



Riesame dei risultati del metodo razionale con due metodi di stima della pioggia netta.

Consegna: riesaminare la formulazione tradizionale del metodo razionale considerando diverse durate della precipitazione di progetto. Nello spirito della formula razionale si utilizzerà sempre intensità media costante, ovviamente coerente con le curve di possibilità pluviometrica. Si usi il periodo di ritorno $T=100$ anni.

Con riferimento al bacino del Chisone a S. Martino ed alla cpp dell'esercitazione 6 si ricerchi il valore di picco di piena che deriva da ietogrammi ad intensità costante (ietogrammi rettangolari) di durata variabile tra $1/6$ e $6/6$ del tempo di corrivazione, con intensità medie derivate dalla cpp. Si ricerchi il massimo valore di picco usando il metodo della corrivazione usando per gli assorbimenti inizialmente il metodo ψ . In questo caso la pioggia più lunga produrrà picco di piena uguale a quello della formula razionale tradizionale.

In seguito, si proceda ricercando il massimo che si ottiene utilizzando il metodo SCS-CN invece del metodo ψ . Il valore di CN da usare è 74. Si utilizzi sempre il metodo della corrivazione ricalcolando lo ietogramma netto in tutti gli intervalli considerati.

Si rileggi attentamente la traccia dell'esercitazione 7 sul sito idrologia per verificare la corretta modalità di calcolo della pioggia netta in intervalli di tempo successivi attraverso il metodo CN.

SVOLGIMENTO

Nella seguente tabella sono riportati i dati ottenuti dall'esercitazione 6 riferiti al bacino del Chisone a S. Martino:

k	6	
z max	3234	m
z min	415	m
delta z	469,8	m
lunghezza asta principale	56,3	km
area totale	581	km ²
H'	1324	
z medio	1739	m

Esercizio di Idrologia

tc giandotti	6,21	ore
ΔT	1,04	ore
a	17,44	
n	0,51	
k 100 praelato	2,41	
i 100	17,05	mm/h
a 100	42,03	
Ψ	0,402	
Q 100	1106	m ³ /s

Dovendo considerare uno ietogramma con precipitazione costante, si assume come intensità di precipitazione la i_{100} calcolata in precedenza, ossia 17,05 mm/h, e si divide il tempo di corrivazione calcolato con la formula di Giandotti in 6 classi di uguale durata (1,04 ore), assegnando per ogni periodo l'intensità i_{100} .

Intervalli di tempo [h]	Intensità di pioggia [mm/h]
1,04	17,05
2,07	17,05
3,11	17,05
4,14	17,05
5,18	17,05
6,21	17,05

Si ottengono quindi 6 ietogrammi rettangolari con durata della pioggia variabile tra 1/6 del tempo di corrivazione e il tempo di corrivazione stesso.

Esercizio di Idrologia

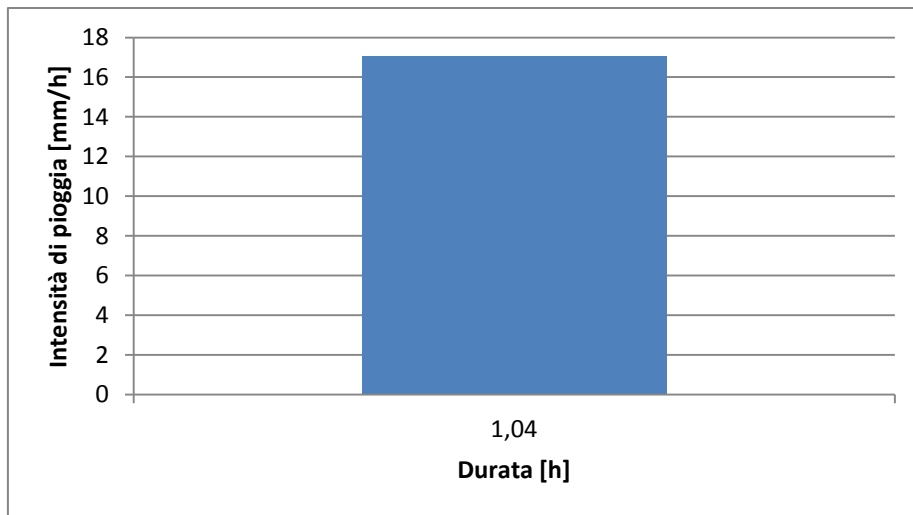


Figura 1: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a 1/6 di T_c

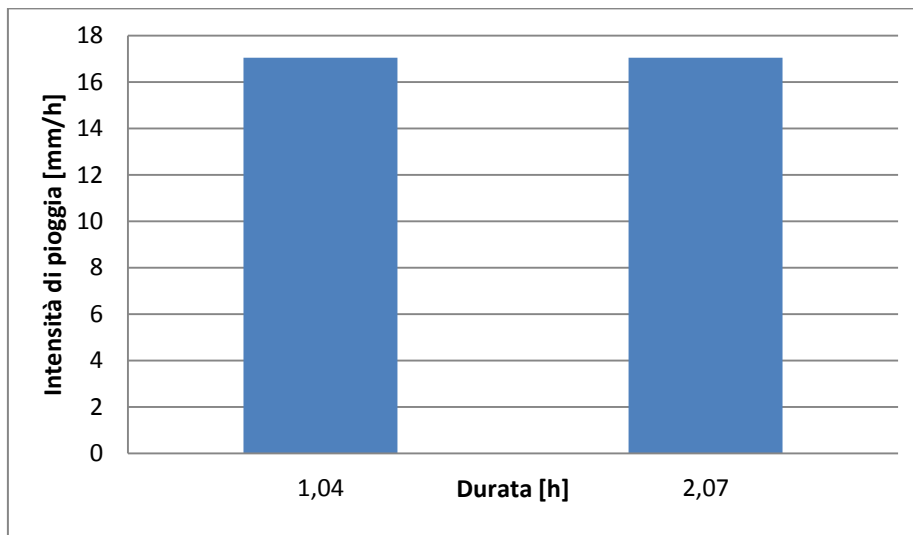


Figura 2: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a 2/6 di T_c

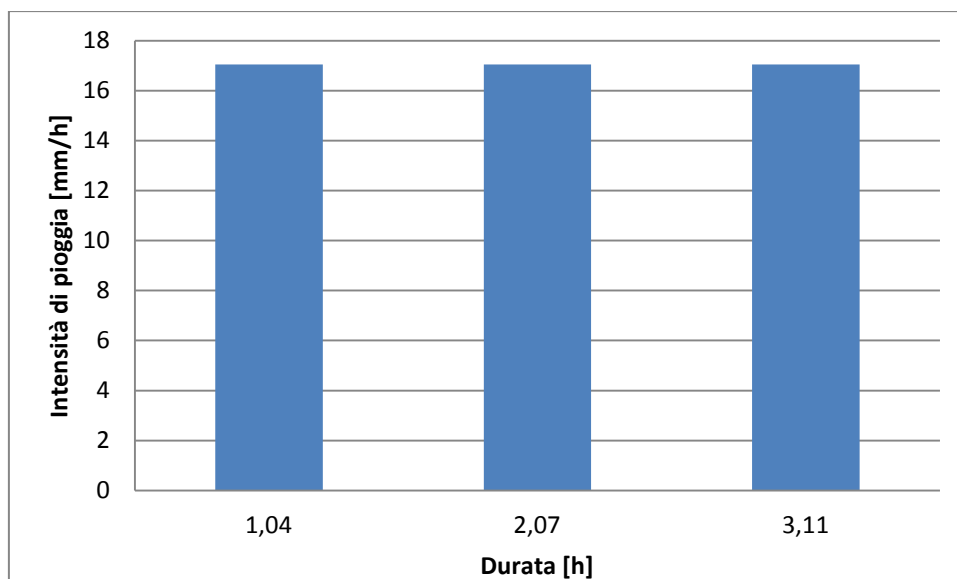


Figura 3: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a 3/6 di T_c

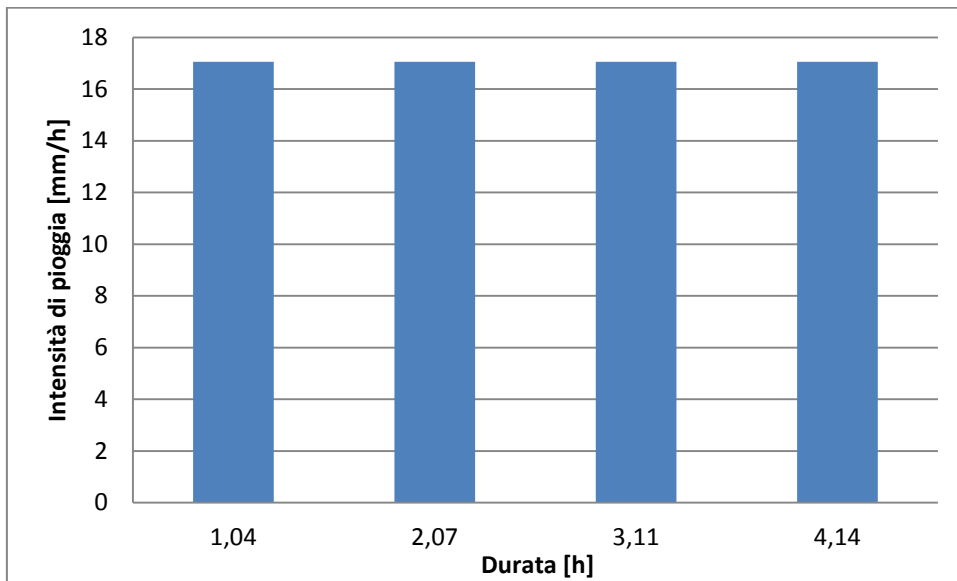


Figura 4: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a $\frac{4}{6}$ di T_c

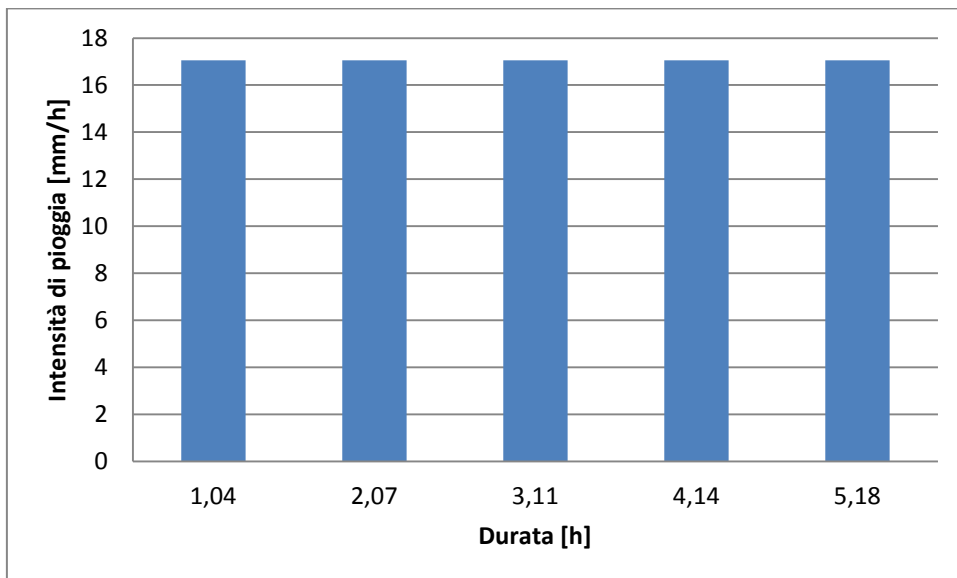


Figura 5: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a $\frac{5}{6}$ di T_c

Esercizio di Idrologia

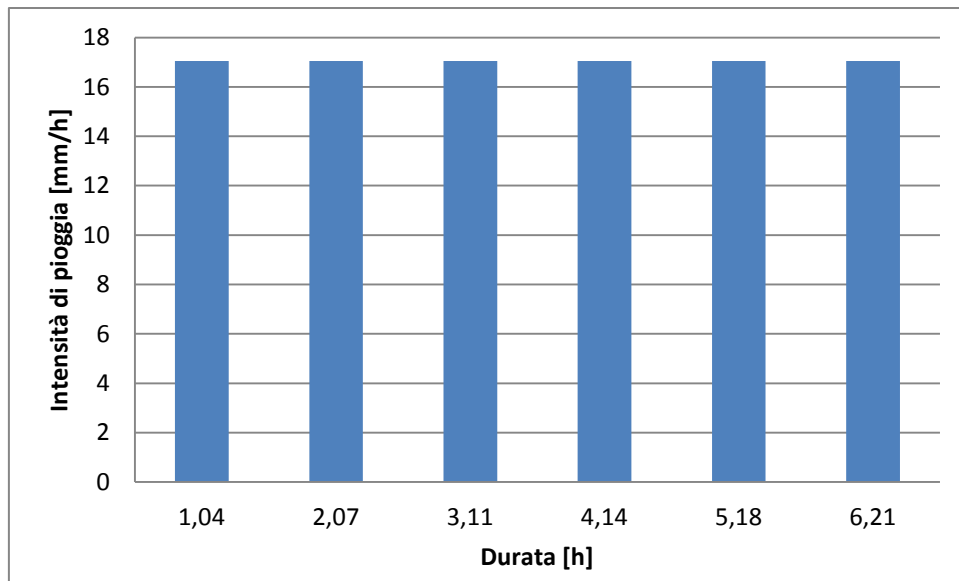


Figura 6: ietogramma costante per intervallo di precipitazione pari a T_c

Con il metodo della corrivazione si calcola la portata Q per ciascuno dei 6 ietogrammi precedenti, ottenendo le seguenti tabelle dalle quali si possono tracciare gli idrogrammi di piena; le intensità di pioggia sono calcolate moltiplicando il valore i_{100} per il coefficiente $\Psi = 0,402$ (Metodo Ψ).

1/6 T_c			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m ³ /s]
ΔT	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	0,00	0,00	1,44						1,44	232,10
p3	3,11	0,00	0,00	0,00	2,05					2,05	331,57
p4	4,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58				1,58	254,20
p5	5,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96			0,96	154,73
p6	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p7	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Esercizio di Idrologia

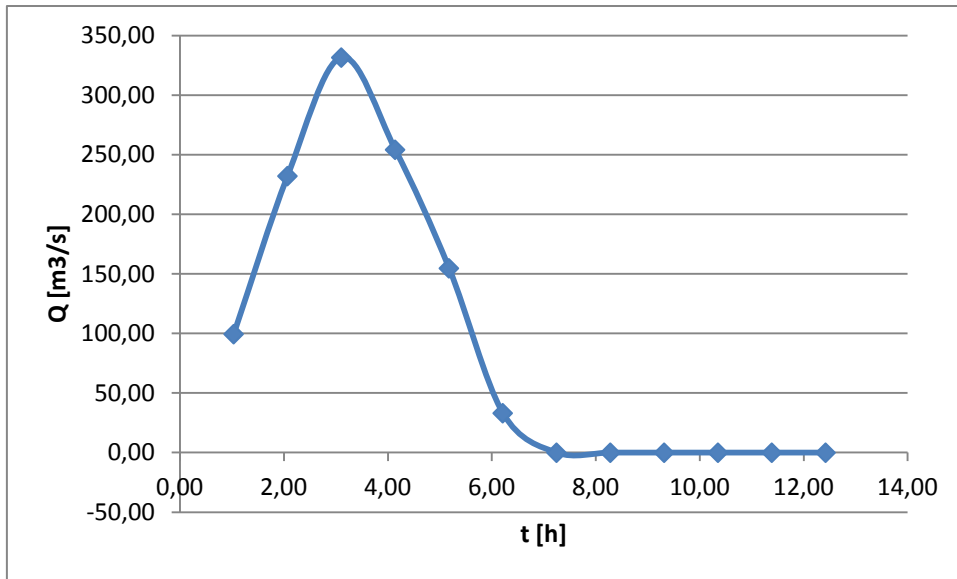


Figura 7: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $1/6$ di T_c

2/6 T_c			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m³/s]
ΔT	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44						2,05	331,57
p3	3,11	0,00	0,00	1,44	2,05					3,49	563,66
p4	4,14	0,00	0,00	0,00	2,05	1,58				3,63	585,77
p5	5,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,96			2,53	408,93
p6	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,21		1,16	187,89
p7	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

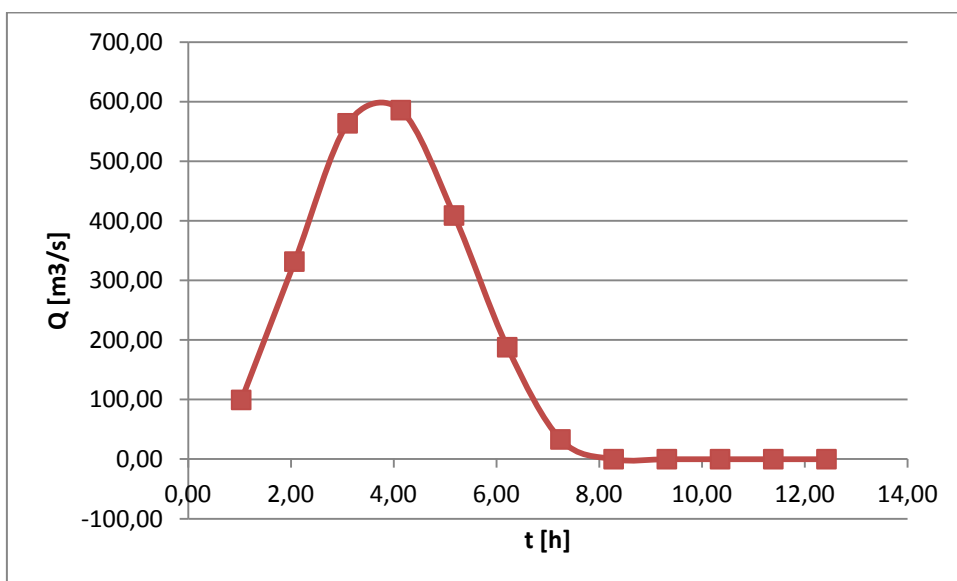


Figura 8: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $2/6$ di T_c

Esercizio di Idrologia

3/6 T _c			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m ³ /s]
Δ T	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44						2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05					4,11	663,13
p4	4,14	0,00	0,00	1,44	2,05	1,58				5,07	817,87
p5	5,18	0,00	0,00	0,00	2,05	1,58	0,96			4,59	740,50
p6	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,96	0,21		2,74	442,09
p7	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,21		1,16	187,89
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

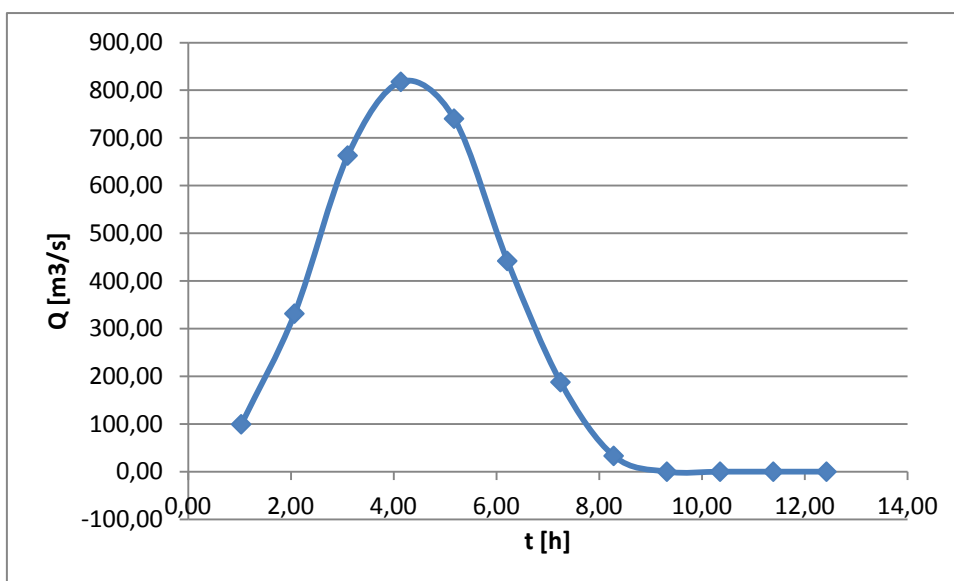


Figura 9: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a 3/6 di T_c

4/6 T _c			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m ³ /s]
Δ T	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44						2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05					4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58				5,68	917,34
p5	5,18	0,00	0,00	1,44	2,05	1,58	0,96			6,03	972,60
p6	6,21	0,00	0,00	0,00	2,05	1,58	0,96	0,21		4,79	773,66
p7	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,96	0,21		2,74	442,09
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,21		1,16	187,89
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Esercizio di Idrologia

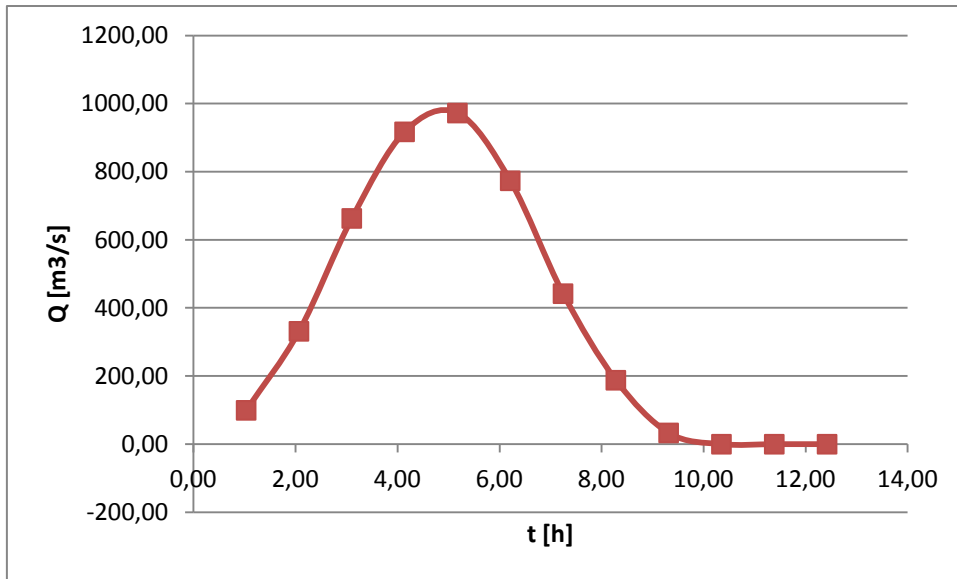


Figura 10: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $4/6$ di T_c

5/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m³/s]
ΔT	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44						2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05					4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58				5,68	917,34
p5	5,18	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96			6,64	1072,07
p6	6,21	0,00	0,00	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21		6,23	1005,75
p7	7,25	0,00	0,00	0,00	2,05	1,58	0,96	0,21		4,79	773,66
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,96	0,21		2,74	442,09
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,21		1,16	187,89
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

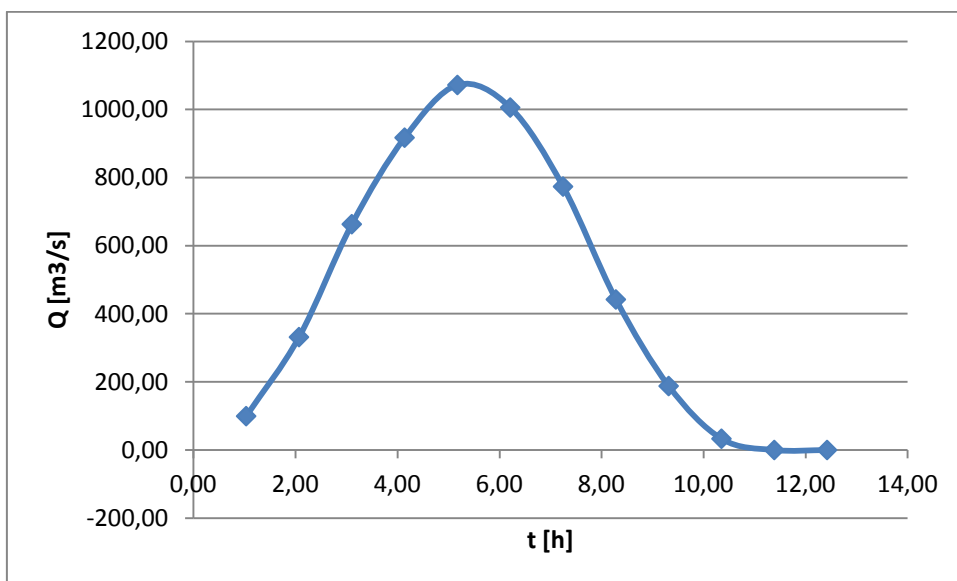


Figura 11: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $5/6$ di T_c

Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q [m ³ /s]
ΔT	durata [h]	i [mm/h]	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,04	6,85	0,62							0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44						2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05					4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58				5,68	917,34
p5	5,18	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96			6,64	1072,07
p6	6,21	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21		6,85	1105,22
p7	7,25	0,00	0,00	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21		6,23	1005,75
p8	8,28	0,00	0,00	0,00	2,05	1,58	0,96	0,21		4,79	773,66
p9	9,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	0,96	0,21		2,74	442,09
p10	10,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,21		1,16	187,89
p11	11,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21		0,21	33,16
p12	12,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

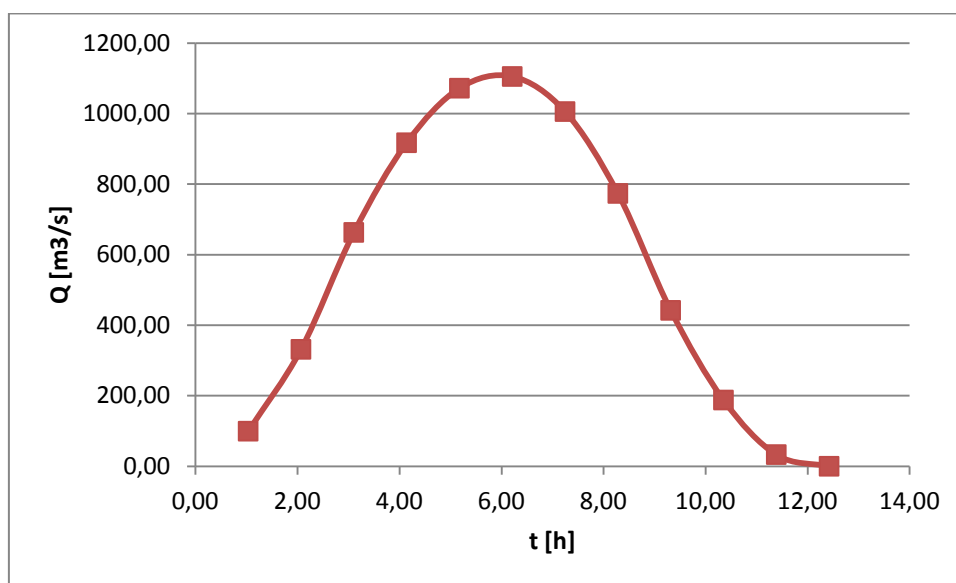


Figura 12: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a T_c

I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

Intervallo di tempo	Durata della pioggia [h]	Portata di piena [m ³ /s]
1/6 T_c	1,04	332
2/6 T_c	2,07	586
3/6 T_c	3,11	818
4/6 T_c	4,14	973
5/6 T_c	5,18	1072
T_c	6,21	1105

La pioggia avente durata pari al tempo di corrivazione produrrà un valore di piena circa uguale a quello calcolato nell'esercitazione 6 con la formula razionale tradizionale:

$$Q = 1106 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (con formula razionale)}$$

$$Q = 1105 \text{ m}^3/\text{s (con metodo } \Psi)$$

METODO SCS-CN

Il metodo proposto dal Soil Conservation Service (1972), noto con il termine inglese di Curve Number, considera la seguente equazione di continuità ai fini del bilancio idrologico:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

Dove P_n è la precipitazione netta cumulata all'istante t , P è la precipitazione totale cumulata allo stesso tempo, I_a sono le perdite iniziali per unità di superficie (intercezione, depressioni e detenzione superficiale, infiltrazione fino all'inizio dello scorrimento) mentre S indica il massimo volume specifico che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione.

Questa relazione è valida solo per P maggiore o uguale ad I_a , mentre nel caso in cui l'altezza totale cumulata di precipitazione risulti inferiore ad I_a si ha $P_n = 0$ e pertanto il deflusso è nullo.

La relazione empirica che lega I_a ad S è

$$I_a = 0,2 S$$

Il valore di S si calcola in funzione di CN (che nel nostro caso è dato ed è pari a 74)

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} = 89,24$$

La relazione empirica che lega I_a ad S è

$$I_a = 0,2 S = 17,85$$

Con le equazioni precedenti, si calcolano i valori di pioggia netta per ogni $P(t)$, utilizzando $\Delta P = P_i - P_n$. L'intensità di precipitazione netta, che ci servirà per tracciare gli ietogrammi sempre in funzione dell'intervallo di corrivazione, si calcola con la formula:

$$i_n = \frac{P_n(t + \Delta t) - P_n(t)}{\Delta t}$$

t [h]	P _i [mm/h]	P _{netta} [mm/h]	ΔP [mm/h]	i _{netta} [mm/h]
1,04	17,65	0,00	17,65	2,76
2,07	35,31	2,86	32,45	6,82
3,11	52,96	9,91	43,05	9,36
4,14	70,61	19,60	51,01	11,06

5,18	88,26	31,06	57,21	12,25
6,21	105,92	43,74	62,17	13,12

Per l'evento di precipitazione esaminato si può anche calcolare il coefficiente di afflusso, dividendo il deflusso cumulato totale per l'altezza di afflusso totale:

$$\psi = \frac{P_n(t)}{P(t)} = \mathbf{0,413}$$

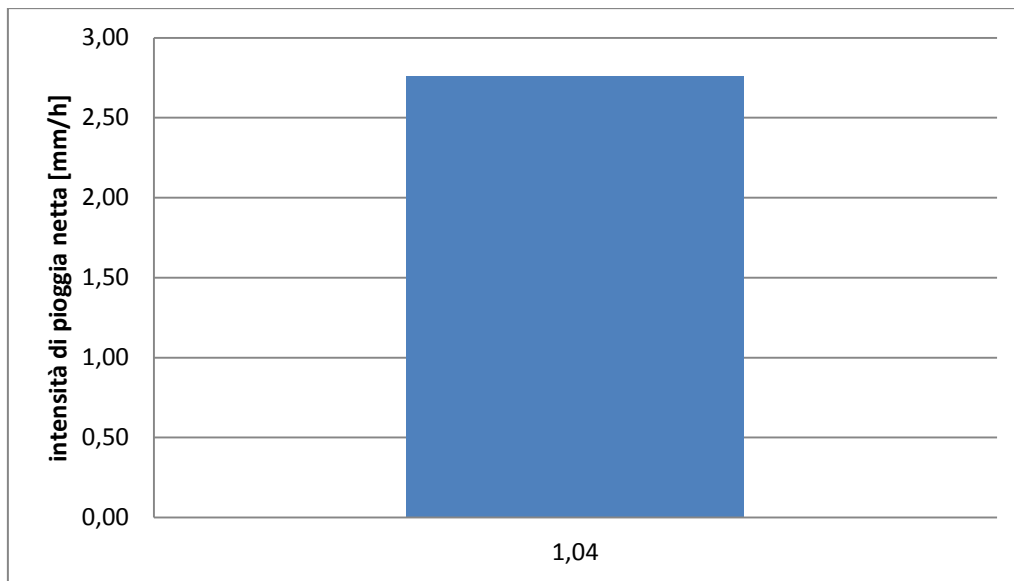


Figura 13: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a 1/6 di T_c

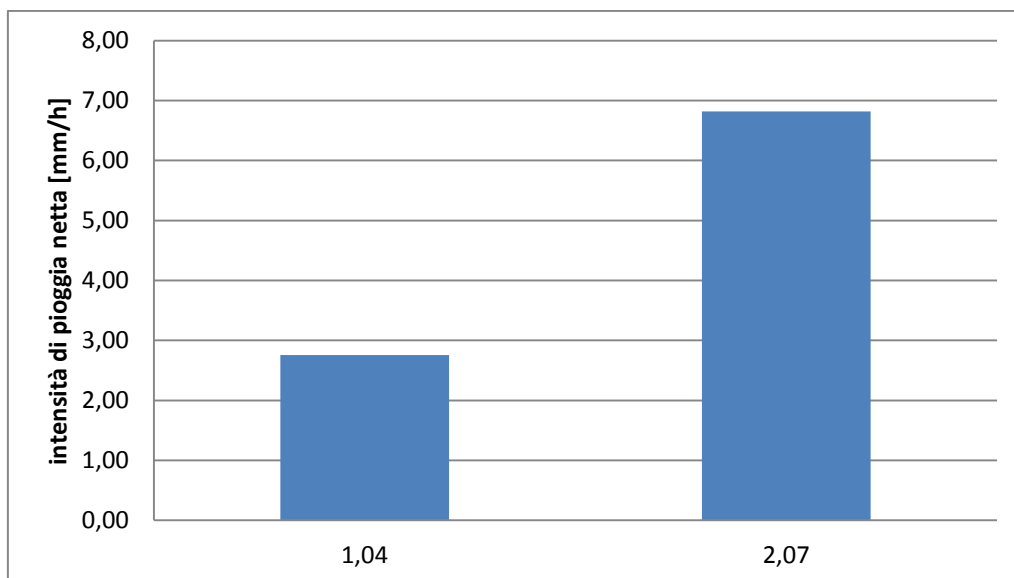


Figura 14: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a 2/6 di T_c

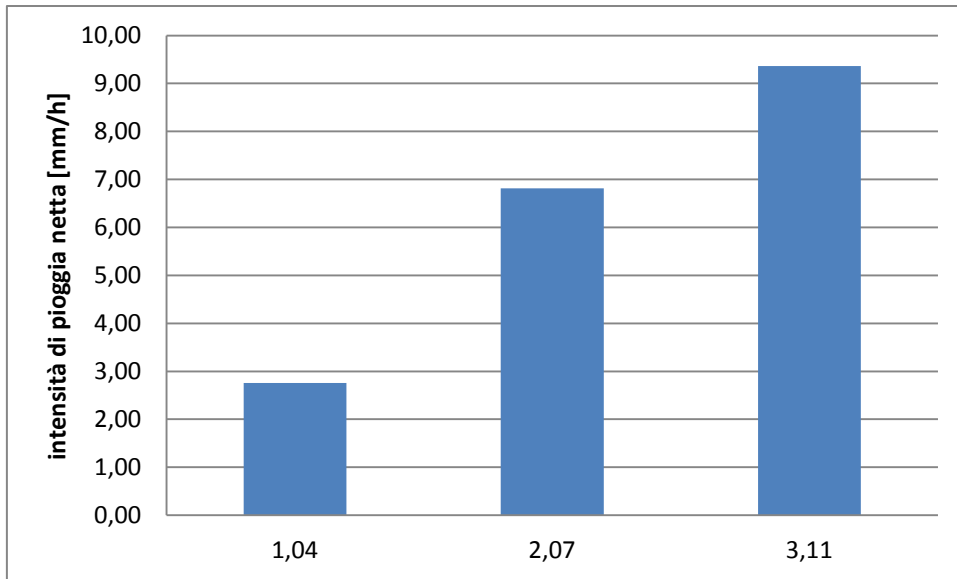


Figura 15: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a $3/6$ di T_c

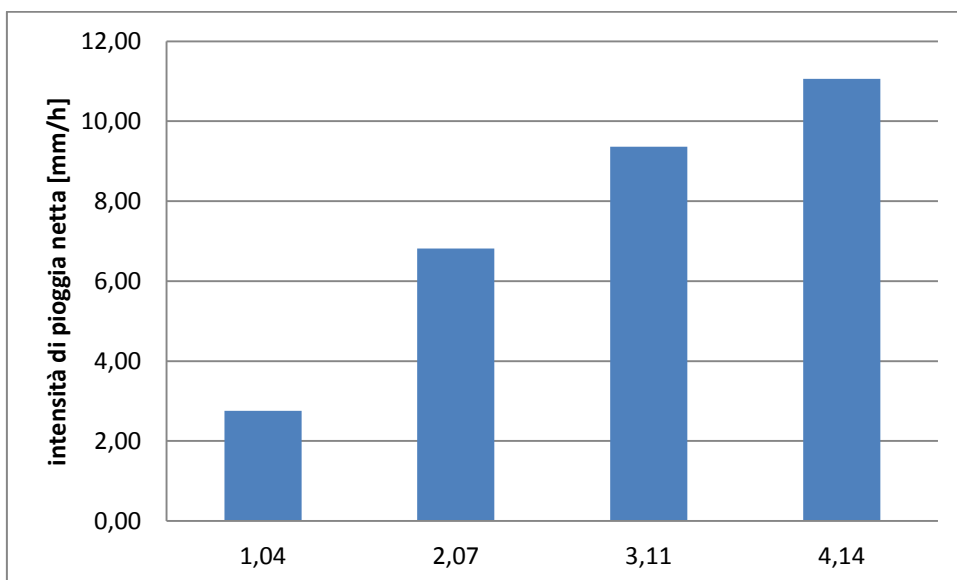


Figura 16: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a $4/6$ di T_c

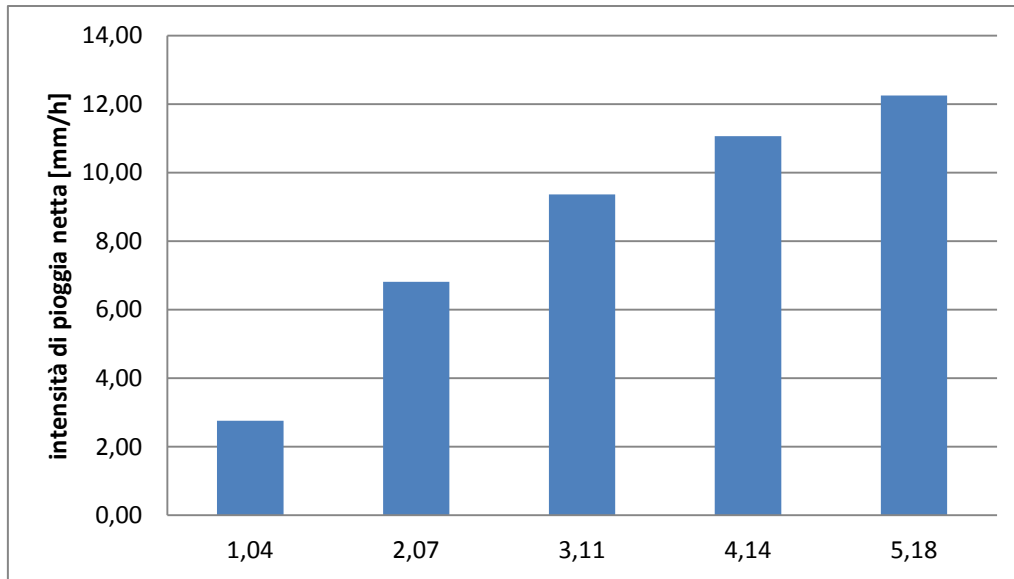


Figura 17: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a 5/6 di T_c

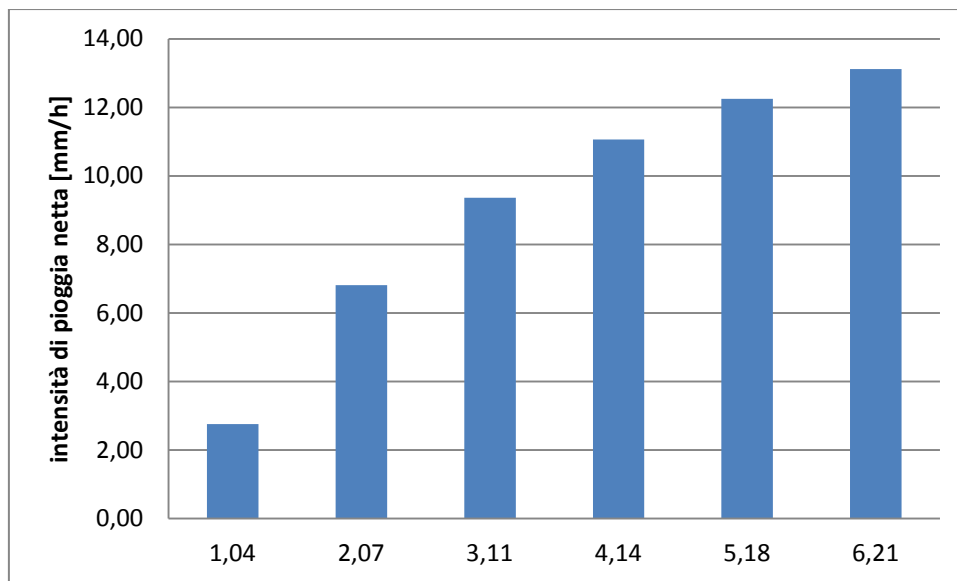


Figura 18: ietogramma per intervallo di precipitazione pari a T_c

Con il metodo della corrivazione si calcola la portata Q per ciascuno dei 6 ietogrammi precedenti, ottenendo i seguenti idrogrammi di piena; i valori delle portate di piena relative ad ogni intervallo sono riassunte nella tabella seguente.

Intervallo di tempo	Durata della pioggia [h]	Portata di piena [m^3/s]
1/6 T_c	1,04	55
2/6 T_c	2,07	178
3/6 T_c	3,11	309
4/6 T_c	4,14	472
5/6 T_c	5,18	545

T_c	6,21	683
-------	------	-----

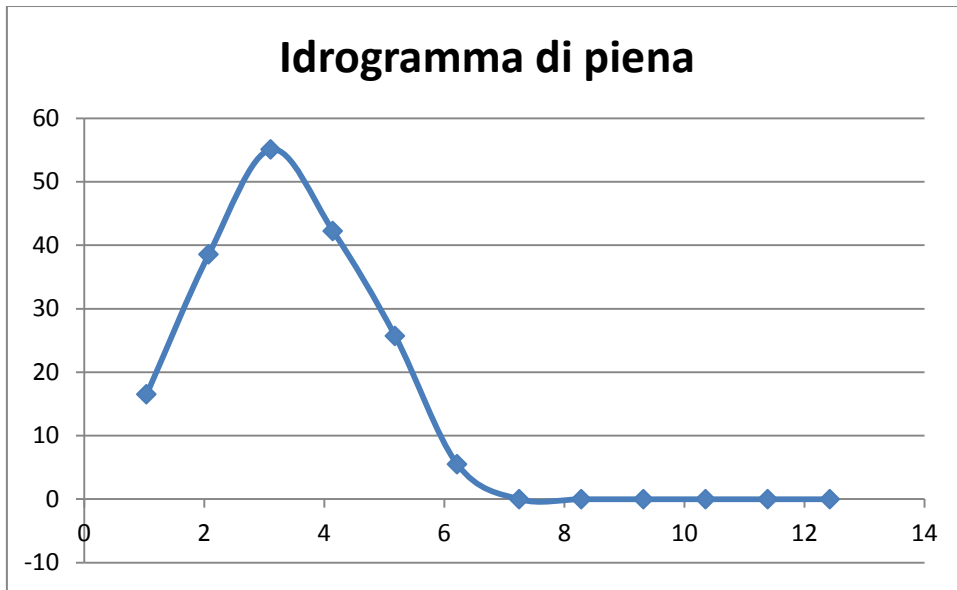


Figura 19: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $1/6 T_c$

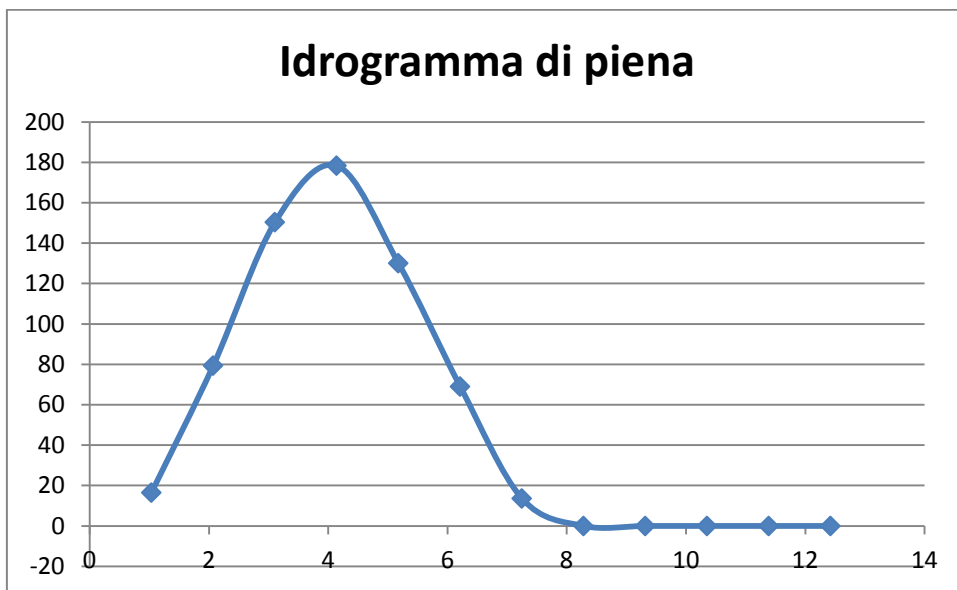


Figura 20: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $2/6 T_c$

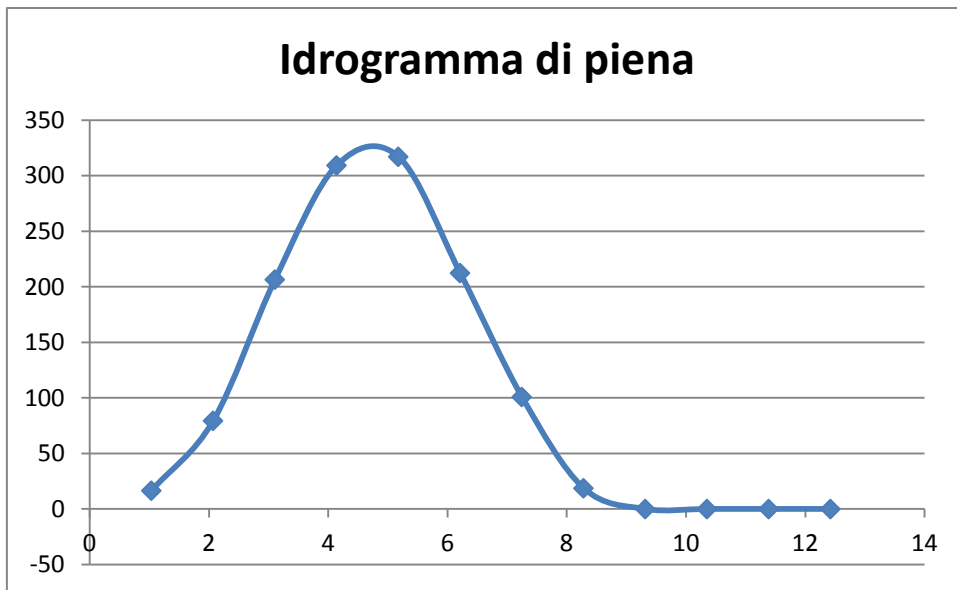


Figura 21: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $3/6 T_c$

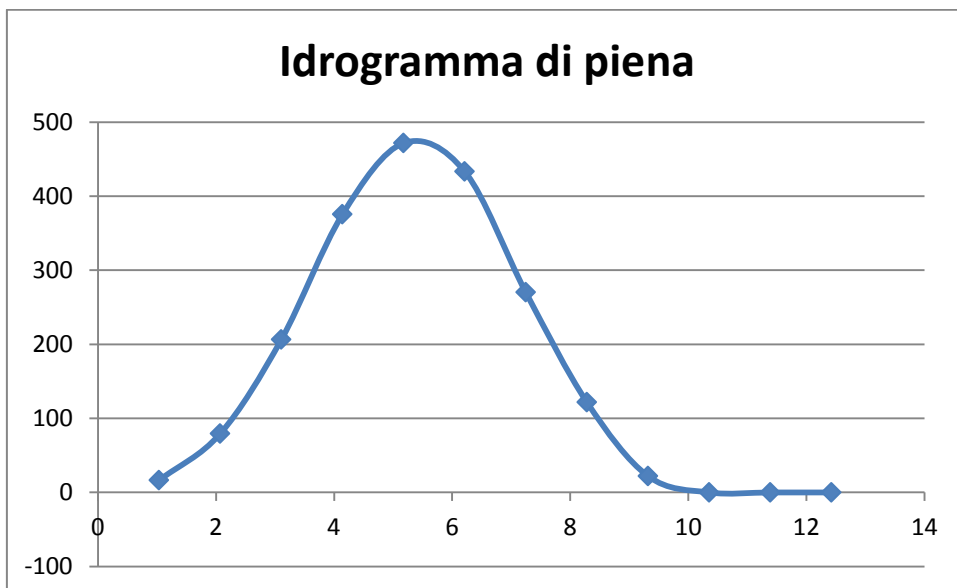


Figura 22: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $4/6 T_c$

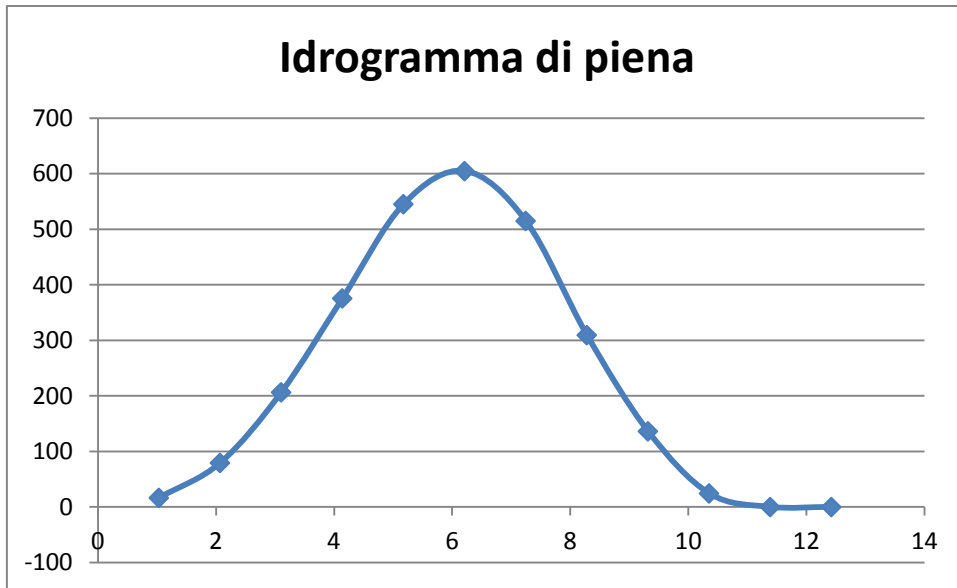


Figura 23: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a $5/6 T_c$

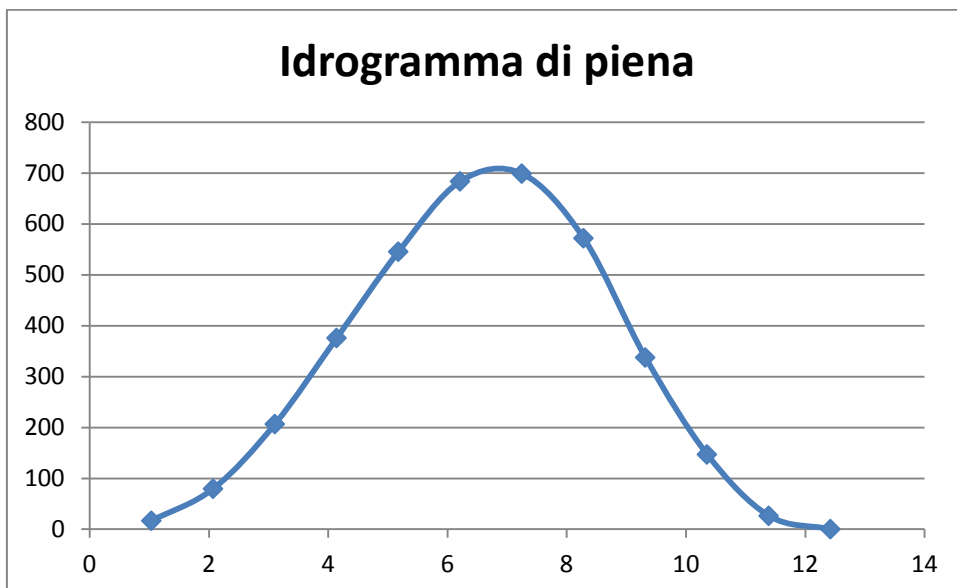


Figura 24: idrogramma di piena con pioggia di durata pari a T_c

CONCLUSIONI

Utilizzando il metodo Ψ , supponendo che l'intensità di pioggia sia costante, la portata di piena massima si ottiene per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione e corrisponde a quella calcolata con la formula razionale:

$$Q = 1106 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (con formula razionale)}$$

$$Q = 1105 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (con metodo } \Psi \text{)}$$

Utilizzando invece il metodo SCS-CN e supponendo che l'intensità di pioggia aumenti, il valore della portata di colmo massima, che si ottiene sempre per una durata della pioggia pari al tempo di corrivazione, risulta essere di **683 m³/s**, valore molto inferiore a quello calcolato con la formula razionale.