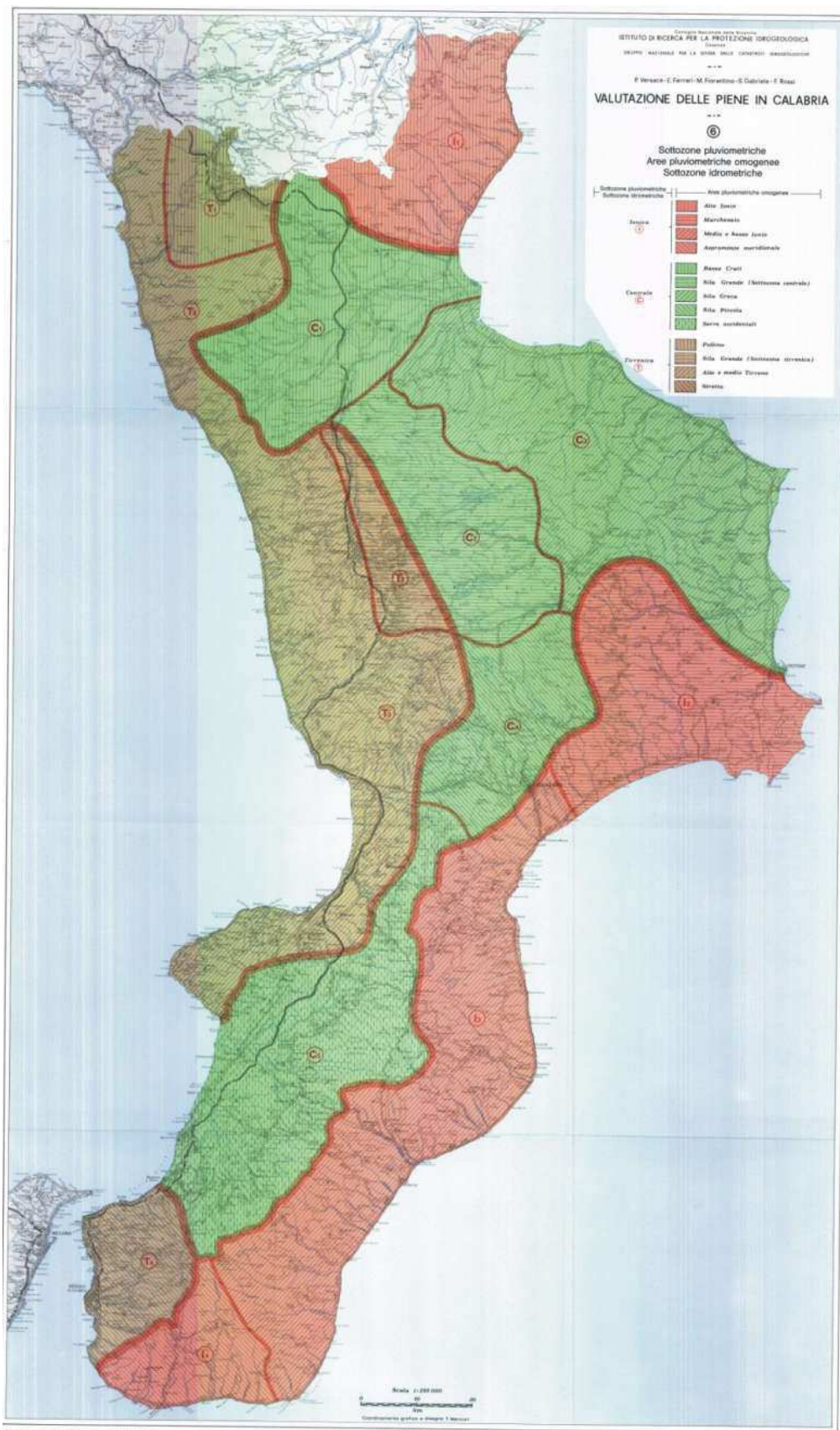


Fig. 1: Sottozone ed aree omogenee individuate nel progetto VAPI Calabria

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)}$$

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella tabella 3, i valori di K_T ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

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

Tabella 3: valori teorici del coefficiente probabilistico K_T per le piogge in Calabria per alcuni valori del tempo di ritorno.

Considerata la relativa limitatezza dei dati pluviografici rispetto alla quantità di dati pluviometrici, è stato elaborato un modello probabilistico, relativo alle piogge brevi che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere.

Per impiegare l'informazione regionale, si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore.

2.2.1. LEGGI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Il terzo livello di regionalizzazione consiste nell'individuazione di legami tra valori medi delle 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. Si è 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 $m[hg]$ e la quota sul mare Z, h , del tipo:

$$\mu(h_g) = Cz + D$$

In cui C e D sono parametri variabili da area ad area e nel caso della Calabria, per le 13 aree pluviometriche omogenee, sono riportati nella tabella 4.

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

Tabella 4: regionalizzazione delle piogge orarie. Elementi caratteristici delle aree

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

$$\mu(h_t) = ad^n$$

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

Si è notato, inoltre, che il rapporto:

$$r = \frac{\mu(h_g)}{\mu(h_{24})}$$

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 $\mu(h_1)$, e quindi il parametro a è costante in ciascuna delle aree omogenee e pari al valor medio pesato con gli anni di funzionamento dei pluviometri relativi alle serie con $N \geq 20$;
- assumendo che il rapporto r sia costante in tutta la regione e pari a 0.875;
- assumendo che in ogni stazione vale il rapporto r sopra definito;
- ricordando che in ciascuna area omogenea è nota la relazione $\mu(h_g)$;

si ottiene:

$$n = \frac{Cz + D - \text{Log}r - \text{Log}a}{\text{Log}24}$$

Considerato quanto riportato sopra, si ottiene la seguente legge di possibilità pluviometrica associata all'area di studio:

$$h(t) = 39.58K_T t^{0.398}$$

dove i vari parametri sono contenuti nella tabella sottostante

Quota media	Area omogenea	a	c	d	r	n
[m] s.l.m.	-	-	-	-	-	-
585	I3	39.58	0.00043	1.953	0.875	0.398

Tabella 5: Parametri dati regionalizzazione delle piogge orarie

Sostituendo a K_T i valori riportati in tabella 3 per il tempo di ritorno 200 e 500 anni, si ottiene:

$$h_{200}(t) = 128.64 \cdot t^{0.398}$$

$$h_{500}(t) = 149.61 \cdot t^{0.398}$$

2.3 CONCLUSIONI

Dai parametri delle curve elaborate a partire dai dati di pioggia si nota come le curve relative alla stazione di Chiaravalle Centrale portino ad avere altezze di pioggia superiori rispetto a Serra San Bruno. Si deve altresì osservare che, data

la limitata estensione dei bacini analizzati, non si è ritenuto opportuno applicare le formule per il ragguaglio delle altezze di pioggia.

I parametri ricavati dall'applicazione della metodologia VAPI portano ad avere altezze di pioggia superiori rispetto a quelli ottenuti dall'elaborazione dei dati pluviometrici delle stazioni prossime all'area in esame.

Per il calcolo delle altezze d'acqua massime si è pertanto fatto riferimento alle condizioni di piovosità più gravose; di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i valori dei parametri "a" ed "n" per diversi valori del tempo di ritorno utilizzati nel calcolo delle portate di piena.

Tempo di ritorno	a	n
200	128.64	0.398
500	149.61	0.398

Tabella 6: curve pluviometriche adottate nei calcoli

3 METODI PER LA STIMA DELLA PORTATA

Il metodo cinematico si basa sul concetto di tempo di corrivazione, ovvero il tempo che la particella d'acqua posizionata nel punto più alto del bacino impiega a raggiungere la sezione di chiusura.

3.1 DESCRIZIONE DEL BACINO

Il centro abitato di Cardinale si sviluppa in sponda destra del fiume Ancinale che attraversa la regione da sud – ovest verso est; la collina alle spalle dell'abitato costituisce uno spartiacque naturale tra il fiume e uno dei suoi affluenti. La quota massima di questo rilievo risulta di circa 730 m s.l.m.

Sul tratto di collina interessato dai lavori di consolidamento e regimazione idraulica si possono distinguere quattro impluvi naturali dove scorrono, partendo da sud – ovest verso nord – est rispettivamente i rii “Giacco, Cavaliere, Marchese e Donnelerio”.

L'acclività del pendio è in media elevata raggiungendo in alcuni punti valori superiori all'unità soprattutto in vicinanza dei rii a seguito dell'intensa incisione di questi nel suolo. Nella maggior parte del territorio oggetto d'indagine vi è una buona ricopertura vegetale costituita prevalentemente da piante di media grandezza in grado di assicurare un buon livello di protezione dei versanti. Questa viene a mancare nella parte immediatamente vicino al centro abitato dove maggiore è l'instabilità.

I bacini ed i sottobacini utili alla determinazione delle portate di piena sono stati tracciati considerando le attuali opere di regimazione delle acque e sono stati suddivisi sulla base delle opere in progetto in modo da fornire dati di portata puntuali utili al loro dimensionamento.

3.2 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione è funzione della superficie del bacino sotteso in corrispondenza della sezione di chiusura, della pendenza del corso d'acqua e delle superfici scolanti, della lunghezza dell'asta del torrente e dell'altitudine media del bacino.

Il tempo di corrivazione viene stimato con riferimento alle seguenti formulazioni:

Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H - Z}}$$

Ventura

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{i_a}}$$

Pezzoli

$$T_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

Kirpich

$$T_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$$

Pasini

$$T_c = 0.108 \frac{(SL)^{1/3}}{\sqrt{i_a}}$$

Dove:

S = superficie del bacino in km²;

L = lunghezza dell'asta in km;

i_a = pendenza dell'asta;

H = altezza media del bacino in m s.l.m.;

Z = quota della sezione di chiusura in m s.l.m.

Per superfici scolanti di modesta estensione come fossi di guardia o parti periferiche di fognatura può anche essere usata la formula consigliata dal Civil Engineering Departement dell'Università del Maryland (1971):

$$T_c = 2.63 \frac{\left(\frac{L}{K_s} \right)^{0.6}}{J^{0.4} \cdot i^{0.3}}$$

dove

T_c : tempo di corrvazione [sec];

L: lunghezza della superficie scolante [m];

K_s : Coefficiente di resistenza di Gauckler – Strickler [m^{1/3}/sec];

J: intensità di precipitazione [m/h];

i: pendenza media della superficie scolante [m/m];

K_s ha un valore variabile compreso tra 70 – 75 m^{1/3}/sec per pavimentazioni stradali e 2 – 5 m^{1/3}/sec per superfici erbose.

Nella seguente tabella si riassumono le grandezze geometriche di ciascun bacino assunte per la stima del tempo di corrivazione con le diverse formulazioni sopra descritte.

Bacini della collina	S [Ha]	L [m]	i [m/m]	i_a [m/m]	H_m [m]	Z [m]
A GIACCO	17.17	783	0.42	0.27	654.4	558.5
A₀₁ stato di fatto	0.94	161	0.48	0.43	634.5	581.5
A₀₁ stato di progetto	1.71	273	0.48	0.43	641.2	581.5
A₀₂ stato di fatto e di progetto	0.33	109	0.48	0.28	602.8	570.5
B₀₁ FOSSO MARCHESE ramo 1	2.85	320	0.41	0.30	670.5	622.0
B₀₂ FOSSO MARCHESE ramo 2	2.55	316	0.41	0.30	674.3	622.0
B FOSSO MARCHESE stato di fatto	9.79	407	0.41	0.30	627.3	558.0
B FOSSO MARCHESE stato di progetto	9.06	407	0.41	0.30	627.3	558.0
C FOSSO CAVALIERE	7.36	368	0.26	0.27	615.1	557.0
D CANALE DONNELERIO	3.06	313	0.25	0.32	625.5	580.0
D1 FOSSO DI GUARDIA A MONTE DONNELERIO	0.23	34	0.68	0.68	588.4	578.0

Tabella 7: parametri geometrici dei bacini

Di seguito si riassumono i valori del tempo di corrivazione stimati per i diversi bacini e sottobacini riportati nella carta dei bacini allegata alla presente relazione (vedi tavola A.3.1) con le diverse formulazione proposte.

Bacino	Giandotti [ore]	Ventura [ore]	Pezzoli [ore]	Kirpich [ore]	Pasini [ore]	Maryland [ore]
A	0.36	0.10	0.08	0.12	0.11	0.42
A_{01sdf}	0.11	0.02	0.01	0.02	0.02	0.11
A_{01sdp}	0.15	0.02	0.02	0.04	0.03	0.17
A₀₂	0.09	0.01	0.01	0.02	0.01	0.08
B₀₁	0.21	0.03	0.03	0.06	0.04	0.21
B₀₂	0.19	0.03	0.03	0.05	0.03	0.20
B_{sdf}	0.28	0.07	0.04	0.07	0.07	0.25
B_{sdp}	0.27	0.07	0.04	0.07	0.07	0.25
C	0.27	0.07	0.04	0.06	0.06	0.27
D	0.21	0.04	0.03	0.06	0.04	0.24
D1	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03

Tabella 8: tempi di corrivazione

Dall'analisi critica dei risultati si osserva che i tempi di corrivazione ricavati con l'impiego delle formulazioni di Ventura, Pezzoli, Kirpich e Pasini, pur dando valori tra loro molto simili, risultano troppo brevi a significare che queste non sono applicabili ai bacini in oggetto. A tal proposito si può valutare il valor medio dato dalle diverse formule aggiungendo a questo il tempo di afflusso per arrivare dai versanti all'asta principale utilizzando la formulazione di Singh:

$$T_o = 0.116 \frac{L_v^{0.6} 0.05^{0.6}}{2.4^{0.4} (S \cdot 10)^{0.3}}$$

Dove:

T_o è espresso in ore;

S = area del bacino in km^2

L_v = lunghezza dei versanti

Di seguito si riporta la stima dei tempi di corrivazione totali.

Bacini	L_v [m]	S [km^2]	$T_{c,med}$ [ore]	T_o [ore]	$T_{c,tot}$ [ore]
A	205	0.1717	0.2	0.28	0.48
A_{01sdf}	25	0.0094	0.05	0.19	0.24
A_{01sdp}	30	0.0171	0.07	0.18	0.25
A₀₂	10	0.0033	0.06	0.15	0.21
B₀₁	78	0.0285	0.1	0.27	0.37
B₀₂	79	0.0255	0.09	0.28	0.37
B_{sdf}	120	0.0979	0.13	0.24	0.37
B_{sdp}	120	0.0906	0.13	0.25	0.38
C	135	0.0736	0.13	0.28	0.41
D	134	0.0306	0.1	0.37	0.47
D1	25	0.0023	0.03	0.29	0.32

Tabella 9: tempi di corrivazione totali con stima del tempo di ingresso

I risultati così ottenuti portano, per i bacini più piccoli, a valori eccessivi del tempo di corrivazione.

Si ritiene pertanto di confermare la validità dei valori ricavati dall'impiego della formulazione proposta dall'università del Maryland che risultano allineati con quelli ottenuti applicando la formula di Giandotti.

Per definire compiutamente la portata che affluisce nella rete di canali che attraversano il centro di Cardinale si sono considerati altri 7 sottobacini urbani di

cui si riporta nella seguente tabella la stima del tempo di corrivazione con i relativi parametri geometrici.

Bacini interni al centro abitato	L [m]	i [%]	A [Ha]	T_R 200 T_c [ore]	T_R 500 T_c [ore]
D2	113	0.09	0.77	0.16	0.15
D3	60	0.01	0.54	0.22	0.21
C2	196	0.08	2.56	0.21	0.20
C3	200	0.01	1.10	0.30	0.28
B1	226	0.12	1.25	0.12	0.12
B2	284	0.09	2.71	0.25	0.23
E1	260	0.01	2.42	0.41	0.38

Tabella 10: tempi di corrivazione dei bacini interni al centro abitato con riferimento alla tavola A.3.1

3.3 STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Ipotizzando che la pioggia mantenga un'intensità costante per tutta la durata dell'evento, la portata alla sezione di chiusura dei bacini è data dalla seguente espressione empirica (formula razionale):

$$Q = \frac{\Phi \cdot A \cdot i_c}{360}$$

dove:

Φ : coefficiente di deflusso;

i_c : intensità della pioggia riferita al tempo di corrivazione [mm/ora];

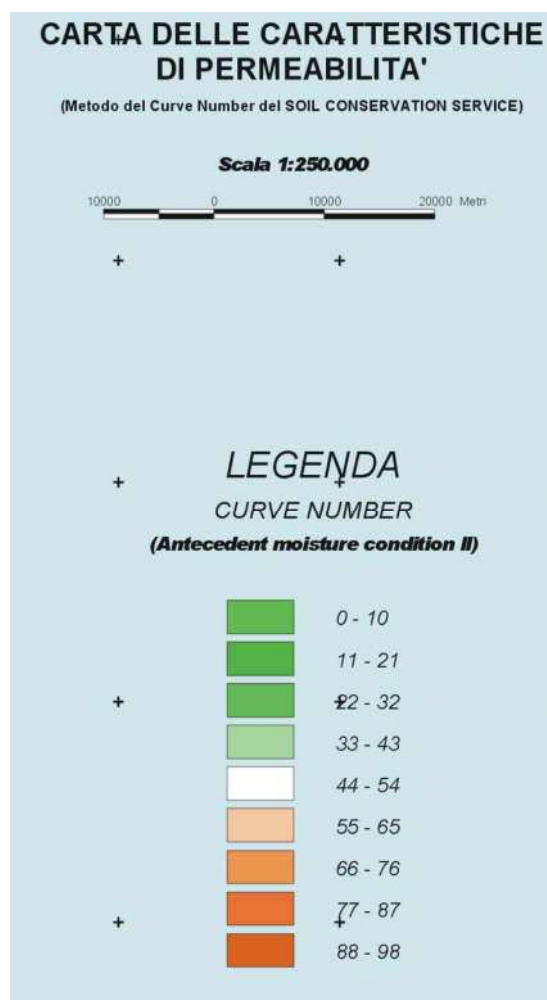
A: superficie del bacino in [km];

Q: portata [m³/s].

Il coefficiente di deflusso è definito dal rapporto tra il volume affluito nel corso d'acqua e quello defluito durante l'evento meteorico ed è funzione dell'intensità di pioggia, della capacità di infiltrazione e dei caratteri geologici e morfologici del bacino. Il suo valore viene dedotto dalla Tavola 3.b – “*Carta delle caratteristiche di permeabilità*” del PAI della Regione Calabria come suggerito nell'allegato A della delibera “*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”. Nel dettaglio al capitolo A.3 si precisa che “Per la scelta del Curve Number, CN, variabile tra 0 e 100 e tabulato dal SCS secondo la capacità di deflusso del terreno e l’uso del suolo, si sono ritenute, cautelativamente, umide le condizioni antecedenti di umidità del suolo (Antecedent Moisture Conditions, AMC, di tipo III, secondo la classificazione delle tabulazioni del SCS). La mappa regionale di CN è stata realizzata sulla base delle informazioni fornite dalla carta dell’infiltrabilità dei suoli del PAI e della carta del Progetto CORINE per l’uso del suolo”.

Da tale tavola, di cui si riporta un estratto risulta che il coefficiente CN per la collina di Cardinale sono compresi tra 77 e 87. Il valore del coefficiente di deflusso è stato assunto pari a 0.8 per i bacini della collina e 1.00 per quelli del centro abitato.



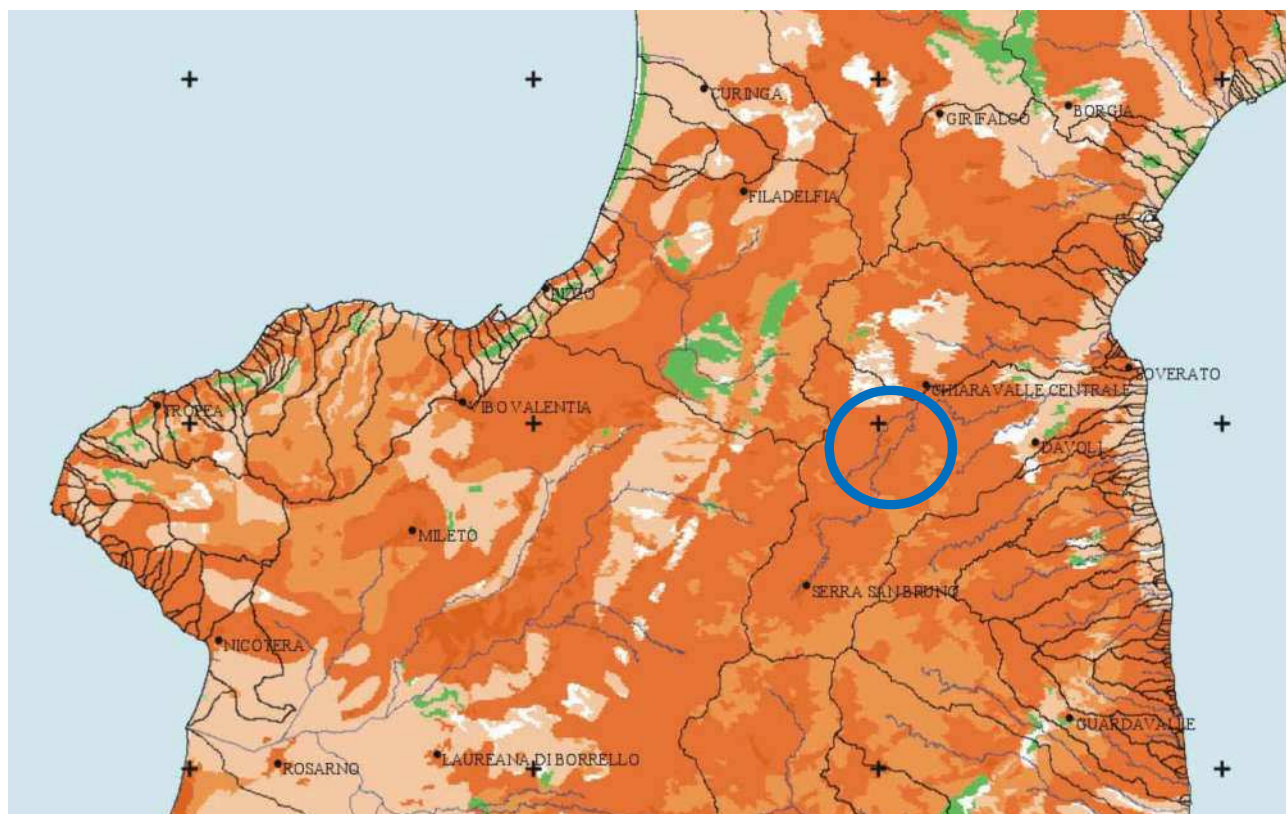


Fig. 2: estratto Tavola 3.b “Carta delle caratteristiche di permeabilità” del PAI

Definiti i parametri di ingresso è possibile stimare il valore della portata di piena con riferimento alla relazione sopra riportata; ciò è stato eseguito con riferimento alle altezze di pioggia calcolate in base ai metodi descritti nei paragrafi precedenti.

Nella seguente tabella sono contenuti i risultati ottenuti per i vari sottobacini.

Bacino	Qliq [mc/sec]	
	TR 200	TR 500
A GIACCO	8.31	10.18
A₀₁ stato di fatto	1.01	1.23
A₀₁ stato di progetto	1.42	1.73
A₀₂ stato di fatto e di progetto	0.42	0.52
B₀₁ FOSSO MARCHESE ramo 1	2.11	2.58
B₀₂ FOSSO MARCHESE ramo 2	1.90	2.32
B FOSSO MARCHESE stato di fatto	6.45	7.89
B FOSSO MARCHESE stato di progetto	5.97	7.31
C FOSSO CAVALIERE	4.58	5.60
D CANALE DONNELERIO	2.04	2.49
D1 CANALE ESISTENTE A MONTE DONNELERIO	0.57	0.69

D2	0.83	0.99
D3	0.48	0.57
C2	2.33	2.79
C3	0.81	0.99
B1	1.56	1.91
B2	2.24	2.70
E1	1.49	1.82

Tabella 10: valori di portata liquida per bacini in esame

3.4 CALCOLO DELLA PORTATA SOLIDA

In questo paragrafo verranno affrontate le problematiche relative al trasporto di materiale solido da parte della corrente. Questo studio è importante al fine della determinazione delle portate in grado di movimentare significativamente la morfologia dell'alveo e quindi di interessare l'ufficiosità delle opere presenti lungo l'asta.

3.5.2. LA FORMULAZIONE DI PICA PER LA VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI TRASPORTO SOLIDO DI FONDO IN ALVEI TORRENTIZI

In termini numerici, in mancanza di misure dirette, quale può essere l'entità del fenomeno del trasporto solido in un alveo torrentizio a fondo mobile, la bibliografia tecnica propone molte formulazioni; tuttavia il gran numero di parametri in gioco e la loro variabilità rende tali modelli estremamente indeterminati.

Tra le formulazioni presenti in letteratura la più adatta alla determinazione del trasporto solido potenziale risulta essere quella proposta dal prof. Pica dell'Università di Napoli.

Tale trattazione espone i risultati sperimentali ottenuti da vari autori e ne trae una conclusione di tipo matematico riconducibile alle sole caratteristiche geometriche dell'alveo e delle relative portate.

Sostanzialmente, e rimandando alla pubblicazione stessa tutta la trattazione, è stato ritrovato, per le quantità di trasporto solido di fondo, un legame strettamente interconnesso tra le grandezze geometriche e di portata che caratterizzano un determinato corso d'acqua.

Le espressioni fondamentali che legano le quantità di trasporto solido di fondo con la portata liquida e le caratteristiche geometriche dell'alveo sono le seguenti:

$$\tau = \frac{1}{\gamma^*} \cdot \frac{Q^{3/8} \cdot i^{13/16}}{g^{3/16} \cdot d^{15/16}}$$

$$g_s = \frac{1}{\gamma_s \cdot \gamma^{*1/2} \cdot g^{5/6}} \cdot \frac{G_s \cdot i^{13/16}}{Q^{3/8} \cdot d^{25/16}}$$

i simboli contenuti nelle due formulazioni hanno i seguenti significati:

τ = parametro adimensionale

g_s = parametro adimensionale

$$\gamma^* = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

γ_s = peso specifico materiale di fondo

γ = peso specifico acqua

g = accelerazione di gravità

i = pendenza del fondo

Q = portata liquida in mc/s

d = diametro medio della sabbia o del materiale costituente il fondo

G_s = portata solida in kg/s

Nelle esperienze condotte in laboratorio si è riscontrato che per valori di $\tau = 0,1 \div 0,2$ i valori del trasporto solido sono in pratica trascurabili.

Nell'intervallo compreso tra $0,2 \div 0,5$ ci si trova nel campo un po' indeterminato in cui avviene una selezione del materiale granulare costituente il fondo e viene ad instaurarsi una pavimentazione di tipo naturale del fondo.

Per valori di $\tau > 0,5$ e fino a $\tau = 3$ vi è un netto trasporto solido e la funzione G_s del trasporto solido assume il seguente valore:

$$G_s = 0,74 \cdot \tau^{2,3}$$

Il versante risulta composto da materiale con caratteristiche molto variabili; si può pertanto ipotizzare, al fine di operare una valutazione quantitativa del fenomeno, un diametro medio pari a 6 cm, con presenze di materiale fine in quantità anche considerevole.

Adottando la metodologia indicata in precedenza, assumendo per i valori di pendenza quelli relativi ad ogni sottobacino già utilizzati per il calcolo della portata liquida e operando nel campo dei diametri medi prevedibilmente presenti sul versante, si ottengono i valori di portata solida previsti.

3.5 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA TOTALE

Nella seguente tabella si riportano i valori della portata solida ottenuti applicando le formule menzionate precedentemente ed i valori totali di portata utilizzati nel successivo dimensionamento delle opere idrauliche.

Bacino	Qliq [mc/sec]		Qsol [mc/sec]		Qtot [mc/sec]	
	TR 200	TR 500	TR 200	TR 500	TR 200	TR 500
A GIACCO	8.31	10.18	1.33	1.72	9.64	11.90
A₀₁ stato di fatto	1.01	1.23	0.13	0.16	1.13	1.39
A₀₁ stato di progetto	1.42	1.73	0.19	0.24	1.61	1.97
A₀₂ stato di fatto e di progetto	0.42	0.52	0.04	0.05	0.47	0.57
B₀₁ FOSSO MARCHESE ramo 1	2.11	2.58	0.23	0.30	2.34	2.88
B₀₂ FOSSO MARCHESE ramo 2	1.90	2.32	0.21	0.26	2.11	2.58
B FOSSO MARCHESE stato di fatto	6.45	7.89	0.95	1.22	7.40	9.11
B FOSSO MARCHESE stato di progetto	5.97	7.31	0.86	1.11	6.84	8.41
C FOSSO CAVALIERE	4.58	5.60	0.29	0.37	4.87	5.97
D CANALE DONNELERIO	2.04	2.49	0.10	0.13	2.13	2.61
D1 CANALE ESISTENTE A MONTE DONNELERIO	0.57	0.69	0.11	0.14	0.68	0.83
D2	0.83	0.99	0.01	0.01	0.84	1.00
D3	0.48	0.57	0.00	0.00	0.48	0.57
C2	2.33	2.79	0.02	0.02	2.35	2.81
C3	0.81	0.99	0.00	0.00	0.81	0.99
B1	1.56	1.91	0.02	0.02	1.58	1.93
B2	2.24	2.70	0.02	0.02	2.26	2.72
E1	1.49	1.82	0.00	0.00	1.49	1.82

Tabella 11: valori di portata complessiva per bacini in esame

**ALLEGATO A:
CURVE DI MASSIMA POSSIBILITÀ
CLIMATICA**

1 ANALISI IDROLOGICHE:

PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO

PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO

ANNO	EVENTO DI PIOGGIA CON DURATA DI				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
2000	23.4	47.0	74.0	114.1	162.5
1999	28.0	70.0	99.2	121.1	199.1
1998	34.0	63.0	124.1	226.1	289.6
1997	24.0	54.0	67.0	93.0	127.7
1996	32.0	80.6	142.1	206.3	216.4
1995	15.0	37.0	65.0	135.0	213.6
1994	25.4	47.0	72.4	79.4	108.3
1993	43.0	55.0	64.0	80.0	101.1
1992	28.6	40.2	47.4	74.0	105.7
1991	29.0	50.0	72.0	134.1	233.1
1990	21.4	28.0	48.4	70.0	82.2
1989	53.0	88.6	97.0	134.1	187.1
1988	28.0	50.0	66.0	117.7	191.1
1987	42.8	67.0	110.1	136.1	203.7
1986	30.0	44.8	54.0	83.0	117.7
1985	29.4	51.4	71.4	113.1	151.8
1984	95.4	101.5	101.5	103.1	125.1
1983	36.0	75.0	90.4	102.1	130.7
1982	25.2	38.6	43.6	77.6	97.8
1981	28.0	74.0	123.6	201.9	229.1
1980	25.0	43.6	64.0	82.2	104.5
1979	24.0	35.0	56.0	80.0	80.6
1978	29.0	42.0	83.0	112.6	126.3
1977	50.4	88.9	116.8	196.1	234.5
1976	28.0	40.2	53.6	65.0	93.2
1975	29.8	33.8	43.0	59.8	70.6
1974	42.0	47.0	59.2	77.8	97.8
1973	31.0	78.5	100.3	112.1	118.5
1972	19.0	42.0	68.6	114.6	146.5
1971	36.0	65.0	104.1	169.7	271.9
1970	23.2	48.4	95.6	172.3	253.9
1969	43.4	81.8	119.1	212.1	264.3
1968	25.4	36.6	64.0	115.1	134.5
1967	24.6	38.0	41.4	42.8	48.6
1966	11.0	22.4	38.2	57.0	88.4
1965	38.2	77.0	119.6	161.9	253.9
1964	36.2	71.8	113.3	209.1	257.7
1963	24.0	49.0	79.0	123.5	162.5
1962	28.8	46.4	78.6	125.5	163.7
1961	7.2	14.0	20.0	25.4	25.4
1960	49.2	49.2	49.6	60.4	86.4
1959	37.0	40.2	56.6	87.6	148.8
1958	38.2	49.0	76.2	128.2	197.8
1957	28.2	40.6	78.2	120.4	139.0
1956	27.2	47.6	48.8	60.0	75.4
1955	71.2	85.0	85.2	124.4	184.6
1954	30.0	31.4	31.6	32.4	52.0
1953	27.0	30.8	40.4	52.4	62.4
1952	36.8	84.2	100.6	142.4	216.2

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 1

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	7.2	2.000
2	11.0	4.000
3	15.0	6.000
4	19.0	8.000
5	21.4	10.000
6	23.2	12.000
7	23.4	14.000
8	24.0	16.000
9	24.0	18.000
10	24.0	20.000
11	24.6	22.000
12	25.0	24.000
13	25.2	26.000
14	25.4	28.000
15	25.4	30.000
16	27.0	32.000
17	27.2	34.000
18	28.0	36.000
19	28.0	38.000
20	28.0	40.000
21	28.0	42.000
22	28.2	44.000
23	28.6	46.000
24	28.8	48.000
25	29.0	50.000
26	29.0	52.000
27	29.4	54.000
28	29.8	56.000
29	30.0	58.000
30	30.0	60.000
31	31.0	62.000
32	32.0	64.000
33	34.0	66.000
34	36.0	68.000
35	36.0	70.000
36	36.2	72.000
37	36.8	74.000
38	37.0	76.000
39	38.2	78.000
40	38.2	80.000
41	42.0	82.000
42	42.8	84.000
43	43.0	86.000
44	43.4	88.000
45	49.2	90.000
46	50.4	92.000
47	53.0	94.000
48	71.2	96.000
49	95.4	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.969 + .077 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H = 93.817 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 3

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	14.0	2.000
2	22.4	4.000
3	28.0	6.000
4	30.8	8.000
5	31.4	10.000
6	33.8	12.000
7	35.0	14.000
8	36.6	16.000
9	37.0	18.000
10	38.0	20.000
11	38.6	22.000
12	40.2	24.000
13	40.2	26.000
14	40.2	28.000
15	40.6	30.000
16	42.0	32.000
17	42.0	34.000
18	43.6	36.000
19	44.8	38.000
20	46.4	40.000
21	47.0	42.000
22	47.0	44.000
23	47.0	46.000
24	47.6	48.000
25	48.4	50.000
26	49.0	52.000
27	49.0	54.000
28	49.2	56.000
29	50.0	58.000
30	50.0	60.000
31	51.4	62.000
32	54.0	64.000
33	55.0	66.000
34	63.0	68.000
35	65.0	70.000
36	67.0	72.000
37	70.0	74.000
38	71.8	76.000
39	74.0	78.000
40	75.0	80.000
41	77.0	82.000
42	78.5	84.000
43	80.6	86.000
44	81.8	88.000
45	84.2	90.000
46	85.0	92.000
47	88.6	94.000
48	88.9	96.000
49	101.5	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.568 + .058 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =135.054 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 6

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	20.0	2.000
2	31.6	4.000
3	38.2	6.000
4	40.4	8.000
5	41.4	10.000
6	43.0	12.000
7	43.6	14.000
8	47.4	16.000
9	48.4	18.000
10	48.8	20.000
11	49.6	22.000
12	53.6	24.000
13	54.0	26.000
14	56.0	28.000
15	56.6	30.000
16	59.2	32.000
17	64.0	34.000
18	64.0	36.000
19	64.0	38.000
20	65.0	40.000
21	66.0	42.000
22	67.0	44.000
23	68.6	46.000
24	71.4	48.000
25	72.0	50.000
26	72.4	52.000
27	74.0	54.000
28	76.2	56.000
29	78.2	58.000
30	78.6	60.000
31	79.0	62.000
32	83.0	64.000
33	85.2	66.000
34	90.4	68.000
35	95.6	70.000
36	97.0	72.000
37	99.2	74.000
38	100.3	76.000
39	100.6	78.000
40	101.5	80.000
41	104.1	82.000
42	110.1	84.000
43	113.3	86.000
44	116.8	88.000
45	119.1	90.000
46	119.6	92.000
47	123.6	94.000
48	124.1	96.000
49	142.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.554 + .041 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =191.990 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 12

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	25.4	2.000
2	32.4	4.000
3	42.8	6.000
4	52.4	8.000
5	57.0	10.000
6	59.8	12.000
7	60.0	14.000
8	60.4	16.000
9	65.0	18.000
10	70.0	20.000
11	74.0	22.000
12	77.6	24.000
13	77.8	26.000
14	79.4	28.000
15	80.0	30.000
16	80.0	32.000
17	82.2	34.000
18	83.0	36.000
19	87.6	38.000
20	93.0	40.000
21	102.1	42.000
22	103.1	44.000
23	112.1	46.000
24	112.6	48.000
25	113.1	50.000
26	114.1	52.000
27	114.6	54.000
28	115.1	56.000
29	117.7	58.000
30	120.4	60.000
31	121.1	62.000
32	123.5	64.000
33	124.4	66.000
34	125.5	68.000
35	128.2	70.000
36	134.1	72.000
37	134.1	74.000
38	135.0	76.000
39	136.1	78.000
40	142.4	80.000
41	161.9	82.000
42	169.7	84.000
43	172.3	86.000
44	196.1	88.000
45	201.9	90.000
46	206.3	92.000
47	209.1	94.000
48	212.1	96.000
49	226.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.093 + .023 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H = 315.432 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 24

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	25.4	2.000
2	48.6	4.000
3	52.0	6.000
4	62.4	8.000
5	70.6	10.000
6	75.4	12.000
7	80.6	14.000
8	82.2	16.000
9	86.4	18.000
10	88.4	20.000
11	93.2	22.000
12	97.8	24.000
13	97.8	26.000
14	101.1	28.000
15	104.5	30.000
16	105.7	32.000
17	108.3	34.000
18	117.7	36.000
19	118.5	38.000
20	125.1	40.000
21	126.3	42.000
22	127.7	44.000
23	130.7	46.000
24	134.5	48.000
25	139.0	50.000
26	146.5	52.000
27	148.8	54.000
28	151.8	56.000
29	162.5	58.000
30	162.5	60.000
31	163.7	62.000
32	184.6	64.000
33	187.1	66.000
34	191.1	68.000
35	197.8	70.000
36	199.1	72.000
37	203.7	74.000
38	213.6	76.000
39	216.2	78.000
40	216.4	80.000
41	229.1	82.000
42	233.1	84.000
43	234.5	86.000
44	253.9	88.000
45	253.9	90.000
46	257.7	92.000
47	264.3	94.000
48	271.9	96.000
49	289.6	98.000

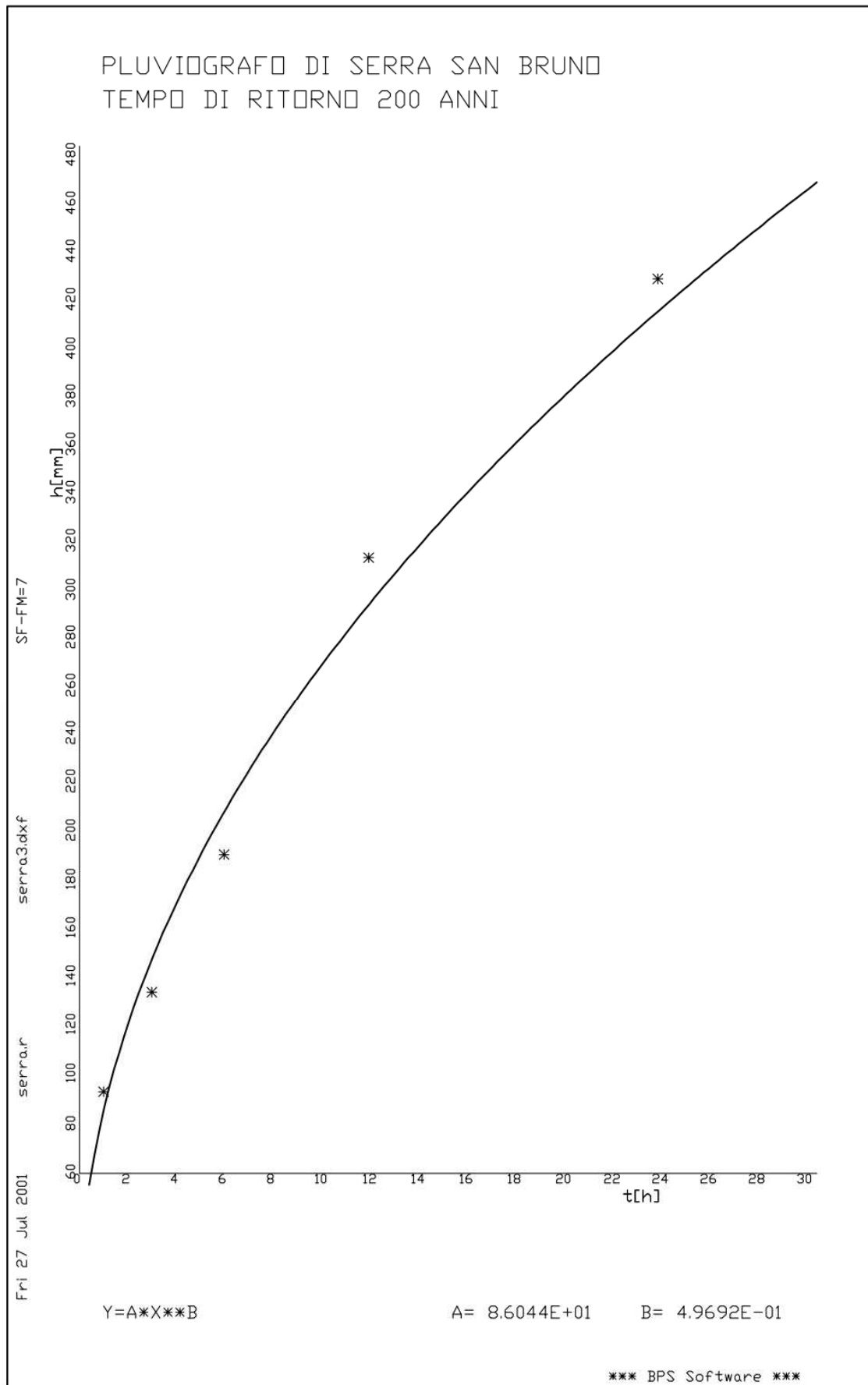
*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.030 + .017 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =431.035 (MM)

*** VALORI DELLE PRECIPITAZIONI PER OGNI
 *** INTERVALLO DI PIOGGIA CON PERIODO DI RITORNO
 T = 200 ANNI
 *** PER LA RICERCA DELLA CURVA DI POSSIBILITA'
 *** PLUVIOMETRICA (CURVA FUNZIONE 15)

DURATA PIOGGIA (ORE)	ALTEZZA PIOGGIA (MM)
1	93.82
3	135.05
6	191.99
12	315.43
24	431.04



PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO

ANNO	EVENTO DI PIOGGIA CON DURATA DI				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
2000	23.4	47.0	74.0	114.1	162.5
1999	28.0	70.0	99.2	121.1	199.1
1998	34.0	63.0	124.1	226.1	289.6
1997	24.0	54.0	67.0	93.0	127.7
1996	32.0	80.6	142.1	206.3	216.4
1995	15.0	37.0	65.0	135.0	213.6
1994	25.4	47.0	72.4	79.4	108.3
1993	43.0	55.0	64.0	80.0	101.1
1992	28.6	40.2	47.4	74.0	105.7
1991	29.0	50.0	72.0	134.1	233.1
1990	21.4	28.0	48.4	70.0	82.2
1989	53.0	88.6	97.0	134.1	187.1
1988	28.0	50.0	66.0	117.7	191.1
1987	42.8	67.0	110.1	136.1	203.7
1986	30.0	44.8	54.0	83.0	117.7
1985	29.4	51.4	71.4	113.1	151.8
1984	95.4	101.5	101.5	103.1	125.1
1983	36.0	75.0	90.4	102.1	130.7
1982	25.2	38.6	43.6	77.6	97.8
1981	28.0	74.0	123.6	201.9	229.1
1980	25.0	43.6	64.0	82.2	104.5
1979	24.0	35.0	56.0	80.0	80.6
1978	29.0	42.0	83.0	112.6	126.3
1977	50.4	88.9	116.8	196.1	234.5
1976	28.0	40.2	53.6	65.0	93.2
1975	29.8	33.8	43.0	59.8	70.6
1974	42.0	47.0	59.2	77.8	97.8
1973	31.0	78.5	100.3	112.1	118.5
1972	19.0	42.0	68.6	114.6	146.5
1971	36.0	65.0	104.1	169.7	271.9
1970	23.2	48.4	95.6	172.3	253.9
1969	43.4	81.8	119.1	212.1	264.3
1968	25.4	36.6	64.0	115.1	134.5
1967	24.6	38.0	41.4	42.8	48.6
1966	11.0	22.4	38.2	57.0	88.4
1965	38.2	77.0	119.6	161.9	253.9
1964	36.2	71.8	113.3	209.1	257.7
1963	24.0	49.0	79.0	123.5	162.5
1962	28.8	46.4	78.6	125.5	163.7
1961	7.2	14.0	20.0	25.4	25.4
1960	49.2	49.2	49.6	60.4	86.4
1959	37.0	40.2	56.6	87.6	148.8
1958	38.2	49.0	76.2	128.2	197.8
1957	28.2	40.6	78.2	120.4	139.0
1956	27.2	47.6	48.8	60.0	75.4
1955	71.2	85.0	85.2	124.4	184.6
1954	30.0	31.4	31.6	32.4	52.0
1953	27.0	30.8	40.4	52.4	62.4
1952	36.8	84.2	100.6	142.4	216.2

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 1

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	7.2	2.000
2	11.0	4.000
3	15.0	6.000
4	19.0	8.000
5	21.4	10.000
6	23.2	12.000
7	23.4	14.000
8	24.0	16.000
9	24.0	18.000
10	24.0	20.000
11	24.6	22.000
12	25.0	24.000
13	25.2	26.000
14	25.4	28.000
15	25.4	30.000
16	27.0	32.000
17	27.2	34.000
18	28.0	36.000
19	28.0	38.000
20	28.0	40.000
21	28.0	42.000
22	28.2	44.000
23	28.6	46.000
24	28.8	48.000
25	29.0	50.000
26	29.0	52.000
27	29.4	54.000
28	29.8	56.000
29	30.0	58.000
30	30.0	60.000
31	31.0	62.000
32	32.0	64.000
33	34.0	66.000
34	36.0	68.000
35	36.0	70.000
36	36.2	72.000
37	36.8	74.000
38	37.0	76.000
39	38.2	78.000
40	38.2	80.000
41	42.0	82.000
42	42.8	84.000
43	43.0	86.000
44	43.4	88.000
45	49.2	90.000
46	50.4	92.000
47	53.0	94.000
48	71.2	96.000
49	95.4	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.969 + .077 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =105.670 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 3

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	14.0	2.000
2	22.4	4.000
3	28.0	6.000
4	30.8	8.000
5	31.4	10.000
6	33.8	12.000
7	35.0	14.000
8	36.6	16.000
9	37.0	18.000
10	38.0	20.000
11	38.6	22.000
12	40.2	24.000
13	40.2	26.000
14	40.2	28.000
15	40.6	30.000
16	42.0	32.000
17	42.0	34.000
18	43.6	36.000
19	44.8	38.000
20	46.4	40.000
21	47.0	42.000
22	47.0	44.000
23	47.0	46.000
24	47.6	48.000
25	48.4	50.000
26	49.0	52.000
27	49.0	54.000
28	49.2	56.000
29	50.0	58.000
30	50.0	60.000
31	51.4	62.000
32	54.0	64.000
33	55.0	66.000
34	63.0	68.000
35	65.0	70.000
36	67.0	72.000
37	70.0	74.000
38	71.8	76.000
39	74.0	78.000
40	75.0	80.000
41	77.0	82.000
42	78.5	84.000
43	80.6	86.000
44	81.8	88.000
45	84.2	90.000
46	85.0	92.000
47	88.6	94.000
48	88.9	96.000
49	101.5	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.568 + .058 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =150.817 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 6

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	20.0	2.000
2	31.6	4.000
3	38.2	6.000
4	40.4	8.000
5	41.4	10.000
6	43.0	12.000
7	43.6	14.000
8	47.4	16.000
9	48.4	18.000
10	48.8	20.000
11	49.6	22.000
12	53.6	24.000
13	54.0	26.000
14	56.0	28.000
15	56.6	30.000
16	59.2	32.000
17	64.0	34.000
18	64.0	36.000
19	64.0	38.000
20	65.0	40.000
21	66.0	42.000
22	67.0	44.000
23	68.6	46.000
24	71.4	48.000
25	72.0	50.000
26	72.4	52.000
27	74.0	54.000
28	76.2	56.000
29	78.2	58.000
30	78.6	60.000
31	79.0	62.000
32	83.0	64.000
33	85.2	66.000
34	90.4	68.000
35	95.6	70.000
36	97.0	72.000
37	99.2	74.000
38	100.3	76.000
39	100.6	78.000
40	101.5	80.000
41	104.1	82.000
42	110.1	84.000
43	113.3	86.000
44	116.8	88.000
45	119.1	90.000
46	119.6	92.000
47	123.6	94.000
48	124.1	96.000
49	142.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.554 + .041 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =214.437 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 12

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	25.4	2.000
2	32.4	4.000
3	42.8	6.000
4	52.4	8.000
5	57.0	10.000
6	59.8	12.000
7	60.0	14.000
8	60.4	16.000
9	65.0	18.000
10	70.0	20.000
11	74.0	22.000
12	77.6	24.000
13	77.8	26.000
14	79.4	28.000
15	80.0	30.000
16	80.0	32.000
17	82.2	34.000
18	83.0	36.000
19	87.6	38.000
20	93.0	40.000
21	102.1	42.000
22	103.1	44.000
23	112.1	46.000
24	112.6	48.000
25	113.1	50.000
26	114.1	52.000
27	114.6	54.000
28	115.1	56.000
29	117.7	58.000
30	120.4	60.000
31	121.1	62.000
32	123.5	64.000
33	124.4	66.000
34	125.5	68.000
35	128.2	70.000
36	134.1	72.000
37	134.1	74.000
38	135.0	76.000
39	136.1	78.000
40	142.4	80.000
41	161.9	82.000
42	169.7	84.000
43	172.3	86.000
44	196.1	88.000
45	201.9	90.000
46	206.3	92.000
47	209.1	94.000
48	212.1	96.000
49	226.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.093 + .023 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H = 354.614 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI SERRA SAN BRUNO
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 24

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	25.4	2.000
2	48.6	4.000
3	52.0	6.000
4	62.4	8.000
5	70.6	10.000
6	75.4	12.000
7	80.6	14.000
8	82.2	16.000
9	86.4	18.000
10	88.4	20.000
11	93.2	22.000
12	97.8	24.000
13	97.8	26.000
14	101.1	28.000
15	104.5	30.000
16	105.7	32.000
17	108.3	34.000
18	117.7	36.000
19	118.5	38.000
20	125.1	40.000
21	126.3	42.000
22	127.7	44.000
23	130.7	46.000
24	134.5	48.000
25	139.0	50.000
26	146.5	52.000
27	148.8	54.000
28	151.8	56.000
29	162.5	58.000
30	162.5	60.000
31	163.7	62.000
32	184.6	64.000
33	187.1	66.000
34	191.1	68.000
35	197.8	70.000
36	199.1	72.000
37	203.7	74.000
38	213.6	76.000
39	216.2	78.000
40	216.4	80.000
41	229.1	82.000
42	233.1	84.000
43	234.5	86.000
44	253.9	88.000
45	253.9	90.000
46	257.7	92.000
47	264.3	94.000
48	271.9	96.000
49	289.6	98.000

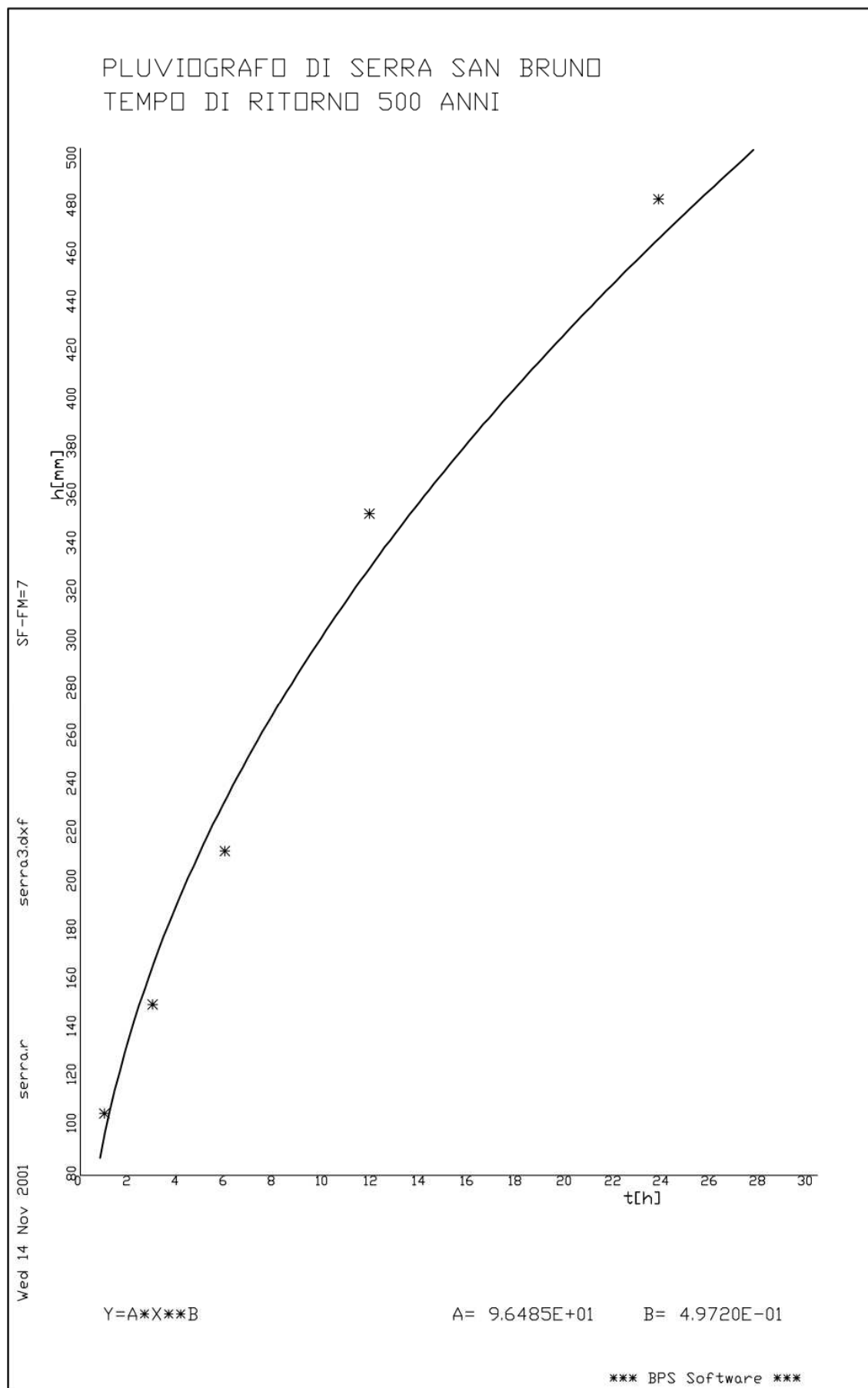
*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.030 + .017 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =485.036 (MM)

*** VALORI DELLE PRECIPITAZIONI PER OGNI
*** INTERVALLO DI PIOGGIA CON PERIODO DI RITORNO
T = 500 ANNI
*** PER LA RICERCA DELLA CURVA DI POSSIBILITA'
*** PLUVIOMETRICA (CURVA FUNZIONE 15)

DURATA PIOGGIA (ORE)	ALTEZZA PIOGGIA (MM)
1	105.67
3	150.82
6	214.44
12	354.61
24	485.04



2 ANALISI IDROLOGICHE:

PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE

PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE

ANNO	EVENTO DI PIOGGIA CON DURATA DI				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
2000	29.0	75.0	138.1	180.5	202.5
1999	43.0	76.0	115.1	124.1	129.6
1998	30.0	71.0	121.1	178.6	293.1
1997	22.0	40.0	58.0	89.0	159.1
1996	88.2	181.7	295.1	385.9	432.4
1995	37.0	53.0	92.0	153.1	220.1
1994	42.0	72.0	85.2	86.6	103.1
1993	53.0	65.6	76.6	83.8	97.2
1992	60.0	114.7	130.5	188.1	230.7
1991	37.6	55.4	80.4	134.9	179.1
1990	29.6	54.0	69.6	105.1	138.1
1989	47.0	95.0	120.7	125.5	130.5
1988	.0	.0	124.1	196.5	277.1
1987	35.0	68.8	83.6	85.5	96.4
1986	28.0	43.0	55.4	82.0	138.7
1985	41.6	70.0	118.1	129.3	150.3
1984	38.0	77.6	94.0	127.8	182.9
1983	66.0	159.1	230.5	302.1	512.0
1982	22.8	24.4	34.0	50.2	59.2
1981	30.0	74.6	88.0	112.1	195.1
1980	49.0	75.8	91.0	134.1	186.1
1979	53.0	77.0	110.1	136.3	138.9
1978	50.0	84.0	120.1	224.1	267.7
1977	39.6	50.2	51.2	66.4	117.6
1976	37.0	54.0	80.6	140.1	204.3
1975	56.6	69.0	76.6	112.1	114.6
1974	36.2	53.0	66.0	91.0	102.1
1973	31.0	61.7	100.1	150.3	168.6
1972	38.0	88.4	99.6	108.6	135.1
1971	33.8	78.4	96.2	95.2	95.2
1970	23.6	53.0	59.6	78.8	122.1
1969	37.4	49.2	72.6	87.0	93.2
1968	34.6	36.2	36.2	55.5	134.3
1967	62.0	119.1	162.1	179.9	197.1
1966	30.0	38.4	80.0	108.1	193.9
1965	25.2	45.6	59.8	93.8	164.3
1964	23.0	37.8	38.8	57.0	77.6
1963	29.6	40.6	64.0	68.2	78.8
1962	38.0	59.4	67.2	93.2	131.9
1961	29.6	54.2	79.6	116.3	116.6
1960	28.0	58.2	78.6	93.2	131.0
1959	28.6	60.2	76.8	114.6	190.4
1958	56.6	128.6	196.2	296.4	416.0
1957	18.6	29.6	36.0	61.4	72.0
1956	45.4	81.8	107.4	134.8	212.4
1955	33.2	52.0	72.2	89.4	109.4
1954	21.4	22.8	36.4	51.2	54.4
1953	19.8	25.6	43.6	48.4	59.6
1952	84.2	157.8	204.4	276.8	359.6

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 1

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	18.6	2.041
2	19.8	4.082
3	21.4	6.122
4	22.0	8.163
5	22.8	10.204
6	23.0	12.245
7	23.6	14.286
8	25.2	16.327
9	28.0	18.367
10	28.0	20.408
11	28.6	22.449
12	29.0	24.490
13	29.6	26.531
14	29.6	28.571
15	29.6	30.612
16	30.0	32.653
17	30.0	34.694
18	30.0	36.735
19	31.0	38.776
20	33.2	40.816
21	33.8	42.857
22	34.6	44.898
23	35.0	46.939
24	36.2	48.980
25	37.0	51.020
26	37.0	53.061
27	37.4	55.102
28	37.6	57.143
29	38.0	59.184
30	38.0	61.224
31	38.0	63.265
32	39.6	65.306
33	41.6	67.347
34	42.0	69.388
35	43.0	71.429
36	45.4	73.469
37	47.0	75.510
38	49.0	77.551
39	50.0	79.592
40	53.0	81.633
41	53.0	83.673
42	56.6	85.714
43	56.6	87.755
44	60.0	89.796
45	62.0	91.837
46	66.0	93.878
47	84.2	95.918
48	88.2	97.959

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.391 + .075 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =102.061 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 3

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	22.8	2.041
2	24.4	4.082
3	25.6	6.122
4	29.6	8.163
5	36.2	10.204
6	37.8	12.245
7	38.4	14.286
8	40.0	16.327
9	40.6	18.367
10	43.0	20.408
11	45.6	22.449
12	49.2	24.490
13	50.2	26.531
14	52.0	28.571
15	53.0	30.612
16	53.0	32.653
17	53.0	34.694
18	54.0	36.735
19	54.0	38.776
20	54.2	40.816
21	55.4	42.857
22	58.2	44.898
23	59.4	46.939
24	60.2	48.980
25	61.7	51.020
26	65.6	53.061
27	68.8	55.102
28	69.0	57.143
29	70.0	59.184
30	71.0	61.224
31	72.0	63.265
32	74.6	65.306
33	75.0	67.347
34	75.8	69.388
35	76.0	71.429
36	77.0	73.469
37	77.6	75.510
38	78.4	77.551
39	81.8	79.592
40	84.0	81.633
41	88.4	83.673
42	95.0	85.714
43	114.7	87.755
44	119.1	89.796
45	128.6	91.837
46	157.8	93.878
47	159.1	95.918
48	181.7	97.959

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.745 + .033 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =211.931 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 6

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	34.0	2.000
2	36.0	4.000
3	36.2	6.000
4	36.4	8.000
5	38.8	10.000
6	43.6	12.000
7	51.2	14.000
8	55.4	16.000
9	58.0	18.000
10	59.6	20.000
11	59.8	22.000
12	64.0	24.000
13	66.0	26.000
14	67.2	28.000
15	69.6	30.000
16	72.2	32.000
17	72.6	34.000
18	76.6	36.000
19	76.6	38.000
20	76.8	40.000
21	78.6	42.000
22	79.6	44.000
23	80.0	46.000
24	80.4	48.000
25	80.6	50.000
26	83.6	52.000
27	85.2	54.000
28	88.0	56.000
29	91.0	58.000
30	92.0	60.000
31	94.0	62.000
32	96.2	64.000
33	99.6	66.000
34	100.1	68.000
35	107.4	70.000
36	110.1	72.000
37	115.1	74.000
38	118.1	76.000
39	120.1	78.000
40	120.7	80.000
41	121.1	82.000
42	124.1	84.000
43	130.5	86.000
44	138.1	88.000
45	162.1	90.000
46	196.2	92.000
47	204.4	94.000
48	230.5	96.000
49	295.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.551 + .022 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =311.071 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 12

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	48.4	2.000
2	50.2	4.000
3	51.2	6.000
4	55.5	8.000
5	57.0	10.000
6	61.4	12.000
7	66.4	14.000
8	68.2	16.000
9	78.8	18.000
10	82.0	20.000
11	83.8	22.000
12	85.5	24.000
13	86.6	26.000
14	87.0	28.000
15	89.0	30.000
16	89.4	32.000
17	91.0	34.000
18	93.2	36.000
19	93.2	38.000
20	93.8	40.000
21	95.2	42.000
22	105.1	44.000
23	108.1	46.000
24	108.6	48.000
25	112.1	50.000
26	112.1	52.000
27	114.6	54.000
28	116.3	56.000
29	124.1	58.000
30	125.5	60.000
31	127.8	62.000
32	129.3	64.000
33	134.1	66.000
34	134.8	68.000
35	134.9	70.000
36	136.3	72.000
37	140.1	74.000
38	150.3	76.000
39	153.1	78.000
40	178.6	80.000
41	179.9	82.000
42	180.5	84.000
43	188.1	86.000
44	196.5	88.000
45	224.1	90.000
46	276.8	92.000
47	296.4	94.000
48	302.1	96.000
49	385.9	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.516 + .016 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H =423.187 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 24

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	54.4	2.000
2	59.2	4.000
3	59.6	6.000
4	72.0	8.000
5	77.6	10.000
6	78.8	12.000
7	93.2	14.000
8	95.2	16.000
9	96.4	18.000
10	97.2	20.000
11	102.1	22.000
12	103.1	24.000
13	109.4	26.000
14	114.6	28.000
15	116.6	30.000
16	117.6	32.000
17	122.1	34.000
18	129.6	36.000
19	130.5	38.000
20	131.0	40.000
21	131.9	42.000
22	134.3	44.000
23	135.1	46.000
24	138.1	48.000
25	138.7	50.000
26	138.9	52.000
27	150.3	54.000
28	159.1	56.000
29	164.3	58.000
30	168.6	60.000
31	179.1	62.000
32	182.9	64.000
33	186.1	66.000
34	190.4	68.000
35	193.9	70.000
36	195.1	72.000
37	197.1	74.000
38	202.5	76.000
39	204.3	78.000
40	212.4	80.000
41	220.1	82.000
42	230.7	84.000
43	267.7	86.000
44	277.1	88.000
45	293.1	90.000
46	359.6	92.000
47	416.0	94.000
48	432.4	96.000
49	512.0	98.000

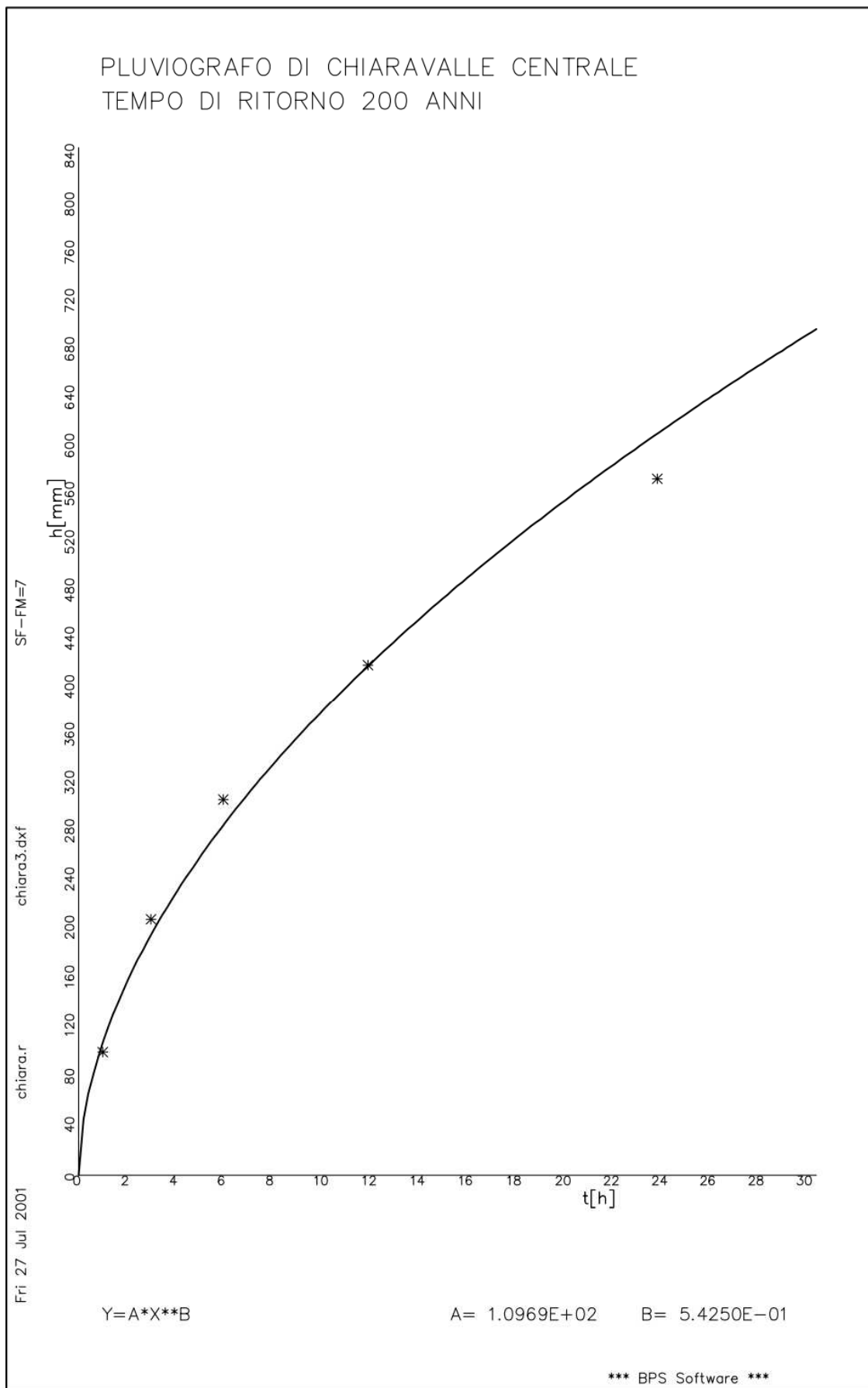
*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.446 + .012 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.50%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI
 H = 577.572 (MM)

*** VALORI DELLE PRECIPITAZIONI PER OGNI
*** INTERVALLO DI PIOGGIA CON PERIODO DI RITORNO
T = 200 ANNI
*** PER LA RICERCA DELLA CURVA DI POSSIBILITA'
*** PLUVIOMETRICA (CURVA FUNZIONE 15)

DURATA PIOGGIA (ORE)	ALTEZZA PIOGGIA (MM)
1	102.06
3	211.93
6	311.07
12	423.19
24	577.57



PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE

ANNO	EVENTO DI PIOGGIA CON DURATA DI				
	1 ORA	3 ORE	6 ORE	12 ORE	24 ORE
2000	29.0	75.0	138.1	180.5	202.5
1999	43.0	76.0	115.1	124.1	129.6
1998	30.0	71.0	121.1	178.6	293.1
1997	22.0	40.0	58.0	89.0	159.1
1996	88.2	181.7	295.1	385.9	432.4
1995	37.0	53.0	92.0	153.1	220.1
1994	42.0	72.0	85.2	86.6	103.1
1993	53.0	65.6	76.6	83.8	97.2
1992	60.0	114.7	130.5	188.1	230.7
1991	37.6	55.4	80.4	134.9	179.1
1990	29.6	54.0	69.6	105.1	138.1
1989	47.0	95.0	120.7	125.5	130.5
1988	.0	.0	124.1	196.5	277.1
1987	35.0	68.8	83.6	85.5	96.4
1986	28.0	43.0	55.4	82.0	138.7
1985	41.6	70.0	118.1	129.3	150.3
1984	38.0	77.6	94.0	127.8	182.9
1983	66.0	159.1	230.5	302.1	512.0
1982	22.8	24.4	34.0	50.2	59.2
1981	30.0	74.6	88.0	112.1	195.1
1980	49.0	75.8	91.0	134.1	186.1
1979	53.0	77.0	110.1	136.3	138.9
1978	50.0	84.0	120.1	224.1	267.7
1977	39.6	50.2	51.2	66.4	117.6
1976	37.0	54.0	80.6	140.1	204.3
1975	56.6	69.0	76.6	112.1	114.6
1974	36.2	53.0	66.0	91.0	102.1
1973	31.0	61.7	100.1	150.3	168.6
1972	38.0	88.4	99.6	108.6	135.1
1971	33.8	78.4	96.2	95.2	95.2
1970	23.6	53.0	59.6	78.8	122.1
1969	37.4	49.2	72.6	87.0	93.2
1968	34.6	36.2	36.2	55.5	134.3
1967	62.0	119.1	162.1	179.9	197.1
1966	30.0	38.4	80.0	108.1	193.9
1965	25.2	45.6	59.8	93.8	164.3
1964	23.0	37.8	38.8	57.0	77.6
1963	29.6	40.6	64.0	68.2	78.8
1962	38.0	59.4	67.2	93.2	131.9
1961	29.6	54.2	79.6	116.3	116.6
1960	28.0	58.2	78.6	93.2	131.0
1959	28.6	60.2	76.8	114.6	190.4
1958	56.6	128.6	196.2	296.4	416.0
1957	18.6	29.6	36.0	61.4	72.0
1956	45.4	81.8	107.4	134.8	212.4
1955	33.2	52.0	72.2	89.4	109.4
1954	21.4	22.8	36.4	51.2	54.4
1953	19.8	25.6	43.6	48.4	59.6
1952	84.2	157.8	204.4	276.8	359.6

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 1

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	18.6	2.041
2	19.8	4.082
3	21.4	6.122
4	22.0	8.163
5	22.8	10.204
6	23.0	12.245
7	23.6	14.286
8	25.2	16.327
9	28.0	18.367
10	28.0	20.408
11	28.6	22.449
12	29.0	24.490
13	29.6	26.531
14	29.6	28.571
15	29.6	30.612
16	30.0	32.653
17	30.0	34.694
18	30.0	36.735
19	31.0	38.776
20	33.2	40.816
21	33.8	42.857
22	34.6	44.898
23	35.0	46.939
24	36.2	48.980
25	37.0	51.020
26	37.0	53.061
27	37.4	55.102
28	37.6	57.143
29	38.0	59.184
30	38.0	61.224
31	38.0	63.265
32	39.6	65.306
33	41.6	67.347
34	42.0	69.388
35	43.0	71.429
36	45.4	73.469
37	47.0	75.510
38	49.0	77.551
39	50.0	79.592
40	53.0	81.633
41	53.0	83.673
42	56.6	85.714
43	56.6	87.755
44	60.0	89.796
45	62.0	91.837
46	66.0	93.878
47	84.2	95.918
48	88.2	97.959

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -2.391 + .075 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =114.247 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 3

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	22.8	2.041
2	24.4	4.082
3	25.6	6.122
4	29.6	8.163
5	36.2	10.204
6	37.8	12.245
7	38.4	14.286
8	40.0	16.327
9	40.6	18.367
10	43.0	20.408
11	45.6	22.449
12	49.2	24.490
13	50.2	26.531
14	52.0	28.571
15	53.0	30.612
16	53.0	32.653
17	53.0	34.694
18	54.0	36.735
19	54.0	38.776
20	54.2	40.816
21	55.4	42.857
22	58.2	44.898
23	59.4	46.939
24	60.2	48.980
25	61.7	51.020
26	65.6	53.061
27	68.8	55.102
28	69.0	57.143
29	70.0	59.184
30	71.0	61.224
31	72.0	63.265
32	74.6	65.306
33	75.0	67.347
34	75.8	69.388
35	76.0	71.429
36	77.0	73.469
37	77.6	75.510
38	78.4	77.551
39	81.8	79.592
40	84.0	81.633
41	88.4	83.673
42	95.0	85.714
43	114.7	87.755
44	119.1	89.796
45	128.6	91.837
46	157.8	93.878
47	159.1	95.918
48	181.7	97.959

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.745 + .033 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =239.558 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 6

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	34.0	2.000
2	36.0	4.000
3	36.2	6.000
4	36.4	8.000
5	38.8	10.000
6	43.6	12.000
7	51.2	14.000
8	55.4	16.000
9	58.0	18.000
10	59.6	20.000
11	59.8	22.000
12	64.0	24.000
13	66.0	26.000
14	67.2	28.000
15	69.6	30.000
16	72.2	32.000
17	72.6	34.000
18	76.6	36.000
19	76.6	38.000
20	76.8	40.000
21	78.6	42.000
22	79.6	44.000
23	80.0	46.000
24	80.4	48.000
25	80.6	50.000
26	83.6	52.000
27	85.2	54.000
28	88.0	56.000
29	91.0	58.000
30	92.0	60.000
31	94.0	62.000
32	96.2	64.000
33	99.6	66.000
34	100.1	68.000
35	107.4	70.000
36	110.1	72.000
37	115.1	74.000
38	118.1	76.000
39	120.1	78.000
40	120.7	80.000
41	121.1	82.000
42	124.1	84.000
43	130.5	86.000
44	138.1	88.000
45	162.1	90.000
46	196.2	92.000
47	204.4	94.000
48	230.5	96.000
49	295.1	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.551 + .022 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =352.770 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 12

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	48.4	2.000
2	50.2	4.000
3	51.2	6.000
4	55.5	8.000
5	57.0	10.000
6	61.4	12.000
7	66.4	14.000
8	68.2	16.000
9	78.8	18.000
10	82.0	20.000
11	83.8	22.000
12	85.5	24.000
13	86.6	26.000
14	87.0	28.000
15	89.0	30.000
16	89.4	32.000
17	91.0	34.000
18	93.2	36.000
19	93.2	38.000
20	93.8	40.000
21	95.2	42.000
22	105.1	44.000
23	108.1	46.000
24	108.6	48.000
25	112.1	50.000
26	112.1	52.000
27	114.6	54.000
28	116.3	56.000
29	124.1	58.000
30	125.5	60.000
31	127.8	62.000
32	129.3	64.000
33	134.1	66.000
34	134.8	68.000
35	134.9	70.000
36	136.3	72.000
37	140.1	74.000
38	150.3	76.000
39	153.1	78.000
40	178.6	80.000
41	179.9	82.000
42	180.5	84.000
43	188.1	86.000
44	196.5	88.000
45	224.1	90.000
46	276.8	92.000
47	296.4	94.000
48	302.1	96.000
49	385.9	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.516 + .016 * X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =480.208 (MM)

*** PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA'
 *** REGISTRATI AL PLUVIOGRAFO DI CHIARAVALLE CENTRALE
 *** DURATA DELLA PIOGGIA: ORE 24

N	ALT. PIOGGIA (MM)	FREQUENZA CUMULATA %
1	54.4	2.000
2	59.2	4.000
3	59.6	6.000
4	72.0	8.000
5	77.6	10.000
6	78.8	12.000
7	93.2	14.000
8	95.2	16.000
9	96.4	18.000
10	97.2	20.000
11	102.1	22.000
12	103.1	24.000
13	109.4	26.000
14	114.6	28.000
15	116.6	30.000
16	117.6	32.000
17	122.1	34.000
18	129.6	36.000
19	130.5	38.000
20	131.0	40.000
21	131.9	42.000
22	134.3	44.000
23	135.1	46.000
24	138.1	48.000
25	138.7	50.000
26	138.9	52.000
27	150.3	54.000
28	159.1	56.000
29	164.3	58.000
30	168.6	60.000
31	179.1	62.000
32	182.9	64.000
33	186.1	66.000
34	190.4	68.000
35	193.9	70.000
36	195.1	72.000
37	197.1	74.000
38	202.5	76.000
39	204.3	78.000
40	212.4	80.000
41	220.1	82.000
42	230.7	84.000
43	267.7	86.000
44	277.1	88.000
45	293.1	90.000
46	359.6	92.000
47	416.0	94.000
48	432.4	96.000
49	512.0	98.000

*** RETTA REGOLARIZZATRICE DI GUMBEL:
 *** X PRECIPITAZIONE DI PIOGGIA
 *** Y FREQUENZA CUMULATA REGOLARIZZATA

$$Y = -1.446 + .012 \cdot X$$

*** PRECIPITAZIONE CON PROBABILITA' DEL 99.80%
 *** OTTENUTA PER UN PERIODO DI RITORNO DI 500 ANNI
 H =656.197 (MM)

*** VALORI DELLE PRECIPITAZIONI PER OGNI
 *** INTERVALLO DI PIOGGIA CON PERIODO DI RITORNO
 T = 500 ANNI
 *** PER LA RICERCA DELLA CURVA DI POSSIBILITA'
 *** PLUVIOMETRICA (CURVA FUNZIONE 15)

DURATA PIOGGIA (ORE)	ALTEZZA PIOGGIA (MM)
1	114.25
3	239.56
6	352.77
12	480.21
24	656.20

