

Lezione 8: Esercizi di Idrologia

Problemi di bilancio idrologico

Problema 1

Alla sezione di chiusura di un bacino idrografico di 40 km^2 di superficie è stata registrata una portata media annua di $0.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. La precipitazione totale annua raggiunta sull'area del bacino è pari a 1500 mm . Assunte trascurabili le variazioni di invaso, calcolare l'entità delle perdite per evapotraspirazione (in mm).

Soluzione:

altezza di evapotraspirazione: 1027 mm

Risoluzione del problema

Il valore di deflusso viene convertito in mm , nel modo seguente:

$$Q = (0.6 \cdot \text{numero sec in un anno}) / \text{area bacino} =$$
$$\frac{0.6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{40 \cdot 10^6} = \frac{18.9216 \cdot 10^6}{40 \cdot 10^6} = 0.473 \text{ m} = 473 \text{ mm}$$
$$\Rightarrow ET = P - Q = 1500 - 473 = 1027 \text{ mm}$$

Problema 2

Per un bacino idrografico di 50 km^2 è stato stimato un afflusso meteorico medio annuo pari a 1300 mm . Le perdite per evapotraspirazione potenziale sono quantificate in 550 mm , mentre quelle per evapotraspirazione reale sono quantificate in 300 mm . Calcolare il coefficiente di deflusso medio annuo, assunte trascurabili le variazioni di invaso, e calcolare la portata media in m^3/s .

Soluzione:

Coeff deflusso: $1000/1300 = 0.77$

portata media: m^3/s

Risoluzione del problema

Le perdite per evapotraspirazione (ET) da considerare sono quelle di ET reale (300 mm).

Quindi:

Deflusso = $1300 - 300 = 1000 \text{ mm}$

Coeff deflusso: (altezza deflusso) / (altezza precipitazione) = $1000/1300 = 0.77$

Calcolo della portata media annua:

$Q = (\text{altezza deflusso} \times \text{area bacino}) / (\text{numero sec in un anno}) =$

$$\frac{1.50 \cdot 10^6}{3.6 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 365} = 1.59 \text{ m}^3/\text{s}$$

Problema 3

Un bacino di 100 km^2 è monitorato da tre stazioni pluviografiche, per le quali la precipitazione media annua registrata è pari a:

Stazione 1: 2500 mm

Stazione 2: 1200 mm

Stazione 3: 950 mm.

Si impieghi il metodo di Thiessen per calcolare la precipitazione media annua, sapendo che i ponderatori per due stazioni sono i seguenti:

Stazione 1: 0.7

Stazione 2: 0.2

Per lo stesso bacino, le perdite per evapotraspirazione (reale) sono quantificate in 400 mm, mentre quelle per evapotraspirazione potenziale sono valutate in 900 mm. Calcolare il coefficiente di deflusso medio annuo, assunte trascurabili le variazioni di invaso. Calcolare inoltre la portata media annua in uscita al bacino, in m^3/s .

Soluzione

Precipitazione media annua: 2085 mm:

Coeff. Deflusso: 0.81

Portata media annua: $2.67 \text{ m}^3/\text{s}$

Risoluzione del problema

Il valore della precipitazione media areale viene calcolata nel modo seguente (tenendo presente che il ponderatore di Thiessen per la terza stazione deve essere pari a 0.1, essendo la somma dei tre ponderatori pari ad 1):

$$\begin{aligned} h_{\text{media_areale}} &= h_{\text{stazione 1}} \cdot \text{Pond}_{\text{stazione 1}} + h_{\text{stazione 2}} \cdot \text{Pond}_{\text{stazione 2}} + h_{\text{stazione 3}} \cdot \text{Pond}_{\text{stazione 3}} \\ &= 2500 \cdot 0.7 + 1200 \cdot 0.2 + 950 \cdot 0.1 = 2085 \text{ mm} \end{aligned}$$

Il valore del deflusso medio annuo viene calcolato nel modo seguente:

$$Q = P - ET = 2085 - 400 = 1685 \text{ mm}$$

Coefficiente di deflusso: $1685/2085=0.81$

La portata media annua in m^3/s viene calcolata nel modo seguente:

$$\begin{aligned} Q(\text{m}^3/\text{s}) &= (\text{altezza deflusso} \cdot \text{area bacino}) / (\text{numero secondi anno}) = \\ &= 1685 \text{ mm} \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^6 / (365 \cdot 24 \cdot 3600) = 5.34 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Problema 4

Si consideri un invaso artificiale, alimentato da un bacino idrografico di estensione pari a 200 km^2 . E' stato calcolato che, durante un evento di piena, l'afflusso efficace durante l'ora i -esima sia stato pari a 10 mm . Durante la stessa ora, il volume dell'acqua invasata nel bacino artificiale è aumentato di $1.815 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Si calcoli la portata media effluita dall'invaso artificiale durante l'ora i -esima. Si trascurino le perdite per evapotraspirazione e per deflusso di falda (ma si commenti la ragionevolezza di tale ipotesi).

Soluzione:

portata media: $51.4 \text{ m}^3/\text{s}$

Risoluzione del problema:

per il calcolo del volume effluito dall'invaso artificiale, applico l'equazione di continuità nel modo seguente:

$$\Delta V = V_{\text{inp}} - V_{\text{out}}$$

e quindi

$$V_{\text{out}} = V_{\text{inp}} - \Delta V$$

Dove:

V_{inp} = Volume in ingresso all'invaso;

V_{out} = Volume defluito

ΔV = variazione di invaso.

Il volume in ingresso è pari a:

$$V_{\text{inp}} = \text{area bacino} \cdot h_{\text{deflusso}} = 2 \cdot 10^8 \cdot 0.01 = 2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Dalla differenza tra volume affluito e quello invasato nel lago ricavo il volume defluito complessivamente:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{inp}} - \Delta V = 2 \cdot 10^6 - 1.815 \cdot 10^6 = 0.185 \cdot 10^6$$

La portata mediamente defluita è quindi pari a:

$$Q_{\text{out}} = V_{\text{out}} / \text{tempo} = 0.185 \cdot 10^6 / 3600 = 51.4 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Problemi di valutazione delle piene: calcolo del deflusso

Problema 5

Si consideri un evento di precipitazione, caratterizzato dal seguente ietogramma (si riportano i valori di precipitazione media areale cumulata durante le singole ore):

ora 1: 5.0 mm

ora 2: 30.5 mm

ora 3: 23.5 mm

Si calcoli il valore di deflusso (in mm), generato in ciascuna ora, utilizzando il metodo del CN (curve number), assumendo per CN un valore pari a 75 ed utilizzando per le perdite iniziali la relazione $I_a = 0.1S$.

Soluzione:

deflusso:

ora 1: 0 mm;

ora 2: 6.54 mm;

ora 3: 12.34 mm.

Risoluzione del problema

Il calcolo viene effettuato ripetendo l'applicazione della formulazione per ciascuna cumulata oraria progressiva di pioggia, ottenendo la cumulata progressiva di deflusso, e quindi sottraendo a ciascuna cumulata progressiva il valore dell'ora precedente.

$$S = 254.1 \left(\frac{100}{75} - 1 \right) = 254.1 \cdot \left(\frac{100}{75} - 1 \right) = 254.1 \cdot 0.33 = 84.75 \text{ mm}$$

$$I_a = 0.1 \cdot 84.7 = 8.48 \text{ mm}$$

Ora 1:

L'altezza di precipitazione è pari a 5 mm. L'altezza di deflusso (in mm):

$$c = 0.1 \text{ e } P > 0.1S$$

$$5.0 < 8.48$$

$$\Rightarrow P_e = 0.0 \text{ mm}$$

Ora 2:

Si calcola l'altezza di precipitazione corrispondente alle prime due ore; si calcola quindi l'altezza di deflusso corrispondente alle prime due ore; il valore relativo alla seconda ora si calcola sottraendo all'altezza di deflusso corrispondente alla due ore quella relativa alla prima ora.

$$\text{Altezza di precipitazione} = 5 + 30.5 = 35.5 \text{ mm}$$

$$c = 0.1 \text{ e } P \geq 0.1S$$

$$35.5 > 8.48$$

$$\Rightarrow P_e = \frac{P - 0.1S}{P + 0.9S} = \frac{35.5 - 8.48}{35.5 + 76.23} = 6.54 \text{ mm}$$

Deflusso complessivo, relativo alle prime due ore=6.54mm.

Ora 3:

Si calcola l'altezza di precipitazione corrispondente alle prime tre ore; si calcola quindi l'altezza di deflusso corrispondente alle prime tre ore; il valore relativo alla terza ora si calcola sottraendo all'altezza di deflusso corrispondente alle tre ore quella relativa alle prime due ore.

Altezza di precipitazione=5+30.5+23.5=59mm

$$c = 0.1 \text{ e } P \geq 0.1S$$

$$59.0 > 8.48$$

$$\Rightarrow P_e = \frac{P - 0.1S}{P + 0.9S} = \frac{59.0 - 8.48}{59.0 + 76.23} = 18.88\text{mm}$$

Deflusso complessivo, relativo alle prime tre ore=18.88mm. Poiché il deflusso nelle due ore precedenti è pari a 6.54mm, la quota di deflusso corrispondente alla terza ora è pari a 12.34 mm.

Problemi di calcolo dei quantili di precipitazione

Problema 6

Determinare la precipitazione di durata oraria con tempo di ritorno pari a 30 anni (P_{30}) sulla base dei dati di precipitazione massima annuale (H_{max}) riportati in tabella. Si usi la distribuzione di tipo Gumbel.

Valori pioggia massima annuale

Durata: 1 ora

numero	H_{max}
1	18.4
2	8.6
3	9.0
4	11.2
5	13.4
6	10.4
7	10.4
8	13.0
9	16.2
10	10.4
11	15.4
12	8.4
13	9.8
14	23.6
15	18.0

Soluzione

$$P_{30}: 22.7\text{mm}$$

Nota: il valore di precipitazione 30-nale non potrebbe essere determinato sulla base di una serie di numerosità pari a soli 15 anni (l'esempio è qui riportato solo per convenienza didattica). Si tenga presente che per determinare un quantile caratterizzato da tempo di ritorno TR, è bene disporre di una serie di numerosità pari a TR·2 (in questo caso, sarebbe necessario quindi disporre di almeno 60 anni di dati). Nel caso in cui serie così lunghe non siano disponibili, si devono utilizzare metodologie di tipo regionale (introdotte nei corsi più avanzati).

Risoluzione del problema

Vengono inizialmente calcolati media e varianza del campione, come segue.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 13.08mm$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 4.41mm$$

Vengono quindi calcolati i due parametri, α e u , della distribuzione di Gumbel.

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} s = 3.44$$

$$u = \bar{x} - 0.577 \cdot \alpha = 11.09$$

Viene quindi calcolato il valore della variabile ridotta w corrispondente ad un tempo di ritorno T .

$$w_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] = -\ln \left[\ln \left(\frac{30}{29} \right) \right] = 3.38$$

Viene quindi calcolato il valore del quantile 30-nale nel modo seguente:

$$P_{30} = u + \alpha \cdot w_{30} = 22.7mm$$