

Zadatak 15: Primena jediničnog hidrograma

Prethodno određen 24-časovni jedinični hidrogram za profil Laba blizu ušća u Sitnicu iz zadatka 14, primeniti na dva slučaja:

1. Odrediti poplavne talase usled 50- i 100-godišnje kiše na kišomernoj stanici Podujevo, pretpostavljajući da je stanica Podujevo reprezentativna u pogledu padavina na sliv Laba. Za ovu stanicu poznate su statistike niza maksimalnih dnevnih padavina, i one iznose

$$X_{sr} = \text{_____ mm} \quad \text{ i } \quad S = \text{_____ mm}$$

Vrednosti 50- i 100-godišnje kiše na ovoj stanici odrediti uz pomoć Gumbelove raspodele. Efektivne kiše povratnog perioda 50 i 100 godina odrediti pomoću SCS metode na osnovu zadatog tipa zemljišta na slivu.

2. Odrediti hidrogram otekle vode od kišne epizode trajanja dva dana, ako se zna da je prvog dana palo P_1 kiše, a drugog dana P_2 , gde je:

$$P_1 = \text{_____ mm} \quad \text{ i } \quad P_2 = \text{_____ mm}$$

Za proračun efektivne kiše usvojiti koeficijent oticaja od 0.33.

Objašnjenje

Jedinični hidrogram se definiše kao hidrogram direktnog oticaja usled jedinične efektivne kiše (obično 1 mm) koja je ravnomerno raspoređena po površini sliva i konstantnog je intenziteta tokom efektivnog trajanja.

Jedinični hidrogram predstavlja model linearnog sistema; ako se sliv posmatra kao linearni sistem, tada je jedinični hidrogram njegova funkcija odgovora na ulaz u obliku jediničnog impulsa. Jedinični hidrogram se primenjuje u skladu sa osnovnim osobinama linearnog sistema, a to su:

- princip proporcionalnosti (odgovor sistema na impuls veličine c jednak je odgovoru sistema na jedinični impuls pomnoženom sa c), i
- princip superpozicije (odgovor sistema na dva jedinična impulsa jednak je zbiru odgovora sistema na ta dva impulsa).

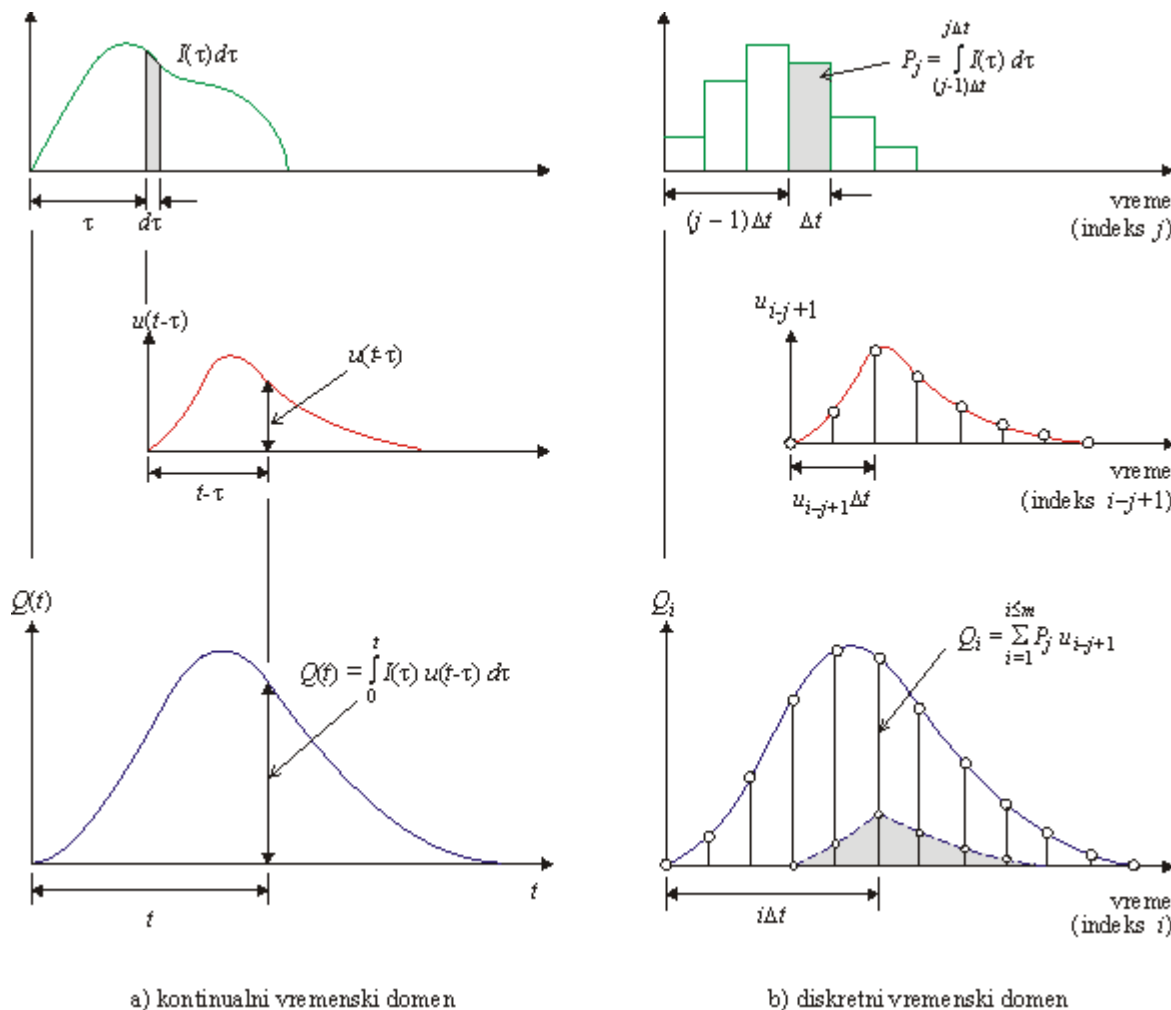
Odgovor linearnog sistema (tj. izlaz sistema) $Q(t)$ na ulaz $I(t)$ opisuje se integralom konvolucije:

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau) u(t - \tau) d\tau$$

odnosno zbirom konvolucije za diskretni vremenski domen:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{i \leq m} P_j u_{i-j+1} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m$$

gde je $u(\cdot)$ jedinični odgovor sistema, tj. jedinični hidrogram. Slika 1 ilustruje kontinualnu i diskretnu konvoluciju.



Slika 1. Shematski prikaz primene jediničnog hidrograma u kontinualnom i diskretnom vremenu.

1. Poplavni talasi za 50- i 100-godišnju kišu

Ako su srednja vrednost i standardna devijacija niza osmotrenih maksimalnih dnevnih padavina na zadatoj stanici:

$$X_{sr} = 40 \text{ mm} \quad i \quad S = 20 \text{ mm}$$

i ako se pretpostavi da se taj niz može prilagoditi Gumbelovom raspodelom, tada su parametri Gumbelove raspodele:

$$u = X_{sr} - 0.45S = 31.0 \quad \text{ i } \quad \alpha = 0.78S = 15.6$$

pa su visine 50- i 100-godišnje kiše jednake:

$$P_{50} = 31.0 + 15.6 (-\ln(-\ln(1 - 1/50))) = 91.9 \text{ mm}$$

$$P_{100} = 31.0 + 15.6 (-\ln(-\ln(1 - 1/100))) = 102.8 \text{ mm}$$

Visine 50- i 100-godišnje efektivne kiše određuju se uz pomoć SCS metode. Ako je prosečni broj krive za razmatrani sliv

$$CN = 78$$

tada se visina efektivne kiše računa kao:

$$P_e = \frac{(P - 0.2d)^2}{P + 0.8d}$$

gde je d maksimalni kapacitet zemljišta za upijanje koji je u vezi sa brojem krive CN:

$$d = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Za zadato CN imamo:

$$d = 71.64 \text{ mm}$$

pa su visine 50- i 100-godišnje efektivne kiše:

$$P_{e,50} = 40.3 \text{ mm}$$

$$P_{e,100} = 48.9 \text{ mm}$$

T (god)	P (mm)	P_e (mm)
50	91.9	40.3
100	102.8	48.9

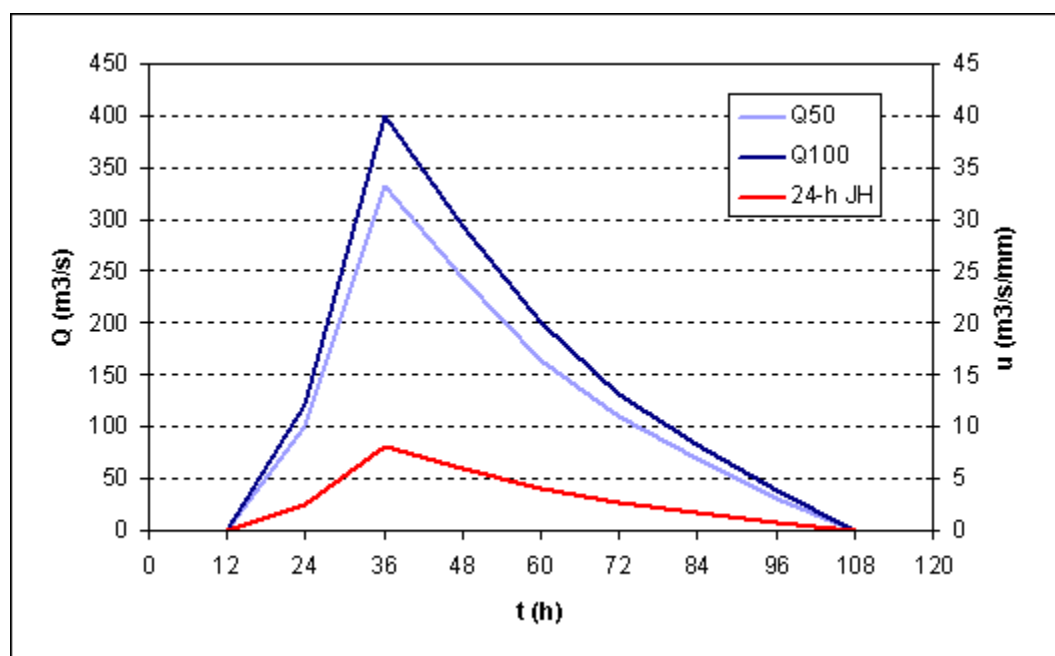
Ordinate poplavnih talasa dobijaju se množenjem ordinata 24-časovnog jediničnog hidrograma sa odgovarajućim visinama efektivne kiše:

$$Q(t) = u(t) \cdot P_e$$

Rezultati su dati u donjoj tabeli i na slici 2.

t (h)	u (m ³ /s/mm)	Q_{50} (m ³ /s)	Q_{100} (m ³ /s)
---------	----------------------------	------------------------------	-------------------------------

0	0	0	0
12	0	0	0
24	2.5	100.8	122.2
36	8.2	330.7	400.9
48	6.0	242.0	293.3
60	4.1	165.3	200.4
72	2.7	108.9	132.0
84	1.7	68.6	83.1
96	0.8	32.3	39.1
108	0	0	0
120	0	0	0



Slika 2. Poplavni talasi usled 50- i 100-godišnje kiše.

2. Složeni hidrogram oticaja za kišnu epizodu trajanja 2 dana

Ako se raspolaže jediničnim hidrogramom trajanja T , tada se on može primeniti na neravnomerne kiše čije je trajanje jednako umnošku trajanja jediničnog hidrograma, tj. $t_k = mT$. U tom slučaju se primenjuje princip superpozicije, tako što se kiša podeli na m vremenskih intervala dužine T i posmatra kao m nezavisnih kiša. Koristeći T -časovni jedinični hidrogram, proračunava se hidrogram oticaja za svaku od m kiša, a zatim se ti elementarni hidrogrami sabiraju vodeći računa o vremenu početka pojedine kiše.

U ovom primeru imamo kišu trajanja 2 dana, a raspolažemo 24-časovnim jediničnim hidrogramom. Kiša se deli na dve kiše trajanja po 24 h. Neka je P_1 visina kiše u prvom danu, a P_2 visina kiše u drugom danu:

$$P_1 = 40 \text{ mm} \quad \text{ i } \quad P_2 = 60 \text{ mm}$$

Sa zadatim koeficijentom oticaja od 0.33, odgovarajuće visine efektivne kiše su:

$$P_{e1} = 13.2 \text{ mm} \quad \text{i} \quad P_{e2} = 19.8 \text{ mm}$$

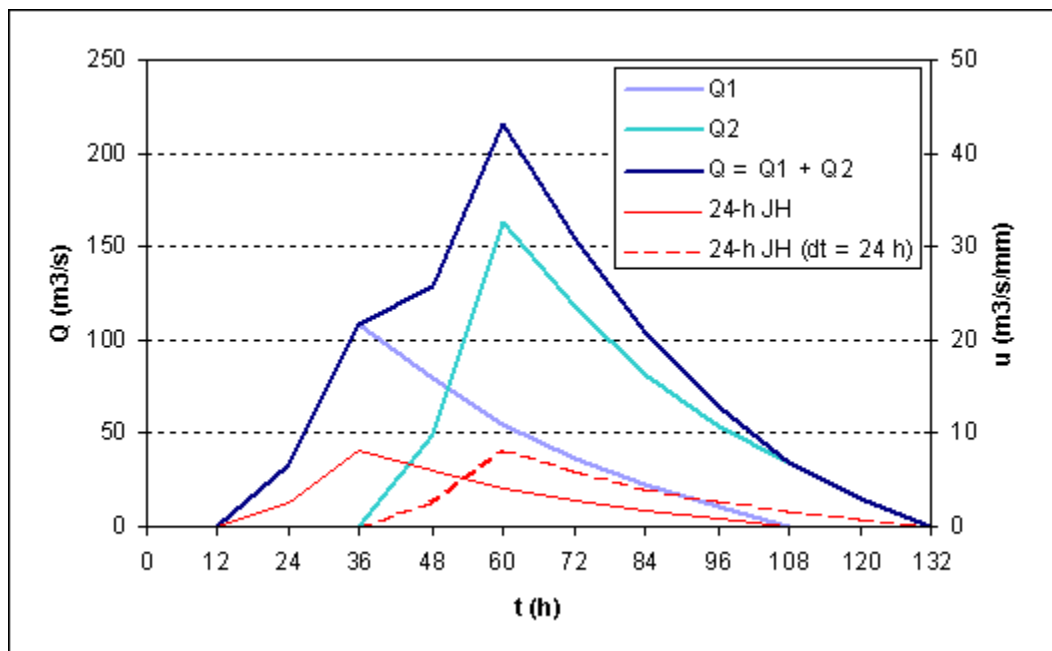
Tada su elementarni hidrogrami oticaja od dve nezavisne kiše:

$$Q_1 = u \cdot P_{e1}$$

$$Q_2 = u \cdot P_{e2}$$

Ukupni hidrogram oticaja se dobija sabiranjem dva elementarna hidrograma, vodeći računa da je druga kiša pala sa zakašnjenjem od 24 h, pa i drugi elementarni hidrogram počinje sa zakašnjenjem od 24 h. Ovaj proračun je prikazan u donjoj tabeli i na slici 3.

$t \text{ (h)}$	$u \text{ (m}^3\text{/s/mm)}$	$Q_1 \text{ (m}^3\text{/s)}$	$Q_2 \text{ (m}^3\text{/s)}$	$Q \text{ (m}^3\text{/s)}$
		$P_{e1} = 13.2 \text{ mm}$	$P_{e2} = 19.8 \text{ mm}$	
0	0	0	0	0
12	0	0	0	0
24	2.5	33.0	0	33.0
36	8.2	108.2	0	108.2
48	6.0	79.2	49.5	128.7
60	4.1	54.1	162.4	216.5
72	2.7	35.6	118.8	154.4
84	1.7	22.4	81.2	103.6
96	0.8	10.6	53.5	64.0
108	0	0	33.7	33.7
120	0	0	15.8	15.8
132	0	0	0	0



Slika 3. Složeni hidrogram oticaja od kišne epizode trajanja 2 dana.

