

## 11. SINTESI DEL RAPPORTO REGIONALE SICILIA

### 11.1 Premessa

In questa breve nota vengono sintetizzati i risultati salienti del Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Sicilia.

La sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Sicilia* [Cannarozzo et al., 1993], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento. Nello stesso documento si rimanda, per quanto riguarda l'analisi dei massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, a quanto contenuto in Ferrari [1986].

La presentazione sintetica dei risultati, che si riporta nel seguito, fornisce unicamente le indicazioni essenziali all'applicazione delle procedure proposte.

### 11.2 Base dati utilizzata

#### 11.2.1 Pluviometria

I dati idropluviometrici relativi alla regione Sicilia sono gestiti dal compartimento di Palermo del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN).

In particolare si è fatto riferimento alla sola rete pluviografica del SIMN, che al 1981 risultava composta da 172 stazioni di misura con almeno 10 anni di osservazione, con una densità media di una stazione per 150 km<sup>2</sup>. In questa maniera si è completamente rinunciato all'informazione pluviometrica, pure consistente di 225 stazioni con numerosità superiore a 30 anni, come risulta da Ferrari [1986], per concentrarsi direttamente sull'analisi delle grandezze di più immediato interesse alla derivazione delle portate di piena.

#### 11.2.2 Idrometria

Si distinguono nel seguito i dati relativi a:

- **massimi annuali delle portate istantanee**: si tratta complessivamente di 27 stazioni idrometrografiche con numerosità superiore a 10 anni di osservazione. Complessivamente si hanno 588 valori di massimo annuale della portata al colmo di piena, per una numerosità media di 22 anni per stazione, ottenuti integrando i dati riportati nella Pubbl. n. 17 del SIMN con informazioni originali messe a disposizione dal Compartimento di Palermo, fino al 1982.
- **massimi annuali delle portate giornaliere**: si tratta complessivamente di 33 stazioni idrometriche con numerosità superiore a 10 anni di osservazione. Complessivamente si hanno 710 valori di massimo annuale della portata giornaliera, per una numerosità media ancora di 22 anni per stazione, ma con una migliore copertura del territorio regionale. Questi dati sono stati riportati dalla parte II degli Annali Idrologici del SIMN (Compartimento di Palermo), editi fino al 1982.

### 11.3 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

#### 11.3.1 Pluviometria

##### 11.3.1.1 Piogge giornaliere

Come già detto, seguendo le indicazioni contenute in Cannarozzo et al. [1993], in questa sezione si riportano i risultati ottenuti in un lavoro di Ferrari [1986], aggiornato solo ai dati pubblicati dal SIMN fino al 1979, che identifica una sola zona omogenea al primo livello di regionalizzazione, con parametri di forma pari a:

$$\Lambda_* = 0.4551; \quad \theta_* = 2.6319$$

da cui sono escluse le isole minori.

Al secondo livello, utilizzando criteri di cluster analysis, sono state effettuate verifiche sulla significatività della suddivisione in sottozona omogenee (SZO) in numero da 1 a 5. Il risultato finale è la suddivisione del territorio regionale in 3 SZO, come mostrato in fig. 11.1. I parametri di scala stimati per le singole SZO sono:

SZO C (45 stazioni)  $\Lambda_1 = 11.813$

SZO D (60 stazioni)  $\Lambda_1 = 15.859$

SZO E (114 stazioni)  $\Lambda_1 = 23.144$

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita  $K_T$ :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})} \quad (11.2)$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Sicilia sono riportati in Tab. 1.

Sottozona	$\Lambda_*$	$\theta_*$	$\Lambda_1$	$\eta$
C	0.455	2.632	12	4.001
D	0.455	2.632	16	4.288
E	0.455	2.632	23	4.651

Tab. 11.1. Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge giornaliere in Sicilia

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (11.2) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tab. 11.2, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla (11.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ (SZO C)	0.86	1.31	1.68	2.10	2.24	2.54	2.69	3.14	3.60	4.20	4.66
$K_T$ (SZO D)	0.87	1.29	1.64	2.02	2.15	2.43	2.57	2.99	3.42	3.98	4.41
$K_T$ (SZO E)	0.88	1.27	1.58	1.94	2.06	2.32	2.44	2.83	3.22	3.74	4.13

Tab. 11.2: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le piogge giornaliere in Sicilia, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left( \frac{\theta_* \text{Ln } \Lambda_*}{\eta} + \frac{\text{Ln } \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln } T \quad (11.3)$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV nelle diverse SZO della Sicilia, diventa:

$$\text{SZO C } K_T = 0.1031 + 0.658 \text{Ln } T \quad (11.4a)$$

$$\text{SZO D } K_T = 0.1632 + 0.614 \text{Ln } T \quad (11.4b)$$

$$\text{SZO E } K_T = 0.2285 + 0.566 \text{Ln } T \quad (11.4c)$$

Per le piogge giornaliere, per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso delle (11.4) in luogo della (11.2) è sempre inferiore al 4 %, in tutte le SZO.

#### 11.3.1.2 Piogge brevi

Solitamente si assume che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata soprattutto a causa del numero ridotto di serie storiche disponibili per tale analisi e della loro generalmente più piccola dimensione campionaria che non ne permettono un'analisi sistematica come nel caso delle piogge giornaliere.

Nel caso in questione, invece, il data-base disponibile per le precipitazioni da 1 a 24 ore è sufficientemente esteso e sono state fatte alcune considerazioni sui parametri della distribuzione di probabilità del massimo annuale dell'altezza di precipitazione in durata d,  $h(d)$ , che hanno portato alla identificazione di una dipendenza unica per tutta la regione, dei parametri di forma dalla durata, del tipo:

$$\theta_*(d) = 1.95 + 0.0284 d \quad (11.5a)$$

$$\Lambda_*(d) = 0.175 d^{0.301} \quad (11.5b)$$

Al secondo livello, è stata effettuata una suddivisione dell'isola in 3 SZO, **non coincidenti con quelle trovate da Ferrari [1986] per le piogge giornaliere, e mostrate in fig. 11.2**, in cui il parametro di scala varia con la durata secondo le seguenti espressioni:

$$\text{SZO A: } \Lambda_1 = 14.55 d^{0.2419} \quad (11.6a)$$

$$\text{SZO B: } \Lambda_1 = 12.40 d^{0.1802} \quad (11.6b)$$

$$\text{SZO C: } \Lambda_1 = 11.96 d^{0.0960} \quad (11.6c)$$

L'espressione esplicita approssimata della curva di crescita, valida per  $T \geq 10$  anni, del tipo (11.3), diviene quindi una funzione anche della durata, secondo le seguenti espressioni:

$$\text{SZO A: } K_T(d) = 0.5391 - 0.001635 d + (0.0002212 d^2 + 0.00117 d + 0.9966) \text{Ln } T \quad (11.7a)$$

$$\text{SZO B: } K_T(d) = 0.5135 - 0.002264 d + (0.0001980 d^2 + 0.00329 d + 1.0508) \text{Ln } T \quad (11.7b)$$

$$\text{SZO C: } K_T(d) = 0.5015 - 0.003516 d + (0.0003720 d^2 + 0.00102 d + 1.0101) \text{Ln } T \quad (11.7c)$$

### 11.3.2 Idrometria

#### 11.3.2.1 Portate istantanee al colmo di piena

Al primo livello di regionalizzazione, Fiorentino et al. [1987] hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Particolarizzando l'analisi alla sola regione Sicilia, ed assumendo che essa sia un'unica zona idrometrica omogenea, ne risultano i seguenti parametri di forma:

$$\Lambda_* = 0.9918; \quad \theta_* = 2.7998$$

sostanzialmente differenti da quelli del resto del territorio nazionale.

Al secondo livello, si è suddiviso il territorio regionale in 3 SZO, seguendo il criterio di omogeneità spaziale pluviometrico, in fig. 11.2. I parametri ottenuti per l'intera regione Sicilia sono riportati in Tab. 11.3.

Sottozona	$\Lambda_*$	$\theta_*$	$\Lambda_1$	$\eta$
A	0.992	2.800	6.6	4.364
B	0.992	2.800	3.8	3.794
C	0.992	2.800	3.1	3.605

Tab. 11.3: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate istantanee in Sicilia

Si riportano di seguito, nella Tab. 4, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla (2) per alcuni

valori del periodo di ritorno.

Nelle pratica, è possibile anche fare riferimento all'espressione semplificata del tipo (11.3), che nel caso in questione diventano:

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ (SZO A)	0.85	1.45	1.91	2.36	2.51	2.82	2.97	3.42	3.87	4.46	4.91
$K_T$ (SZO B)	0.83	1.51	2.04	2.57	2.74	3.10	3.26	3.78	4.30	4.99	5.51
$K_T$ (SZO C)	0.82	1.54	2.10	2.66	2.83	3.21	3.38	3.93	4.48	5.20	5.75

Tab. 11.4: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le portate in Sicilia, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

$$\text{SZO C } K_T = 0.3232 + 1.617 \text{ Log } T \quad (11.8a)$$

$$\text{SZO D } K_T = 0.2670 + 1.750 \text{ Log } T \quad (11.8b)$$

$$\text{SZO E } K_T = 0.1785 + 1.961 \text{ Log } T \quad (11.8c)$$

Per valori del periodo di ritorno compresi tra 5 e 1000 anni, l'errore nell'uso delle (11.8) in luogo della (11.2) è sempre inferiore al 5 %.

#### 11.3.2.2 Volumi di piena: portate giornaliere

Il massimo annuale della portata media giornaliera è il dato idrometrico generalmente più disponibile, anche se nel caso di piccoli bacini, con tempo di risposta molto minore della giornata, tale dato presenta informazioni distorte in quanto riferentesi ad un giorno di calendario.

Allo scopo di verificare se, anche per le portate di piena si potesse pensare ad un fattore probabilistico di crescita variabile con la durata, sono state fatte le analisi di primo e secondo livello dei massimi annuali delle portate giornaliere, per le 3 SZO individuate nell'analisi pluviometrica, indicate in fig. 11.2. I parametri ottenuti per l'intera regione Sicilia sono riportati in Tab. 11.5.

Sottozona	$\Lambda^*$	$\theta^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
A	0.8320	3.3110	9.6	4.742
B	0.8320	3.3110	6.7	4.381
C	0.8320	3.3110	4.2	3.910

Tab. 11.5: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate giornaliere in Sicilia

In termini di curva probabilistica di crescita, i valori ottenibili utilizzando i parametri riportati in Tab. 11.5 differiscono sempre meno del 5% da quelli riportati in tab. 11.4, per cui si può concludere dicendo che, a livello di massimi annuali delle portate di piena, per durate fino ad almeno 24 ore, **la curva probabilistica di crescita è indipendente dalla durata** stessa.

## 11.4 Stima del valor medio

### 11.4.1 Leggi di probabilità pluviometriche

#### 11.4.1.1 Piogge puntuali

Le **leggi di probabilità pluviometriche** definiscono come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata  $d$ ,  $m[h(d)]$ , con la durata stessa.

Per la Sicilia è stata adottata una procedura che distingue:

- per  $d \geq 1$  ora, per cui si ritiene valida una semplice espressione monomia del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n \quad (11.9a)$$

in cui le durate sono in ore.

I parametri  $a$  ed  $n$  della (11.9) sono stati valutati in tutte le 155 stazioni di misura pluviografiche mediante regressione ai minimi quadrati in campo logaritmico. Per la stima della (11.9) in un punto qualsiasi della regione, sono fornite delle mappe isoparametriche nelle fig. 11.3.

- per  $30 \text{ min} \leq d \leq 60 \text{ min}$ , una espressione monomia valida per l'intera Sicilia, del tipo:

$$m[h(d)] = 0.208 m[h(60)] d^{0.386} \quad (11.9b)$$

in cui le durate sono in minuti.

Tale espressione è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità, che costituiscono un complesso di 191 stazioni con 354 dati.

### 11.4.2 Piena media annua

#### 11.4.2.1 Portata al colmo di piena istantanea

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua  $m(Q)$  può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni)

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi.

**Regressione empirica:** si propone la seguente relazione, valida per l'intero territorio:

$$m(Q) = 3.09 A^{0.736} \quad (11.10)$$

in cui con  $A$  si intende l'area del bacino, espressa in  $\text{km}^2$ , mentre  $m(Q)$  è in  $\text{m}^3/\text{s}$ .

**Modelli concettuali: la formula razionale.** Alla base di tale metodologia è l'assunzione di una pioggia costante nel tempo ed uniforme nello spazio, avente altezza  $h_p$  (in mm) e di durata pari al tempo di corruzione  $t_c$  (in ore) del bacino, a cui consegue un idrogramma di piena standard di forma triangolare, con base pari a  $2 t_c$  e portata al colmo  $x_Q$  pari a:

$$x_Q = \frac{\phi h_p A}{3.6 t_c} \quad (11.11a)$$

in cui  $A$  è l'area del bacino (in  $\text{km}^2$ ),  $3.6$  è un coefficiente per rendere congruenti le dimensioni a primo e secondo membro e  $\phi$  è il coefficiente di deflusso.

Nelle pratiche applicazioni, la (11.11a) può essere riscritta in senso probabilistico come:

$$m(Q) = \frac{\psi m[I(t_c)] A}{3.6} \quad (11.11b)$$

se  $m[I(t_c)]$  è la media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione nella durata  $t_c$ , pari a  $m[h(t_c)]/t_c$ , che può essere ricavata dalle analisi di cui al punto 11.4.1.1, una volta noto il **tempo di corrivazione**, mentre  $\psi$  rappresenta un **coefficiente medio di deflusso**.

La stima regionale dei due parametri del modello avviene attraverso le seguenti relazioni:

$$t_c = 0.35 \sqrt{A} \quad (11.12a)$$

$$\psi = \frac{12.3}{pp + pb} \quad (11.12b)$$

in cui:

$pp$  è la percentuale di superficie permeabile del bacino

$pb$  è la percentuale di superficie boscata del bacino

In mancanza di informazioni sulla copertura boschiva del bacino, può essere usata, in luogo della (11.12b), la seguente:

$$\psi = \frac{9.25}{pp} \quad (11.12c)$$

In mancanza di qualunque informazione idrogeologica e sull'uso del suolo, in prima approssimazione si può assumere un valor medio unico regionale del coefficiente di deflusso, pari a:

$$\psi = 0.364 \quad (11.12d)$$

### Riferimenti bibliografici

Cannarozzo, M., F. D'Asaro e V. Ferro, (a cura di), *Valutazione delle Piene in Sicilia*, CNR-GNDCI, Pubbl. N. 1431, Studio K2., Cava de' Tirreni (SA), 1993.

Ferrari, E., *Modelli idrologici per lo studio delle massime altezze di pioggia giornaliera. Un'applicazione al caso della Sicilia*, Tesi di Laurea, non pubblicata, Università della Calabria, a.a. 1984/85, Cosenza, 1986.

**Note**

Fig. 1: suddivisione della Sicilia in 3 SZO secondo Ferrari, 1986

Fig. 2: suddivisione della Sicilia in 3 SZO secondo Cannarozzo et al., 1993

Fig. 3: mappe isoparametriche dei valori di  $a$  e di  $n$  della LPP (da Cannarozzo et al., 1993)