

3. ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

3.1. Generalità

In questo capitolo verranno esaminate le caratteristiche pluviometriche del bacino, allo scopo di valutare, mediante una successiva analisi statistica, le probabilità di sviluppo di un determinato tipo di evento pluviometrico.

Le informazioni sulle precipitazioni derivano dai rilevamenti effettuati da alcune stazioni pluviometriche situate all'interno del bacino o nelle sue immediate vicinanze. La principale caratteristica delle misure di precipitazione è dunque quella di essere misure puntuali; esse, con opportuni accorgimenti, dovranno quindi essere estese all'area di interesse.

Poiché la valutazione dell'altezza di precipitazione relativa a una superficie estesa può essere fatta soltanto a partire da misure puntuali, è necessario installare parecchi strumenti, la cui posizione geografica deve essere scelta con cura, così da limitarne il più possibile il numero. Nel caso del bacino del T. Cenischia, la scelta della localizzazione dei pluviometri non è stata possibile, ed è necessario lavorare con i dati reperibili, che non sempre sono quelli ottimali.

Un altro problema fondamentale per l'analisi dei dati è quello della non ripetibilità delle misure, come peraltro avviene per la maggior parte delle misure idrologiche. Solitamente le stazioni pluviometriche non necessitano di grandi manutenzioni, e peraltro esse possono essere compiute in momenti ove non si registrano eventi piovosi; tuttavia molte volte si devono registrare mancanze di dati a causa di inconvenienti tecnici o di fattori di disturbo che tolgono veridicità alla misura, e in questi casi viene meno la possibilità di estrarre dalla serie di dati le giuste conclusioni a seguito di una analisi statistica.

Per quanto riguarda la precisione delle misure, in Italia le altezze di pioggia ai pluviometri riportate nelle pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano sono misurate con la precisione di 0.2 mm.

L'azione del vento è la principale causa di errore nella misura delle precipitazioni. L'aumento della velocità dell'aria e l'insorgenza di vortici nelle immediate vicinanze dello strumento deviano le traiettorie delle gocce di pioggia o dei fiocchi di neve, causando un errore per difetto sull'altezza della precipitazione misurata.

3.2. Densità della rete pluviometrica

Come detto, le osservazioni effettuate a un singolo pluviometro sono rappresentative di un'area più o meno ristretta nell'intorno dello strumento, e per conoscere la distribuzione delle piogge in una regione è necessario installare più strumenti.

Per lo studio di eventi di pioggia di particolare intensità e breve durata, che interessano un'area tanto più ristretta quanto più grande è l'intensità della pioggia e che sono la causa delle grandi piene in bacini di piccola superficie, può essere giustificata l'installazione di quattro o cinque pluviometri per km² [1].

Per determinare, invece, l'afflusso meteorico mensile o annuo di una regione può essere del tutto sufficiente una densità degli strumenti inferiore anche di due ordini di grandezza. La densità della rete italiana è di circa uno strumento ogni 80 km², ed è una delle più fitte.

La densità della rete pluviometrica non è uniforme e dipende dalla distribuzione spaziale delle precipitazioni. Poichè ogni strumento è rappresentativo dell'area che lo circonda (nel cui centro deve dunque approssimativamente trovarsi), se si vuole che ogni pluviometro abbia all'incirca lo stesso peso nella determinazione dell'afflusso meteorico dell'area considerata occorre aumentare la densità della rete nelle zone in cui i totali di pioggia sono maggiori [1].

3.3. Precipitazioni nevose

Dal momento che il bacino idrologico del Torrente Cenischia si situa a una quota compresa tra i 490 m circa dello sbocco nella Dora Riparia a Susa e i 3538 m della vetta del M. Rocciamelone, risulta necessario tenere in considerazione l'apporto di precipitazioni di carattere nevoso, cospicue nei periodi invernali soprattutto al di sopra dei 1000 m. La quantità di neve caduta si determina comunemente mediante lo stesso pluviometro utilizzato per le precipitazioni liquide, con l'ausilio di una resistenza elettrica riscaldante che ne provoca la fusione.

Le precipitazioni di carattere nevoso, che in inverno limitano l'apporto di portata ai corsi d'acqua, nelle stagioni tardo-primaverile ed estiva possono dare un ingente contributo di portata, che, se combinato a una precipitazione di carattere temporalesco, può portare al collasso della rete di drenaggio. Si è comunque verificato che il massimo apporto idrico dovuto alla fusione delle precipitazioni solide è comunque inferiore alla portata generata da un evento meteorico di media importanza (Par 2.3). Considerando che un fenomeno di irraggiamento solare particolarmente intenso non può verificarsi contemporaneamente a un evento meteorico di media intensità, se ne desume che ipotizzando una precipitazione diffusa su tutto il bacino (anche a quote superiori a quella di zero termico) si otterrà una portata certamente maggiore di quella che si avrebbe a seguito di una precipitazione limitata alla quota di zero termico combinata ad un intenso soleggiamento delle quote superiori.

3.4. Ubicazione dei pluviometri

La Val Cenischia presenta una quantità di pluviometri superiore alla media italiana, ma che non consente di analizzare a pieno gli eventi di breve durata, per i quali infatti, come si vedrà nei paragrafi successivi, non sono deducibili delle correlazioni ben delineate.

All'interno del bacino, infatti, sono collocate 4 stazioni pluviometriche, per una copertura che, se esse fossero omogeneamente distribuite, dovrebbe essere di 22.5 km² ciascuna. Tuttavia, la collocazione geografica, dovuta sia all'orografia che all'accessibilità della stazione pluviometrica, non è delle migliori, lasciando scoperta la quasi totalità del massiccio del Rocciamelone. La mancanza di dati, inoltre, non è surrogabile dalla stazione pluviometrica sita in Val di Viù in prossimità del lago di Malciaussia, per i seguenti motivi:

- in Valle di Viù vi è un diverso regime di precipitazioni dovuto alla differente situazione orografica;
- il pluviometro è stato posto in tale località per valutare il volume d'acqua immagazzinabile dal serbatoio artificiale costruito a scopi idroelettrici; risulta scarsa la disponibilità di dati per le precipitazioni di breve durata mentre invece è cospicuo il numero di informazioni delle precipitazioni mensili e annuali.
- la stazione è collocata sul massiccio del Rocciamelone, e anche alla quota molto rappresentativa di 1760 m, tuttavia l'esposizione è totalmente differente, e pertanto sono differenti anche le caratteristiche climatiche, prima fra tutte i venti.

Verranno di seguito analizzate, una ad una, le varie stazioni pluviometriche, evidenziando per ognuna le caratteristiche principali che possono influenzare le misure di precipitazione.

Stazioni interne al bacino

Pluviometro di Pietrastretta – Susa

Il pluviometro è posto a una quota di 500 m s.l.m. ed è situato al confine tra i comuni di Susa e di Mompantero. Esso è collocato in una zona nella quale spesso soffiano venti anche abbastanza sostenuti dovuti alla particolare conformazione della valle: qui è situata la sezione più stretta di tutta la Val Cenischia. Ne consegue che il regime anemometrico presenta sole due direzioni predominanti (essendo occluse la direzione N dal massiccio del Rocciamelone e la direzione S-W dalla collina detta “la Brunetta”) che sono legate, in linea generale, con le direzioni prevalenti esaminate nella stazione anemometrica di regione Cornale: quando in regione Cornale si misura un vento proveniente da N-W allora a Pietrastretta si osserva un vento proveniente da W; quando in regione Cornale si misura un vento proveniente da S-E, in regione Pietrastretta esso proviene da E.

Per quanto riguarda le precipitazioni, a causa della particolare conformazione della valle, potrebbe perciò venire misurato un valore di precipitazione anomalo rispetto alle altre stazioni soprattutto se la perturbazione proviene da N, per la presenza di un ostacolo quale è il Monte Rocciamelone, che in poco più di 2 km si eleva per 3000 m.

Per quanto riguarda la possibilità di estendere arealmente le misure qui rilevate si può notare che la porzione di bacino che potrebbe presentare un regime di precipitazioni simile a quello registrabile dal pluviometro di Pietrastretta è molto limitata, per i seguenti motivi:

- la forte variazione di quota (con conseguente variazione di caratteristiche climatiche) non permette di associare il versante del Rocciamelone a questa stazione, a meno di comprovate correlazioni tra quota e precipitazioni;
- la marginalità della stazione, posta all'estremità SE del bacino;
- l'area limitata che il bacino ha da Pietrastretta alla sezione di sbocco, per cause naturali (presenza del restringimento sopra citato) e per cause antropiche (il sistema di canalizzazione agricola realizzato nel corso dei secoli, associato alla realizzazione

di un sovrizzo degli argini del Cenischia, porta le acque meteoriche prima confluenti nel Cenischia a confluire in altri rii secondari)

Pluviometro di regione Cornale – Venaus

Detto pluviometro è posto a una quota di m 600 s.l.m. in una zona riparata da venti provenienti da S per la presenza della collina su cui è situato l'abitato di Giaglione (quota massima circa 800 m), da W per la presenza del massiccio che culmina nella Punta Mulatera (quota massima 2650 m), da N-E per la presenza del M. Pampalù, avanguardia del M. Rocciamelone.

L'ubicazione della stazione non dovrebbe tuttavia influenzare i dati pluviometrici dal momento che non solo questa stazione, bensì tutto il bacino, presenta un ostacolo dato dall'orografia nel versante E.

L'area per la quale la stazione di Venaus potrebbe essere rappresentativa comprende la parte a quota più bassa del massiccio della Punta Mulatera, qualora si riuscisse a trovare una giusta correlazione tra precipitazioni e quote, e anche parte del massiccio del Rocciamelone.

Pluviometro sito in località Moncenisio – Scala

Il pluviometro, situato ai piedi della Gran Scala, ad una quota di 1760 m, risente fortemente dell'orografia. Peraltro, la causa principale di anomalie nei dati pluviometrici è da imputarsi all'uomo: con la costruzione della nuova diga in materiali sciolti, la stazione ha alle sue spalle, in direzione N-W, un muro di 240 m, di cui 100 dovuti proprio allo sbarramento artificiale voluto dalla EDF (la società idroelettrica francese che gestisce le acque dell'invaso).

Ne consegue che ogni qualvolta la perturbazione proviene dalla Francia, le precipitazioni al pluviometro sono inferiori a quelle reali perché gran parte è intercettata dalla diga stessa.

Al contrario, se la precipitazione proviene da E e non è a quote sostenute, può trovare nella diga un ostacolo insormontabile. E' un caso che si verifica spesso, e lo si può vedere nei

pomeriggi estivi, quando guardando dal lago del Moncenisio verso la Val Cenischia, si vede il cosiddetto “mare di nubi”. Logicamente le precipitazioni qui misurate in queste occasioni sono molto più elevate di quelle riscontrabili nella stazione Moncenisio – Lago.

Nonostante la forte influenza dell’orografia, la stazione è posta in una posizione praticamente baricentrica tra i rilievi del M. Giusalet (m. 3333) a Sud, della Punta Lamet a N e della Punta Novalesa a W; essa potrebbe quindi (con le dovute cautele) essere utilizzata per simulare il comportamento pluviometrico di gran parte delle cime che contornano il bacino.

Pluviometro di Moncenisio – Lago

Il pluviometro è posto a quota 2000 m, pochi metri sopra il livello medio del lago del Moncenisio, che è a 1970 m s.l.m.

La stazione risente poco dell’orografia in quanto non ha rilievi particolarmente accentuati nelle vicinanze, ma la rappresentatività è da verificare perché essa si trova sullo spartiacque tra due bacini a comportamento completamente differente come quello del Cenischia e quello dell’Arc, aventi differente esposizione al sole e ai venti.

Stazioni esterne al bacino

Pluviometro di Chiomonte – Finiere

Il pluviometro è posto a 800 m di quota in regione Finiere (comune di Chiomonte). Sebbene geograficamente la stazione sia esterna al bacino, il prelievo dei dati può risultare utile per correlare le caratteristiche climatiche alla quota.

E’ comunque necessario notare come Chiomonte appartenga al bacino della Dora Riparia, e, a differenza della Val Cenischia, non presenta rilievi troppo importanti a W mentre è chiusa a N dal massiccio del Toasso Bianco e a S dal monte Assietta. Ciò implica che può

registrarsi un forte scostamento dei dati a fronte della stessa perturbazione, causata dalla diversa disposizione spaziale di rilievi che avendo altezze fino a oltre 3000 m possono interagire con la perturbazione stessa .

Pluviometro di Salbertrand

Posto a quota 1031 m s.l.m., potrebbe risultare utile raccogliere i dati misurati da questa stazione per effettuare una correlazione tra le precipitazioni e la quota. Tuttavia c'è da sottolineare come la località sia generalmente soggetta a una quantità ed a una intensità minore delle precipitazioni rispetto alla media, e ciò potrebbe falsare le considerazioni che si vanno a compiere. Inoltre la distanza, di qualche km, dal bacino, mette in dubbio la rappresentatività delle misure stesse per lo studio del bacino del T. Cenischia.

3.5. Osservazioni pluviometriche

Costruire le curve di possibilità climatica significa esprimere, per le varie durate t , l'altezza di pioggia h in funzione del tempo di ritorno T . A tale scopo si eseguono elaborazioni statistiche su campioni di altezza di pioggia relativi a intervalli di tempo di varia durata, opportunamente selezionati dalle osservazioni disponibili. Comunemente si selezionano da ogni evento di pioggia gli intervalli di tempo che forniscono, per le durate considerate, le massime altezze di pioggia, trascurando completamente la parte che precede o segue l'intervallo di tempo considerato [1].

La relazione tra l'altezza di pioggia e il tempo di ritorno T si può determinare con diversi metodi, due sono quelli comunemente più usati. Il metodo dell'analisi delle eccedenze consiste nel selezionare le osservazioni che superano un certo valore di soglia prefissato. Possono quindi essere presenti diverse osservazioni per ogni anno, purché relative ad eventi tra loro indipendenti (distanziati di almeno 2-6 ore) [1].

Il metodo più utilizzato è invece l'analisi dei massimi annuali (Maione e Moisello, 1993), il quale consiste nell'individuare, per ogni durata t , la distribuzione di probabilità del massimo annuale h dell'altezza di pioggia, dalla quale si può ricavare il valore relativo al tempo di ritorno T prefissato [1]. Il procedimento prevede l'uso, per ogni durata, di una sola osservazione per anno. Il massimo annuale dell'altezza di pioggia h di una certa durata t si assume distribuito secondo una certa legge probabilistica (in genere la legge di Gumbel o la legge lognormale), i cui parametri si stimano a partire dal campione disponibile. I massimi dell'altezza di precipitazione per le varie durate si ricavano dalle registrazioni della stazione pluviometrica alla quale si fa riferimento. Per le stazioni descritte in paragrafo 3.4., interne o prossime al bacino, sono pubblicati i dati relativi alle durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore, 1, 2, 3, 4, 5 giorni, mentre le precipitazioni di notevole intensità e durata inferiore all'ora sono riportate per durate aleatorie, e pertanto l'utilizzazione di questo tipo di dato per l'analisi statistica è sconsigliata.

Gli uffici compartimentali del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e gli uffici idrografici delle province e regioni autonome pubblicano annualmente gli Annali Idrologici, che contengono, in due volumi (parte prima e parte seconda) i risultati di misure e studi idrologici relativi al territorio di competenza dell'ufficio.

L'Ufficio Idrografico e Mareografico di Parma è competente sul bacino del Po e sul tratto costiero compreso tra la foce di Porto Levante e la foce di Porto Garibaldi comprese.

Del bacino della Dora Riparia (e quindi, di un suo tributario qual'è il Torrente Cenischia) si occupa la sezione staccata di quest'ultimo, con sede a Torino.

Le osservazioni pluviometriche sono contenute nella sezione B (pluviometria) della parte prima degli Annali Idrologici. Tale sezione presenta l'elenco delle stazioni pluviometriche del compartimento, raggruppate per bacini idrografici, corredato delle principali caratteristiche delle stazioni: tipo dell'apparecchio, altezza sul livello del mare, altezza della bocca dell'apparecchio sul suolo, anno dell'inizio delle osservazioni. Dopo questo elenco vengono alcune tabelle; vengono brevemente descritte quelle che sono state utilizzate.

La tabella I (Osservazioni pluviometriche giornaliere) riporta, per ogni stazione, l'altezza di pioggia giornaliera per ogni giorno dell'anno, le altezze di pioggia mensili e l'altezza di pioggia annuale, il numero di giorni piovosi per ogni mese e per l'intero anno.

La tabella II (Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazione) riporta semplicemente parte dei dati già presentati nella tabella I, mettendo in evidenza il massimo e il minimo dei totali mensili (Tab. 3.1).

Tab. 3.1. Totali mensili delle quantità di precipitazione

V BACINO E STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
STURA DI LANZO													
Forno Alpi Graje	4.4	125.0	74.0	85.8	78.4	110.0	51.4	100.0	38.0	6.8	79.4	33.6	786.8
Ceres	2.4	30.6	28.6	60.8	56.6	80.0	53.6	175.6	27.0	14.0	87.4	38.2	654.8
Balme	9.0	145.0	72.6	63.4	55.2	80.6	56.6	85.2	34.0	3.4	111.2	60.0	776.2
Ala di Stura	2.0	48.0	29.6	91.8	50.0	106.2	76.4	103.4	32.4	8.2	87.8	33.0	668.8
Pessinetto	—	28.4	23.4	51.8	60.2	91.2	82.0	181.6	22.6	17.0	74.0	40.0	672.2
Funghera	1.6	33.0	56.0	43.4	86.4	72.2	111.8	200.2	40.2	10.4	76.8	43.0	775.0
Lago della Rossa	12.4	60.4	61.8	88.0	82.8	71.0	85.8	109.0	33.8	5.0	84.2	39.2	733.4
Lago dietro la Torre	5.4	65.2	64.6	73.4	48.6	58.2	56.6	103.6	38.6	6.6	88.0	31.8	640.6
Malciaussia - diga	4.6	58.4	43.4	71.2	70.6	87.8	65.0	60.6	16.0	25.4	86.2	63.2	652.4
Usseglio - c.le	2.4	28.4	30.2	49.8	55.4	79.0	52.2	52.4	20.6	27.8	71.2	38.8	508.2
Lemie - c.le	2.8	28.6	29.6	72.0	46.4	89.8	129.2	79.8	20.4	16.0	69.8	54.0	638.4
Viù - c.le Fucine	1.0	34.6	26.0	65.8	94.0	139.4	113.2	119.8	24.4	20.4	70.0	59.0	767.6
Lanzo - diga	2.0	30.6	32.2	32.8	88.8	86.4	59.0	188.2	25.4	24.6	77.4	49.4	696.8
Ciriè	2.6	23.2	42.4	23.8	49.4	54.0	55.4	113.0	7.0	31.0	68.2	41.0	511.0
Venaria - La Mandria	—	19.0	18.4	27.8	83.0	62.2	101.8	88.4	56.2	29.8	73.8	47.6	608.0
DORA RIPARIA													
Claviere	43.2	117.0	88.6	48.6	61.8	49.4	21.0	74.0	9.0	11.4	126.6	34.0	684.6
Thüres	7.2	73.2	67.2	54.0	76.0	83.2	38.0	93.2	20.0	6.2	155.0	64.6	737.8
Cesana Torinese	10.0	116.0	66.6	31.2	68.6	51.2	30.4	84.8	11.6	10.2	185.2	41.0	706.8
Rochemolles - diga	26.0	98.0	61.8	49.0	66.6	46.8	38.2	63.8	24.6	13.6	115.8	35.8	640.0
Bardonecchia ♦	13.0	51.0	56.4	42.0	61.8	47.0	42.8	38.0	11.8	4.0	163.0	15.0	545.8
Chateau - Beaulard	9.6	27.6	30.6	30.6	23.8	45.4	39.8	66.0	16.2	5.2	106.2	26.0	427.0
Richardet	4.2	24.6	46.6	26.4	51.8	71.6	17.8	64.2	8.6	6.4	110.4	49.0	481.6
Salabertano	1.0	15.0	18.0	16.6	15.0	57.6	18.2	67.2	8.4	0.8	88.2	55.8	361.8
Chiamonte	4.6	38.6	50.0	51.4	33.6	56.0	24.0	76.6	9.0	0.2	87.8	44.8	477.6
Susa	0.2	23.2	27.4	50.2	24.4	48.2	17.6	45.2	6.6	0.2	87.2	28.4	358.8
Moncenisio - lago	10.2	95.4	58.0	42.0	88.4	80.0	35.8	71.4	33.4	5.0	92.0	33.8	645.4
Moncenisio - scala	8.4	81.2	68.8	54.4	81.4	78.8	26.4	67.8	28.4	4.4	90.2	30.2	620.4
Venzasio	4.0	37.4	22.8	20.4	12.8	23.4	21.2	66.0	3.6	0.6	35.2	16.2	263.6
Bussoleno	0.6	17.0	16.2	51.0	24.4	44.2	18.0	65.4	9.4	—	45.2	22.4	313.8
S. Valeriano	2.8	18.6	18.4	40.2	17.8	36.8	32.8	62.0	11.2	6.2	54.2	35.2	336.2
Mocchie	3.0	25.8	14.8	38.2	23.2	68.4	30.0	63.2	14.4	2.4	[56.0]	[39.0]	[378.4]
Mompellato	5.0	57.0	10.0	90.0	75.0	115.0	78.0	84.0	32.0	—	122.0	24.0	692.0
Collegno	—	19.2	15.6	22.2	17.6	45.0	65.4	36.6	25.4	4.0	84.8	50.8	386.6
Reano	—	32.0	17.2	15.2	47.8	97.8	106.0	81.0	10.2	2.0	114.0	80.4	603.6

La tabella III (Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi) riporta, per le sole stazioni munite di apparecchio registratore, i massimi annuali delle precipitazioni relative a periodi con inizio in un istante qualsiasi, purchè nell'anno a cui la tabella si riferisce, e durata, rispettivamente, di 1,3,6,12 e 24 ore (Tab. 3.2). E' il caso di sottolineare che il massimo di 24 ore, che si riferisce a un periodo con inizio in un istante qualsiasi, è generalmente diverso dalla massima altezza giornaliera, di cui non può mai essere minore.

Tab. 3.2. Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi

Tabella III — Precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi Anno 1990

BACINO E STAZIONE	INTERVALLO DI ORE														
	1			3			6			12			24		
	mm.	Inizio		mm.	Inizio		mm.	Inizio		mm.	Inizio		mm.	Inizio	
		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese		giorno	mese
ORCO															
Lago Serrù	10,6	25	Nov.	16,4	12	Ott.	27,6	29	Ott.	44,4	29	Ott.	64,2	29	Ott.
Ceresole Reale	11,8	12	Ott.	24,6	12	Ott.	44,8	12	Ott.	70,0	12	Ott.	74,6	12	Ott.
Noasca	13,6	21	Apr.	27,8	21	Apr.	41,6	21	Apr.	56,6	21	Apr.	66,8	20	Apr.
Lago Eugio	27,8	17	Giu.	33,8	17	Giu.	35,6	16	Ott.	61,2	12	Ott.	85,0	15	Ott.
Lago Valsoera	16,2	12	Ott.	40,4	12	Ott.	65,6	12	Ott.	104,4	12	Ott.	118,4	12	Ott.
Rosone	15,8	16	Ott.	29,4	16	Ott.	36,2	12	Ott.	51,8	12	Ott.	68,4	16	Ott.
Sparone	14,0	20	Giu.	28,4	15	Ott.	49,2	16	Ott.	72,0	16	Ott.	112,6	15	Ott.
Campiglia Soana (Soana)	14,8	12	Ott.	21,8	12	Ott.	28,0	16	Ott.	40,8	16	Ott.	64,8	15	Ott.
Pianprato (Soana)	14,6	12	Ott.	32,2	16	Ott.	41,4	16	Ott.	60,8	16	Ott.	78,4	16	Ott.
Forzo (Soana)	11,0	12	Ott.	15,8	12	Ott.	24,2	12	Ott.	36,6	12	Ott.	53,2	15	Ott.
DORA RIPARIA															
Cesana Torinese	10,6	20	Mag.	16,2	20	Mag.	26,6	13	Feb.	46,8	13	Feb.	72,2	13	Feb.
Rochemolles - Diga	20,0	13	Ago.	25,6	31	Lug.	29,2	14	Feb.	50,4	14	Feb.	77,0	14	Feb.
Bardonecchia (Bardonecchia)	14,8	31	Lug.	15,2	31	Lug.	25,4	20	Apr.	42,2	20	Apr.	68,4	20	Apr.
Salbertrand	10,2	28	Lug.	13,0	11	Ott.	20,6	21	Apr.	37,6	21	Apr.	71,6	21	Apr.
Chiomonte	12,2	24	Mag.	14,4	21	Apr.	19,8	20	Apr.	35,4	20	Apr.	65,4	20	Apr.
Susa	5,6	23	Ott.	12,2	12	Ott.	20,0	12	Ott.	27,8	12	Ott.	47,0	20	Apr.
Moncenisio - Scala (Cenischia)	31,4	27	Giu.	49,2	27	Giu.	50,6	27	Giu.	62,0	27	Giu.	62,0	27	Giu.
Bussoleno	9,8	14	Mag.	17,8	14	Ago.	18,8	14	Ago.	31,6	12	Ott.	35,2	12	Ott.

La tabella IV (Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi) riporta, per alcune stazioni opportunamente scelte, i massimi valori delle precipitazioni di 1,2,3,4 e 5 giorni consecutivi (Tab. 3.3).

Tab. 3.3. Massime precipitazioni dell'anno per periodi di più giorni consecutivi

BACINO E STAZIONE	NUMERO DEI GIORNI DEL PERIODO													
	1		2			3			4			5		
	mm.	data	mm.	dal	al	mm.	dal	al	mm.	dal	al	mm.	dal	al
ORCO														
Lago Serrù	55,0	13 Apr.	73,2	4 Apr.	5 Apr.	89,6	11 Apr.	13 Apr.	103,2	11 Apr.	14 Apr.	106,4	11 Apr.	15 Apr.
Ceresole Reale	67,6	5 Apr.	97,4	4 Apr.	5 Apr.	97,4	4 Apr.	6 Apr.	98,6	2 Apr.	5 Apr.	114,0	1 Apr.	5 Apr.
Lago Eugio	71,8	14 Apr.	118,6	13 Apr.	14 Apr.	130,6	4 Apr.	6 Apr.	138,2	11 Apr.	14 Apr.	140,4	10 Apr.	14 Apr.
Lago Valsoera	57,6	5 Apr.	95,2	4 Apr.	5 Apr.	99,0	4 Apr.	6 Apr.	101,2	2 Apr.	5 Apr.	109,8	1 Apr.	5 Apr.
Rosone	103,4	13 Mar.	138,8	4 Mar.	5 Mar.	141,4	3 Mar.	5 Mar.	149,0	2 Mar.	5 Mar.	151,0	10 Mar.	14 Mar.
Sparone	133,2	13 Apr.	166,0	13 Apr.	14 Apr.	167,6	12 Apr.	14 Apr.	184,8	11 Apr.	14 Apr.	191,2	13 Apr.	17 Apr.
Pont Canavese	115,4	13 Apr.	182,6	13 Apr.	14 Apr.	184,2	12 Apr.	14 Apr.	187,2	11 Apr.	14 Apr.	208,4	13 Apr.	17 Apr.
Campiglia Soana (Soana)	57,8	5 Apr.	95,8	4 Apr.	5 Apr.	116,6	4 Apr.	6 Apr.	130,2	4 Apr.	7 Apr.	153,8	4 Apr.	8 Apr.
Forzo (Soana)	88,2	13 Apr.	132,8	4 Apr.	5 Apr.	138,2	4 Apr.	6 Apr.	139,0	3 Apr.	6 Apr.	149,6	4 Apr.	8 Apr.
STURA DI LANZO														
Ceres (Stura di Val grande)	126,8	13 Apr.	173,4	4 Apr.	5 Apr.	174,6	3 Apr.	5 Apr.	183,0	11 Apr.	14 Apr.	184,0	10 Apr.	14 Apr.
Ala di Stura (Stura d'Ala)	118,2	13 Apr.	172,8	4 Apr.	5 Apr.	187,4	3 Apr.	5 Apr.	191,0	2 Apr.	5 Apr.	200,4	1 Apr.	5 Apr.
Pessinetto	99,6	5 Apr.	143,6	4 Apr.	5 Apr.	144,6	3 Apr.	5 Apr.	147,0	2 Apr.	5 Apr.	149,4	1 Apr.	5 Apr.
Funghera	56,8	13 Apr.	66,8	22 Mag.	23 Mag.	67,2	21 Mag.	23 Mag.	71,4	20 Mag.	23 Mag.	71,6	19 Mag.	23 Mag.
Lago della Rossa (Stura di Viù)	43,2	5 Apr.	45,2	4 Apr.	5 Apr.	53,0	11 Apr.	13 Apr.	61,6	11 Apr.	14 Apr.	63,4	9 Apr.	13 Apr.
Lago dietro la torre	46,2	5 Apr.	63,4	4 Apr.	5 Apr.	63,6	3 Apr.	5 Apr.	71,4	11 Apr.	14 Apr.	76,0	1 Apr.	5 Apr.
Usseglio - C.le (Stura di Viù)	73,4	13 Apr.	114,8	13 Apr.	14 Apr.	117,4	12 Apr.	14 Apr.	135,8	11 Apr.	14 Apr.	140,0	10 Apr.	14 Apr.
Lemie - C.le (Stura di Viù)	92,4	13 Apr.	143,4	13 Apr.	14 Apr.	144,8	12 Apr.	14 Apr.	162,0	11 Apr.	14 Apr.	163,0	10 Apr.	14 Apr.
Viù - C.le Fucine	90,2	13 Apr.	156,0	13 Apr.	14 Apr.	157,4	12 Apr.	14 Apr.	171,2	11 Apr.	14 Apr.	173,6	13 Apr.	17 Apr.
DORA RIPARIA														
Cesana Torinese	41,8	19 Dic.	54,6	25 Apr.	26 Apr.	74,4	17 Dic.	19 Dic.	76,8	17 Dic.	20 Dic.	79,2	16 Dic.	20 Dic.
Rochemolles - Diga	41,2	26 Apr.	51,6	26 Apr.	27 Apr.	53,8	25 Apr.	27 Apr.	56,0	16 Dic.	19 Dic.	57,0	16 Dic.	20 Dic.
Bardonecchia (Bardonecchia)	59,6	26 Apr.	69,4	25 Apr.	26 Apr.	74,2	25 Apr.	27 Apr.	74,2	25 Apr.	28 Apr.	74,2	25 Apr.	29 Apr.
Chiomonte	61,2	26 Apr.	95,8	4 Apr.	5 Apr.	95,8	4 Apr.	6 Apr.	100,4	2 Apr.	5 Apr.	103,4	1 Apr.	5 Apr.
Susa	49,4	26 Apr.	73,0	4 Apr.	5 Apr.	73,0	4 Apr.	6 Apr.	74,8	2 Apr.	5 Apr.	77,2	1 Apr.	5 Apr.
Moncenisio - Scala (Cenischia)	33,2	5 Apr.	39,6	5 Apr.	6 Apr.	44,0	4 Apr.	6 Apr.	44,0	4 Apr.	7 Apr.	48,2	5 Apr.	9 Apr.
Bussoleno	51,2	26 Apr.	65,0	4 Apr.	5 Apr.	65,0	4 Apr.	6 Apr.	70,2	11 Apr.	14 Apr.	72,8	10 Apr.	14 Apr.

La tabella V (Precipitazione di notevole intensità e breve durata registrate ai pluviografi) riporta il valore, la durata e la data delle precipitazioni di maggiore intensità e breve durata registrate pubblicate. La scelta delle durate e degli eventi è in qualche modo soggettiva, per cui non c'è alcuna garanzia che il valore riportato per una certa durata sia il massimo dell'anno; peraltro per una certa durata possono essere riportati anche più valori tra loro diversi.

3.6. Definizione del regime pluviometrico

Il regime pluviometrico di un dato punto della superficie terrestre è individuato dalle caratteristiche medie delle precipitazioni.

Al di là delle variazioni accidentali legate a singoli eventi o a particolari intervalli di tempo, si osserva che le caratteristiche medie delle precipitazioni si mantengono abbastanza costanti al trascorrere del tempo.

Le principali caratteristiche quantitative di un regime pluviometrico dipendono da diversi fattori. La conoscenza dell'effetto che questi esercitano sulle quantità di precipitazione è importante per comprendere il regime delle piogge di una regione. Questa conoscenza è inoltre particolarmente utile nel caso in cui si analizzi una zona per la quale non sono a disposizione osservazioni dirette.

I principali fattori che influenzano il regime pluviometrico sono la latitudine, la distanza dalla sorgente di umidità e le caratteristiche orografiche.

La latitudine è, da un punto di vista generale, il più importante di questi fattori. A causa della differenza di irraggiamento solare, alla quale è dovuta l'intera circolazione atmosferica terrestre, l'evaporazione è maggiore nelle regioni equatoriali, che ricevono più calore, che nelle regioni polari, che ne ricevono di meno. Di conseguenza le precipitazioni diminuiscono man mano che si procede dall'equatore verso i poli. In linea del tutto generale, si può dire che il valor medio del totale annuo di precipitazione è di 3000 mm a 0° di latitudine, di 2410 mm a 20°, di 900 mm a 40° e di 320 mm a 80° [1]. La diminuzione del

totale annuo è dovuto sia a una diminuzione dell'intensità media di pioggia sia a una diminuzione della durata totale dei periodi in cui piove. Le ore di pioggia in un anno, che non sono mai più di 1000, in Italia scendono a non più di 400 – 500 [1].

Se a livello continentale, l'Europa si colloca nella zona di transizione tra regime pluviometrico sub-tropicale e regime delle medie latitudini (zone con climi temperati e precipitazioni annue che raramente superano i 1000 mm), il Piemonte subisce da S l'influsso del mar Mediterraneo e da N l'influsso della massa continentale, generando così un regime pluviometrico di tipo sub-litoraneo alpino (con precipitazioni che registrano un massimo principale in autunno e uno secondario in primavera, con un minimo principale in inverno).

La Val Cenischia, così come l'intera Val di Susa e la Valle d'Aosta, sono aree nelle quali, principalmente a causa dell'orografia, la quantità di precipitazioni annue è mediamente molto inferiore della media italiana. Se quest'ultima, infatti, si aggira sui 970 mm annui, la precipitazione annua in Val Cenischia supera di rado i 700 mm annui attestandosi mediamente sui 500.

La quantità di precipitazione diminuisce al crescere della distanza dalla sorgente di umidità. Per questa ragione le precipitazioni sono più abbondanti lungo le coste esposte ai venti carichi di umidità che non all'interno dei continenti, dove le masse d'aria arrivano più asciutte, dopo aver perso una parte del loro contenuto d'acqua [1].

L'orografia di una regione esercita un'influenza determinante sul suo regime pluviometrico. L'aria, innalzandosi al di sopra delle montagne, si raffredda. Al raffreddamento si accompagnano la condensazione del vapore acqueo e le precipitazioni, che a causa della loro origine si dicono, appunto, orografiche.

Un primo effetto della dipendenza delle precipitazioni dal rilievo è l'aumento dei totali di precipitazione con l'altitudine. E' da notare però che non ci si deve attendere che le precipitazioni crescano indefinitamente con l'altitudine: è possibile che, una volta raggiunto un massimo a una certa quota (quota di "ottimo pluviale"), per ulteriori aumenti di quota ritornino a valori più bassi, semplicemente perché le masse d'aria ascendenti hanno ormai perso la maggior parte del loro contenuto di umidità.

Quando, nella descrizione della stazione pluviometrica di Moncenisio – Lago, si è affermato di non avere la certezza della applicabilità dei dati relativi a tale stazione, lo si è motivato imputando all'orografia le differenze tra i regimi pluviometrici nel versante francese e in quello italiano. Un esempio emblematico di tale diversità è la quota di ottimo pluviale, che in Francia è posta tra i 2000 e i 3000 m, mentre nelle Alpi Occidentali si aggira intorno ai 600-700 m.

Un fenomeno analogo si verifica anche per le precipitazioni massime giornaliere: nell'Italia settentrionale, per esempio, le precipitazioni giornaliere più elevate si osservano, mediamente, alla quota di 800-1000 m [1]. E' inoltre il caso di ricordare che l'altitudine influenza non solo la quantità ma anche il tipo di precipitazione, che a una certa quota, variabile da zona a zona, sopra tutto in dipendenza della latitudine, si trasforma da pioggia in neve. Le precipitazioni nevose costituiscono una parte delle precipitazioni totali che cresce al crescere dell'altitudine, passando dal 10% alla quota di 500 m all'85% alla quota di 3000 m. Infine, osserviamo che l'effetto dell'altitudine può essere molto debole nel caso di montagne isolate, che non producono un sostanziale innalzamento delle masse d'aria, perché vengono facilmente aggirate. Un secondo importante effetto esercitato sulle precipitazioni dal rilievo è quello di diminuire le quantità di pioggia nelle zone che si trovano al riparo dalle catene montuose, rispetto alla direzione da cui provengono le masse d'aria cariche di umidità. Le masse d'aria, sollevandosi e raffreddandosi, producono precipitazioni sul versante esposto al vento e precipitazioni molto minori, o addirittura nessuna precipitazione, sul versante opposto, lungo in quale discendono riscaldandosi (effetto föhn) e dopo aver perso una parte del loro carico d'acqua. Poiché l'acqua comincia a sollevarsi un po' prima di aver raggiunto il piede delle montagne e comincia a ridiscendere un po' dopo aver superato il crinale, la zona interessata da precipitazioni abbondanti può estendersi alla pianura posta di fronte al rilievo e alle parti più alte del versante riparato.

Quando i venti che portano le piogge spirano alternativamente da opposte direzioni la stagione asciutta di un versante corrisponde alla stagione piovosa del versante opposto e

viceversa. Quando invece i venti che portano le piogge spirano sempre dalla stessa direzione si ha una netta differenza tra i due versanti, con clima poco piovoso su quello riparato.

Tutte le considerazioni appena esposte possono fornire un quadro d'insieme delle caratteristiche pluviometriche della Val Cenischia:

- essendo la valle circondata da un sistema montuoso molto pronunciato e molto articolato, può facilmente prodursi un innalzamento delle masse d'aria e difficilmente il bacino può essere aggirato dalle precipitazioni;
- essendo una zona che si trova al riparo dalle catene montuose, può verificarsi una consistente diminuzione delle quantità di pioggia soprattutto se le masse d'aria cariche di umidità provengono da N o da W;
- spesso, nel periodo invernale, il clima della Val Cenischia e della Valle di Susa è fortemente mitigato dalla presenza del föhn, che spesso scioglie le nevi cadute a Venaus o a Susa (mentre ad esempio da Avigliana a Torino, dove l'energia del föhn è molto diminuita, il manto nevoso permane per settimane). Il rovescio della medaglia è che molto spesso il föhn dura diversi giorni con raffiche di inaudita violenza che spesso -come è successo nel Febbraio 2005- causano problemi di ordine pubblico con necessità di intervento della Protezione Civile (i pericoli vanno dallo scoperchiamento dei tetti con conseguente caduta di tegole dall'alto alla presenza di rami e oggetti metallici nelle sedi stradali);
- visto e considerato che nell'ambito dell'analisi anemometrica si è verificata la presenza di una stagionalità dei venti (in inverno provenienti principalmente da N-W e in estate principalmente da S-E), è possibile affermare che nel periodo invernale le precipitazioni sono piuttosto scarse rispetto a quanto avviene nel versante francese.

Le osservazioni qui dedotte saranno più approfonditamente motivate nei paragrafi successivi e opportunamente corredate da dati oggettivi.

3.7. Le analisi elementari delle osservazioni pluviometriche

Le osservazioni pluviometriche sono pubblicate, o comunque rese disponibili, come si è visto, in una forma che costituisce già una elaborazione e una sintesi delle elaborazioni digitali, contenute nei registri delle stazioni e nei pluviogrammi. Dalle osservazioni pubblicate si possono ricavare, con alcune semplicissime elaborazioni ulteriori, delle utili sintesi descrittive del regime pluviometrico di una stazione, con cui si delineano le principali caratteristiche climatiche e idrologiche dell'area oggetto di studio.

Per quanto riguarda i totali annui dell'altezza di precipitazione si forniscono il valore medio, i valori estremi (massimo e minimo) ed eventualmente lo scarto quadratico medio. Naturalmente la significatività di questi valori aumenta all'aumentare della lunghezza della serie di anni considerata. Delle verifiche effettuate per stazioni per cui sono disponibili lunghe serie di osservazioni hanno mostrato che lo scarto tra le medie ricavate da serie parziali è poco superiore all'8% rispetto alla media ricavata dall'intero periodo per serie di 10 anni, poco più del 3% per una serie di 20 anni e poco più del 2% per serie di 30 anni. Un periodo di osservazione di 20-30 anni è dunque del tutto sufficiente a fornire un'ottima stima del valor medio del totale annuo di precipitazione. Dei totali annui è anche molto utile dare una rappresentazione grafica in forma di diagramma cronologico, che permette di farsi immediatamente e intuitivamente un'idea del modo con cui la grandezza varia e del succedersi di anni ricchi e poveri di pioggia.

Gli anni si possono classificare a seconda della quantità di precipitazione. Una volta ordinati i totali annui per ordine di grandezza crescente, si definiscono delle classi, corrispondenti ciascuna a un intervallo di valori del totale annuo. L'estremo inferiore della prima classe si assume uguale a zero, l'estremo superiore della prima classe coincidente con l'estremo inferiore della prima classe e così via. L'ampiezza delle classi si sceglie in modo che in ciascuna ricada una data percentuale del totale delle osservazioni. Una suddivisione comune è quella in cinque classi: anni molto secchi (15% delle osservazioni), secchi (20 % delle osservazioni), normali (30% delle osservazioni), umidi (20 % delle osservazioni) e molto umidi (15% delle osservazioni) [1].

Un altro modo di classificare gli anni in funzione della quantità di precipitazione è introdurre l'indice di umidità dell'anno, definito come il rapporto tra il totale annuo e la medie dei totali annui. La trasformazione delle osservazioni in rapporti adimensionali può facilitare anche i confronti tra stazioni diverse.

Negli Stati Uniti l'indice di umidità varia da un anno all'altro tra 0.6 e 1.6 per le stazioni soggette a clima umido, tra 0.4 e 2 per le stazioni soggette a clima desertico. Questi valori concordano bene con l'osservazione generale che il rapporto tra il massimo e il minimo valore del totale annuo è uguale a 2.5 per i climi temperati e a 5 per i climi desertici [1].

Come per i totali annui, anche per i totali mensili dell'altezza di precipitazione è molto utile la rappresentazione grafica dei dati in forma di diagramma cronologico; ciò permette di dare immediatamente e intuitivamente un'idea della distribuzione stagionale delle precipitazioni e della loro variabilità rispetto all'andamento medio. L'elaborazione più semplice che si esegue sui totali mensili di precipitazione consiste nel calcolo della media (Tab 3.4). Eventualmente si calcola anche lo scarto quadratico medio e si individuano il massimo e il minimo della precipitazione totale di ciascun mese. I risultati di queste semplici elaborazioni si presentano per mezzo di un istogramma, che costituisce una rappresentazione riassuntiva e immediata del regime pluviometrico della stazione considerata.

Tab. 3.4. Precipitazioni medie mensili nelle stazioni pluviometriche di riferimento

	Quota	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
Susa	500	39.8	43.1	63.6	92.2	92.4	62.9	34.0	52.6	65.7	92.8	82.6	53.7	775.4
Venaus	600	47.6	55.4	70.7	94.3	97.7	70.7	34.0	50.9	59.0	93.2	74.1	49.1	796.5
Scala	1760	45.5	48.2	56.9	83.4	113.3	94.0	53.3	74.5	91.8	99.7	80.1	58.9	899.7
Lago	2000	43.6	41.2	45.8	62.6	95.9	92.5	57.7	79.1	91.0	93.8	66.1	41.9	811.2
Chiomonte	800	63.5	68.6	90.8	116.1	108.8	81.3	39.3	53.8	71.2	106.3	99.1	83.2	981.8
Salbertrand	1031	42.3	53.6	63.6	83.0	85.0	60.9	34.3	51.1	60.6	85.9	70.6	58.2	749.1
Malciaussia	1810	54.3	59.2	81.0	128.0	159.1	127.6	63.4	83.9	92.1	130.4	100.8	64.9	1144.5

Per eseguire più agevolmente dei confronti tra stazioni diverse dal punto di vista della distribuzione delle precipitazioni nei diversi mesi dell'anno, si usa normalizzare la precipitazione media di ciascun mese rispetto a 1/12 della precipitazione media annua (Tab 3.5). Questo rapporto, definito coefficiente pluviometrico del mese, costituisce un indice di piovosità: nella pratica comune un mese si considera piovoso se ha un coefficiente pluviometrico maggiore di 0.6 e asciutto in caso contrario.

Tab. 3.5. Coefficiente pluviometrico del mese per le stazioni di riferimento

	Quota	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
Susa	500	0.6	0.7	1.0	1.4	1.4	1.0	0.5	0.8	1.0	1.4	1.3	0.8	64.6
Venaus	600	0.7	0.8	1.1	1.4	1.5	1.1	0.5	0.8	0.9	1.4	1.1	0.7	66.4
Scala	1760	0.6	0.6	0.8	1.1	1.5	1.3	0.7	1.0	1.2	1.3	1.1	0.8	75.0
Lago	2000	0.6	0.6	0.7	0.9	1.4	1.4	0.9	1.2	1.3	1.4	1.0	0.6	67.6
Chiomonte	800	0.8	0.8	1.1	1.4	1.3	1.0	0.5	0.7	0.9	1.3	1.2	1.0	81.8
Salbetrand	1031	0.7	0.9	1.0	1.3	1.4	1.0	0.5	0.8	1.0	1.4	1.1	0.9	62.4
Malciaussia	1810	0.6	0.6	0.8	1.3	1.7	1.3	0.7	0.9	1.0	1.4	1.1	0.7	95.4

Le elaborazioni più semplici eseguite sulle precipitazioni giornaliere consistono nella determinazione del numero di giorni piovosi di ciascun mese e dell'anno (per il Servizio Idrografico e Mareografico Italiano un giorno è considerato piovoso quando l'altezza di pioggia è di almeno 1 mm) e nell'individuazione dei massimi totali giornalieri per ciascun mese e dell'anno. La conoscenza di questi dati (che in Italia sono pubblicati annualmente insieme con le osservazioni) fornisce delle informazioni utili, anche se di prima approssimazione, sulla distribuzione temporale delle precipitazioni.

Osserviamo che l'attendibilità delle elaborazioni illustrate, come di tutte le altre elaborazioni di grandezze pluviometriche, dipende dalla precisione delle osservazioni, oltre che dalla loro abbondanza. Gli errori accidentali di misura dell'altezza di pioggia tendono a compensarsi al crescere della durata che si considera. Così il margine di errore, che è dell'ordine del 10-15% per un totale di pioggia giornaliero, si riduce al 4-5% per un totale mensile e al 2% per un totale annuo [1].

3.8. Applicazione dell'analisi dei massimi annuali sul bacino del T. Cenischia

Come già detto in precedenza, sono state considerate le stazioni pluviometriche interne al bacino (Susa - Pietrastretta, Venaus - Cornale, Moncenisio – Lago e Moncenisio – Scala) e alcune stazioni esterne al bacino che possono essere rappresentative di una certa porzione di bacino e migliorare quindi l'affidabilità dell'analisi statistica.

Si riportano a titolo di esempio le tabelle con i dati reperiti nella stazione pluviometrica di Susa – Pietrastretta (Tab. 3.6, Tab. 3.7).

Tab. 3.6. Massimi annuali di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12, 24 h

durata (h)	1	3	6	12	24
1962	14.4	23.4	41	70	118.6
1963	10	18.4	27.4	38.4	61
1964	14.6	26.6	49.4	63.4	68.6
1965	14	28.6	48.2	73.6	101.8
1966	10	18	27.6	34.8	44.8
1967					
1968					
1969	12	24	29	39.6	67
1970	20	36.6	37.6	37.8	44.4
1971	20	34.6	45.6	71.6	71.6
1972					
1973	20.6	32	36	55.6	72.4
1974	6.4	16.6	29.8	48.2	58.2
1975	14.6	29	36	45.2	55.4
1976	28.2	28.2	31.2	43	73
1977					
1978	10	20	32	56.4	61.2
1979					
1980					
1981					
1982	11.4	25	47	63	96
1959	14.6	19	36	50	74
1984					
1985	19.2	20.4	23.4	34.4	48.6
1986	11	15.4	28.4	54.8	70.6
1987	11.6	25.6	34.6	44	60.6
1988	19	27	27.4	29.4	45.8
1989	10	14.8	22.6	34.8	52.6
1990	5.6	12.2	20	27.8	47
1991	15.8	24.4	33	37.2	52.6

Tab. 3.7. Massimi annuali di precipitazione di durata 1, 2, 3, 4, 5 giorni consecutivi

durata (gg)	1	2	3	4	5
1962	118.6	184	216	271.4	303.4
1963					
1964	59	88	88	91.4	120
1965	78	104.8	104.8	104.8	104.8
1966	44.8	56.4	77.2	101.4	103.6
1967	25	25	26.4	29.6	29.6
1968	59	92.8	118.6	140.6	160.6
1969	60.4	87	93.6	100	107.4
1970					
1971	86.8	88	102.2	102.2	102.2
1972					
1973					
1974	50.4	73.6	82.6	89.6	93.4
1975					
1976	62	105.2	147.6	177.4	220.6
1977					
1978	71.8	99.8	144.8	163.6	173
1979					
1980					
1981					
1982					
1983	39.4	51.4	57.2	57.6	57.6
1984					
1985	44	73	79.4	95.6	95.6
1986	60.4	92.8	96.6	98.6	98.6
1987					
1988	31.6	46.4	58.8	75.6	80.4
1989	49.4	73	73	74.8	77.2
1990	37	56.2	64.8	73	73
1991					

Scelta della distribuzione di probabilità

Lo scopo dell'elaborazione è quello di determinare le curve di possibilità climatica con un tempo di ritorno T di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il massimo annuale h dell'altezza di precipitazione con durata t è considerato come una variabile casuale, pertanto si rende necessario scegliere un tipo di legge probabilistica che si presti bene a interpolare le osservazioni, ed appare più ragionevole scegliere lo stesso tipo di legge per tutte e 10 le durate.

Le leggi di probabilità che per esperienza meglio rappresentano il problema fisico in questione sono la distribuzioni di Gumbel, la distribuzione lognormale e la distribuzione Gamma a due parametri, le cui espressioni sono riportate qui di seguito.

Distribuzione di Gumbel

$$p(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x-u))) \quad (3.1)$$

I parametri α e u sono legati alla media $\mu(x)$ e allo scarto quadratico medio $\sigma(x)$ dalle relazioni

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma(x)} \quad (3.2)$$

$$u = \mu(x) - 0.450 \sigma(x). \quad (3.3)$$

Distribuzione lognormale a due parametri

La distribuzione lognormale è caratterizzata dal fatto che a seguire la legge normale non è la variabile originaria x , ma il suo logaritmo

$$y = \ln(x) \quad (3.4)$$

La distribuzione della x è limitata inferiormente e ha come limite zero. La funzione di probabilità è, indicando con $\mu(y)$ e $\sigma(y)$ la media e lo scarto quadratico medio della variabile trasformata y .

$$p(x) = p(y) = \int_{-\infty}^y \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(y)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{y-\mu(y)}{\sigma(y)}\right]^2\right\} dy. \quad (3.5)$$

La media e lo scarto quadratico medio della variabile trasformata y sono legati alla media e alla varianza della variabile originaria x dalle relazioni

$$\mu(y) = \ln \mu(x) - \frac{1}{2} \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)} \right], \quad (3.6)$$

$$\sigma^2(y) = \ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)} \right]. \quad (3.7)$$

Poiché la variabile y è distribuita normalmente ci si può ricondurre alla variabile gaussiana standardizzata u per mezzo della trasformazione

$$u = a y + b. \quad (3.8)$$

I parametri a e b sono forniti dalle espressioni

$$a = \frac{1}{\sqrt{\ln \left[1 + \frac{\sigma^2(x)}{\mu^2(x)} \right]}}, \quad (3.9)$$

$$b = \frac{1}{2a} - a \ln \mu(x). \quad (3.10)$$

Distribuzione Gamma a due parametri

Per $\alpha=0$, la funzione gamma $\Gamma(\alpha)$ è definita dall'espressione

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx. \quad (3.11)$$

La proprietà più importante di questa distribuzione è che, per ogni numero intero positivo n , la funzione $\Gamma(n)$ vale $(n+1)!$.

Una variabile casuale x presenta una distribuzione Gamma se la funzione di densità di probabilità è la seguente:

$$\begin{cases} x \geq 0 \Rightarrow p(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \\ x < 0 \Rightarrow p(x, \alpha, \beta) = 0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Dove i parametri α e β soddisfano la condizione $\alpha > 0$, $\beta > 0$.

La distribuzione gamma standard (o incompleta), presenta $\beta=1$.

La media e la varianza di una variabile casuale x avente distribuzione gamma $p(x, \alpha, \beta)$, sono così definiti:

$$\mu(x) = \alpha\beta; \quad (3.13)$$

$$\sigma^2(x) = \alpha\beta^2. \quad (3.14)$$

Pertanto, se si conoscono media e varianza del campione casuale, si possono ottenere i parametri della distribuzione Gamma a due parametri risolvendo le seguenti espressioni:

$$\alpha(x) = \frac{\mu(x)^2}{\sigma(x)^2} ; \quad (3.15)$$

$$\beta(x) = \frac{\sigma(x)^2}{\mu(x)}. \quad (3.16)$$

La stima dei parametri delle distribuzioni per ciascuna durata avviene mediante l'utilizzo del metodo dei momenti. Indicando con h il massimo annuale dell'altezza di pioggia considerata, si calcola innanzitutto la media aritmetica $m(h)$ e lo scarto quadratico medio $s(h)$ del campione con le formule usuali (nelle quali N è la dimensione del campione).

$$m(h) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i \quad (3.17)$$

$$s(h) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [h_i - m(h)]^2} \quad (3.18)$$

Assumiamo quindi la media $m(h)$ e lo scarto quadratico medio $s(h)$ del campione come stime della media $\mu(h)$ e dello scarto quadratico medio $\sigma(h)$ della popolazione.

Si ricavano quindi i parametri $\mu(h)$ e $\sigma(h)$ della distribuzione lognormale, i parametri α e u della distribuzione di Gumbel e i parametri α e β della Gamma a due parametri.

Vengono riportate le tabelle relative alla valutazione dei momenti dei campioni e alle stime dei parametri delle tre distribuzioni per ogni stazione pluviometrica considerata (Tabb. 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13).

Tab. 3.8. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Susa – Pietrastretta

Durata (h)	1	3	6	12	24
m(h)	14.23	23.63	33.78	47.86	65.72
Var(h)	28.12	42.36	69.95	193.16	369.44
s(h)	5.30	6.51	8.36	13.90	19.22
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.59	3.13	3.49	3.83	4.14
$\sigma(y)$	0.36	0.27	0.24	0.28	0.29
Distribuzione di Gumbel					
α	0.2420	0.1971	0.1534	0.0923	0.0668
U	11.84	20.70	30.02	41.61	57.07
Distribuzione Gamma					
α	7.20	13.18	16.32	11.86	11.69
β	1.98	1.79	2.07	4.04	5.62

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	57.51	82.20	95.98	108.66	117.71
Var(h)	512.03	1194.68	1886.57	3045.88	4283.45
s(h)	22.63	34.56	43.43	55.19	65.45
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	3.98	4.33	4.47	4.57	4.63
$\sigma(y)$	0.38	0.40	0.43	0.48	0.52
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0567	0.0371	0.0295	0.0232	0.0196
U	47.32	66.65	76.43	83.82	88.25
Distribuzione Gamma					
α	6.46	5.66	4.88	3.88	3.23
β	8.90	14.53	19.66	28.03	36.39

Tab. 3.9. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Venaus – Cornale

Durata (h)	1	3	6	12	24
m(h)	16.09	23.92	33.99	50.74	72.05
var(h)	73.99	98.49	164.31	472.58	1109.37
s(h)	8.60	9.92	12.82	21.74	33.31
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.65	3.10	3.46	3.84	4.18
$\sigma(y)$	0.50	0.40	0.36	0.41	0.44
Distribuzione di Gumbel					
α	0.1492	0.1293	0.1001	0.0590	0.0385
U	12.22	19.45	28.22	40.96	57.06
Distribuzione Gamma					
α	3.50	5.81	7.03	5.45	4.68
β	4.60	4.12	4.83	9.31	15.40

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	65.49	94.46	112.68	124.01	133.28
var(h)	1443.36	2730.15	4310.34	5798.31	6621.27
s(h)	37.99	52.25	65.65	76.15	81.37
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	4.04	4.41	4.58	4.66	4.73
$\sigma(y)$	0.54	0.52	0.54	0.57	0.56
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0338	0.0246	0.0195	0.0168	0.0158
U	48.39	70.94	83.13	89.75	96.66
Distribuzione Gamma					
α	2.97	3.27	2.95	2.65	2.68
β	22.04	28.90	38.25	46.76	49.68

Tab. 3.10. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Moncenisio - Lago

Durata (h)	1	3	6	12	24
m(h)	12.95	25.39	35.36	47.27	63.21
Var(h)	24.24	61.30	124.68	129.87	362.54
s(h)	4.92	7.83	11.17	11.40	19.04
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.49	3.19	3.52	3.83	4.10
$\sigma(y)$	0.37	0.30	0.31	0.24	0.29
Distribuzione di Gumbel					
α	0.2606	0.1639	0.1149	0.1126	0.0674
U	10.74	21.87	30.34	42.14	54.64
Distribuzione Gamma					
α	6.92	10.52	10.03	17.21	11.02
β	1.87	2.41	3.53	2.75	5.74

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	56.92	76.80	86.65	92.98	97.49
Var(h)	342.01	698.66	1024.83	1413.83	1633.86
s(h)	18.49	26.43	32.01	37.60	40.42
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	3.99	4.29	4.40	4.46	4.50
$\sigma(y)$	0.32	0.33	0.36	0.39	0.40
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0694	0.0485	0.0401	0.0341	0.0317
U	48.60	64.91	72.24	76.06	79.30
Distribuzione Gamma					
α	9.47	8.44	7.33	6.12	5.82
β	6.01	9.10	11.83	15.20	16.76

Tab. 3.11. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Moncenisio - Scala

Durata (h)	1	3	6	12	24
M(h)	16.46	25.20	32.75	43.66	58.58
var(h)	50.49	71.45	80.66	113.20	230.07
S(h)	7.11	8.45	8.98	10.64	15.17
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.72	3.17	3.45	3.75	4.04
$\sigma(y)$	0.41	0.33	0.27	0.24	0.25
Distribuzione di Gumbel					
α	0.1806	0.1518	0.1429	0.1206	0.0846
U	13.27	21.40	28.71	38.88	51.75
Distribuzione Gamma					
α	5.37	8.89	13.30	16.84	14.91
β	3.07	2.84	2.46	2.59	3.93

Durata (gg)	1	2	3	4	5
M(h)	50.56	67.76	76.48	85.10	91.38
var(h)	207.02	505.95	773.17	1049.26	1199.00
S(h)	14.39	22.49	27.81	32.39	34.63
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	3.88	4.16	4.27	4.38	4.45
$\sigma(y)$	0.28	0.32	0.35	0.37	0.37
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0892	0.0570	0.0461	0.0396	0.0371
U	44.08	57.63	63.97	70.52	75.80
Distribuzione Gamma					
α	12.35	9.07	7.56	6.90	6.96
β	4.09	7.47	10.11	12.33	13.12

Tab. 3.12. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Chiomonte - Finiere

Durata (h)	1	3	6	12	24
M(h)	13.10	24.75	36.86	53.28	76.08
Var(h)	44.43	71.52	207.19	574.37	1091.84
S(h)	6.67	8.46	14.39	23.97	33.04
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.46	3.15	3.54	3.88	4.25
$\sigma(y)$	0.48	0.33	0.38	0.43	0.42
Distribuzione di Gumbel					
α	0.1925	0.1517	0.0891	0.0535	0.0388
U	10.10	20.94	30.38	42.49	61.21
Distribuzione Gamma					
α	3.86	8.56	6.56	4.94	5.30
β	3.39	2.89	5.62	10.78	14.35

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	70.95	101.53	119.65	128.44	136.46
Var(h)	1666.75	3619.17	6143.15	8240.92	10231.82
s(h)	40.83	60.16	78.38	90.78	101.15
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	4.12	4.47	4.61	4.65	4.70
$\sigma(y)$	0.53	0.55	0.60	0.64	0.66
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0314	0.0213	0.0164	0.0141	0.0127
U	52.58	74.45	84.38	87.59	90.94
Distribuzione Gamma					
α	3.02	2.85	2.33	2.00	1.82
β	23.49	35.65	51.34	64.16	74.98

Tab. 3.13. Momenti del campione e stime dei parametri per la stazione di Salbertrand

Durata (h)	1	3	6	12	24
M(h)	13.84	20.30	28.31	44.44	64.24
var(h)	29.69	29.80	62.69	244.08	438.79
S(h)	5.45	5.46	7.92	15.62	20.95
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	2.56	2.98	3.31	3.74	4.11
$\sigma(y)$	0.38	0.26	0.27	0.34	0.32
Distribuzione di Gumbel					
α	0.2355	0.2350	0.1620	0.0821	0.0612
U	11.39	17.84	24.75	37.41	54.82
Distribuzione Gamma					
α	6.45	13.82	12.79	8.09	9.41
β	2.14	1.47	2.21	5.49	6.83

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	67.31	96.66	114.07	124.76	128.06
var(h)	788.14	2337.07	3823.31	5115.84	5531.59
s(h)	28.07	48.34	61.83	71.53	74.37
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	4.13	4.46	4.61	4.68	4.71
$\sigma(y)$	0.40	0.47	0.51	0.53	0.54
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0457	0.0265	0.0207	0.0179	0.0173
U	54.67	74.91	86.25	92.57	94.59
Distribuzione Gamma					
α	5.75	4.00	3.40	3.04	2.96
β	11.71	24.18	33.52	41.01	43.19

Oltre alle tabelle fin qui presentate, viene riportata anche quella relativa alle precipitazioni registrate nella stazione di Malciaussia (Tab. 3.14), posta sul versante nord del M. Rocciamelone. In un primo momento si è pensato di attribuire alle osservazioni di questa stazione un peso nella determinazione delle curve di possibilità climatiche; tuttavia l'analisi statistica condotta anche in questa stazione ha evidenziato una notevole differenza climatica che rendeva errata l'inclusione di questa stazione tra quelle pertinenti al bacino del Cenischia.

Inoltre, relativamente a questa stazione, non sono stati registrati, se non saltuariamente, dati relativi alle precipitazioni con durata inferiore alle 24 ore, il che fa sì che la stazione non avrebbe comunque potuto avere un peso nella determinazione della porzione più importante della curva di possibilità pluviometrica, ovvero quella relativa alle durate di precipitazioni comprese tra 1 e 24 h.

Tab. 3.14. Momenti del campione e parametri delle distribuzioni per la stazione di Malciaussia

Durata (gg)	1	2	3	4	5
m(h)	78.60	126.09	141.32	160.49	168.70
Var(h)	1680.14	6205.60	5724.55	7939.05	8591.41
s(h)	40.99	78.78	75.66	89.10	92.69
Distribuzione lognormale					
$\mu(y)$	4.24	4.67	4.83	4.94	5.00
$\sigma(y)$	0.49	0.57	0.50	0.52	0.51
Distribuzione di Gumbel					
α	0.0313	0.0163	0.0170	0.0144	0.0138
U	60.16	90.64	107.27	120.39	126.99
Distribuzione Gamma					
α	3.68	2.56	3.49	3.24	3.31
β	21.37	49.22	40.51	49.47	50.93

3.9. Correlazioni tra i massimi di precipitazione e l'altitudine

Prima di procedere alla scelta della distribuzione che meglio approssima le altezze di pioggia in funzione delle precipitazioni, si è cercato di valutare se esistesse una qualche correlazione tra l'altitudine della stazione e l'intensità di pioggia.

E' risaputo che esiste un legame stretto, alterabile da condizioni quali i venti o la disposizione dei rilievi, tra le precipitazioni annue e la quota topografica; sulle Alpi italiane, in particolare, si è evidenziato un massimo (quota di ottimo pluviale) posta all'incirca agli 800 m di quota e lo scemare delle precipitazioni al di sopra dei 2000 m.

Si vuole invece verificare se è possibile un legame, almeno nell'ambito della Val Cenischia, tra le intensità di precipitazioni e la quota topografica.

Per far ciò si è creata una tabella che riporta, per ogni stazione e per ogni tempo di pioggia – compreso tra 1 e 24 ore – il valore medio tra i massimi annuali presenti in tabelle simili alla 3.4.

I dati presenti in tabella sono stati successivamente riportati in un grafico dove, in assi bilogaritmici, è presente sulle ascisse la durata di precipitazione e sulle ordinate l'altezza di pioggia; ad ogni stazione, inoltre, compete un simbolo differente (Fig. 3.1).

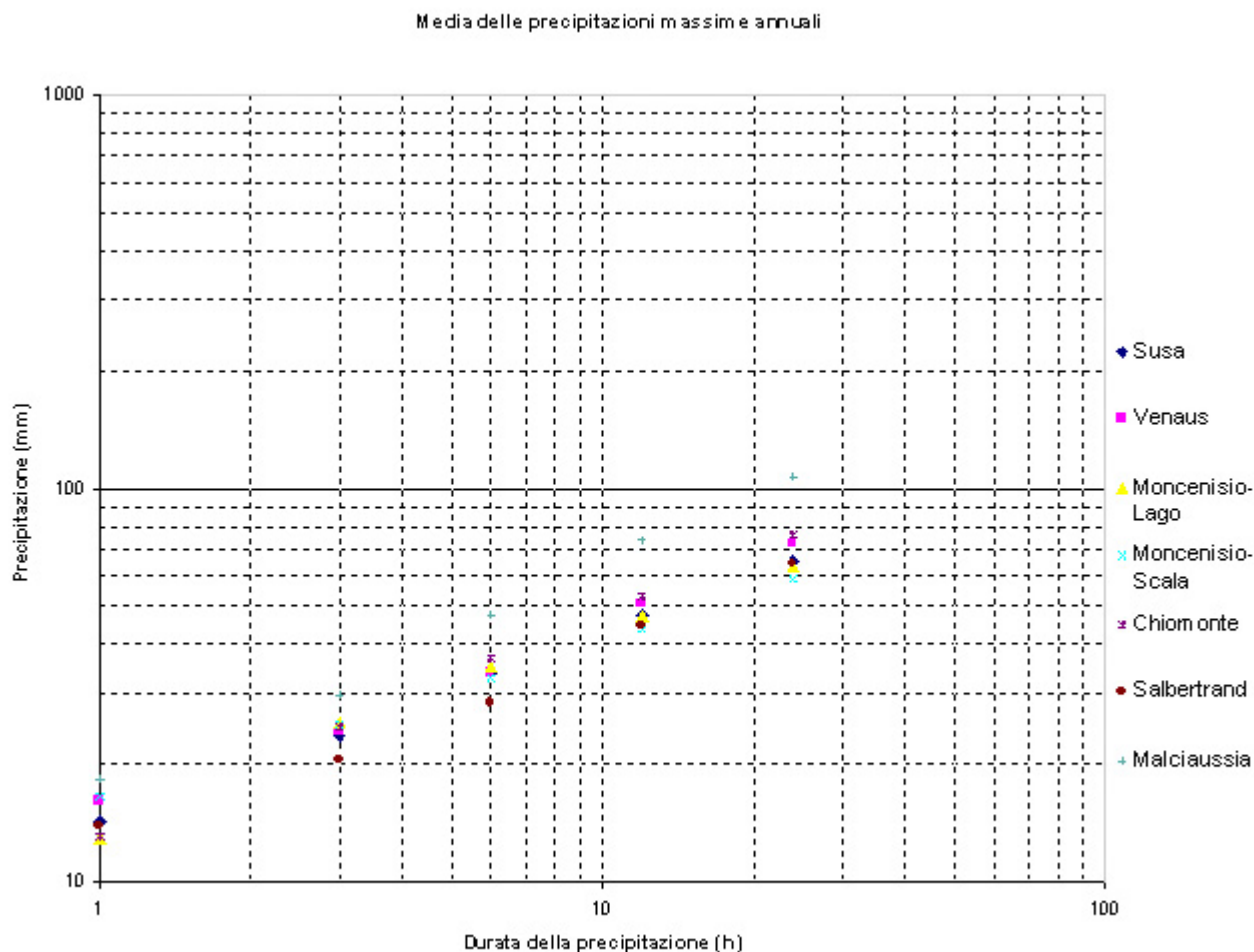


Fig. 3.1. Relazione tra media delle precipitazioni massime annuali e tempo di pioggia

Se nel grafico in Fig. 3.1. si fosse evidenziata una qualche sequenza ricorrente, al variare del tempo di pioggia, si sarebbe potuta cercare una qualche correlazione con l'altitudine; ciò però non avviene. Innanzitutto si nota come le stazioni di Chiomonte e di Salbertrand, esterne al bacino, presentino una estrema differenziazione pur essendo a pochi km dal bacino stesso. Infatti a Salbertrand si registrano valori quasi sempre minimi per qualsiasi durata, mentre a Chiomonte i valori sono quasi sempre massimi. In ogni caso i valori di precipitazione delle due stazioni non sono tali da estrometterne l'utilizzo, come avviene

invece per la stazione di Malciaussia, i cui dati sono completamente estranei a quelli della valle di Susa.

Provando a estromettere dal grafico le tre stazioni appena discusse, si ottiene un quadro più omogeneo (Fig. 3.2).

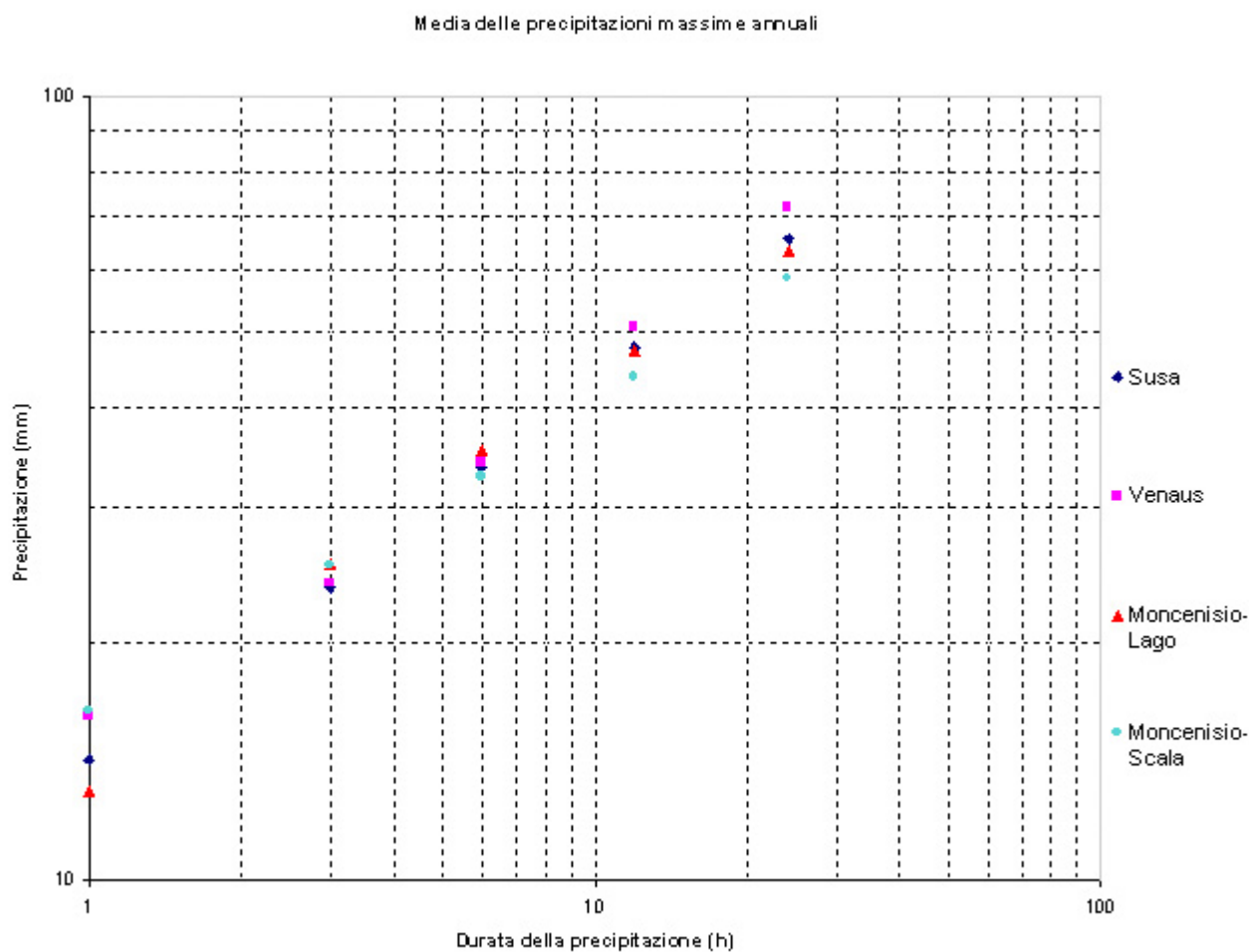


Fig. 3.2. Relazione tra media della precipitazione massima annuale e tempo di pioggia

Dal grafico in Fig. 3.2. ci si rende conto di come non esista una correlazione ben definita tra quota della stazione e intensità di precipitazione al variare della durata. La posizione della

stazione Moncenisio – Scala, ad esempio, è emblematica: massima intensità per durata di 1 h e minima intensità per tempo di pioggia di 24 h. Ciò potrebbe venire spiegato associando a tali dati anche quelli relativi alla stazione di Moncenisio – Lago: infatti, conoscendo i venti che spirano nella valle, ci si rende conto che le precipitazioni estive, solitamente quelle dove si verifica la precipitazione di intensità massima nel breve periodo, spesso provengono dalla bassa valle e, incontrando un ostacolo imponente quale la diga, si concentrano sopra la stazione pluviometrica della Scala aumentando, probabilmente, l'intensità di pioggia in quella stazione. Per durate maggiori, tuttavia, inizia a delinearsi un comportamento molto simile a quello descritto in paragrafo 3.6., ove si affermava che le precipitazioni giornaliere hanno un andamento che ricalca quello dei totali annui di precipitazione, con una quota di ottimo pluviale che va dagli 800 ai 1000 m.

Si nota, infatti, come per durate di 24 h ma anche di 12 h l'ordine si mantenga costante, e vede le due stazioni a quota più elevata (le due stazioni del Moncenisio, appunto) avere altezze di pioggia minime, la stazione di Susa a un livello intermedio e la stazione di Venaus avere la altezza di precipitazione massima.

Per valutare la correttezza di questa affermazione, conviene eseguire lo stesso tipo di approccio per le precipitazioni di durata superiore alle 24 h, ricordando sempre però come la precipitazione di 24 h si riferisca a un qualsiasi intervallo di 24 ore consecutive ed è misurato generalmente con un pluviometro a bascula, mentre le precipitazioni con durata di 1, 2, 3, 4, 5 giorni sono il risultato di misure effettuate generalmente alle ore 9 del mattino con pluviometro totalizzatore. Vi è una sostanziale differenza, quindi, nel tipo di grandezza misurata e nelle modalità di misura; queste differenze si vedono ponendo in grafico bilogarithmico sia le precipitazioni di durata inferiore alle 24 h che quelle di durata superiore: l'altezza di precipitazione relativa a 24 h è sempre maggiore (o al più uguale nel caso, più unico che raro, in cui la precipitazione inizi alle 9 del mattino e termini alle 9 del mattino dopo) a quella relativa a 1 giorno.

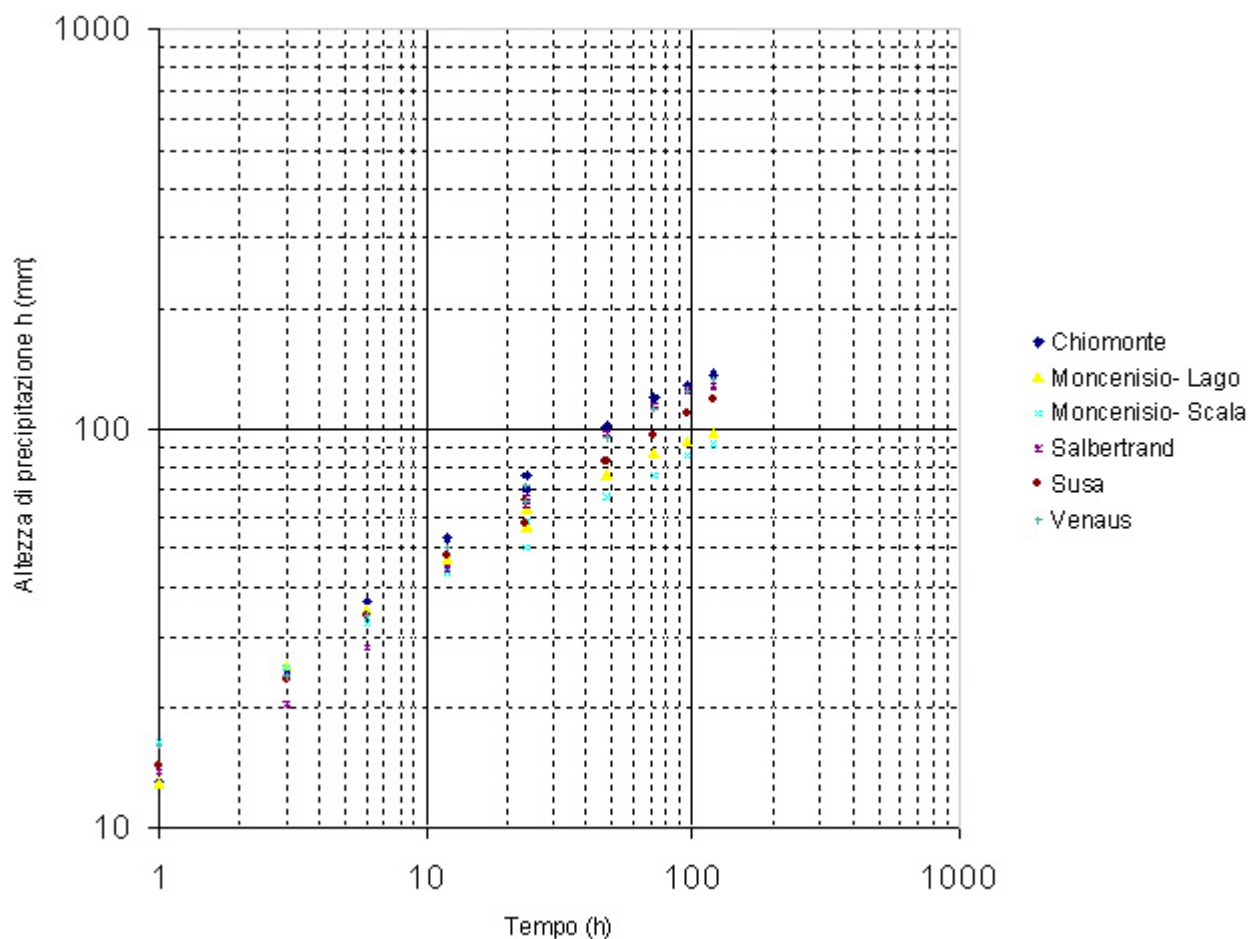


Fig. 3.3. Altezza di precipitazione in funzione del tempo per diverse stazioni

A questo scopo è necessario normalizzare i valori relativi ai diversi tempi di pioggia e alle diverse stazioni: si ottiene una quota di ottimo pluviale, corrispondente al valore 1 nella scala delle ordinate, posto a una quota di circa 800 m, quindi alla quota della stazione pluviometrica di Chiomonte. Si è reso inoltre necessario, dal momento che era evidente una non conformità nei valori relativi alle stazioni del Moncenisio, uniformare i due valori,

determinando una stazione intermedia fittizia a quota 1880 m. La non conformità è da attribuirsi, come già evidenziato nei precedenti paragrafi, all'orografia: la stazione di Moncenisio – Lago è sullo spartiacque tra il versante francese e quello italiano, e quindi risente meno della presenza dei rilievi (di conseguenza le precipitazioni medie sono di entità maggiore). Al contrario, la stazione di Moncenisio – Scala, risente, nelle precipitazioni di più giorni come quelle analizzate, della presenza di un rilievo di 300 m (comprensivo della “Gran Scala” e dello sbarramento del serbatoio del Moncenisio) che impedisce il rilevamento di una parte delle precipitazioni in arrivo da N-W. Considerando che la gran parte delle precipitazioni di più giorni (di stagionalità autunnale) proviene proprio da N-W, l'errore introdotto da fattori locali in questo caso era troppo elevato, e si è reso necessario ricorrere alla semplificazione sopra citata.

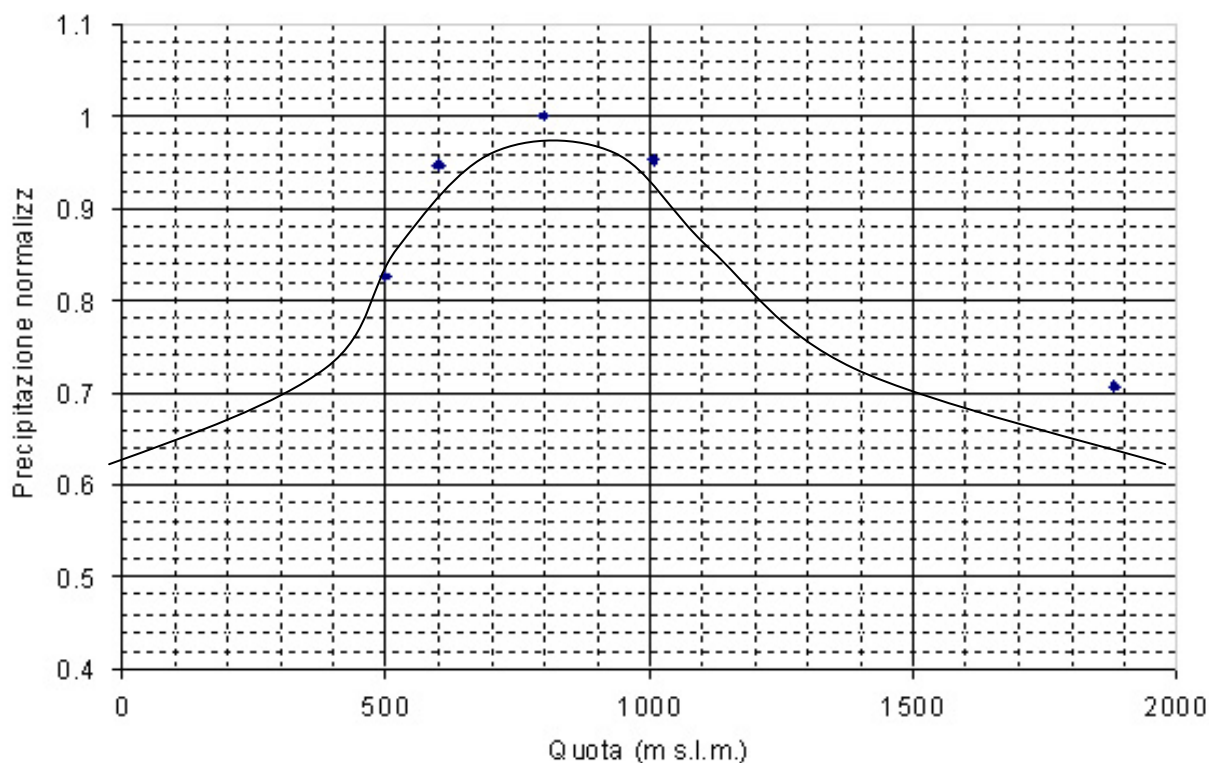


Fig. 3.4. Analisi della quota di ottimo pluviale nelle precipitazioni di più giorni

In definitiva, dal momento che il bacino ha una estensione areale limitata (ed evidentemente esso ha tempo di corrivazione inferiore a 12 ore), si evince che non è possibile utilizzare alcuna correlazione tra intensità di pioggia critica e quota topografica. Ne deriva che sia più opportuno uniformare i dati relativi alle diverse stazioni; in questo modo gli errori (causati dal trascurare le possibili differenze climatiche, non modellizzabili, tra una stazione e l'altra), sono molto minori a quelli indotti dall'insufficienza del campionamento di ciascuna stazione. In pratica, anzichè avere 25 dati relativi a cinque stazioni, si ha una sola stazione con 125 dati.

Test di Pearson

Il test di Pearson, detto del χ^2 , ha lo scopo di determinare quale sia la distribuzione che meglio descrive il comportamento dei massimi annuali di precipitazione.

Le distribuzioni utilizzate, descritte in paragrafo 3.8., sono la distribuzione lognormale, la distribuzione di Gumbel e la distribuzione Gamma.

Come già detto, a causa dell'impossibilità di correlare quota topografica e precipitazioni per tempi di pioggia inferiori a 12 ore, si è scelto di utilizzare i dati di pioggia di tutte le stazioni pertinenti al bacino come se essi fossero relativi ad un'unica stazione. In questo modo viene limitato l'errore dovuto alla scarsità di dati a disposizione per ogni stazione.

Vengono ora riportati in alcune tabelle (Tab. 3.15 e seguenti) i parametri del campione così ottenuto, e i parametri delle tre distribuzioni da essi ricavati per ogni tempo di pioggia, associandoli al grafico (Fig. 3.5 e seguenti) che mostra la distribuzione di probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni.

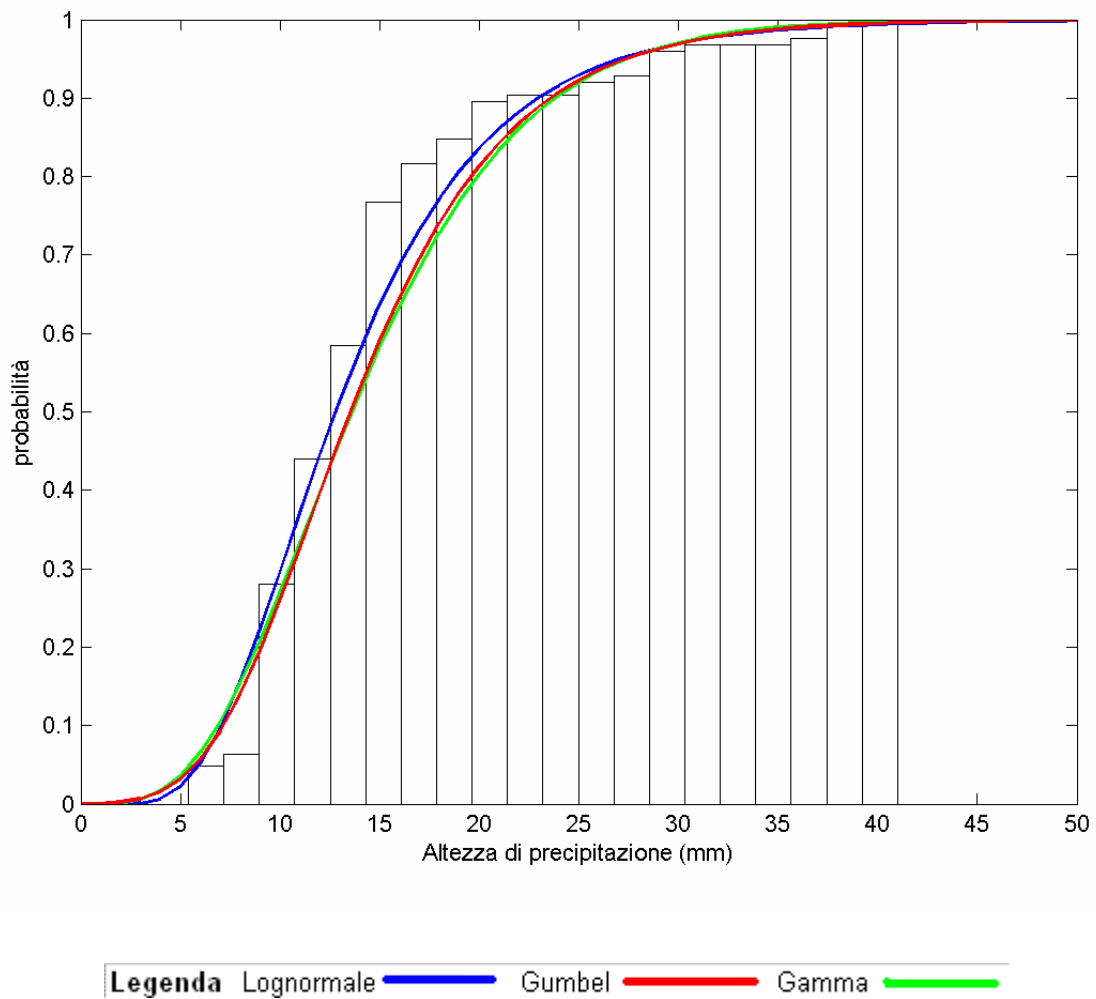


Fig. 3.5. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per tempo di pioggia di 1 h

Tab. 3.15. Parametri per tempo di pioggia di 1 h

Campione	
MEDIA	14.67223
VAR	46.56977
SQM	6.824205

Lognormale	
μ	2.588039
σ	0.442534

Gumbel	
α	0.188007
u	11.60134

Gamma	
α	4.622621
β	3.174007

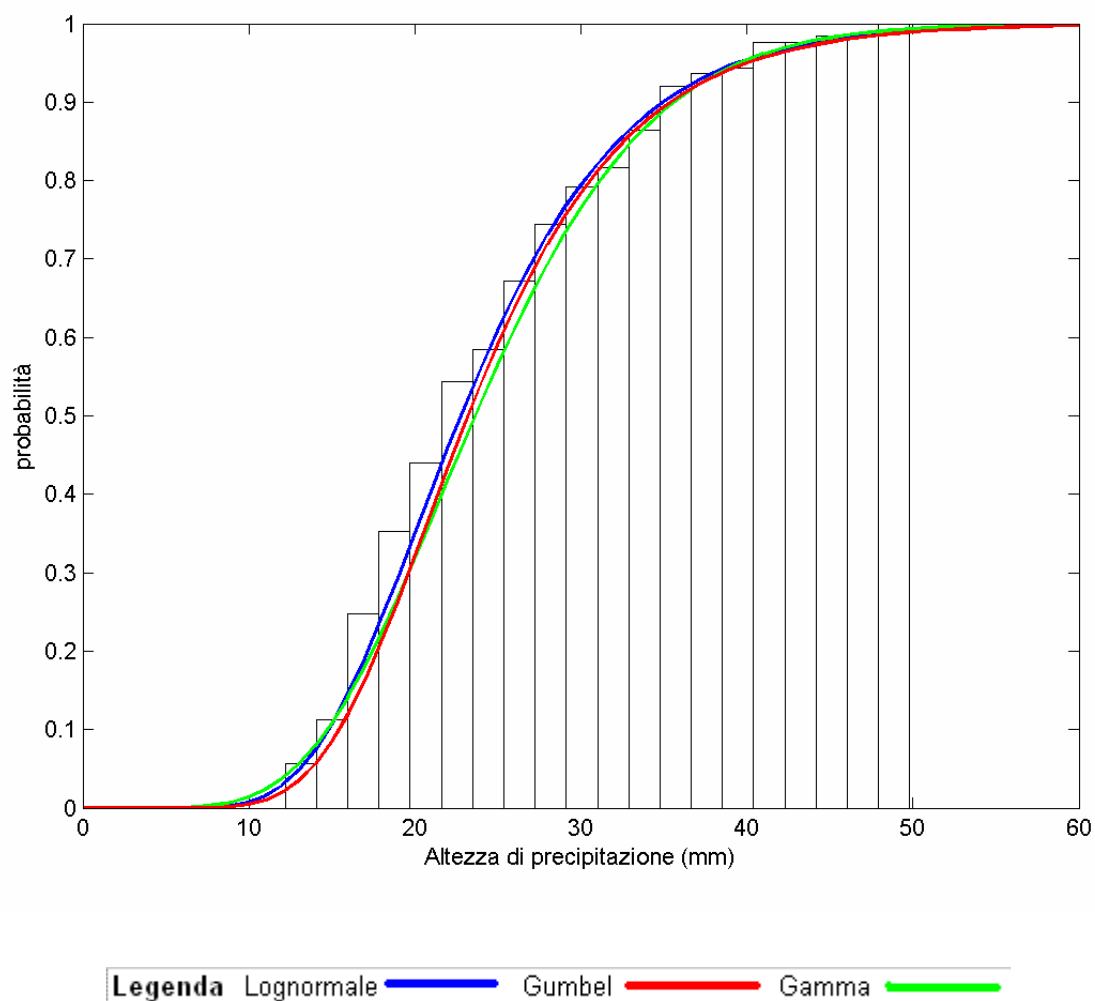


Fig. 3.6. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 3$ h

Tab. 3.16. Parametri per tempo di pioggia di 3 h

Campione	
MEDIA	24.5856
VAR	68.6485
SQM	8.285439

Lognormale	
μ	3.148375
σ	0.327982

Gumbel	
α	0.15485
u	20.85715

Gamma	
α	8.805024
β	2.792224

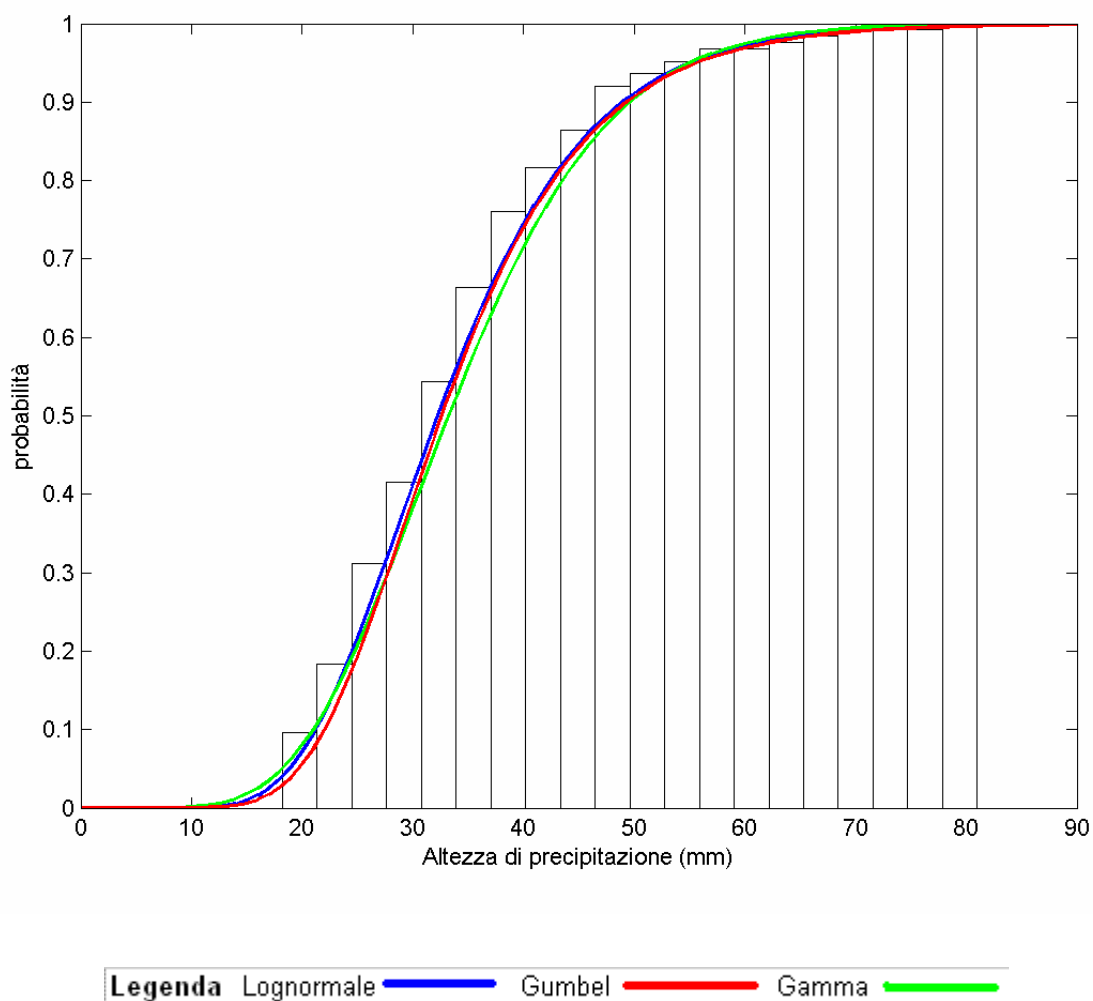


Fig. 3.7. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 6$ h

Tab. 3.17. Parametri per tempo di pioggia di 6 h

Campione	
MEDIA	34.5136
VAR	128.8918
SQM	11.35305

Lognormale	
μ	3.489983
σ	0.320532

Gumbel	
α	0.113009
u	29.40473

Gamma	
α	9.24177
β	3.734523

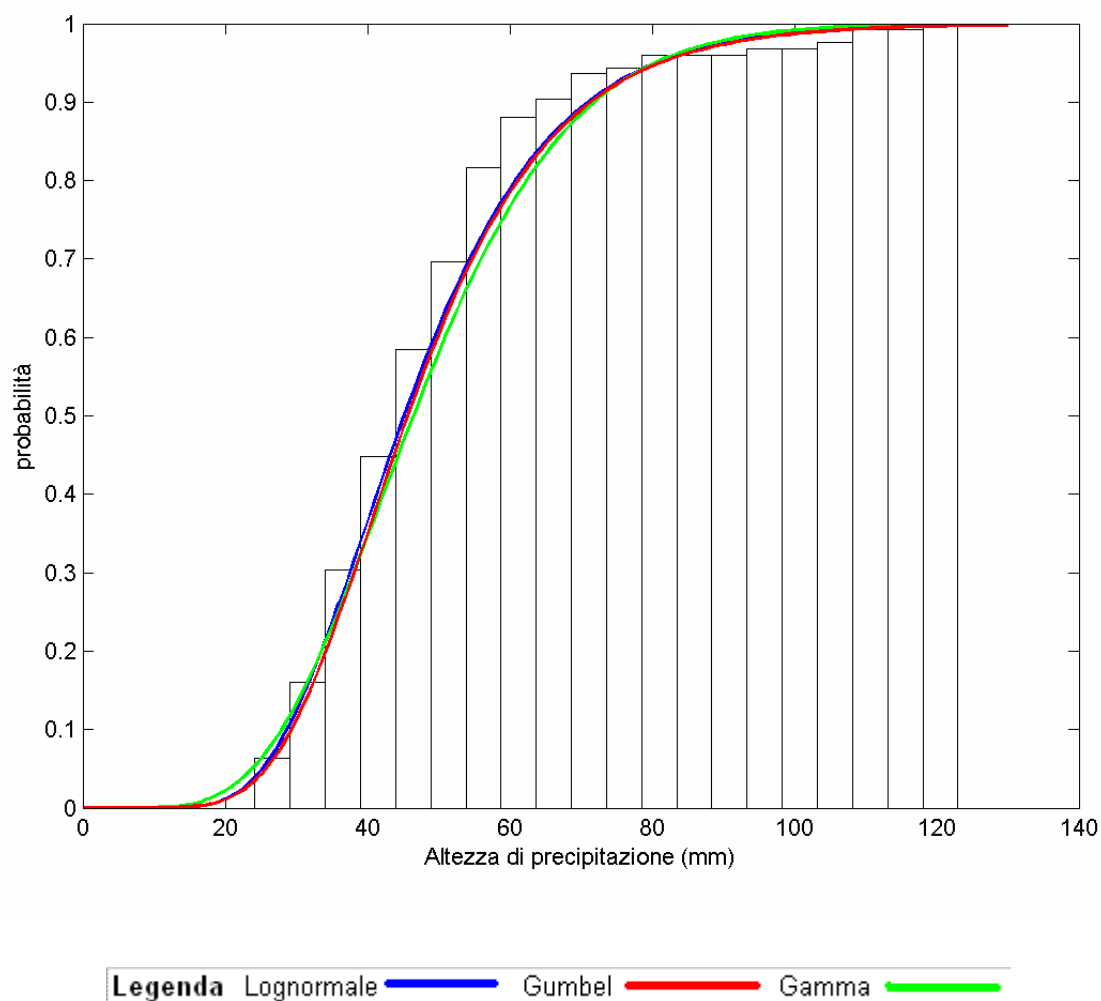


Fig. 3.8. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 12$ h

Tab. 3.18. Parametri per tempo di pioggia di 12 h

Campione	
MEDIA	48.5664
VAR	305.7385
SQM	17.48538

Lognormale	
μ	3.82199
σ	0.349117

Gumbel	
α	0.073376
u	40.69798

Gamma	
α	7.714746
β	6.295269

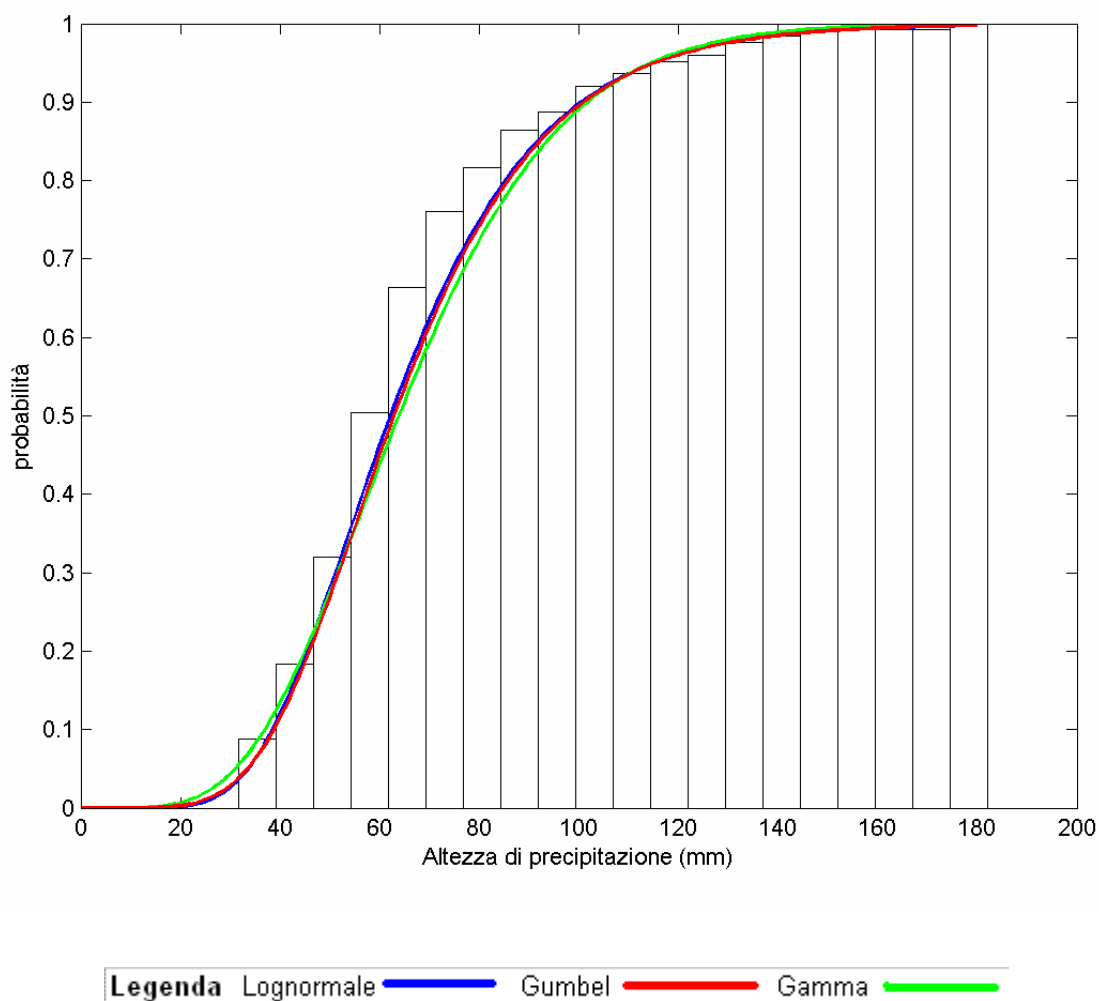


Fig. 3.9. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 24$ h

Tab. 3.19. Parametri per tempo di pioggia di 24 h

Campione	
MEDIA	67.2
VAR	668.4458
SQM	25.85432

Lognormale	
μ	4.138653
σ	0.371539

Gumbel	
α	0.049624
u	55.56556

Gamma	
α	6.755731
β	9.94711

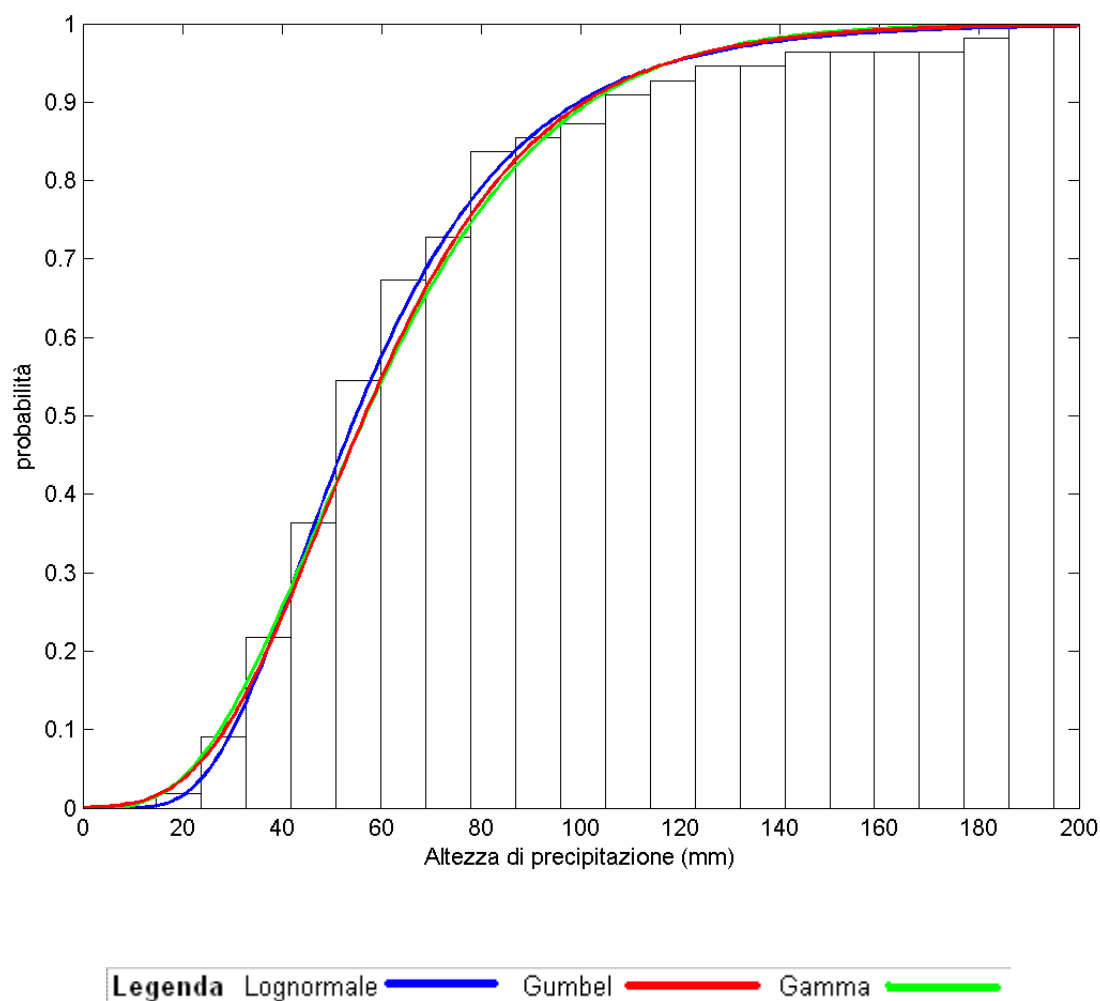


Fig. 3.10. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 1$ giorno

Tab. 3.20. Parametri per tempo di pioggia di 1 giorno

Campione	
MEDIA	61.62955
VAR	903.1628
SQM	30.05267

Lognormale	
μ	4.0145
σ	0.4619

Gumbel	
α	0.0427
u	48.1058

Gamma	
α	4.2054
β	14.6547

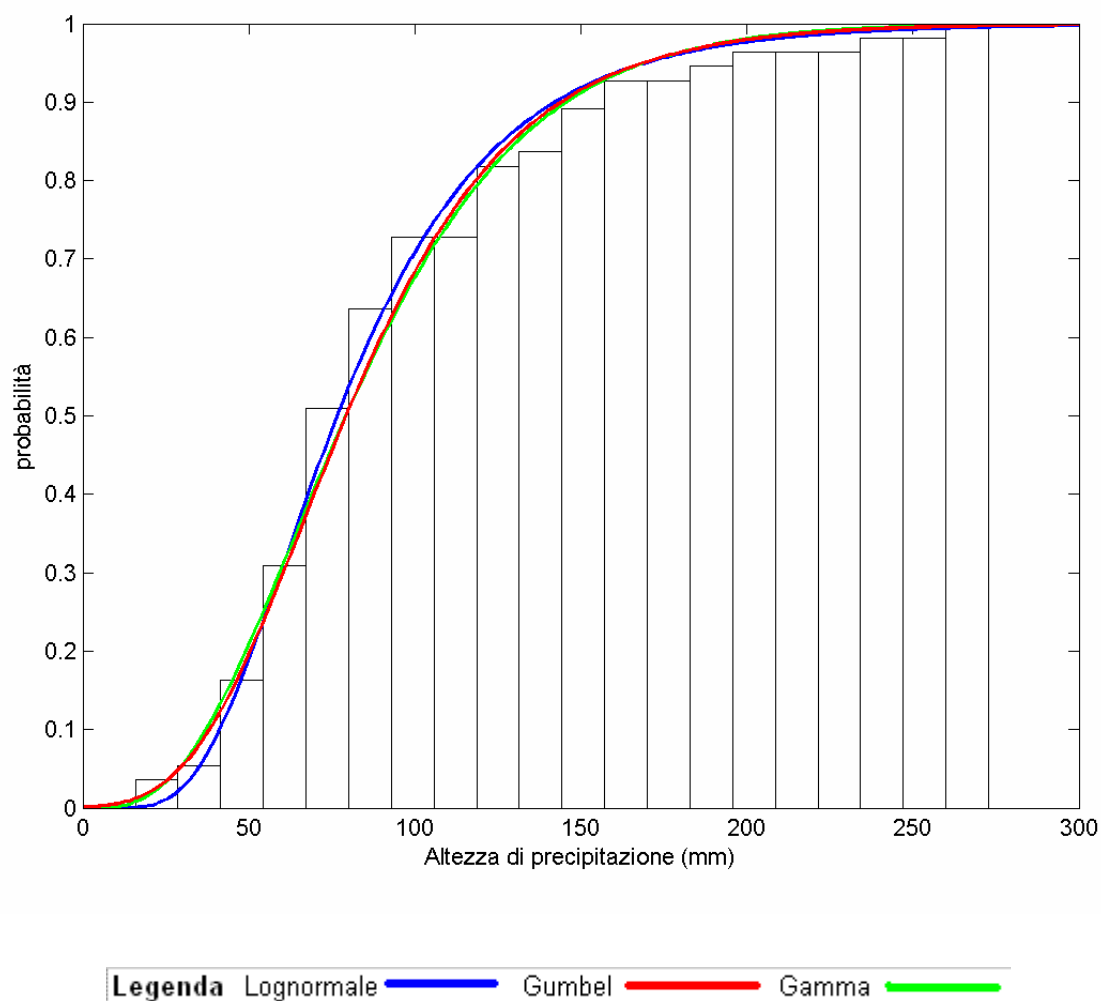


Fig. 3.11. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 2$ giorni

Tab. 3.21. Parametri per tempo di pioggia di 2 giorni

Campione	
MEDIA	86.64773
VAR	1939.054
SQM	44.03469

Lognormale	
μ	4.3470
σ	0.4793

Gumbel	
α	0.0291
u	66.8321

Gamma	
α	3.8719
β	22.3786

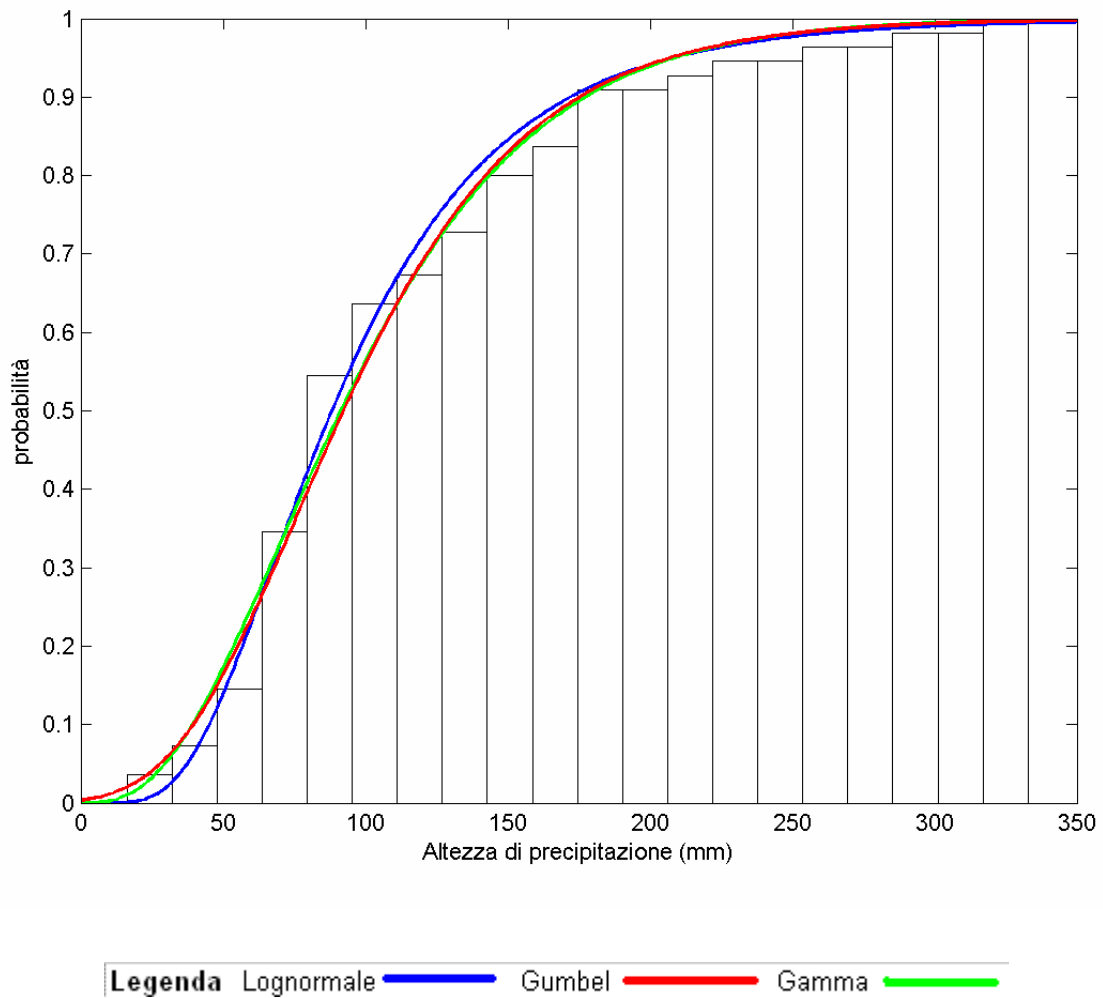


Fig. 3.12. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 3$ giorni

Tab. 3.22. Parametri per tempo di pioggia di 3 giorni

Campione	
MEDIA	101.5909
VAR	3186.649
SQM	56.45041

Lognormale	
μ	4.4864
σ	0.5187

Gumbel	
α	0.0227
u	76.1882

Gamma	
α	3.2387
β	31.3675

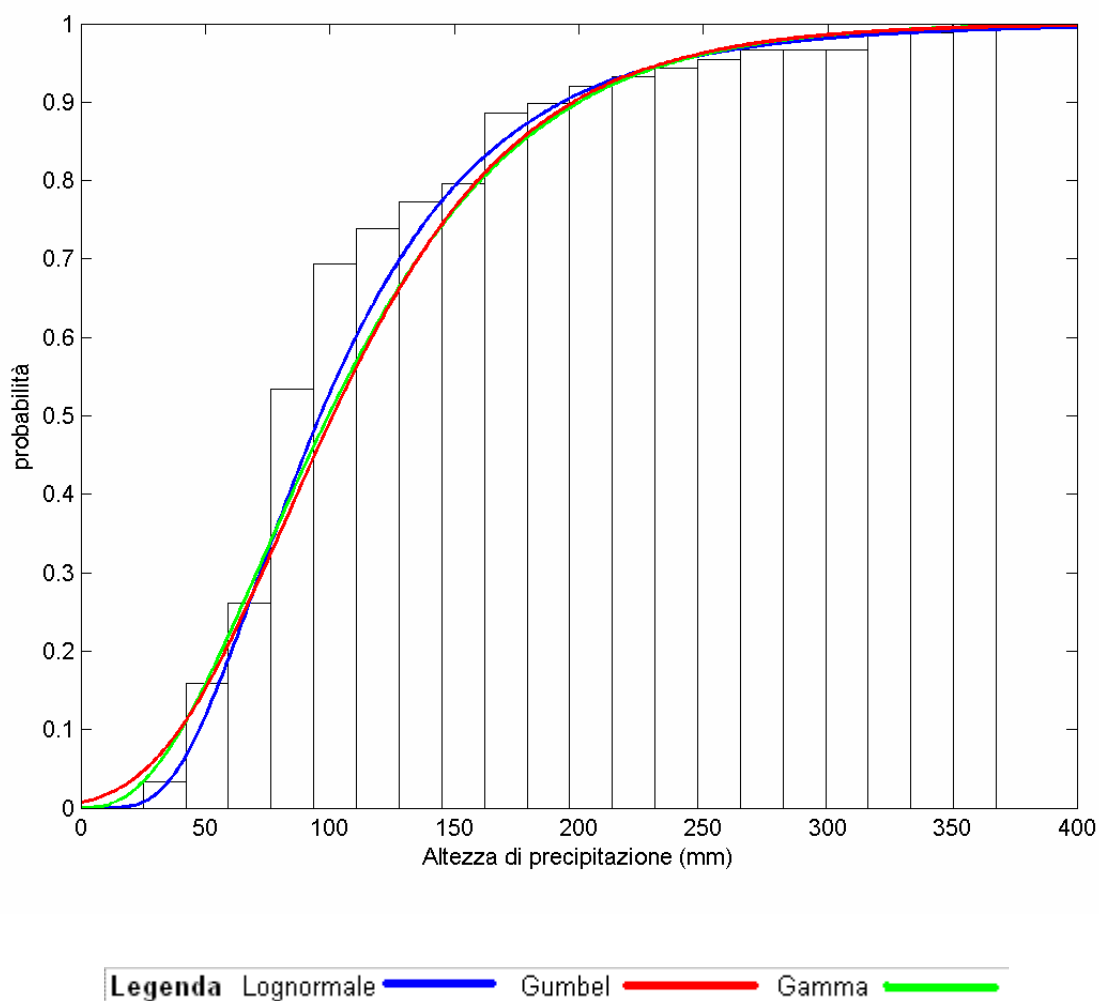


Fig. 3.13. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 4$ giorni

Tab. 3.23. Parametri per tempo di pioggia di 4 giorni

Campione	
MEDIA	112.0886
VAR	4329.234
SQM	65.79691

Lognormale	
μ	4.5712
σ	0.5441

Gumbel	
α	0.0195
u	82.4800

Gamma	
α	2.9021
β	38.6233

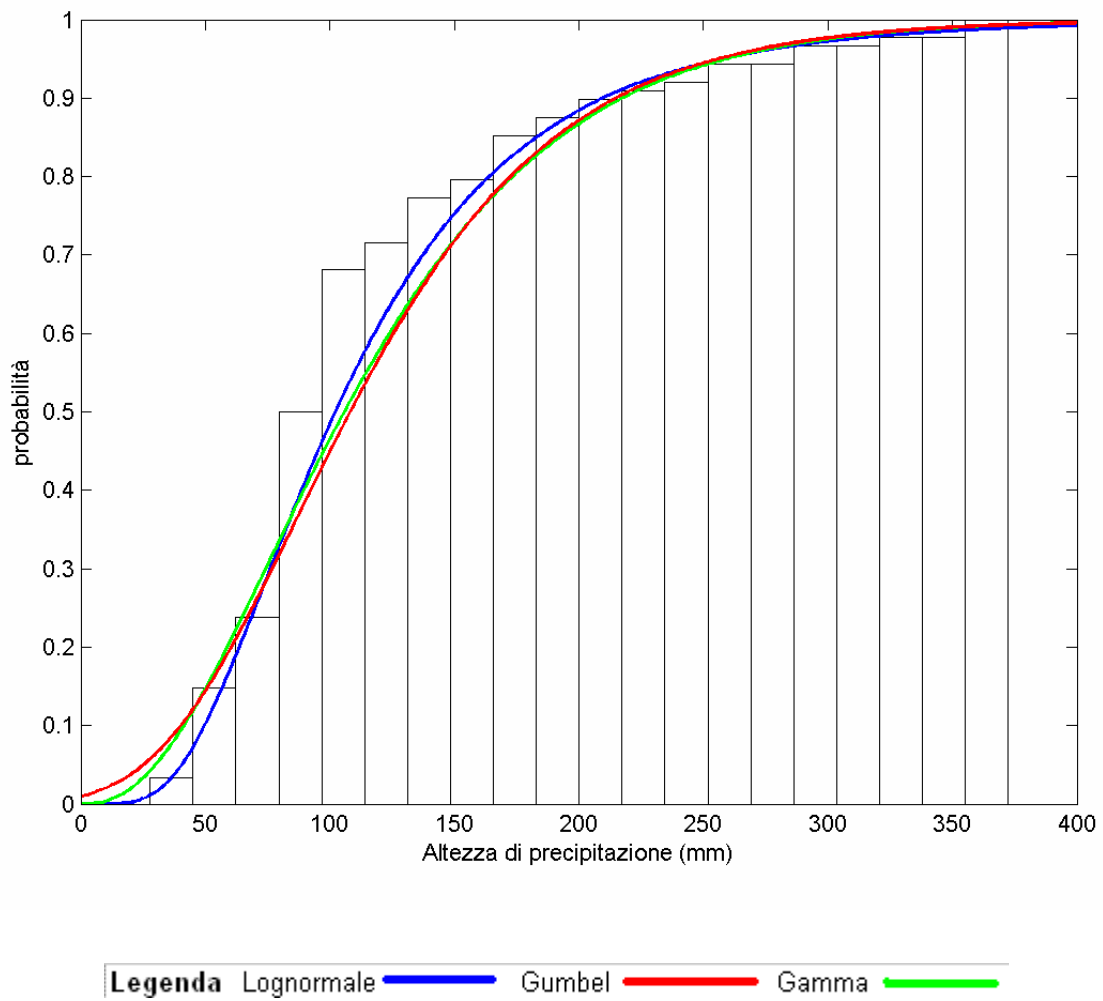


Fig. 3.14. Probabilità cumulata del campione e delle distribuzioni per $T_p = 5$ giorni

Tab. 3.24. Parametri per tempo di pioggia di 5 giorni

Campione	
MEDIA	120.1864
VAR	5295.469
SQM	72.76997

Lognormale	
μ	4.6329
σ	0.5589

Gumbel	
α	0.0176
u	87.4399

Gamma	
α	2.7278
β	44.0605

Per ogni tempo di pioggia è possibile determinare quale delle distribuzioni meglio si adatti dati pluviometrici, tuttavia è consigliato scegliere la distribuzione che in complessivo, per tutti i tempi di pioggia, asseconda meglio il comportamento climatico del bacino.

Il metodo consiste nell'usare come indice di adattamento la grandezza χ^2 del test di adattamento di Pearson.

Come è noto, suddividendo il campo di esistenza della variabile casuale x in k intervalli che si escludono a vicenda e indicando con p_i la probabilità che una osservazione qualsiasi ricada nell' i -esimo intervallo, con N_i , il numero delle osservazioni che effettivamente vi ricadono e con N la dimensione del campione, la grandezza χ^2 (che è una variabile casuale, in quanto funzione degli elementi del campione), risulta definita dall'espressione

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - N p_i)^2}{N p_i}. \quad (3.19)$$

L'espressione si può utilizzare per istituire un test per controllare l'ipotesi che il campione effettivamente provenga da una certa distribuzione (ma non che i valori dei parametri siano effettivamente uguale a quelli stimati, che sono stati ricavati dal campione).

L'adattamento della distribuzione esaminata dalle osservazioni è tanto migliore quanto più basso è il valore di χ^2 .

Nell'esecuzione del test si sceglie il numero k degli intervalli uguale alla parte intera di $N/5$ e si adotta la regola dell'equiprobabilità, cioè si fissano gli estremi degli intervalli in modo tale che la p_i sia la stessa per tutti gli intervalli, e quindi uguale a $1/k$.

Nel caso in questione ci si propone di scegliere la distribuzione più adatta al campione; poiché le tre distribuzioni di probabilità considerate in questo esempio hanno tutte lo stesso numero di parametri (due), la distribuzione della grandezza χ^2 rimane sempre la stessa per tutte e tre le distribuzioni.

I tre valori di χ^2 ottenuti possono dunque venire confrontati tra loro, e si può senz'altro affermare che la distribuzione che permette di accettare l'ipotesi con il livello di significatività più alto è quella a cui corrisponde il valore più basso di χ^2 .

Viene riportato in tabella, per ogni durata di precipitazione, il risultato del test di Pearson per le tre distribuzioni analizzate (Tab. 3.25, 3.26, 3.27).

Tab. 3.25. Risultati del test di Pearson per precipitazioni fino a 24 h

Tempo (h)	1	3	6	12	24	TOTALE
Lognormale	83.6	24	30.8	34	23.6	196
Gumbel	81.6	22	28.8	32.8	22.4	187.6
Gamma	75.6	28	23.2	36.4	26.4	189.6

Tab. 3.26. Risultati del test di Pearson per precipitazioni giornaliere

Tempo (gg)	1	3	6	12	24	TOTALE
Lognormale	83.6	24	30.8	34	23.6	113.3
Gumbel	81.6	22	28.8	32.8	22.4	113.3
Gamma	75.6	28	23.2	36.4	26.4	153.8

Tab. 3.27. Risultati complessivi del test di Pearson

Distribuzione	χ^2
Lognormale	309.27
Gumbel	300.87
Gamma	343.44

I risultati ottenuti evidenziano che la distribuzione di Gumbel è quella che meglio si adatta al campione per tempi di pioggia da 1 h a 5 gg, ma anche limitatamente al solo intervallo entro cui si suppone sia situato il tempo di corrivazione del bacino, ovvero tra 1 h e 24 h. La stima del tempo di corrivazione del bacino –che verrà descritta nel capitolo successivo– è indispensabile per la determinazione dell'idrogramma di piena del T. Cenischia, perché rappresenta la durata minima che un evento di precipitazione deve avere perché tutta l'area del bacino dia contemporaneamente il proprio contributo in termini di portata.

3.10. Determinazione delle curve di possibilità pluviometrica

La relazione tra altezza di precipitazione e durata si rappresenta comunemente con una curva che fornisce, per un assegnato valore del tempo di ritorno T, la relazione tra durata della pioggia t e la relativa altezza di precipitazione h. In alternativa si può usare una curva che fornisce, per un assegnato valore del tempo di ritorno T, la relazione - del tutto equivalente a quella precedente, tra la durata della pioggia t e la relativa intensità media di precipitazione,

$$i_m = \frac{h}{t}. \quad (3.20)$$

E' di uso comune la curva che fornisce la relazione tra la durata della pioggia t e la relativa altezza di precipitazione h, che prende il nome di curva di possibilità pluviometrica. Nella pratica, non ci si limita mai ad una curva sola, ma si considera un fascio di curve, ciascuna delle quali corrisponde a un valore diverso del tempo di ritorno. Per individuare le curva di possibilità climatica con accettabile approssimazione è necessario conoscere le altezze di precipitazione corrispondenti al tempo di ritorno fissato per un certo numero di durate diverse, opportunamente scelte.

Il tempo di ritorno che si attribuisce convenzionalmente a una curva è quello comune alle altezze relative alle diverse durate, vale a dire ai singoli punti di cui è costituita.

Come già detto, la relazione tra durate ed altezze di pioggia si può esprimere assegnando la funzione che lega la durata t e l'altezza di pioggia h oppure assegnando la funzione che lega la durata t e l'intensità media di pioggia i_m .

L'interpolazione dei punti che rappresentano le altezze di pioggia corrispondenti alle diverse durate si può eseguire mediante l'utilizzo di formule interpolanti. Quelle utilizzate nella pratica si possono ricondurre a due espressioni generali che forniscono l'intensità media di precipitazione i_m nell'intervallo di tempo di durata t . Indicando con a , b e c dei parametri, i cui valori dipendono in generale dal tempo di ritorno T , le due espressioni generali sono rispettivamente,

$$i_m(t) = \frac{a}{(t+c)^b} \quad (3.21)$$

e

$$i_m(t) = \frac{a}{t^b + c}. \quad (3.22)$$

Passando dall'intensità media i_m all'altezza di precipitazione h , assumendo il parametro c uguale a zero e indicando con n la differenza $1-b$, da entrambe le espressioni si ricava immediatamente l'espressione monomia di uso comune, nonché l'unica utilizzata in Italia,

$$h(t) = a t^n. \quad (3.23)$$

Una caratteristica delle espressioni monomie che risulta molto utile ai fini pratici è quella di essere rappresentate su carta logaritmica da rette. Per meglio interpolare i punti che rappresentano altezze di pioggia h corrispondenti alle durate t considerate si usano spesso monomie diverse, con diverso valore dei parametri a e n . Questo fa sì che, anziché una retta, si ottenga una spezzata. L'uso della spezzata potrebbe essere sostituito dall'utilizzo della

formula con i 3 parametri, in tal modo si riesce a interpolare adeguatamente con una sola curva.

Il grado di affidabilità con cui si determinano le curva di possibilità climatica dipende dalla dimensione dei campioni relativi alle altezza di pioggia disponibili per le diverse durate. Quanto più numerosi sono i campioni, tanto maggiore sarà il grado di affidabilità nella stima delle altezze di pioggia relative ai vari tempi di ritorno e tanto più affidabile sarà la curva di possibilità climatica ottenuta per interpolazione.

In genere, le dimensioni dei campioni sono molto ridotte (ciascuna serie di massimi annuali raramente è composta da più di 25-30 elementi). Il basso grado di precisione che ne deriva può essere superato mediante l'utilizzo di dati rilevati a diverse stazioni: l'errore causato dal trascurare le differenze climatiche tra stazioni diverse risulta verosimilmente inferiore a quello causato dall'insufficienza del campionamento.

Nella maggior parte delle applicazioni il regime che interessa non è quello delle precipitazioni puntuali relative a una singola stazione, ma quello delle precipitazioni ragguagliate relative all'area in esame. In linea di principio, le curve di possibilità climatica delle piogge ragguagliate possono essere costruite con lo stesso procedimento che si usa per le piogge puntuali, con l'unica differenza che in questo caso i massimi dell'altezza di precipitazione rappresentano delle precipitazioni ragguagliate all'area. Per ricavare i massimi è necessario eseguire un'elaborazione preliminare delle registrazioni pluviometriche delle stazioni scelte come rappresentative, così da determinare l'equivalente della registrazione dell'altezza di pioggia media caduta sull'area in esame. In realtà l'elaborazione preliminare risulta così gravosa, che anche in questo caso si parte generalmente da curve di possibilità climatica puntuali, effettuando poi il ragguaglio in un secondo tempo.

Viene riportata in Tab. 3.28, 3.29 la media delle massime altezze di precipitazioni registrate annualmente, per i diversi tempi di pioggia, per le stazioni di pertinenza del bacino. In Fig. 3.15 vengono riportati su assi cartesiani i dati presenti in Tab. 3.28 e 3.29, ponendo il tempo sull'asse delle ascisse e l'altezza di precipitazione sull'asse delle ordinate.

Tab. 3.28. Valori medi della massima altezza di precipitazione annua per tempi di pioggia da 1 h a 24 h

Tempo (h)	1	3	6	12	24
Chiomonte	13.1	24.7	36.9	53.3	76.1
Moncenisio- Lago	13.0	25.4	35.4	47.3	63.2
Moncenisio- Scala	16.5	25.2	32.8	43.7	58.6
Salbertrand	13.8	20.3	28.3	44.4	64.2
Susa	14.2	23.6	33.8	47.9	65.7
Venaus	16.1	23.9	34.0	50.7	72.1

Tab. 3.29. Valori medi della massima altezza di precipitazione annua per tempi di pioggia da 1 a 5 giorni

Tempo (giorni)	1	2	3	4	5
Chiomonte	70.9	101.5	119.7	128.4	136.5
Moncenisio- Lago	56.9	76.8	86.6	93.0	97.5
Moncenisio- Scala	50.6	67.8	76.5	85.1	91.4
Salbertrand	67.3	96.7	114.1	124.8	128.1
Susa	57.5	82.2	96.0	108.7	117.7
Venaus	65.5	94.5	112.7	124.0	133.3

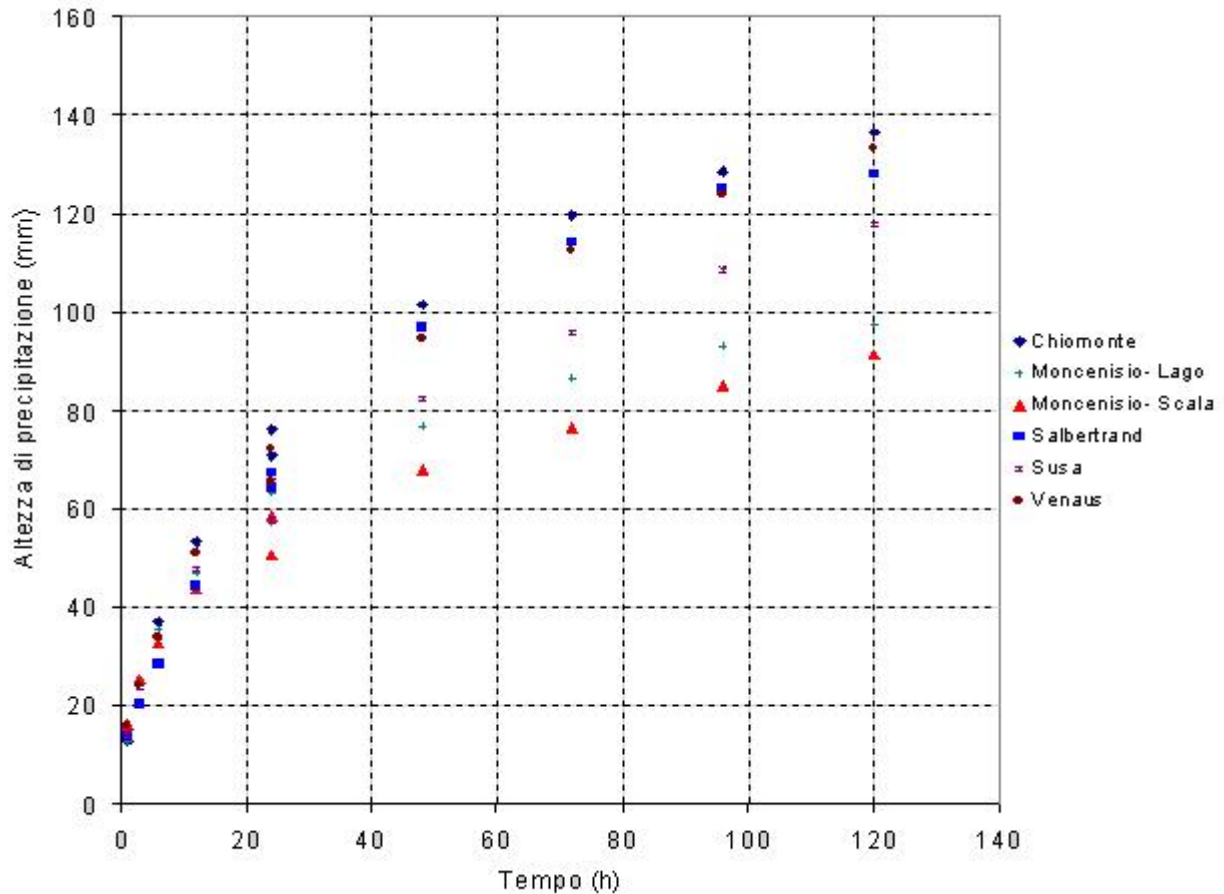


Fig. 3.15. Altezza di precipitazione in funzione del tempo di pioggia

L'interpolazione delle altezze di pioggia viene effettuata utilizzando l'espressione monomia (3.23)

$$h(t) = a t^n, \quad (3.23)$$

separando le altezze di precipitazione per le durate inferiori alle 24 ore da quelle relative alle precipitazioni di più giorni consecutivi.

Si otterranno due diverse espressioni, separate sia per la diversità delle modalità di misura (la prima tiene conto dell'istante in cui la precipitazione ha inizio, la seconda è ottenuta da una sola misura giornaliera –generalmente alle ore 9 del mattino- e quindi tende a

sottostimare la misura, a parità di fenomeno), sia per una sostanziale differenza del fenomeno che rappresentano, essendo il primo più legato a precipitazioni di tipo temporalesco e il secondo a precipitazioni dovute all'alternarsi di fronti d'aria calda e fredda.

3.11. Precipitazioni con tempo di pioggia da 1 h a 24 h

Come già affermato, per precipitazioni di durata inferiore alle 24 h non è possibile correlare la quota topografica all'altezza di pioggia (Fig. 3.16). Risulta dunque vantaggioso uniformare i dati delle diverse stazioni per ottenere una sola curva di possibilità pluviometrica. La curva di possibilità pluviometrica così ottenuta (Fig. 3.17) può essere, trasformando gli assi cartesiani in assi bilogaritmici, approssimabile a una retta (Fig. 3.18).

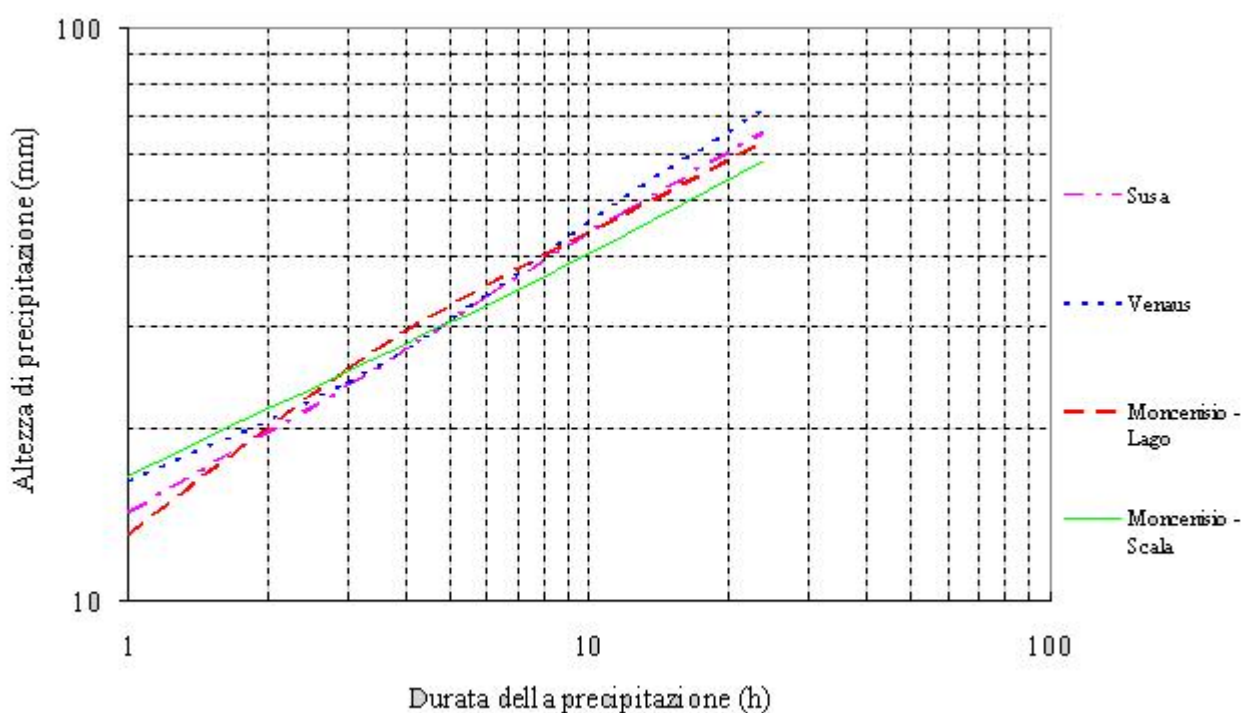


Fig. 3.16. Curve di possibilità climatica per stazioni interne al bacino per tempi da 1 h a 24 h

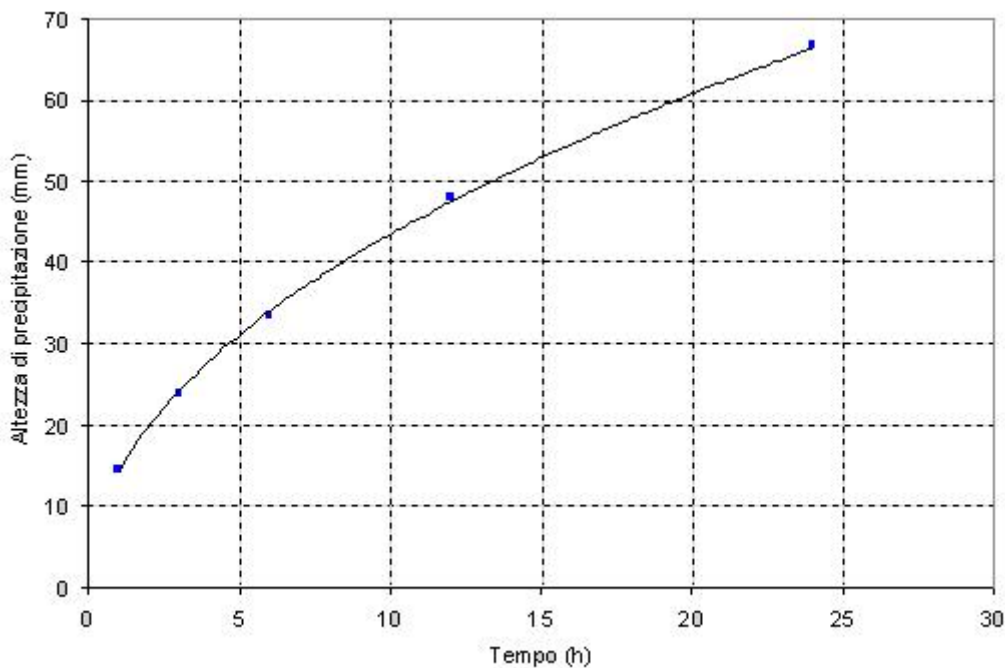


Fig. 3.17. Diagramma delle precipitazioni medie in funzione del tempo

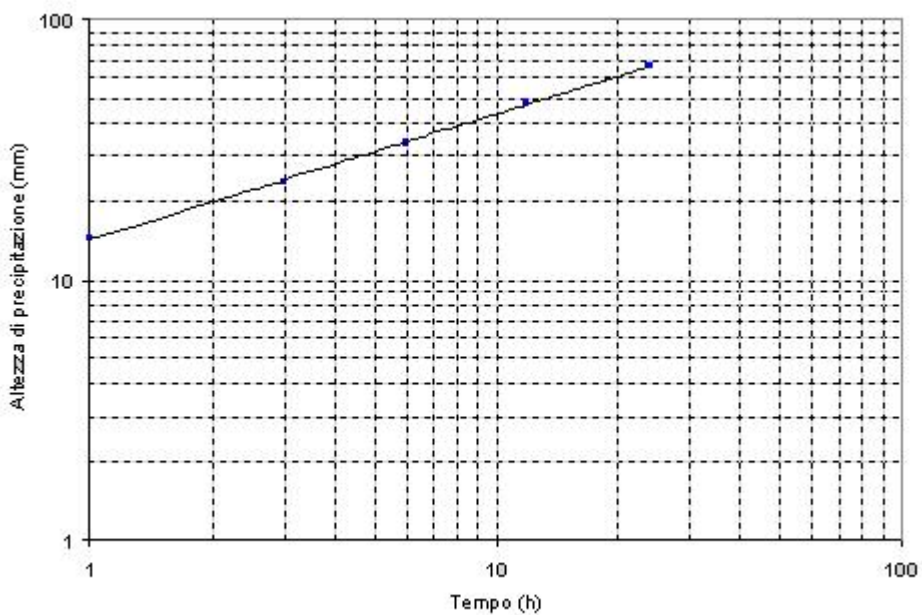


Fig. 3.18. Diagramma bilogarithmico delle precipitazioni medie in funzione del tempo

L'interpolazione secondo la legge monomia di potenza fornisce l'espressione della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia da 1 a 24 h:

$$h(t) = 14.251 t^{0.4839}. \quad (3.24)$$

La curva di possibilità pluviometrica può anche essere espressa in termini di intensità di precipitazione, ovvero il rapporto tra altezza di precipitazione e durata della stessa (Fig. 3.19).

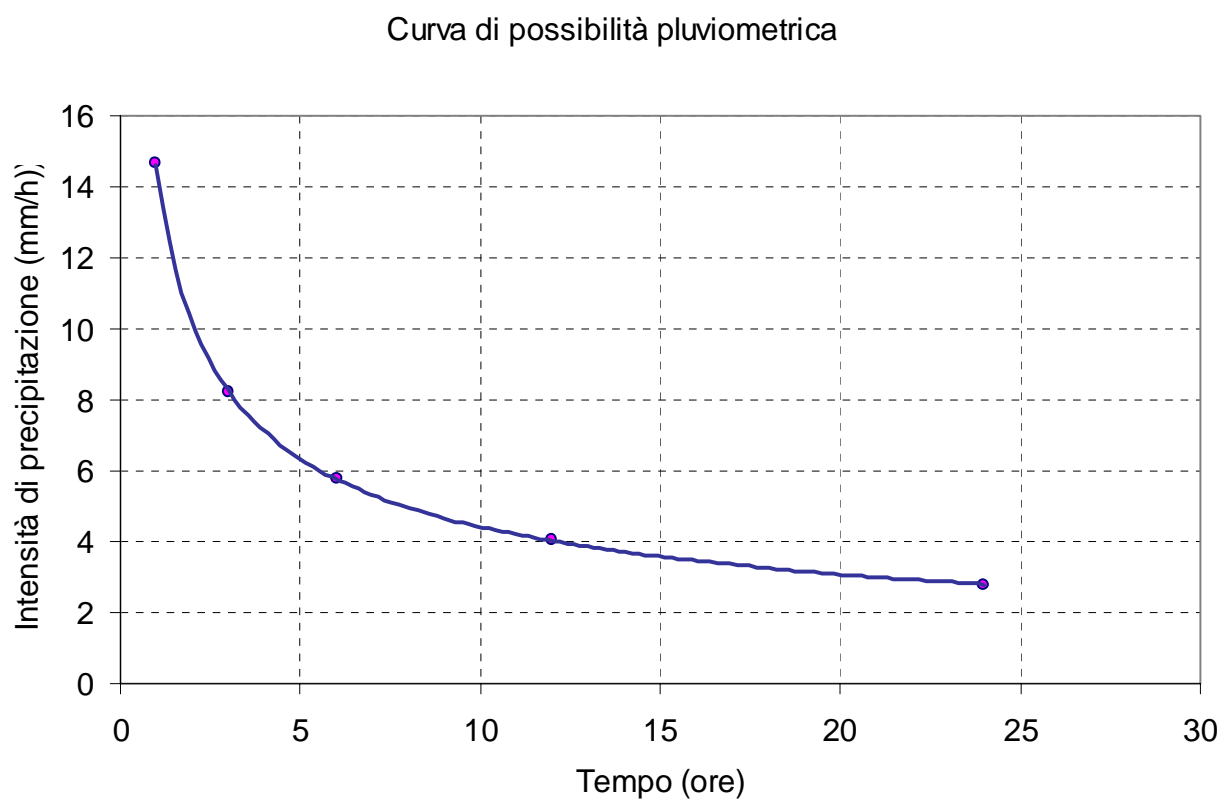


Fig. 3.19. Curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia da 1 h a 24 h

3.12. Precipitazioni con tempo di pioggia di più giorni consecutivi

Per quanto riguarda durate di pioggia di più giorni consecutivi, si riportano in Fig. 3.20 le curve di possibilità pluviometrica relative alle diverse stazioni pluviometriche, e in Tab. 3.30 i parametri della formula monomia che interpolano le curve stesse.

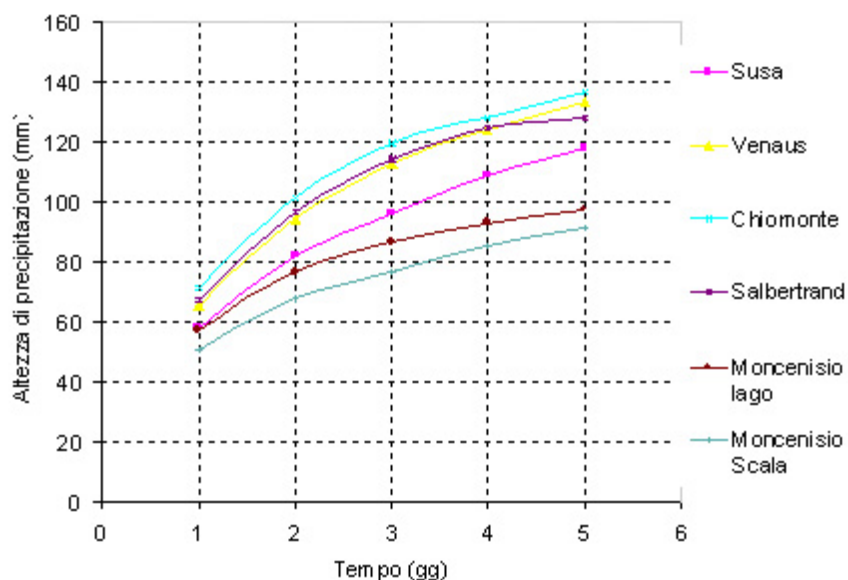


Fig. 3.20. Curve di possibilità pluviometrica per le diverse stazioni

Tab. 3.30. Parametri della formula monomia per le diverse stazioni

Stazione	Quota	a	N
Susa	500	58.612	0.4442
Venaus	600	67.265	0.4437
Chiomonte	800	73.443	0.4085
Salbertrand	1000	69.855	0.4103
Moncenisio lago	2000	58.589	0.3351
Moncenisio Scala	1760	51.272	0.3653

Analizzando in Fig. 3.20 le curve di possibilità pluviometrica in funzione della quota appare possibile ipotizzare una correlazione tra la quota topografica della stazione e l'altezza di precipitazione.

Separando i due parametri a e n per poterli correlare alla quota, si ottiene un comportamento interessante: il parametro n sembra essere inversamente proporzionale alla quota topografica (Fig. 3.21), mentre il parametro a segue l'andamento lognormale che poi caratterizza l'intera formula monomia (Fig. 3.22).

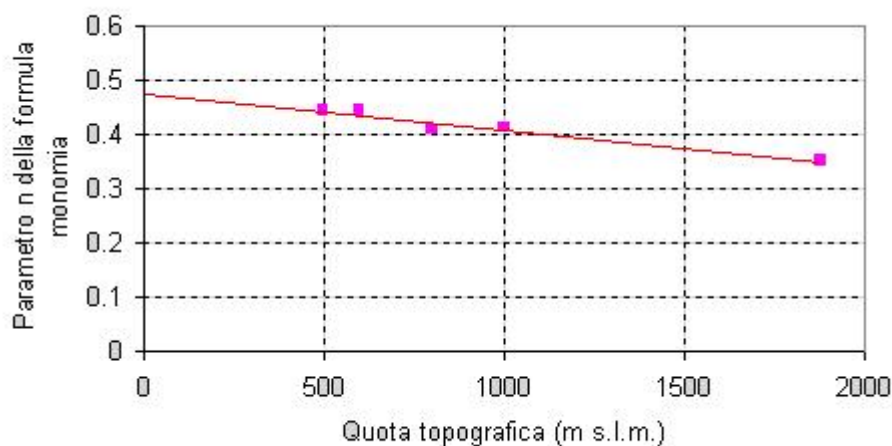


Fig. 3.21. Andamento del parametro n rispetto alla quota topografica

La legge empiricamente determinata presenta una buona correlazione, pertanto le due variabili appaiono strettamente dipendenti.

La relazione ricavata è la seguente:

$$n = \frac{-7}{10^5} z + 0.477; \quad (3.25)$$

dove z è la quota topografica. La relazione è valida per quote comprese tra 500 e 2000 m.

Il parametro a ha un andamento a campana tipico di una distribuzione lognormale, con un massimo per la quota di 800 m, ed è empiricamente definito dall'espressione:

$$a = 50 + \frac{10}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[(\log(z) - \log(\mu))]^2}{2\sigma^2}\right\}; \quad (3.26)$$

dove z è la quota topografica e i momenti sono $\sigma=0.17$ e $\mu=800$.

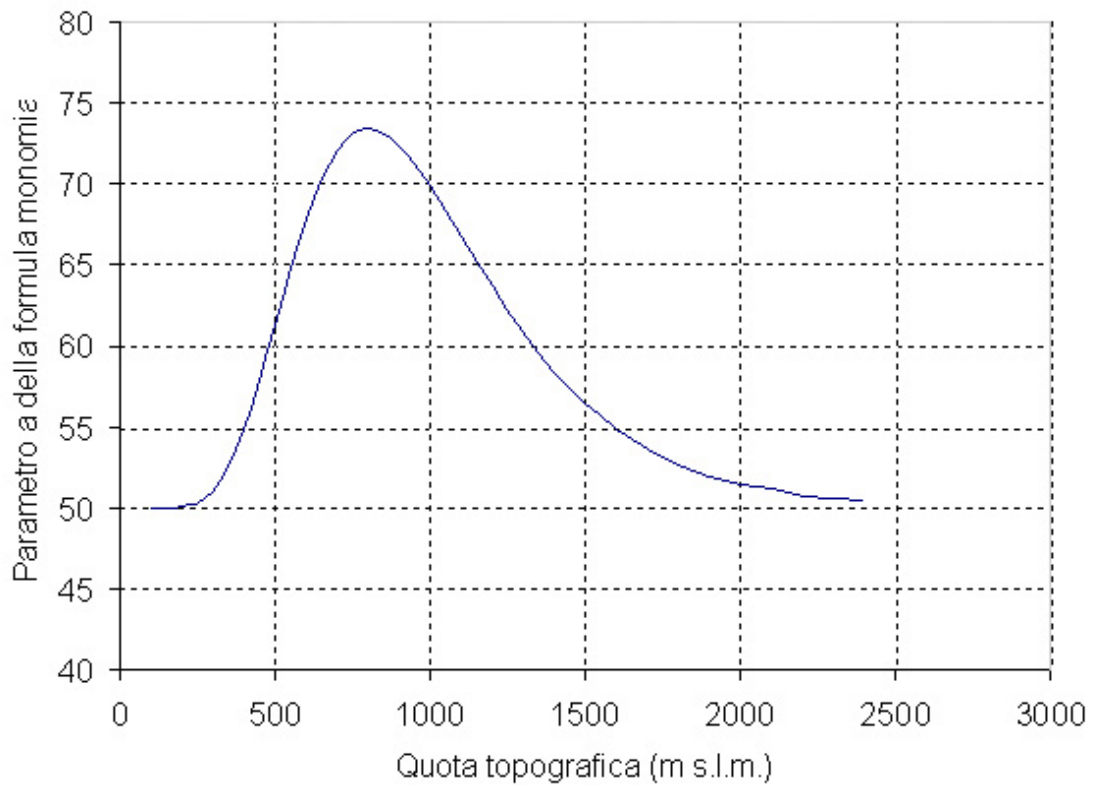


Fig. 3.22. Andamento del parametro a della formula monomia rispetto alla quota topografica

3.13. Curve di possibilità pluviometrica in funzione del tempo di ritorno

La curva di possibilità pluviometrica così determinata è ricavata dall'analisi dei massimi annuali, dei quali si era ricavata la media aritmetica. Pertanto, tale curva rappresenta la curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 1 anno, ovvero l'altezza di precipitazione massima che in media una volta l'anno viene superata.

I tempi di ritorno per i quali generalmente si valuta la curva di possibilità pluviometrica vanno dai 10 ai 500 anni; per ottenerli si utilizza la legge di distribuzione che, secondo il test del χ^2 , risulta la più adatta a descrivere il fenomeno.

Dai tempi di ritorno è possibile dedurre la probabilità cumulata attraverso la relazione

$$P(x) = \frac{Tr - 1}{Tr}. \quad (3.27)$$

La altezza di precipitazione relativa a un certo tempo di ritorno per una certa durata si ottiene ricercando, nella distribuzione di Gumbel con i parametri relativi al tempo di pioggia prescelto, il valore di altezza di precipitazione corrispondente alla probabilità cumulata voluta (e quindi al tempo di ritorno). In Tab. 3.31 sono riportati i valori di altezza di precipitazione per le diverse durate di pioggia e per i diversi tempi di ritorno; tali valori compongono le curve di possibilità pluviometrica mostrate in Fig. 3.23 e 3.24.

Tab. 3.31. Altezze di precipitazione per diverse durate e diversi tempi di ritorno

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	1 g	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg
Tr = 10 anni	23.6	35.4	49.3	71.4	100.9	100.8	144.2	175.3	197.9	215.3
Tr = 20 anni	27.4	40.0	55.7	81.2	115.4	117.7	168.9	207.0	234.8	256.2
Tr = 50 anni	32.4	46.1	63.9	93.9	134.2	139.5	200.9	248.1	282.6	309.1
Tr = 100 anni	36.1	50.6	70.1	103.4	148.3	155.8	224.9	278.8	318.4	348.8
Tr = 200 anni	39.8	55.1	76.3	112.9	162.3	172.1	248.8	309.5	354.1	388.3
Tr = 500 anni	44.7	61.0	84.4	125.4	180.8	193.6	280.4	349.9	401.1	440.5

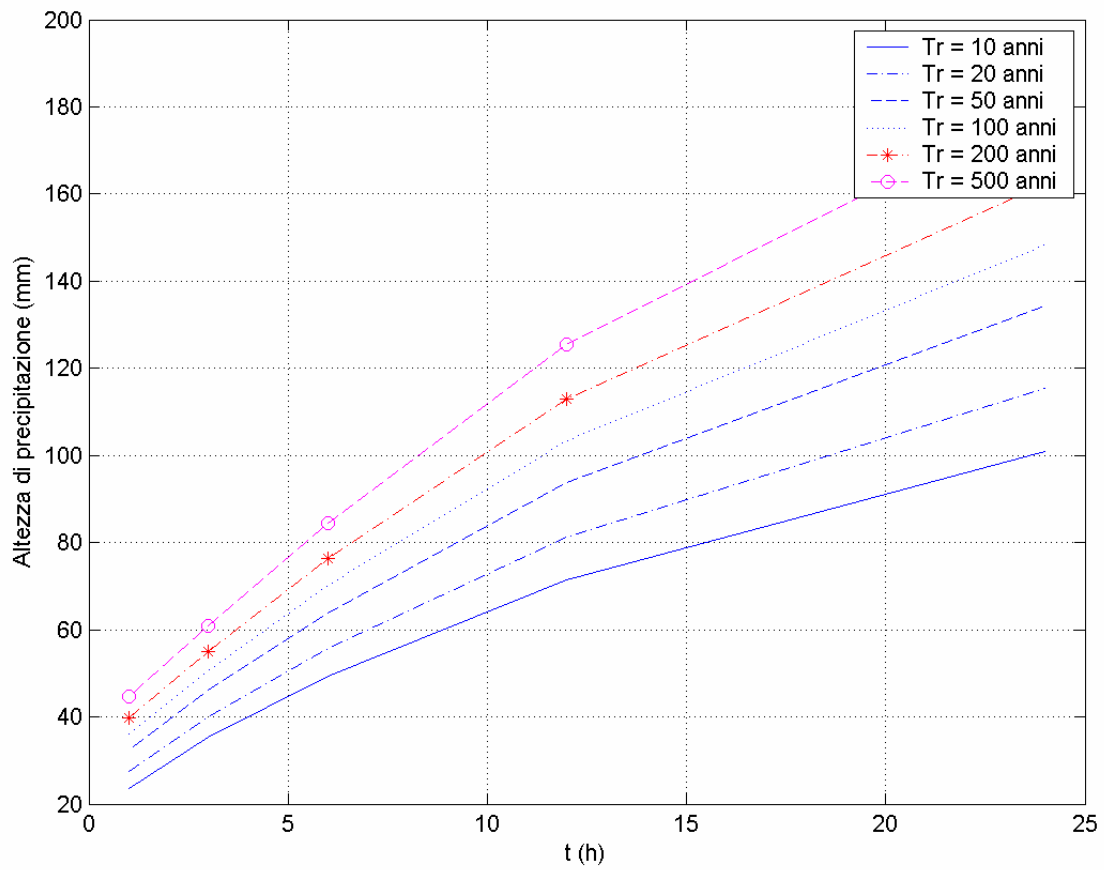


Fig. 3.23. Curve di possibilità pluviometrica per durate da 1 h a 24 h

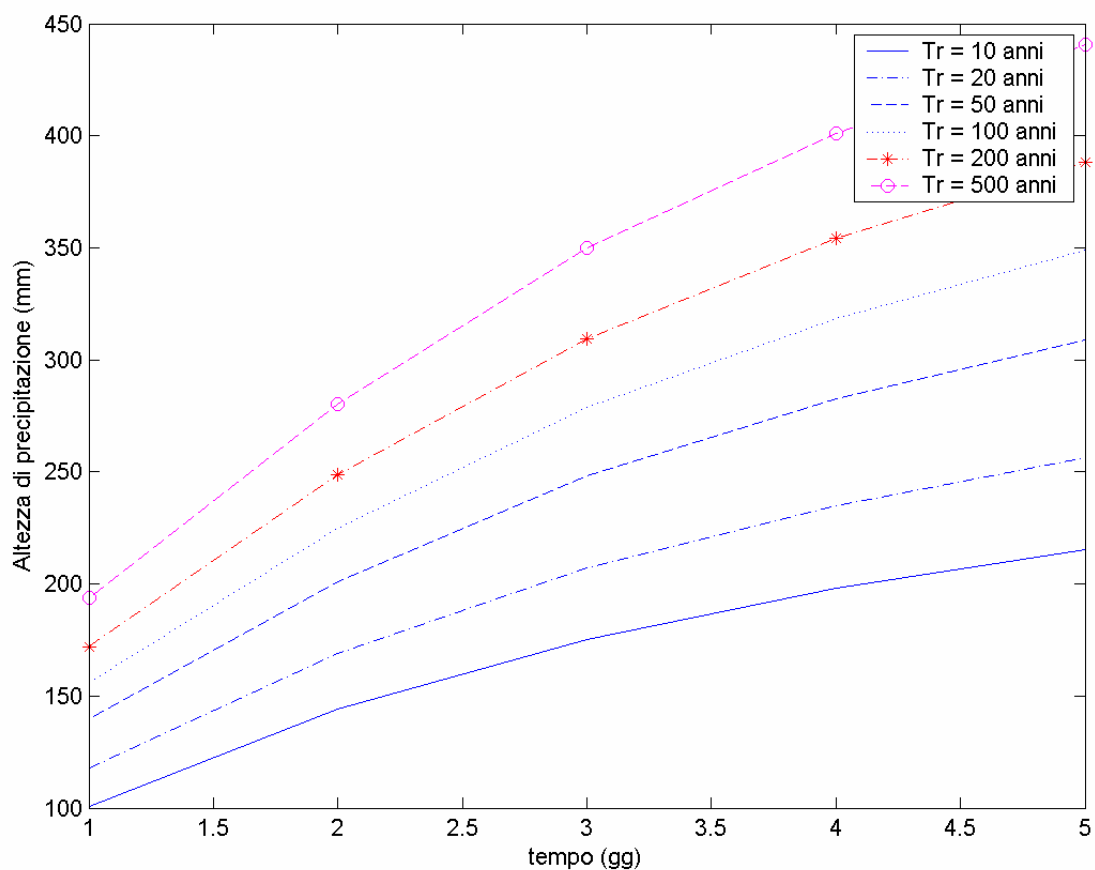


Fig. 3.24. Curve di possibilità pluviometrica per durate da 1 a 5 giorni

Una volta definite le curve di possibilità pluviometrica, per poter trasformare gli afflussi meteorici in portate di piena, è necessario conoscere le caratteristiche fisiche e idrologiche del bacino, argomento che sarà trattato nel successivo capitolo.

3.14. Analisi delle precipitazioni di notevole intensità

Negli Annali Idrologici è presente una sezione relativa alle precipitazioni di notevole intensità e durata inferiore a 1 h, ma la mancanza di una definizione precisa del tempo di misura, unita a una bassa disponibilità di dati, ha portato enormi difficoltà a individuare una correlazione tra intensità e precipitazioni. Grazie alla disponibilità dei dati forniti dal CNR – IRPI di Torino relativi alle stazioni di misura poste sul bacino del T. Marderello in località Pian Marderello e Ca d’Asti (rispettivamente poste alla quota di 2150 m e 3150 m) è stato possibile valutare l’entità delle precipitazioni di notevole intensità; si è tentato anche di determinare qual’è la direzione prevalente del vento quando occorrono tali eventi.

In questo modo potrebbe risultare possibile comprendere la tipologia di precipitazione che causa i fenomeni di colata detritica, i quali più volte, negli anni recenti, hanno creato problemi alla popolazione di Novalesa.

Innanzitutto si è proceduto a determinare, a partire dai dati rilevati nelle due stazioni, la curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori a 1 h. A questo scopo si è ricavato il massimo annuale di precipitazione per intervalli di 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minuti (Tab. 3.32). E’ stato quindi possibile porre in grafico (Fig. 3.25) le diverse altezze di precipitazione media in funzione della durata, e effettivamente si è riscontrato un andamento piuttosto regolare che ha permesso, pur con una quantità di dati a disposizione non ottimale, di tracciare una curva che seguisse una legge di potenza.

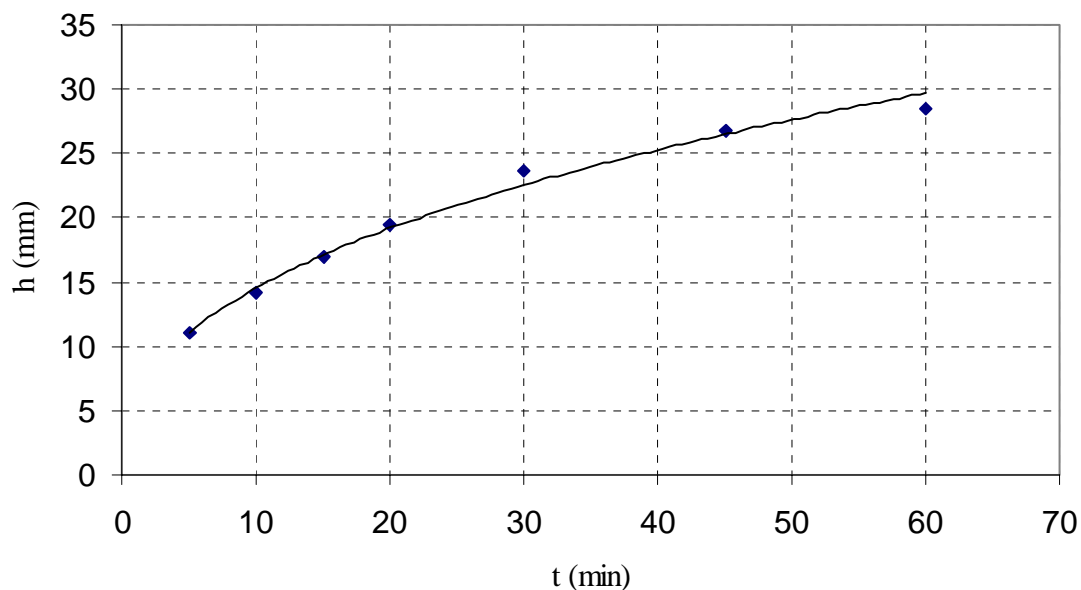


Fig. 3.25. Curva di possibilità pluviometrica di Pian Marderello per tempi di pioggia inferiori a 1 h (dati dal 1994 al 2001)

Tab. 3.32. Massime altezze di precipitazione (mm) per durate di pioggia inferiori a 1 h misurate a Pian Marderello

Durata (min)	5	10	15	20	30	45	60
Anno							
1994	1.8	3.40	4.20	5.20	7.00	9.20	10.40
1995	5	7.6	9.2	10	13	15.6	17.8
1996	14.6	14.8	15.4	20.4	20.6	20.6	21.4
1997	5	8.2	10.4	12.4	14	15.8	17.6
1998	5.4	9.2	11.2	15.6	20.4	24.2	25.2
1999	6	11.4	15.4	17.4	23.4	27.8	29.6
2000	10.6	11.2	15	18.8	26.6	36.6	40.6
2001	39.6	48	55.2	55.4	64.2	64.4	64.8

La legge di potenza che esprime la curva di possibilità pluviometrica della località Pian Marderello risulta quindi:

$$h(t) = 5.802 t^{0.399}. \quad (3.28)$$

Esaminando i dati relativi alla stazione pluviometrica di Cà d'Asti, a quota 3150 m, si è riscontrata l'insufficienza dei dati a disposizione per la determinazione della curva di possibilità pluviometrica con una precisione accettabile. I dati (Tab. 3.33) riguardano gli anni compresi tra il 1994 e il 1999 e vedono la presenza di un dato fortemente anomalo, precisamente la precipitazione massima del 1997. Utilizzando i dati relativi a questo anno, la varianza dei dati è enorme e quindi risulterebbe errato trarre qualunque conclusione di tipo statistico. Eliminando tuttavia questo dato, e considerandolo come un evento completamente anomalo per simili quote topografiche, si perviene a una curva di possibilità pluviometrica piuttosto ben delineata (Fig. 3.26).

Tab. 3.33. Massime altezze di precipitazione per diversi tempi di pioggia per la stazione Gesi 3000 in località Cà d'Asti

Tempo (min)	5	10	15	20	30	45	60
Anno							
1995	11.2	16.2	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
1996	8	8	11	11	11	12.8	15
1997	84.6	160.4	176.2	259.2	278.4	278.4	278.4
1998	2.2	3.8	4.6	5.2	5.6	6	6
1999	6.8	11	16	19.6	24.8	35	42.2

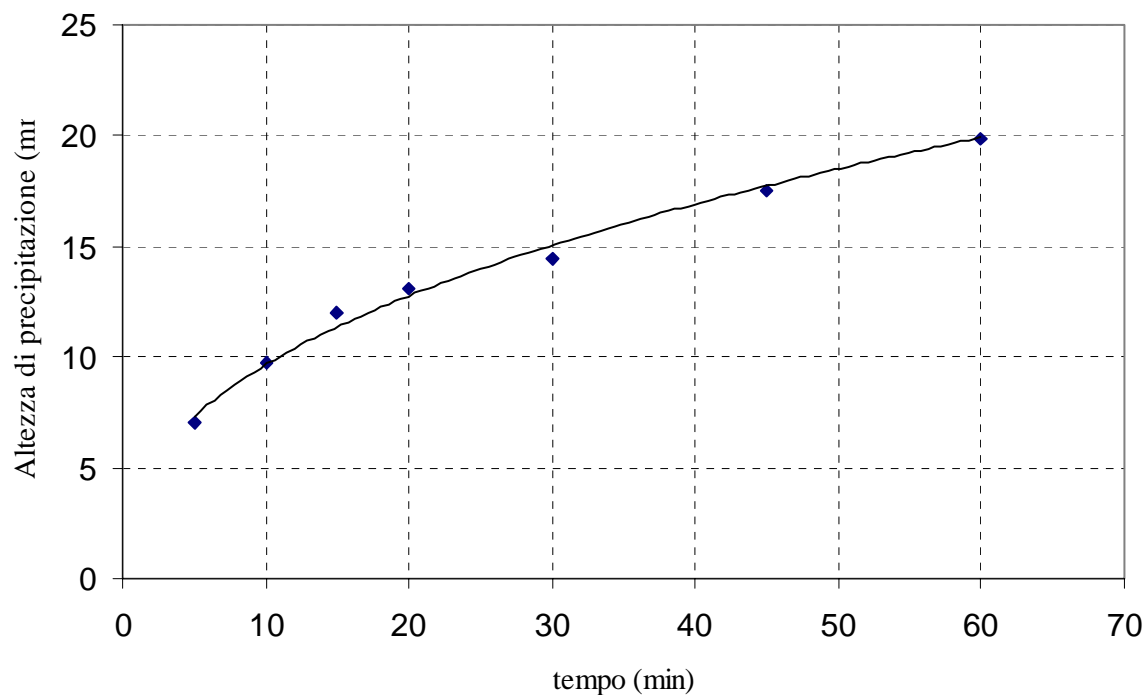


Fig. 3.26. Curva di possibilità pluviometrica della località Cà d'Asti per tempi di pioggia inferiori a 1 h

La legge di potenza che descrive con buona precisione i dati sperimentali risulta:

$$h(t) = 3.8075 t^{0.404} . \quad (3.29)$$

Si procede ora alla disamina della direzione prevalente del vento in caso di precipitazione che superi una certa soglia di intensità. Come descritto nel precedente capitolo, i venti che spirano nella stagione estiva a Pian Marderello sono prevalentemente provenienti da N - W , tuttavia a priori non si può affermare che tali venti siano responsabili delle precipitazioni più intense.

L'accesso delle precipitazioni provenienti da S-E al versante su cui è situato il bacino del Torrente Marderello risulta impedito dalla struttura orografica della catena del Monte

Rocciamelone. E' invece presente un corridoio naturale per le precipitazioni provenienti da W e da N-W, ovvero dal colle del Moncenisio. I massicci circostanti superano spesso i 3000 m di quota, mentre il colle del Moncenisio presenta una quota di 2000 m, la quale potrebbe essere favorevole per l'arrivo di precipitazioni.

La soglia di intensità oltre la quale vengono considerati gli eventi di pioggia è di 1 mm nell'arco di 5 minuti (quindi l'intensità minima è di 12 mm/h protratta per almeno 5 minuti). Le precipitazioni di carattere temporalesco si verificano quasi esclusivamente nel periodo primaverile – estivo; verranno perciò tralasciati i dati antecedenti il mese di Aprile e quelli susseguenti il mese di Ottobre, che peraltro darebbero luogo a precipitazioni solide viste le rigide temperature che si hanno a 2150 m di quota.

Sono stati riscontrati 117 eventi di pioggia con intensità superiore alla soglia stabilita per la stazione di Pian Marderello. Nel corso dell'evento la direzione del vento non era mai univoca, ma esaminando le condizioni climatiche antecedenti l'evento si è riscontrato che nella maggior parte dei casi vi era una direzione prevalente di vento protrattasi per alcune ore.

In Tab. 3.34. è mostrato il numero di eventi piovosi che superano la soglia di 1 mm per 5 minuti .

Tab. 3.34. Numero di eventi di pioggia di intensità superiore alla soglia per direzione

Direzione	n°eventi
N	11
NNE	0
NE	1
ENE	1
E	3
ESE	0
SE	4
SSE	0
S	6
SSW	0
SW	19
WSW	13
W	48
WNW	0
NW	5
NNW	1

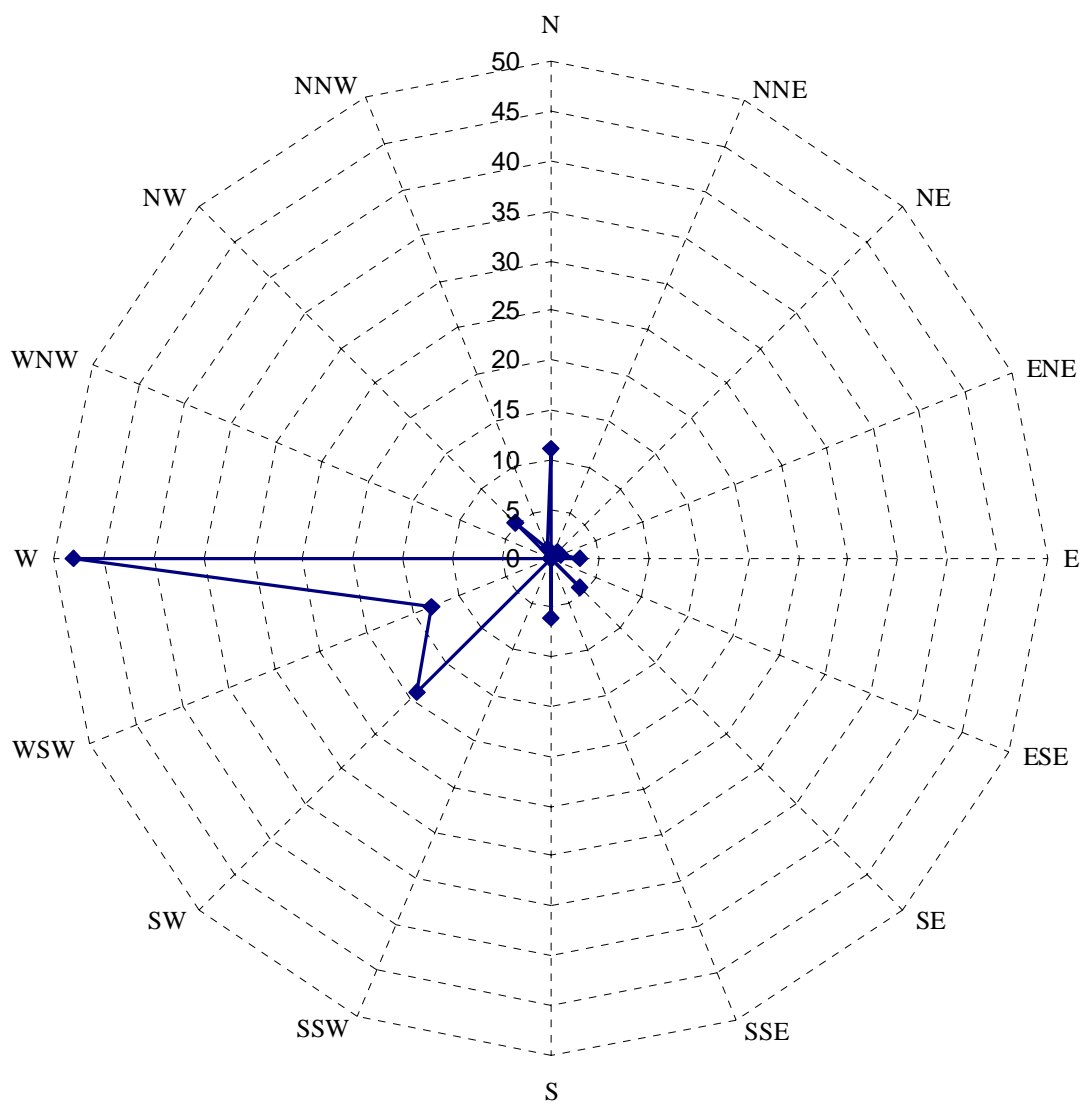


Fig. 3.27. Direzioni prevalenti del vento in caso di evento piovoso

Si nota come le direzioni predominanti di provenienza di precipitazioni di forte intensità sono, come supposto, le direzioni comprese tra SW e W; le precipitazioni provenienti da tali direzioni sono oltre il 70 % del totale delle precipitazioni esaminate.

Si può affermare che si ha una sostanziale differenza tra quelle che sono le precipitazioni a carattere temporalesco del bacino del T. Cenischia e quelle di un suo sottobacino, il T. Marderello. Ciò è dovuto alla particolare geomorfologia del versante, che impedisce l'arrivo di precipitazioni provenienti da SE e lascia spazio alle sole precipitazioni provenienti dalla Francia. L'affermazione può essere interpretata positivamente, perché ne risulta che, in caso di forte precipitazione sul T. Marderello, il fenomeno di colata detritica che può talora verificarsi non è necessariamente accompagnato da una piena del T. Cenischia.

E' esperienza comune il fatto che molto spesso i fenomeni di colata detritica riguardanti il Torrente Marderello si verificano quando a valle la giornata è serena; ciò va a rafforzare le conclusioni appena enunciate.

3.15. Osservazioni

L'analisi delle precipitazioni ha consentito di trarre alcune considerazioni:

- la distribuzione di Gumbel è quella che meglio approssima il regime pluviometrico del bacino del Torrente Cenischia;
- statisticamente, si osserva che gli eventi meteorici che riguardano il bacino del Torrente Cenischia provengono soprattutto da N-W, e in misura minore da S-E;
- alla stazione meteorologica di Pian Marderello l'orografia influenza fortemente il regime pluviometrico; oltre il 70 % degli eventi meteorici con intensità di precipitazione superiore a una certa soglia hanno provenienza da N-W (cioè dal Colle del Moncenisio).