

HIDROLOGIJA

PRIMERI PRORAČUNA BILANSA VODA U RETENZIONIM PROSTORIMA

PRIMER 1

Akumulacija je namenjena za navodnjavanje poljoprivrednih površina. Za kulture koje su zasađene na tim površinama potrebno je obezbediti tokom vegetacionog perioda količine vode, koje su date u tabeli 1.

Tokom jedne godine poznat je dotok vode u akumulaciju (tabela 2).

Pod pretpostavkom da će se u akumulaciji vršiti godišnje izravnavanje voda, odrediti ukupnu površinu poljoprivrednog područja koje se može navodnjavati iz ove akumulacije. Proračunati promenu zapremine vode u akumulaciji i odrediti nivogram jezera za razmatranu godinu ako je poznata kriva zapremine akumulacije (zavisnost između kote nivoa u jezeru i zapremine vode u jezeru), koja je data u tabeli 3.

Tabela 1. Potrebne količine vode za navodnjavanje.

mesec	IV	V	VI	VII	VIII	IX
sloj vode za navodnjavanje (mm)	10	30	60	100	80	20

Tabela 2. Srednji mesečni dotoci u akumulaciju.

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
dotok (m ³ /s)	4.8	7.1	14.9	15.6	11.5	17.8	13.2	7.3	6.6	5.4	6.0	16.7

Tabela 3. Kriva zapremine akumulacije.

Z (m.n.m.)	445	453	463	473	483	488	493	498	503	508
V (mil. m ³)	0	2.1	9	22	46	66	87	112	145	180

Rešenje

Godišnje izravnavanje voda u akumulaciji znači da je ukupna godišnja zapremina dotekle vode u akumulaciju jednaka ukupnoj zapremini vode koja se te godine troši na navodnjavanje.

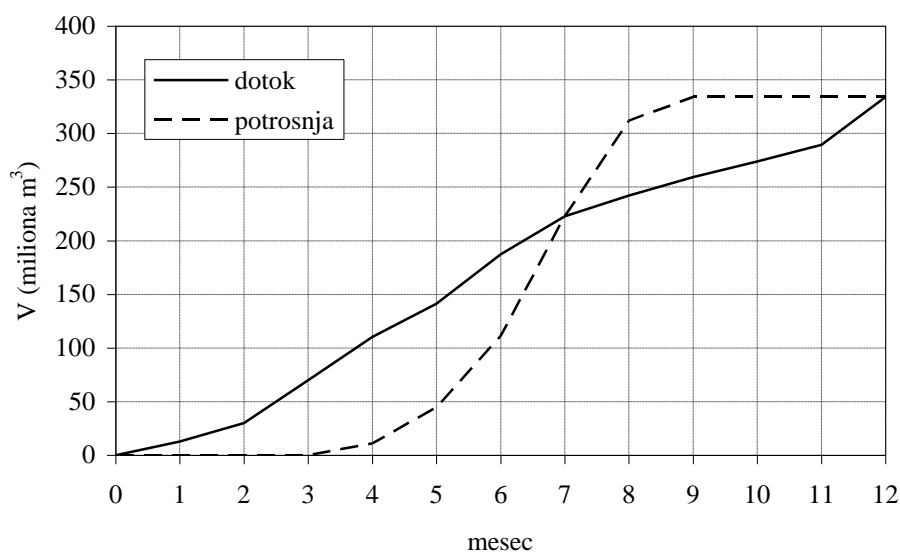
Na osnovu srednjih mesečnih dotoka u akumulaciju (iz tabele 2) određena je sumarna linija dotoka (tabela 4, četvrta kolona). Ukupna godišnja količina vode koja dolazi u akumulaciju iznosi 334.1 miliona m³. Pri godišnjem izravnavanju voda to je i zapremina vode koja se može potrošiti na navodnjavanje. Kako je ukupan sloj vode koji treba obezbediti za biljke tokom godine jednak 300 mm, sledi da se može navodnjavati površina od:

$$A_{nav} = \frac{V_{nav}}{P_{nav}} = \frac{334.1 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{300 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 1113.6 \text{ km}^2$$

Proračun mesečne potrošnje vode za navodnjavanje i sumarne linije potrošnje prikazana je u tabeli 4 (kolone 5 i 6). Obe sumarne linije (dotoka i potrošnje) prikazane su na slici 1.

Tabela 4. Proračun sumarnih linija i zapremine vode u akumulaciji.

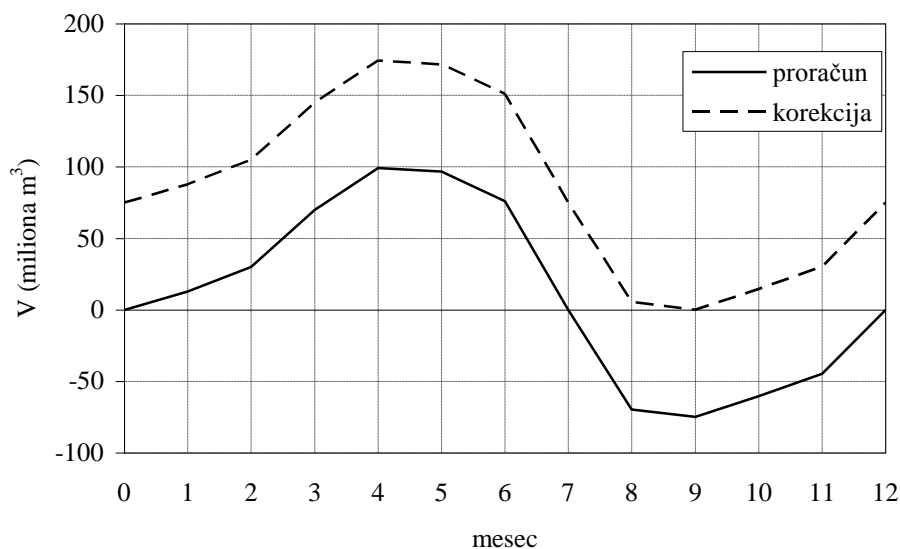
mesec	srednji mesečni dotok	mesečna zapremina dotoka	sumarna linija dotoka	mesečna zapremina potrošnje	sumarna linija potrošnje	zapremina vode u akumulaciji		nivo vode u akumulaciji
	Q_d (m^3/s)	ΔV_d ($10^6 m^3$)	V_d ($10^6 m^3$)	ΔV_p ($10^6 m^3$)	V_p ($10^6 m^3$)	V_{ak} ($10^6 m^3$)	V_{ak}' ($10^6 m^3$)	Z (m.n.m.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
I	4.8	12.9	0	0	0	0	75.0	490.14
II	7.1	17.2	12.9	0	0	12.9	87.9	493.18
III	14.9	39.9	30.0	0	0	30.0	105.0	496.60
IV	15.6	40.4	69.9	11.1	0	69.9	144.9	497.98
V	11.5	30.8	110.4	33.4	11.1	99.2	174.2	507.17
VI	17.8	46.1	141.2	66.8	44.5	96.6	171.6	506.80
VII	13.2	35.4	187.3	111.4	111.4	76.0	151.0	503.86
VIII	7.3	19.6	222.7	89.1	222.7	0.0	75.0	490.14
IX	6.6	17.1	242.2	22.3	311.8	-69.6	5.4	457.78
X	5.4	14.5	259.3	0	334.1	-74.7	0.3	446.14
XI	6.0	15.6	273.8	0	334.1	-60.3	14.7	467.38
XII	16.7	44.7	289.3	0	334.1	-44.7	30.3	476.46
			334.1		334.1	0	75.0	490.14



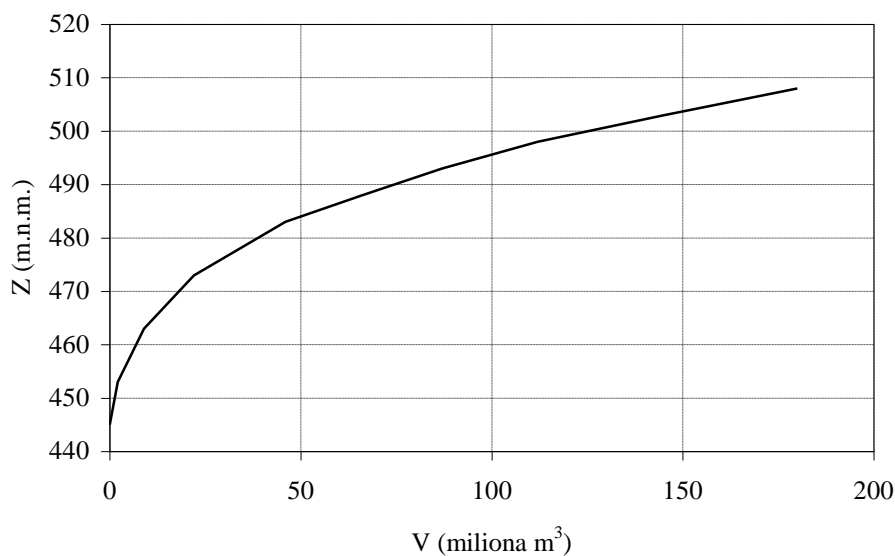
Slika 1. Sumarne linije dotoka i potrošnje.

Promena zapremine vode u akumulaciji po mesecima određena je oduzimanjem odgovarajućih ordinata sumarne linije dotoka i potrošnje (tabela 4, kolona 7). Kako su se u nekim mesecima pojavile negativne zapremine vode u akumulaciji, što ukazuje da je potrošnja u tim mesecima veća od dotoka, postavlja se zahtev da se na početku godine u akumulaciji mora nalaziti početna zapremina od bar 75 miliona m^3 , što odgovara najvećem manjku vode (u septembru razmatrane godine). Sa zahtevanom početnom zapreminom, "korigovana" promena zapremine vode u akumulaciji prikazana je u pretposlednjoj koloni tabele 4 i na slici 2.

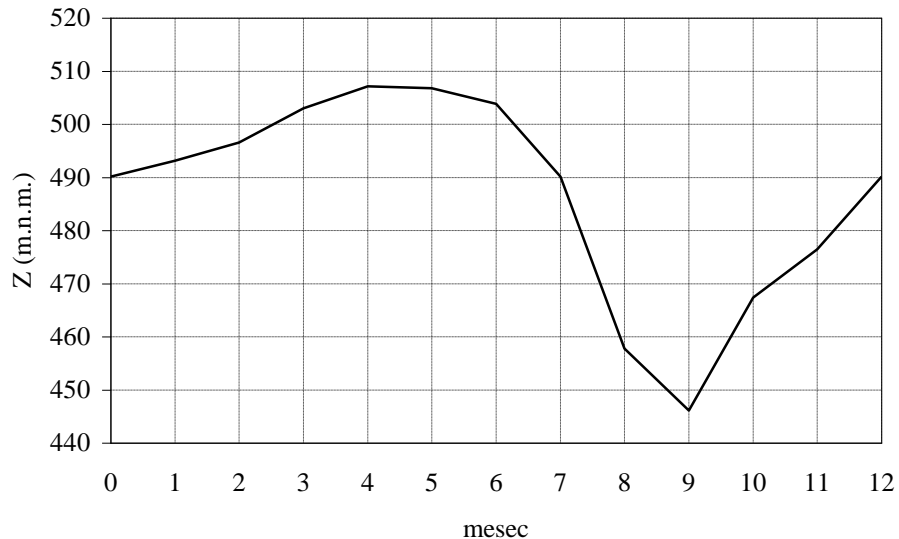
Korišćenjem krive zapremine akumulacije (slika 3) određen je i nivogram u akumulaciji za razmatranu godinu (poslednja kolona u tabeli 4 i slika 4).



Slika 2. Proračunate promene zapremine vode u akumulaciji i "korekcija" sa zahtevanom početnom zapreminom od 75 miliona m^3 .



Slika 3. Kriva zapremine akumulacije.



Slika 4. Nivogram u akumulaciji.

PRIMER 2

Akumulacija se koristi za proizvodnju hidroenergije. Tokom jedne godine eksploatacije, mereni su dotok vode u jezero, nivo vode u jezeru, padavine i isparavanje na površinu jezera. Ovi podaci su dati u tabeli 1.

Pribranska hidroelektrana radi sa koeficijentom korisnog dejstva od 0.9 i sa prosečnom kotom donje vode od 800 m.n.m.

Utvrđena je kriva površine jezera (zavisnost kote nivoa vode u jezeru i površine jezera), koja je prikazana u tabeli 2.

Potrebno je odrediti prosečne protoke po mesecima sa kojima je radila hidroelektrana. Odrediti i ukupnu količinu proizvedene električne energije.

Tabela 1. Osmotreni podaci o dotoku, nivou jezera, padavinama i isparavanju (* kota nivoa vode u jezeru na početku januara).

mesec	srednji mesečni dotok Q_d (m ³ /s)	nivo u jezeru	mesečne padavine P (mm)	mesečno isparavanje E (mm)
		na kraju meseca Z (m.n.m.)		
		855.0*		
I	12.5	845.0	44	0
II	15.7	853.0	38	0
III	22.4	861.6	53	0
IV	21.7	870.0	67	45
V	16.9	874.6	108	75
VI	11.4	878.6	84	95
VII	8.0	881.0	92	180
VIII	4.8	882.3	78	200
IX	4.6	880.6	58	110
X	8.4	878.8	80	55
XI	11.6	871.2	77	0
XII	14.8	859.0	68	0

Tabela 2. Kriva površine jezera.

Z (m.n.m.)	840	850	860	870	880	890
A_{jezera} (km ²)	2.3	3.4	4.5	5.9	6.7	7.3

Rešenje

Bilansna jednačina za akumulaciono jezero u jednom mesecu glasi:

$$\text{dotok} + \text{padavine} - \text{isparavanje} - \text{potrošnja HE} = \text{promena zapremine vode u jezeru}$$

U gornjoj jednačini nepoznata je potrošnja vode iz akumulacije za hidroelektranu, dok se ostale veličine mogu odrediti na osnovu izmerenih podataka.

Mesečne zapremine dotoka u akumulaciju računaju se na osnovu srednjih mesečnih dotoka:

$$V_d = Q_d \cdot T_{\text{mes}}$$

Mesečne zapremine padavina i isparavanja određuju se na osnovu mesečnog sloja padavina tj. isparavanja i prosečne mesečne površine jezera:

$$V_P = P \cdot A_{sr,mes}$$

$$V_E = E \cdot A_{sr,mes}$$

Prosečna mesečna površina jezera je srednja vrednost površina na početku i na kraju meseca:

$$A_{sr,mes} = \frac{A(Z_{poc}) + A(Z_{kraj})}{2}$$

Da bi se odredila promena zapremine vode u jezeru, najpre se mora konstruisati kriva zapremine akumulacije (zavisnost kote nivoa vode u jezeru i zapremine vode u akumulaciji) na osnovu krive površine akumulacije. Ovaj proračun je sproveden u tabeli 3, pri čemu su zapremine računane samo iznad najniže kote nivoa u jezeru od 840 m.n.m. Najpre se određuje deo zapremine između dve kote ΔV , a zatim ukupna zapremina do te kote V_{jez} .

Tabela 3. Proračun krive zapremine akumulacije.

Z (m.n.m.)	840	850	860	870	880	890
A_{jez} (km ²)	2.3	3.4	4.5	5.9	6.7	7.3
ΔV (10 ⁶ m ³)		28.5	39.5	52	63	70
V_{jez} (10 ⁶ m ³)	0	28.5	68	120	183	253

U tabeli 4 izvršen je proračun elemenata bilansa u akumulaciji po mesecima. Proračun zapremine dotekle vode (V_d) po mesecima dat je u koloni 2. Na osnovu osmotrenih kota nivoa vode u akumulaciji na početku godine i na kraju svakog meseca, a uz pomoć krive površine akumulacije, u kolonama 4 i 5 određene su površine jezera na početku godine i na kraju svakog meseca A_{jez} i prosečna površina jezera za svaki mesec $A_{sr,mes}$, da bi se sračunale mesečne zapremine usled padavina (V_P) i isparavanja (V_E) sa površine jezera u kolonama 7 i 9.

Na osnovu osmotrenih kota nivoa vode u akumulaciji na početku godine i na kraju svakog meseca, a uz pomoć krive zapremine akumulacije, u koloni 11 određene su zapremine jezera na početku godine i na kraju svakog meseca V_{jez} . Zatim su u koloni 12 određeni priraštaji zapremine ΔV_{jez} po mesecima.

Postavljanjem bilansne jednačine za svaki mesec određuje se mesečna zapremina vode koja se zahvata za rad hidroelektrane (V_{HE}):

$$V_d + V_P - V_E - V_{HE} = \Delta V_{jez} \quad \rightarrow \quad V_{HE} = V_d + V_P - V_E - \Delta V_{jez}$$

Ove zapremine određene su u koloni 13 tabele 4. Srednji mesečni protoci sa kojima je radila hidroelektrana tada su jednaki (kolona 14 u tabeli 4):

$$Q_{HE} = \frac{V_{HE}}{T_{mes}}$$

Energija koju proizvede hidroelektrana tokom jednog meseca jednaka je:

$$E_{HE,mes} = N_{HE} \cdot T_{mes} = \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot Q_{HE} \cdot T_{mes} = \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot V_{HE}$$

gde je N_{HE} prosečna snaga turbina u mesecu, η koeficijent korisnog dejstva turbina, ρ gustina vode, g gravitaciono ubrzanje, H prosečni pad vode u mesecu, Q_{HE} srednji mesečni protok ka turbinama, odnosno V_{HE} mesečna zapremina vode koju troši hidroelektrana. Prosečni pad u mesecu je razlika prosečne kote nivoa vode u akumulaciji tokom meseca i kote nivoa donje vode ($Z_{dv} = 800$ mm):

$$H = Z_{sr,mes} - Z_{dv} = \frac{Z_{poc} + Z_{kraj}}{2} - Z_{dv}$$

U koloni 15 tabele 4 određene su prosečne mesečne kote nivoa vode u jezeru, a u koloni 16 prosečan mesečni pad. Konačno je u koloni 17 sračunata proizvedena energija po mesecima. Na primer, za mesec januar se dobija:

$$\begin{aligned} E_{HE,jan} &= \eta \cdot \rho g \cdot H \cdot V_{HE} = 0.9 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50 \text{ m} \cdot 67.63 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = \\ &= 29.86 \cdot 10^{12} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 29.86 \cdot 10^{12} \text{ J} = 8.293 \cdot 10^6 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Ukupna energija koju je proizvela hidroelektrana tokom godine tada je jednaka zbiru mesečnih proizvodnji energije i iznosi:

$$E_{HE,god} = 62.85 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

Tabela 4. Proračun elemenata bilansa po mesecima.

mesec	dotok		površina jezera			padavine		isparavanje	
	Q_d (m ³ /s)	V_d (10 ⁶ m ³)	Z (m.n.m.)	A_{jez} (km ²)	$A_{\text{sr,mes}}$ (km ²)	P (mm)	V_P (10 ⁶ m ³)	E (mm)	V_E (10 ⁶ m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
I	12.5	33.48	855.0	3.950	3.400	44	0.15	0	0.00
II	15.7	37.98	845.0	2.850	3.290	38	0.13	0	0.00
III	22.4	60.00	853.0	3.730	4.227	53	0.22	0	0.00
IV	21.7	56.25	861.6	4.724	5.312	67	0.36	45	0.24
V	16.9	45.26	870.0	5.900	6.084	108	0.66	75	0.46
VI	11.4	29.55	874.6	6.268	6.428	84	0.54	95	0.61
VII	8.0	21.43	878.6	6.588	6.428	92	0.61	180	1.20
VIII	4.8	12.86	881.0	6.760	6.674	78	0.53	200	1.36
IX	4.6	11.92	882.3	6.838	6.799	58	0.39	110	0.75
X	8.4	22.50	880.6	6.736	6.787	80	0.53	55	0.37
XI	11.6	30.07	878.8	6.604	6.670	77	0.49	0	0.00
XII	14.8	39.64	871.2	5.996	6.300	68	0.35	0	0.00

Tabela 4 (nastavak). Proračun elemenata bilansa po mesecima.

mesec	zapremina vode u jezeru			rad hidroelektrane				
	Z (m.n.m.)	V_{jez} (10 ⁶ m ³)	ΔV_{jez} (10 ⁶ m ³)	V_{HE} (10 ⁶ m ³)	Q_{HE} (m ³ /s)	$Z_{\text{sr,mes}}$ (m.n.m.)	H (m)	$E_{\text{HE,mes}}$ (10 ⁶ kWh)
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
I	855.0	48.25						
II	845.0	14.25	-34.00	67.63	25.25	850.00	50.00	8.293
III	853.0	40.35	26.10	12.01	4.96	849.00	49.00	1.443
IV	861.6	76.32	35.97	24.25	9.05	857.30	57.30	3.408
V	870.0	120.00	43.68	12.68	4.89	865.80	65.80	2.047
VI	874.6	148.98	28.98	16.49	6.16	872.30	72.30	2.923
VII	878.6	174.18	25.20	4.28	1.65	876.60	76.60	0.804
VIII	881.0	190.00	15.82	5.02	1.87	879.80	79.80	0.982
IX	882.3	199.10	9.10	2.93	1.09	881.65	81.65	0.586
X	880.6	187.20	-11.90	23.47	9.05	881.45	81.45	4.688
XI	878.8	175.44	-11.76	34.43	12.85	879.70	79.70	6.729
XII	871.2	127.56	-47.88	78.43	30.26	875.00	75.00	14.427
XII	859.0	64.05	-63.51	103.50	38.64	865.10	65.10	16.525

PRIMER 3

Sliv jednog gradskog potoka sastoji se od dva dela (slika 1). Uzvodni deo sliva nije urbanizovan i na njemu se potok nalazi u prirodnom stanju. Nizvodni deo sliva je urbanizovan i izgrađen je sistem kišne kanalizacije. Približno na polovini dužine potoka nalazi se zahvatna građevina pomoću koje je potok uveden u kanalizacioni sistem. Kao mera zaštite od plavljenja kišnim vodama na slivu, previda se izgradnja retenzije za ublažavanje talasa velikih voda na mestu uvođenja potoka u kanalizaciju. Sračunat je hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva povratnog perioda 10 godina, koji predstavlja ulazni hidrogram za retenziju (tabela 1).

Maksimalni kapacitet kolektora u koji se potok uvodi iznosi 350 L/s. Pretpostavlja se da se tokom prolaska poplavnog talasa iz retenzije uvek ispušta maksimalni mogući protok.

Odrediti potrebnu zapreminu retenzije pod prepostavkom da:

- pre nailaska poplavnog talasa u retenziji se nalazi zapremina od 250 m³ vode,
- pre nailaska poplavnog talasa u retenziji nema vode.



Slika 1. Skica sliva.

Tabela 1. Hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva

t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Q (L/s)	0	19	95	308	1030	1950	1810	965	374	171	99	71	58	49	39	30

Rešenje

Ulaz u retenziju predstavlja zadati hidrogram oticaja sa uzvodnog dela sliva, dok je izlaz iz retenzije definisan maksimalnim kapacitetom nizvodnog kolektora od 350 L/s. Proračun bilansa vode u retenziji sprovedeće se u vremenskim intervalima od 5 minuta, s obzirom da je ulazni hidrogram zadat na taj način. Ulazni hidrogram je grafički prikazan na slici 2.

Zapremina vode koja ulazi u retenziju u jednom vremenskom intervalu jednaka je:

$$\Delta V_{u,j} = \int_{t_{j-1}}^{t_j} Q(t) dt \approx \frac{Q(t_{j-1}) + Q(t_j)}{2} \cdot \Delta t = Q_{j,sr} \cdot \Delta t$$

Zapremina vode koja ističe iz retenzije u jednom vremenskom intervalu zavisi od toga da li na početku razmatranog intervala u retenziji ima dovoljno vode da u nizvodni kolektor ističe maksimalni protok od 350 L/s. Ukoliko bi izlaz iz retenzije bio jednak maksimalnom kapacitetu nizvodnog kolektora, zapremina izlaza u jednom trenutku bi bila:

$$\Delta V_{i,j} = Q_{nizv} \cdot \Delta t = 350 \frac{1}{s} \cdot 5 \cdot 60 s = 105 m^3$$

U suprotnom, iz retenzije može da istekne samo onoliko vode koliko se nalazi u retenziji na početku razmatranog vremenskog intervala.

a) Pre nailaska talasa u retenziji ima 250 m³

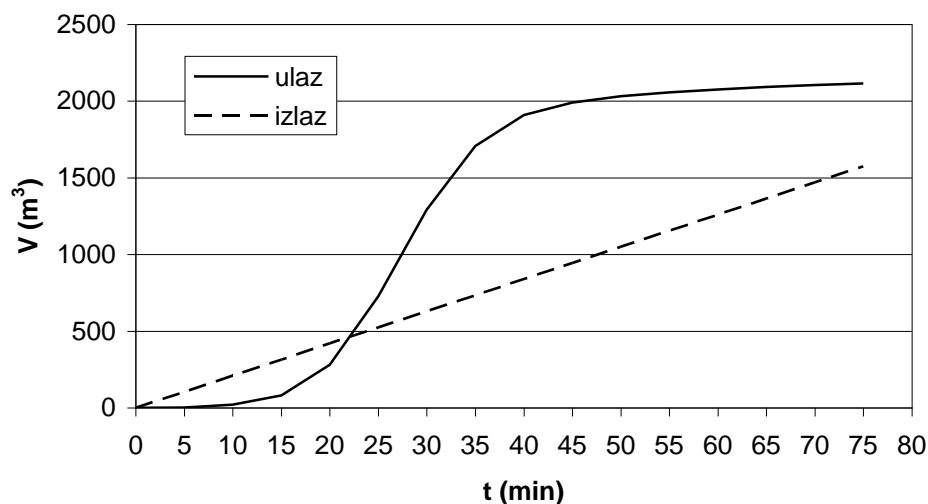
U tabeli 1 prikazan je proračun bilansa voda u retenziji kada njena početna zapremina iznosi 250 m³. U koloni 2 određeni su srednji protoci koji ulaze u retenziju $Q_{j,sr}$. U koloni 3 proračunate su zapremine ulaza u retenziju po vremenskim intervalima, dok je u koloni 4 određena sumarna linija dotoka u retenziju. U koloni 6 data je sumarna linija isticanja iz retenzije, dok je u koloni 7 određena razlika ordinata sumarne linije ulaza i izlaza. U koloni 8 izračunata je zapremina vode u retenziji pri čemu je uzeto je u obzir da početna zapremina iznosi 250 m³. Na slici 2 prikazane su sumarne linije ulaza i izlaza, dok je na slici 3 data promena zapremine vode u retenziji.

Potrebna zapremina retenzije je najveća zapremina vode koju retenzija treba da primi, a to je 1319.2 m³. Na osnovu toga usvaja se potrebna zapremina akumulacije:

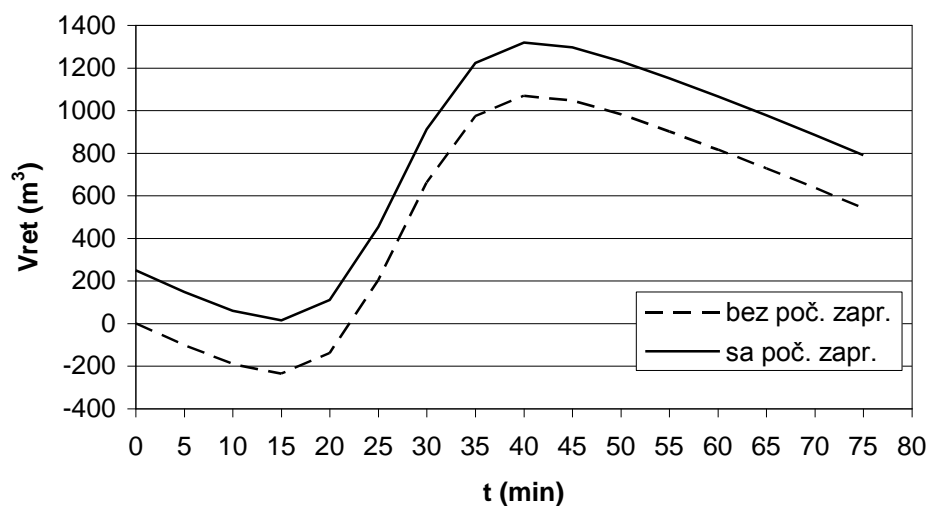
$$V_{potr} = 1320\text{m}^3$$

Tabela 1. Proračun bilansa voda u retenziji za slučaj (a) kada u retenziji pre nailaska poplavnog talasa postoji 250 m³ vode.

t (min)	ulaz				izlaz		stanje	
	Q (L/s)	Q _{sr} (L/s)	ΔV _u (m ³)	V _u (m ³)	ΔV _i (m ³)	V _i (m ³)	V _u - V _i (m ³)	V _{ret} (m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0			0		0	0	250
5	19	9.5	2.85	2.85	105	105	-102.15	147.85
10	95	57.0	17.10	19.95	105	210	-190.05	59.95
15	308	201.5	60.45	80.40	105	315	-234.60	15.40
20	1030	669.0	200.70	281.10	105	420	-138.90	111.10
25	1950	1490.0	447.00	728.10	105	525	203.10	453.10
30	1810	1880.0	564.00	1292.10	105	630	662.10	912.10
35	965	1387.5	416.25	1708.35	105	735	973.35	1223.35
40	374	669.5	200.85	1909.20	105	840	1069.20	1319.20
45	171	272.5	81.75	1990.95	105	945	1045.95	1295.95
50	99	135.0	40.50	2031.45	105	1050	981.45	1231.45
55	71	85.0	25.50	2056.95	105	1155	901.95	1151.95
60	58	64.5	19.35	2076.30	105	1260	816.30	1066.30
65	49	53.5	16.05	2092.35	105	1365	727.35	977.35
70	39	44.0	13.20	2105.55	105	1470	635.55	885.55
75	30	34.5	10.35	2115.90	105	1575	540.90	790.90



Slika 1. Sumarne linije ulaza i izlaza u retenziji.



Slika 2. Stanje zapremine vode u retenziji.

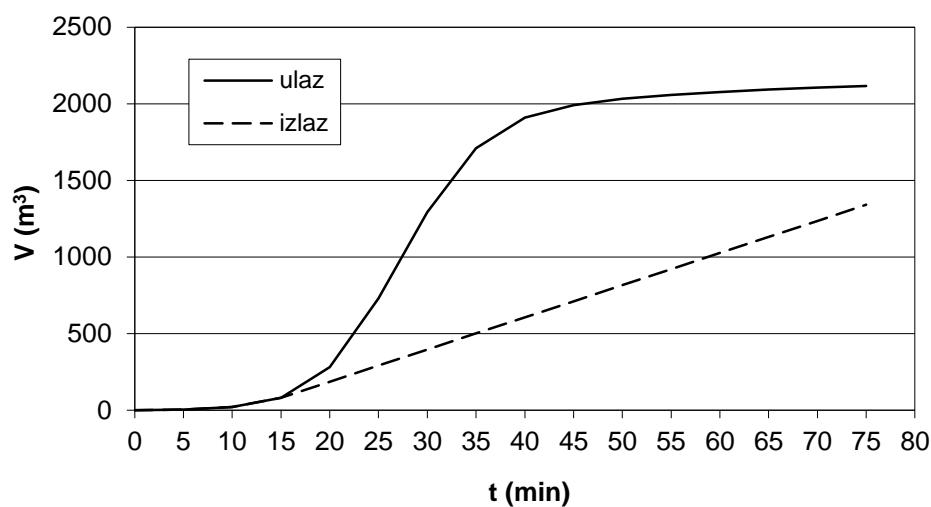
b) Pre nailaska talasa retenzija je prazna

U ovom slučaju proračun je prikaza u tabeli 2. Prvi deo tabele koji definiše ulaz u retenziju (kolone 1-4) je isti kao u prethodnom slučaju. U koloni 5 su date zapremine isticanja iz retenzije gde se u prva tri vremenska koraka vodilo računa da je dotok manji od kapaciteta nizvodnog kolektora, pa je izlaz jednak ulazu. U narednim koracima dotok je veći od kapaciteta nizvodnog kolektora, pa zapremina izlaza nadalje uvek ista, tj. iznosi 105 m^3 . U koloni 7 određena je razlika ordinata sumarne linije ulaza i izlaza. S obzirom da je početna zapremina jednaka nuli, zapremina vode u retenziji u koloni 8 jednaka je vrednostima iz kolone 7. Na slici 3 prikazane su sumarne linije ulaza i izlaza, dok je na slici 4 data promena zapremine vode u retenziji.

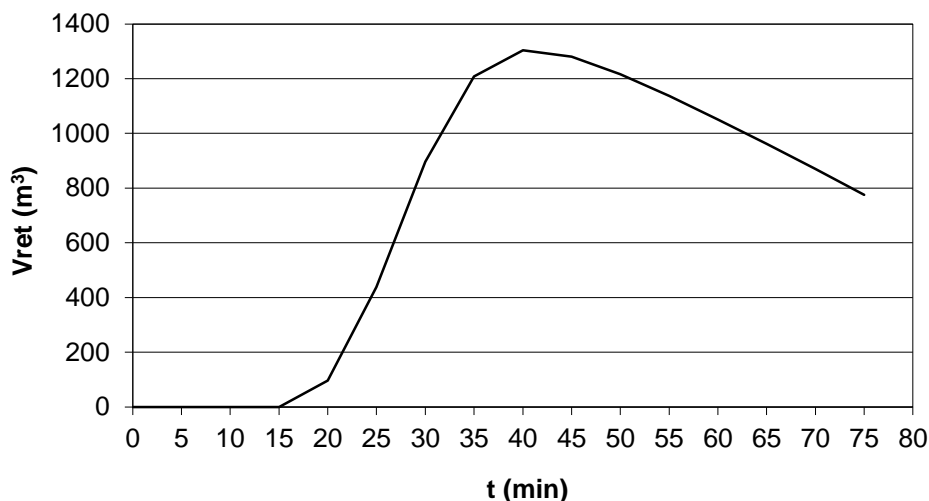
Maksimalna zapremina retenzije u ovom slučaju iznosi 1303.8 m^3 .

Tabela 2. Proračun bilansa voda u retenziji za slučaj (b) kada je retenzija prazna pre nailaska poplavnog talasa.

t (min)	ulaz				izlaz		stanje	
	Q (L/s)	Q_{sr} (L/s)	ΔV_u (m ³)	V_u (m ³)	ΔV_i (m ³)	V_i (m ³)	$V_u - V_i$ (m ³)	V_{ret} (m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0			0		0	0	0
5	19	9.5	2.85	2.85	2.85	2.85	0	0
10	95	57.0	17.10	19.95	17.10	19.95	0	0
15	308	201.5	60.45	80.40	60.45	80.40	0	0
20	1030	669.0	200.70	281.10	105	185.40	95.70	95.70
25	1950	1490.0	447.00	728.10	105	290.40	437.70	437.70
30	1810	1880.0	564.00	1292.10	105	395.40	896.70	896.70
35	965	1387.5	416.25	1708.35	105	500.40	1207.95	1207.95
40	374	669.5	200.85	1909.20	105	605.40	1303.80	1303.80
45	171	272.5	81.75	1990.95	105	710.40	1280.55	1280.55
50	99	135.0	40.50	2031.45	105	815.40	1216.05	1216.05
55	71	85.0	25.50	2056.95	105	920.40	1136.55	1136.55
60	58	64.5	19.35	2076.30	105	1025.40	1050.90	1050.90
65	49	53.5	16.05	2092.35	105	1130.40	961.95	961.95
70	39	44.0	13.20	2105.55	105	1235.40	870.15	870.15
75	30	34.5	10.35	2115.90	105	1340.40	775.50	775.50



Slika 3. Sumarne linije ulaza i izlaza u retenziji.



Slika 4. Stanje zapremine vode u retenziji.

PRIMER 4

Za potrebe vodosnabdevanja jednog naselja od 27000 stanovnika izgrađen je rezervoar u koji se voda crpi iz obližnje reke sa konstantnim protokom. Dnevne potrebe tog naselja za vodom definisane su normom potrošnje od 200 L/stan/dan i koeficijentima neravnomernosti potrošnje datim u tabeli 1.

Ako se pretpostavi da će se u rezervoaru vršiti dnevno izravnavanje voda, odrediti potrebnu zapreminu rezervoara.

Tabela 1. Koeficijenti neravnomernosti dnevne potrošnje vode.

period (h)	0 – 5	5 – 15	15 – 19	19 – 21	21 – 24
koeficijent neravnomernosti potrošnje K_n	0.1	1.6	1.0	1.3	0.3

Rešenje

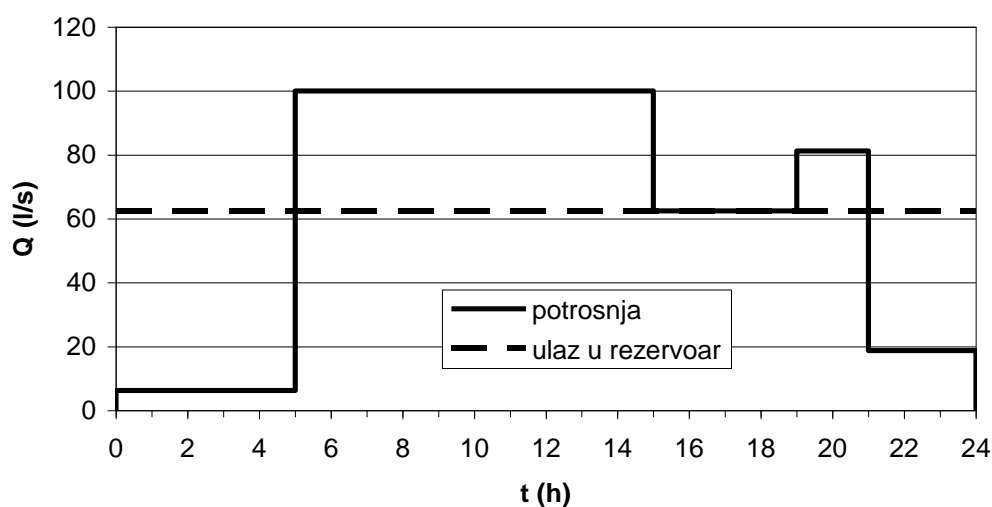
Na osnovu broja stanovnika i zahtevane norme potrošnje, potrebna količina vode za dnevno snabdevanje vodom ovog naselja iznosi:

$$V_{dn} = 27000 \text{ stan} \cdot 200 \frac{\text{l}}{\text{stan} \cdot \text{dan}} = 5400 \text{ m}^3$$

Prosečna dnevna potrošnja je tada:

$$Q_{sr} = \frac{V_{dn}}{T_{dn}} = \frac{5400}{24 \cdot 3600} = 62.5 \text{ l/s}$$

Kako se zahteva da se u rezervoaru vrši dnevno izravnavanje voda, to znači da je tokom dana potrebno zahvatiti iz reke i dovesti u rezervoar količinu vode jednaku dnevnoj potrošnji, dakle $V_{dn} = 5400 \text{ m}^3$. Ako se voda iz reke crpi sa konstantnim protokom, to takođe znači da se crpi protok jednak srednjoj dnevnoj potrošnji od $Q_{sr} = 62.5 \text{ L/s}$. Na slici 1 prikazani su hidrogrami potrošnje i ulaza u rezervoar.



Slika 1. Hidrogrami potrošnje i ulaza u rezervoar.

Uzimajući u obzir dnevnu neravnomernost potrošnje, u koloni 3 tabele 2 određeni su protoci potrošnje, a u koloni 4 zapremine potrošnje u pojedinim periodima tokom dana. U koloni 5 sračunata je sumarna linija potrošnje. U koloni 6 određene su zapremine vode koje se u pojedinim intervalima crpe iz reke i uvode u rezervoar, kao:

$$\Delta V_u = Q_{sr} \cdot \Delta t$$

U koloni 7 određena je sumarna linija ulaza u rezervoar, a u koloni 8 određene su zapremine vode u rezervoaru tokom dana oduzimanjem ordinata sumarne linije potrošnje od ordinata sumarne linije ulaza. Kako se javljaju negativne zapremine u rezervoaru, potrebno je zahtevati da se u 0 časova u rezervoaru nalazi početna zapremina od 472.5 m³. Uz ovaj zahtev, u koloni 9 su korigovane zapremine vode u rezervoaru. Iz ovih rezultata vidi se da će se u 5 časova u rezervoaru naći maksimalna količina vode od 1485 m³, pa se usvaja potrebna zapremina rezervoara:

$$V_{potr} = 1500 \text{ m}^3$$

Tabela 2. Proračun bilansa vode u rezervoaru za dnevno izravnavanje potrošnje.

t (h)	Δt (h)	potrošnja				ulaz		stanje	
		K_n	Q_p (L/s)	ΔV_p (m ³)	V_p (m ³)	ΔV_u (m ³)	V_u (m ³)	V_{rez} (m ³)	V'_{rez} (m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0					0		0	0	472.5
	5	0.1	6.25	112.5		1125			
5					112.5		1125	1012.5	1485.0
	10	1.6	100.00	3600		2250			
15					3712.5		3375	-337.5	135.0
	4	1.0	62.50	900		900			
19					4612.5		4275	-337.5	135.0
	2	1.3	81.25	585		450			
21					5197.5		4725	-472.5	0.0
	3	0.3	18.75	202.5		675			
24					5400.0		5400	0	472.5