

Metodi di stima indiretta della piena indice su base geomorfoclimatica



FORMULA RAZIONALE (Mulvany, 1850)

Molto approssimata per la valutazione indiretta, ma essenziale nell'identificazione dell'effetto delle diverse componenti sulle stime delle portate al colmo di piena.

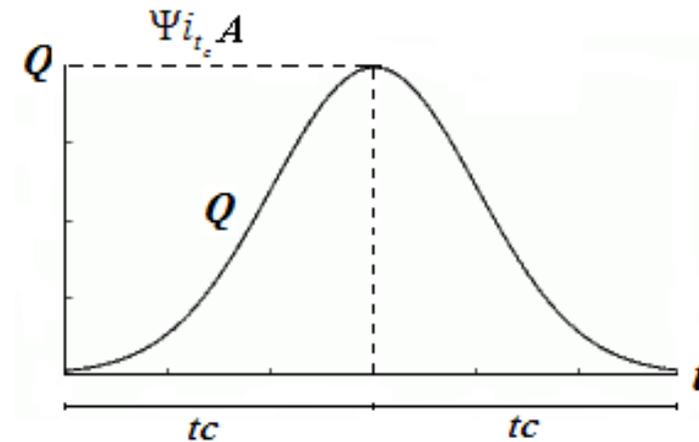
Ipotesi base: Intensità di pioggia costante nel tempo e uniforme sul bacino.

Si faccia riferimento ad una funzione di risposta per la quale è determinabile il tempo base (tempo di corrivazione nel caso cinematico). Suddiviso in tre sotto-casi:

- 1.1 Durata d delle piogge pari al tempo di corrivazione
- 1.2 Durata d delle piogge maggiore del tempo di corrivazione
- 1.3 Durata d delle piogge minore del tempo di corrivazione

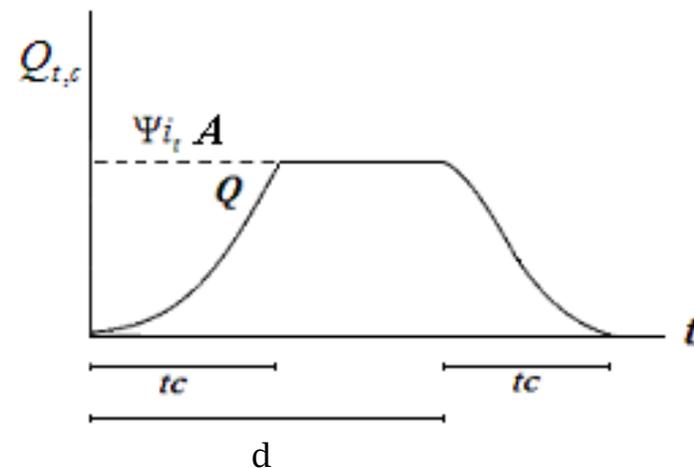
1.1. $d=t_c$ ($S_{tc}=1$)

$$Q_p = \frac{\psi i_{tc} A}{3.6}$$



1.2. $d > t_c$ ($S_t=1$)

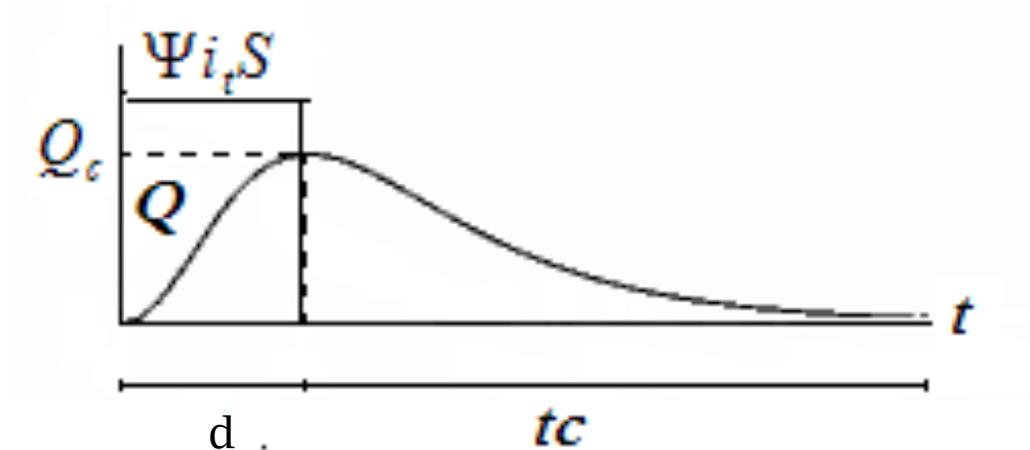
$$Q_p = \frac{\psi i_t A}{3.6}$$



Q_p = portata di picco dell'evento

1.3. $d < t_c$

$$Q_d = \frac{\psi i_d S_d A}{3.6}$$

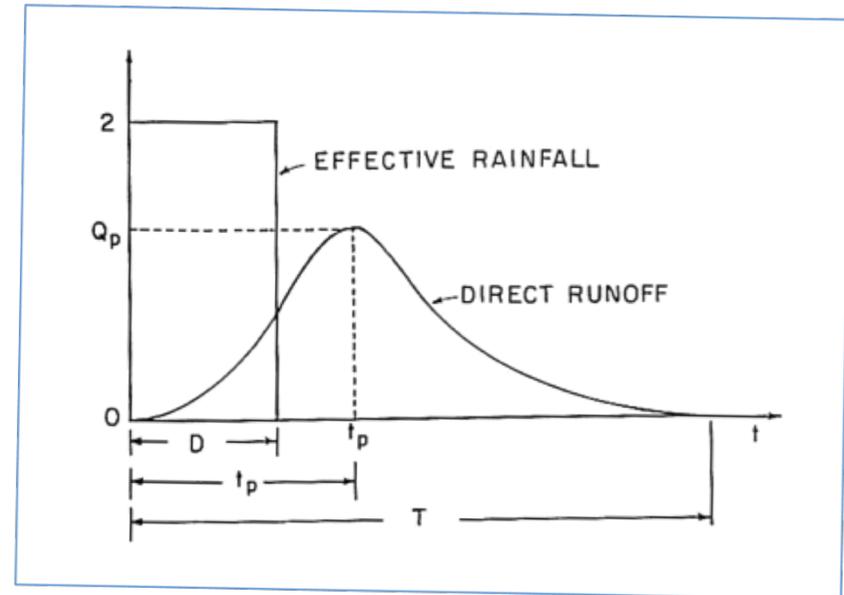


Alla fine dell'intervallo di durata d la portata raggiunge un valore che dipende dal valore dell'integrale dell'IUH tra 0 e d , che **non** è necessariamente il **valore di picco**.

$S_d = \text{integrale dell'IUH tra } 0 \text{ e } d$

1.3. $t_p = d < t_c$

Il valore di picco dell'idrogramma Q_p e l'istante t_p del raggiungimento del picco dipendono dalla forma dell'IUH, (cioè dalla posizione in cui l'intervallo di durata d intercetta la massima area parziale dell'IUH).



Si ha infatti:

$$q(t) = \int_0^t i^*(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

$$q(t) = i^* \int_0^d h(t - \tau)d\tau + 0 \quad (*)$$

In quanto per $t > d$ $i=0$

La (*), usando $z = t - \tau$ porta a $q(t) = i^* \int_{t-d}^t h(z)dz$

Il generico integrale $\int_{t-d}^t h(z)dz$ corrisponde alla differenza $\int_0^t h(z)dz - \int_0^{t-d} h(z)dz$

Se si ricerca il massimo di questa differenza per qualunque t , dato d , si ottiene:

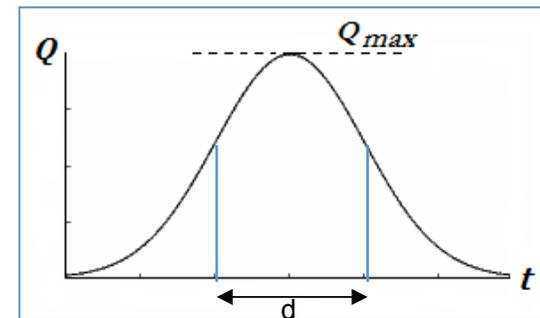
$$\max_d \left[\int_{t-d}^t h(z)dz \right] = f_p(d)$$

Con $f_p(d) =$ *funzione di picco* (Wood & Hebson, 1986)

Che porta a scrivere:

$$q_p(d) = i^* \max_d \left[\int_{t-d}^t h(z)dz \right] = i^* f_p(d)$$

quale espressione della portata di picco per una pioggia rettangolare di durata $d < t_c$



Metodo Variazionale:

Considerando che la funzione di picco può essere ottenuta sia empiricamente che analiticamente al variare di d , e tenendo conto che $i(d)$ rettangolare varia con d secondo la curva di probabilità pluviometrica, si può ricercare il $\max [q_p(d)]$ al variare di d :

$$\max_d [q_p(d)] = \max [i(d^*) f_p(d^*)]$$

che corrisponde al picco di piena ottenuto col **metodo variazionale**, in funzione della **durata critica d^***

Villani et al. 1982 hanno mostrato che, con buona approssimazione, vale:

$d^* = t_r$ e $f_p(d^*) \approx 0.65$ con $t_r =$ *tempo di Ritardo del bacino*,

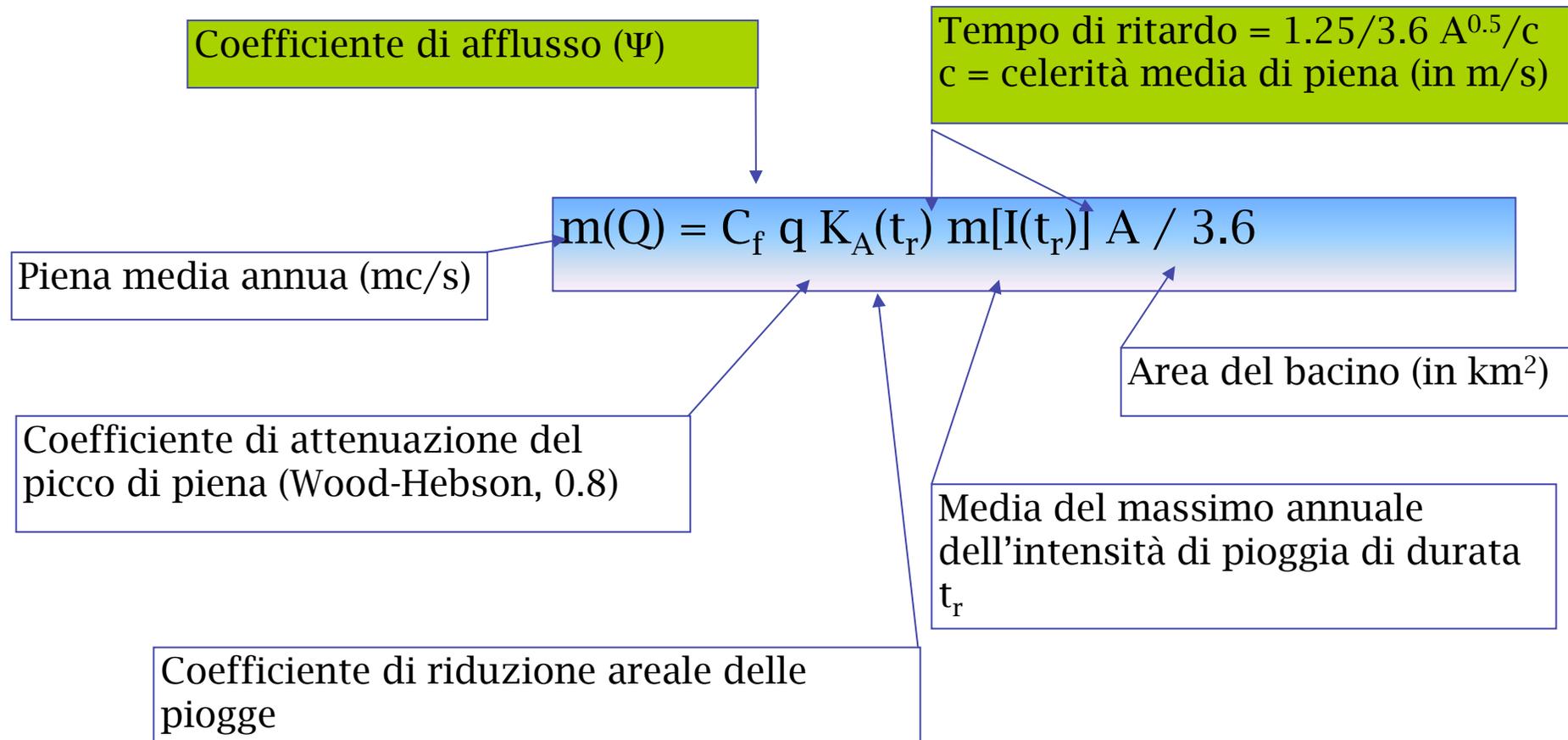
introducendo così **la formula razionale in senso geomorfoclimatico:**

$$Q_d = \frac{\psi i_{tr} f_p(tr) A}{3.6}$$

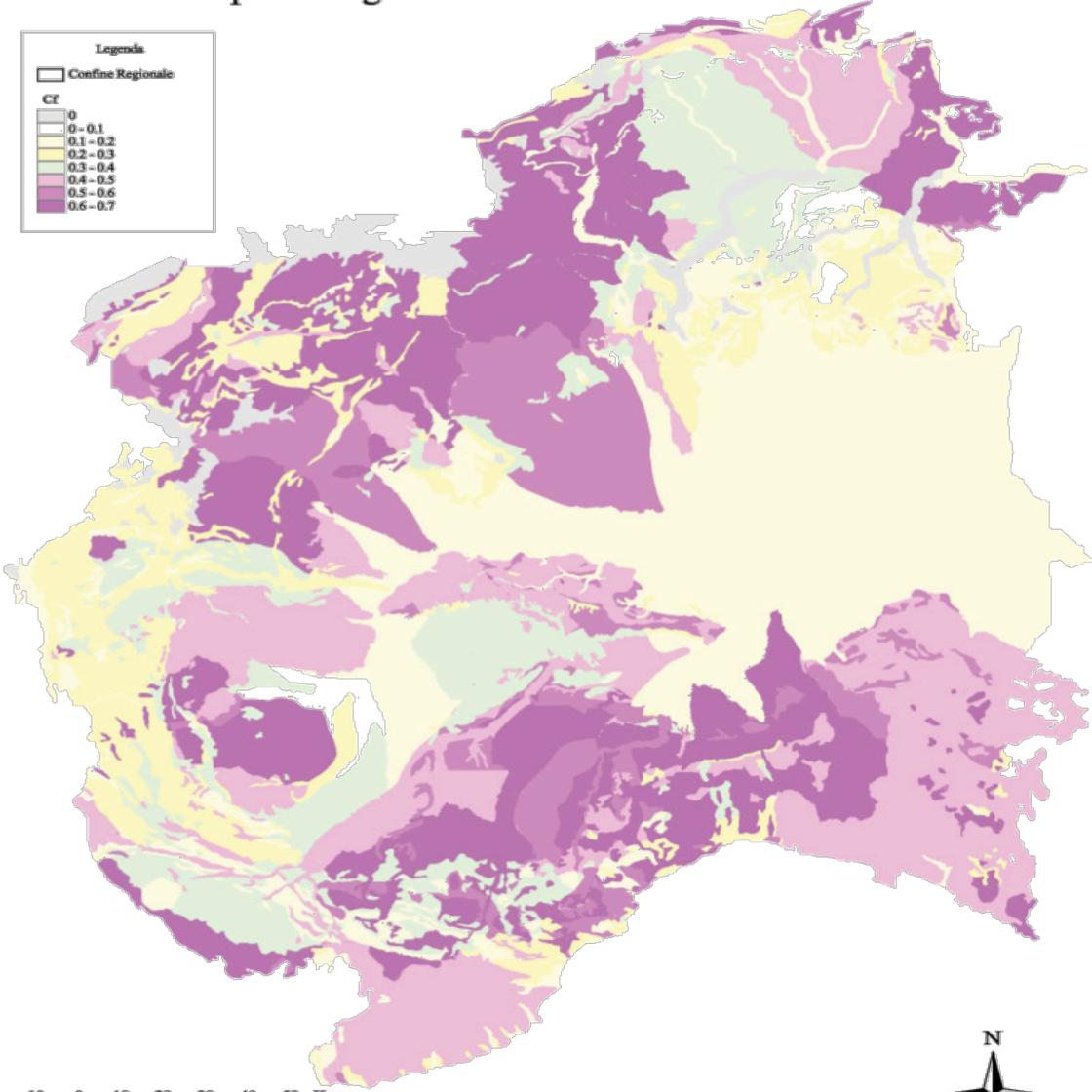
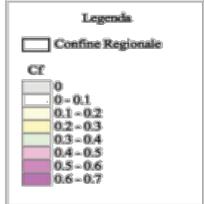
dove si può porre $f_p(t_r) \approx 0.65$



Formula razionale “Geomorfoclimatica”



Carta del coefficiente di afflusso di piena, cf per la Regione Piemonte



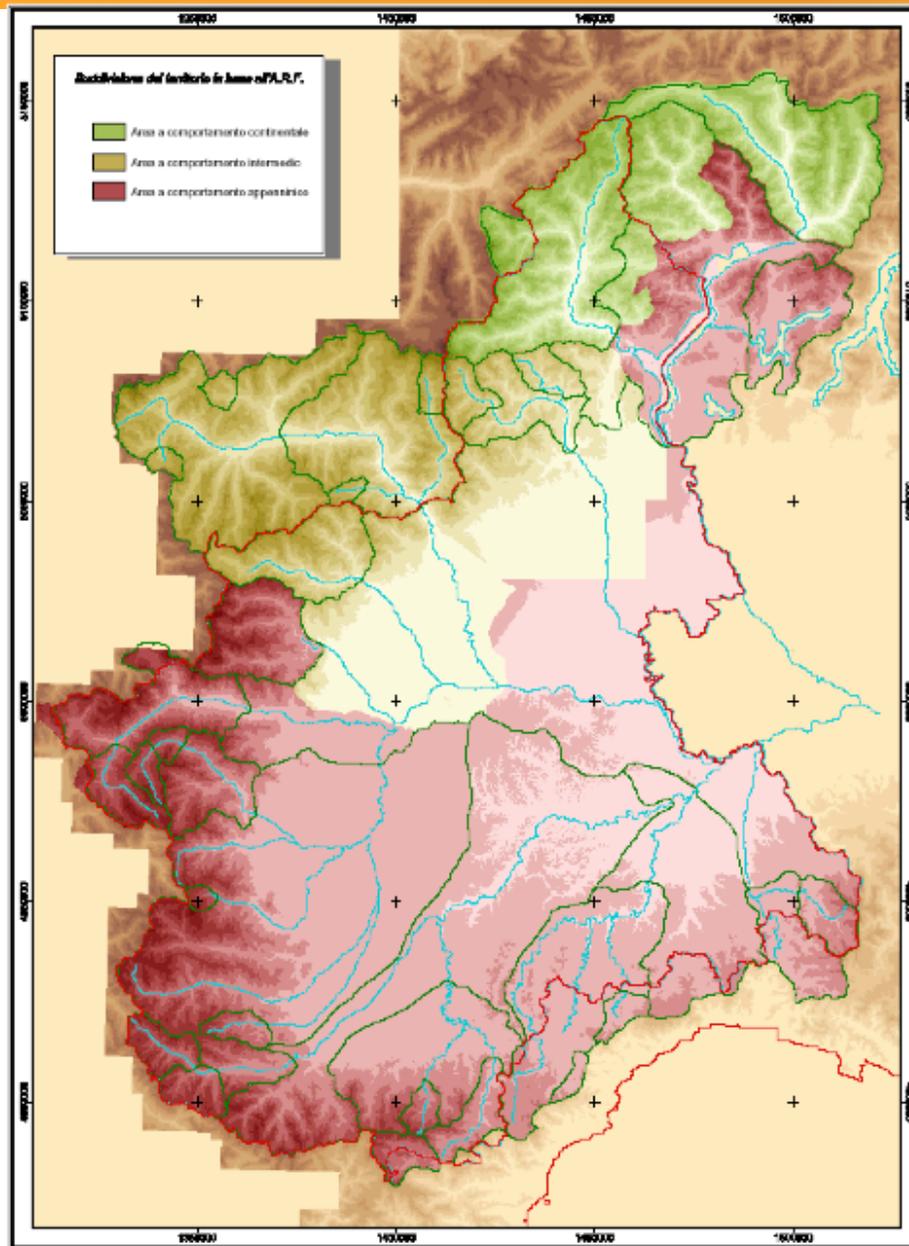
Riduzione areale delle precipitazioni

Caso Piemonte

$$KA(d)=1-(1-\exp(-c_1A))\exp(-c_2d^{c_3})$$

	c_1	c_2	c_3
Area a comportamento continentale	0.0043	0.45	0.25
Area a comportamento intermedio	0.0012	0.56	0.25
Area a comportamento Appenninico	0.0021	0.53	0.25

Tab. 4: parametri della legge di variabilità dell'ARF con durata (in ore) ed area (in kmq), nelle diverse regioni climatiche omogenee (valido per $A < 4000$ kmq).

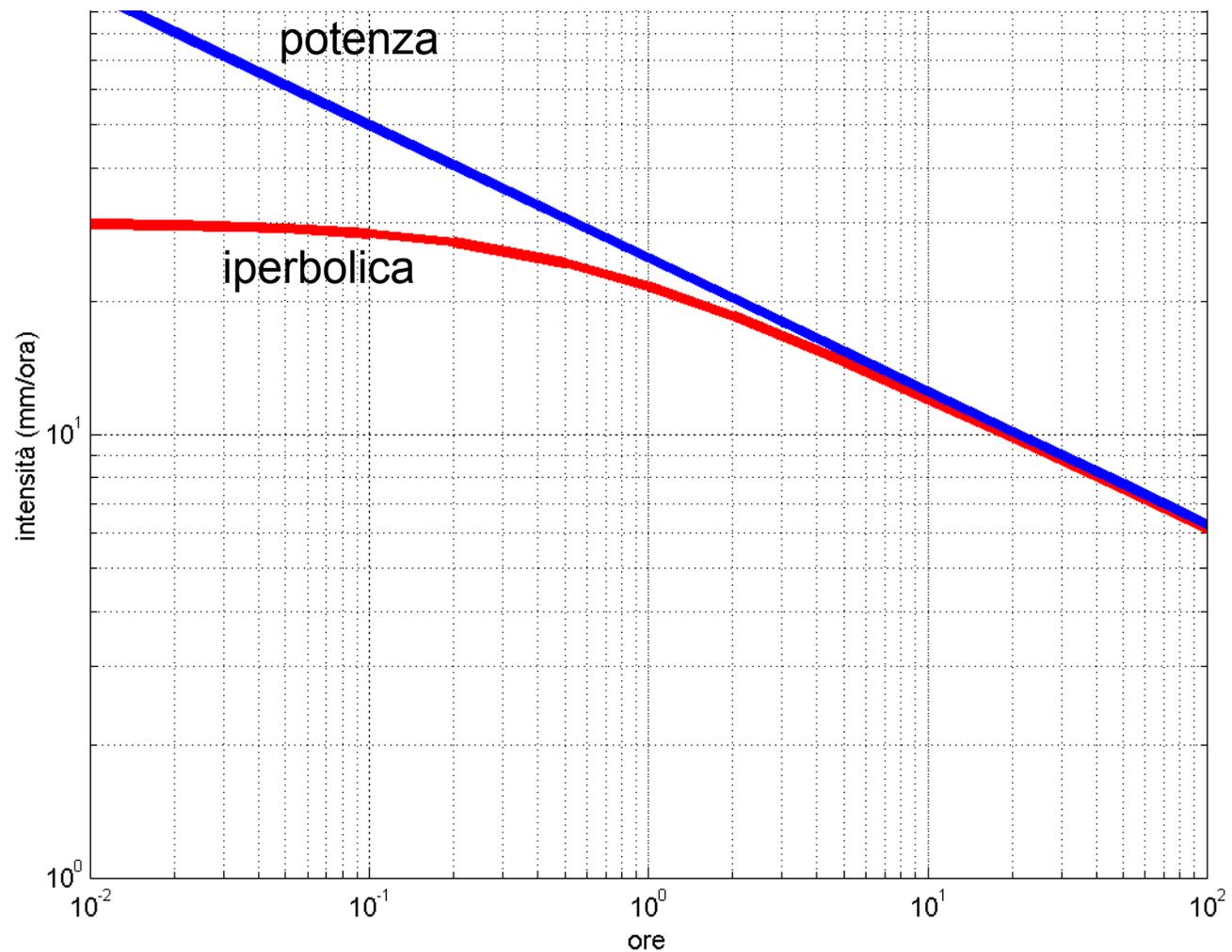


Suddivisione in aree climatiche omogenee nei confronti del coefficiente di riduzione areale delle precipitazioni.

Curve Intensità-Durata delle precipitazioni

- Relazione di potenza: $m[I(d)] = a d^{n-1}$
 - Porta ad intensità infinite per $d = 0$
- Relazione iperbolica: $m[I(d)] = I_0 / (1 + d/d_c)^\beta$
 - Fissa un limite alle intensità pari ad I_0 per $d = 0$
 - Particolarmente utile in ambito urbano
 - Richiede dati per durate inferiori all'ora

Curve Intensità-Durata delle precipitazioni



Quale forma per la pioggia di progetto?

Come si comporta la formula razionale rispetto ad un metodo completo (convoluzione)?

Confronto tra ietogrammi di progetto (Alfieri et al, 2008)

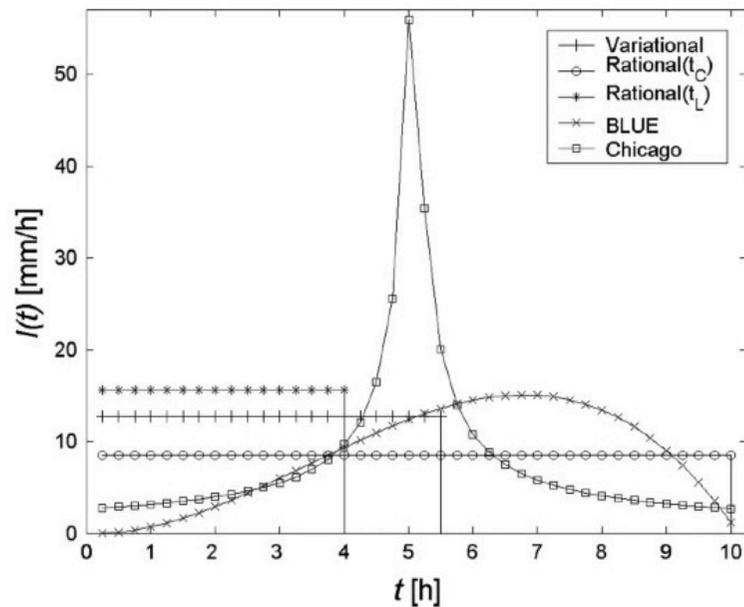


Figure 2. Comparison among the five design hyetographs considered in this paper, with parameters corresponding to the reference case (see 'Reference case' section)

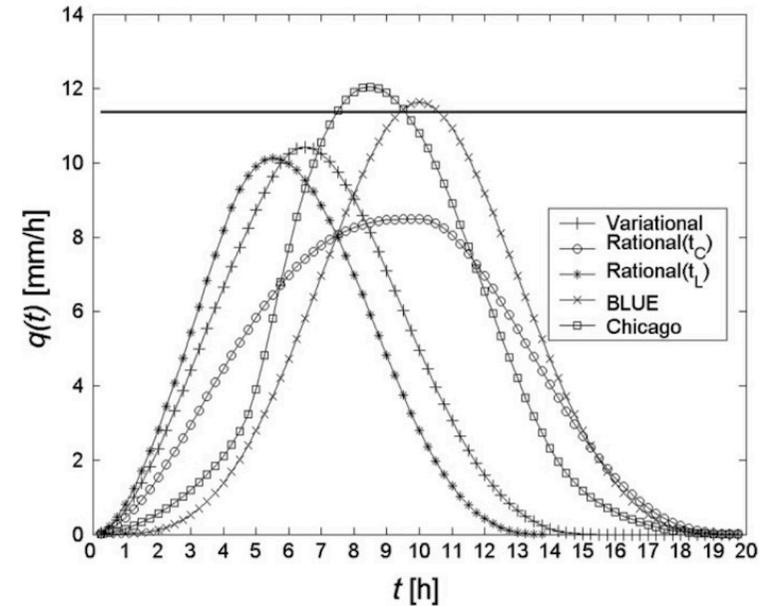


Figure 3. Comparison among the hydrographs obtained for the reference case. The horizontal bold line is the value of $Q(T)$ derived from the flood frequency analysis

Alfieri L., Laio F., Claps P., A simulation experiment for optimal design hyetograph selection, *Hydrological Processes* 22(6): 813-820, 2008, ISSN: 0885-6087. DOI:10.1002/HYP.6646, 2008

Confronto tra ietogrammi di progetto (Alfieri et al, 2008)

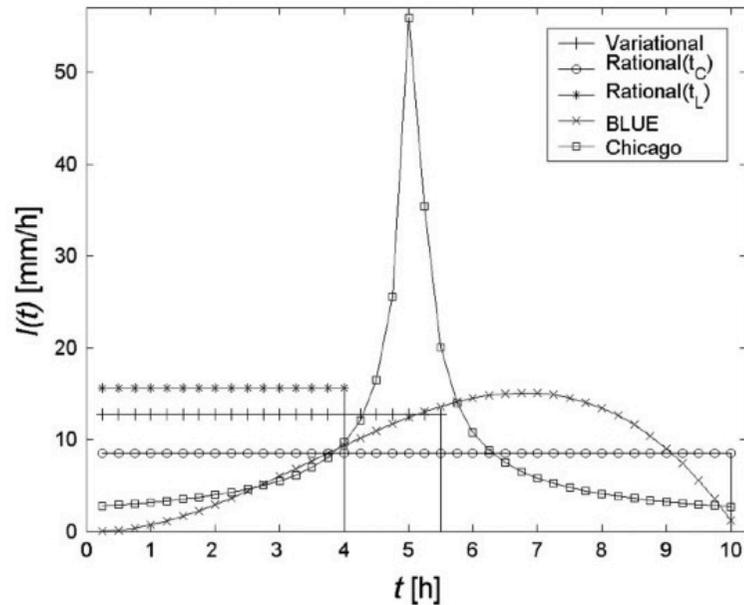


Figure 2. Comparison among the five design hyetographs considered in this paper, with parameters corresponding to the reference case (see 'Reference case' section)

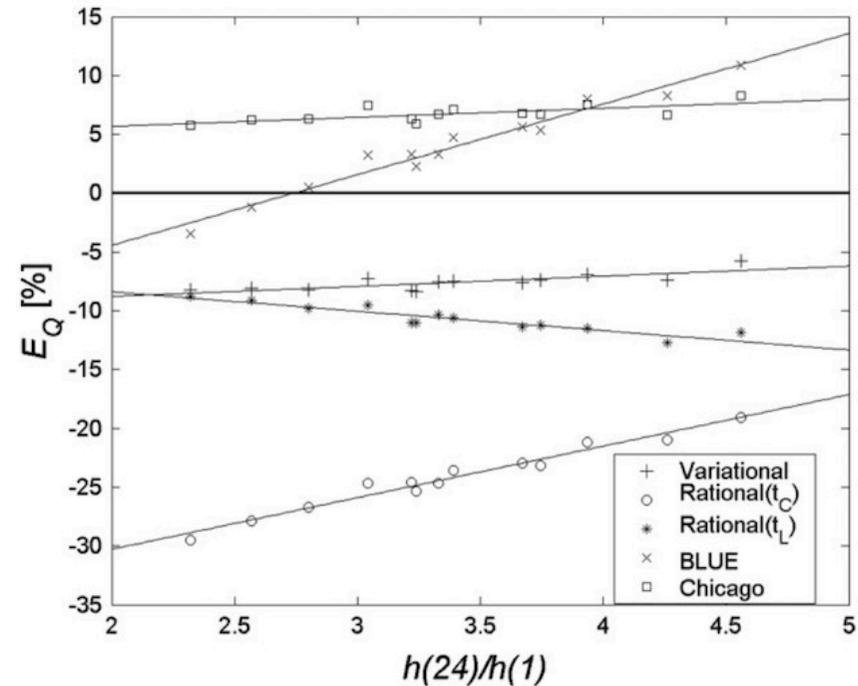


Figure 8. Variability of the relative error E_Q for each design hyetograph as a function of the ratio $h(24)/h(1)$ between the 24 h and the 1 h rainfall depths. Linear trends interpolating the points are also shown

Alfieri L., Laio F., Claps P., A simulation experiment for optimal design hyetograph selection, *Hydrological Processes* 22(6): 813-820, 2008, ISSN: 0885-6087. DOI:10.1002/HYP.6646, 2008

quency analysis. Whereas the Rational (t_C) method often appears inaccurate and quite variable with changes in the model parameters, the two other 'rational-derived' formulations frequently provide good results, with an error E_Q around -10% . The adoption of the Rational (t_L) instead of the more complex variational method then results in a reasonable approximation for a wide range of situations.

In itself, the variational method presents underestimated results, but with excellent stability with respect to the variability of parameters. Some considerations on the Chicago hyetograph are to be drawn as well: on the one hand, it always provides overestimations of the peak discharge; on the other hand, it is characterized by a very stable bias (E_Q) in all of the five experiments. Therefore, a sensitivity analysis on the Chicago hyetograph was carried out to understand whether the peak position can affect the flood discharge estimates. Our findings can be summarized as follows.

1. The peak position of the Chicago hyetograph does affect peak flow estimation, with E_Q values that range between roughly -10% and $+8\%$, all other parameters being equal.
2. The peak position also plays an important role in the variability of the results provided, especially when changes in the basin lag time and in the dispersion of the UH are considered.
3. The Chicago hyetograph with midpoint peak, as mentioned, always produces overestimations, but it is the most stable in its results.