



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente,
dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC
Ufficio federale dell'ambiente UFAM

STATISTICA SULLE PIENE

RAPPORTO DELLA STAZIONE

Moesa - Lumino, Sassello

Ulteriori spiegazioni: [guida](#)
Contatto: hydroanalysen@bafu.admin.ch

Indice

1	Basi di dati	2
2	Risultati delle procedure parametriche	6
2.1	L'approccio «block maximum» (BLOCK)	7
2.1.1	Intero periodo di analisi: 1922-2015	7
2.1.1.a	Variante di modello stazionaria	7
2.1.1.b	Variante di modello non stazionaria	9
2.1.2	Periodo di riferimento: 1980-2015	11
2.1.2.a	Variante di modello stazionaria	11
2.1.3	Periodo di analisi a partire dal punto di rottura: 1961-2015	13
2.1.3.a	Variante di modello stazionaria	13
2.2	L'approccio «Peaks Over Threshold» (POT)	15
2.2.1	Periodo di analisi POT: 1980-2015	16
2.2.1.a	Variante di modello stazionaria	16
3	Risultati a confronto	19
3.1	Valutazione dei diversi periodi di analisi	19
3.2	Raffronto generico dei diversi approcci di modello	19
4	Bibliografia	21
	Allegato	22
A	Determinazione del valore soglia per delimitare i valori estremi	22
B	Glossario	23

1 Basi di dati

Per le analisi statistiche dei valori estremi sono disponibili i seguenti dati relativi alle portate:

Dati disponibili	dal	al
Massime mensili digitali	01.01.1912	31.01.1912
	01.04.1912	31.12.1968
	01.03.1980	31.12.2015
Massime giornaliere digitali	13.03.1980	31.12.2015

Un limnografo è stato messo in funzione le 13. aprile 1921. Dall'inizio delle misurazioni al 30 settembre 1976, le misurazioni sono state effettuate presso la stazione di 2123/00488 Moesa, Lumino; a partire dal 1° gennaio 1977 presso il sito attuale. A causa dell'insabbiamento degli strumenti di misurazione, i dati relativi alla vecchia stazione non possono più essere utilizzati dopo il 1969. La nuova stazione è stata danneggiata da una piena poco dopo la messa in esercizio, il 1° gennaio 1977, rendendone necessaria la ricostruzione. Per tale motivo i dati sono nuovamente disponibili soltanto a partire dal 13 marzo 1980. A causa dei numerosi cambiamenti avvenuti in un lasso di tempo così breve, è stato deciso di proseguire con l'analisi soltanto a partire dal 1980. Degno di menzione è tuttavia il fatto che la piena del 7 agosto 1978 ha segnato un valore vicino ai 700 m³/s. Anche se a causa dei danni subiti dalla stazione tale dato non può essere né verificato né utilizzato, si presuppone che il deflusso fosse marcatamente superiore al valore massimo delle massime giornaliere utilizzate. Occorre tenere conto di tale circostanza.

Per le analisi sono utilizzati gli anni completi delle massime mensili registrate dal limnografo oppure le massime giornaliere digitali (cfr. cap. 2).

La portata più elevata è stata osservata come segue:

Picco di portata più elevato	Data	Portata
Massima giornaliera più elevata	08.08.1951	900 m ³ /s
Massima mensile più elevata	11.09.1983	567 m ³ /s

I dati relativi alle portate possono essere contraddistinti come segue:

Andamento della portata	Descrizione
Regime di portata	Nivo-pluvial méridional: Deflussi superiori in estate e autunno, deflussi inferiori in inverno.
Effetto della stagionalità	Chiaramente riconoscibile osservando le massime mensili e giornaliere. (figura 3 e figura 4)
Influsso	Influsso di diversi laghi e centrali idroelettriche: Lago d'Isola 6.5 Mio. m ³ /s (1960) con centrale idroelettriche Spina (Isola), Laghet di Buseno 0.8 m ³ /s (1951). Influssi ridotti dei cinque impianti ad acqua fluente tra il 1951 ed il 1965. A partire dal 1960 circa, le massime annuali sono debolmente diminuite. (cfr. figura 2).

Le massime annuali oscillano tra 100 e 900 m³/s circa, con una dispersione dei valori elevata. Sette valori al di sopra di 600 m³/s costituiscono le massime annuali più elevate, mentre la maggior parte dei valori si situa tra 150 e 500 m³/s. Dall'analisi risulta un punto di rottura significativo attorno al 1961 (intervallo di confidenza 1949-1999). I dieci deflussi più abbondanti risalgono al periodo precedente, mentre dopo il 1970 si sono registrate con una frequenza maggiore massime annuali inferiori a 200 m³/s. Nel 1960 è stata costruita il Lago d'Isola, che a partire da quel momento potrebbe aver modificato il regime delle portate. La messa in esercizio, nel 1962, della centrale idroelettrica è chiaramente visibile anche nella figura 2, anche se occorre anche sottolineare che da allora i valori minimi delle massime mensili hanno registrato un lieve aumento. Dato il calo delle massime e la corrispondenza con l'analisi dei punti di rottura, a partire dal 1961 la serie di dati viene suddivisa.

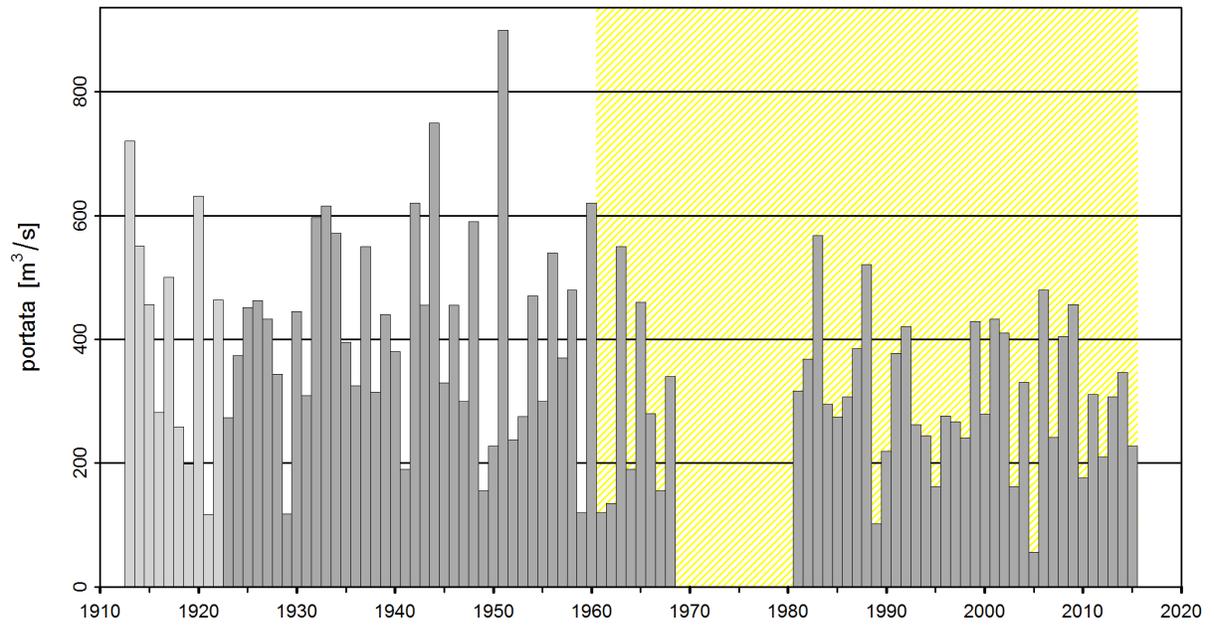


Figura 1: Serie temporale delle massime annuali [m^3/s] (1912 - 2015, Grigio chiaro: massime annuali non utilizzate per la statistica, grigio scuro: massime annuali utilizzate relative all'intero periodo di analisi a partire dall'installazione del limnigrafo). Giallo tratteggiato: periodo di analisi a partire dal punto di rottura (1961)

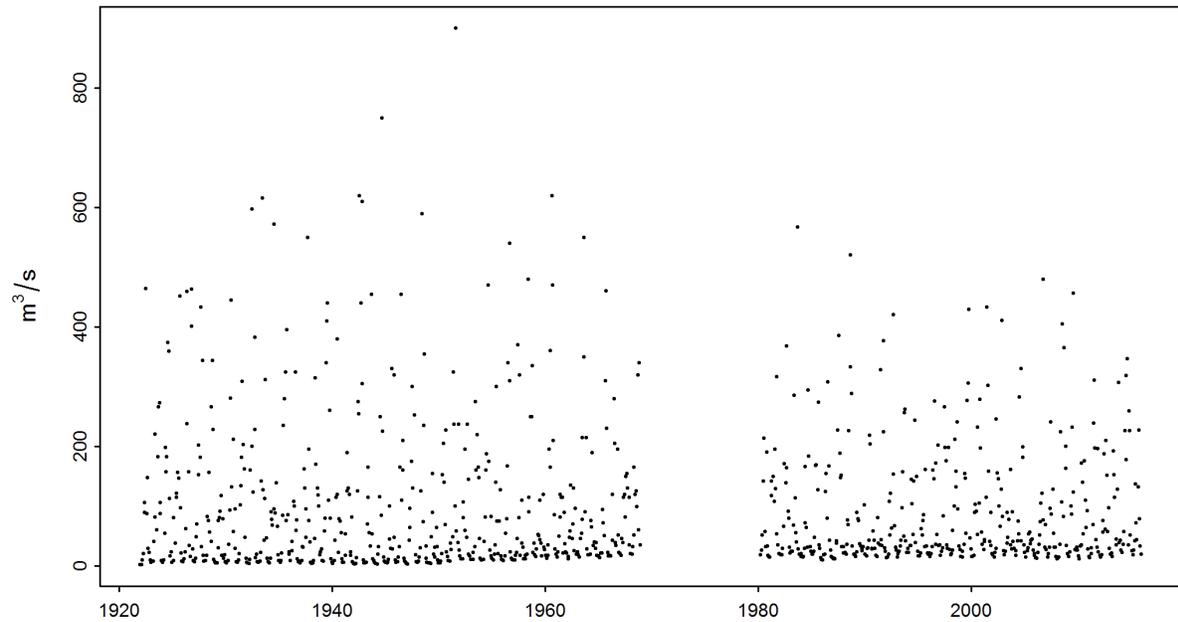


Figura 2: Serie temporale delle massime mensili [m^3/s] (01.01.1922 - 31.12.2015)

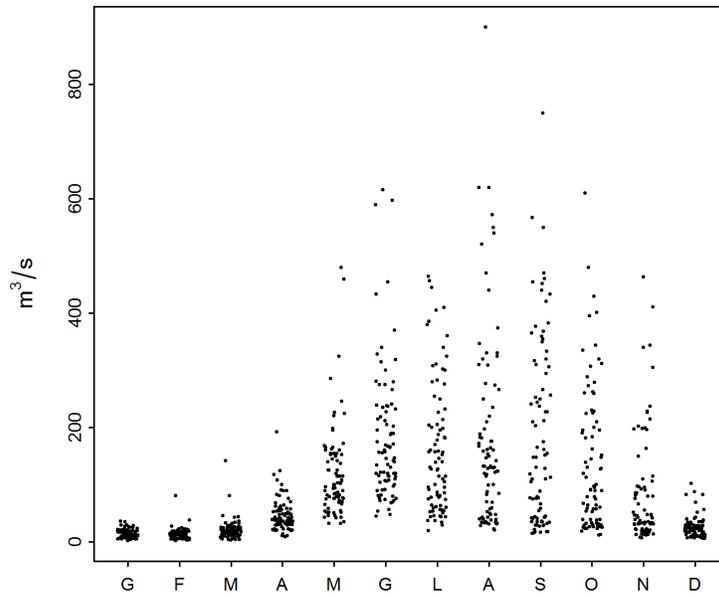


Figura 3: Andamento stagionale delle massime mensili [m³/s] (01.01.1922 - 31.12.2015)

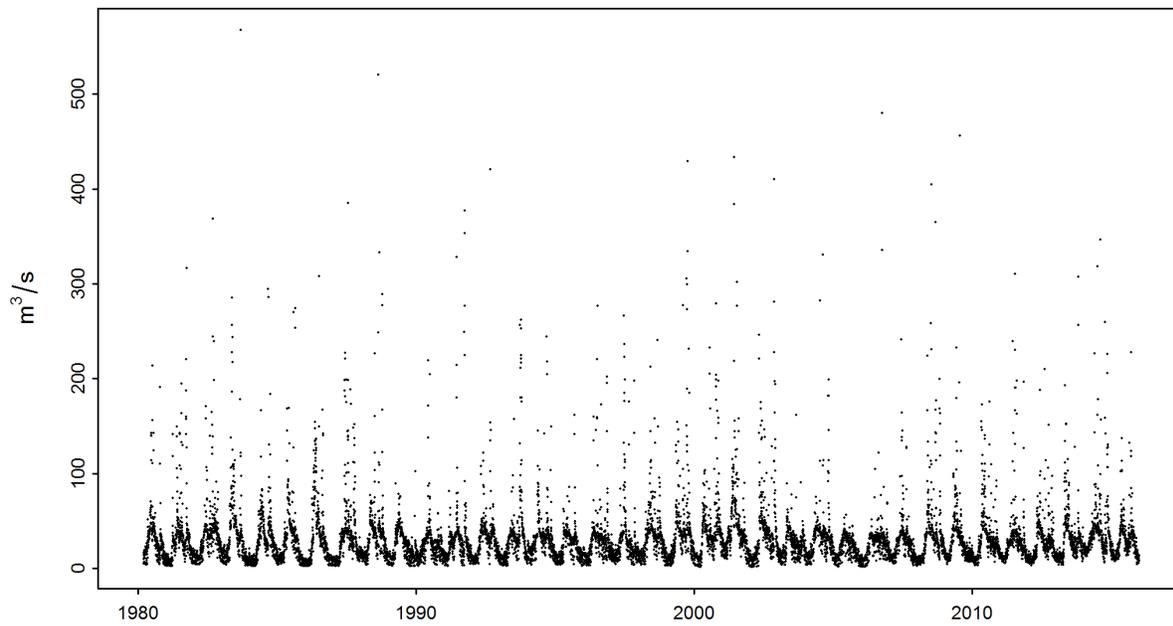


Figura 4: Serie temporale delle portate giornaliere massime [m³/s] (13.03.1980 - 31.12.2015)

Riassunto delle varianti di modello

Variazioni	Effetti	Conseguenze
Centrali idroelettrici e Lago d'Isola a partire dal 1950 al 1965	Le massime mensili diminuiscono	Presumibilmente non stazionario

Analisi dei punti di rottura

Anno	Punto di rottura significativo	Conseguenze
1960 / 1961	sì	I dati vengono suddivisi perché il punto di rottura è motivabile a partire dalla documentazione relativa alla stazione (costruzione di una centrale elettrica) e al bacino imbrifero.

2 Risultati delle procedure parametriche

Con l'ausilio di due procedure parametriche (approcci BLOCK e POT) sono stimate le probabilità di piena HQ_T . I due approcci si distinguono nel metodo con il quale vengono identificati i valori estremi. Si basano sui seguenti parametri e dati iniziali del modello:

Procedura parametrica	Parametri	Dati iniziali del modello
Block Maximum (BLOCK)	μ Parametro di posizione σ Parametro di scala κ Parametro di forma	Massime annuali
Peaks Over Threshold (POT)	λ Tasso di incidenza σ Parametro di scala ¹ κ Parametro di forma	Massime giornaliere

Per entrambi gli approcci parametrici viene calcolato il caso stazionario. Ciò significa che si suppone che tutti i parametri della funzione di ripartizione rimangano costanti sull'arco dell'intero periodo di analisi. Se tuttavia la storia della stazione lascia supporre una variazione temporale, i parametri della funzione di ripartizione corrispondente possono essere modellizzati in funzione del tempo. Vengono utilizzate le seguenti varianti di modello, riportate alle tabelle 1 e 2:

Tabella 1: Varianti di metodo BLOCK. μ Parametro di posizione (mu), σ Parametro di scala (sigma), κ Parametro di forma (kappa)

Varianti di metodo BLOCK			
Nome	Descrizione	Parametro (t: anno)	Numero di parametri
stat	Variante stazionaria	μ, σ, κ	3
mul	Trend lineare di μ	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma, \kappa$	4
muq	Trend quadratico di μ	$\mu = a_1 + a_2 * t + a_3 * t^2, \sigma, \kappa$	5
sigl	Trend lineare di σ	$\mu, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	4
musigl	Trend lineare di μ e σ	$\mu = a_1 + a_2 * t, \sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	5
mujump	Variazione non continua di μ al momento t_0	$\mu = a_1 + a_2 * i, \sigma, \kappa, i = 0$ per $t < t_0, i = 1$ per $t \geq t_0$	4

Tabella 2: Varianti di metodo POT. σ Parametro di scala (sigma), κ Parametro di forma (kappa)

Varianti di metodo POT			
Nome	Descrizione	Parametro (t: anno)	Numero di parametri
stat	Variante stazionaria	σ, κ	2
sigl	Trend lineare di σ	$\sigma = b_1 + b_2 * t, \kappa$	3
sigjump	Variazione non continua di σ al momento t_0	$\sigma = b_1 + b_2 * i, \kappa,$ $i = 0$ per $t < t_0, i = 1$ per $t \geq t_0$	3

La qualità delle varianti di modello viene valutata graficamente mediante un probability plot e un quantile plot (cfr. p. es. figura 5 in alto e [guida](#) cap. 2.2.3). Meglio i dati sono posizionati lungo la diagonale unitaria, più si può supporre che le ipotesi del modello siano corrette. Sulla base di uno schema della procedura si decide quale modello non stazionario utilizzare in futuro (cfr. fig. 5 al capitolo 2.1.3 della [guida](#)). Di seguito sono indicate le procedure con i risultati migliori.

¹Numericamente, il parametro di scala σ dell'approccio POT non coincide con quello σ dell'approccio BLOCK.

2.1 L'approccio «block maximum» (BLOCK)

L'approccio «block maximum» definisce il valore massimo all'interno di un intervallo di tempo (block: nel caso in esame un anno) come valore estremo.

Nel rapporto vengono descritte le seguenti varianti dell'approccio BLOCK:

Periodo di analisi	Descrizione	Variante di modello scelta	Capitolo
1922 - 2015	intero periodo di analisi	stat mujump	capitolo 2.1.1.a capitolo 2.1.1.b
1980 - 2015	periodo di riferimento	stat	capitolo 2.1.2.a
1961 - 2015	periodo di analisi a partire dal punto di rottura	stat	capitolo 2.1.3.a

Per il periodo di analisi a partire dal punto di rottura non si osservano differenze significative tra le varianti di modello stazionarie e quelle non stazionarie. ²

2.1.1 Intero periodo di analisi: 1922-2015

2.1.1.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
BLOCK	stat	1922-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Numero di valori n	Parametro di posizione $\hat{\mu}$	Parametro di scala $\hat{\sigma}$	Parametro di forma $\hat{\kappa}$
94	291.73	136.58	-0.1023

La qualità della variante di modello «stat» sull'intero periodo di analisi viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 5.

²Come punto t_0 per il modello «mujump» per il periodo di analisi a partire dal punto di rottura viene scelto l'anno 1989.

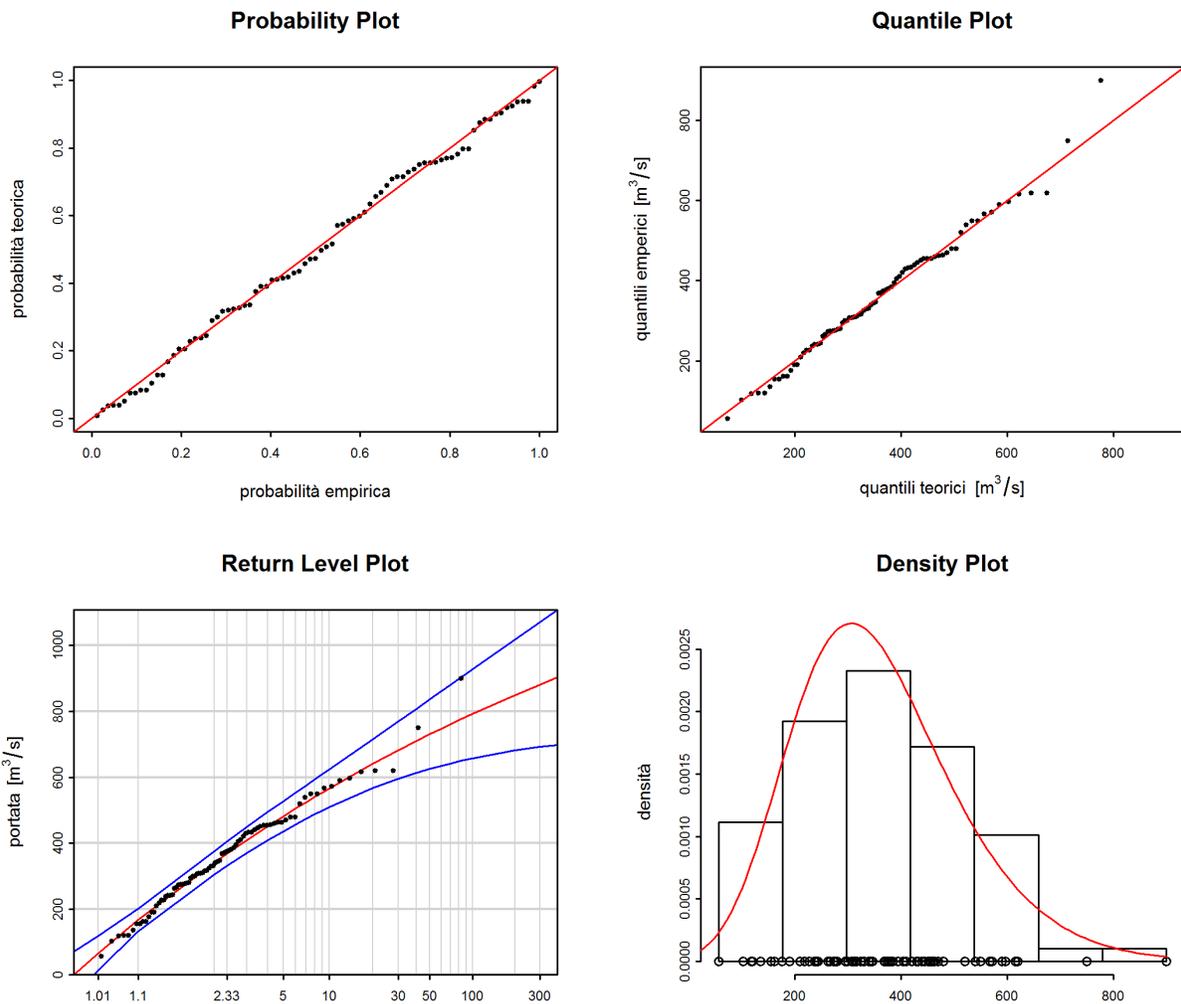


Figura 5: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio BLOCK(1922-2015)

Valutazione plot diagnostici (figura 5):

Criteria	Valutazione ³	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	medio	il valore più elevato chiaramente sottostimati
Intervallo di confidenza	ridotto	leggermente più elevato per periodi di ritorno estesi

³cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio BLOCK sull'intero periodo di analisi 1922-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ_T	Limite di confidenza inferiore [m³/s]	Portata [m³/s]	Limite di confidenza superiore [m³/s]
HQ ₂	305	341	376
HQ ₁₀	509	566	623
HQ ₃₀	595	682	770
HQ ₁₀₀	658	793	928
HQ ₃₀₀	692	882	1071

2.1.1.b Variante di modello non stazionaria

Il raffronto tra le diverse varianti di modello dell'approccio BLOCK durante l'intero periodo di analisi dimostra che i modelli «mul», «muq», «musigl» e «mujump» si differenziano in modo sostanziale dal modello stazionario («stat»).⁴Sulla base dell'approccio per il raffronto di diverse varianti di modello non stazionarie descritto nello schema della procedura, «mujump» è considerato il modello non stazionario migliore. Le differenze tra i modelli sono minime. Per questo motivo di seguito vengono raffigurati i risultati di «mujump» (cfr. figura 5 della [guida](#)).

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
BLOCK	mujump1961	1922-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Numero di valori n	Parametro di posizione $\hat{\mu}^5$	Parametro di scala $\hat{\sigma}$	Parametro di forma \hat{k}
	a₁	a₂	
94	346.6	-92.36	133.44
			-0.1441

La qualità della variante di modello «mujump1961» sull'intero periodo di analisi viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 6.

⁴Sulla base dei risultati dell'analisi dei punti di rottura, come momento t_0 per il modello «mujump» viene scelto l'anno 1961 (cfr. cap. 1).

⁵ $\hat{\mu} = a_1 + a_2 \cdot i$, $i = 0$ per $t < t_0$, $i = 1$ per $t \geq t_0$ (cfr. tabella 1)

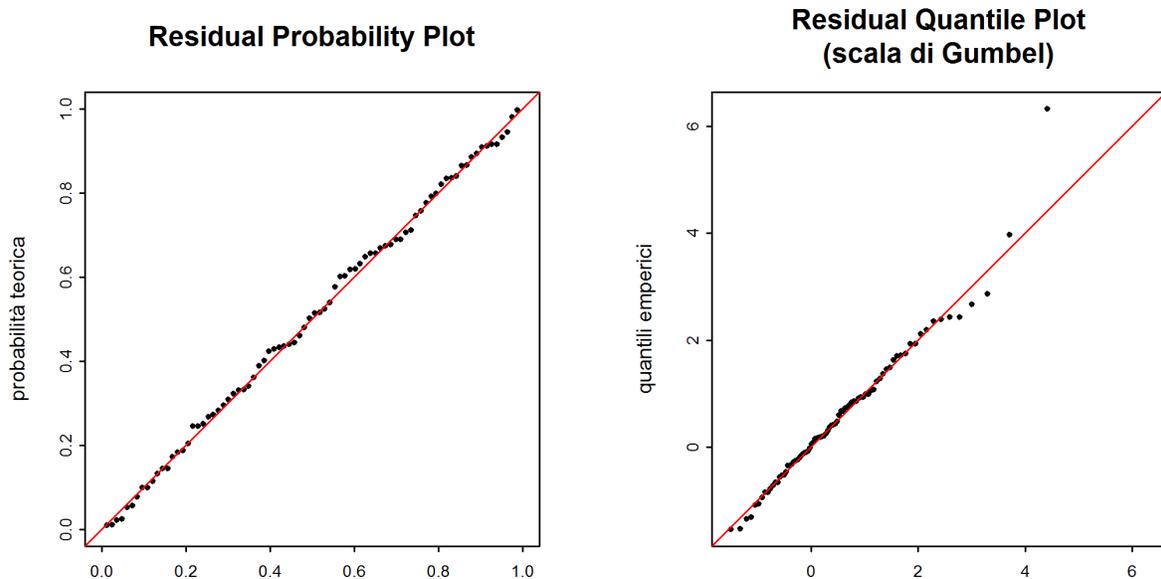


Figura 6: Plot diagnostici della variante di modello «mujump1961» dell'approccio BLOCK(1922-2015)

Valutazione plot diagnostici (figura 6):

Criteria	Valutazione ⁶	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	medio	il valore più elevato chiaramente sotto-stimati
Raffronto con il modello stazionario	migliore	i valori più elevati sono più vicini alla diagonale unitaria.

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello non stazionaria dell'approccio BLOCK sull'intero periodo di analisi 1922-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ _T	Limite di confidenza inferiore [m ³ /s]	Portata [m ³ /s]	Limite di confidenza superiore [m ³ /s]
HQ ₂	259	302	344
HQ ₁₀	451	511	570
HQ ₃₀	530	612	693
HQ ₁₀₀	587	703	819
HQ ₃₀₀	619	773	927

La figura 7 illustra la variazione dell' HQ₁₀₀ tra 1922 e 2015 calcolato con il modello «mujump1961».

⁶Cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

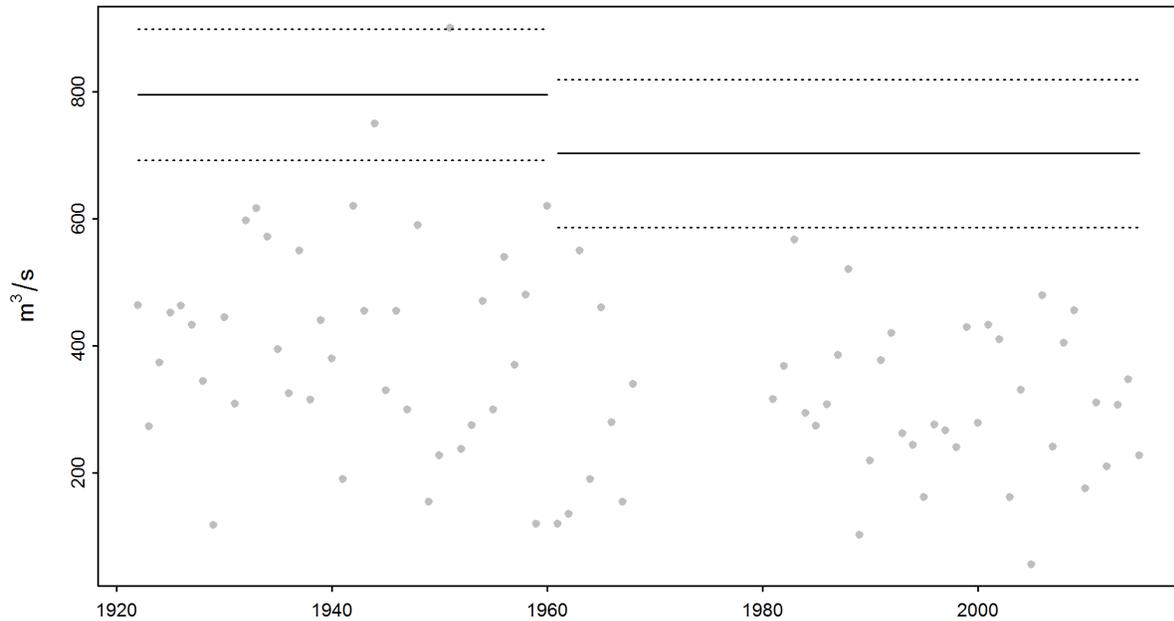


Figura 7: Variazione dell' HQ_{100} calcolato con la variante di modello «mujump1961») e dell'intervallo di confidenza al 95 % (metodo delta; linee tratteggiate) nel periodo 1922-2015

2.1.2 Periodo di riferimento: 1980-2015

2.1.2.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
BLOCK	stat	1980-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Numero di valori n	Parametro di posizione $\hat{\mu}$	Parametro di scala $\hat{\sigma}$	Parametro di forma $\hat{\kappa}$
36	269.8	112.7	-0.2715

La qualità della variante di modello «stat» sullo periodo di riferimento viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 8.

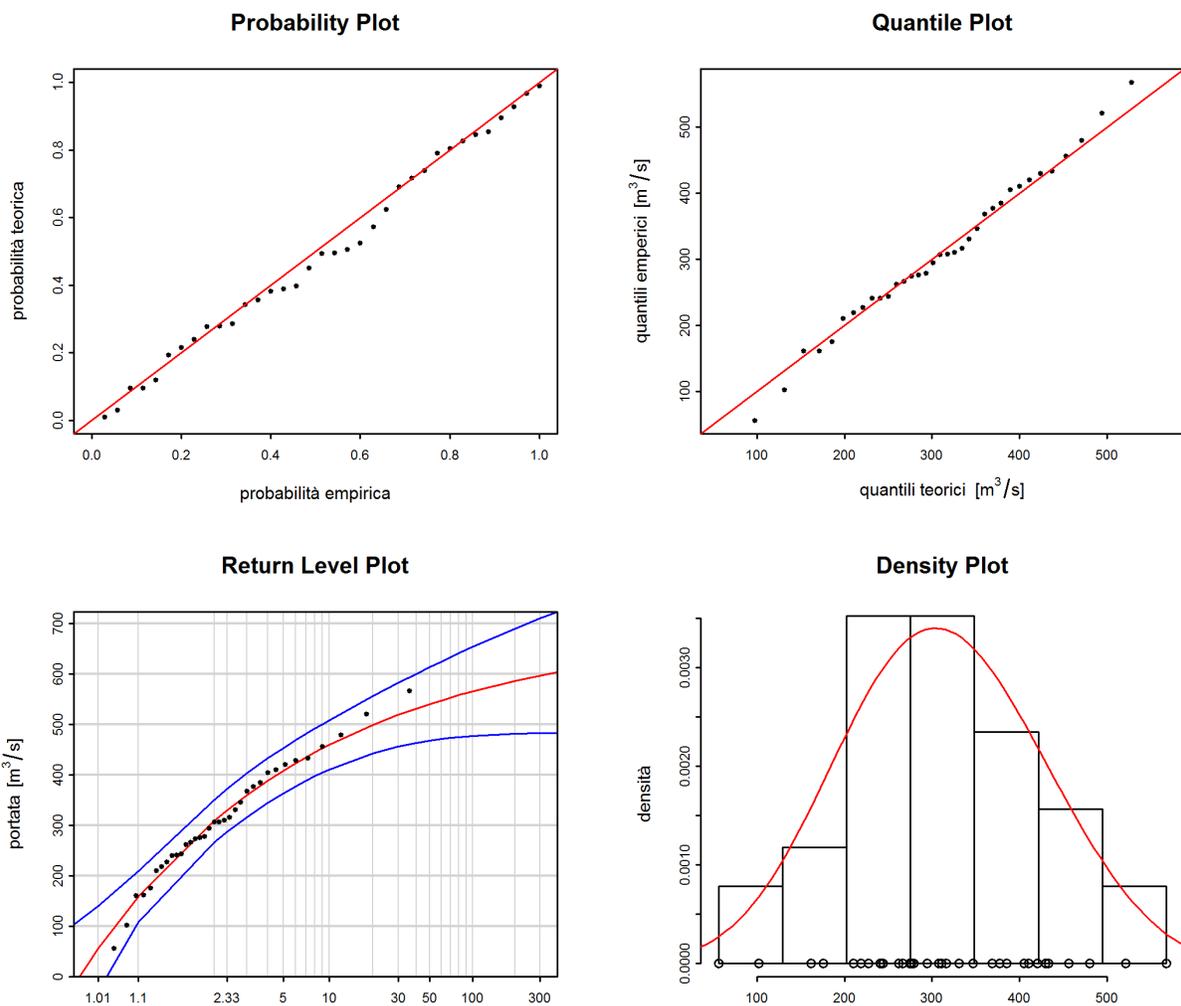


Figura 8: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio BLOCK(1980-2015)

Valutazione plot diagnostici (figura 8):

Criteria	Valutazione ⁷	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	buono-medio	i due valori più elevati leggermente sottostimati
Intervallo di confidenza	ridotto	leggermente più elevato per periodi di ritorno estesi

⁷cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio BLOCK sullo periodo di riferimento 1980-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ_T	Limite di confidenza inferiore [m³/s]	Portata [m³/s]	Limite di confidenza superiore [m³/s]
HQ ₂	267	309	351
HQ ₁₀	411	460	508
HQ ₃₀	456	519	583
HQ ₁₀₀	478	566	654
HQ ₃₀₀	483	597	710

2.1.3 Periodo di analisi a partire dal punto di rottura: 1961-2015

2.1.3.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
BLOCK	stat	1961-2015	Massime annuali	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Numero di valori n	Parametro di posizione $\hat{\mu}$	Parametro di scala $\hat{\sigma}$	Parametro di forma $\hat{\kappa}$
55	259.39	117.31	-0.2415

La qualità della variante di modello «stat» sullo periodo di analisi a partire dal punto di rottura viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 9.

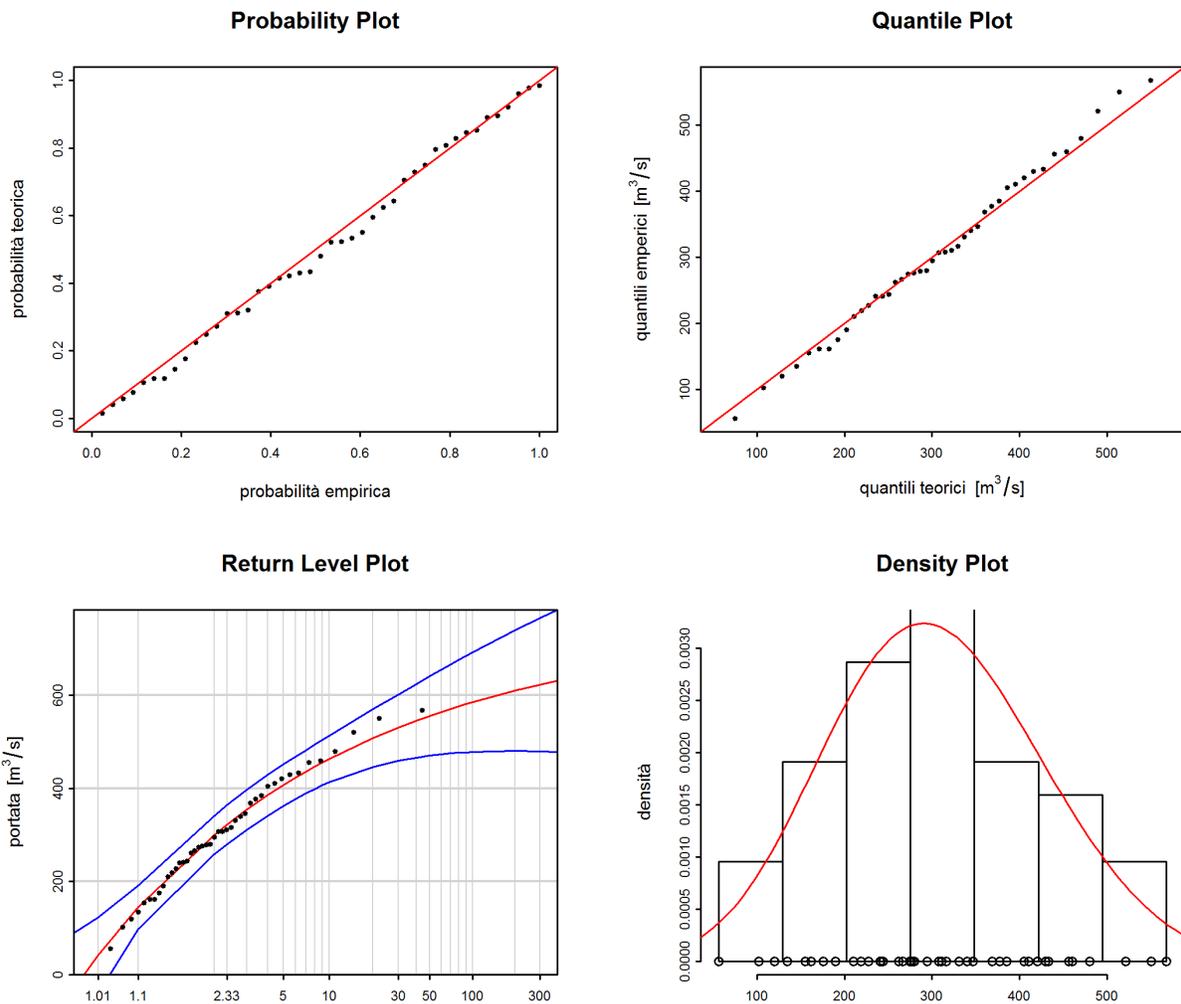


Figura 9: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio BLOCK(1961-2015)

Valutazione plot diagnostici (figura 9):

Criteri	Valutazione⁸	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	buono-medio	alcuni valori più elevati leggermente sottostimati
Intervallo di confidenza	ridotto	leggermente più elevato per periodi di ritorno estesi

⁸cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio BLOCK sullo periodo di analisi a partire dal punto di rottura 1961-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ_T	Limite di confidenza inferiore [m³/s]	Portata [m³/s]	Limite di confidenza superiore [m³/s]
HQ ₂	259	301	342
HQ ₁₀	413	463	513
HQ ₃₀	459	531	602
HQ ₁₀₀	478	585	692
HQ ₃₀₀	480	623	766

2.2 L'approccio «Peaks Over Threshold» (POT)

Nell'approccio «peaks over threshold» (POT) i valori sono considerati eventi estremi se superano un valore soglia u elevato.

Per calcolare la procedura POT vengono utilizzate le massime giornaliere a partire dal 1980. Il trattamento dei dati avviene al netto dei cluster. Per Moesa - Lumino, Sassello, l'intervallo L tra due eventi indipendenti viene fissato al valore minimo di 11 giorni.

Sono state analizzate le seguenti varianti di modello dell'approccio POT:

Periodo di analisi	Descrizione	Variante di modello scelta	Capitolo
1980 - 2015	periodo di analisi POT	stat	capitolo 2.2.1.a

Per il periodo di analisi POT non si osservano differenze significative tra le varianti di modello stazionarie e quelle non stazionarie.⁹

⁹Come punto t_0 per il modello «sigjump» viene scelto l'anno 1989.

2.2.1 Periodo di analisi POT: 1980-2015

In questo caso come valore soglia u è stato scelto $175 \text{ m}^3/\text{s}$ (cfr. allegato A). La figura 10 illustra gli eventi estremi effettivamente utilizzati.

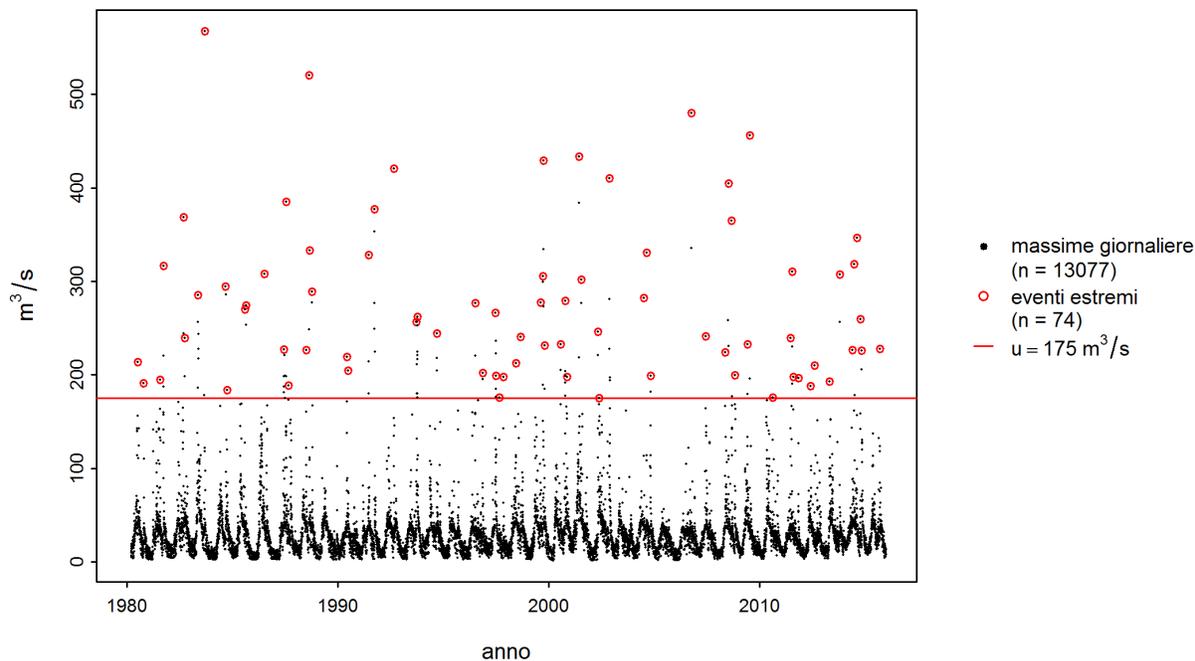


Figura 10: Scelta degli eventi estremi utilizzati per l'approccio POT

2.2.1.a Variante di modello stazionaria

Procedura	Variante di modello	Periodo di analisi	Dati iniziali del modello	Osservazioni
POT	stat	1980-2015	Massime giornaliere	-

Numero di valori utilizzati e parametri di modello stimati:

Valore soglia	Numero di valori	Tasso di incidenza	Parametro di scala	Parametro di forma
u	n	$\hat{\lambda}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\kappa}$
$175 \text{ m}^3/\text{s}$	74	2.06	124.28	-0.2127

La qualità della variante di modello «stat» sullo periodo di analisi POT viene valutata graficamente sulla base dei plot diagnostici di cui alla figura 11.

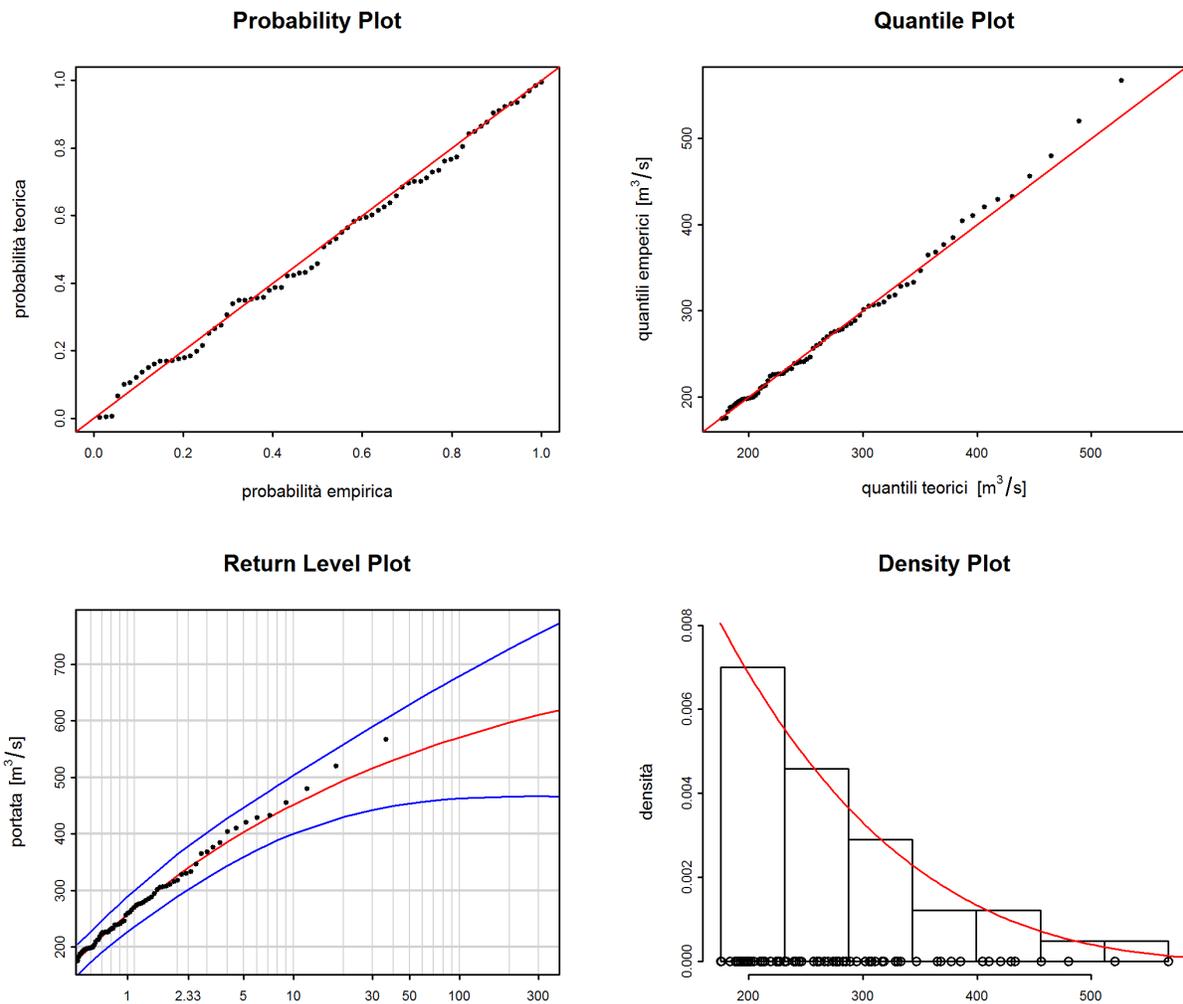


Figura 11: Plot diagnostici della variante di modello «stat» dell'approccio POT(1980-2015)

Valutazione plot diagnostici (figura 11):

Criteria	Valutazione ¹⁰	Osservazioni
Adattamento settore inferiore	buono	-
Adattamento settore medio	buono	-
Adattamento settore superiore	buono-medio	alcuni valori più elevati leggermente sottostimati
Intervallo di confidenza	ridotto-medio	elevato per periodi di ritorno estesi

¹⁰cfr. [guida](#) capitolo 2.2.3

La seguente tabella contiene i livelli di portata determinati per l'ultimo anno per diversi periodi di ritorno, calcolati con la variante di modello stazionaria dell'approccio POT sullo periodo di analisi POT 1980-2015 (compreso l'intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con il metodo delta):

HQ_T	Limite di confidenza inferiore [m³/s]	Portata [m³/s]	Limite di confidenza superiore [m³/s]
HQ ₂	289	327	364
HQ ₁₀	401	452	503
HQ ₃₀	443	516	590
HQ ₁₀₀	463	571	679
HQ ₃₀₀	466	610	754

3 Risultati a confronto

La figura 12 illustra gli HQ_T delle varianti di modello stazionarie e di quelle non stazionarie che si meglio adattavano ai dati in entrambe le procedure parametriche. Sia i valori che l'ampiezza degli intervalli di confidenza, i quali riflettono l'incertezza, variano fortemente. Generalmente queste differenze aumentano tanto più ampio è il periodo di ritorno T e tanto minore è la quantità di dati che sta alla base.

3.1 Valutazione dei diversi periodi di analisi

Soltanto con l'approccio BLOCK, che si basa sull'analisi di massime mensili, è possibile analizzare il periodo 1922 - 2015. Per illustrare l'influsso del periodo di misurazione sono stati messi a confronto i risultati dell'approccio BLOCK per i diversi periodi di analisi:

Periodo	HQ_T	Intervallo di confidenza
Periodo di riferimento / Intero periodo di analisi	valori nettamente inferiori	inferiori
Periodo di analisi a partire dal punto di rottura / Intero periodo di analisi	valori nettamente inferiori	leggermente inferiori
Periodo di analisi a partire dal punto di rottura / Periodo di riferimento	leggermente superiori differenza minima	però leggermente superiori

Dopo il 1961, mediamente si osservano piene annuali inferiori. Ne conseguono (HQ_T) inferiori nel periodo di riferimento e nel periodo a partire dal punto di rottura. A causa della dispersione limitata dei valori dopo il 1961, nel periodo di riferimento e a partire dal punto di rottura l'intervallo di confidenza è inferiore rispetto a quello dell'intero periodo di analisi nonostante una quantità di dati inferiore.

3.2 Raffronto generico dei diversi approcci di modello

Alla figura 12 e alla tabella corrispondente sono riassunti i risultati dei diversi approcci di modello. Ne risulta quanto segue:

Differenze nei risultati degli HQ_T calcolati per i due approcci:

Gli HQ_T dell'approccio POT sono equivalenti a quelli dell'approccio BLOCK del periodo di riferimento e inferiori a quelli dell'approccio BLOCK del intero periodo di analisi.

Differenze negli intervalli di confidenza calcolati per i due approcci:

In generale, più il periodo di ritorno T è esteso, più aumentano le incertezze e di conseguenza gli intervalli di confidenza. Gli intervalli di confidenza dei diversi approcci si differenziano soltanto minimamente.

Varianti stazionarie e non stazionarie a confronto:

Nel caso dell'approccio BLOCK, una variante non stazionaria può migliorare in misura limitata la qualità del modello, poiché nel modello viene inclusa la diminuzione delle grandi piene negli ultimi anni. I valori di ritorno calcolati per il 2015 sono pertanto inferiori a quelli delle varianti di modello stazionarie. Poiché le variazioni non sono riconducibili in modo inequivocabile a una causa, non è possibile esprimersi sull'evoluzione futura.

I risultati di queste analisi statistiche costituiscono soltanto una delle numerose basi per rispondere a questioni concrete. Per stimare il rischio di piena sono indispensabili tra l'altro conoscenze dei processi idrologici nel bacino imbrifero nonché riflessioni sugli scenari «worst case» per le precipitazioni e le portate. La divisione Idrologia dell'UFAM raccomanda un modo di procedere di tipo «idrologico-argomentativo» come proposto da Merz e Böschl (2008, citato in DWA 2012:52).

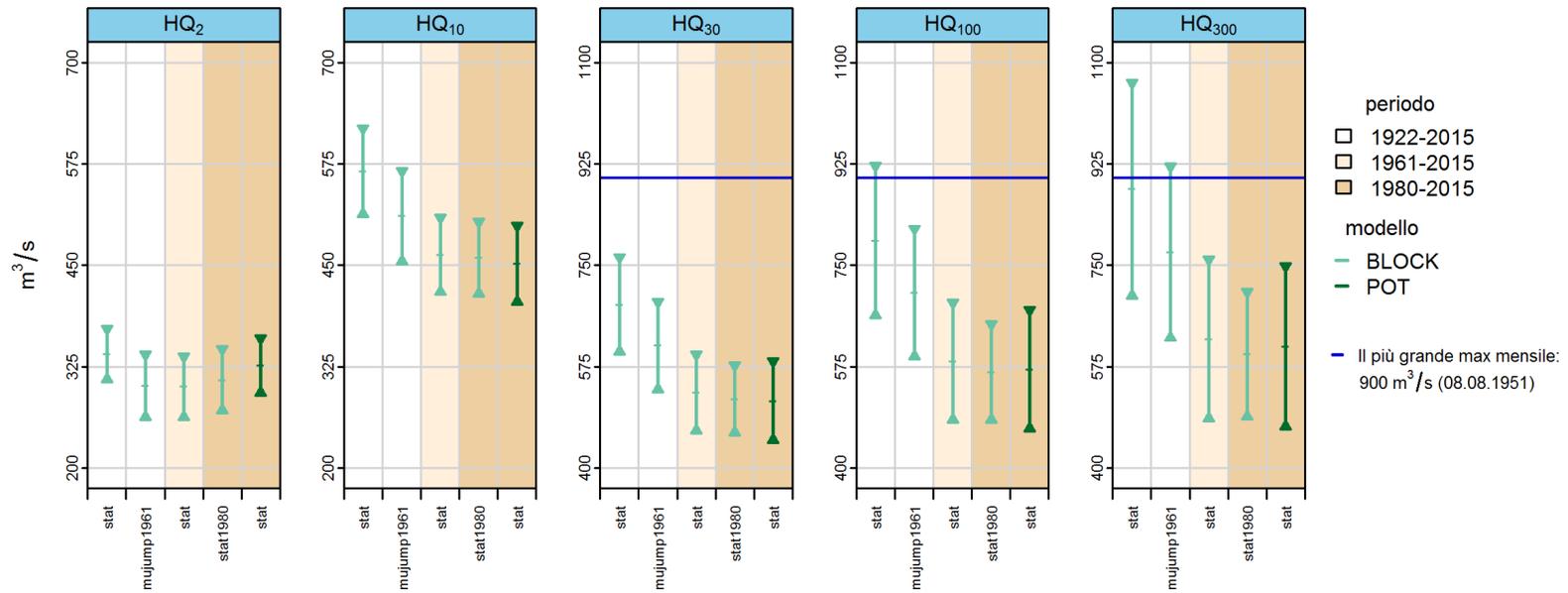


Figura 12: HQ_T [m^3/s] compreso un intervallo di confidenza al 95 %, calcolato con le varianti di modello stazionarie e quelle più adatte degli approcci BLOCK e POT per il anno 2015

Periodo di analisi	Approccio	Adattamento			Osservazione
1922 - 2015	BLOCK stat	buono	buono	medio	il valore più elevato chiaramente sottostimati
	BLOCK mujump1961	buono	buono	medio	il valore più elevato chiaramente sottostimati i valori più elevati sono più vicini alla diagonale unitaria.
1980 - 2015	BLOCK stat	buono	buono	buono- medio	i due valori più elevati leggermente sottostimati
1961 - 2015	BLOCK stat	buono	buono	buono- medio	alcuni valori più elevati leggermente sottostimati
1980 - 2015	POT stat	buono	buono	buono- medio	alcuni valori più elevati leggermente sottostimati

4 Bibliografia

Baumgartner, E., Boldi, M.-O., Kan, C., Schick, S. (2013): Hochwasserstatistik am BAFU - Diskussion eines neuen Methodensets. Wasser Energie Luft, quaderno 2/2013. Baden (in tedesco).

Coles, S. (2001): An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer. Londra (in inglese).

DWA (ed.) (2012): Merkblatt DWA-M 552. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. Hennef (in tedesco).

UFAEG (ed.) (2003a): Dizionario della protezione contro le piene. Haupt Verlag, Berna.

UFAEG (ed.) (2003b): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Berichte des BWG. Serie Wasser n. 4, Berna (in tedesco).

UFAM (2017): Guida ai rapporti delle stazioni relativi alla statistica sulle piene. UFAM, Berna.

Allegato

A Determinazione del valore soglia per delimitare i valori estremi

Il valore soglia u per delimitare i valori estremi dell'approccio POT per il periodo di analisi 1980 - 2015 (cfr. cap. 2.2.1) viene fissato sulla base del «mean residual life plot», a $175 \text{ m}^3/\text{s}$ (cfr. figura 13).

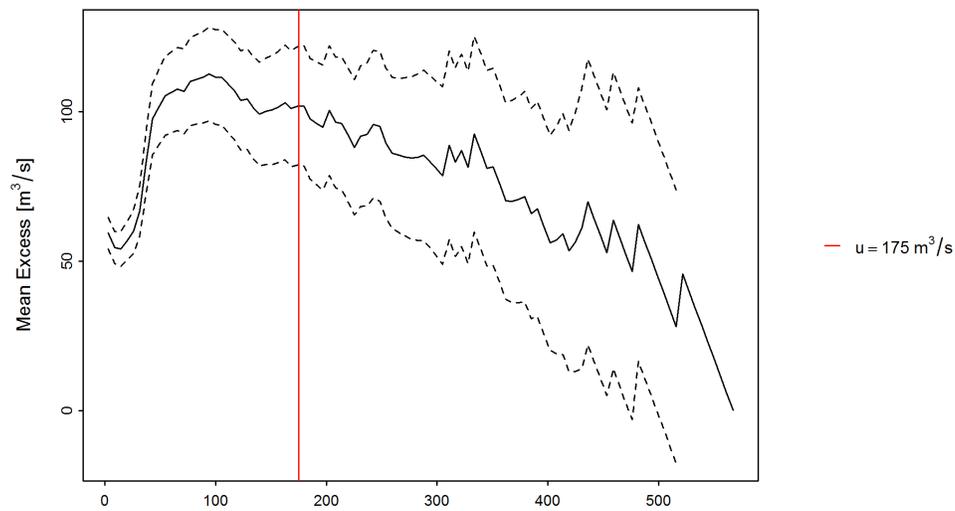


Figura 13: «mean residual life plot» con valore soglia scelto u (linea rossa), «mean excess» (linea nera), intervallo di confidenza al 95 % (linee tratteggiate)

B Glossario

Periodo di analisi	Periodo limitato all'origine di un campione delle portate di piena considerato rappresentativo per la popolazione statistica. Si parte dal presupposto che il campione rispecchia il più possibile le caratteristiche della popolazione statistica.
Statistica della devianza	La statistica della devianza consente di studiare la capacità di adattamento di un modello a un determinato set di dati.
Metodo delta	L'UFAM utilizza il metodo delta per calcolare gli intervalli di confidenza nei return level plot. Il metodo si basa su uno sviluppo di Taylor della funzione HQT e su una distribuzione asintotica normale (per dettagli tecnici cfr. Coles 2001, pag. 33).
Qualità, anche capacità di adattamento o adattamento	Misura della differenza tra un modello statistico (valori teorici) e una serie di osservazioni o misurazioni (dati empirici).
HQ_T	Portata di piena determinata mediante una funzione di distribuzione per un determinato periodo di ritorno T . L' HQ_T è un valore stimato che può situarsi al di sopra o al di sotto del valore reale della portata di piena con un periodo di ritorno statistico pari a T anni. L' HQ_T viene anche denominato valore di ritorno. Gli HQ_T calcolati mediante le procedure parametriche valgono per l'intero periodo (caso stazionario) o per l'anno di riferimento (caso non stazionario).
Intervallo di confidenza	Gli intervalli di confidenza descrivono l'incertezza dell'output di un modello statistico. Considerano i difetti del modello stesso, ma non altre incertezze (ad es. errori nella misurazione).
Metodo della massima verosimiglianza	Denominazione di una procedura che stima i parametri di una funzione di distribuzione a partire dalle informazioni relative a un campione.
Procedure parametriche	Un obiettivo fondamentale della statistica è ricavare, mediante i dati relativi a un campione, informazioni non ancora note sulla popolazione statistica. A tal fine si prestano ad esempio procedure parametriche che suppongono che la popolazione statistica abbia una determinata ripartizione delle probabilità, la quale viene determinata in modo univoco attraverso uno o più parametri. Entrambe le procedure considerate si basano sulla distribuzione generale degli estremi (BLOCK), rispettivamente sulla distribuzione generale di Pareto (POT), in quanto queste distribuzioni sono quelle che riflettono meglio la natura dei dati (block maximum o dati a partire da un determinato valore soglia) (cfr. Coles 2001).
Approccio «Block Maximum» (BLOCK)	Definisce il valore massimo all'interno di un intervallo di tempo (block, nel caso in esame un anno) come valore estremo (cfr. guida cap. 2.1.1 o Coles 2001, cap. 3.1).
Approccio «Peaks Over Threshold» (POT)	In questo approccio i valori sono considerati eventi estremi se superano un valore soglia u (in m^3/s o l/s). Il trattamento dei dati avviene al netto dei cluster (cfr. guida cap. 2.1.2 o Coles 2001, cap. 4.2).

Probability Plot (P-P-Plot)	Strumento grafico esplorativo nel quale le funzioni di ripartizione di due variabili statistiche vengono riportate una di fronte all'altra per compararne le distribuzioni. Qui: somma delle frequenze empiriche vs. funzione di distribuzione cumulata teorica. Meglio i dati sono posizionati lungo la diagonale unitaria, più si può supporre che le ipotesi del modello siano corrette (contiene le stesse informazioni del Q-Q plot, raffigurate su una scala diversa).
Quantile Plot (Q-Q-Plot)	Strumento grafico esplorativo nel quale i quantili di due variabili statistiche vengono riportati uno di fronte all'altro per compararne le distribuzioni. Qui: valori di portata osservati vs. dati relativi alle portate calcolati per mezzo di un modello. Se i quantili empirici e teorici corrispondono approssimativamente, nel grafico i valori si trovano vicino alle diagonali (contiene le stesse informazioni del P-P plot, rappresentate su una scala diversa). N.B.: i quantili teorici vengono calcolati a partire dalla funzione inversa della funzione di distribuzioni. Per un raffronto ottico diretto con il probability plot corrispondente, gli assi del quantile plot sono pertanto invertiti.
Stazionarietà	Se presso una stazione di misurazione si osserva che l'andamento delle portate durante il periodo di analisi non subisce variazioni di rilievo, si raccomanda di utilizzare un modello stazionario. Nel caso stazionario, si suppone che tutti i parametri della funzione di ripartizione rimangano costanti durante l'intero periodo di analisi.
Non stazionarietà	I modelli non stazionari vengono utilizzati per descrivere un andamento delle portate soggetto a variazioni nel tempo. Tali cambiamenti possono essere ricondotti alla sostituzione di strumenti o metodi di misurazione, al dislocamento della stazione, a cambiamenti nel corso d'acqua o a infussi antropogeni. Nel caso di questi ultimi, solitamente i cambiamenti non possono essere attribuiti a un singolo intervento, ma sono costituiti dalla sovrapposizione di diverse misure attinenti all'economia delle acque. Se si ipotizza che i dati subiscano variazioni nel tempo, i parametri della funzione di ripartizione corrispondente vengono modellizzati in funzione del tempo. Ciò comporta un cambiamento nel tempo anche degli HQ_T calcolati.
Funzione di distribuzione	Descrive la popolazione statistica delle portate di piena in un bacino imbrifero. La funzione di distribuzione indica le probabilità che una portata di piena HQ venga raggiunta o meno in un anno.
Ripartizione empirica della frequenza	Può essere determinata a partire dal campione scelto.
Ripartizione teorica della probabilità	A partire dal campione scelto si riferisce alla popolazione statistica. Vi sono molteplici funzioni di ripartizione teoriche che soddisfano i presupposti per l'utilizzo nella statistica delle piene, ma nessuna che garantisca i risultati migliori per tutti i campioni.

Parametro di distribuzione	
κ Parametro di forma (kappa)	Il parametro di forma κ è direttamente correlato alla cosiddetta «heaviness of tail» della ripartizione. Con «tail» si intende il settore che presenta outlier verso l'alto. Se κ è elevato, si suppone che questi outlier siano molti. Se invece i valori di κ sono negativi, si suppone che per i valori estremi esista un limite massimo.
λ Tasso di incidenza (lambda)	Nell'approccio POT il tasso di incidenza λ corrisponde al numero medio di superamenti del valore soglia in un intervallo di tempo pari a un anno.
μ Parametro di posizione (mu)	Descrive la posizione media degli elementi del campione (qui: misurazioni delle portate) in riferimento alla scala di misurazione (qui: m ³ /s o l/s).
