

INTRODUZIONE

Il presente lavoro ha l'obiettivo di analizzare i valori estremi delle quantità di precipitazioni di durata (giornaliera e di 24 ore). I dati analizzati sono provenienti da diversi data warehouse dell'agenzia dallo stato APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici).

Tale Agenzia, istituita dall'art. 38 del D.L.gvo n. 300 del 30.7.1999, svolge i compiti e le attività tecnico-scientifiche di interesse nazionale per la protezione dell'ambiente, per la tutela delle risorse idriche e della difesa del suolo, essa nasce dalla fusione tra l'Agenzia nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA) ed il Dipartimento per i Servizi tecnici nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

La struttura di tale agenzia si articola in Dipartimenti e Servizi interdipartimentali; per tale studio il dipartimento d'interesse è stato quello "Tutela acque interne e marine" – Ufficio raccolta e gestione Dati- che provvede, coinvolgendo le strutture periferiche predisposte, alla definizione dei criteri per l'individuazione delle reti nazionali di rilevamento, all'indicazione dei criteri per il rilievo dei corsi d'acqua, al monitoraggio del territorio avvalendosi della rete idro-metro-pluviometrica in tempo reale e al contempo della rete tradizionale dei dati di misura dei valori idrologici e dei valori chimico-fisici delle acque sorgentizie.

Questa possiede diversi database contenenti dati di svariata origine e classificazione, in particolare per lo sviluppo della tesi si è utilizzato, principalmente, un database storico, in cui sono presenti dati meteorologici nazionali dall'inizio del novecento fino al 1994 e oltre in alcuni casi, quindi per avere maggiori informazioni sugli sviluppi più recenti si sono integrati tali dati con quelli facenti parte di database tempo reale (1995-2003), dove si trovano i dati riferiti a questa fascia di anni con la particolarità di includere dati trasmessi in telemisura.

Data warehouse idrologico APAT -Software utilizzati

In questo capitolo sarà illustrato il funzionamento del data warehouse APAT, spiegando i meccanismi con cui è stato costruito e i criteri d'archiviazione, inoltre saranno descritti brevemente i programmi che permettono l'utilizzo e la consultazione di tale warehouse.

Database storico

Il database storico contiene circa 40 milioni di records, provenienti da molteplici stazioni pluviometriche. L'intervallo temporale massimo coperto, da cui poi deriva il nome del database, va approssimativamente dal 1920 al 1998, naturalmente ci sono svariate stazioni che hanno lavorato per periodi minori, o in modo discontinuo su detto periodo.

In fase di consultazione ed estrazione dei dati, data la grande quantità di informazioni contenute nel database, è necessario utilizzare un'applicazione capace di gestire queste molteplici informazioni, in questo caso si utilizza l'applicativo MySQL Control Center 0.9.4-beta, attraverso il quale ci si collega direttamente al server dell'APAT.

Dal punto di vista idrologico, l'Italia è suddivisa in bacini, ossia aree caratterizzate da un punto di raccolta delle acque (lago, fiume, ruscello, falda sotterranea,...), provenienti dal territorio circostante. Questi bacini a loro volta sono raggruppati in 12 compartimenti, nella quale operano numerose stazioni. Tali stazioni sono contraddistinte da un numero assegnato in base alla pubblicazione numero 27 dell'anno 1970 edita dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici. Tale Pubblicazione utilizza un sistema di attribuzione numerica basato sulla posizione delle stazioni all'interno dei bacini d'Italia, a partire dal quello più a nord, sono state enumerate tutte le stazioni appartenenti a tali bacini procedendo in senso latitudinale.

Le stazioni misurano la quantità di precipitazione espressa in (mm), tali misure vengono immesse nel database, che inoltre contiene altre informazioni riguardo alla stazione di provenienza di tale misura, alla durata della misurazione (giornaliera, mensile, ecc.), alla fonte di provenienza del dato, e molte altre informazioni che non è stato ritenuto utile immettere nel presente lavoro.

Un approfondimento va fatto in riguardo alle fonti di provenienza del dato, queste sono 3:

1. La fonte GEODOC, che si riferisce ad una cooperativa privata incaricata dall'APAT di trascrivere i dati pluviometrici provenienti dagli uffici compartimentali. Tale trascrizione prevede il passaggio dal formato cartaceo, (quello costruito direttamente dal sensore) al formato elettronico. Proprio questa operazione manuale dei tecnici compartimentali, ha determinato, nella fase di trascrizione dei dati, una certa percentuale di errori ed omissioni. I dati di questa fonte sono misurazioni giornaliere e cumulate mensili.
2. La fonte REDBRIK, che trasmette i dati direttamente in formato elettronico, i dati presenti sono solo cumulate mensili e i massimi annuali di diverse durate.
3. La fonte 37 stazioni legata a studi svolti da un'università italiana, sono dati almeno per il presente lavoro di scarsa importanza.

A meno di errori, i dati provenienti dalle 2 differenti fonti, sono gli stessi quindi si possono integrare senza problemi, cosa che è stato fatta in questo studio.

Database tempo reale

La struttura del database Tempo Reale si basa su un'impostazione che potremmo definire "a catena": stazione-sensore-dato. Il dato pluviometrico è direttamente collegato ad un sensore che lo registra e a sua volta il sensore è situato all'interno di una stazione. Il periodo temporale considerato va dal 1995-2003.

Il problema è che il numero identificativo delle stazioni nel database storico non è lo stesso nel database tempo reale, questo fa sì che il continuum delle serie dei dati per una stazione, è possibile ricostruirlo solo per poche di esse, problema riscontrato anche nel presente lavoro.

Software utilizzati

MySQL

Nella prima fase consultiva è stato utilizzato il programma MySQL Control Center 0.9.4-beta. Questo programma permette di accedere direttamente, attraverso host name e password forniti dai tecnici APAT, ai dati completi dei diversi archivi informatici. La

visualizzazione dei valori viene gestita in maniera globale dal programma che, per favorire la velocità di elaborazione ed interrogazione, visualizza solamente i primi mille record di ogni selezione. Questo software è stato progettato proprio per la gestione di grandi moli di dati ed è particolarmente utile e per capire la struttura e la disposizione delle informazioni. Attraverso la Console Manager si possono visualizzare i server a cui si è connessi con le relative tabelle, mentre attraverso la programmazione SQL è possibile interrogare direttamente gli archivi.

Microsoft Access

In una seconda fase si è preferito utilizzare il software di gestione dati di Microsoft Access 2003. Poiché esso permette una maggiore facilità di programmazione dovuta all'uso di un interfaccia più "amichevole" e agevole per l'utente. Tale programma permette di interrogare il database centrale tramite dei collegamenti, che riducono i tempi di estrazione ed elaborazione dei dati.

Il linguaggio di programmazione SQL viene comunemente utilizzato come codice di riferimento per le basi di dati relazionali come Access. SQL non è solo un linguaggio di interrogazione, contiene infatti al suo interno sia le funzionalità di un Data Definition Language, DDL (con un insieme di comandi per la definizione di uno schema di una base di dati relazionale), sia quelle di un Data Manipulation Language, DML (con un insieme di comandi per la modifica e l'interrogazione dell'istanza di una base di dati).

R

Il programma R è un linguaggio e un ambiente dedicato alla statistica e alla creazione di grafici. Fa parte del progetto GNU (GNU Operatine System-Free Software Foundation) e può essere paragonato al linguaggio S sviluppato dalla Bell Laboratories. R nasce come applicazione open source, può essere utilizzata da un'ampia gamma di piattaforme da Windows, Linux a MacOS.

Il linguaggio R fornisce un'ampia varietà di tecniche statistiche (modellistica lineare e non lineare, test statistici classici, analisi delle serie storiche.....).

In questa tesi si è utilizzato tale programma per lo studio dei valori estremi a partire dalla stima dei parametri del modello fino ad arrivare a grafici per la verifica dell'adattamento del modello rispetto ai dati osservati utilizzati per crearlo.

ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI

I dati analizzati

Per poter svolgere una buona indagine statistica sulle serie storiche, c'è bisogno che queste siano lunghe, ma in particolare continue, proprio per questo la prima parte del lavoro riguarda una selezione dei dati contenuti nel database dell'APAT. Tale selezione mette in risalto la presenza di serie lunghe e continue per le stazioni del compartimento di Pisa, ma essendo queste molto numerose, risulta impossibile analizzarle tutte, quindi si è deciso di prendere solo quelle del BIM (Bollettino Meteorologico Italiano), che hanno la proprietà di essere rappresentative di tutte le altre facenti parte dello stesso compartimento, in questo modo si riuscirebbe ad avere una panoramica generale del compartimento intero, anche se va ricordato che le precipitazioni sono fenomeni che possono differire molto anche in spazi relativamente ridotti. Le stazioni del compartimento di Pisa facenti parte del BIM sono 26, ma solo 15 sono operative e per 4 di queste i dati sono incompleti, quindi si è preferito non considerarle, in conclusione l'analisi riguarda 11 stazioni, che sono indicate attraverso un numero assegnato in base alla pubblicazione numero 27 dell'anno 1970 edita dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici (capitolo 2). Comunque in appendice sono riportati alcune informazioni su queste stazioni.

Lo studio riguarda l'analisi dei valori estremi delle quantità di precipitazione attraverso i modelli classici e a soglia, in particolare per durata di precipitazione giornaliera e di 24 ore. Queste 2 durate potrebbero apparire uguali, ma non è così, infatti la misura delle precipitazioni giornaliere inizia alle 9 del mattino e finisce alle 9 del giorno successivo, mentre le precipitazioni di durata 24 ore hanno inizio in una qualsiasi ora della giornata, e terminano 24 ore dopo, quindi si può dire con sicurezza che le quantità massime annuali giornaliere sono minori o uguali a quelle massime annuali di durata 24 ore.

Data questa differenza, ma anche a causa delle differenti problematiche incontrate in sede di elaborazione dei dati le 2 analisi saranno presentate separatamente in questo capitolo.

Per quanto riguarda lo studio dei valori estremi di durata 24 ore si prendono sia per il modello classico che per quello soglia, i massimi annuali (fonte Redbrik), per un periodo che va dal 1951-1996, inoltre per 2 sole stazioni (2719:Arezzo, 2736:Vallombrosa), tali dati vengono integrati con quelli facenti parte del database Tempo Reale, ottenendo delle

serie che arrivano fino al 2002. Si è fatta questa integrazione solo per 2 stazioni in quanto per le altre o non riesce ad identificarle nel database Tempo Reale, oppure non sono più in funzione.

Per l'analisi dei valori estremi di durata giornaliera, si prendono sia i massimi annuali (fonte Redbrik), utilizzati nel modello classico, sia le misure giornaliere (fonte Geodoc) per il modello soglia. Le 2 fonti sono diverse, ma questo non comporta nessun problema in quanto le misure sono conformi. Il problema è che i dati della Geodoc anche partendo dal 1951 arrivano solo al 1987, mentre quelli della Redbrik arrivano al 1998, quindi si applicano i 2 modelli alle serie del periodo 1951-1987, per poter permettere un confronto dei risultati, poi il modello classico viene ampliato con le misure fino al 1998. Anche in questo caso si integrano i dati del database storico con quelli del database Tempo Reale solo per le 2 stazioni viste precedentemente.

Per non appesantire troppo la lettura del lavoro, si è deciso di presentare in questo capitolo solo lo studio di una singola stazione, lasciando il compito di riassumere e confrontare tutti i risultati ottenuti a tabelle ampiamente commentate. Le altre analisi eseguite verranno esposte in appendice in modo ugualmente approfondito, per permettere una più rapida e semplice consultazione.

Analisi delle precipitazioni massime (durata 24h), secondo l'approccio "classico"

La figura 4.1 mostra le precipitazioni massime annuali registrate nella stazione 2719 (Arezzo), nel periodo 1951-1996. Nel grafico notiamo un andamento frastagliato, e non si evidenzia un chiaro trend. Cosa importante perché se si fosse evidenziato un trend avremmo dovuto toglierlo, altrimenti la proprietà di identica distribuzione dei massimi non potrebbe essere accettata.

La figura 4.2 mostra le autocorrelazioni dei massimi e si vede che queste sono basse, e sempre all'interno delle bande di confidenza, quindi possiamo concludere che stiamo di fronte ad osservazioni indipendenti.

Quindi dallo studio di entrambi i grafici possiamo affermare che le osservazioni risultano essere idonee all'applicazione del modello GEV.

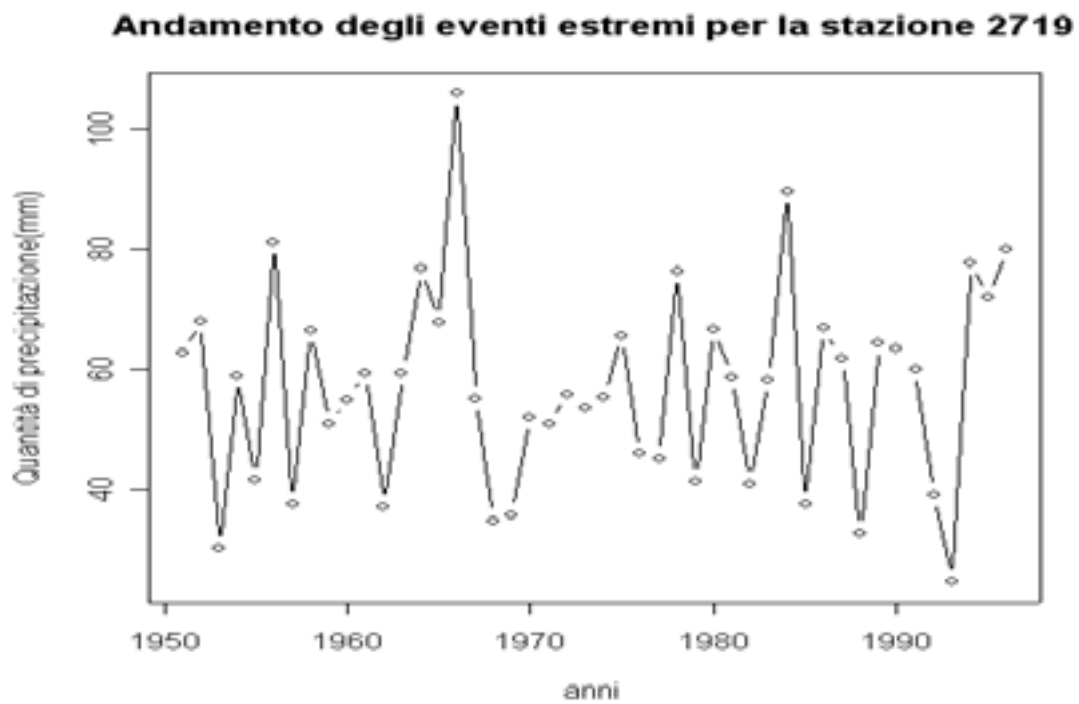


Fig. 4.1 Serie temporale dei massimi annuali (durata 24h)

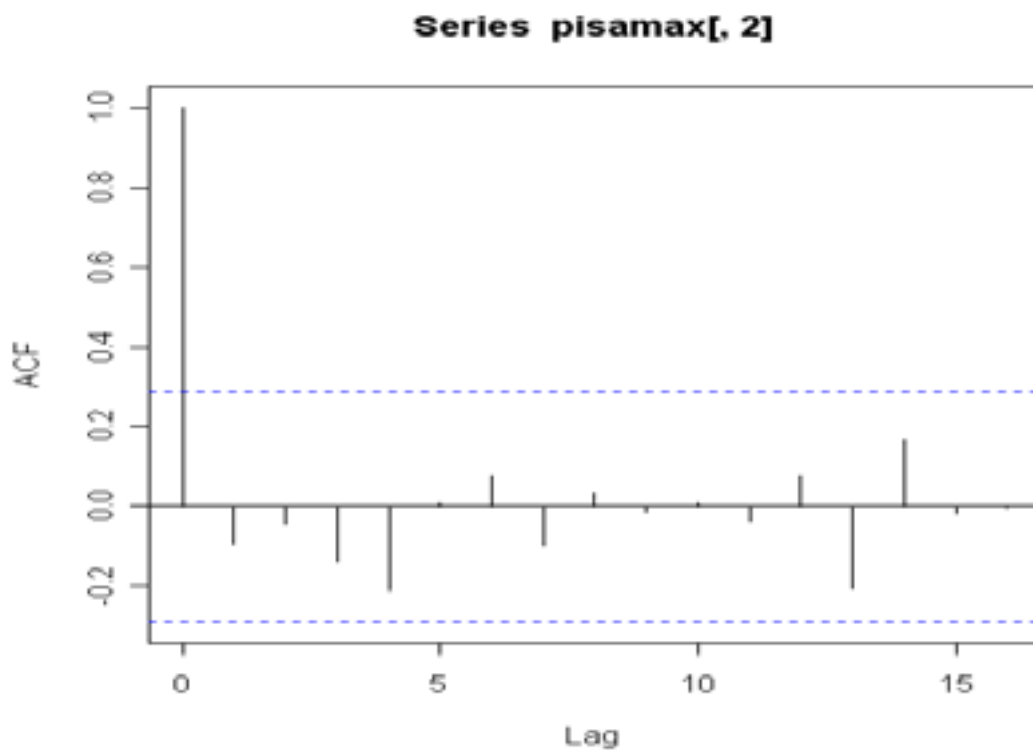


Fig. 4.2 Autocorrelazioni dei massimi annuali

La stima dei parametri con il metodo della massima verosimiglianza per la GEV porta ai seguenti risultati:

$$(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\varepsilon}) = (50.25; 15.32; -0.1572)$$

La condizione (3.8) è rispettata, perciò le stime sono accettabili.

L'inversa della matrice d'informazione mi dà la matrice di varianza-covarianza dei parametri stimati, la diagonale di detta matrice corrisponde alle stime delle varianze di ciascun parametro; quindi calcolando le radici quadrate di tali valori giungiamo agli errori standard: (2.499; 1.752; 0.091) rispettivamente.

Il vettore dei parametri si distribuisce approssimativamente come una normale multivariata, quindi si possono calcolare gli intervalli di confidenza con un grado di fiducia pari al 95%; tali intervalli saranno:

$$\hat{\mu} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\text{var}} = 50.25 \pm 1.96 \cdot 2.499 = (55.15; 45.35)$$

$$\hat{\sigma} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\text{var}} = 15.32 \pm 1.96 \cdot 1.752 = (18.75; 11.89)$$

$$\hat{\varepsilon} \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\text{var}} = -0.1572 \pm 1.96 \cdot 0.091 = (-0.335; 0.021)$$

Ricordiamo che il metodo di massima verosimiglianza è valido solo per ε maggiore di -0.5; in questo caso non ci sono problemi, perché sia $\hat{\varepsilon}$ che il suo intervallo soddisfano tale requisito.

Si ricorda che nel caso di ε negativi la distribuzione è limitata superiormente, in questo caso non possiamo dirlo con certezza, perché una parte dell'intervallo ha valori positivi, ma se avessimo preso un grado di fiducia leggermente più basso pari al 90% l'intervallo avrebbe avuto valori tutti negati, quindi pensare che la distribuzione sia limitata superiormente non è poi così azzardato. Questo appare altrettanto bene nel caso di intervalli calcolati attraverso l'uso della verosimiglianza profilo figura (4.3).

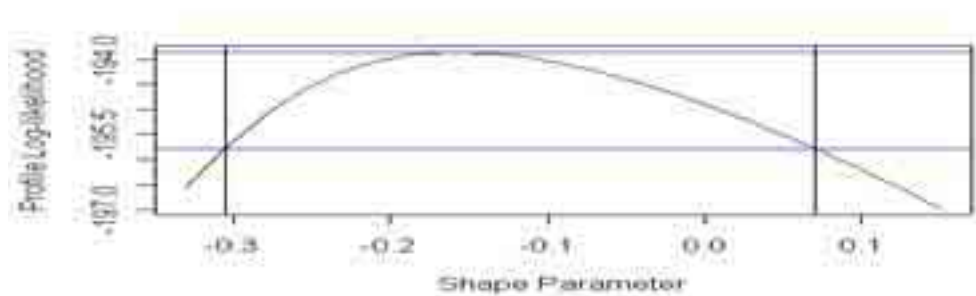


Fig. 4.3 Verosimiglianza profilo per ε

Dalla verosimiglianza profilo si trovano degli intervalli di confidenza pari a: (-0.3;0.07) con fiducia pari al 95%. Si nota come questo intervallo riproduca sostanzialmente le stesse caratteristiche di quello precedente.

Proprio per questo motivo si può calcolare l'estremo superiore della distribuzione che sarà pari a: **147.72** che come detto corrisponde al “*periodo di ritorno dell’osservazione infinita*”.

Cerchiamo ora stime per i livelli di ritorno con tanto d'intervalli di confidenza.

Prima di tutto consideriamo un livello di ritorno pari a 10 anni, questo si ottiene andando a sostituire il valore $p=1/10$ nella (3.9), trovando così $\hat{Z}_{0.1}=79.29$. Questo valore rappresenta il livello di pioggia che verrà superato mediamente una volta ogni 10 anni.

Sostituendo invece $p=1/100$ otteniamo $\hat{Z}_{0.01}=101.33$, ossia il valore che verrà superato in media una volta ogni 100 anni.

Si potrebbero calcolare infiniti livelli di ritorno, però va ricordato che per periodi di ritorno troppo grandi (ad esempio superiori a 100 anni), difficilmente permarranno le condizioni iniziali e quindi cadrebbero le ipotesi del modello che non risulterebbe essere più rappresentativo.

Tutti i livelli di ritorno calcolati per ogni decade sono riportati nella tabelle successive di cui si è accennato precedentemente.

Vediamo ora le verosimiglianze profilo con rispettivi intervalli di confidenza per i 2 livelli di ritorno precedenti ($\hat{Z}_{0.01}$; $\hat{Z}_{0.1}$), figura 4.4, 4.5.

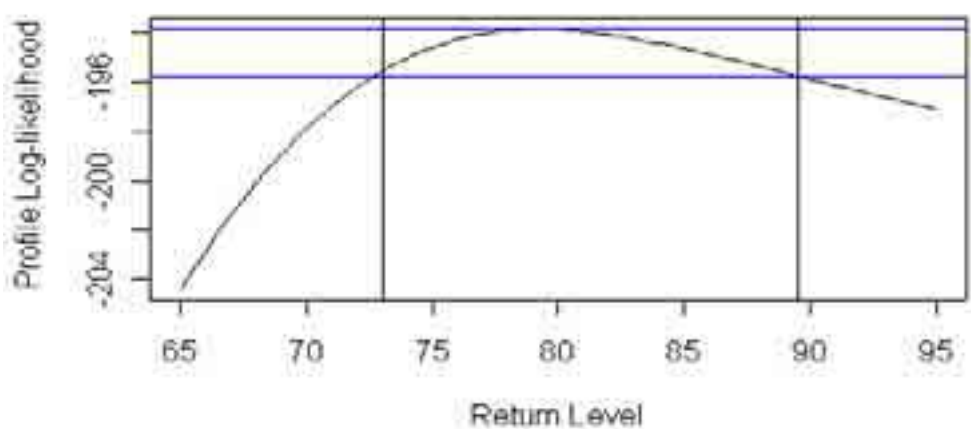


Fig 4.4 Verosimiglianza profilo e bande di confidenza per livello di ritorno di 10 anni

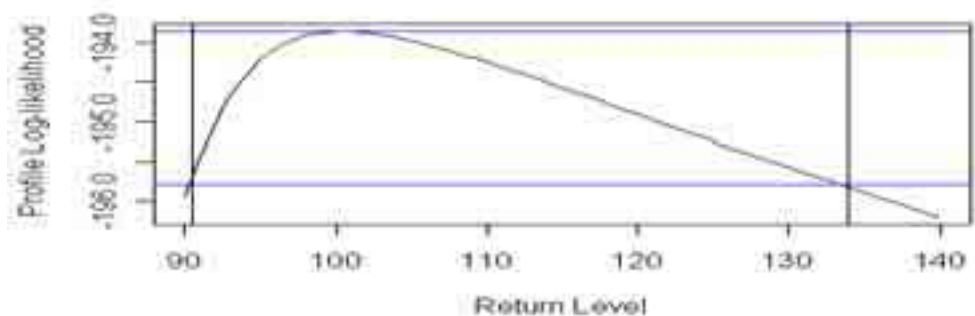


Fig. 4.5 Verosimiglianza profilo e bande di confidenza per livello di ritorno di 100 anni

Gli intervalli di confidenza per $\hat{Z}_{0.1}$ sono pari a (73;89.5), mentre per $\hat{Z}_{0.01}$ sono pari a (90.5;134).

E' interessante vedere come il secondo intervallo sia molto più ampio del primo questo perché i dati forniscono sempre meno informazioni man mano che il processo raggiunge valori più estremi.

Un'altra osservazione è che l'intervallo di confidenza, come detto precedentemente, non è simmetrico come quello ricavato attraverso il metodo *delta*, anzi man mano che aumenta il livello di ritorno questo tende a divenire sempre più asimmetrico verso destra.

Ora si deve verificare come il modello si adatta ai dati osservati (massimi annuali), nella figura (4.6) sono riportati i 4 grafici descritti nel paragrafo 3.3.3.

Per quanto riguarda il probability plot ed il quantile plot prendono in considerazione la stessa informazione espressa in scale differenti. Questa però non è una ripetizione perché magari un ragionevole adattamento su una scala può sembrare povero su un'altra. Ad esempio prendendo in considerazione la figura 4.6 sembra dal probability plot che l'adattamento sia perfetto, mentre il quantile plot evidenzia una leggera sottostima del valore più grande osservato che è pari a 106mm mentre nel modello a quella probabilità si hanno valori intorno al 94mm. Questa cosa riappare in modo molto più marcato nel retur level plot infatti si vede che il valore osservato pari a 106mm, oltre a non stare sulla curva del modello quasi non rientra neanche all'interno degli intervalli di confidenza intorno a tale curva, questo potrebbe portare ad una sottostima di valori troppo grandi da parte del nostro modello.

In generale comunque i 4 grafici dimostrano che il modello si adatta bene ai dati osservati, a parte questa problema detto precedentemente. Un ultima particolarità da osservare è che

essendo ε minore di 0 la curva è concava ed ha limite finito come si può intravedere dal return level plot.

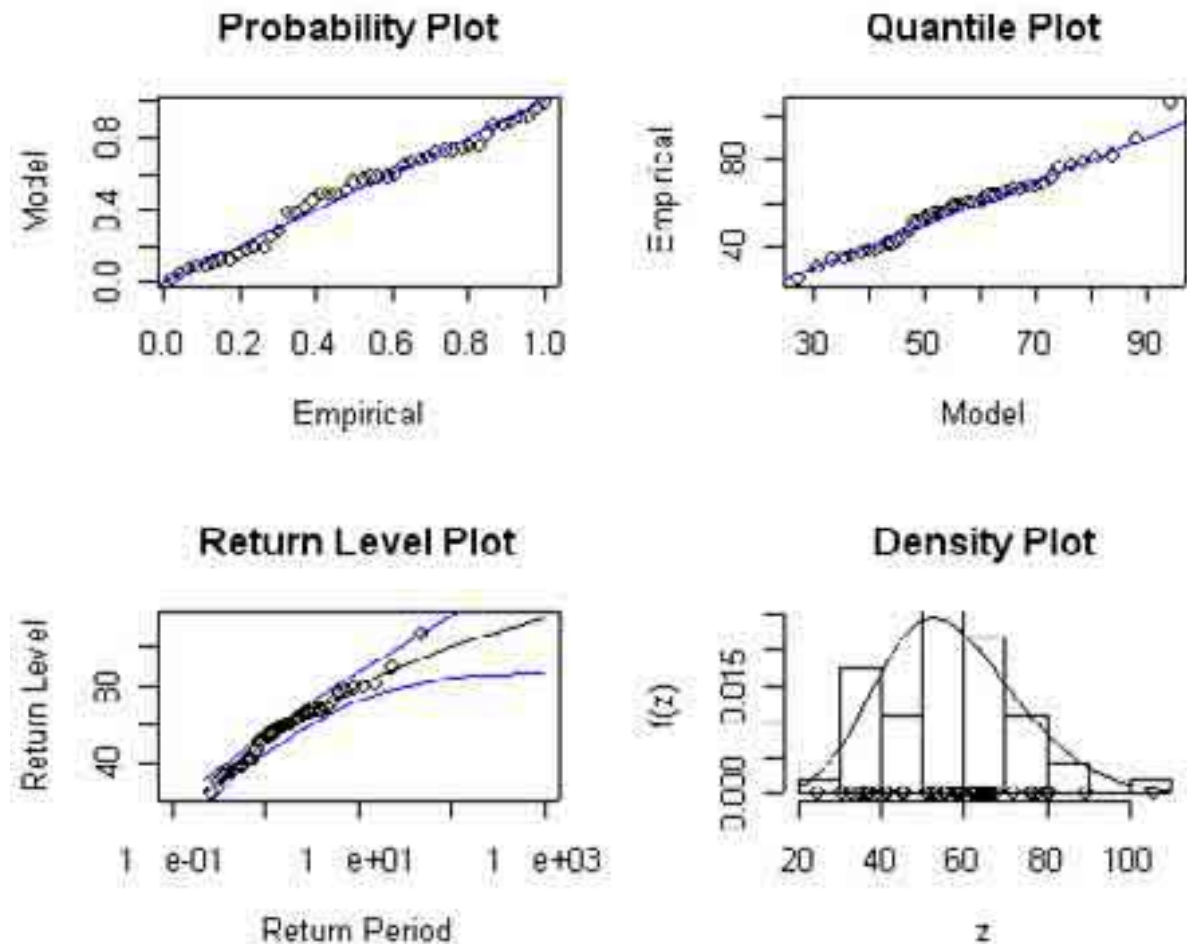


Fig 4.6 Grafici diagnostici per la verifica dell'adattamento del modello GEV ai dati

Analisi delle precipitazioni massime (durata 24h), secondo il metodo “soglia”

Anche per questo modello sono state utilizzate le misure dei massimi annuali registrate nella stazione 2719 (Arezzo), nel periodo 1951-1996, che come avevamo visto precedentemente soddisfacevano i requisiti di indipendenza e identica distribuzione necessari per l'applicazione di tale modello.

Il primo problema da affrontare riguarda la scelta della soglia u che definirà quale osservazioni saranno utilizzate per creare il modello. Un aiuto in tale scelta ci viene dato da

2 grafici; il mean residual life plot, e il parameter stability plot, entrambi ampiamente spiegati nel paragrafo 3.4.1.

Il grafico (fig. 4.7) mostra un rapido decremento fino circa al valore 60, poi il livello si stabilizza, anche se per valori superiori al 75 circa, ci sono troppe fluttuazioni a causa di stime basate su pochissimi dati e quindi non attendibili. Quindi da questo grafico sembra che il valore di soglia accettabile risulti essere intorno a 60mm, anche se non possiamo dirlo ancora con certezza.

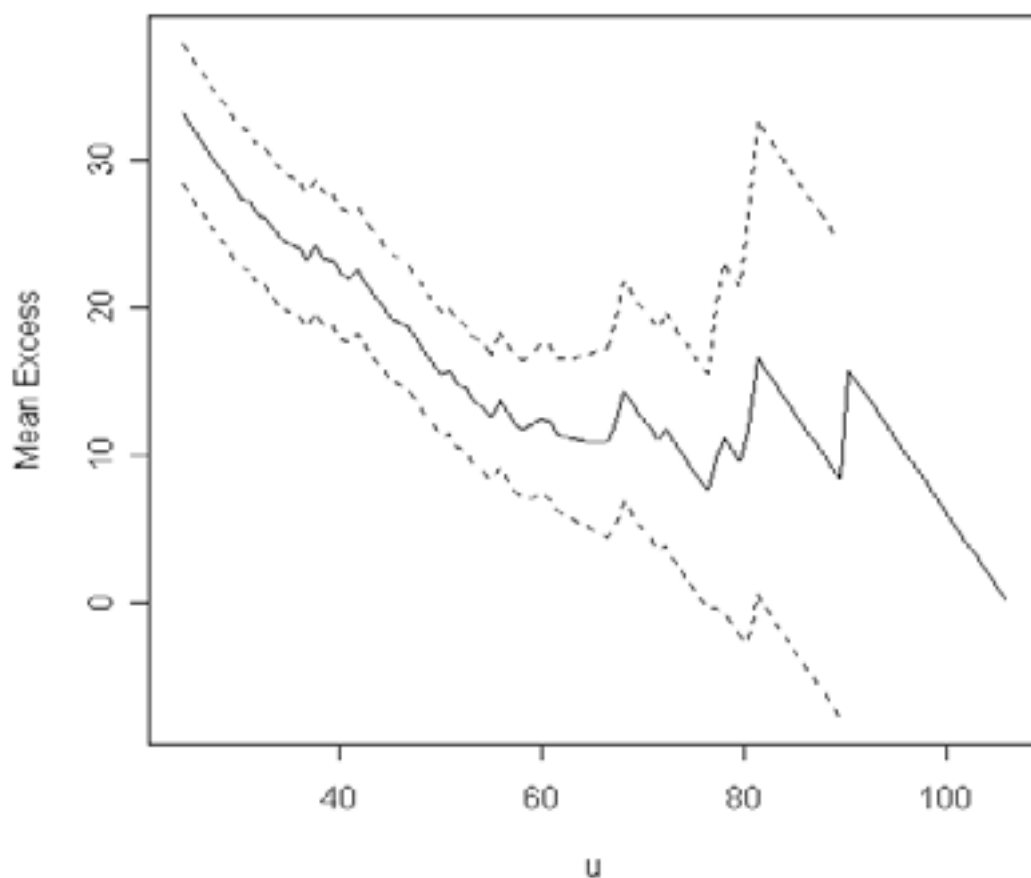


Fig. 4.7 Mean residual life plot per le precipitazioni massime annuali (durata 24h)

Un'ulteriore aiuto nello scoprire la soglia migliore ci viene dato dal grafico della stabilità dei parametri (fig. 4.8). Questo grafico mi conferma quanto appreso da quello precedente ossia che la soglia ideale si aggira intorno al valore 60mm, più precisamente il più piccolo valore per la quale i 2 parametri tendono a stabilizzarsi, che come detto precedentemente,

implica che il modello da quella soglia in poi si adatta bene ai dati, risulta essere 59mm, valore che quindi verrà utilizzato nel modello.

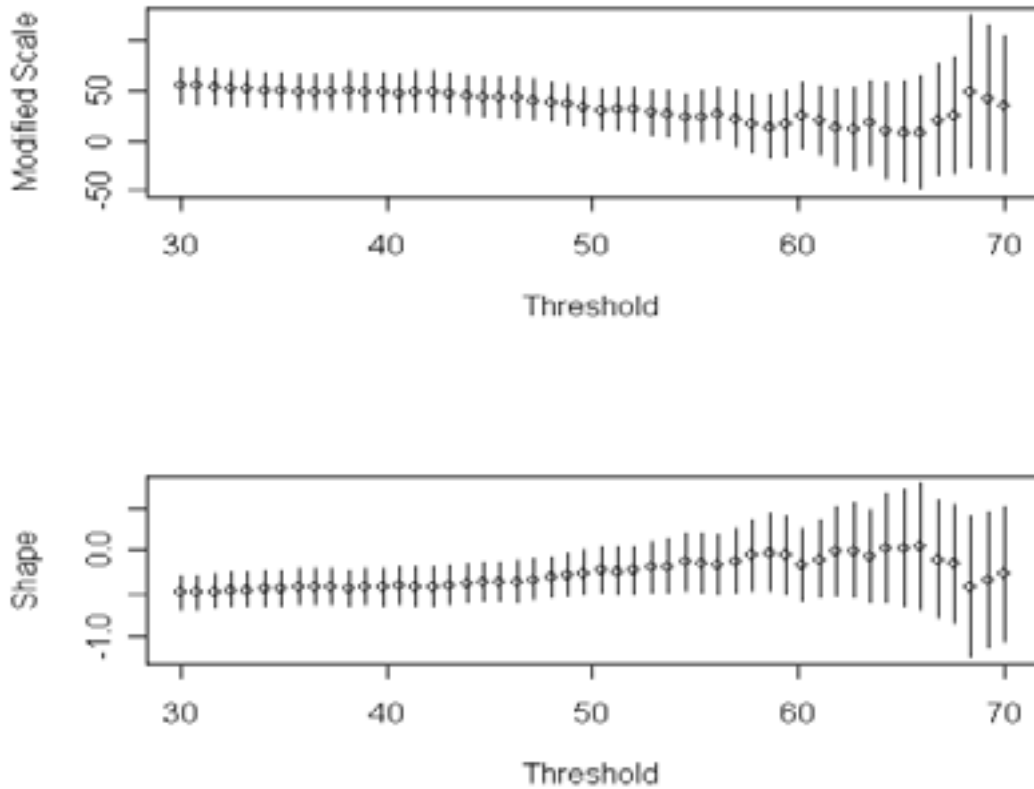


Fig 4.8 Parameter stability plot sopra i parametri di (scala σ^*) sotto quelli di (forma ε)

Le stime di massima verosimiglianza per la GPD sono in questo caso pari a:

$$(\hat{\sigma}, \hat{\varepsilon}) = (13.215; -0.0952)$$

mentre gli errori standard risultano essere pari a (4.11; 0.222) rispettivamente. Da cui segue che gli intervalli di confidenza risultano essere:

$$\hat{\sigma} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\text{var}} = 13.215 \pm 1.96 \cdot 4.11 = (21.27; 5.16)$$

$$\hat{\varepsilon} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\text{var}} = -0.0952 \pm 1.96 \cdot 0.222 = (-0.53; 0.339)$$

Possiamo subito vedere che in questo caso gli intervalli di confidenza sono molto più grandi di prima, a causa degli errori standard troppo elevati, tutto ciò è dovuto ai pochi punti con cui si è costruita la curva, il problema è che si sono usati i massimi annuali che avevano numerosità basso e di questi ne abbiamo presi il 45%, questo per poter trovare un

equilibrio tra adattamento del modello e varianze non troppo elevate come detto nel capitolo precedente.

Un'altra cosa che appare dai risultati è che ε non risulta essere sicuramente >-0.5 , ma questo non ci allarma troppo perché il valore più basso dell'intervallo è pari a -0.53 ciò implica che la probabilità di avere un ε minore di -0.5 è bassissima. Inoltre in questo caso non si può dire che ε sia quasi sicuramente negativo, come si era fatto precedentemente, quindi non siamo in grado di dire se la distribuzione abbia un massimo o no.

Comunque anche in questo caso si vuole vedere l'intervallo di confidenza del parametro forma (ε), attraverso l'uso della verosimiglianza profilo (figura 4.9)

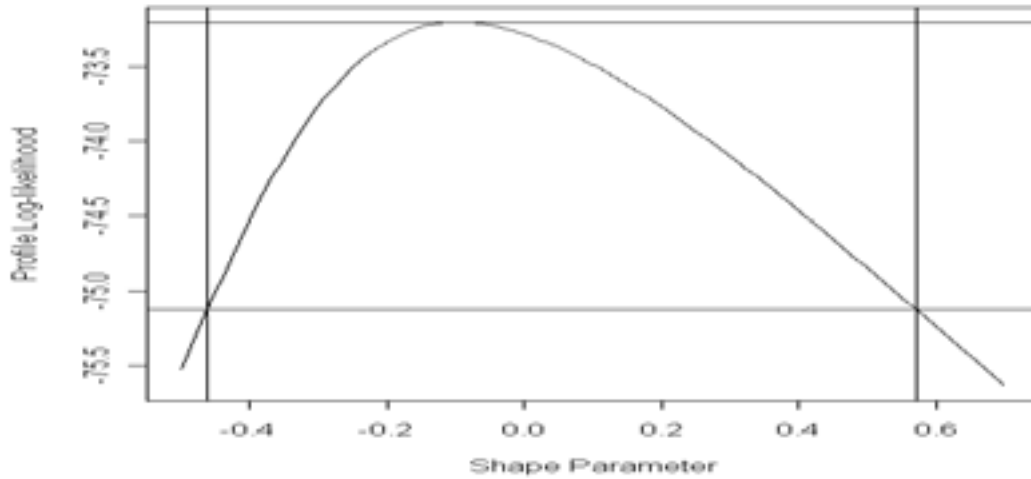


Fig. 4.9 Verosimiglianza profilo per il parametro ε

In questo caso l'intervallo di confidenza risulta essere pari a $(-0.46; 0.57)$, che è sempre molto ampio, ma ci tranquillizza sul fatto che ε sia maggiore di -0.5 .

Ora si può focalizzare l'attenzione sui livelli di ritorno; si ha $\hat{\zeta}$ che rappresenta la stima della probabilità d'eccedenza, data dai valori che superano la soglia u su il totale delle osservazioni iniziali (massimi annuali), risulta pari a $\hat{\zeta} = 21/46 = 0.4565$. Mentre il valore di $m = N \cdot n_y$ essendoci una sola osservazione per anno, implica che $n_y = 1$, quindi $m=N$.

sostituendo i valori stimati e quello della soglia scelta nella (3.18), si ottengono tali risultati : $\hat{\chi}_{10} = 77.68$, che rappresenta il livello di ritorno per un periodo di 10 anni, $\hat{\chi}_{100} = 101.32$ in questo caso il periodo di ritorno è di 100 anni.

La prima cosa che si nota è che i risultati dei 2 metodi sono molto simili nel modello GEV questi partono da un valore poco più grande 79 dopo 10 anni , ma arrivano per periodi di ritorno pari a 100 allo stesso livello di ritorno pari a 101, tutto ciò è dovuto al valore di ε che risulta essere un po' più piccolo rispetto a quello del modello soglia.

Gli intervalli di confidenza per tali livelli di ritorno risultano essere: per \hat{x}_{10} (71;88) (figura 4.10), mentre per \hat{x}_{100} (89;190) (figura 4.11).

Anche in questo caso si nota la forte asimmetria di tali intervalli specialmente per periodi di ritorno molto grandi che come prima può essere spiegata dalle minori informazioni fornite dai dati man mano che il processo raggiunge valori più estremi.

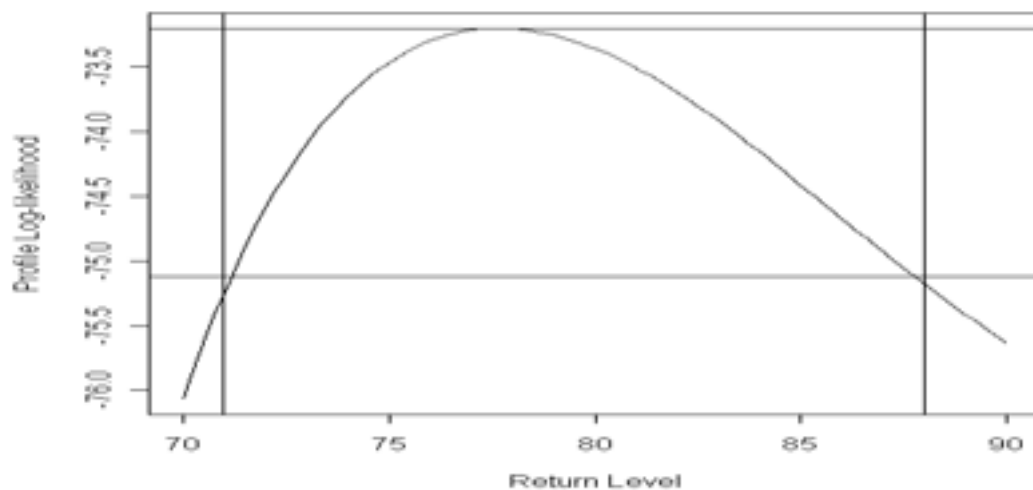


Fig 4.10 Verosimiglianza profilo per il livello di ritorno di 10 anni

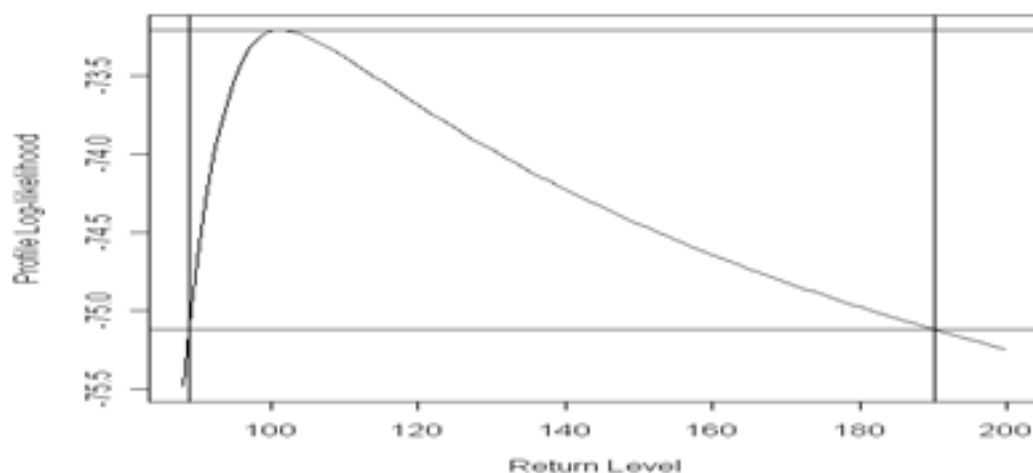


Fig 4.11 Verosimiglianza profilo per livelli di ritorno di 100 anni

Da un confronto tra gli intervalli di confidenza dei livelli di ritorno dei 2 modelli si nota che per livelli di ritorno bassi non c'è molta differenza, mentre per livelli di ritorno più alti il modello soglia mi parto a intervalli di confidenza troppo alti che mi fanno perdere d'importanza il risultato che potrebbe variare su un range di valori troppo ampio, questo può essere spiegato di nuovo dai troppi pochi valori con cui si è costruito il modello. Per finire si verifica l'adattamento del modello ai dati attraverso il solito supporto grafico.

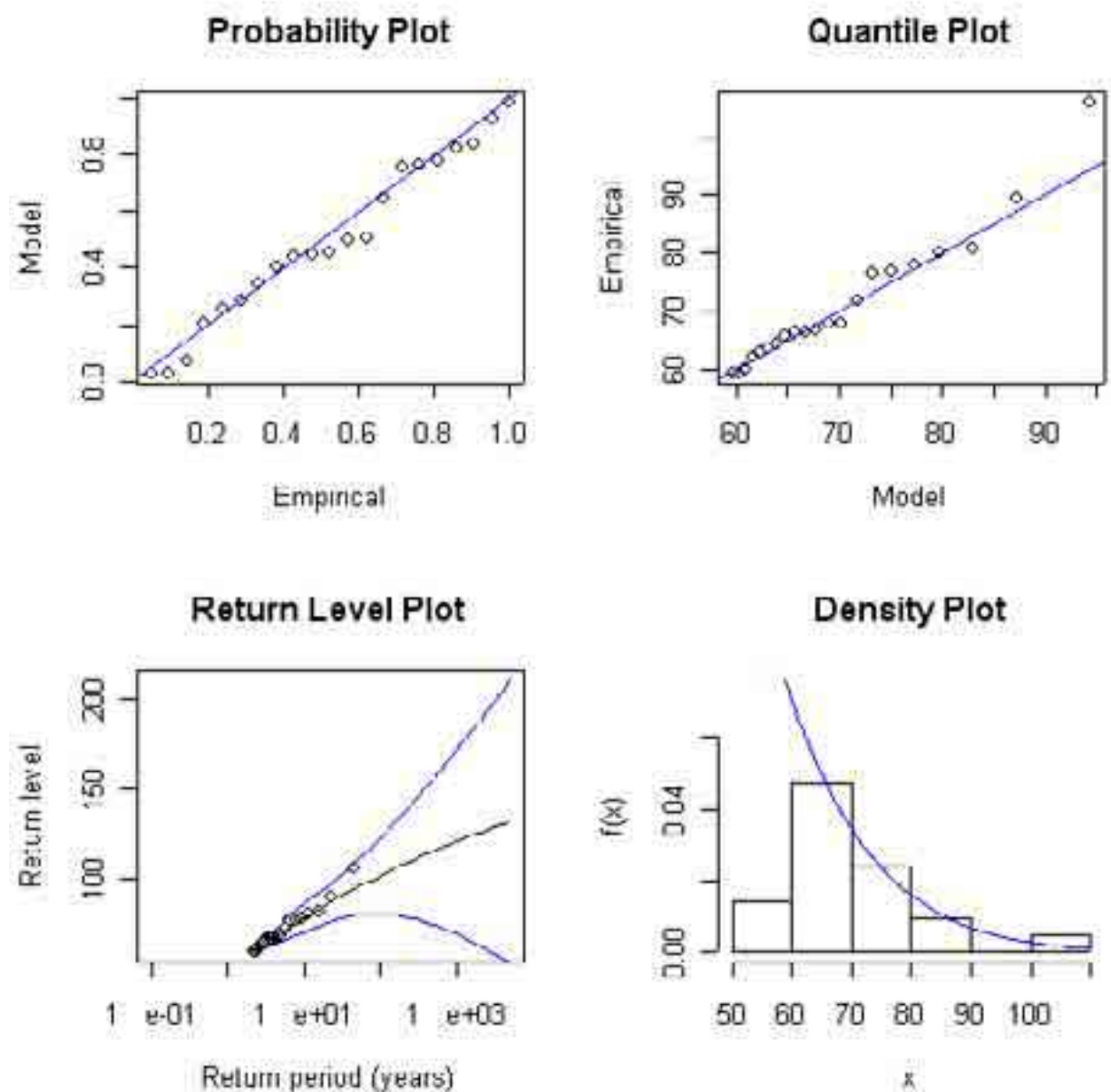


Fig. 4.12 Grafici diagnostici per il modello GPD

I grafici mettono in evidenza un discreto adattamento del modello ai dati, naturalmente il probability plot e il quantile plot risultano essere un po' peggiori di quello del modello GEV, ma questo perché la GPD è stata costruita con solo 21 punti. Il problema più grave però è che come prima c'è un valore estremo che cade proprio al limite delle bande di confidenza e quindi il modello tende a sottostimarli, ossia relazionando quanto detto ora con il risultato di \hat{x}_{100} che avevamo previsto pari a 101.32 con intervallo di confidenza pari a (89;190), questo potrebbe benissimo essere uguale a 190 che risulta essere troppo differente da 101.

Confronto tra stazioni

Lo stesso tipo di elaborazione condotta per i dati relativi alla stazione 2719 (Arezzo), nei due approcci – massimo per blocco e modello soglia - è stato condotto per i dati relativi alle altre 10 stazioni del compartimento di Pisa. I risultati specifici, separatamente per tutte le stazioni sono, come detto, riportati nell'appendice.

In questo paragrafo vengono analizzate simultaneamente le stime dei livelli di ritorno e dei periodi di ritorno di tutte e 11 le stazioni, riportate e commentate nelle tabelle e nei grafici che seguono.

Nella tabella 1 vediamo i livelli di ritorno per la **stazione 2619**, presentati separatamente per i 2 approcci considerati.

TABELLA 1- STAZIONE 2619:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	136,99	136,33
1/20	155,49	153,62
1/30	166,19	163,32
1/40	173,76	170,03
1/50	179,63	175,13
1/60	184,42	179,24
1/70	188,47	182,66
1/80	191,98	185,60
1/90	195,08	188,17
1/100	197,85	190,45

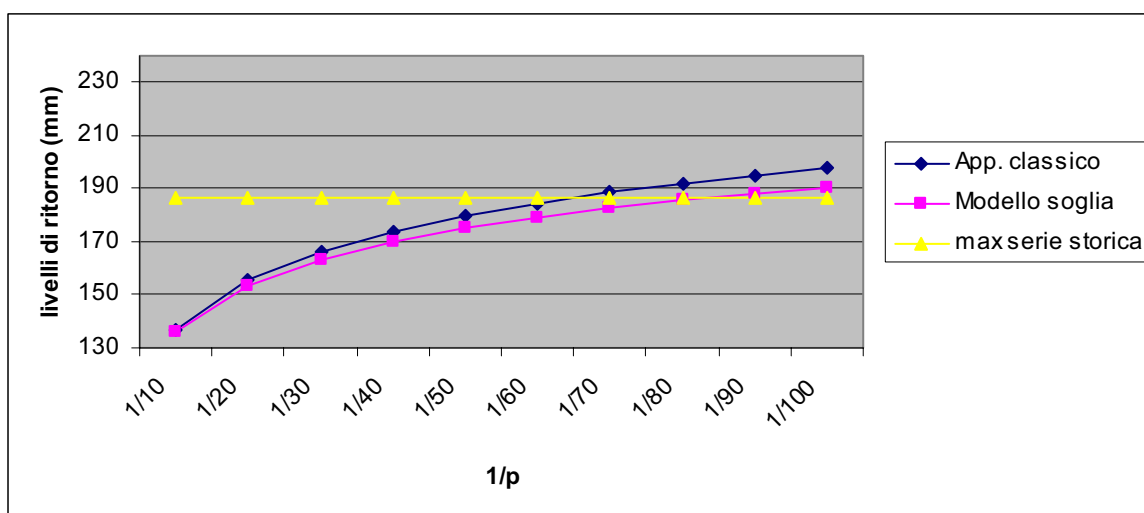
Nell'insieme tali valori sono abbastanza vicini anche se con il passare del tempo le differenze tendono ad aumentare a causa dei differenti valori di ϵ .

Comunque sembra probabile che verrà superato ogni 100 anni il valore di 190mm di precipitazione, il risultato però non risulta troppo informativo, se non rapportato ai valori registrati nel periodo di osservazione: esaminiamo allora la serie storica in nostro possesso ed evidenziamo le differenze tra il valore max registrato nel passato (186.2mm) e i risultati della tabella 1 mediante l'aiuto di un grafico e di una tabella; un risultato negativo nella tabella 2 indica, in questa come in tutte le altre tabelle che riportano variazioni tra precipitazioni osservate e stimate, che le stime superano in valore assoluto gli estremi delle serie storiche a nostra disposizione.

TABELLA 2- STAZIONE 2619: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 186,2mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-49.21	-49.87
1/20	-30.71	-32.58
1/30	-20.01	-22.88
1/40	-12.44	-16.17
1/50	-6.57	-11.07
1/60	-1.78	-6.96
1/70	2.27	-3.54
1/80	5.78	-0.6
1/90	8.88	1.97
1/100	11.65	4.25

Grafico 1 – Stazione 2619: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci



Dalla tabella 2 , e dal grafico 1 si vede che entrambi i modelli superano il valore massimo della serie osservata, solo che il modello GEV mi dice che tale valore verrà superato

mediamente ogni 65 anni circa, mentre nel modello GPD tale valore viene superato ogni 80 anni circa, entrambi i periodi risultano però essere superiori di quello d'osservazione, questo implica che entrambi i modelli predicono una diminuzione della frequenza media del valore massimo di precipitazione che si è verificato durante il periodo d'osservazione, inoltre entrambi i modelli sono concordi nel dire che prendendo un periodo temporale di 100 anni, quindi maggiore di quello d'osservazione pari a 46, i valori massimi saranno più alti di 186,2mm.

TABELLA 3- STAZIONE 2619: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	2,755	2,594
120	5,396	5,360
140	11,181	11,548
160	23,719	26,074
180	50,713	62,083
200	108,498	157,048
220	231,520	425,909
240	492,020	1252,378
260	1040,711	4050,339
300	4586,98	61041,795

La tabella 3 indica i periodi di ritorno per diversi livelli di quantità di precipitazione, questa tabella è molto interessante in quanto pone dei limiti massimi dal punto di vista temporale alle quantità di precipitazioni, per esempio appare lontanissima per entrambi i modelli la minaccia di quantità di pioggia superiori ai 250mm.

Proseguendo con le analisi per **la stazione 2956** abbiamo dei livelli di ritorno inizialmente

TABELLA 1- STAZIONE 2956:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	77,67	76.60
1/20	93,02	95.66
1/30	103,06	109.21
1/40	110,73	120.08
1/50	117,02	129.32
1/60	122,39	137.44
1/70	127,10	144.72
1/80	131,31	151.37
1/90	135,13	157.50
1/100	138,64	163.21

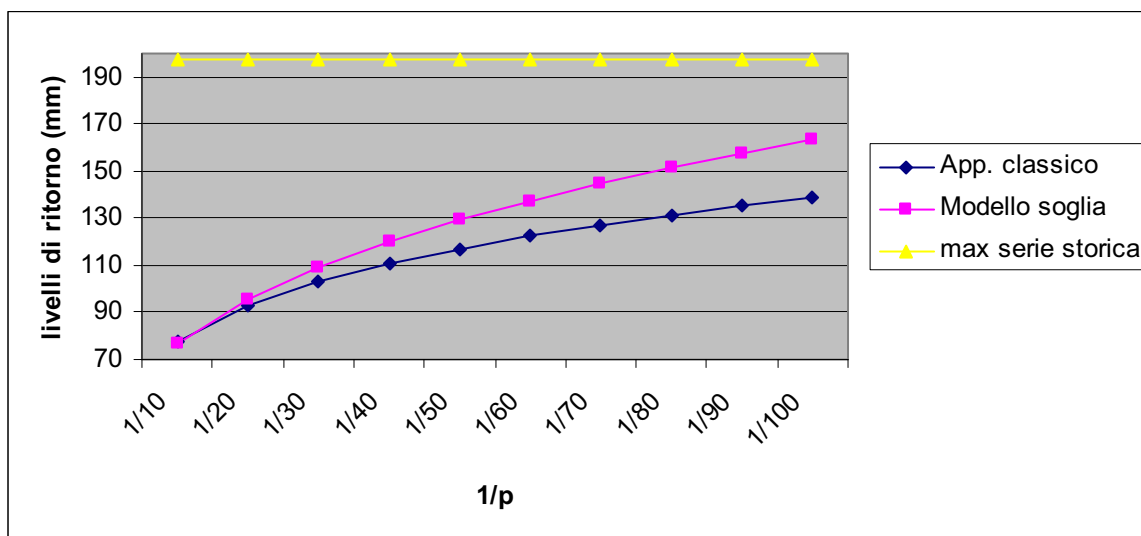
molto simili tra i due modelli poi a causa della differenza del parametro ε stimato i risultati tendono a divergere (tabella 1).

Anche in questo caso si sono rapportati tali livelli di ritorno con il valore massimo della serie osservata (tabella 2, grafico 1), si vede subito una cosa molto importante il valore massimo osservato pari a 197.2mm non verrà mai raggiunto anche per periodi molto più lunghi del periodo d'osservazione, questo problema è tipico per gli eventi straordinari, ossia se andiamo ad analizzare i dati osservati per questa stazione notiamo che il secondo valore in ordine di grandezza è pari a 102mm mentre tutti gli altri sono inferiori a 100mm, i modelli quindi

TABELLA 2- STAZIONE 2956: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 197,2mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-119,53	-120.6
1/20	-104,18	-101.54
1/30	-94,14	-87.99
1/40	-86,47	-77.12
1/50	-80,18	-67.88
1/60	-74,81	-59.76
1/70	-70,10	-52.48
1/80	-65,89	-45.83
1/90	-62,07	-39.7
1/100	-58,56	-33.99

Grafico 1 – Stazione 2956: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci



si sono adattati a tali valori e non riescono a prevedere un valore estremo troppo più alto di tutti gli altri massimi, questo può essere visto anche nei grafici che verificano l'adattamento in particolare il return level plot, in entrambi i modelli tale valore risulta essere fuori dagli intervalli di confidenza, delle rispettive funzioni. Quindi qua viene fuori un limite di questi modelli, ossia si adattano bene ai valori estremi quando questi sono simili, ma non sono in grado di prevedere valori che potremmo definire “estremi di estremi”.

Infine per quanto riguarda i periodi di ritorno, associati a diversi livelli di ritorno (tabella 3)

TABELLA 3- STAZIONE 2956: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	26,604	22.92
120	55,376	39.92
140	104,112	63.40
160	181,042	94.30
180	296,105	133.49
200	461,036	181.83
220	689,450	240.19
240	996,921	309.37
260	1401,057	390.19
300	2580,321	589.92

Si può confermare quanto detto precedentemente, ossia che il valore di 197.2mm viene raggiunto dopo quasi 180 anni nel modello soglia, mentre addirittura dopo i 450 nel modello GEV, in poche parole visto che, come detto precedentemente dal punto di vista previsivo il modello si può ritenere valido per un periodo di circa 100 anni, leggendo tale modello noi non avremmo mai pensato alla possibilità di verificarsi di un tale valore, quindi in questo caso il modello potrebbe ritenersi inadatto.

Per la **stazione 2684** abbiamo dei livelli di ritorno (tabella 1) molto simili per entrambi i modelli, anche se tendono a divergere con il passare del tempo a causa del diverso valore di ε , cosa già vista nelle due stazioni precedenti.

Per quanto riguarda le differenze di tali livelli di ritorno con il massimo valore osservato della serie, (tabella 2, grafico 1), anche in questo caso si ha la stesso problema della stazione

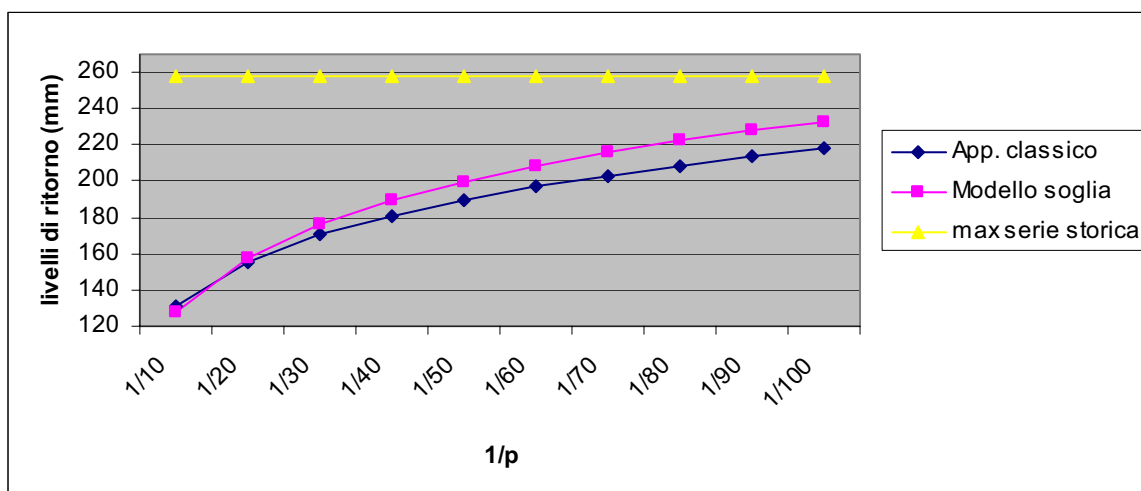
TABELLA 1- STAZIONE 2684:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	131,37	127,23
1/20	155,61	157,42
1/30	170,39	175,72
1/40	181,20	189,00
1/50	189,78	199,47
1/60	196,93	208,14
1/70	203,07	215,55
1/80	208,46	222,04
1/90	213,28	227,80
1/100	217,63	232,99

TABELLA 2- STAZIONE 2684:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), 257,8mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-126,43	-130,57
1/20	-102,19	-100,38
1/30	-87,41	-82,08
1/40	-76,60	-68,80
1/50	-68,02	-58,33
1/60	-60,87	-49,66
1/70	-54,73	-42,25
1/80	-49,34	-35,76
1/90	-44,52	-30,00
1/100	-40,17	-24,81

Grafico 1 – Stazione 2684: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci



precedente (2956), infatti il valore estremo osservato risulta essere pari a 257mm, mentre tutti gli altri valori della serie sono al di sotto dei 160mm, quindi i modelli dovendosi adattare bene all'insieme dei dati, non riescono a prevedere tale valore, che risulta essere troppo alto.

Per quanto riguarda i periodi di ritorno associati a diversi valori di precipitazione sono riportati nella (tabella 3), si vede che il valore di 240mm viene raggiunto dopo 115 anni per la GPD, mentre dopo 168 anni per la GEV, questo porta a due considerazioni molto interessanti: la prima è che rispetto al caso precedente (stazione 2956), le condizioni sono migliori perché mentre prima era impensabile dalla lettura dei modelli che si potesse arrivare ad un valore di precipitazione pari al massimo osservato (197mm), ora può sembrare difficile, ma comunque più probabile, questo perché è vero che il secondo valore più alto della serie risulta essere pari a 160mm, quindi molto più basso di 257mm, ma allo stesso tempo ci sono molti valori vicini a 160mm, quindi anche le previsioni portano a risultati più alti.

TABELLA 3- STAZIONE 2684: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	3,950	5,202
120	7,153	8,429
140	12,847	13,458
160	22,593	21,191
180	38,759	32,936
200	64,831	50,563
220	105,844	76,725
240	168,928	115,146
260	264,007	171,009
300	609,324	366,287

La seconda cosa che si vede è che il modello GPD proprio per la sua composizione esclude tutti i massimi annuali più bassi quindi il modello non li prende in considerazione in sede di stima dei parametri e l'importanza del singolo valore 257mm risulta essere più importante che nel modello GEV, e quindi mi porta a dei valori previsivi più alti.

Per la **stazione 2890** si sono ottenuti dei livelli di ritorno (tabella 1), molto simili per entrambi i modelli. La tabella 2 e il successivo grafico evidenziano come al solito le differenze dei livelli di ritorno rispetto al massimo valore osservato. In questo caso tale

valore massimo, verrà raggiunto, dopo 90 anni circa per la GPD, e dopo 111 anni per la GEV, periodi più lunghi del periodo d'osservazione,

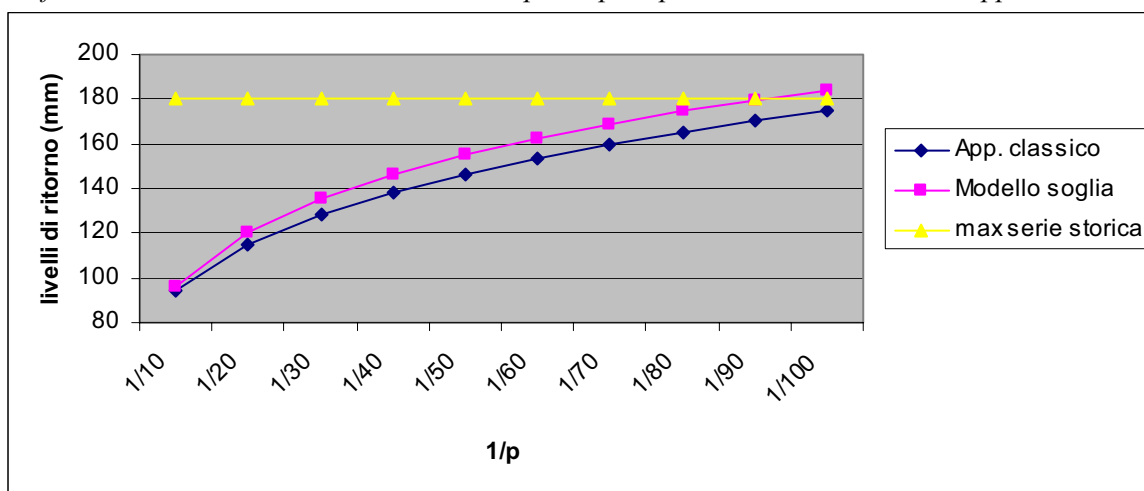
TABELLA1- STAZIONE 2890:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	94,12	96,53
1/20	114,58	120,48
1/30	127,92	135,40
1/40	138,09	146,42
1/50	146,41	155,23
1/60	153,52	162,59
1/70	159,75	168,93
1/80	165,31	174,52
1/90	170,36	179,53
1/100	174,98	184,06

TABELLA 2- STAZIONE 2890:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), 180mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-85,88	-83,47
1/20	-65,42	-59,52
1/30	-52,08	-44,60
1/40	-41,91	-33,58
1/50	-33,59	-24,77
1/60	-26,48	-17,41
1/70	-20,25	-11,07
1/80	-14,69	-5,48
1/90	-9,64	-0,47
1/100	-5,02	4,06

Grafico 1 – Stazione 2890: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci



Se invece andiamo ad analizzare la serie dei dati ci accorgiamo che a parte 4 valori, gli altri sono tutti molto bassi quindi le curve, che tendono ad adattarsi su tutti i dati osservati, non si adattano bene a questi 4 valori molto grandi, il tutto si vede attraverso il quantile plot, mentre dal return level plot si vede che tali valori tendono a essere sottostimati in quanto si trovano nelle bande di confidenza, ma sopra le 2 curve (GEV, GPD). A causa di questi problemi, che tendono a ripetersi per le diverse stazioni, i dati della tabella 3 devono essere letti molto orientativamente, perché visto che i modelli tendono a sottostimare i valori troppo grandi, anche i periodi di ritorno potrebbero essere troppo lontani rispetto alla realtà.

TABELLA 3- STAZIONE 2890: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	12,322	11,096
120	23,680	19,735
140	42,142	33,864
160	70,431	56,300
180	111,815	90,999
200	170,146	143,426
220	249,885	220,987
240	356,137	333,572
260	494,674	494,203
300	895,214	1032,151

Per la **stazione 2951** i livelli di ritorno (tabella 1) per i due modelli sono molto simili, la cosa importante è la tabella 2 con successivo grafico, perché in questa, come al solito vengono riportate le differenze tra livelli di ritorno e misura della massima precipitazione osservata, e si vede che in questo caso la massima precipitazione è altissima pari a 322mm, che poi risulterà essere la quota più alta registrata tra tutte le stazioni considerate, e come al solito i modelli non riescono a prevederla basti pensare che il periodo di ritorno necessario per raggiungere una tale quota risulta essere pari a 241 anni per la GPD, e a 276 anni per la GEV. Quindi anche per questa stazione i modelli non riescono a prevedere valori molto grandi, in quanto troppo più grandi di tutti gli altri massimi osservati.

TABELLA 1- STAZIONE 2951:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	106,23	109.07
1/20	135,38	141.54
1/30	155,38	163.48
1/40	171,12	180.54
1/50	184,31	194.69
1/60	195,78	206.88
1/70	205,99	217.66
1/80	215,23	227.36
1/90	223,71	236.21
1/100	231,56	244.35

TABELLA 2- STAZIONE 2951:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), 322,6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-216.37	-213.53
1/20	-187.22	-181.06
1/30	-167.22	-159.12
1/40	-151.48	-142.06
1/50	-138.29	-127.91
1/60	-126.82	-115.72
1/70	-116.61	-104.94
1/80	-107.37	-95.24
1/90	-98.89	-86.39
1/100	-91.04	-78.25

Grafico 1 – Stazione 2951: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

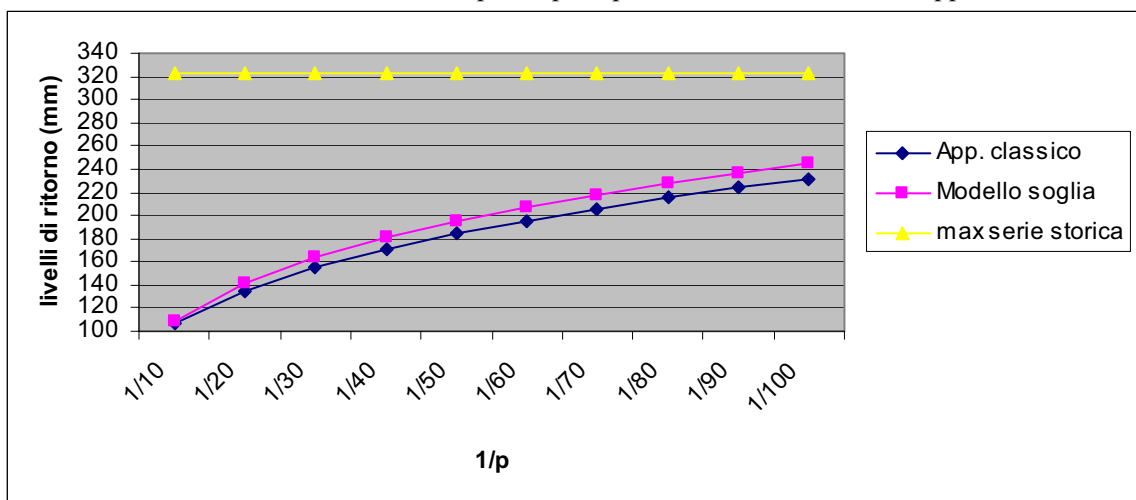


TABELLA 3- STAZIONE 2951: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	8,459	8.037
120	14,113	12.81
140	22,059	19.41
160	32,727	28.21
180	46,557	39.65
200	64,002	54.19
220	85,523	72.32
240	111,589	94.56
260	142,680	121.46
300	221,886	191.64
322	276,28	241.01

I livelli di ritorno per la **stazione 2703** (tabella 1), sono simili per entrambi i modelli. Va detto che in questo caso nei dati osservati non si è verificata nessuna osservazione troppo estrema rispetto le altre, infatti la precipitazione massima nel periodo osservato è stata pari a 111.6mm, perfettamente in linea con gli altri valori massimi della serie, questo ha fatto sì che i due modelli riuscissero a lavorare bene, (cosa che si può vedere dai risultati delle tabelle 2 e 3, e dal grafico 1). Il valore 111 per il modello GEV si ha con un periodo di ritorno di circa 55 anni, mentre per la GPD ogni 65 anni, periodi di poco più grandi del periodo d'osservazione questo comporta una diminuzione della frequenza media con cui si verificherà tale valore.

TABELLA 1- STAZIONE 2703:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	79,58	79.38
1/20	92,19	91.63
1/30	99,68	98.61
1/40	105,06	103.49
1/50	109,29	107.23
1/60	112,78	110.26
1/70	115,75	112.80
1/80	118,35	114.99
1/90	120,65	116.90
1/100	122,73	118.61

TABELLA 1- STAZIONE 2703:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), durata (24h),111,6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-32.02	-32.22
1/20	-19.41	-19.97
1/30	-11.92	-12.99
1/40	-6.54	-8.11
1/50	-2.31	-4.37
1/60	1.18	-1.34
1/70	4.15	1.2
1/80	6.75	3.39
1/90	9.05	5.3
1/100	11.13	7.01

Grafico 1 – Stazione 2703: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

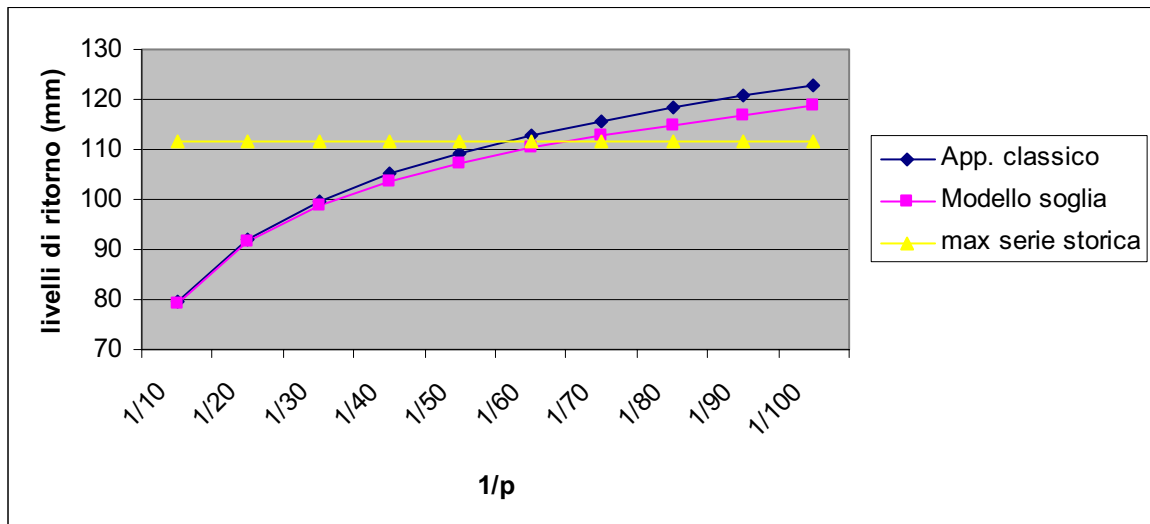


TABELLA 2- STAZIONE 2703: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata 24h)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	30,527	32.54
120	87,050	109.02
140	235,288	392.035
160	603,862	1526.797
180	1477,535	6508.194
200	3461,310	30757.18
220	7793,674	163722.4
240	16925,890	1001010
260	35562,952	7212896
300	143665,321	704994700

Per la **stazione 2719** abbiamo dei livelli di ritorno (tabella 1), vicinissimi per entrambi i modelli. Purtroppo anche in questo caso si è osservato un valore pari a 106mm, che non è troppo estremo rispetto a quelli visti per le altre stazioni, ma lo è rispetto agli altri valori osservati per questa stazione, quindi anche in questo caso quando si calcolano le differenze tra i livelli di ritorno, associati alle varie decadi temporali, e questo massimo osservato (106mm), si ottengono risultati (tabella 2, grafico 1) tutti negativi che stanno a significare che nei prossimi 100 anni, entrambi i modelli, non prevedono livelli di ritorno di valore uguale o superiore a 106mm, anzi come si può vedere, nella tabella 3 è stato aggiunto appositamente questo valore, e si è trovato il corrispettivo periodo di ritorno associato, che

TABELLA 1- STAZIONE 2719:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	79,29	77,68
1/20	86,61	85,35
1/30	90,46	89,61
1/40	93,03	92,53
1/50	94,94	94,75
1/60	96,44	96,52
1/70	97,68	97,99
1/80	98,73	99,25
1/90	99,63	100,35
1/100	100,43	101,33

TABELLA 2- STAZIONE 2719:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96),pari a 106mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-26,71	-28,32
1/20	-19,39	-20,65
1/30	-15,54	-16,39
1/40	-12,97	-13,47
1/50	-11,06	-11,25
1/60	-9,56	-9,48
1/70	-8,32	-8,01
1/80	-7,27	-6,75
1/90	-6,37	-5,65
1/100	-5,57	-4,67

Grafico 1 – Stazione 2719: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

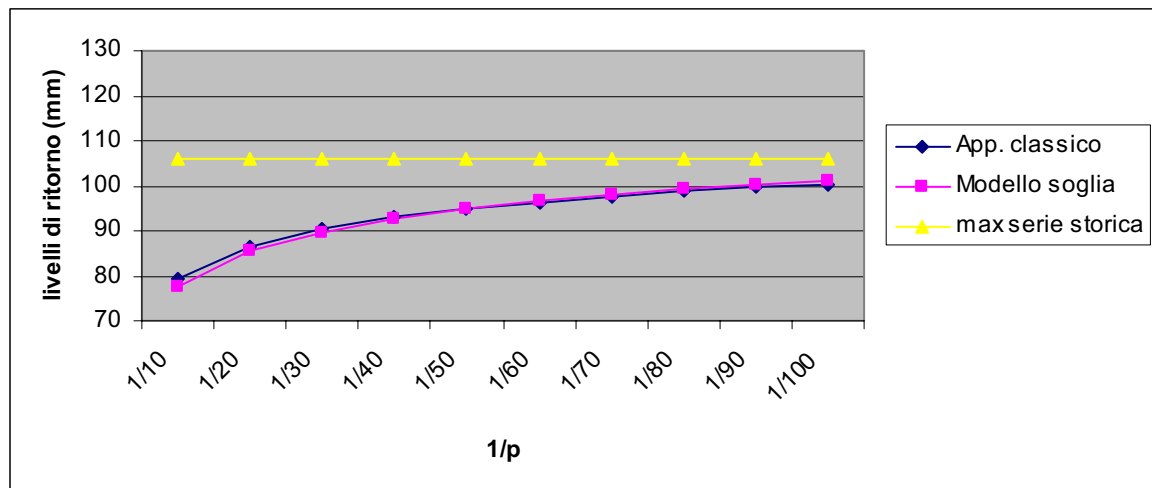


TABELLA 2- STAZIONE 2719: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata 24h)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	94,490	86,647
120	2977,551	958,969
140	10129690	21796,990
160	Sup(143)	1899555
180	....	5327290000
200	....	Sup(197,68)
220	....	....
240	....	....
260	....	....
300	....	....
106	221,4	168,5

per il modello GEV risulta essere pari a 221 anni, mentre per il GPD a 168 anni, quindi molto più alto dei 46 anni che corrisponde al periodo d'osservazione.

In conclusione se noi ci affidassimo alla sola lettura del modello attraverso le diverse tabelle diremmo che il valore estremo delle precipitazioni nei prossimi 100 anni sarà più basso di quello osservato, di almeno 5-6mm, se invece vediamo i grafici d'adattamento dei modelli ai dati si nota la difficoltà che hanno tali modelli a includere il valore 106mm nelle bande di confidenza intorno le rispettive funzioni, quindi anche in questo caso si può pensare che i modelli tendono a sottostimare i valori estremi rispetto ai dati osservati su cui si è costruito il modello.

Per la **stazione 2736** si hanno dei livelli di ritorno molto simili tra i due modelli (tabella 1), solo che anche in questo caso il valore massimo osservato pari a 203mm risulta essere

troppo grande rispetto gli altri valori del modello basti pensare che il secondo valore in ordine di grandezza è pari a 133mm, quindi anche in questo caso la tabella 2 e il rispettivo

TABELLA 1- STAZIONE 2736:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	117.45	115.72
1/20	137.40	134.60
1/30	149.61	146.45
1/40	158.55	155.23
1/50	165.66	162.28
1/60	171.58	168.18
1/70	176.68	173.28
1/80	181.15	177.78
1/90	185.15	181.81
1/100	188.77	185.47

TABELLA 2- STAZIONE 2736:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 203mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-85.55	-87.28
1/20	-65.6	-68.4
1/30	-53.39	-56.55
1/40	-44.45	-47.77
1/50	-37.34	-40.72
1/60	-31.42	-34.82
1/70	-26.32	-29.72
1/80	-21.85	-25.22
1/90	-17.85	-21.19
1/100	-14.23	-17.53

Grafico 1 – Stazione 2736: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

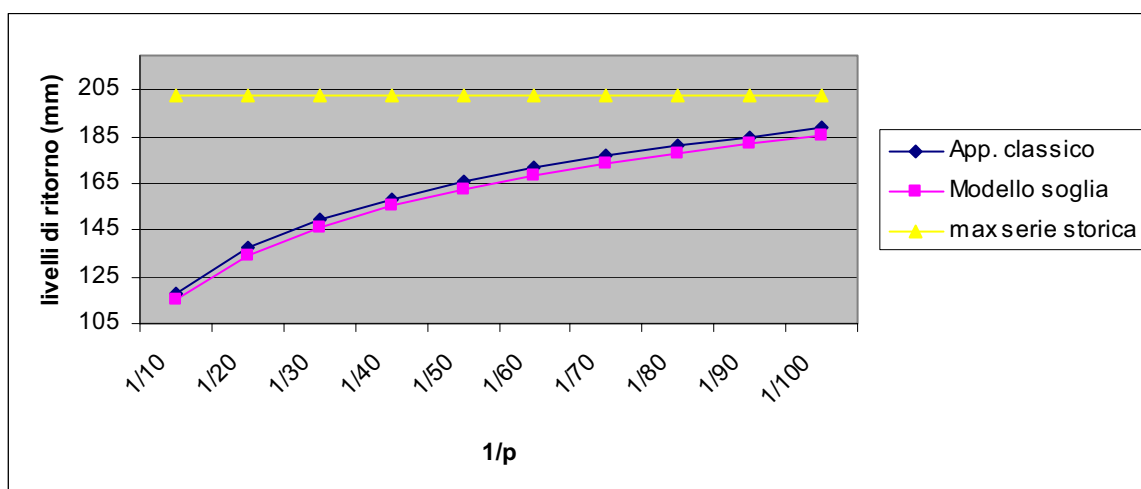


TABELLA 2- STAZIONE 2736: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata 24h)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	5.33	5.33
120	10.94	11.77
140	21.82	24.12
160	41.88	46.55
180	77.31	85.38
200	137.65	149.91
220	237.16	253.46
240	396.64	414.60
260	645.81	658.74
300	1595.43	1543.05

grafico 1 riportano tutti valori negativi, ossia prevedono che il periodo di ritorno associato a un valore di 203mm sia superiore a 100 anni, infatti come si vede dalla tabella 3 tale valore viene raggiunto ogni 150 anni circa, per entrambi i modelli. Anche per questa stazione valgono quindi le osservazioni fatte per le stazioni precedenti.

Per la **stazione 2766** si hanno dei livelli di ritorno leggermente diversi, specialmente per periodi di ritorno grandi, a causa del differente valore di ε , che come si può facilmente intuire dai risultati della tabella 1, risulta essere più grande per la GPD. Anche in questo caso come per quasi tutte le stazioni fin qui analizzate c'è un valore massimo osservato troppo più grande rispetto a tutti gli altri massimi osservati su cui si adatta il modello che

TABELLA 1- STAZIONE 2766:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	86.01	83,86
1/20	100.55	101,01
1/30	109.49	112,47
1/40	116.07	121,31
1/50	121.31	128,61
1/60	125.68	134,87
1/70	129.46	140,39
1/80	132.78	145,33
1/90	135.75	149,83
1/100	138.44	153,97

TABELLA 2- STAZIONE 2766:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 173,4mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-87.39	-89.54
1/20	-72.85	-72.39
1/30	-63.91	-60.93
1/40	-57.33	-52.09
1/50	-52.09	-44.79
1/60	-47.72	-38.53
1/70	-43.94	-33.01
1/80	-40.62	-28.07
1/90	-37.65	-23.57
1/100	-34.96	-19.43

Grafico 1 – Stazione 2766: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

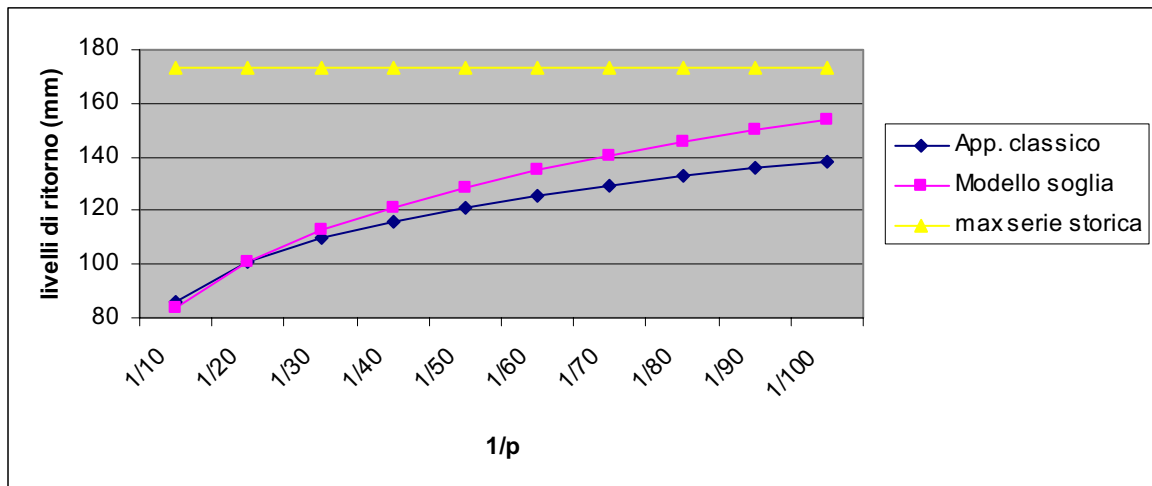


TABELLA 3- STAZIONE 2766: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	19.50	19,256
120	47.31	38,373
140	106.24	69,260
160	222.78	116,077
180	440.49	183,660
200	827.99	277,522
220	1489.73	403,871
240	2579.97	569,617
260	4320.74	782,372
300	11121.34	1382,961

mi porta a delle differenze tutte negative tra livelli di ritorno e valore max osservato (tabella 2 grafico 1). Queste differenze per il modello GPD sono leggermente più piccole in quanto nella sua costruzione vengono esclusi i punti osservati più piccoli, (al di sotto della soglia).

Per la **stazione 2787** si hanno dei livelli di ritorno differenti per i 2 modelli in quanto la misura di ϵ risulta essere molto piccola per la GPD, ci si può accorgere di questo dai livelli di ritorno che variano di poco per ogni decade, ma anche dalla tabella 3 nella quale la curva GPD ha un massimo pari a 136mm. Per questa stazione il valore massimo osservato nella serie, a differenza di quanto successo per la maggior parte delle altre stazioni analizzate, non è troppo differente dagli altri massimi osservati, questo permette ai modelli un buon adattamento all'insieme di tutti i dati. Dalla tabella 2 si vede che il valore massimo osservato pari a 131mm nel modello

TABELLA 1- STAZIONE 2787:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	112.66	114,76
1/20	125.75	122,02
1/30	133.24	125,10
1/40	138.51	126,88
1/50	142.58	128,08
1/60	145.88	128,94
1/70	148.67	129,61
1/80	151.08	130,13
1/90	153.20	130,57
1/100	155.10	130,93

TABELLA 1- STAZIONE 2787:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 131,6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-18.94	-16.84
1/20	-5.85	-9.58
1/30	1.64	-6.5
1/40	6.91	-4.72
1/50	10.98	-3.52
1/60	14.28	-2.66
1/70	17.07	-1.99
1/80	19.48	-1.47
1/90	21.6	-1.03
1/100	23.5	-0.67

Grafico 1 – Stazione 2787: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

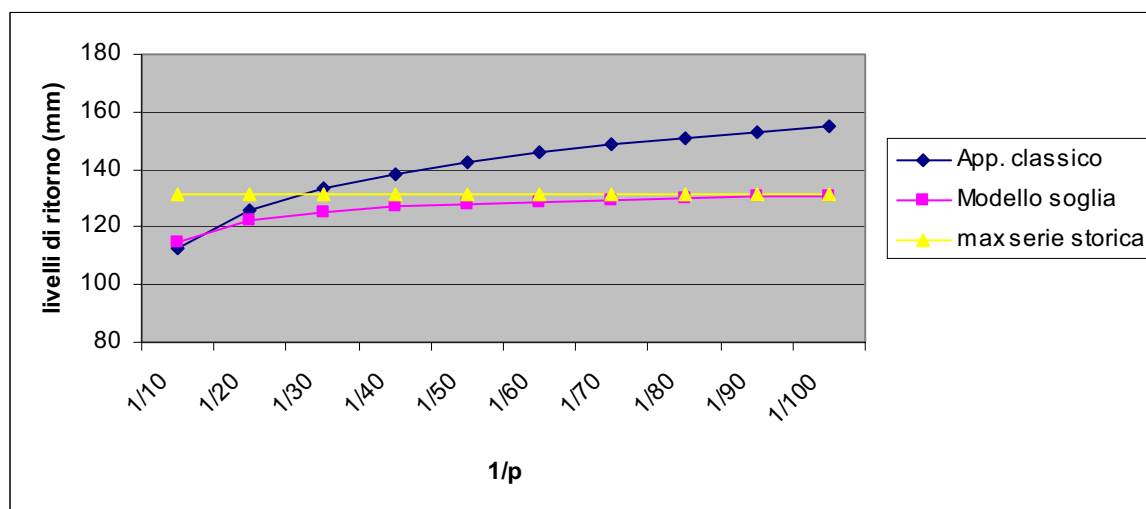


TABELLA 2- STAZIONE 2787: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata 24h)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	5.27	4,121
120	14.71	16,010
140	43.40	Sup(136,70)
160	131.42	....
180	404.44	....
200	1260.48	....
220	3975.13	....
240	13682.73	....
260	40941.75	....
300	442291.1	....

GEV viene raggiunto ogni 27-28 anni, quindi per un periodo minore di quello d'osservazione, ciò comporterebbe un aumento della frequenza media con cui si verifica questo massimo, e tra l'altro dal grafico 1 si vede che la quantità di precipitazione massima prevista nell'arco dei prossimi 100 anni, tenderà ad aumentare di ben 23mm. Per il modello GPD la quantità 131mm non viene mai raggiunta nei prossimi 100 anni, ma ogni 40 anni viene raggiunta una precipitazione pari a 126mm ossia solo 5 mm sotto il massimo valore osservato, poi non ci sono grandi aumenti per gli anni successivi, in quanto la curva sta raggiungendo il suo asintoto. Dalla tabella 3 si vede che il valore massimo a cui si potrebbe arrivare risulta essere inferiore a 180mm, infatti per il modello GEV tale livello viene raggiunto 1 volta ogni 404 anni, mentre per la GPD non sarà mai raggiunto perché come detto la curva possiede un asintoto per un valore pari a 136mm.

Per la **stazione 2832** si hanno livelli di ritorno un po' differenti tra i 2 modelli (tabella 1), anche per questa stazione il valore massimo della serie osservata, non risulta essere troppo più grande degli altri valori che compongono la serie, quindi i modelli lo riescono a rappresentare senza problemi. Dalla tabella 2 si nota che per il modello GEV tale valore viene raggiunto ogni 50 anni quasi in linea con il periodo d'osservazione, mentre per la GPD tale livello viene raggiunto dopo oltre 100 anni, ma come per la stazione precedente già dopo 70 anni si ha un valore pari a 143.5mm ossia molto vicino a 149mm.

Dalla tabella 3 si vede che un livello pari a 220mm viene raggiunto ogni 500 anni per la GEV, mentre ogni 18408 anni per la GPD, quindi questo è sicuramente il livello massimo di precipitazione a cui si può arrivare per i modelli.

TABELLA 1- STAZIONE 2832:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	110,26	111.48
1/20	126,28	123.89
1/30	136,20	130.62
1/40	143,52	135.18
1/50	149,38	138.60
1/60	154,28	141.32
1/70	158,51	143.56
1/80	162,25	145.47
1/90	165,59	147.12
1/100	168,42	148.58

TABELLA 2- STAZIONE 2832:variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-96), pari a 149mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
1/10	-38.74	-37.52
1/20	-22.72	-25.11
1/30	-12.8	-18.38
1/40	-5.48	-13.82
1/50	0.38	-10.4
1/60	5.28	-7.68
1/70	9.51	-5.44
1/80	13.25	-3.53
1/90	16.59	-1.88
1/100	19.42	-0.42

Grafico 1 – Stazione 2832: Livelli di ritorno per le precipitazioni max secondo i 2 approcci

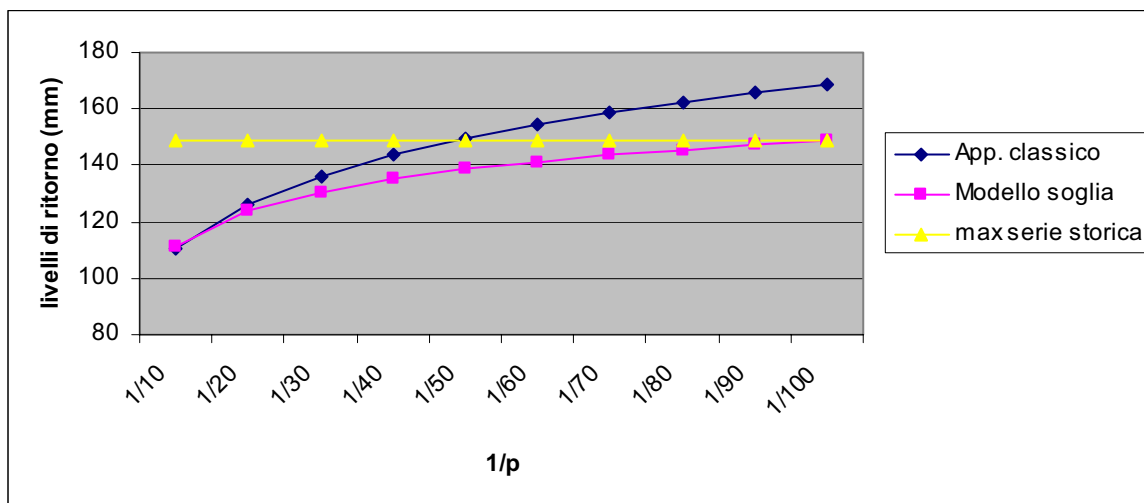


TABELLA 3- STAZIONE 2832: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-96)
100	6,274	5.55
120	15,328	15.98
140	34,878	54.89
160	73,845	241.49
180	146,653	1542.18
200	275,592	18408.41
220	493,865	787174.7
240	849,399	2360398000
260	1409,556	Sup(250.26)
300	3545,772	....

Come detto precedentemente per le stazioni 2719,2736 si sono integrati i dati del database storico con quelli del database Tempo Reale. La tabella 1 mostra i livelli di ritorno, calcolati attraverso i 2 soliti modelli, e li confronta con quelli delle stesse stazioni con serie fino al 1996. Come si può vedere, non ci sono grosse variazioni tra i risultati, questo implica che le condizioni sulla quale vengono costruiti i modelli sono rimaste uguali, questo è importante in sede previsiva, in quanto si vede che le variazioni dei parametri nel tempo non sono poi così veloci.

Tabella 1: Confronti per le stazioni 2719,2736, dei livelli di ritorno, per 2 serie di diversa lunghezza

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	APPROCCIO CLASSICO(51-02)	MODELLO SOGLIA(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-02)
1/10	79,29	80,52	77,68	79,57
1/20	86,61	88,04	85,35	87,28
1/30	90,46	92,00	89,61	91,45
1/40	93,03	94,65	92,53	94,27
1/50	94,94	96,62	94,75	96,39
1/60	96,44	98,17	96,52	98,06
1/70	97,68	99,45	97,99	99,45
1/80	98,73	100,53	99,25	100,63
1/90	99,63	101,47	100,35	101,64
1/100	100,43	102,29	101,33	102,54

P	APPROCCIO CLASSICO(51-96)	APPROCCIO CLASSICO(51-02)	MODELLO SOGLIA(51-96)	MODELLO SOGLIA(51-02)
1/10	117,45	119,49	115,72	117,48
1/20	137,40	138,58	134,60	134,92
1/30	149,61	150,03	146,45	145,76
1/40	158,55	158,33	155,23	153,75
1/50	165,66	164,87	162,28	160,13
1/60	171,58	170,28	168,18	165,46
1/70	176,68	174,91	173,28	170,05
1/80	181,15	178,95	177,78	174,09
1/90	185,15	182,56	181,81	177,70
1/100	188,77	185,80	185,47	180,98

Per poter vedere insieme tutti i livelli di ritorno per le varie stazioni, si è fatta una tabella riassuntiva dei risultati. La cosa più importante che si può apprezzare da tale tabella, è che i livelli di ritorno previsti sono molto variabili; ad esempio per periodi di ritorno pari a 10 anni i rispettivi livelli sono compresi tra (76mm-137mm), mentre per periodi di ritorno pari a 100 anni si ha livelli compresi tra (100mm-232mm).

Questo a dimostrazione che anche stazioni molto vicine presentano delle variazioni importanti delle precipitazioni.

Tabella riassuntiva dei livelli di ritorno, per tutte le stazioni studiate, calcolati con modelli GEV,GPD.

STAZIONI																						
P	2619		2956		2684		2890		2951		2703		2719		2736		2766		2787		2832	
	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96	Redbrik Soglia 51-96	Redbrik Classico 51-96
1/10	136,33	136,99	76,60	77,67	127,23	131,37	96,53	94,12	109,07	106,23	79,38	79,58	77,68	79,29	115,72	117,45	83,86	86,01	114,76	112,66	111,48	110,26
1/20	153,62	155,49	95,66	93,02	157,42	155,61	120,48	114,58	141,54	135,38	91,63	92,19	85,35	86,61	134,60	137,40	101,01	100,55	122,02	125,75	123,89	126,28
1/30	163,32	166,19	109,21	103,06	175,72	170,39	135,40	127,92	163,48	155,38	98,61	99,68	89,61	90,46	146,45	149,61	112,47	109,49	125,10	133,24	130,62	136,20
1/40	170,03	173,76	120,08	110,73	189,00	181,20	146,42	138,09	180,54	171,12	103,49	105,06	92,53	93,03	155,23	158,55	121,31	116,07	126,88	138,51	135,18	143,52
1/50	175,13	179,63	129,32	117,02	199,47	189,78	155,23	146,41	194,69	184,31	107,23	109,29	94,75	94,94	162,28	165,66	128,61	121,31	128,08	142,58	138,60	149,38
1/60	179,24	184,42	137,44	122,39	208,14	196,93	162,59	153,52	206,88	195,78	110,26	112,78	96,52	96,44	168,18	171,58	134,87	125,68	128,94	145,88	141,32	154,28
1/70	182,66	188,47	144,72	127,10	215,55	203,07	168,93	159,75	217,66	205,99	112,80	115,75	97,99	97,68	173,28	176,68	140,39	129,46	129,61	148,67	143,56	158,51
1/80	185,60	191,98	151,37	131,31	222,04	208,46	174,52	165,31	227,36	215,23	114,99	118,35	99,25	98,73	177,78	181,15	145,33	132,78	130,13	151,08	145,47	162,25
1/90	188,17	195,08	157,50	135,13	227,80	213,28	179,53	170,36	236,21	223,71	116,90	120,65	100,35	99,63	181,81	185,15	149,83	135,75	130,57	153,20	147,12	165,59
1/100	190,45	197,85	163,21	138,64	232,99	217,63	184,06	174,98	244,35	231,56	118,61	122,73	101,33	100,43	185,47	188,77	153,97	138,44	130,93	155,10	148,58	168,42

Grafico 4.1

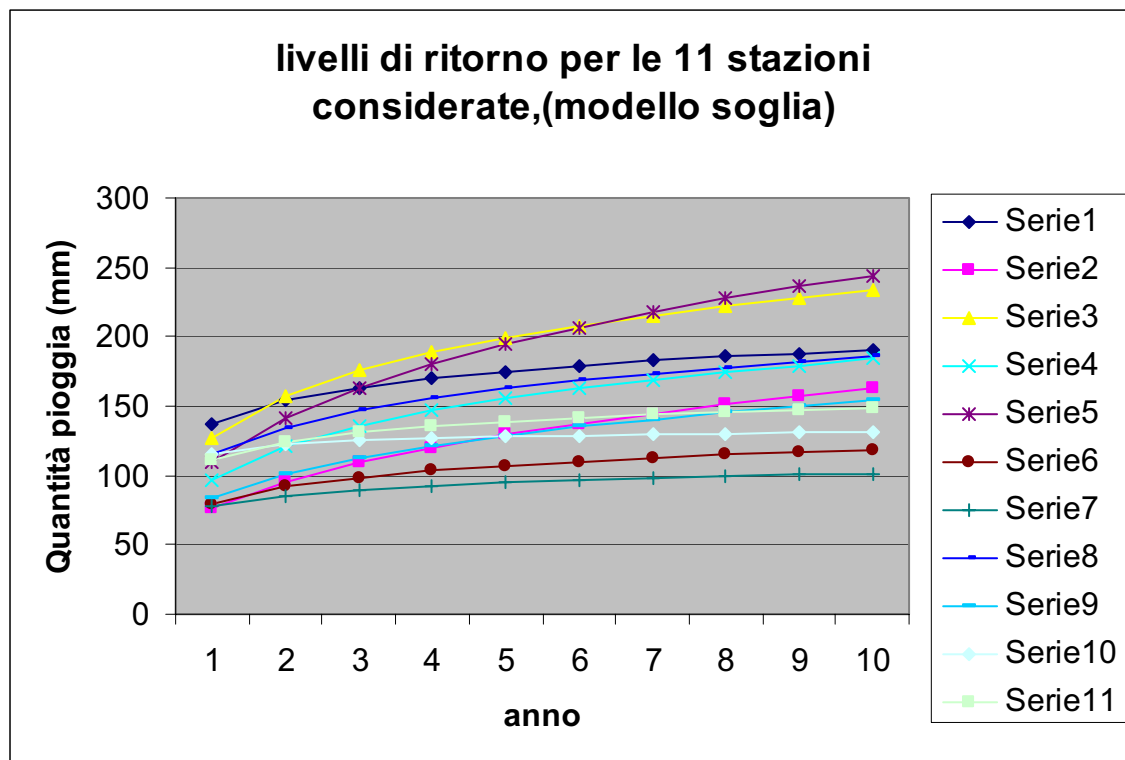
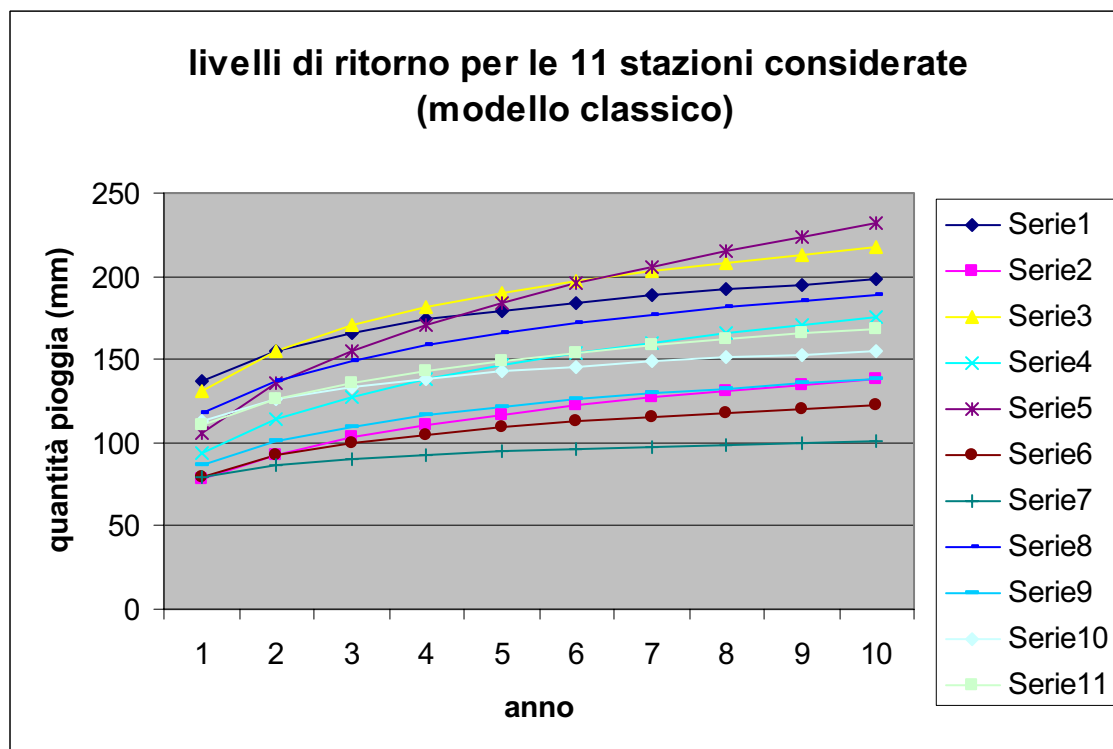


Grafico 4.2



Analisi delle precipitazioni massime (durata giornaliera)

L'analisi dei valori estremi delle precipitazioni di durata giornaliera secondo l'approccio classico, non è molto diversa da quella svolta per le precipitazioni di durata 24h vista precedentemente, quindi nel presente capitolo saranno riportati solamente i risultati finali, mentre in appendice saranno riportate in modo dettagliato tutte le analisi per ogni singola stazione.

Per quanto riguarda l'approccio con il metodo soglia esiste una diversità rispetto a quello visto precedentemente per le precipitazioni di durata 24h, infatti mentre prima il modello veniva applicato sui massimi annuali, in questo caso si prendono tutte le misure giornaliere di precipitazione e scelta una soglia, ai dati che eccedono tale soglia viene applicato il modello, si è operato in questo modo in quanto avendo a disposizione tutti i dati giornalieri si potevano recuperare delle informazioni rispetto a un modello applicato solo sui massimi annuali che eccedono una soglia come fatto precedentemente. Il problema è che queste misure giornaliere risultano essere autocorrelate perciò dipendenti (figura 4.2.1), quindi non adatte all'applicazione del modello, infatti la condizione base di entrambi i modelli come detto nel capitolo precedente è l'indipendenza e l'identica distribuzione dei dati.

Si è allora scomposta la serie dei dati osservati in modo da togliere sia il trend che la stagionalità che rappresentano le componenti della serie, queste possono essere legate tra loro sia in modo additivo, che moltiplicativo

$$Y_t = T_t + S_t + E_t \quad \text{additivo}$$

$$Y_t = T_t * S_t * E_t \quad \text{moltiplicativo}$$

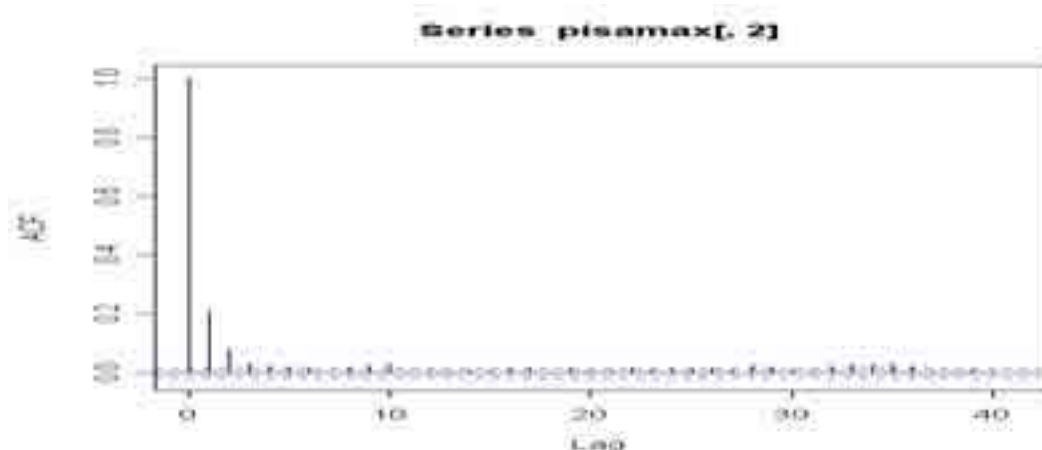


Fig. 4.2.1 Autocorrelazione delle misure di pioggia giornaliere per la stazione 2619

Il tutto viene fatto per vedere se anche la componente di fondo, generatrice del processo, è correlata. Ci sono diversi metodi per estrarre le singole componenti, nel presente lavoro ne sono stati usati molteplici, ma tutti questi non davano risultati soddisfacenti, per pura curiosità si è riportato un tipo di scomposizione effettuata con il metodo loess (figura 4.2.2) e purtroppo da come si può vedere dalla figura 4.2.3 anche in questo caso risulta esserci dipendenza tra i parametri depurati dal trend e dalla stagionalità.

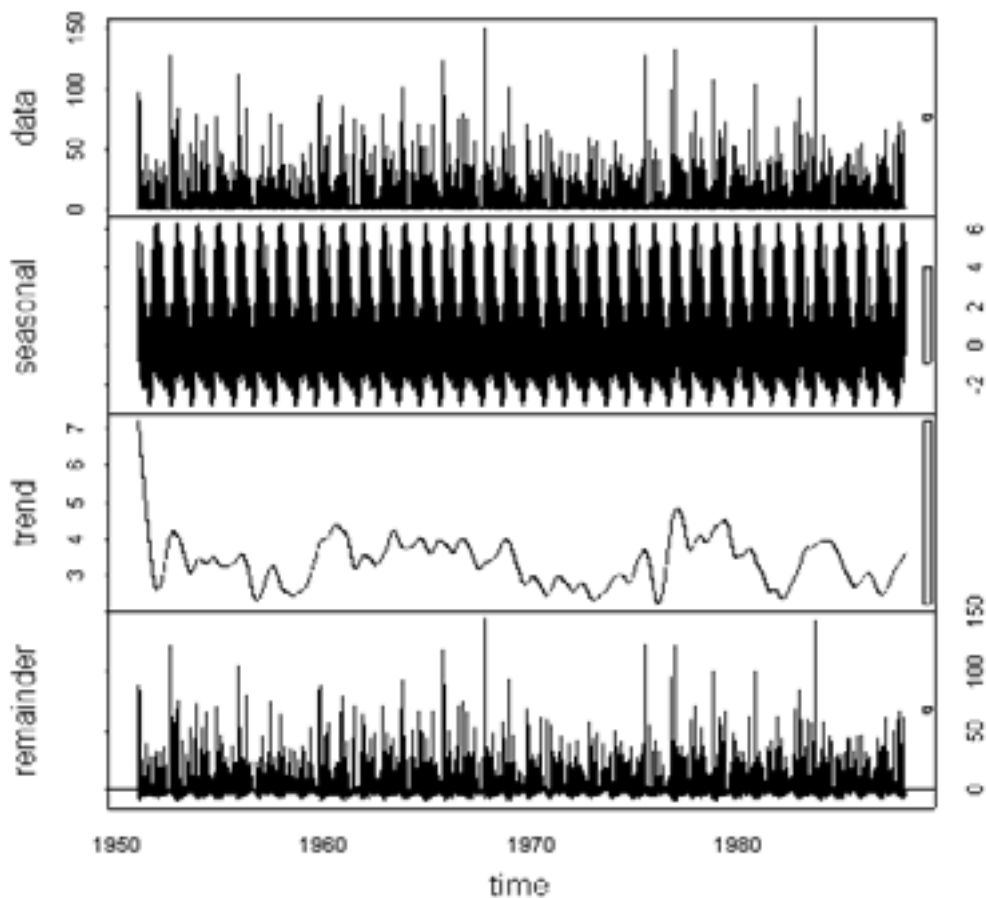


Fig. 4.2.2 scomposizione della serie dei dati osservati secondo il metodo loess

Se però si osserva attentamente la figura 4.2.1 si nota che la correlazione è alta, con relative uscite dalle bande di confidenza, solo per periodi temporali (lag) piccoli, e anche le eccedenze sopra tali bande non sono così grandi, quindi si è deciso di applicare lo stesso il modello ai dati, e come si vedrà i risultati non sembrano essere influenzati da questa relazione esistente tra le misure.

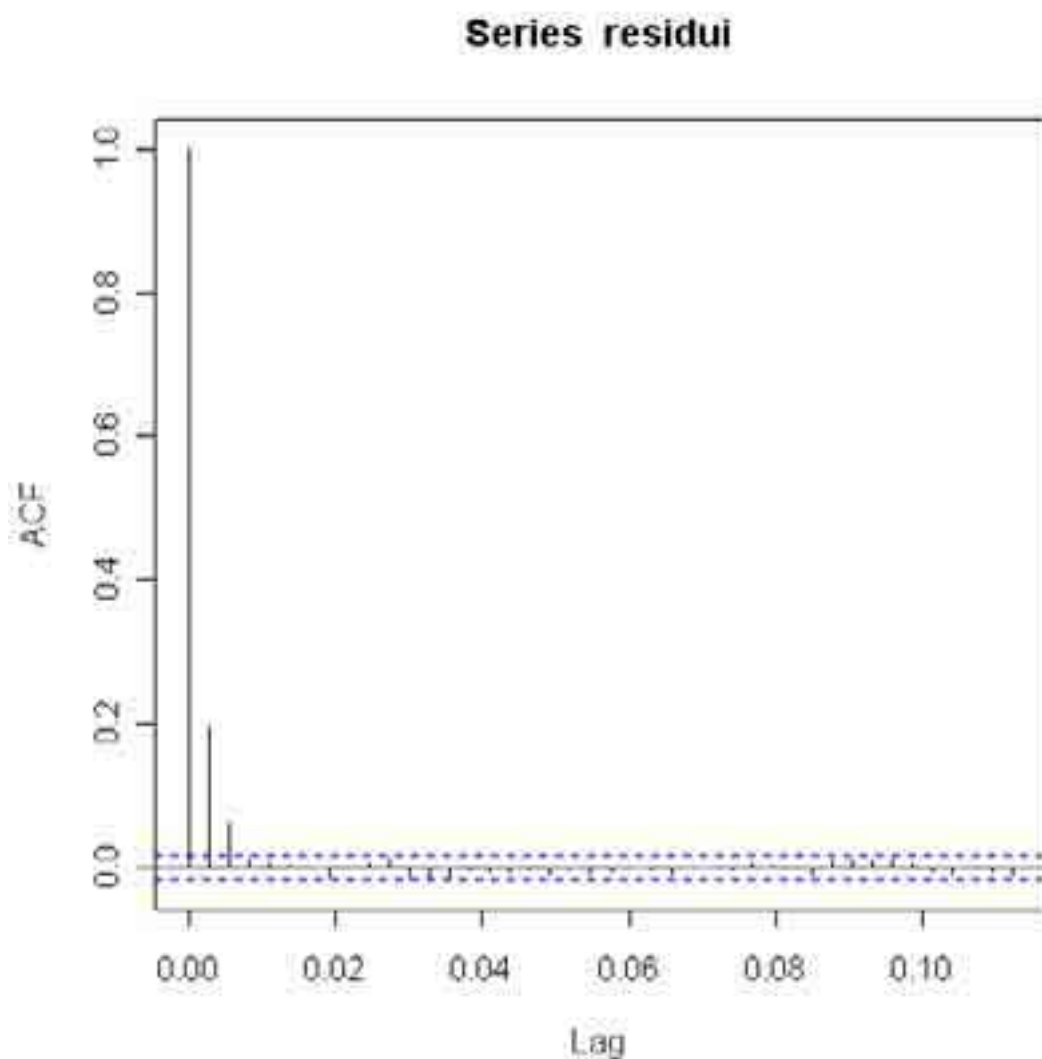


Fig. 4.2.3 Autocorrelazioni dei residui

Confronti tra stazioni

In questo paragrafo vengono analizzate simultaneamente le stime dei livelli di ritorno e dei periodi di ritorno di tutte e 11 le stazioni, riportate e commentate nelle tabelle e nei grafici che seguono, come fatto precedentemente per le precipitazioni di durata 24h.

Stazione 2619:

Nella tabella 1 sono riportati i livelli di ritorno per ogni decade, calcolati sia secondo l'approccio classico, che secondo quello soglia, nel modello classico si usano i massimi annuali e questi li abbiamo per un periodo di tempo che va dal 1951 al 1998, mentre i dati giornalieri usati nel metodo soglia coprono un periodo temporale più breve fino al

1987. Quindi attraverso la GEV si sono calcolati i livelli di ritorno utilizzando i dati osservati fino al 1987, per permettere un confronto con i risultati della GPD, ma anche utilizzando tutto la serie osservata per non perdere informazioni utili e attuali, che permettono valutazioni su come i dati del periodo 87-98 hanno inciso sul cambiamento dei parametri del modello GEV, e di conseguenza sui valori dei livelli di ritorno.

TABELLA 1- STAZIONE 2619:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	115.23	122.26	122.82
1/20	128.25	136.28	140.73
1/30	135.52	144.24	151.38
1/40	140.55	149.79	159.05
1/50	144.38	154.03	165.07
1/60	147.47	157.46	170.03
1/70	150.06	160.33	174.26
1/80	152.28	162.80	177.96
1/90	154.22	164.96	181.24
1/100	155.95	166.88	184.19

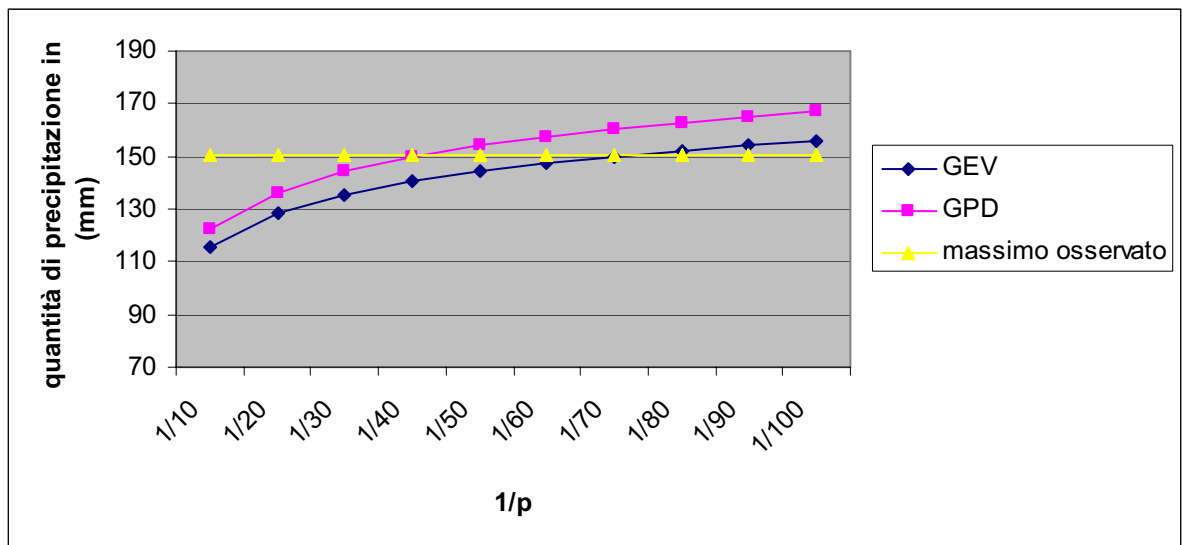
Analizzando i risultati della tabella 1 si vede come questi sono abbastanza simili per i 2 modelli, mentre si riscontra una variazione abbastanza grande tra i valori del modello GEV per i due periodi temporali differenti, si vede che i livelli di ritorno sono più grandi quando si utilizza la serie dal 51 al 98, questo è causato dal fatto che nel periodo 87-98 c'è stato il primo e il terzo valore più alto in assoluto della serie osservata, che hanno inciso sui parametri del modello.

Nella tabella 2 e nel successivo grafico 1, sono riportate le differenze tra i livelli di ritorno, calcolate utilizzando la serie che va dal 51 all'87, con il valore massimo osservato in questo arco di tempo. I risultati mostrano per il modello soglia che il valore

TABELLA 2- STAZIONE 2619: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 150.2mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-34.97	-27.94
1/20	-21.95	-13.92
1/30	-14.68	-5.96
1/40	-9.65	-0.41
1/50	-5.82	3.83
1/60	-2.73	7.26
1/70	-0.14	10.13
1/80	2.08	12.6
1/90	4.02	14.76
1/100	5.75	16.68

Grafico 1 – Stazione 2619: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



massimo osservato pari a 150.2mm viene raggiunto 1 volta ogni 40 anni circa, ossia pari quasi al periodo temporale della serie osservata (37 anni), quindi la frequenza media di detto evento non viene a modificarsi, mentre nel modello GEV, questo valore viene raggiunto 1 volta ogni 70 anni circa, quindi la frequenza di un tale valore tende a diminuire.

Nella tabella 3 vengono riportati i periodi di ritorno associati a diversi livelli di ritorno, si vede che utilizzando la serie fino all'87 un livello massimo di precipitazione potrebbe essere pari a 200mm raggiunto ogni 680 anni secondo la GPD, e addirittura ogni 1858

TABELLA 3- STAZIONE 2619: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	4.75	3.50	4.14
120	12.82	8.96	8.96
140	38.75	24.14	19.44
160	128.34	68.77	41.44
180	465.03	208.59	86.09
200	1858.27	679.11	174.06
220	8305.38	2369.63	342.67
240	42314.75	9273.04	657.81
260	251962.9	39931.95	1233.81
300	16467050	1103749	4060.95

anni secondo la GEV, se poi si prende tutta la serie fino al 98 i periodi di ritorno tendono ad essere più piccoli a causa degli alti valori osservati dall'87 al 98, e quindi il valore di 200mm viene raggiunto mediamente 1 volta ogni 174 anni.

Un'altra osservazione molto interessante, ma che purtroppo dimostra la poca attendibilità dei risultati, quando si studia un fenomeno come la pioggia, è che il modello GEV con dati fino all'87, prevede un valore pari a 180mm 1 volta ogni 465mm anni, ma già dopo soli 7 anni ossia nel 1994 questo valore si è verificato e appare abbastanza improbabile che questo non si verifichi mai più nei prossimi 458 anni, inoltre prevede un valore pari a 100mm ogni 5 anni circa ma dall'87 al 98 ossia in 11 anni i valori osservati che superano 100mm sono stati già pari a 3.

Stazione 2956:

I livelli di ritorno riportati nella tabella 1 sono simili per i 2 modelli, mentre quelli calcolati con la serie fino al 98 sono leggermente più bassi, in questo caso è successo

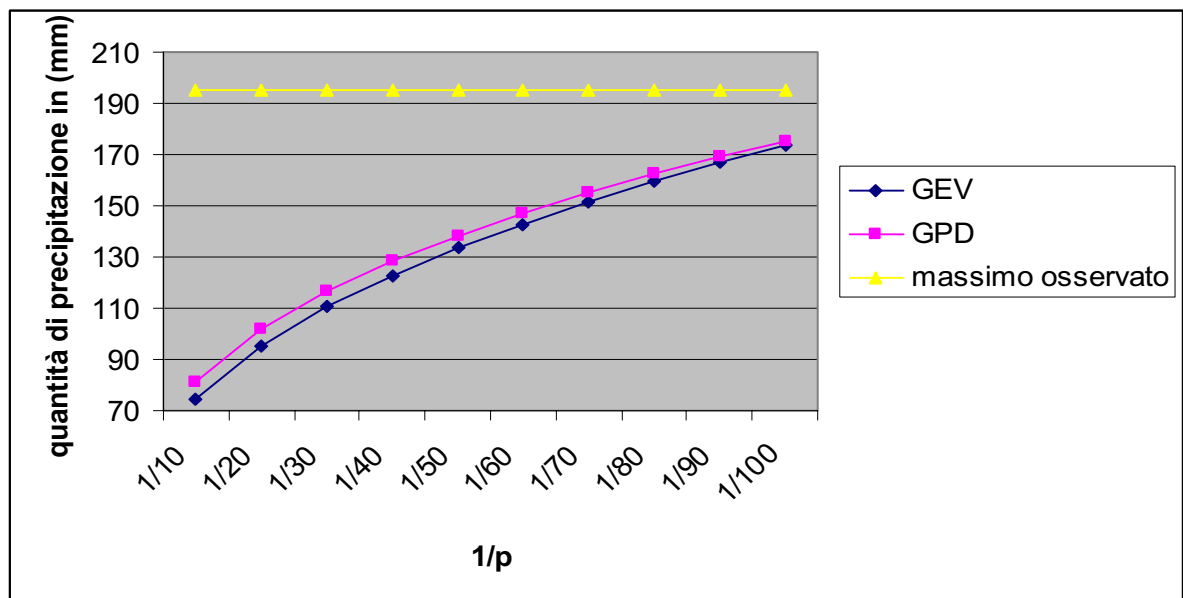
TABELLA 1- STAZIONE 2956:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	74.68	80.84	73.79
1/20	95.43	101.60	92.65
1/30	110.53	116.35	106.09
1/40	122.87	128.20	116.92
1/50	133.50	138.26	126.16
1/60	142.95	147.10	134.31
1/70	151.51	155.04	141.65
1/80	159.39	162.28	148.36
1/90	166.71	168.95	154.57
1/100	173.56	175.17	160.36

TABELLA 2- STAZIONE 2956: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 195mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-120.32	-114.16
1/20	-99.57	-93.4
1/30	-84.47	-78.65
1/40	-72.13	-66.8
1/50	-61.5	-56.74
1/60	-52.05	-47.9
1/70	-43.49	-39.96
1/80	-35.61	-32.72
1/90	-28.29	-26.05
1/100	-21.44	-19.83

Grafico 1 – Stazione 2956: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



l'inverso della stazione precedente, ossia negli 11 anni di differenza tra le 2 serie si sono avuti valori massimi più bassi di quelli osservati dal 51 all'87.

Dai risultati della tabella 2 e del grafico1 si intuisce che la serie osservata contiene un valore estremo molto più alto degli altri che quindi viene ampiamente sottostimato, questo si può vedere nei grafici diagnostici in appendice, infatti tale valore è pari a 195mm mentre il secondo valore più alto della serie è pari a 103mm, proprio per questo dai modelli si pensa di ottenere tale valore ogni 140-150 anni circa, come si vede dalla tabella 3.

TABELLA 3- STAZIONE 2956: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	22.78	19.07	25.15
120	37.52	32.88	43.18
140	56.76	51.87	67.67
160	80.81	76.76	99.37
180	109.95	108.24	138.96
200	144.44	147.00	187.11
220	184.53	193.69	244.45
240	230.43	248.96	311.57
260	282.37	313.46	389.07
300	405.12	472.63	577.40

Stazione 2684:

I livelli di ritorno per questa stazione riportati nella tabella 1 sono simili per i 2 modelli, mentre come prima il modello GEV fino al 98 ha livelli leggermente più bassi di quelli con dati fino all'87.

TABELLA 1- STAZIONE 2684:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	130.25	129.89	123.92
1/20	166.49	163.25	154.04
1/30	191.24	186.25	173.86
1/40	210.68	204.36	189.09
1/50	226.94	219.54	201.60
1/60	241.05	232.72	212.31
1/70	253.60	244.44	221.72
1/80	264.95	255.05	230.16
1/90	275.34	264.77	237.83
1/100	284.96	273.76	244.86

TABELLA 2- STAZIONE 2684: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 255.6

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-125.35	-125.71
1/20	-89.11	-92.35
1/30	-64.36	-69.35
1/40	-44.92	-51.24
1/50	-28.66	-36.06
1/60	-14.55	-22.88
1/70	-2	-11.16
1/80	9.35	-0.55
1/90	19.74	9.17
1/100	29.36	18.16

Nella tabella 2 e dal grafico 1 si vede che il livello massimo osservato (255mm), viene raggiunto 1 volta ogni 70 anni per la GEV, e 1 volta ogni 80 anni per la GPD, quindi si pensa che la frequenza media di tale evento tende a diminuire in futuro perché entrambi questi periodi sono molto più piccoli di quello d'osservazione.

Dalla tabella 3 si vede che un valore massimo per questa stazione in futuro potrebbe essere pari di 300mm raggiunto 1 volta ogni 120-130 anni circa, per i 2 modelli con dati

osservati fino all'87, mentre per il modello GEV con serie fino al 98 tale valore viene raggiunto addirittura 1 volta ogni 210 anni mediamente.

Grafico 1 – Stazione 2684: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci

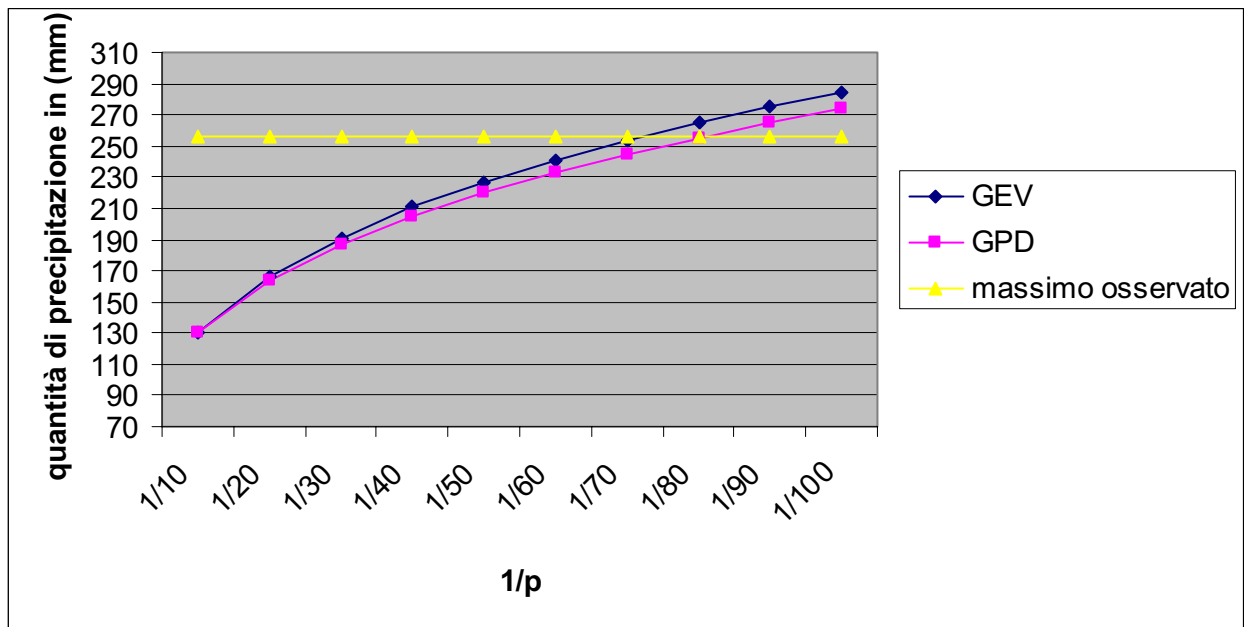


TABELLA 3- STAZIONE 2684: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	4.99	4.61	5.34
120	8.01	7.89	9.07
140	12.21	12.53	14.66
160	17.83	18.81	22.78
180	25.10	27.00	33.76
200	34.25	37.41	48.62
220	45.54	50.33	68.08
240	59.21	66.08	93.00
260	75.53	84.99	124.37
300	117.15	133.60	210.76

Stazione 2890:

Dalla tabella 1 si nota come i livelli di ritorno sono tutti simili, sia per i 2 modelli, che per lo stesso modello GEV calcolato con 2 serie di diversa ampiezza, questo sta ad

indicare che nel periodo 87-98 i valori osservati sono rimasti in linea con quelli osservati nel periodo 51-87 con cui è stato costruito il primo modello.

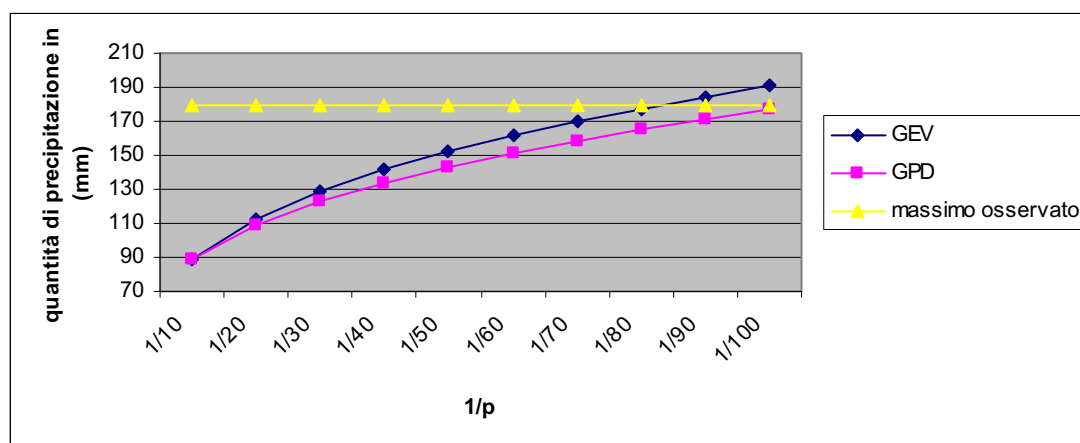
TABELLA 1- STAZIONE 2890:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	88.76	89.08	88.46
1/20	112.34	109.09	112.30
1/30	128.58	122.99	128.71
1/40	141.39	133.99	141.67
1/50	152.14	143.25	152.54
1/60	161.50	151.30	162.01
1/70	169.84	158.49	170.45
1/80	177.40	165.00	178.11
1/90	184.34	170.98	185.13
1/100	190.76	176.52	191.64

TABELLA 2- STAZIONE 2890: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 180mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-91.24	-90.92
1/20	-67.66	-70.91
1/30	-51.42	-57.01
1/40	-38.61	-46.01
1/50	-27.86	-36.75
1/60	-18.5	-28.7
1/70	-10.16	-21.51
1/80	-2.6	-15
1/90	4.34	-9.02
1/100	10.76	-3.48

Grafico 1 – Stazione 2890: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



Dalla tabella 2 e dal successivo grafico 1 si vede che il valore estremo osservato pari a 180mm viene raggiunto 1 volta ogni 83 anni per il modello GEV, mentre il modello GPD, come si vede dalla tabella 3, associa a tale valore un periodo di ritorno pari a 106 anni, quindi molto più lungo del periodo d'osservazione della serie.

Un valore massimo di precipitazione per detta stazione è pari a 300mm, infatti i modelli GEV prevedono che tale misura si verifichi 1 volta ogni 400 anni circa, mentre per il GPD il periodo di ritorno risulta essere anche maggiore.

TABELLA 3- STAZIONE 2890: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	14.16	14.87	14.24
120	24.36	27.61	24.34
140	38.82	46.31	38.60
160	58.31	72.24	57.77
180	83.65	106.67	82.62
200	115.66	150.90	113.94
220	155.16	206.28	152.52
240	203.01	274.16	199.17
260	260.04	355.92	254.71
300	405.15	566.72	395.73

Stazione 2951:

Dalla tabella 1 si vede che i livelli di ritorno per i 2 modelli con serie osservata fino all'87 sono quasi uguali, mentre per quello con serie fino al 98 i valori sono molto più.

TABELLA 1- STAZIONE 2951:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	104.35	101.71	96.88
1/20	139.37	134.82	122.424
1/30	164.71	159.71	139.45
1/40	185.33	180.43	152.90
1/50	203.05	198.51	164.12
1/60	218.76	214.72	173.84
1/70	232.98	229.54	182.46
1/80	246.03	243.26	190.24
1/90	258.15	256.08	197.36
1/100	269.48	268.15	203.94

bassi, causa i dati osservati dall'87 al 98 che risultano essere più bassi di quelli osservati dal51 all'87.

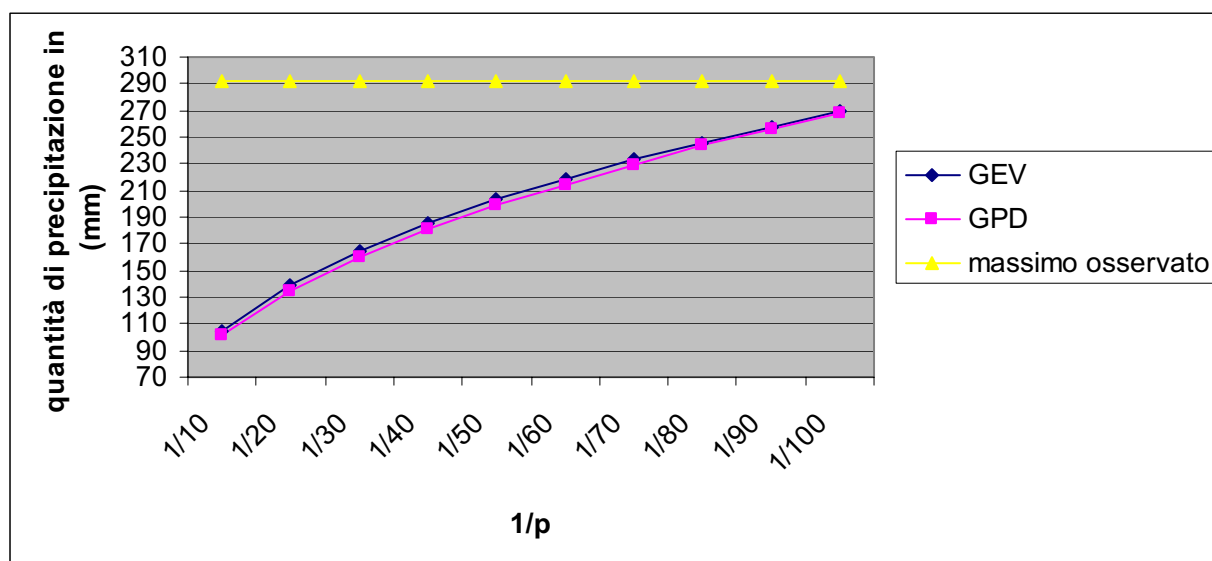
Dalla tabella 2 e dal successivo grafico si vede come il valore di 291mm non viene mai raggiunto nei prossimi 100 anni dalle previsioni dei modelli. Anche in questo caso il valore risulta essere troppo alto rispetto agli altri della serie e quindi le curve non riescono ad adattarsi come si può vedere dai grafici diagnostici in appendice.

TABELLA 2- STAZIONE 2951: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 291.8mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-187.45	-190.09
1/20	-152.43	-156.98
1/30	-127.09	-132.09
1/40	-106.47	-111.37
1/50	-88.75	-93.29
1/60	-73.04	-77.08
1/70	-58.82	-62.26
1/80	-45.77	-48.54
1/90	-33.65	-35.72
1/100	-22.32	-23.65

Dalla tabella 3 è interessante vedere come i modelli con serie fino all'87 prevedono che il valore estremo di 291mm possa avvenire 1 volta nei prossimi 130 anni, mentre per il modello GEV con serie fino al 98 tale misura sembra quasi impossibile che si verifichi, infatti il periodo di ritorno associato a questo valore è pari a 350 anni..

Grafico 1 – Stazione 2951: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



**TABELLA 3- STAZIONE 2951: periodi di ritorno per diversi valori di
quantità di pioggia (durata giornaliera)**

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51- 87)	MODELLO SOGLIA(51- 87)	MODELLO CLASSICO(51- 98)
100	9.04	9.58	10.97
120	13.95	15.06	18.90
140	20.22	21.90	30.37
160	27.96	30.13	46.14
180	37.25	39.78	67.04
200	48.18	50.88	93.92
220	60.83	63.47	127.69
240	75.28	77.56	169.29
260	91.59	93.18	219.68
300	130.09	129.11	350.86

Stazione 2703:

Dalla tabella 1 si vede che i livelli di ritorno sono tutti abbastanza simili per i 3 modelli. Dalla tabella 2 e dal successivo grafico si vede come il valore massimo di 105mm viene raggiunto ogni 55 anni per la GEV, mentre ogni 70 anni circa per la GPD, entrambi questi periodi sono maggiori di quello d'osservazione della serie, quindi si prevede che la frequenza media di tale valore tenda a diminuire in futuro.

TABELLA 1- STAZIONE 2703:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	71.78	74.02	76.33
1/20	84.96	84.37	90.37
1/30	93.11	90.73	99.04
1/40	99.12	95.39	105.43
1/50	103.93	99.10	110.52
1/60	107.95	102.18	114.78
1/70	111.42	104.83	118.46
1/80	114.47	107.15	121.70
1/90	117.21	109.23	124.60
1/100	119.70	111.10	127.22

TABELLA 2- STAZIONE 2703: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 105.5mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-33.72	-31.48
1/20	-20.54	-21.13
1/30	-12.39	-14.77
1/40	-6.38	-10.11
1/50	-1.57	-6.4
1/60	2.45	-3.32
1/70	5.92	-0.67
1/80	8.97	1.65
1/90	11.71	3.73
1/100	14.2	5.6

Grafico 1 – Stazione 2703: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci

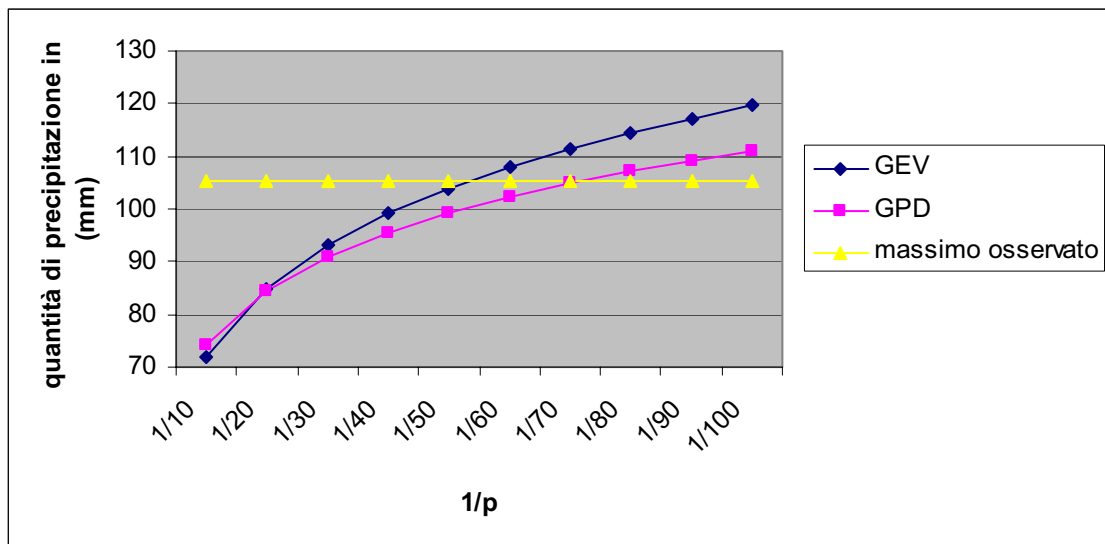


TABELLA 3- STAZIONE 2703: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	41.68	52.75	31.34
120	101.29	162.66	74.61
140	225.52	450.90	163.90
160	466.64	1144.60	336.21
180	908.00	2698.26	650.64
200	1677.20	5971.77	1198.07
220	2962.94	12516.17	2113.50
240	5036.28	25016.34	3591.93
260	8276.88	47956.43	5908.10
300	20519.78	158350.58	14702.28

Analizzando la tabella 3 si può pensare che un valore massimo di precipitazione per la stazione possa essere pari a 180 mm infatti a tale misura i modelli associano periodi di ritorno al minimo pari a 650 anni, questo valore sembra abbastanza basso se si vedono le misure delle altre stazioni del compartimento.

Stazione 2719:

I livelli di ritorno sono molto simili per tutti e 3 i modelli come si vede dalla tabella 1

TABELLA 1- STAZIONE 2719:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

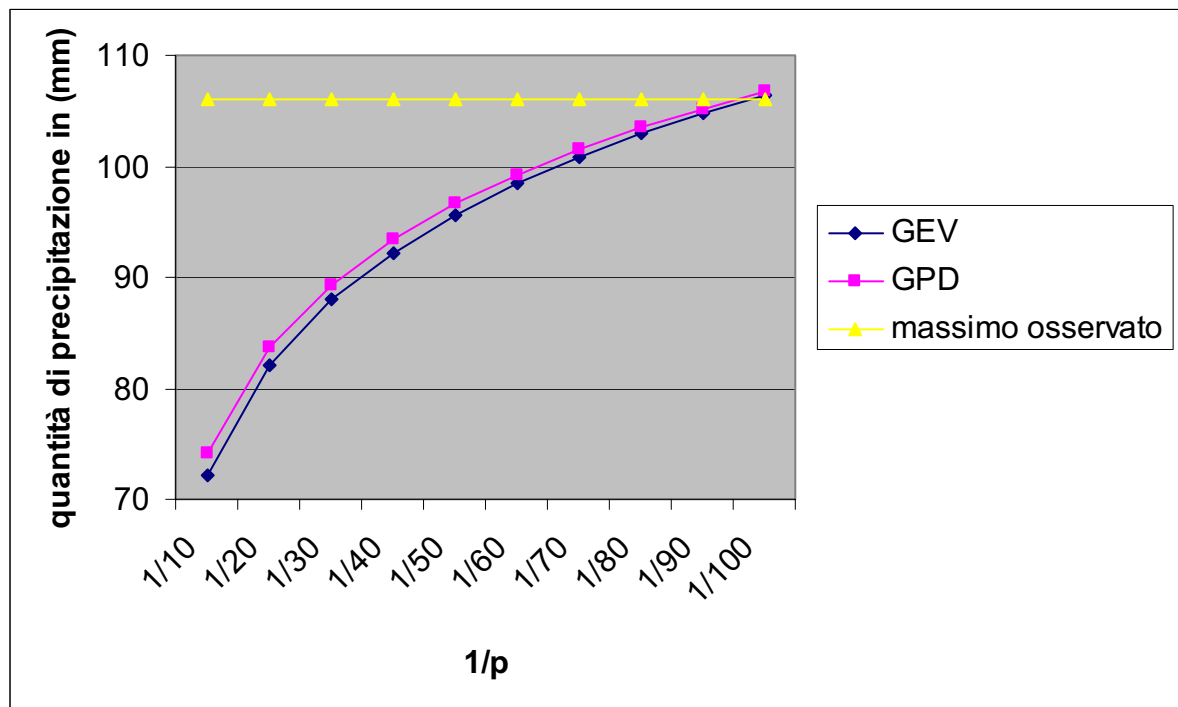
P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	72.14	74.16	75.93
1/20	82.03	83.65	85.17
1/30	87.96	89.32	90.45
1/40	92.25	93.40	94.17
1/50	95.62	96.60	97.03
1/60	98.42	99.23	99.36
1/70	100.80	101.48	101.33
1/80	102.89	103.43	103.03
1/90	104.75	105.16	104.53
1/100	106.42	106.71	105.86

La tabella 2 e il successivo grafico mostrano come un valore apparentemente basso, pari a 106mm, viene raggiunto dopo oltre 90 anni per entrambi i modelli, questo oltre ad indicare una diminuzione della frequenza media di tale misura nei prossimi 100 anni rispetto al periodo osservato mette in risalto la grande variabilità dell'evento pioggia anche per aree molto vicine, infatti per altre stazioni del compartimento analizzate precedentemente tale valore sembra normale averlo 1 volta ogni 5-10 anni.

TABELLA 2- STAZIONE 2719: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 106mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-33.86	-31.84
1/20	-23.97	-22.35
1/30	-18.04	-16.68
1/40	-13.75	-12.6
1/50	-10.38	-9.4
1/60	-7.58	-6.77
1/70	-5.2	-4.52
1/80	-3.11	-2.57
1/90	-1.25	-0.84
1/100	0.42	0.71

Grafico 1 – Stazione 2719: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



Quanto detto precedentemente viene confermato dall'analisi della tabella 3, questa evidenza come un valore pari a 140mm possa essere considerato quasi impossibile da verificarsi per tale stazione, in quanto per i 3 modelli il periodo di ritorno più basso associato a tale valore risulta essere pari a 713 anni.

TABELLA 3- STAZIONE 2719: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	66.47	63.2	63.06
120	228.80	241.70	307.68
140	713.84	863.24	1543.44
160	2044.38	2900.31	7933.81
180	5436.88	9218.29	41783.86
200	13556.36	27852.41	225584.1
220	31943.70	80339.12	1249376
240	71603.18	222057.9	7103949
260	153522.60	590085.30	41503500
300	628771.64	3745396	1542057000

Stazione 2736:

La tabella 1 riporta dei livelli di ritorno inizialmente molto simili, poi a causa dei differenti valori di ϵ stimati questi valori tendono a divergere.

TABELLA 1- STAZIONE 2736:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

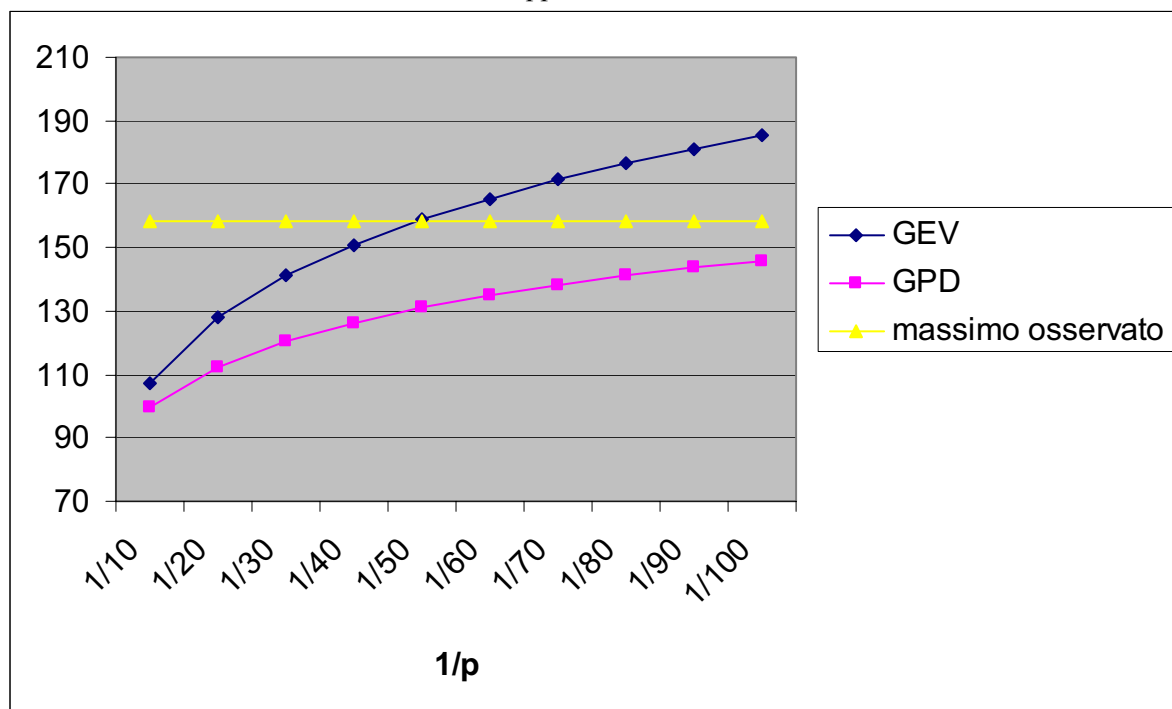
P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	107.07	99.33	108.69
1/20	127.83	112.55	125.57
1/30	140.97	120.58	135.62
1/40	150.80	126.42	142.86
1/50	158.75	131.03	148.54
1/60	165.45	134.84	153.23
1/70	171.28	138.11	157.23
1/80	176.44	140.96	160.73
1/90	181.09	143.51	163.83
1/100	185.33	145.80	166.62

Queste differenze già viste nella tabella 1 vengono riportate anche nella tabella 2 e nel successivo grafico, infatti da questa si vede come il valore estremo osservato pari a 158.4mm viene raggiunto 1 volta ogni 45-48 anni circa, secondo il modello GEV, mentre appena 1 volta ogni 170 anni circa per il modello GPD, questi risultati portano a conclusioni molto differenti, nel primo caso sembra che la frequenza media di tale valore diminuisca rispetto a quella del periodo osservato, ma non in modo così forte, mentre nel secondo caso un valore pari a 158mm sembra molto difficile che si possa verificare. I grafici diagnostici per entrambi i modelli sono molto buoni e quindi non ci aiutano troppo a capire quale sia la previsione più attendibile.

TABELLA 2- STAZIONE 2736: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 158.4mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-51.33	-59.07
1/20	-30.57	-45.85
1/30	-17.43	-37.82
1/40	-7.6	-31.98
1/50	0.35	-27.37
1/60	7.05	-23.56
1/70	12.88	-20.29
1/80	18.04	-17.44
1/90	22.69	-14.89
1/100	26.93	-12.6

Grafico 1 – Stazione 2736: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



Anche analizzando la tabella 3 si può confermare quanto detto finora.

Inoltre una soglia massima di precipitazione per questa stazione, a detta di tutti i modelli, sembra essere pari a 300mm, misura che si raggiunge mediamente 1 volta ogni 1011 anni per il modello GEV(51-87), che è il periodo di ritorno più basso rispetto a quello che gli altri 2 modelli.

TABELLA 3- STAZIONE 2736: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	7.78	10.36	6.99
120	15.52	29.14	15.93
140	29.14	76.48	35.72
160	51.76	188.98	77.82
180	87.56	442.75	164.35
200	142.06	989.35	336.65
220	222.33	2119.10	669.99
240	337.23	4369.26	1297.90
260	497.75	8703.54	2452.03
300	1011.91	31523.43	8173.83

Stazione 2766:

La tabella 1 mostra come anche per questo stazione, ci sia una differenza abbastanza grande tra i livelli di ritorno calcolati secondo i 2 diversi approcci, questa diversità va ricercata nel valore del parametro ϵ stimato che per il modello soglia risulta essere la metà di quello dei modelli GEV.

TABELLA 1- STAZIONE 2766:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	81.42	79.33	84.84
1/20	96.26	90.29	100.33
1/30	105.53	96.96	110.33
1/40	112.41	101.80	117.61
1/50	117.94	105.63	123.45
1/60	122.58	108.80	128.37
1/70	126.60	111.52	132.62
1/80	130.15	113.89	136.38
1/90	133.34	116.01	139.75
1/100	136.23	117.91	142.82

La tabella 2 e il successivo grafico mostrano come il valore massimo osservato pari a 131.6mm venga raggiunto mediamente 1 volta ogni 85 anni circa per la GEV, e addirittura 1volta ogni 190 circa per la GPD, quindi i risultati mi portano a delle conclusioni molto differenti, comunque per entrambi la frequenza media di tale valore diminuirà nel futuro.

TABELLA 2- STAZIONE 2766: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 131.6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-50.18	-52.27
1/20	-35.34	-41.31
1/30	-26.07	-34.64
1/40	-19.19	-29.8
1/50	-13.66	-25.97
1/60	-9.02	-22.8
1/70	-5	-20.08
1/80	-1.45	-17.71
1/90	1.74	-15.59
1/100	4.63	-13.69

Grafico 1 – Stazione 2766: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci

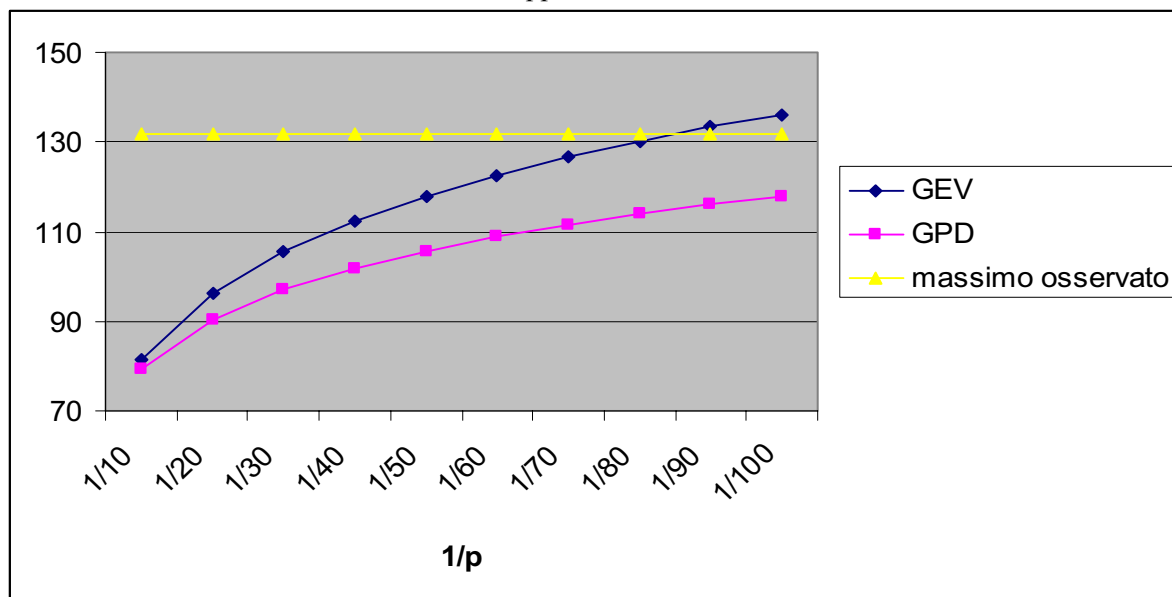


TABELLA 3- STAZIONE 2766: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	23.62	35.96	19.56
120	54.25	112.13	43.86
140	114.41	321.19	90.78
160	224.57	855.34	175.49
180	415.16	2137.69	320.56
200	729.76	5052.89	557.08
220	1228.88	11368.45	929.38
240	1994.41	24476.88	1496.07
260	3134.75	50660.69	2334.50
300	7142.03	195685.74	5253.70

Per quanto riguarda la tabella 3 oltre a confermare quanto detto fin ora sulle diversità dei risultati a cui portano questi 2 approcci, indica in 200mm una soglia estema di precipitazione per questa stazione

Stazione 2787:

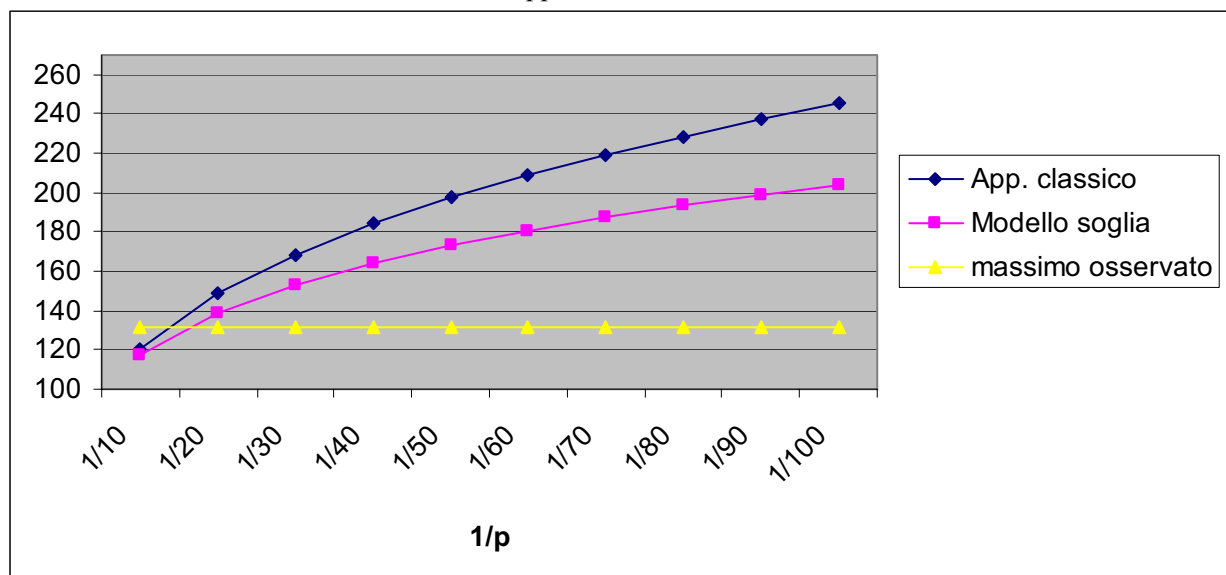
I livelli di ritorno riportati nella tabella 1 evidenziano una grande diversità tra il modello GEV(51-87), con la stesso modello calcolato utilizzando una serie di dati fino al 98, questa è causata dai valori osservati tra il 1987 e il 1998 che sono molto più bassi di quelli osservati precedentemente.

TABELLA 1- STAZIONE 2787:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	120.86	117.12	111.03
1/20	148.78	138.73	125.44
1/30	168.37	153.05	133.84
1/40	184.00	164.04	139.81
1/50	197.25	173.08	144.46
1/60	208.86	180.82	148.26
1/70	219.26	187.61	151.49
1/80	228.74	193.70	154.28
1/90	237.47	199.22	156.76
1/100	245.60	204.28	158.98

TABELLA 2- STAZIONE 2787: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a mm 131.6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-10.74	-14.48
1/20	17.18	7.13
1/30	36.77	21.45
1/40	52.4	32.44
1/50	65.65	41.48
1/60	77.26	49.22
1/70	87.66	56.01
1/80	97.14	62.1
1/90	105.87	67.62
1/100	114	72.68

Grafico 1 – Stazione 2787: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci

La tabella 2 indica un raggiungimento del valore massimo osservato pari a 131mm dopo appena 15 anni circa per entrambi i modelli, questo periodo essendo minore di quello d'osservazione evidenzia un aumento della frequenza media di tale valore in futuro.

TABELLA 3- STAZIONE 2787: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	5.28	5.27	5.94
120	9.76	11.04	15.38
140	16.35	20.77	40.36
160	25.40	36.06	104.98
180	37.26	58.87	268.71
200	52.26	91.49	675.44
220	70.75	136.56	1666.74
240	93.04	197.10	4039.11
260	119.45	276.53	9618.09
300	185.93	507.69	51872.78

Dalla tabella 3 si vede che non si può ben definire un valore massimo di precipitazione per questa stazione. Infatti per il modello GEV(51-98) questo potrebbe essere pari a 200mm valore raggiunto ogni 675 anni , per il modello soglia un massimo si ha per 300mm raggiunti 1 volta ogni 507 anni , mentre per il modello GEV(51-87) il valore di 300mm è raro, ma possibile in quanto succede mediamente 1 volta ogni 119 anni.

Stazione 2832:

I livelli di ritorno per la stazione 2832 riportati nella tabella 1 sono molto simili per tutti e 3 i modelli utilizzati.

TABELLA 1- STAZIONE 2832:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

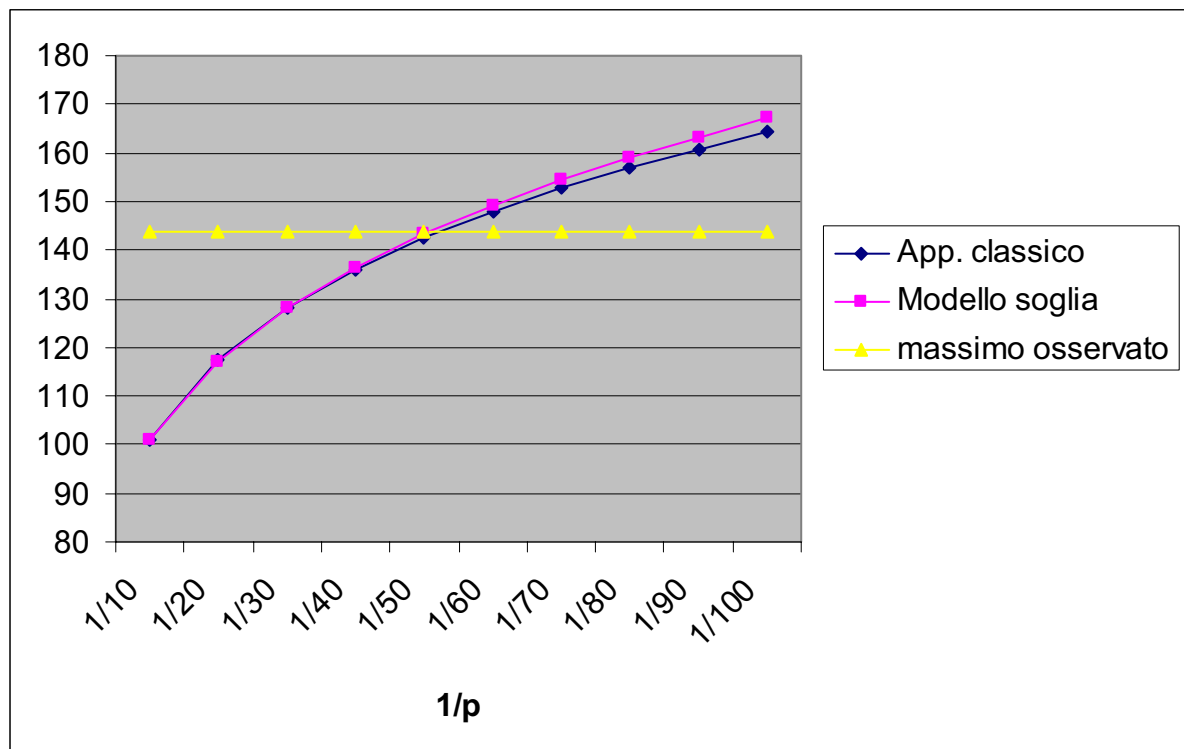
P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
1/10	100.98	100.94	100.64
1/20	117.64	117.21	118.11
1/30	128.23	128.06	129.41
1/40	136.17	136.42	137.98
1/50	142.60	143.31	144.97
1/60	148.03	149.21	150.92
1/70	152.76	154.41	156.12
1/80	156.95	159.08	160.75
1/90	160.73	163.31	164.95
1/100	164.17	167.21	168.79

Dalla tabella 2 e dal successivo grafico 1 si vede che il valore massimo osservato pari a 143mm viene raggiunto nel modello GEV(51-87) 1 volta ogni 46 anni circa che poi è lo stesso periodo di ritorno ricavato con il modello soglia, tale periodo risulta essere più lungo di quello d'osservazione quindi si pensa che in futuro la frequenza media con cui si verificherà tale valore diminuirà.

TABELLA 2- STAZIONE 2832: variazione semplice rispetto al valore max registrato nel periodo (51-87), pari a 143.6mm

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)
1/10	-42.62	-42.66
1/20	-25.96	-26.39
1/30	-15.37	-15.54
1/40	-7.43	-7.18
1/50	-1	-0.29
1/60	4.43	5.61
1/70	9.16	10.81
1/80	13.35	15.48
1/90	17.13	19.71
1/100	20.57	23.61

Grafico 1 – Stazione 2832: Livelli di ritorno per le precipitazioni max giornaliere secondo i 2 approcci



Dalla tabella 3 si vede che un valore massimo per questa stazione per tutti i modelli risulta essere pari a 200mm, raggiunto mediamente ogni 218 anni secondo il modello GEV(51-98), per gli altri modelli il periodo di ritorno associato a tale valore risulta essere più grande.

TABELLA 3- STAZIONE 2832: periodi di ritorno per diversi valori di quantità di pioggia (durata giornaliera)

PRECIPITAZIONE(mm)	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	MODELLO SOGLIA(51-87)	MODELLO CLASSICO(51-98)
100	9.58	9.57	9.73
120	21.94	22.28	21.45
140	45.73	44.99	42.71
160	88.00	82.10	78.30
180	158.52	138.92	134.37
200	270.41	221.64	218.52
220	440.74	337.41	339.98
240	691.23	494.33	509.77
260	1048.95	701.47	740.79
300	2225.84	1307.66	1448.49

Come detto precedentemente per le stazioni 2719, 2736 si sono integrati i dati del database storico con quelli del database Tempo Reale. La tabella 1 mostra i livelli di ritorno per la stazione 2719, calcolati attraverso il solo modello GEV prendendo 3 periodi d'osservazione diversi, in questo caso i risultati finali sono molto simili ciò vuol dire che i dati osservati sono sempre rimasti uguali nei vari periodi, ossia non ci sono stati sbalzi positivi o negativi dei valori osservati.

TABELLA 1- STAZIONE 2719:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	APPROCCIO CLASSICO(51-98)	APPROCCIO CLASSICO(51-02)
1/10	72.14	75.93	74.68
1/20	82.03	85.17	84.38
1/30	87.96	90.45	90.08
1/40	92.25	94.17	94.14
1/50	95.62	97.03	97.31
1/60	98.42	99.36	99.31
1/70	100.80	101.33	99.91
1/80	102.89	103.03	102.12
1/90	104.75	104.53	104.04
1/100	106.42	105.86	105.75

Se si considera la tabella 2, che riporta i livelli di ritorno per la stazione 2736, si vede che in questo caso i valori di tali livelli di ritorno decrescono man mano che il periodo d'osservazione della serie cresce, questo implica una diminuzione dei valori osservati nel corso del tempo.

TABELLA 1- STAZIONE 2736:livelli di ritorno associati a diversi periodi di ritorno

P	APPROCCIO CLASSICO(51-87)	APPROCCIO CLASSICO(51-98)	APPROCCIO CLASSICO(51-02)
1/10	107.07	108.69	108.01
1/20	127.83	125.57	123.62
1/30	140.97	135.62	132.74
1/40	150.80	142.86	139.24
1/50	158.75	148.54	144.30
1/60	165.45	153.23	148.45
1/70	171.28	157.23	151.97
1/80	176.44	160.73	155.03
1/90	181.09	163.83	157.73
1/100	185.33	166.62	160.16

Dai confronti dei risultati (tabella 2) si riscontra una grande varietà di valori dei livelli di ritorno per le stazioni analizzate. Quindi come già si era visto quando si consideravano gli eventi estremi di precipitazione di durata 24h, anche in questo caso i modelli per stazioni vicine mi portano a risultati molto diversi, segno di come le precipitazioni sono un fenomeno che può variare di molto nel piccolo spazio.

In questo caso il livello di ritorno più basso dopo 10 anni è pari a 71.78mm per la stazione 2703 modello Gev(51-87), mentre quello più alto è pari a 130.25mm per la stazione 2684 modello GEV(51-87).

Il livello di ritorno più basso dopo 100 anni è pari a 106mm circa, per tutti e 3 i modelli utilizzati, per la stazione 2719, questo è molto importante perché ribadisce quanto detto in precedenza sulla varietà delle precipitazioni anche in spazi relativamente piccoli, infatti tale valore è di gran lunga più piccolo di 130.25mm che è il livello di ritorno più alto associato ad un periodo di ritorno però di solo 10 anni.

Il livello di ritorno più alto dopo 100 anni è pari a 284.96mm modello GEV(51-87), per la stazione 2684, valore che è quasi 3 volte quello più piccolo (106mm) di quello della stazione 2719.

Conclusioni

Dall'analisi dei risultati si è riscontrato che i modelli utilizzati possono avere dei problemi nel momento in cui si verificano degli eventi estremi, molto diversi da tutti gli altri valori della serie su cui poggia il modello.

Su questo problema si sono interessati anche grandi studiosi dei valori estremi in particolare (Pericchi, e Coles). Questi analizzando le serie storiche delle precipitazioni del Venezuela, si sono accorti di un valore, avvenuto nel 1999, che risultava essere molto più grande degli altri della serie, e che i modelli utilizzati per lo studio dei valori estremi non riuscivano a prevedere (un po' ciò che è successo in questa analisi soltanto nel nostro caso di portata più ridotta).

Ecco un breve riassunto del loro articolo in proposito:

loro dicevano che i modelli normalmente utilizzati risultavano inadeguati per modellizzare tale processo (piogge del Venezuela), almeno al livello nella quale essi erano applicati.

Si supponga per esempio, che con probabilità $\lambda \approx 1$ le piogge giornaliere sono generate da una funzione di distribuzione G_1 , ma con probabilità $1 - \lambda > 0$, le piogge giornaliere sono derivate da una funzione di distribuzione G_2 che possiede una coda pesante. Quindi si avrà che la funzione di distribuzione delle piogge sarà un mix delle due funzioni precedenti:

$$G(x) = G_1(x) \cdot \lambda + (1 - \lambda) \cdot G_2(x)$$

però essendo la G_2 con coda lunga, asintoticamente il modello per G sarà determinato da G_2 . Intuitivamente, quindi ci aspettiamo che nel lungo periodo le piogge più grandi saranno determinate da G_2 , specialmente se l'evento rispetto all'insieme degli eventi risulta essere raro, ma poiché tali eventi sono rari è possibile che nella serie osservata non ci sia nessun evento generato da G_2 . In questo caso nessuna analisi dei dati storici darebbe traccia di G_2 , e un'extrapolazione basata solamente su una modellizzazione dei dati della G_1 , porterebbe a una sottostima dei livelli di ritorno.

Nel nostro caso nella serie osservata c'è un dato estremo, ma essendo unico, il modello non ne viene troppo influenzato. Questo viene confermato dal fatto che nelle stazioni dove si è verificato questo dato estremo, il modello GPD si adatta meglio di quello GEV, in quanto toglie tutti i massimi più piccoli al di sotto della soglia scelta, e quindi si deve adattare a una serie con meno dati e più grandi, ciò comporta che aumenta l'importanza del dato estremo in sede di stima dei parametri.

Si vede che nelle precipitazioni questa situazione è abbastanza frequente (almeno nel nostro studio), quindi ci si dovrebbe indirizzare verso uno studio che mi porta a una funzione di distribuzione combinata come quella vista sopra anche se ci sono problemi

per il calcolo della G_2 in quanto si dispongono di pochissime informazioni, e per avere maggiori informazioni si deve attendere un periodo temporale troppo grande.

Errori del database dell'APAT

Confrontando i livelli di ritorno, delle precipitazioni di durata giornaliera con quelle di durata 24h, si hanno dei risultati non sempre coerenti con il significato di tali misure, infatti si è detto che le massime precipitazioni annuli di durata 24h sono maggiori o uguali ai massimi annuali di durata giornaliera. Quindi se si confrontano i livelli di ritorno di durata 24h, del modello GEV, che in entrambi i tipi di misura usano i massimi annuali, si devono avere dei valori di tali livelli di ritorno, che risultano essere più grandi di quelli calcolati per precipitazioni giornaliere, o perlomeno molto simili, anche se va detto che mentre nelle precipitazioni giornaliere si hanno dati fino al 98, in quelle di 24h si hanno dati fino al 96, ma in linea di massima se in questi 2 anni di differenza non è successo qualcosa di molto diverso rispetto a tutti gli altri anni di cui è composta la serie, i risultati dovrebbero essere confrontabili.

Visto che per alcune stazioni questi confronti non portano ai risultati attesi, si sono andati a controllare i dati di partenza con cui sono fatti i modelli, e si sono riscontrati i seguenti errori, (tabella 1), i modelli non sono stati modificati in quanto non si hanno a disposizione troppe informazioni su come poter correggere tali errori.

TABELLA 1 – ERRORI RISCONTRATI NEL DATABASE DELL'APAT

STAZIONI	ANNO	FONTE	MAX GIORN.	MAX 24H
2956	1963	REDBRIK	40.4	33.4
	1987	GEODOC	82	26.8
2787	1989	REDBRIK	91	75.4
2766	1957	REDBRIK	80	38
2832	1976	REDBRIK	78	72.8
	1996	REDBRIK	84.2	81.2
2684	1991	REDBRIK	134	92.3
2703	1989	REDBRIK	96	56.6
	1994	REDBRIK	101	100.8
	1996	REDBRIK	68.8	40.6
2736	1983	REDBRIK	79.2	66.6
	1986	REDBRIK	54.8	50.8
	1996	REDBRIK	114.6	114.4
2719	1982	REDBRIK	46.8	41
	1992	REDBRIK	76.2	39.2
	1993	REDBRIK	43.4	24.6

BIBLIOGRAFIA

CARLO GAETAN: (dipartimento di statistica Università Ca' Foscari – Venezia).

Valori estremi in statistica

VITO RICCI: *Analisi delle serie storiche con R*

GUIDO MASAROTTO: (facoltà di scienze statistiche Università di Padova).

Analisi delle serie temporali “lucidi delle lezioni 2004/2005

LUCA TARDELLA: (Facoltà di scienze statistiche Università La Sapienza – Roma)

Appunti delle lezioni di laboratorio su l'utilizzo del programma R

FRANCESCA PARPINEL: *La statistica applicata attraverso l'uso del programma R*

ROCCO MICCIOLO: *Corso di econometria ed applicazioni ai servizi sanitari A.A.*

2003/2004 “brevi note operative sull'uso del programma R”

RICHARD L. SMITH: *Statistics of Extremis, with Applications in Environment,*

Insurance, and Finance

STUART COLES: *The Use and Misuse of Extreme Value Models in Practice*

STUART COLES: *Extreme value theory and applications. Notes in support of the*

course on extreme value theory and applications at Bucato, Sao Paulo, Brasil

C. GAETAN e G. DALLA VALLE: *Materiale didattico per il corso di inferenza*

statistica I

J. HEFFERNAN e J. TAWN: *Extreme value theory. Appunti delle lezioni, Lancaster*

University

N.A. HECKERT e E. SIMIU: *Estimates of hurricane wind speeds by „peaks over*

thresholds“ method. Journal of structural engineering, vol.124, No. 4

MARIO BADALONI: *Appunti delle lezioni del corso di Teoria dell'Inferenza*

Statistica

FRANCESCO BATTAGLIA: *Appunti per le Lezioni di “ANALISI STATISTICA*

MULTIVARIATA” parte II: Analisi delle serie storiche

R.L. SMITH: *The statistics of extremes*