

Stima delle portate di massima piena

- Ordini di grandezza:

- Portate medie: variabili da 0.01 a 0.05 m³/s per km²

- Portata di piena ordinaria: da 0.1 a 0.5 m³/s per km²

- Portata di massima piena: da 1 a 20 m³/s per km²

Metodi diretti

Ricavano la portata di massima piena elaborando dati di portata disponibili per la sezione fluviale in esame

Metodi indiretti

Ricorrono, per supplire alla insufficienza di dati, ad osservazioni raccolte in altre sezioni del medesimo corso d'acqua, in altri corsi d'acqua appartenenti alla medesima regione idrologica o, più semplicemente, ricorrono a formule empiriche dedotte da tali osservazioni. O infine, nel caso si conoscano le precipitazioni sul bacino, utilizzando opportuni modelli matematici di trasformazione afflussi-deflussi.

Metodi diretti

- Metodi di tipo statistico (difficoltà di descrivere le portate di piena mediante modelli deterministici).
- Utilizzo delle distribuzioni del valore estremo stimate sui massimi annuali di portata al colmo, per esprimere il legame fra portata di piena e tempo di ritorno. Richiede un numero minimo di anni di osservazione pari a 20-30 anni.

Ragguaglio fra massimi annuali di portata media giornaliera e massimi annuali di portata al colmo

Formule di Cotecchia:

$$Q_c = 32Q_g S^{-0.313} \quad S > 140 \text{ km}^2$$

$$Q_c = 16Q_g S^{-0.19} \quad S < 140 \text{ km}^2$$

Formule empiriche per la portata di piena

Formula di Whistler (1928):

$$q_{max} = \frac{1538}{S + 259} + 0.054$$

q in m³/s, S in km². Scimemi ha riconosciuto l'applicabilità di questa formula per bacini di area compresa fra 1000 km² e 12000 km²

Formula di Scimemi (1928):

$$q_{max} = \frac{600}{S + 10} + 1$$

q in m³/s, S in km². S minore di 1000 km²

Formula di Forti (1920):

$$q_{max} = 3.25 \frac{500}{S + 125} + 1$$

q in m³/s, S in km². S minore di 1000 km², precipitazioni massime di 400 mm in 24 ore.

$$q_{max} = 2.35 \frac{500}{S + 125} + 0.50$$

q in m³/s, S in km². S minore di 1000 km², precipitazioni massime di 200-250 mm in 24 ore.

Formula di Pagliaro (1936):

$$q_{max} = \frac{2900}{S + 90} + 1$$

q in m³/s, S in km². S compresa fra 20 e 1000 km²

Formula di Gherardelli-Marchetti (1955):

$$q_{max} = q_{100} \left(\frac{S}{100} \right)^{-2/3}$$

ove q₁₀₀ è il valore di q_{max} per un bacino di 100 km². Valori regionali di q₁₀₀ sono stati forniti da Marchetti.

Formula di Giandotti:

$$Q_{max} = 0.277 \lambda \phi \frac{a t_c^{n-1}}{k} S$$

ϕ coefficiente di afflusso

$k t_c$ tempo di base dell'idrogramma di piena

λ fattore di forma dell'onda di piena

a, n parametri della linea segnalatrice

t_c tempo di corrivazione

S superficie del bacino [km²]

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad [\text{ore}]$$

- L lunghezza asta percorso idraulicamente più lungo in km
- H altitudine media (in metri) del bacino rispetto alla sezione di chiusura

Formula razionale

$$Q_{max} = \phi i S$$

Q Portata di massima piena (m^3/s) di tempo di ritorno assegnato

i intensità di pioggia estrema di durata pari al tempo di corrivazione del bacino e tempo di ritorno assegnato (m/s)

ϕ coefficiente di afflusso

S superficie del bacino (m^2)

Ponendo: $i = a t_c^{n-1}$

$$Q_{max} = \phi a t_c^{n-1} S$$

Il metodo si basa sulle seguenti ipotesi:

- Tutta l'area del bacino contribuisce contemporaneamente al deflusso nella sezione di chiusura
- La durata di pioggia che produce la massima portata è pari al tempo di corrivazione del bacino

Metodi regionali per la valutazione delle portate di piena

L'analisi regionale si basa sulla preventiva individuazione di raggruppamenti di bacini idrografici che abbiano caratteristiche comuni nei riguardi dei fenomeni di piena (*regioni o zone omogenee*).

Per le sezioni di chiusura appartenenti ad una regione omogenea si possono quindi ipotizzare distribuzioni di probabilità delle portate al colmo aventi qualche caratteristica in comune.

Individuati tali raggruppamenti, si può estrapolare al sito di interesse l'informazione idrometrica disponibile nelle sezioni strumentate.

Le tecniche di regionalizzazione disponibili sono numerose e i risultati che ne scaturiscono possono essere notevolmente differenti.

In Italia, il Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR ha attivato il progetto speciale "Valutazione delle Piene" (VAPI) la cui finalità è la definizione di una metodologia omogenea per l'intero territorio nazionale.

Il territorio nazionale è stato studiato facendo riferimento ai Compartimenti del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) ciascuno trattato indipendentemente dagli altri.

Suddivisione del territorio italiano nei compartimenti del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale



Metodo della portata indice

- L'obiettivo dell'analisi regionale di frequenza delle piene è quello di fornire una stima sufficientemente attendibile del quantile della portata al colmo massima annuale per tempi di ritorno di interesse tecnico.
- L'analisi regionale consente di aumentare la dimensione del campione di osservazioni di portata al colmo massima annuale, utilizzando le osservazioni raccolte in altre sezioni fluviali, considerate come realizzazioni di variabili casuali "simili" a quella considerata.
- Il metodo della portata indice assume che all'interno di una zona o regione omogenea, la portata al colmo massima annuale relativa ad un'assegnata sezione fluviale si possa scrivere come:

$$X_i(T) = \mu_i x_i(T)$$

dove:

| | |
|----------|--|
| $X_i(T)$ | portata al colmo massima annuale relativa alla sezione i e al tempo di ritorno T . |
| μ_i | portata indice, usualmente la media dei massimi annuali di portata al colmo |
| $x_i(T)$ | fattore di crescita regionale; rappresenta il quantile adimensionale valido per l'intera regione |

- L'inverso del quantile adimensionale rappresenta la distribuzione di probabilità della variabile casuale $X' = X_i/\mu_i$, che per ipotesi è la stessa in ogni sito della regione.

La procedura si articola nei seguenti punti:

- 1) Individuazione delle regioni omogenee
- 2) Scelta della distribuzione di probabilità delle portate adimensionali, ovvero del fattore di crescita regionale
- 3) Specifica di un metodo di calcolo della portata indice

Individuazione delle regioni omogenee

In questa fase si devono accorpare i vari siti in modo da formare una o più regioni omogenee.

Una regione si dice omogenea quando tutti i siti in essa contenuti sono caratterizzati dalla stessa distribuzione di probabilità dei colmi di piena massimi annuali, a meno di un fattore di scala.

Le regioni omogenee non necessariamente devono essere contigue geograficamente, piuttosto devono raggruppare i siti che presentano analogie climatiche e geomorfologiche.

Esistono diverse tecniche, anche soggettive, per la delimitazione delle regioni omogenee.

La delimitazione effettuata deve essere verificata con test statistici di adattamento della distribuzione regionale stimata ad ogni singolo campione di dati

Scelta della distribuzione di probabilità

Viene compiuta in base a test di adattamento della distribuzione al campione complessivo e ai singoli campioni delle variabili adimensionali

La stima dei parametri della distribuzione viene usualmente condotta sul campione complessivo che raccoglie le osservazioni adimensionalizzate disponibili in ciascun sito.

Stima della portata indice

Nei siti dotati di osservazioni la portata indice si stima mediante la media aritmetica dei valori massimi annuali di portata al colmo

Nei siti privi di osservazioni la portata indice si stima mediante metodi statistici o fisicamente basati.

Il modello TCEV e la stima regionale gerarchica dei suoi parametri

La distribuzione di probabilità TCEV (Two Component Extreme Value) della variabile casuale X ipotizza che gli eventi massimi annuali provengano da una popolazione costituita da una miscela di due popolazioni, una di eventi medio-alti e un'altra di eventi estremi o rari. La Distribuzione di probabilità ha la seguente espressione:

$$F_X(x) = \exp[-\lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \lambda_2 \exp(-x/\theta_2)]$$

$$x \geq 0 \qquad \theta_2 > \theta_1 > 0 \qquad \lambda_1 > 0 \quad \lambda_2 \geq 0;$$

dove i parametri λ_1 e λ_2 rappresentano il numero medio di eventi indipendenti relativi rispettivamente alla componente di base ed alla componente straordinaria, mentre i parametri θ_1 e θ_2 rappresentano le rispettive medie.

Il valore atteso di X risulta:

$$\mu = E[X] = \theta_1 \left[(\ln \lambda_1 + 0.577) - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma(j/\Theta_*) \right] = \theta_1 \cdot \eta$$

dove:

η quantità fra parentesi quadra

$$\Theta_* = \theta_2 / \theta_1$$

$$\Lambda_* = \lambda_2 / \lambda_1^{1/\Theta_*}$$

Introducendo la variabile adimensionale $X' = X/\mu$ è possibile scrivere la distribuzione di probabilità come:

$$F_{X'}(x') = \exp \left[-\lambda_1 \exp(-x'\eta) - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta_*} \exp \left(-\frac{x'}{\Theta_*} \eta \right) \right]$$

L'inversa di quest'ultima equazione rappresenta la “curva di crescita”, caratterizzata dai tre parametri Λ_* , Θ_* e λ_1 , mentre il valore medio μ di X rappresenta la “portata indice”.

Il modello è quindi caratterizzato da 4 parametri.

Si dimostra che:

- Il coefficiente di asimmetria G della distribuzione dipende solo dai parametri Λ_* e Θ_* .
- Il coefficiente di variazione CV della distribuzione dipende dai parametri Λ_* e Θ_* e λ_1

Procedura di regionalizzazione gerarchica

- *1° livello*: si individuano le zone all'interno delle quali G può essere ritenuto costante e dove quindi possono essere ritenuti costanti anche i parametri Λ_* e Θ_* .
- *2° livello*: si individuano sotto-zone all'interno delle quali, oltre al coefficiente G , può essere ritenuto costante il coefficiente CV e dove quindi può essere ritenuto costante anche il parametro λ_1 .
- *3° livello*: si individuano infine aree (i cui confini non necessariamente coincidono con quelli delle zone o delle sotto-zone dei due livelli precedenti) all'interno delle quali si definiscono relazioni fra la media μ e le caratteristiche geomorfologiche e pluviometriche del bacino idrografico. La conoscenza di tali relazioni consente di calcolare la "portata indice".

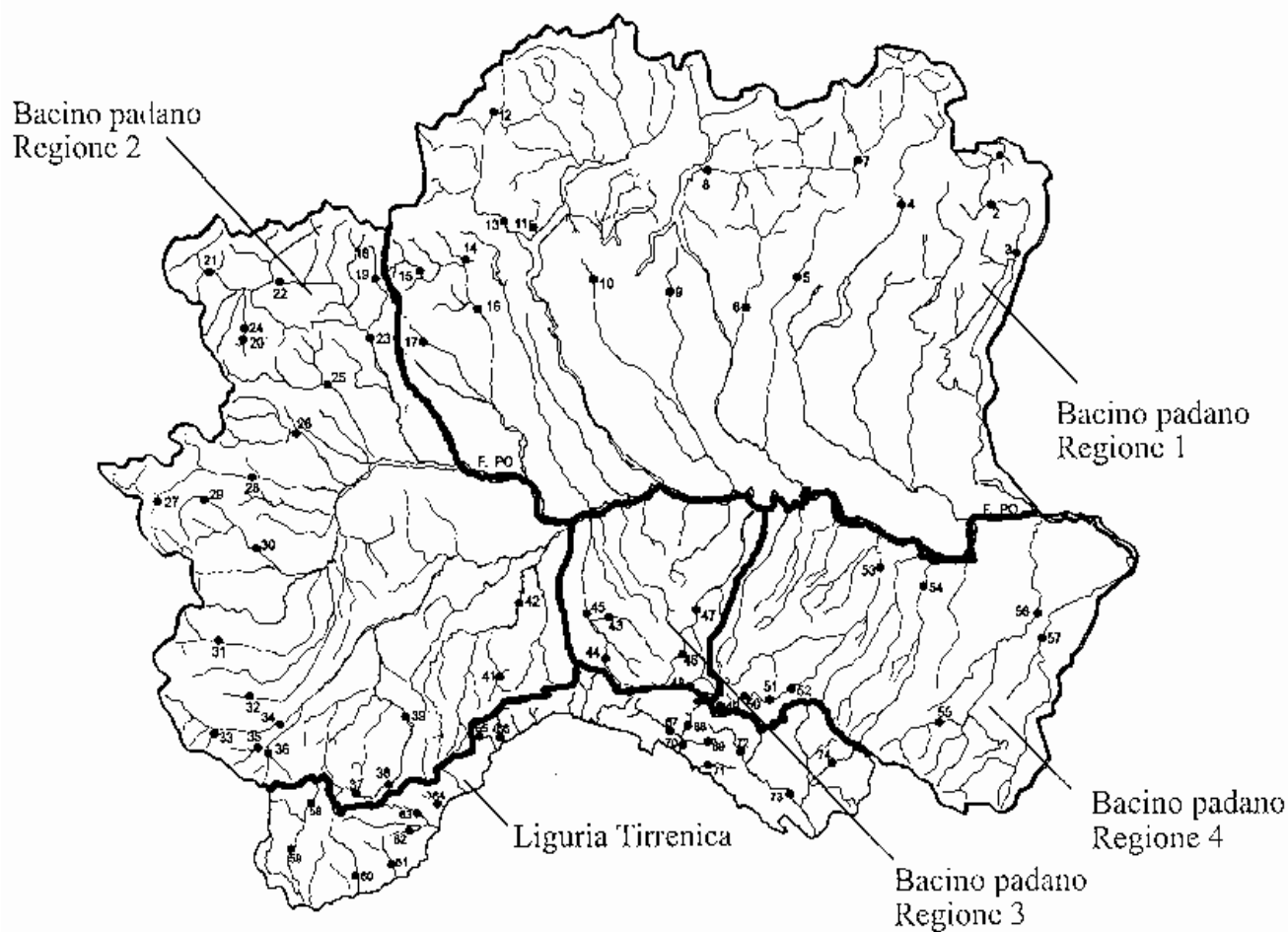
La valutazione regionale delle portate di piena nell'Italia Settentrionale

Risultati del progetto VAPI, secondo il metodo della portata indice e il modello TCEV, ottenuti e sintetizzati da:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| • Compartimento SIMN di Genova: | Brath e altri (1995 e 1997) |
| • Compartimento SIMN di Parma: | Brath e altri (1995 e 1997) |
| • Compartimento SIMN di Bologna: | Franchini e Galeati (1996) |
| • Compartimento SIMN di Venezia: | Villi (1998) |

Si riportano gli elementi strettamente utili ai fini della stima della portata di piena per assegnato tempo di ritorno.

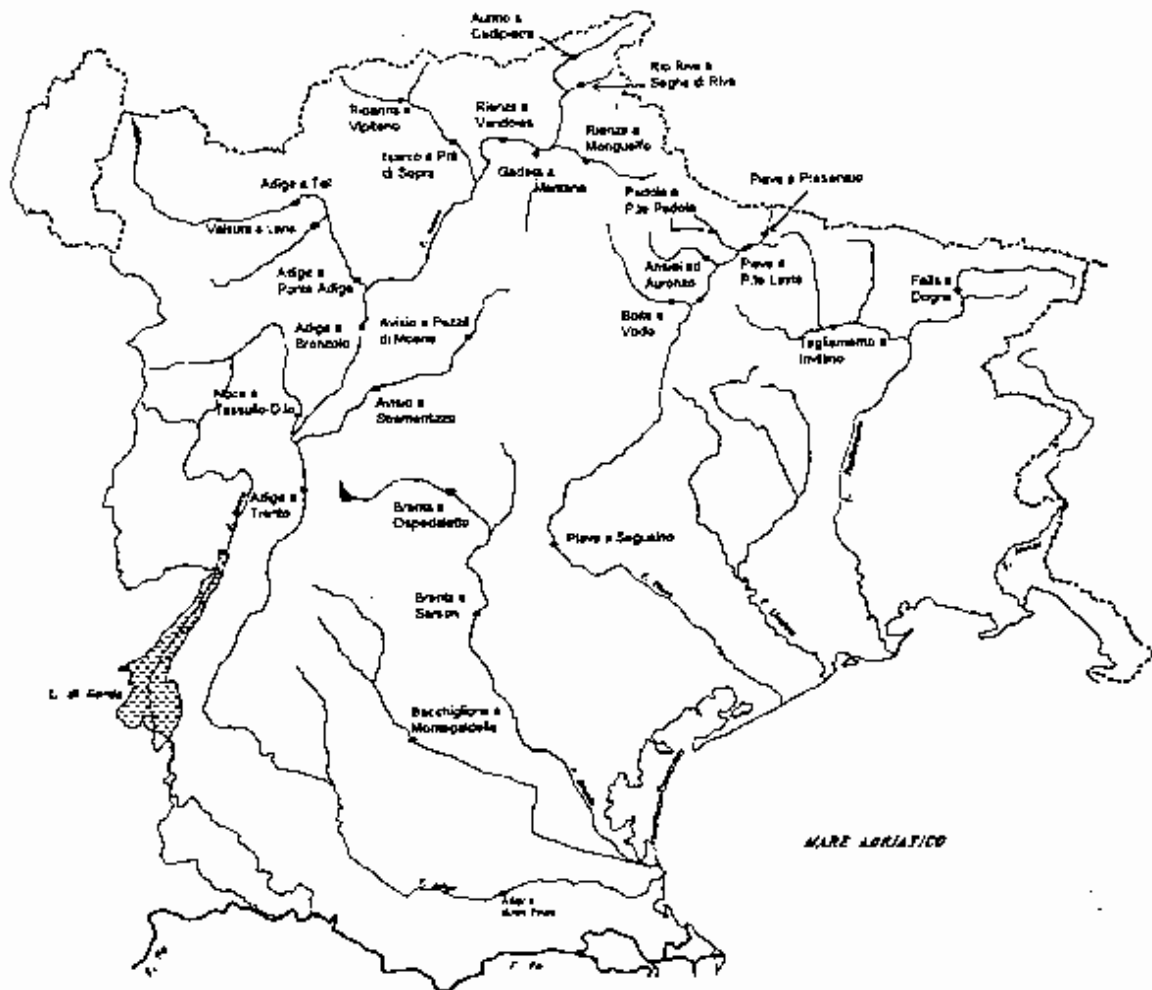
Regioni omogenee dei compartimenti di Genova e Parma:



Regioni omogenee compartimento di Bologna



Regioni omogenee compartimento di Venezia



Calcolo del fattore di crescita

| Compartimento | Zona | $\hat{\Lambda}_*$ | $\hat{\Theta}_*$ | $\hat{\lambda}_I$ | η |
|---------------|-----------|-------------------|------------------|-------------------|--------|
| Parma | Regione 1 | 1.21 | 3.28 | 24.74 | 6.51 |
| | Regione 2 | 0.22 | 7.33 | 16.31 | 4.80 |
| | Regione 3 | 0.56 | 5.21 | 13.68 | 5.55 |
| | Regione 4 | 0.13 | 1.34 | 9.39 | 2.97 |
| Bologna | unica | 0.75 | 2.51 | 9.50 | 4.22 |

Calcolo della portata indice

Compartimento di Parma

Regione 1:

$$\bar{x} = 0.03S^{0.92}\mu_i^{1.79} \quad R^2=0.84$$

Regione 2:

$$\bar{x} = 0.23S^{0.82}\mu_i^{0.79} \quad R^2=0.72$$

Regione 3:

$$\bar{x} = 0.55S^{0.86}\mu_i^{0.71} \quad R^2=0.97$$

Regione 4:

$$\bar{x} = 0.53S^{0.51}\mu_i^{1.38} \quad R^2=0.61$$

Compartimento di Bologna

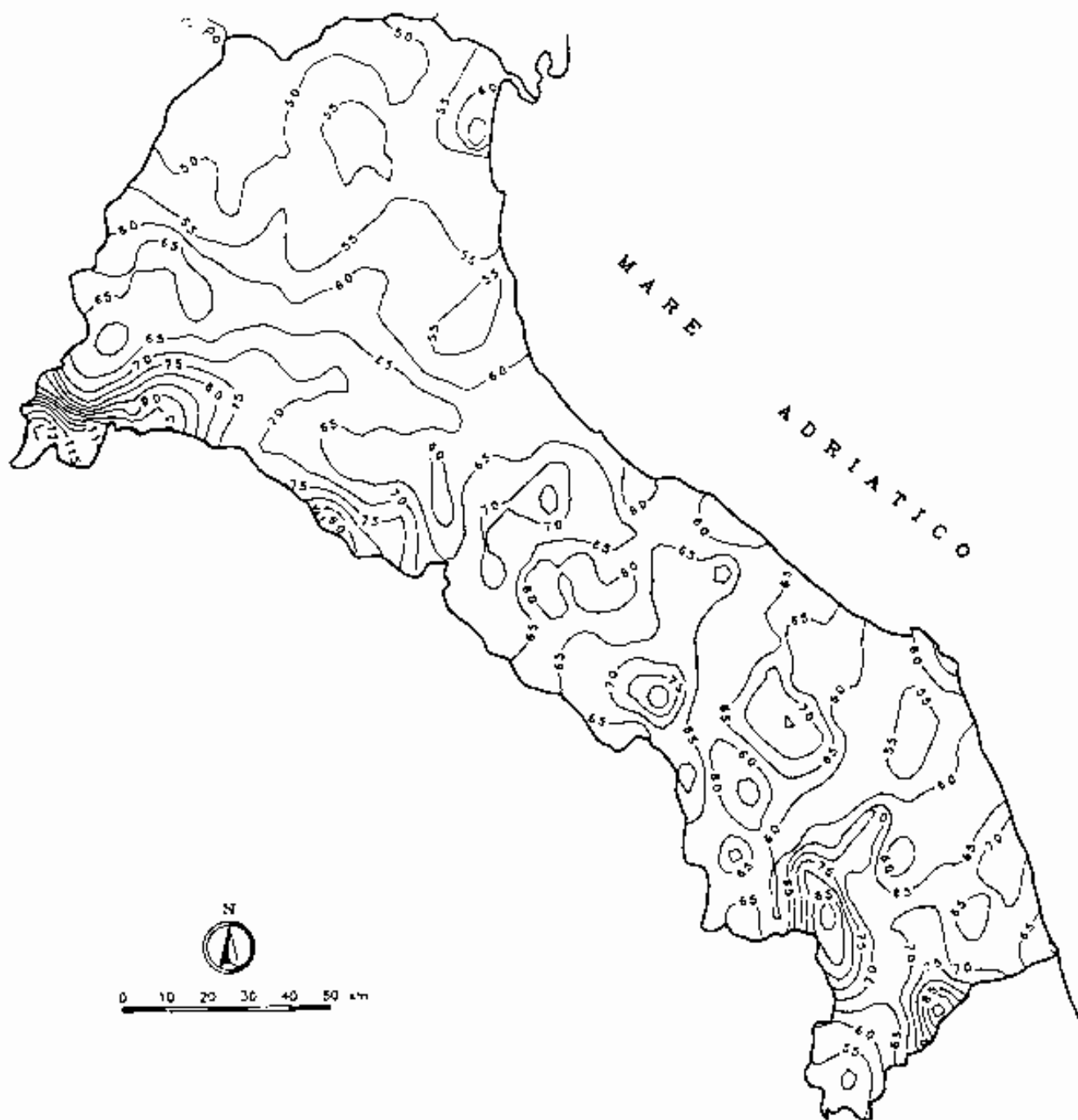
$$\bar{x} = 0.00021 \cdot S^{1.0816} P_{1g}^{2.4157} H_{med}^{-0.4694}$$

$$R^2=0.95$$

Significato dei simboli nelle relazioni per il calcolo della portata indice.

| Simbolo | Significato |
|-----------|---|
| S | Superficie del bacino (km ²) |
| μ_i | Intensità media puntuale degli eventi intensi di pioggia (mm/h) |
| P_{1g} | Valore medio dell'altezza di precipitazione massima annua di durata 1g. |
| P_{1h} | Valore medio dell'altezza di precipitazione massima annua di durata 1h. |
| H_{med} | Altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m) |
| T_c | Tempo di corrivazione del bacino secondo Giandotti (h) |

*Isolinee del valor medio dell'altezza di
precipitazione massima annua di durata 1 giorno
(Romagna-Marche)*



*Isolinee dell'intensità media puntuale degli eventi
intensi di pioggia
(Bacino del Po)*

