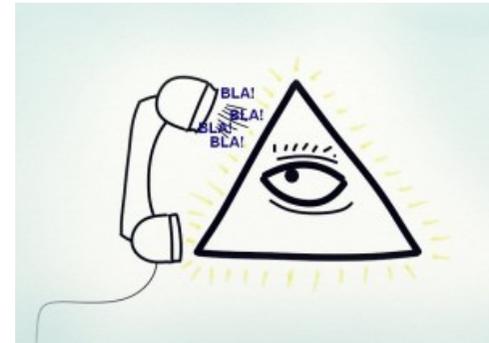
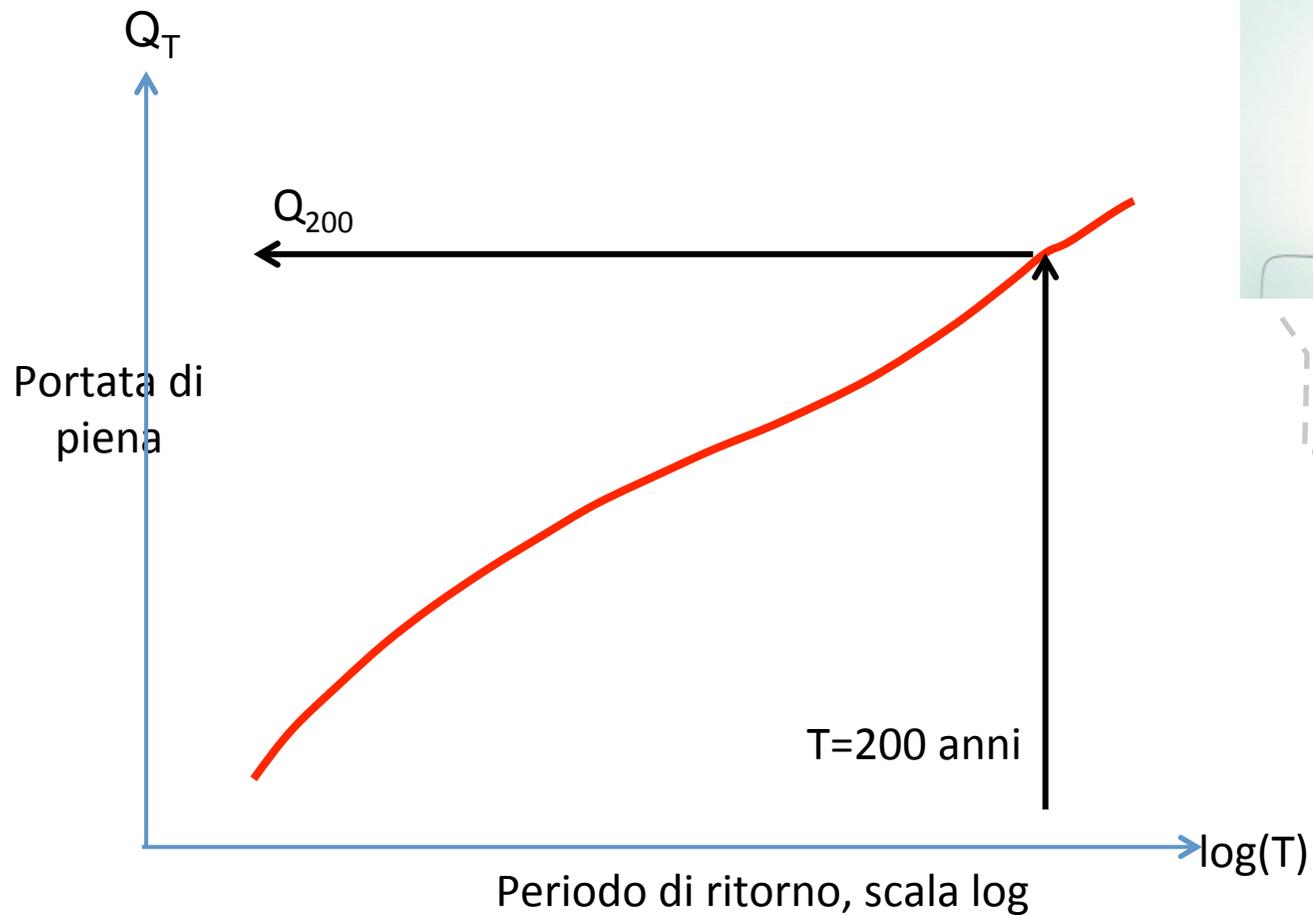


# Analisi Regionale di Frequenza delle piene

(VALUTAZIONE PROBABILISTICA DELLE PIENE)

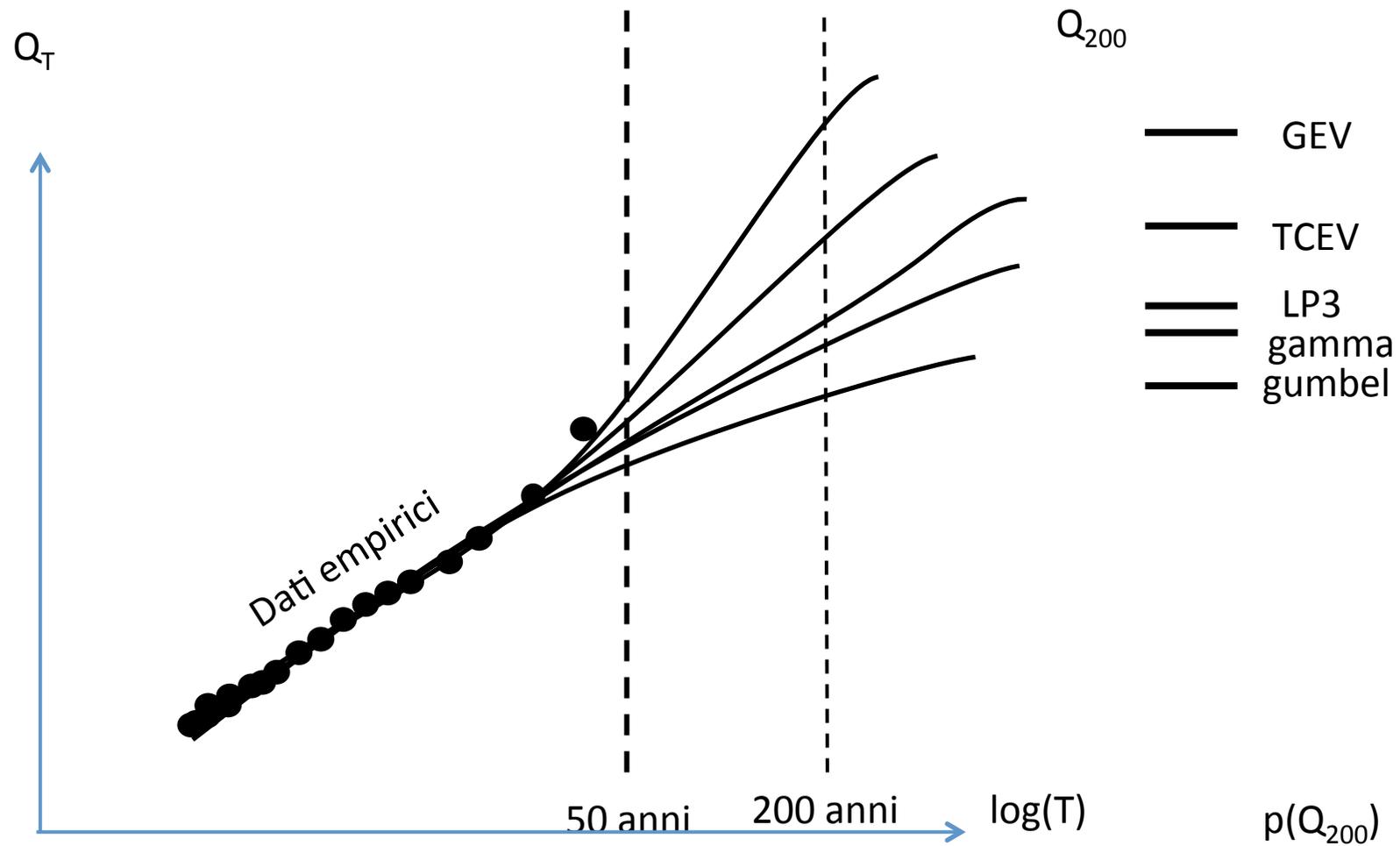
P.Claps, F. Laio, D. Ganora

# Stima delle portate di piena $Q_T$ (come vorremmo avvenisse)



«Ingegnere,  
buongiorno! La  
distribuzione di  
probabilità  
delle piene a  
Torino? *Zeus*  
*distribution* con  
parametri 1.1,  
3.21, 45»

# Stima delle portate di picco $Q_T$ (come avviene in realtà)



# Stima Locale / Stima Regionale

- La determinazione della curva di distribuzione di probabilità con i soli dati della stazione di interesse (**STIMA LOCALE**) è possibile solo se la serie storica delle osservazioni è sufficientemente lunga. Benson (1968) consiglia  $n > T/2$ ;
- Il manuale inglese *FEH* consiglia una serie *station-year* con  $N > 5T$

*Table 5.3 Recommended methods for growth curve estimation: when  $T > 27$  years*

Length of record	Site analysis	Pooled analysis <sup>†</sup>	Shorthand description
< 14 years	No	Yes	Pooled analysis
14 to $T$ years	For confirmation	Yes	Pooled analysis prevails
$T$ to $2T$ years	Yes	Yes <sup>‡</sup>	Joint (site and pooled) analysis
> $2T$ years	Yes	For confirmation <sup>†</sup>	Site analysis prevails

<sup>†</sup> Size of pooling-group chosen to provide  $5T$  station-years of record

<sup>‡</sup> Subject site excluded from pooled analysis

# Stima regionale

Se non si può applicare la stima locale si passa alla

## STIMA REGIONALE:

- Si basa sul presupposto che la carenza di informazione di una singola serie di osservazioni ai fini dell'estrapolazione statistica **sia colmata sostituendo lo spazio al tempo**. In tal modo, l'insieme delle osservazioni in una **regione omogenea** viene impiegato per costituire un campo di frequenze osservate di gran lunga superiore a quello coperto da una singola serie di osservazioni.
- Si considera quindi una **regione** molto ampia, supposta **omogenea**, si ipotizza una distribuzione, si stimano i parametri e poi si verifica l'ipotesi.
- Le tecniche di analisi regionale consistono nella ricerca dei legami esistenti tra caratteristiche climatiche e fisiografiche, misurabili nella regione che comprende il sito di interesse, ed i parametri connessi con la grandezza idrologica da stimare.

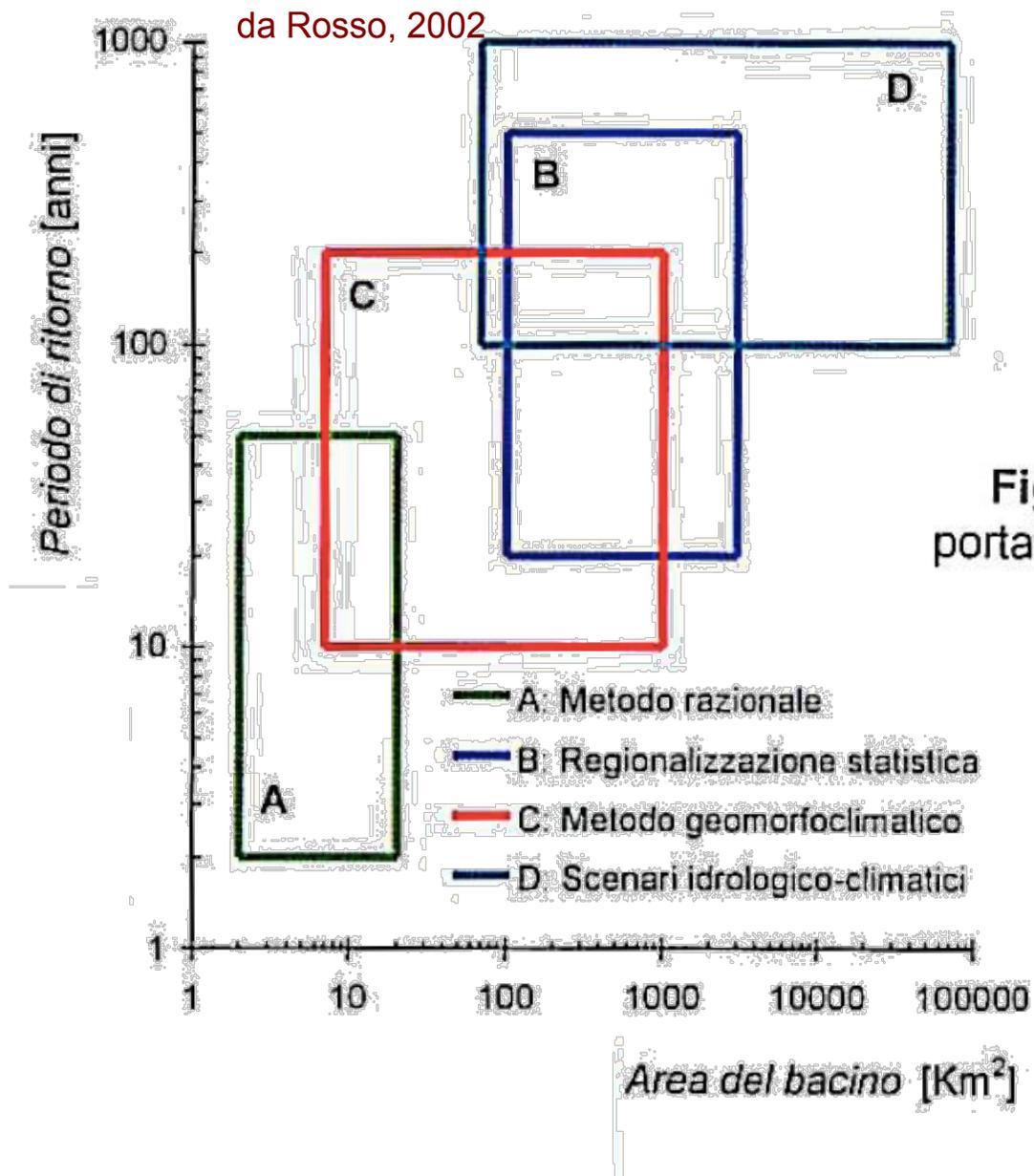


Fig. 3.2 Metodi di valutazione della portata al colmo di piena in relazione alle scale spazio-temporali.

Metodo considerato:  
Regionalizzazione Statistica

Metodo Standard:

## Metodo della piena indice (Darlymple, 1960)

Il metodo della **piena indice** scompone la variabilità della piena di progetto in due fattori, la piena indice e la curva di crescita:

$$Q(T) = Q_{indice} \cdot K(T)$$

$Q_{indice}$  è una grandezza locale, caratteristica del sito preso in esame (media o mediana).

$K(T)$  è una funzione che misura l'incremento degli eventi estremi per i diversi periodi di ritorno rispetto al valore indice.

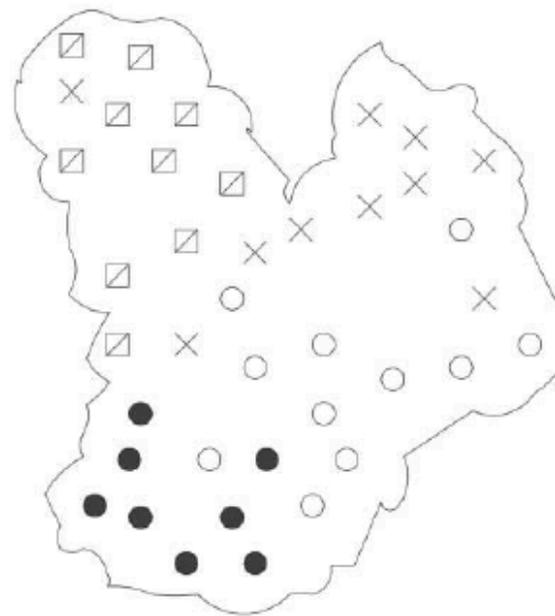
Puo' essere determinata in modo che sia **costante** in una **REGIONE OMOGENEA**

## Metodi di selezione delle Regioni Omogenee

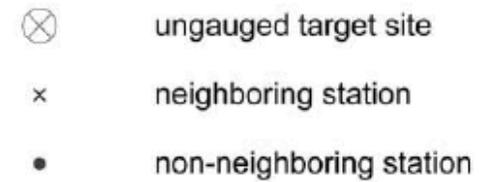
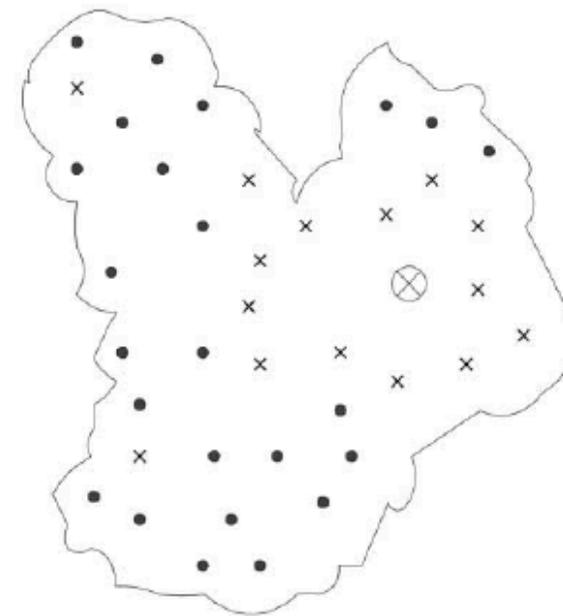
- Regioni piogge = Regioni piene (metodo *VAPI*)
- Omogeneità idrografica
- Regioni climaticamente omogenee
- Omogeneità non geografica ma per caratteri morfo-climatici (ROI-cluster analysis)
- ...
- Non Regioni, ma legami tra caratteri morfo-climatici e L-momenti (Spatially Smooth Estimation Method, SSEM; es. ARPIEM)



Continuità geografica



Non-geografica  
Cluster analysis



Non-geografica  
ROI (Region Of Influence)

Fig. 1. Approaches for the delineation of homogeneous regions.

# Regioni piogge=Regioni piene

Esempio:

## *La procedura di VALutazione delle Piene in Italia*

- La procedura VAPI è basata sull'impiego della distribuzione TCEV (che si riduce a Gumbel in alcuni casi)
- Il progetto, condotto dal gruppo GNDCI-CNR, si è proposto di realizzare una semplice metodologia, valida su tutto il territorio nazionale, per una rapida valutazione delle massime portate di piena, corrispondenti ad assegnati periodi di ritorno, per i corsi d'acqua italiani.
- Nell'ambito del progetto sono stati preparati in maniera strettamente coordinata distinti Rapporti Regionali sulla Valutazione delle Piene.
- Il progetto, ove possibile, ha applicato una procedura standard, al fine di valutare in maniera omogenea la portata al colmo temibile

# VAPI NAZIONALE

Schema standard di  
applicazione

Zone Idrometriche  
Omogenee  
(per K[T] piene)

=

Zone Pluviometriche  
Omogenee  
(K[T] uniforme)



## Distribuzione del valore estremo a doppia componente (TCEV)

### *Ipotesi:*

- Le massime piogge/portate sono generate da due differenti tipi (meccanismi) di eventi (Ordinario e Straordinario), che generano massimi annuali secondo la legge di Gumbel.
- Distribuzione del massimo di  $k$  variabili “eterogenee”  $Z_i$ , originariamente distribuite secondo una miscela di due esponenziali:

$$P_z(Z) = \vartheta(1 - e^{-\alpha_1 z}) + (1 + \vartheta)(1 - e^{-\alpha_2 z})$$

dove:

$\vartheta$ : rapporto della componente ordinaria rispetto al totale.

$E[Z_1] = \frac{1}{\alpha_i}$  : valore medio della grandezza della componente  $i$ .

2) Ognuna delle componenti ha frequenza di accadimento poissoniana, con  $\text{par} E[k_i] = \Lambda_i$

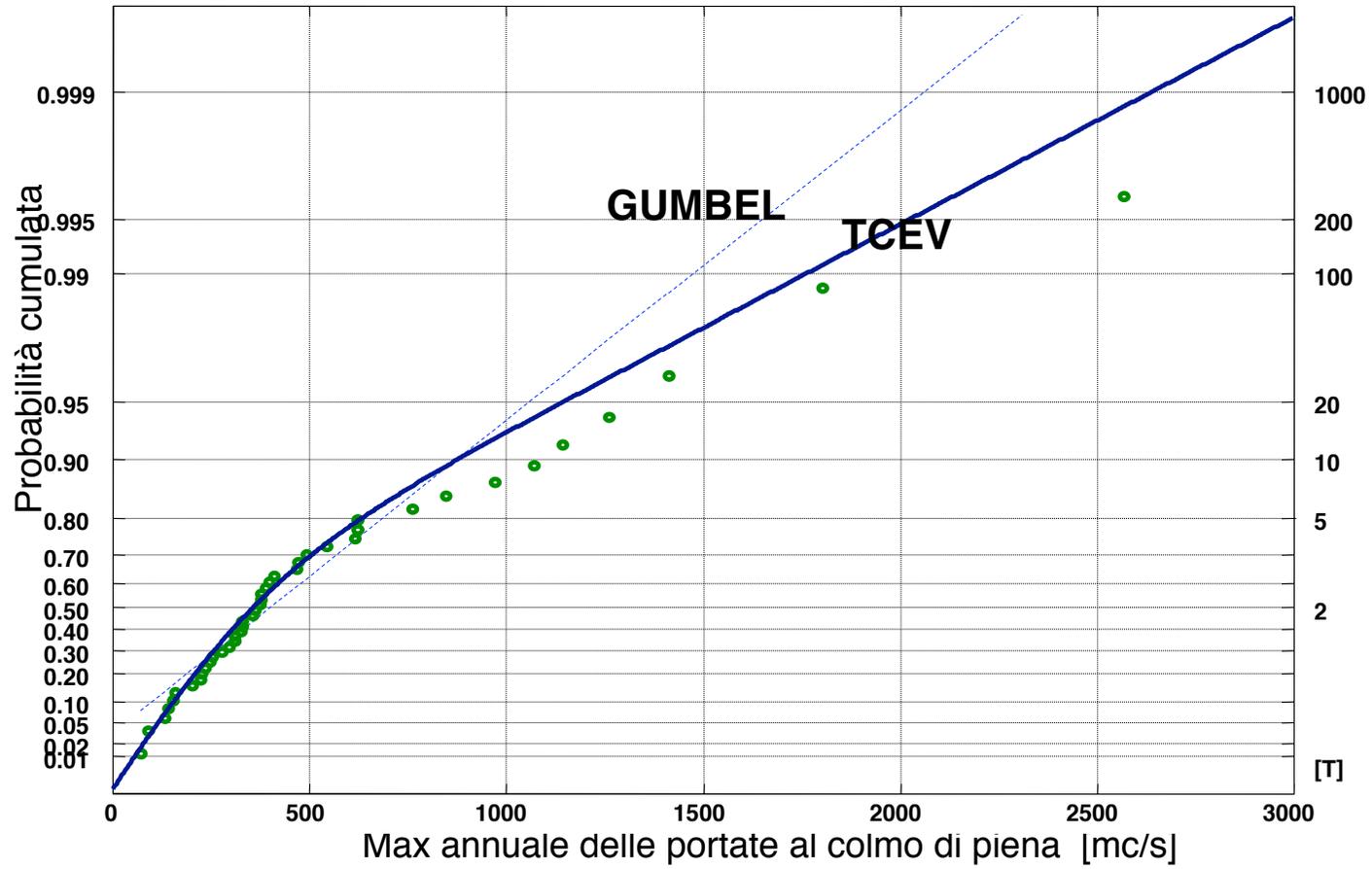
Il numero totale di eventi indipendenti  $k_1 + k_2$  è ancora distribuito secondo Poisson.

$$E[k_1 + k_2] = \Lambda_1 + \Lambda_2 = \Lambda$$

Distribuzione del massimo annuale: (Prodotto di due funzioni di Gumbel.)

$$F_x(x) = \exp[-\Lambda_1 e^{-\alpha_1 x}] \exp[-\Lambda_2 e^{-\alpha_2 x}] \quad \text{TCEV}$$

# Orco a Pont Canavese (Cuorgné)



# Procedura Vapi

## 3 livelli di informazione su diverse scale regionali

Stima della *Curva di Crescita*  $K(T)$ .

**1° livello:** Stima dei parametri  $\Theta''_1$   $\Theta''_2$  della componente straordinaria.

- Non si possono stimare da una singola serie, e nemmeno da poche serie di dati. Occorre considerare una *regione molto ampia (zona)*, Esempio: l'Italia, escluso il Po e i bacini alpini. Ampiezza indicativa  $10^4$  km<sup>2</sup>

**2° livello:** Stima di  $CV'$  della sola componente ordinaria).

- Regione **meno ampia (sottozona)**,  $> 10^3$  km<sup>2</sup>, omogenea riguardo a  $CV'$ .

- Buona stima di  $CV'$  anche da una serie di dati sufficientemente lunga (locale)



## Curva di crescita complessiva nella regione omogenea

**3° livello:** Stima della *piena indice*  $E(X)$ .

- La piena indice varia molto da bacino a bacino in funzione dei parametri climatici e fisiografici (ma una serie di dati anche breve può fornirne una buona stima)

## Esempi di sottozone omogenee:

### Omogeneità idrografica

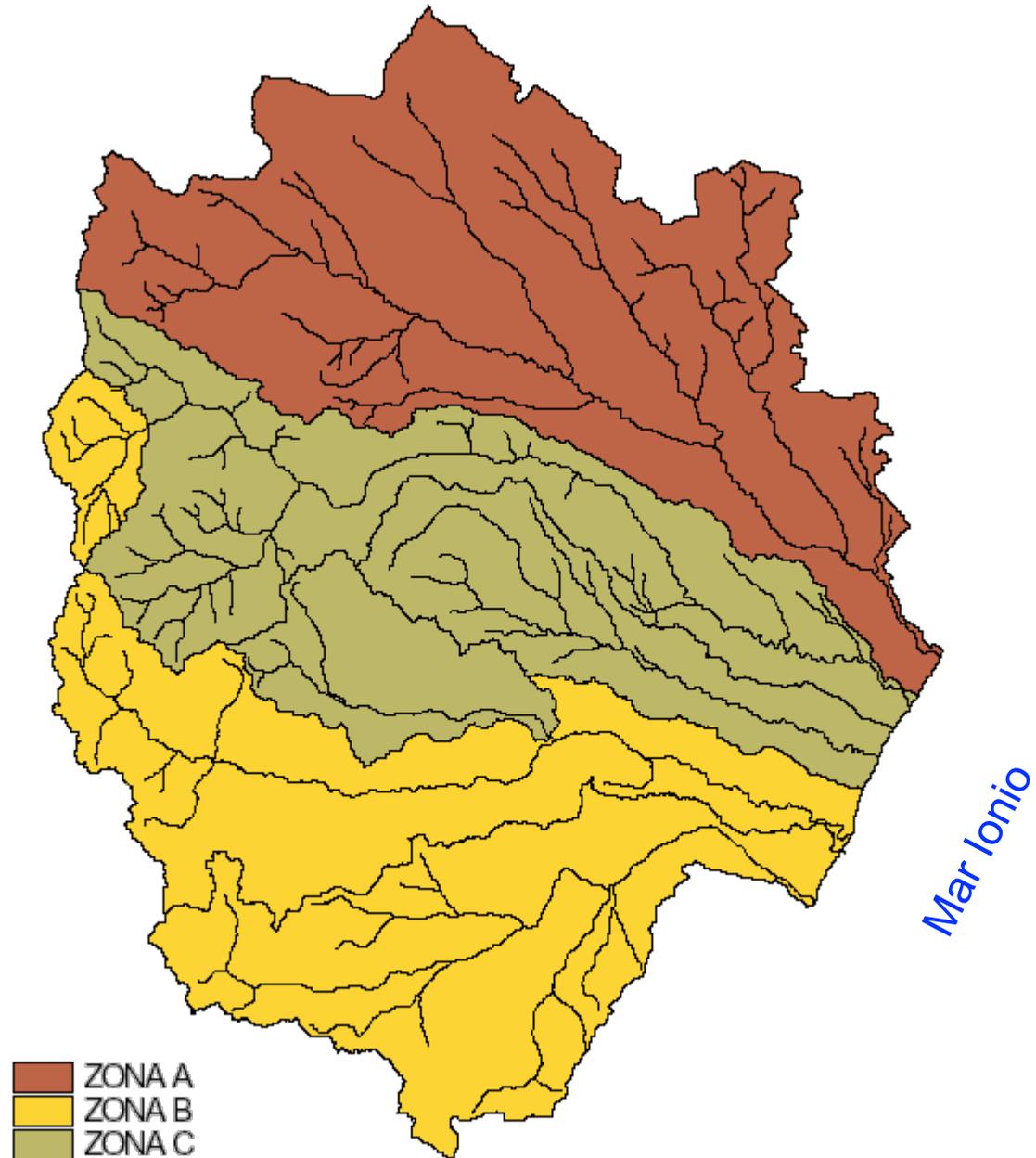
Esempio:

Applicazione del VAPI alla  
Regione Basilicata

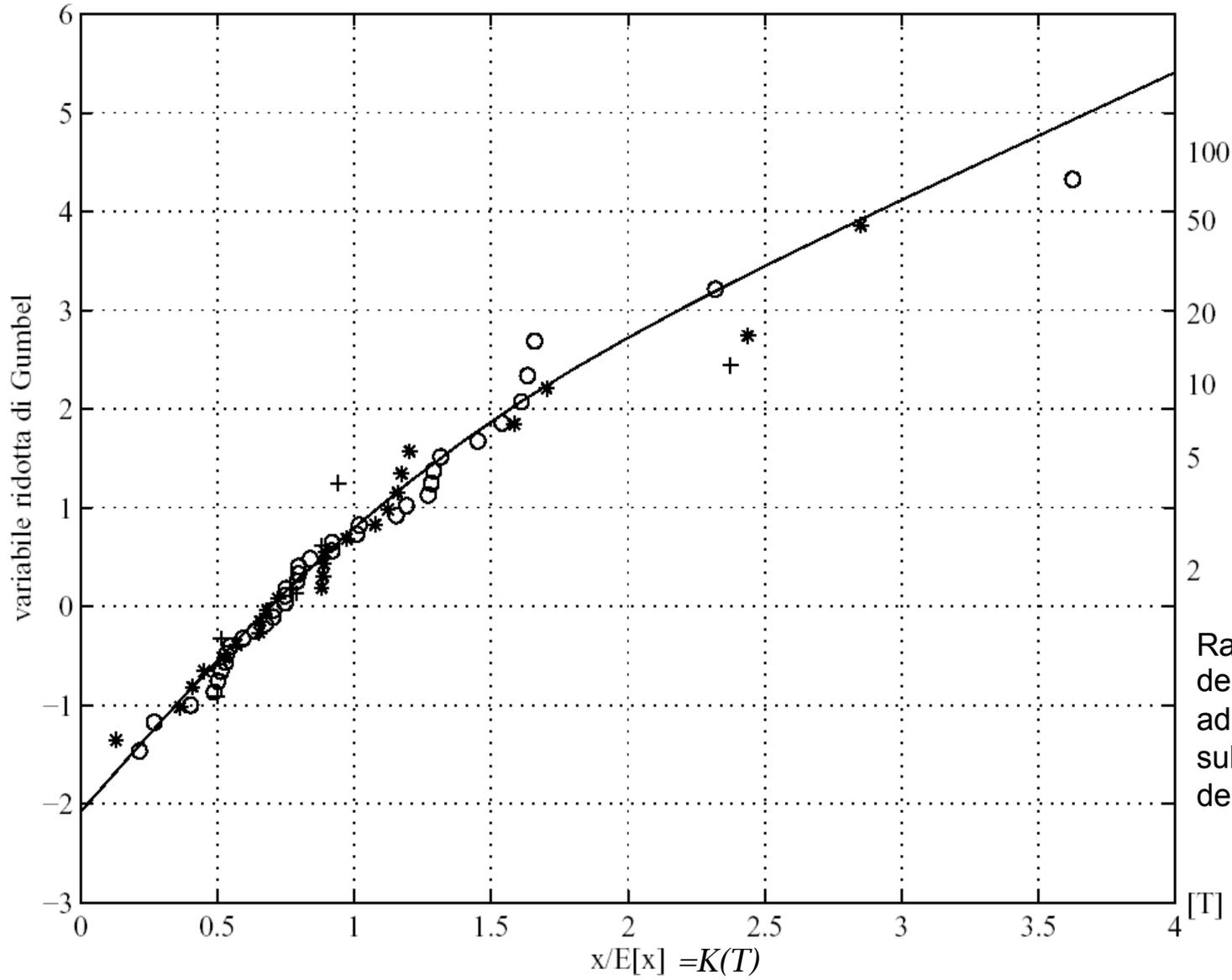
Area complessiva.  $10^4$  km<sup>2</sup>

I Livello:  
zona omogenea unica

II Livello:  
sottozone omogenee  
interne ai bacini



Zona omogenea "B": Basento a Menzена(\*), a Gallipoli(o), a S. Vito (+)



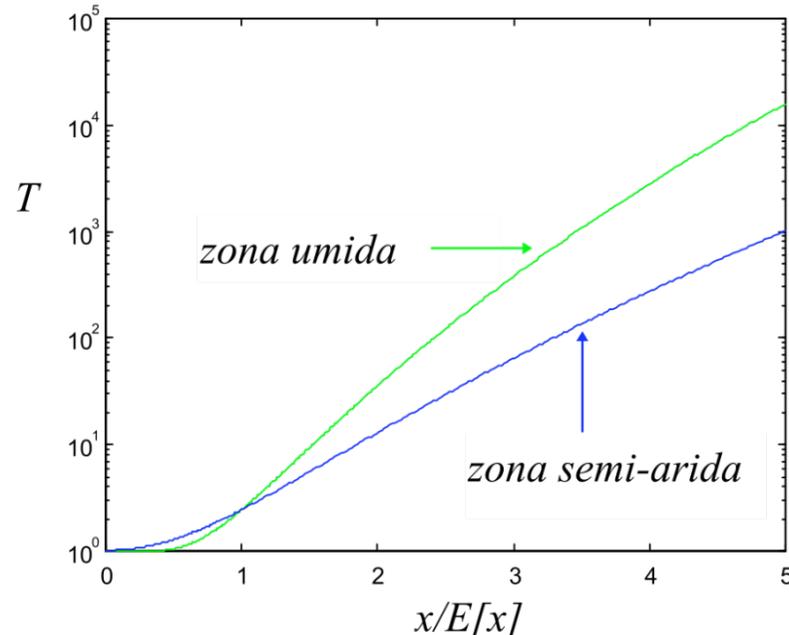
Rappresentazione  
delle curve di frequenza  
adimensionali campionarie  
sulla curva di crescita  
della sottozona

# Regioni climaticamente omogenee

- Evidenza empirica: Le curve di crescita in regioni aride mostrano **variabilità** (omogenee) chiaramente differenti da quelle osservate in bacini umidi
- Differenti meccanismi di formazione delle piene

*Farquharson et al. (J. Hydrol., 1992)*

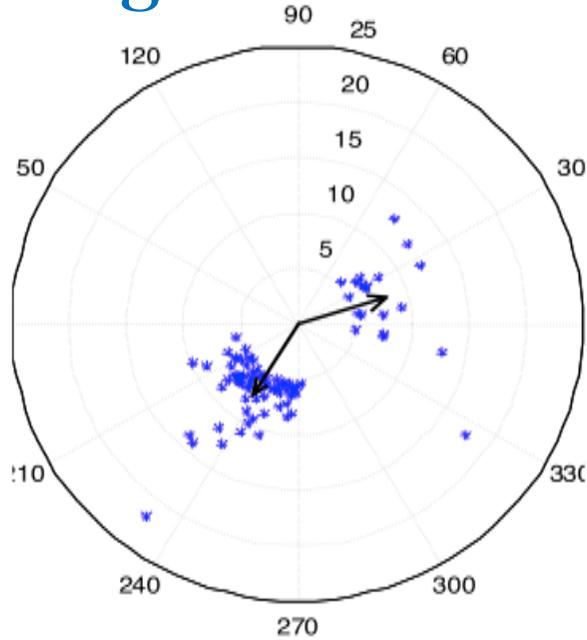
162 bacini con precipitazione media annua minore di 600 mm



Curve di crescita GEV

# Regioni climaticamente omogenee su base di stagionalità

De Michele - Rosso, 2001



**Eventi individuali**

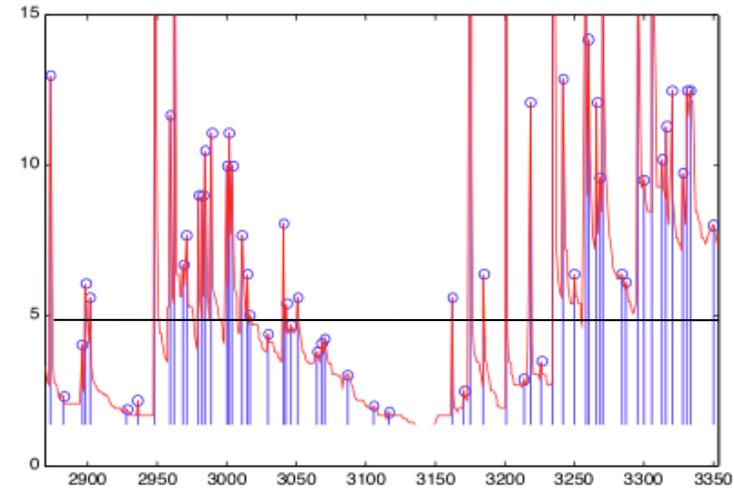
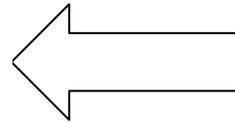
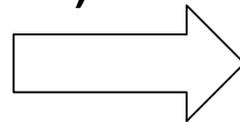


Figure 1.13.  
Polar diagram  
of Burn's  
vector of flood  
for the river  
basins in  
North-Western  
Italy.

**Posizioni prevalenti  
(stagionalità media)**

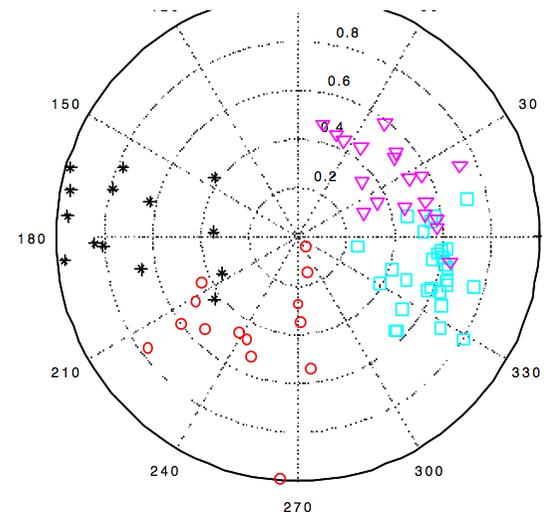


Circles:  
Region A

Asterisks:  
Region B

Squares:  
Region C

Triangles:  
Region D



# Modello VAPI De Michele e Rosso (2001)

- Stima delle portate al colmo per assegnato periodo di ritorno T

- $$Q_T = Q_{ind} \cdot K_T$$

- $K_T$  relativi alla distribuzione GEV stimati per diverse zone omogenee delle piene dell'Italia Nord Occidentale

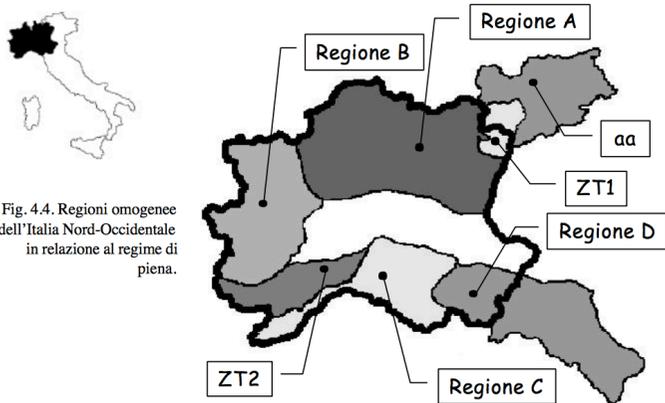


Fig. 4.4. Regioni omogenee dell'Italia Nord-Occidentale in relazione al regime di piena.

Zona	Periodo di Ritorno, anni										
	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
<b>A</b> Alpi e Prealpi Centrali	0.88	1.34	1.68	2.03	2.14	2.40	2.52	2.93	3.37	4.00	4.52
<b>B</b> Alpi e Prealpi Occidentali	0.77	1.31	1.80	2.38	2.60	3.10	3.37	4.33	5.52	7.57	9.57
<b>C</b> Appennino NW e B. Tirrenici	0.79	1.34	1.82	2.38	2.58	3.04	3.29	4.14	5.17	6.87	8.47
<b>D</b> Appennino NE	0.90	1.31	1.61	1.91	2.01	2.23	2.33	2.67	3.03	3.55	3.96
<b>aa</b> Alto Adige e suoi affluenti	0.91	1.27	1.53	1.80	1.88	2.07	2.16	2.46	2.77	3.22	3.58

# Stima “Regionale” della piena indice

- Portata indice  $Q_{ind}$

$$q_{indice} = c_0 \times X_1^{c_1} \times X_2^{c_2} \times X_3^{c_3} \times X_4^{c_4} \times X_5^{c_5} \times X_6^{c_6}$$

Regione	Esponente della Variabile Esplicativa						$R^2_{LOG}$	$R^2$	Bias	
	$c_0$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$				$c_6$
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$			
		Area del bacino sotteso, $A$	Coefficiente pluviale orario, $a_1 = E[H_1]^{\ddagger}$	Esponente di invarianza di scala pluviale, $n$	Quota media del bacino sotteso	Parametro di ritenzione, $S_{111}/100$	Fattore di forma del bacino, $A/L_{ap}^2$			
		[Km <sup>2</sup> ]	[mm/ore <sup>n</sup> ]	[ - ]	[Km]	[mm]	[ - ]			
A	2.1	0.799						0.61	0.29	30
A	$1.8 \times 10^{-3}$	1.090	1.700					0.71	0.59	23
A	$9.3 \times 10^{-4}$	1.124	2.630	3.162				0.91	0.81	7.4
A	$1.9 \times 10^{-4}$	1.145	2.596	2.246		-0.849		0.93	0.93	5.5
B	0.5	0.901						0.76	0.29	10
B	$7.3 \times 10^{-3}$	0.920	1.523					0.89	0.75	7.6
B	$1.6 \times 10^{-2}$	0.800	1.408		1.170			0.91	0.82	6.2
B	$7.8 \times 10^{-3}$	0.839	1.736		1.042		0.349	0.93	0.86	4.9
C	5.2	0.750						0.75	0.63	12
C	2.62	0.807			-0.626			0.87	0.65	5.6
C	2.51	0.874			-0.717		0.265	0.88	0.71	5.2
C	0.21	0.897	0.678		-0.686		0.285	0.89	0.78	4.6
D	2.49	0.772						0.89	0.77	10
D	$2.80 \times 10^{-5}$	1.235	3.513				-0.720		0.92	

<sup>‡</sup>  $E[H_1]$ : valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per una durata unitaria.

Parametri della formula empirica per la stima della portata indice  $Q_{ind}$

De Michele, C., & Rosso, R. (1999). La valutazione delle piene nell'Italia Nord-Occidentale: bacino padano e Liguria tirrenica. *in La valutazione delle piene in Italia-Rapporto Nazionale di Sintesi, Bozza, CNR-GNDCI.*

## METODI SSEM, es. ARPIEM (2008)

Non regioni  
omogenee, ma  
*legami tra caratteri  
morfo-climatici e L-  
momenti*

idrologia@polito  
Gruppo di Idrologia del Politecnico di Torino

HOME | PERSONE | PROGETTI | RICERCA | DIDATTICA | COMMUNITY | COLLABORAZIONI | CONTATTI

**Categorie**  
Avvisi  
News

**Progetti**  
In corso  
Conclusi

**Ricerca**  
Valutazione  
Piene  
Risorse Idriche  
Clima -  
Montagna  
Radarmeteo

# ARPIEM

**Analisi Regionale delle PIENE nei bacini Montani (con applicazione alla Valutazione delle piene in Piemonte)**  
Responsabili: P. Claps, F. Laio

Il progetto ARPIEM è finalizzato all'aggiornamento dei dati e al miglioramento dei metodi relativi alla valutazione probabilistica delle piene nei bacini montani. L'attività svolta negli anni 2007-2008 è relativa ad uno **studio** finanziato da ENEL Produzione S.p.A e relativo al territorio della Regione Piemonte.

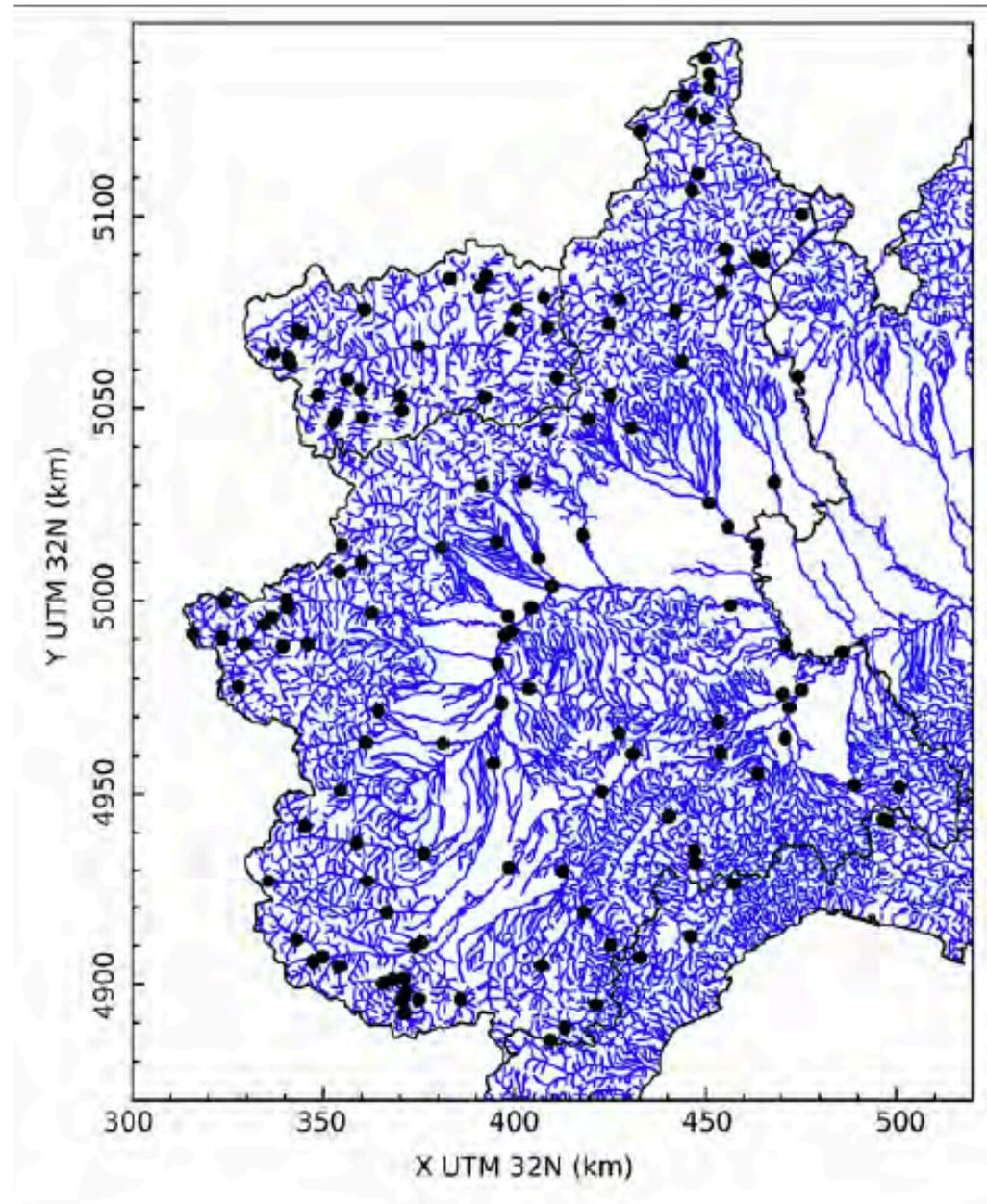
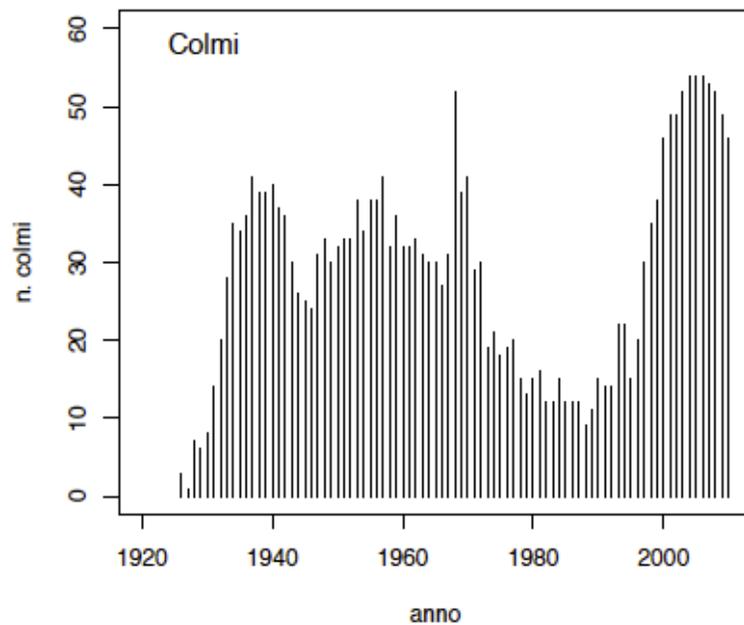
Nell'area **documenti** è possibile scaricare la relazione finale del progetto ed i relativi allegati.

Una presentazione che descrive le caratteristiche salienti del metodo è disponibile **qui**.

Ulteriori sviluppi sono allo studio, in relazione agli effetti del **global warming** sul rischio di piena.

## Aggiornamento ARPIEM (2012)

- Forte Incremento base dati rispetto agli studi precedenti
- Affinamento delle tecniche statistiche



# Procedura ARPIEM

## Principali innovazioni:

1. Assenza di discontinuità spaziale nell'applicazione (no Zone Omogenee)
2. Eliminazione della scelta a priori della funzione di probabilità (stima dei soli L-momenti)
3. Quantificazione dell'incertezza di stima
4. Valorizzazione dell'informazione locale, ove disponibile

# Modello ARPIEM

- ESEMPIO APPLICAZIONE – SITO PRIVO DI DATI (BORBERA A BARACCHE)
- Descrittori di bacino

area	202.4
$H_{min}$	338
$IDF_a$	30.586
$CV[IDF_a]$	0.062
$IDF_n$	0.392
$LCV_{1h}$	0.173
NDVI	0.599
$CV[LCV_{6h}]$	0.066
$LCA_{6h}$	0.222
$CV[LCA_{24h}]$	0.134
$fourier_{B2}$	-6.964
clc2	73.15



## Modello ARPIEM

### ESEMPIO APPLICAZIONE – (BORBERA A BARACCHE)

- **Calcolo L-momenti da regressione**
- **Portata indice**

$$Q_{\text{ind}} = 0.01324 \cdot \text{area}^{0.7995} \cdot \text{IDF}_a^{2.82089} \cdot \text{IDF}_n^{2.06805} \cdot \text{LCV}_{1h}^{1.33232} \cdot$$

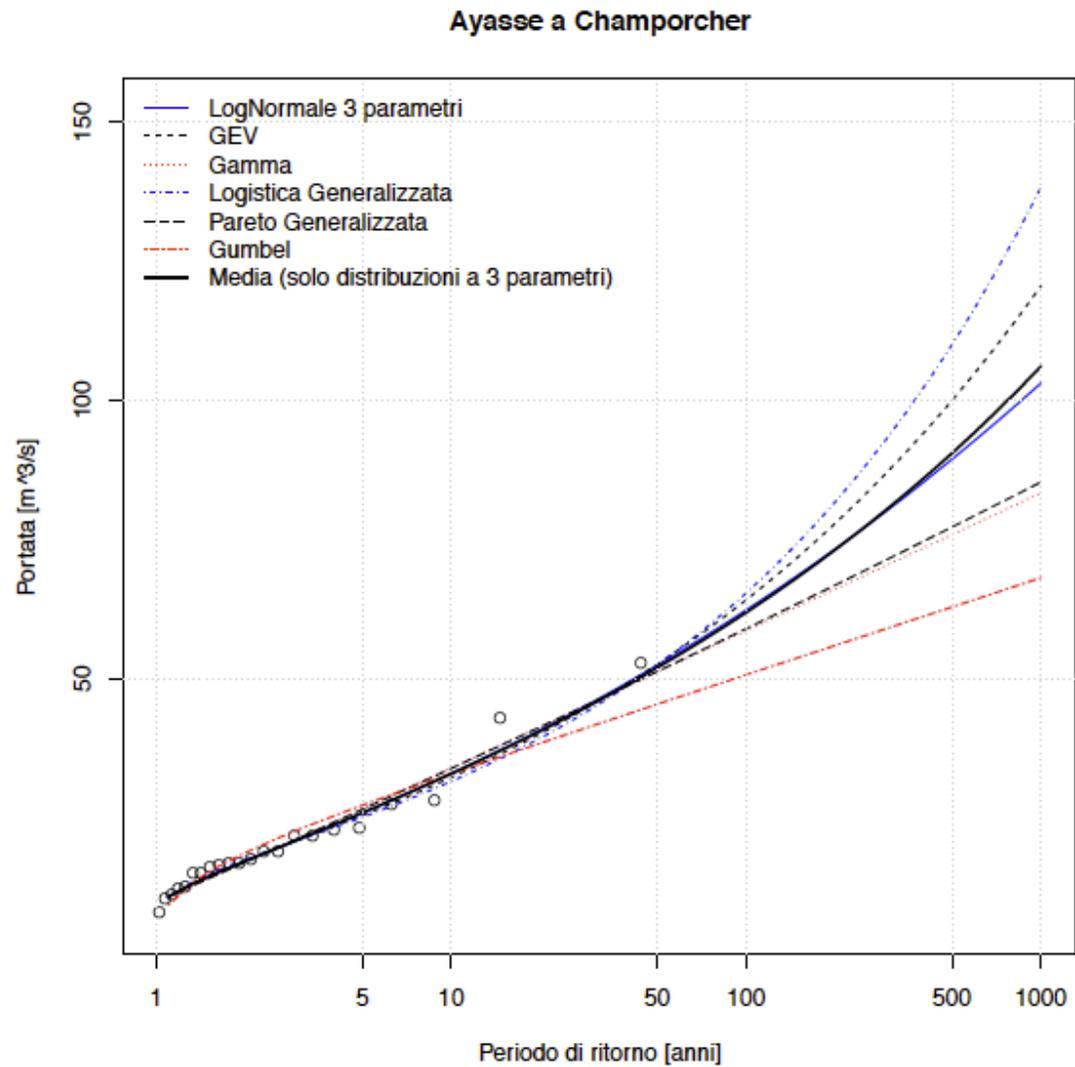
- **Coefficiente di L-variazione**

$$\text{LCV} = 0.17719 \cdot H_{\text{min}}^{0.20969} \cdot \text{NDVI}^{0.71067} \cdot \text{CV}[\text{IDF}_a]^{0.21581} \cdot \text{CV}[\text{LCV}_{6h}]^{-0.19252}$$

- **Coefficiente di L-asimmetria**
- 

$$\text{LCA} = 0.79468 - 2.14568 \cdot \text{LCA}_{6h} - 0.87195 \cdot \text{CV}[\text{LCA}_{24h}] + 0.00192 \cdot \text{clc}_2 + 0.01555 \cdot \text{fourier}_{B2}$$

# Scelta della distribuzione di probabilità



# Modello ARPIEM

- ESEMPIO
- Tipo distribuzione: log-normale a 3 parametri

$$k \approx -L_{CA} \frac{E_0 + E_1 \cdot L_{CA}^2 + E_2 \cdot L_{CA}^4 + E_3 \cdot L_{CA}^6}{1 + F_1 \cdot L_{CA}^2 + F_2 \cdot L_{CA}^4 + F_3 \cdot L_{CA}^6}.$$

●

---

$E_0 = 2.0466534$	
$E_2 = 1.8396733$	$F_1 = -2.0182173$
$E_3 = -0.20360244$	$F_3 = -0.21741801$

---

$$\alpha = \frac{Q_{ind} \cdot L_{CV} \cdot k \cdot e^{-k^2/2}}{1 - 2\Phi(-k/\sqrt{2})},$$

$$\xi = Q_{ind} - \frac{\alpha}{k}(1 - e^{k^2/2}).$$

# Modello *ARPIEM*

- **ESEMPIO APPLICAZIONE – SITO PRIVO DI DATI (BORBERA A BARACCHE)**
- **Stima piena di progetto per assegnato periodo di ritorno**

$$y = \Phi^{-1}(F) = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{1}{T}\right)$$

$$Q_T = \begin{cases} \xi - \frac{\alpha}{k} (\exp[-k \cdot y] - 1) & k \neq 0 \\ \xi + \alpha \cdot y & k = 0 \end{cases}$$

- **Per approfondimenti:**
- [http://www.idrologia.polito.it/web2/open-data/Piene\\_Prog\\_Flora\\_2014.pdf](http://www.idrologia.polito.it/web2/open-data/Piene_Prog_Flora_2014.pdf)