

GLI ESTREMI IDROLOGICI

1. IL PUNTO DI VISTA DELL' IDROLOGO

2. GLI EVENTI ESTREMI DI PORTATA:

- LE CURVE INVILUPPO

- LE DISTRIBUZIONI PROBABILISTICHE DEI MASSIMI (ANNUI):

DALLE ANALISI LOCALI ALLE ANALISI REGIONALI

- DISTRIBUZIONI A POCHI (2) PARAMETRI

- DISTRIBUZIONI MULTIPARAMETRICHE: TCEV

- DISTRIBUZIONI LEVY?

3. GLI EVENTI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE:

- LE CURVE DI POSSIBILITA' FLUVIOMETRICA (DDF e IDF)

4. ANALISI (MULTIFRATTALI) DI SERIE CONTINUE DI PRECIPITAZIONE

5. LEGAME FRA LO SCALING DELLE IDF ED IL PROCESSO DI PIOGGIA SOTTOSTANTE (MF DELLE SERIE CONTINUE)

6. EVIDENZE SULLO SCALING SPAZIO-TEMPORALE DELLA PRECIPITAZIONE:
UN POSSIBILE PUNTO DI COLLEGAMENTO FRA ESTREMI METEOROLOGICI ED ESTREMI IDROLOGICI?

7. CONCLUSIONI E SPUNTI DI DISCUSSIONE

1
GLI EVENTI ESTREMI IDROLOGICI:
IL PUNTO DI VISTA DELL' (INGEGNERE) IDROLOGO

• FORZANTI METEOROLOGICHE

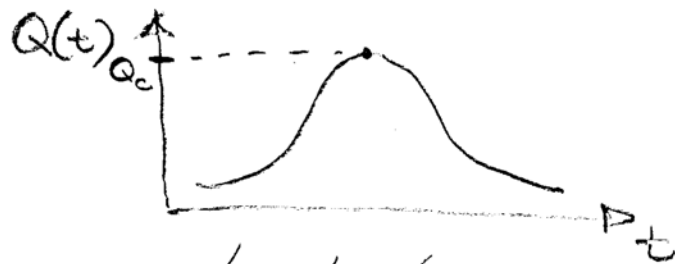
• PRECIPITAZIONE

• TRASFORMAZIONE DEGLI
AFFLUSSI IN DEFLUSSI

• IDROGRAMMA DI PIENA

BACINO NATURALE

BACINO URBANO



- DIMENSIONAMENTO DI INFRASTRUTTURE IDRAULICHE

- DEFINIZIONE DI AREE A RISCHIO INONDATIONE

OCCORRE ALMENO CONOSCERE LA DISTRIBUZIONE $P(Q_c)$

DI DISTRIBUZIONE TCEV

(TWO-COMPONENT EXTREME VALUE)

F. ROSSI, M. FIORENTINO, F. VERLACE (1984)

IPOTESI:

- EVENTI ESTREMI POSSANO ESSERE REALIZZAZIONI DI V.A. APPARTENENTI A DUE DIFFERENTI "PARENT DISTRIBUTION" (DIFFERENTI TIPOLOGIE DI "STORMS"):
 1. COMPONENTE BASE
 2. COMPONENTE STRAORDINARIA (OUTLYING DISTRIBUTION)
- IL NUMERO DI REALIZZAZIONI DI EVENTI ESTREMI (IN UN ANNO) PROVENIENTI DA CIASCUNA COMPONENTE SEGUA UNA DISTRIBUZIONE DI POISSON DI PARAMETRI λ_1 e λ_2 RISPETTIVAMENTE
- DISTRIBUZIONI ESPONENZIALI DI PARAMETRI θ_1 e θ_2 PER GLI EVENTI ESTREMI PROVENIENTI DALLE DUE COMPONENTI

$$P(x) = \exp \left[-\lambda_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - \lambda_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}} \right]$$

posto $\epsilon_i = \theta_i$ o λ_i si riscrive come prodotto di due GUMBEL

$$P(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x - \epsilon_1}{\theta_1} \right) \right] \cdot \exp \left[-\exp \left(-\frac{x - \epsilon_2}{\theta_2} \right) \right]$$

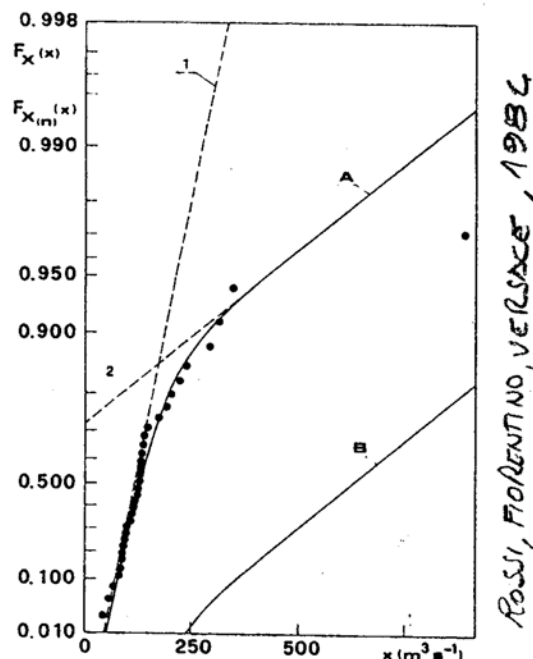


Fig. 5. TCEV distribution fit to Chiani River AFS (curve A). Theoretical CDF's of the basic component annual maximum X_1 (dashed line 1), the outlying component annual maximum X_2 (dashed line 2), and the n -year flood $X_{(n)}$ (curve B).

STIMA REGIONALE DEI PARAMETRI TCEV (FIORENTINO, VERSACE, ROSSI, 1985)

$$P(x) = \exp \left[-\lambda_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - \lambda_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}} \right]$$

1. COMP. BASE
2. COMP. STRAORDINARIA

$$\begin{cases} \theta_1 < \theta_2 \\ \lambda_1 > \lambda_2 \end{cases}$$

STIMA ARTICOLATA SU TRE LIVELLI:

1° LIVELLO: RICERCA DI ZONE OMOGENEE (ZO)

CARATTERIZZATE DA COEFFICIENTE DI ASIMMETRIA TEORICO COSTANTE.

SI INTRODUCE LA VARIABILE STANDARDIZZATA CON I PARAMETRI DELLA COMPONENTE DI BASE:

$$y = \frac{x}{\theta_1} - \ln \lambda_1$$

$$P(y) = \exp \left[-e^{-y} - \lambda^* e^{-y/\theta^*} \right]$$

dove i due parametri introdotti sono; $\theta^* = \frac{\theta_2}{\theta_1}$ e $\lambda^* = \frac{\lambda_2}{\lambda_1^{1/\theta^*}}$

- IL COEFFICIENTE DI ASIMMETRIA TEORICO DIPENDE SOLO DA θ^*, λ^*
- θ^* e λ^* SONO COSTANTI NELLE ZO.

2° LIVELLO: RICERCA DI SOTTOZONE OMOGENEE (SZO)

CARATTERIZZATE ANCHE DA COEFFICIENTE DI VARIAZIONE TEORICO COSTANTE

SI INTRODUCE LA VARIABILE ADIMENSIONALE $x' = \frac{x}{\theta_1}$ ($\circ x'' = \frac{x}{\theta_1} \circ x''' = \frac{x}{\mu}$)

$$P(x') = \exp \left[-\lambda_1 e^{-x'} - \lambda^* \lambda_1^{1/\theta^*} e^{-\frac{x'}{\theta^*}} \right]$$

$$P(x'') = \dots \quad P(x''') = \dots$$

- IL COEFFICIENTE DI VARIAZIONE TEORICO DIPENDE SOLO DA λ_1 OLTRE CHE DA θ^*, λ^*
- NELLE SZO SONO COSTANTI $\lambda_1, \theta^*, \lambda^*$

3° LIVELLO: RICERCA DI EVENTUALI RELAZIONI FRA

IL PARAMETRO DI POSIZIONE (θ_1, θ_2, μ)

E LE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E CLIMATOLOGICHE LOCALI

SPESSE SI VUOLE STIMARE UN EVENTO ESTREMO DI ASSEGNATO TEMPO DI RITORNO T

COME $x = \mu x'''$ $\left\{ \begin{array}{l} \mu = \text{VARIABILE INDICE} \\ x''' = K_T = \text{COEFFICIENTE DI CRESCITA (SOLUS. DI } P(x''') = 1 - \frac{1}{T} \end{array} \right.$

... ALTRE DISTRIBUZIONI DI PROBABILITA' UTILIZZATE PER GLI EVENTI ESTREMI

GEV (GENERALIZED EXTREME VALUE)

distribuzione asintotica del massimo valore generalizzata

$$P(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \frac{\alpha(x-w)}{k} \right]^{-k} \right\}$$

a) $k \rightarrow \infty$ EV-I (GUMBEL) DUE PARAMETRI

b) $k > 0$ EV-II (FRÉCHET) TRE PARAMETRI

- LIMITATA INFERIORMENTE
- NESSUN LIMITE SUPERIORE

- MOMENTO SECONDO ESISTE ES $k \geq 2$
- MOMENTO TERZO ESISTE ES $k \geq 3$

c) $k < 0$ EV-III (WEIBULL) TRE PARAMETRI

- LIMITATA SUPERIORMENTE
- NESSUN LIMITE INFERIORE

NON UTILIZZATA

FARETO

$$P(x) = 1 - C x^{-\alpha}$$

$x > 1$ ($x \gg 1$) $\alpha > 0$
↑ VARIABILE STAND.

- ESISTONO SOLO MOMENTI DI ORDINE $\leq \alpha$
- CODE ALGEBRICHE (FAT TAILS OR HEAVY TAILS)
- PER $\alpha < 2$ LA FARETO E' IL LIMITE ASINTOTICO DI UNA DISTRIBUZIONE "LEVY-STABLE" CON INDICE DI STABILITA' α

DI DISTRIBUZIONE LEVY-STABLE (α -STABLE)

• DESCRITTA DA 4. PARAMETRI :

- $\alpha \in (0, 2]$ INDICE DI STABILITÀ
(TAIL INDEX, TAIL EXPONENT,
CHARACTERISTIC EXPONENT)

- $\beta \in [-1, 1]$ PARAMETRO DI ASIMMETRIA

- $\sigma > 0$ PARAMETRO DI SCALA

- $\mu \in \mathbb{R}$ PARAMETRO DI POSIZIONE

• STABILITÀ: $\sum \alpha$ -STABLE $\equiv \alpha$ -STABLE

• PDF e CDF NON SONO DATE IN FORMA CHIUSA,
LE DISTRIBUZIONI LEVY-STABLE SONO DESCRITTE
DALLE FUNZIONI CARATTERISTICHE (TRASFORMATE
DI FOURIER INVERSE DELLA PDF) PARAMETRIZZATE
IN FUNZIONE DI $\alpha, \beta, \sigma, \mu$.

LA FORMA CHIUSA È NOTA SOLO PER ALCUNI α :

- $\alpha = 2$ DISTRIBUZIONE GAUSSIANA
- $\alpha = 1,5$ DISTRIBUZIONE HOLTSMARK
- $\alpha = 1$ DISTRIBUZIONE CAUCHY
- $\alpha = 0,5$ ($+\beta=1$) MOTO BROWNIANO

⇒ ESISTONO METODI NUMERICI PER GENERARE
VARIABILI LEVY-STABLE $X \sim S_{\alpha}(\beta, \sigma, \mu)$

• NON ESISTONO I MOMENTI DI ORDINE $> \alpha$

- PROBLEMI NELLA STIMA DEI PARAMETRI

⇒ METODI DI BEST-FIT SU PDF SINTETICHE

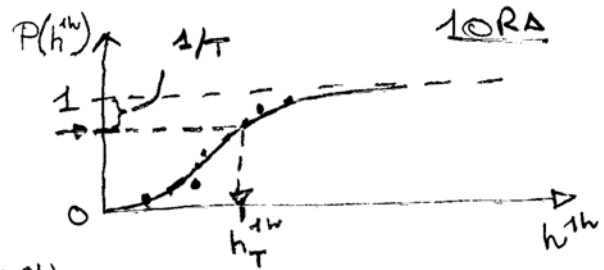
- PER OSSERVARE CODE PESANTI ($P(x) \sim 1 - cx^{-\alpha}$)

OCCORRONO CAMPIONI NUMEROSI ($N \sim 10^6$)... FALSE CODE.

EVENTI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE: DDF e IDF

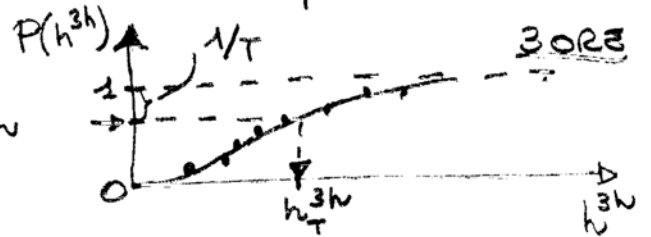


$\tau = 1h$ $h_1^{1h} \leq h_2^{1h} \leq h_3^{1h} \leq \dots \leq h_N^{1h}$
 $x_1^\tau = \max_{t_0}^{t_0+\tau} i(t) dt$ $x_2^\tau = \max_{t_0}^{t_0+\tau} i(t) dt$



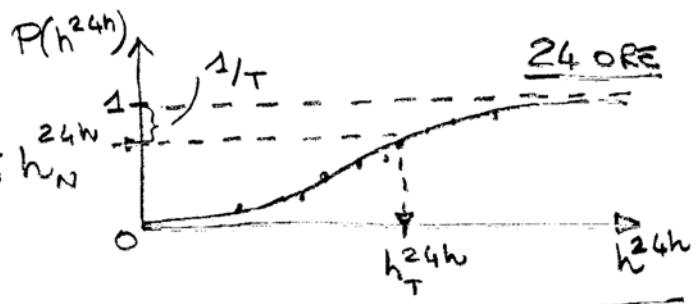
• $\tau = 1h$

• $\tau = 3h$ $h_1^{3h} \leq h_2^{3h} \leq h_3^{3h} \leq \dots \leq h_N^{3h}$



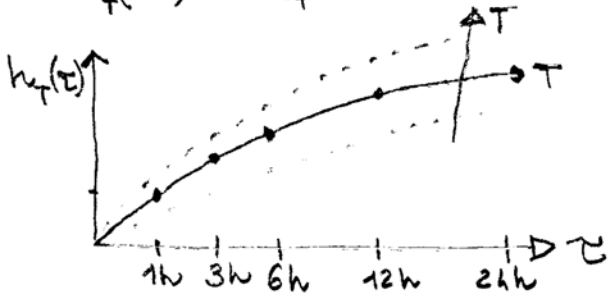
• $\tau = 6h$
• $\tau = 12$

• $\tau = 24h$ $h_1^{24h} \leq h_2^{24h} \leq h_3^{24h} \leq \dots \leq h_N^{24h}$



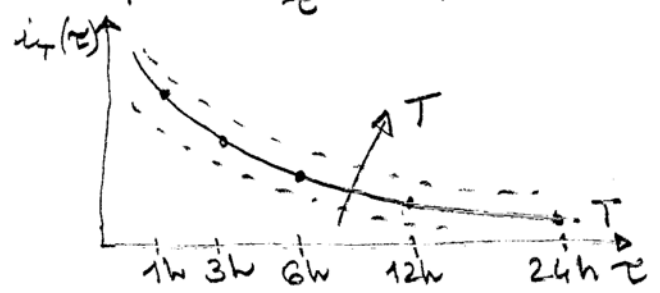
DDF (DEPTH-DURATION-FREQUENCY)

$h_T(\tau) = a_T \tau^{m_T}$



IDF (INTENSITY-DURATION-FREQUENCY)

$i_T(\tau) = \frac{h_T(\tau)}{\tau} = a_T \tau^{m_T-1}$



$a_T, m_T =$ parametri che dipendono dal tempo di ritorno T e dalle caratteristiche climatiche delle località

APPLICAZIONE TCEV SU PIOGGE INTENSE IN SARDEGNA

1° LIVELLO : ZONA OMOGENEA UNICA

2° LIVELLO : 3 SOTTOZONE OMOGENEE
(→ TRE LEGGI DI CRESCITA K_T)

3° LIVELLO : CARTA DELLE ISOIETE DELLA PIOGGIA INDICE (μ^q)

• EVENTI ESTREMI GIORNALIERI :

$$h_T^q = \mu^q \cdot K_T^q \quad \left\{ \begin{array}{l} 1^a \text{ SZO : } K_T = \dots\dots \\ 2^a \text{ SZO : } K_T = \dots\dots \\ 3^a \text{ SZO : } K_T = \dots\dots \end{array} \right.$$

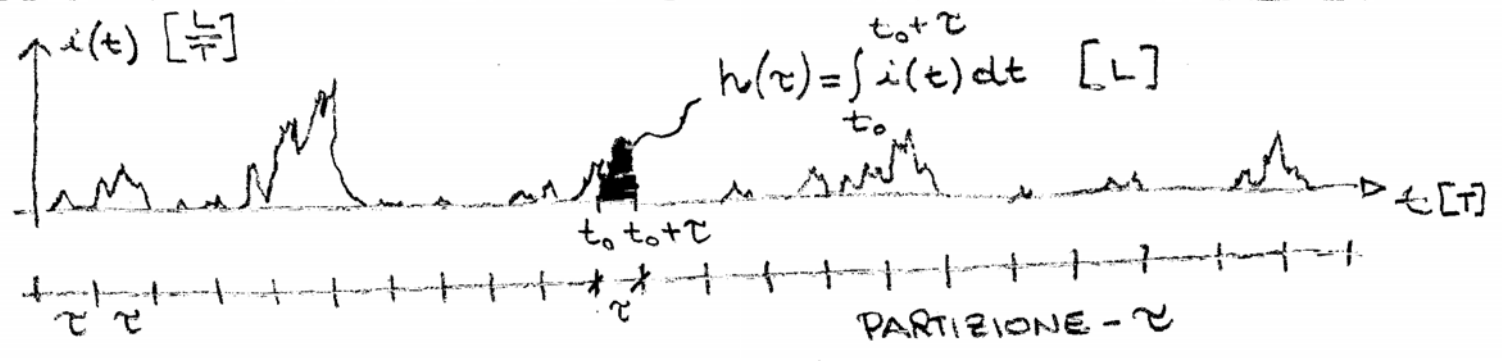
• EVENTI ESTREMI DI BREVE DURATA τ :

$$h_T(\tau) = \underbrace{\mu(\tau)}_{a_1 \tau^{m_1}} \cdot \underbrace{K_T^z}_{a_2 \tau^{m_2}} \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow h_T(\tau) = (a_1 \cdot a_2) \tau^{m_1+m_2} \\ \rightarrow h_T(\tau) = a \tau^m \\ a = a_1 \cdot a_2 \\ m = m_1 + m_2 \end{array} \right\}$$

a_1, m_1 = funzioni empiriche delle piogge indice μ^q
(non dipendono dal tempo di ritorno T)

a_2, m_2 = per ogni SZO sono funzioni del tempo di ritorno T

ANALISI (MULTIFRATTALI) DI SERIE CONTINUE DI PRECIPITAZIONE



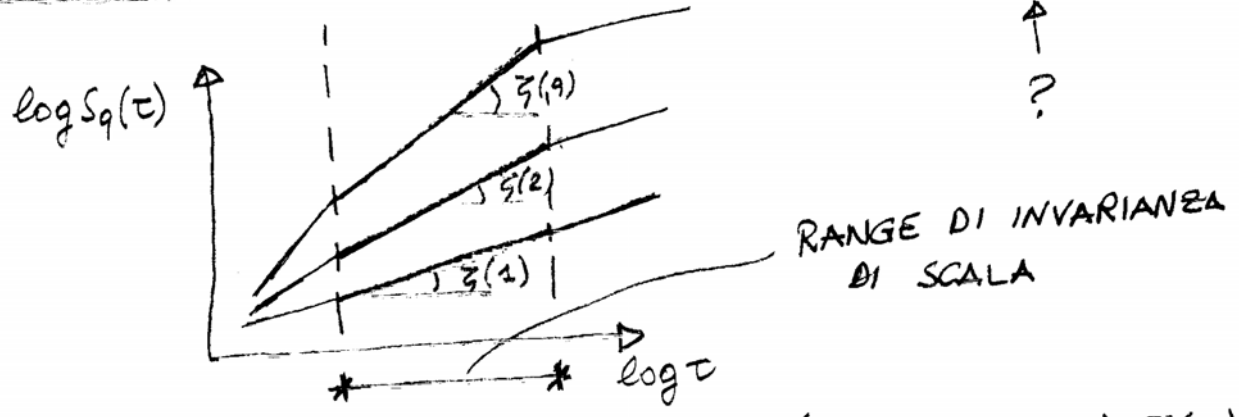
$\mu(\tau) = h(\tau)$ è la misura

• LEGGI DI INVARIANZA DI SCALA: $\langle [\mu(\tau \tau)]^q \rangle \cong \tau^{\zeta(q)} \langle [\mu(\tau)]^q \rangle$

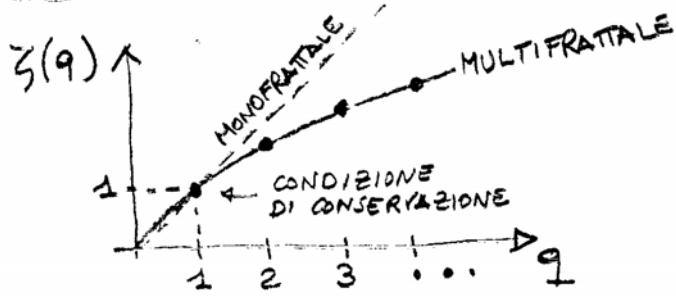
• FUNZIONI DI PARTIZIONE O FUNZIONI DI STRUTTURA:

$$S_q(\tau) = \langle \left[\int_{t_0}^{t_0 + \tau} i(t) dt \right]^q \rangle \sim \tau^{\zeta(q)}$$

• ANALISI DELL'INVARIANZA DI SCALA: $\log S_q(\tau) \sim \zeta(q) \cdot \log \tau$



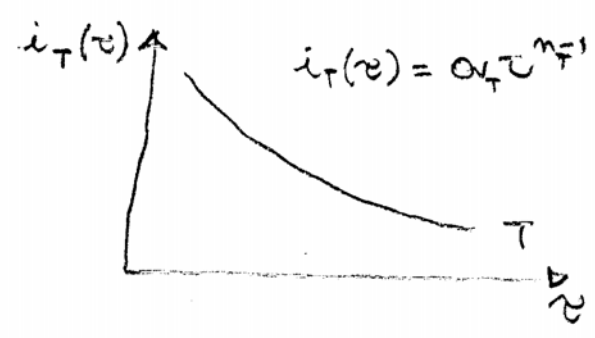
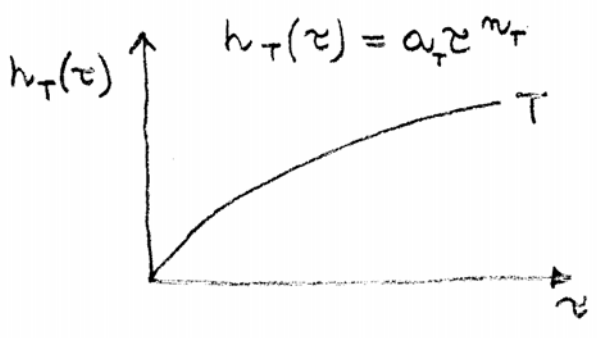
• COMPORTAMENTO DEGLI ESPONENTI DI SCALING (MULTIFRATTALE) $\zeta(q)$



Se $\zeta(q)$ è funzione non lineare di q
 la misura è "MULTIFRATTALE"
 ($\zeta(q) \neq kq$)

• I MODELLI MULTIFRATTALI VENGONO IN GENERE CALIBRATI (BEST-FIT) SULLE $\zeta(q)$ CAMPIONARIE. ESSI RIPRODUCONO LE LEGGI DI INVARIANZA DI SCALA OSSERVATE

SIMPLE-SCALING E MULTI-SCALING DELLE CURVE DDF E IDF



• LEGGE DI INVARIANZA DI SCALA:

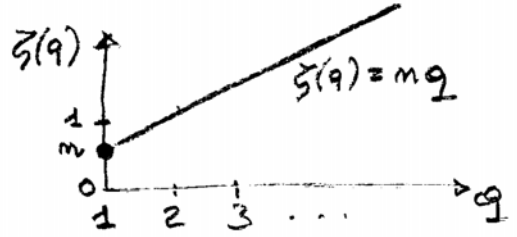
$$(1) \left\langle [h_T(r\tau)]^q \right\rangle \cong r^{\zeta(q)} \left\langle [h_T(\tau)]^q \right\rangle \rightsquigarrow \left\langle [h_T(\tau)]^q \right\rangle \sim \tau^{\zeta(q)}$$

\cong → significa eguaglianza nelle distrib. prop.

ATTENZIONE: LA (1) NON E' CONSERVATIVA !!!

→ SIMPLE-SCALING: $\zeta(q) = m q$

↳ $h_T(r\tau) \cong r^m h_T(\tau)$

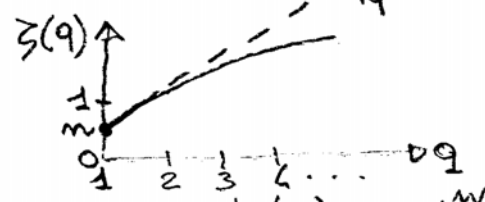


questa proprietà di invarianza è soddisfatta per $h(\tau) = a\tau^m$
 ROSSO E BURLANDO (1990, 1996) hanno mostrato che nel caso di invarianza SIMPLE-SCALING vale:

- $m = \text{cost} \neq m(T)$
- momenti adimensionali (CV, CS, CK...) sono indipendenti da τ

→ MULTI-SCALING: $\zeta(q) =$ funzione non lineare di q

↳ $h_T(r\tau) \cong r^{\zeta(1)} h_T(\tau)$



posto $m = \zeta(1)$ anche questa è verificata per $h(\tau) = a\tau^m$

CHE RELAZIONE ESISTE FRA LO SCALING DEGLI ESTREMI E LO SCALING DEL PROCESSO "CONTINUO" SOTTOSTANTE ??

SIMPLE-SCALING E MULTI-SCALING DELLE CURVE DDF E IDF

QUALE E' IL LEGAME CON LE PROPRIETA' DI SCALING (HF) DEL PROCESSO DI PIOGGIA CONTINUO SOTTOSTANTE?

- VENEZIANO E FURCOLO (2002) CONSIDERANO UN PROCESSO DI PIOGGIA TEMPORALE CARATTERIZZATO DA PROPRIETA' "MULTIFRATTALI STAZIONARIE".
- OTTENGONO TEORICAMENTE CHE LE IDF SONO SIMPLE-SCALING NEI SEGUENTI DUE CASI:
 - 1) $\forall \tau$ (durata), ma $T \rightarrow \infty$ (tempo ritorno ∞)
 - 2) $\forall T$, ma $\tau \rightarrow 0$

PER ENTRAMBI I CASI DETERMINANO TEORICAMENTE

- I COEFFICIENTI DELLE IDF IN FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE MULTIFRATTALI DEL PROCESSO SOTTOSTANTE ($\zeta(q)$).

- BASTA $i_T(\tau) = \alpha \tau^{m-1}$

TROVANO $\alpha \propto T^\alpha$, MENTRE SPESSE SI ASSUME $\alpha \propto \log T$

α ed m sono ricavati in funzione di alcuni punti caratteristici della $\zeta(q)$.

- NON ESISTE UNA FORMULAZIONE CHE METTA IN RELAZIONE α ed m CON $\zeta(q)$ PER $\forall \tau$ e $\forall T$.

CONCLUSIONI E SPUNTI DI DISCUSSIONE

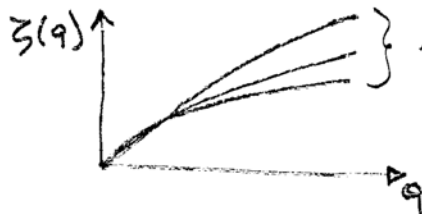
2

- ANALISI TRADIZIONALI DEGLI EVENTI ESTREMI DI PIOGGIA E PORTATA
 - TECNICHE DI REGIONALIZZAZIONE + DISTRIBUZIONI MULTIPARAM.
 - PERMETTONO UNA ACCURATA INTERPRETAZIONE DEGLI ESTREMI
- * LE DISTRIBUZIONI DI TIPO LEVY-STABLE SONO IN GRADO DI RIPRODURRE SIA IL COMPORTAMENTO ORDINARIO CHE GLI ESTREMI?

(TEMPORALI)

- PROPRIETA' MULTIFRATTALI DELLE SERIE CONTINUE DI PRECIPITAZIONE
 - EVIDENZE EMPIRICHE DI RANGE DI INVARIANZA CON $\zeta(q) \neq kq$
 - * DISCONTINUITA' NEGLI INTERVALLI DI INVARIANZA OSSERVATI PER $\tau \approx 1h$ E PER $\tau \approx 12+24h$
 - INTERPRETAZIONI FENOMENOLOGICHE?

- * DALLE ANALISI DI TUTTO IL SEGNALE ALLE ANALISI PER EVENTO:
 - $\zeta(q)$ E' UNIVERSALE O DIPENDE DAL TIPO DI EVENTO?



} indici caratterizzanti il comportamento $\zeta(q)$
(tipo meteorologico, CAPE, precipitazioni di grande scala)

- SE $\zeta(q)$ NON FOSSE UNIVERSALE CHE EFFETTO AVREBBE SULLO SCALING TEORICO DELLE ODF / IDF?
- L'ESERCIZIO DI DOWNSCALING TEMPORALE DEL FLUVIOMETRO DI GENOVA E' UN ESEMPIO DI RICOSTRUZIONE SINTETICA DI EVENTI ESTREMI DISAGGREGANDO PRECIPITAZIONI GIORNALIERE. IL DOWNSCALING DELLE PIOGGE GIORNALIERE CI PUO' AIUTARE A COLMARE LE LACUNE SUI DATI DI EVENTI ESTREMI?
- * DALLE ANALISI LOCALI ALLE ANALISI REGIONALI:
 - $\zeta(q)$ E' UNIVERSALE O DIPENDE DALLA LOCALITA'?
 - NOTA: L'ANALISI MF E' INDIPENDENTE DALLA MEDIA DI μ .

CONCLUSIONI E SPUNTI DI DISCUSSIONE

6

- SCALING SPAZIO-TEMPORALE DELLA PRECIPITAZIONE
 - EVIDENZE EMPIRICHE DI SCALING MF AUTO-SIMILARE SU PIOGGE RADAR OCEANICHE
 - * RUOLO DELLE FORZANTI OROGRAFICHE
 - * PARAMETRIZZAZIONE DEI MODELLI CON GRANDISSE PRECIPITILI SULLA GRANDE SCALA -