

## Prova Scritta

**Esercizio n°1**

Assegnato l'idrogramma unitario riportato in tabella 1 calcolare l'idrogramma alla sezione di chiusura di un bacino di 500 ha a fronte dello ietogramma di pioggia totale riportato in tabella 2 e assumendo un coefficiente  $\Phi$  per il calcolo della pioggia netta pari a 5 mm/ora. (N.B. dimensionalmente l'UH fornito è  $t^{-1}$ )

t (min)	UH (1/min)
0	0
15	0.0133
30	0.0267
45	0.0187
60	0.0080
75	0

Tabella 1. Idrogramma unitario

t (min)	i (mm/ora)
0	0
15	20
30	40
45	30
60	0
75	0

Tabella 2. Ietogramma di pioggia

**Esercizio n°2**

Partendo dai seguenti valori di altezze di precipitazione osservate a passo semi-orario in un pluviometro calcolare con il metodo *CN* la pioggia netta per un bacino per il quale è stato stimato un valore del  $CN(II)=89$ , un valore delle perdite iniziali  $I_a=5$  mm ed assumendo che nei 5 giorni antecedenti non vi siano state precipitazioni. Disegnare lo ietogramma di pioggia netta e totale.

t	P incr
h	mm
0	0
0.5	1.2
1.0	3.0
1.5	4.6
2.0	7.8
2.5	14.2
3.0	16.4
3.5	8.2
4.0	6.4

## Prova Scritta

**Esercizio n°3**

In tabella sono riportate le altezze di precipitazione massime annue per la durata di 1 ora osservate nella stazione pluviometrica di Ferrara. Valutare il tempo di ritorno di un evento di precipitazione di durata 1 h in cui sono stati registrati 37 mm di pioggia. Valutare inoltre mediante il test del  $\chi^2$  con quale livello di significatività potrebbe essere accettato l'adattamento della distribuzione di probabilità di gumbel al campione di dati.

<b>ANNO</b>	<b>H (mm)</b>	<b>ANNO</b>	<b>H (mm)</b>
1949	13.4	1974	16
1950	17.4	1975	28.6
1951	15.6	1976	50.6
1952	27.6	1977	26
1953	30.4	1978	31.4
1954	29.8	1979	22.2
1955	52.4	1980	23.8
1956	23	1981	31.4
1957	18.4	1982	31
1958	20	1983	23
1959	20.4	1984	20
1960	30.6	1985	17.2
1961	14.6	1986	31.2
1962	14.6	1987	18.2
1963	40	1988	23.8
1964	15.4	1989	32.6
1965	18.8	1990	23.8
1966	90	1991	48.4
1967	29	1992	15
1968	33.2	1993	13.4
1969	31	1994	17
1970	24	1995	16.4
1971	18.4	1996	41
1972	14.6	1997	38.6
1973	22.8		

## Prova Scritta

**Esercizio n°1**

Assegnato l'idrogramma unitario riportato in tabella 1 calcolare l'idrogramma alla sezione di chiusura di un bacino di superficie  $S=500$  ha a fronte dello ietogramma di pioggia totale riportato in tabella 2 e assumendo un coefficiente  $\Phi$  per il calcolo della pioggia netta pari a 5 mm/ora. (N.B. dimensionalmente l'UH fornito è  $t^{-1}$ )

t (min)	UH (1/min)
0	0
15	0.0133
30	0.0267
45	0.0187
60	0.0080
75	0

Tabella 1. Idrogramma unitario

t (min)	i (mm/ora)
0	0
15	20
30	40
45	30
60	0
75	0

Tabella 2. Ietogramma di pioggia

**Soluzione**

Mediante il metodo  $\Phi$ , assegnato il parametro  $\Phi=5$  mm si determina il seguente ietogramma di pioggia netta:

t (min)	i_netta (mm/ora)
0	0
15	15
30	35
45	25

cui corrispondono le seguenti altezze di pioggia netta:

t (min)	h_netta (mm)
0	0
15	3.75
30	8.75
45	6.25

Fissato  $\Delta t=15$  minuti, l'idrogramma (in  $m^3/s$ ) alla sezione di chiusura è dato da:

## Prova Scritta

$$Q(1\Delta t) = \left( \frac{U_1}{60} \cdot \frac{h_1}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 4.16 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(2\Delta t) = \left( \frac{U_2}{60} \cdot \frac{h_1}{1000} + \frac{U_1}{60} \cdot \frac{h_2}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 18.04 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(3\Delta t) = \left( \frac{U_3}{60} \cdot \frac{h_1}{1000} + \frac{U_2}{60} \cdot \frac{h_2}{1000} + \frac{U_1}{60} \cdot \frac{h_3}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 32.24 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(4\Delta t) = \left( \frac{U_4}{60} \cdot \frac{h_1}{1000} + \frac{U_3}{60} \cdot \frac{h_2}{1000} + \frac{U_2}{60} \cdot \frac{h_3}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 30.04 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(5\Delta t) = \left( \frac{U_4}{60} \cdot \frac{h_2}{1000} + \frac{U_3}{60} \cdot \frac{h_3}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 15.57 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(6\Delta t) = \left( \frac{U_4}{60} \cdot \frac{h_3}{1000} \right) \cdot S \cdot 10000 = 4.17 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q(7\Delta t) = 0 \text{ m}^3 / \text{s}$$

essendo  $U$  espresso in  $[\text{min}^{-1}]$ ,  $h$  in  $[\text{mm}]$  e  $S$  in  $[\text{ha}]$

Prova Scritta

**Esercizio n°2**

Partendo dai seguenti valori di altezze di precipitazione osservate a passo semi-orario in un pluviometro calcolare con il metodo CN la pioggia netta per un bacino per il quale è stato stimato un valore del CN(II)=89, un valore delle perdite iniziali Ia=5 mm ed assumendo che nei 5 giorni antecedenti non vi siano state precipitazioni. Disegnare lo ietogramma di pioggia netta e totale.

t	P incr
h	mm
0	0
0.5	1.2
1.0	3.0
1.5	4.6
2.0	7.8
2.5	14.2
3.0	16.4
3.5	8.2
4.0	6.4

**Soluzione**

Dal momento che nei 5 giorni antecedenti l'evento considerato non vi sono state precipitazioni, ai fini del calcolo della pioggia netta si deve utilizzare il CN(I), ovvero, dato CN(II)=89, si avrebbe:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} = 77.26$$

A fronte di tale valor di CN si ottiene quindi:

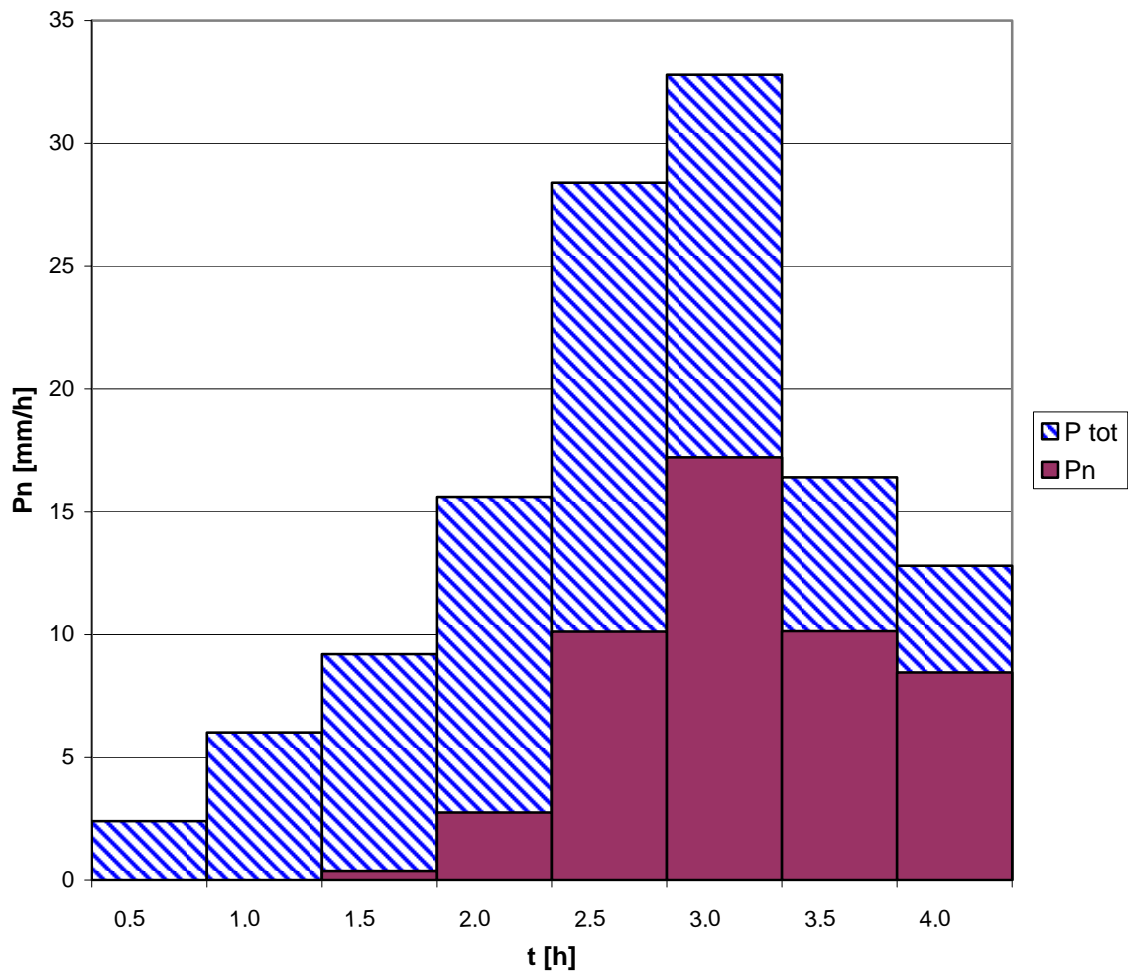
**CN 77.26**

S=74.75 mm

Ia=5.00 mm

h	P incr mm	P cum mm	Pn cum mm	Pn incr mm	Fa (perd cum) mm	i (mm/h)	i_netta (mm/h)
	0	0	0		0		
0.5	1.2	1.2	0.00	0.00	1.2	2.4	0.0
1.0	3.0	4.2	0.00	0.00	4.2	6	0.0
1.5	4.6	8.8	0.18	0.18	8.6	9.2	0.4
2.0	7.8	16.6	1.56	1.37	15.0	15.6	2.7
2.5	14.2	30.8	6.62	5.06	24.2	28.4	10.1
3.0	16.4	47.2	15.23	8.61	32.0	32.8	17.2
3.5	8.2	55.4	20.30	5.07	35.1	16.4	10.1
4.0	6.4	61.8	24.53	4.23	37.3	12.8	8.5

Prova Scritta



## Prova Scritta

**Esercizio n°3**

In tabella sono riportate le altezze di precipitazione massime annue per la durata di 1 ora osservate nella stazione pluviometrica di Ferrara. Valutare il tempo di ritorno di un evento di precipitazione di durata 1 h in cui sono stati registrati 37 mm di pioggia. Valutare inoltre mediante il test del  $\chi^2$  con quale livello di significatività potrebbe essere accettato l'adattamento della distribuzione di probabilità di gumbel al campione di dati.

ANNO	H (mm)	ANNO	H (mm)
1949	13.4	1974	16
1950	17.4	1975	28.6
1951	15.6	1976	50.6
1952	27.6	1977	26
1953	30.4	1978	31.4
1954	29.8	1979	22.2
1955	52.4	1980	23.8
1956	23	1981	31.4
1957	18.4	1982	31
1958	20	1983	23
1959	20.4	1984	20
1960	30.6	1985	17.2
1961	14.6	1986	31.2
1962	14.6	1987	18.2
1963	40	1988	23.8
1964	15.4	1989	32.6
1965	18.8	1990	23.8
1966	90	1991	48.4
1967	29	1992	15
1968	33.2	1993	13.4
1969	31	1994	17
1970	24	1995	16.4
1971	18.4	1996	41
1972	14.6	1997	38.6
1973	22.8		

**Soluzione**

Sulla base del campione di dati, mediante il metodo dei momenti si stimano i parametri della distribuzione di Gumbel:

$$F_x(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-u)}{\alpha}\right]\right\};$$

$$\sigma^2 = 1.645\alpha^2;$$

$$\mu = u + 0.5772\alpha;$$

essendo

$$\hat{\mu} = 26.65 \text{ mm}$$

Prova Scritta

$$\hat{\sigma}^2 = 179.77 \text{ mm}^2$$

da cui

$$u = 20.62, \alpha = 10.45.$$

La probabilità cumulata  $F_H(h)$  corrispondente ad una altezza di precipitazione  $h = 37 \text{ mm}$  sarà:

$$F_H(h) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{h-u}{\alpha}\right)\right) = 0.812$$

ed il corrispondente tempo di ritorno sarà:

$$T = \frac{1}{1 - F_H(h)} = 5.3 \text{ anni.}$$

Per valutare l'adattamento della distribuzione di probabilità assumo  $k = 5$  classi equiprobabili ( $p_i = 0.2$ ), ovvero:

F	Q
0	-inf
0.2	15.64
0.4	21.53
0.6	27.64
0.8	36.30
1	inf

Essendo il numero totale di osservazioni pari  $N = 49$ , il numero atteso di osservazioni per ogni classe sarebbe pari a  $N p_i = 9.8$ .

Il numero  $n_i$  effettivo di osservazioni che ricade in ciascuna classe è:

13.4	
13.4	
14.6	
14.6	
14.6	
15	
15.4	
15.6	8
<hr/>	
16	
16.4	
17	
17.2	
17.4	
18.2	
18.4	
18.4	
18.8	
20	
20	
20.4	12
<hr/>	
22.2	



Prova Scritta

22.8	
23	
23	
23.8	
23.8	
23.8	
24	
26	
27.6	10
<hr/>	
28.6	
29	
29.8	
30.4	
30.6	
31	
31	
31.2	
31.4	
31.4	
32.6	
33.2	12
<hr/>	
38.6	
40	
41	
48.4	
50.6	
52.4	
90	7
<hr/>	

Cui corrisponde

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^5 \frac{(n_i - Np_i)^2}{Np_i} = 2.12$$

Per un livello di significatività  $\alpha=0.25$  dalle tabelle della distribuzione  $\chi^2$  ottengo  $\chi_{3-2-1,0.25}^2 = 2.77$  per cui, essendo  $2.77 > 2.12$ , posso accettare  $H_0$  al livello di significatività  $\alpha=0.25$ , mentre per un livello di significatività  $\alpha=0.5$  dalle tabelle della distribuzione  $\chi^2$  ottengo  $\chi_{3-2-1,0.5}^2 = 1.39$  per cui, essendo  $1.39 < 2.12$ , non posso accettare  $H_0$  al livello di significatività  $\alpha=0.5$ .