

## VEŽBA 9: REDIM – PROGRAM ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNOG PLANA RAZVOJA VODOPRIVREDNOG SISTEMA

### SADRŽAJ

I	UVOD.....	2
II	NAMENA PROGRAMA.....	2
III	OPIS PROBLEMA.....	4
IV	MATEMATIČKI MODEL.....	5
	<i>Model vodoprivrednog sistema.....</i>	<i>5</i>
	<i>Ekonomski proračuni.....</i>	<i>7</i>
	<i>Postavka problema.....</i>	<i>8</i>
	<i>Ograničenja.....</i>	<i>11</i>
	<i>Metod rešavanja.....</i>	<i>12</i>
V	OPIS PROGRAMA.....	12
VI	OPIS ULAZNIH PODATAKA.....	13
	<i>Formati ulaznih podataka.....</i>	<i>13</i>
VII	OPIS REZULTATA.....	14
VIII	PRIMER.....	14
	<i>LITERATURA</i>	
	<i>LISTING PAKETA ULAZNIH PODATAKA</i>	
	<i>LISTING REZULTATA</i>	
	<i>LISTING PROGRAMA (posebno ukoričen)</i>	

## **I UVOD**

Program REDIM razvijen je za potrebe određivanja optimalnih planova razvoja vodoprivrednih sistema. Iako je program prilagođen specifičnostima vodoprivrednih sistema, metodologija je dovoljno opšta tako da se sa manjim izmenama u programu može primeniti i za druge ekonomske ili tehničke sisteme.

Program REDIM razvijen je na osnovu metodologije koja se koristi u programu DPSIM-I koji je razvijen u Texas Water development Board, USA.

Sadašnja verzija programa REDIM sadrži i neke specifičnosti tipične za region 11 Zapadne Morave.

## **II NAMENA PROGRAMA**

Program REDIM koristi se za planiranje razvoja vodoprivrednih sistema. Program određuje optimalan plan razvoja vodoprivrednog sistema tako što koordiniranim dinamičkim postupkom donosi sledeće odluke:

- vrši izbor najpovoljnijih objekata za izgradnju iz niza mogućih
- vrši izbor optimalnih dimenzija pojedinih objekata
- određuje optimalan redosled izgradnje objekta tj. kada će se pojedini objekti uključivati u sistem

Pod optimalnim planom razvoja vodoprivrednog sistema podrazumeva se onaj plan koji minimizira diskontovane vrednosti troškova izgradnje i rada sistema u zadatom višegodišnjem planskom horizontu, pri čemu sistem zadovoljava predviđeni trend porasta zahteva za vodom, kako ukupnog zahteva, tako i lokalnih zahteva na pojedinim delovima sistema, uz poštovanje postavljenih ograničenja, fizičke ili ekonomske prirode. Vodoprivredni objekti koji se mogu razmatrati u programu REDIM su:

- akumulacije
- kanali
- pumpne stanice za eksploataciju akvifera

Program može da prihvati proizvoljnu konfiguraciju sistema koji se sastoji od nezavisnih objekata, kao i da uključi određeni tip međusobne povezanosti pojedinih objekata u sistemu.

Pošto je problem određivanja optimalnog plana razvoja vodoprivrednog sistema veoma kompleksan i često može biti povezan sa nizom ograničenja i pretpostavki, program REDIM je tako formiran da korisnik može zadati niz pretpostavki pomoću kojih se opšti problem formulisan u programu svodi na konkretan problem koji se razmatra. Tako na primer:

- Prilikom izbora optimalnog plana razvoja program uzima u obzir dinamiku obezbeđenja investicionih sredstava namenjenih izgradnji sistema tj. maksimizira dozvoljena ulaganja u izgradnju u pojedinim etapama planskog horizonta
- Moguće je specificirati da određeni objekat može biti izgrađen pre nekog drugog ili ne može egzistirati zajedno sa nekim drugim što je uslovljeno bilo fizičkim ograničenjima, bilo željom korisnika programa
- Moguće je specificirati da određeni objekat može, mora ili ne sme da ima određeni nivo izgrađenosti u određenoj etapi planskog horizonta
- Moguće je zadavati ograničenja tipa nejednakosti u pogledu relativnih odnosa koje treba da zadovoljavaju garantovane vode grupa objekata u različitim delovima regiona
- Moguće je uključiti postojanje participanata u izgradnji pojedinih objekata, uzimanjem u obzir ulaganja participanata i garantovanu vodu koju treba isporučiti particiapantu.

Takođe, program REDIM je veoma pogodan za ispitivanje uticaja

- dužine planskog horizonta,
- dinamike obezbeđenja investicija,
- različitih mogućih trendova zahteva za vodom,
- participacije zainteresovanih za delimično korišćenje sistema

Pored određivanja optimalnog plana razvoja program REDIM takođe određuje i planove razvoja bliske optimalnom, tj. planove čija je cena

realizacije veća od cene optimalnog rešenja do zadatog broja procenata. Na taj način pruža se mogućnost donosiocima odluka da od planova čija cena neznatno odstupa od optimalne izaberu onaj plan koji može biti pogodniji od ostalih zbog nekih faktora druge prirode koji nisu mogli biti obuhvaćeni programom.

### **III OPIS PROBLEMA**

Potrebe za vodom stalno se povećavaju i direktno zavise od porasta broja stanovnika, životnog standarda, razvoja novih industrijskih centara i unapređenja poljoprivredne proizvodnje primenom navodnjavanja. Kako su prirodni vodni resursi ograničeni obezbeđenje povećanih zahteva za vodom vrši se uglavnom izgradnjom vodoprivrednih objekata.

Izgradnja vodoprivrednih objekata, posebno akumulacija, kanala, cevovoda i pumpnih stanica zahteva velika investiciona ulaganja, tako da je od značajnog društvenog interesa odrediti optimalan plan razvoja vodoprivrednog sistema, odnosno iz niza mogućih izabrati najpovoljniju skup objekata za izgradnju, odrediti optimalan redosled, vreme početka izgradnje i dimenzije pojedinih objekata. Pod optimalnim planom razvoja vodoprivrednog sistema podrazumeva se onaj plan koji minimizira diskontovane vrednosti troškova izgradnje i rada sistema u zadatom višegodišnjem planskom horizontu, pri čemu sistem zadovoljava predviđeni trend porasta zahteva za vodom, kako ukupnog zahteva, tako i lokalnih zahteva na pojedinim delovima sistema, uz poštovanje postavljenih ograničenja, fizičke ili ekonomske prirode.

Određivanje optimalnog plana razvoja posebno je značajno kod vodoprivrednih sistema jer proširenje kapaciteta vodoprivrednih objekata tokom vremena nije ekonomski opravdano pa izabrane dimenzije objekata često predstavljaju konačno rešenje. Na primer, izborom većih dimenzija nekog objekta u ranijoj etapi može se javiti znatan višak kapaciteta što je ekonomski neopravdano dok izbor manje dimenzije ne onemogućava kasnije korišćenje određene lokacije. Zbog toga je izuzetno važno odrediti etapu u kojoj će objekat biti izgrađen imajući u vidu da sadašnja vrednost objekta eksponencijalno opada s vremenom. U slučaju više objekata postoji jako veliki broj različitih kombinacija u pogledu redosleda izgradnje i dimenzija objekata koje treba analizirati pa ovaj problem nije moguće uspešno rešiti bez primene računara i metoda sistemske analize.

Poslednjih godina posvećena je velika pažnja razvoju algoritama za optimalno planiranje vodoprivrednih sistema /1/, /2/. Karakteristično je da su osnovni problemi u ovoj oblasti:

1. Nivo detaljnosti modeliranja vodoprivrednog sistema
2. Koordinirano određivanje optimalnih dimenzija objekata i optimalnog redosleda izgradnje objekata /3/
3. Potrebno vreme izračunavanja i memorijski zahtev računara

#### **IV MATEMATIČKI MODEL**

Modeliranje ovako složenog problema kao što je planiranje razvoja vodoprivrednog sistema najčešće zahteva uvođenje većeg broja pretpostavki i ograničenja pa je razvoj programa REDIM izvršen poštujući određena pravila, ograničenja i pretpostavke.

U opisu matematičkog modela najpre će biti iznete osnovne karakteristike uporšćenog modela vodoprivrednog sistema koji se koristi u programu REDIM kao i pretpostavke usvojene u ovom modelu. Zatim su izdvojeni i ilustrovani ekonomski proračuni koji se vrše u programu. Na kraju je izložena postavka problema, kao i metod rešavanja.

#### *MODEL VODOPRIVREDNOG SISTEMA*

- Osnovni vodoprivredni objekti koji se mogu razmatrati pomoću programa REDIM su akumulacije, kanali za prenos vode i pumpne stanice za eksploataciju akvifera.
- Veličine kojim su opisani vodoprivredni objekti su: godišnja garantovana voda, troškovi izgradnje i troškovi održavanja za svaku od alternativnih dimenzija objekata kao i troškovi isporuke jedinice vode pomoću datog objekta.
- Nije moguće smanjenje kapaciteta objekta tokom vremena. U programu se može specificirati kod kojih objekata je dozvoljena dogradnja u toku planskog horizonta a kod kojih nije veće moraju odmah biti izgrađeni na konačnu dimenziju.
- Godišnja garantovana voda objekta predstavlja vodu koju objekat garantovano može isporučiti u toku godine prema unapred specificiranoj mesečnoj raspodeli zavisno od tipa

namene objekta. Moguće je predvideti i vešenamensko korišćenje akumulacije. Priprema podataka o godišnjoj garantovanoj vodi veoma uspešno se može vršiti pomoću programa RESOP-I (P).

- Ako se drukčije ne naglasi vodoprivredni objekti u programu REDIM tretiraju se kao nezavisni objekti.
- Pod međusobno povezanim objektima ovde se podrazumevaju objekti koji snabdevaju isti centar zahteva.
- Godišnja garantovana voda sistema, odnosno godišnja garantovana voda skupa objekata predstavlja sumu garantovanih voda pojedinačnih nezavisnih objekata, uzimajući u obzir povećanje godišnje garantovane vode u slučaju postojanja zavisnih objekata.
- U programu REDIM period posmatranja (planski horizont) deli se u više etapa koje sadrže proizvoljan broj godina, kao na primer 5 u slučaju petogodišnjih planova. Smatra se da se izgradnja objekta vrši u toku određene etape, odnosno da se na kraju etape objekat uključuje u sistem.
- Predpostavlja se da u trenutku puštanja u rad određene akumulacije ili kanala za navodnjavanje postoji zalivni sistem, odnosno da se voda date akumulacije može odmah koristiti za navodnjavanje.
- Prilikom modeliranja rada sistema prednost u isporučivanju vode imaju objekti sa nižim operativnim troškovima po jedinici isporučene vode. Na taj način minimiziraju se troškovi isporuke vode za razmatranu konfiguraciju sistema.
- Trend zahteva za vodom je monotono neopadajuća funkcija vremena.
- Moguće je zahtevati obavezno zadovoljenje zahteva za vodom ili dozvoliti izvesan manjak koji se penališe proporcionalno neisporučenoj vodi i ne prelazi zadatu vrednost.

## EKONOMSKI PRORAČUNI

U programu REDIM period posmatranja ili planski horizont podeljen je u konačan broj etapa u kojima se vrši izgradnja objekata. Svaka etapa sadrži proizvoljan broj godina.

Osnovni ekonomski parametri koji figurišu u programu su:

- Stopa aktualizacije ili diskontna stopa (u programu je usvojeno da se vrednost dis. stope ne menja u toku planskog horizonta)
- Ekonomski vek objekta (predpostavlja se isti ekonomski vek za sve objekte pri čemu on mora biti veći od broja godina u planskom horizontu)
- Faktor diskontovanja  $g_k$  predstavlja koeficijent za konverziju cena u godini  $k$  od početka planskog horizonta u sadašnju (diskontovanu) vrednost

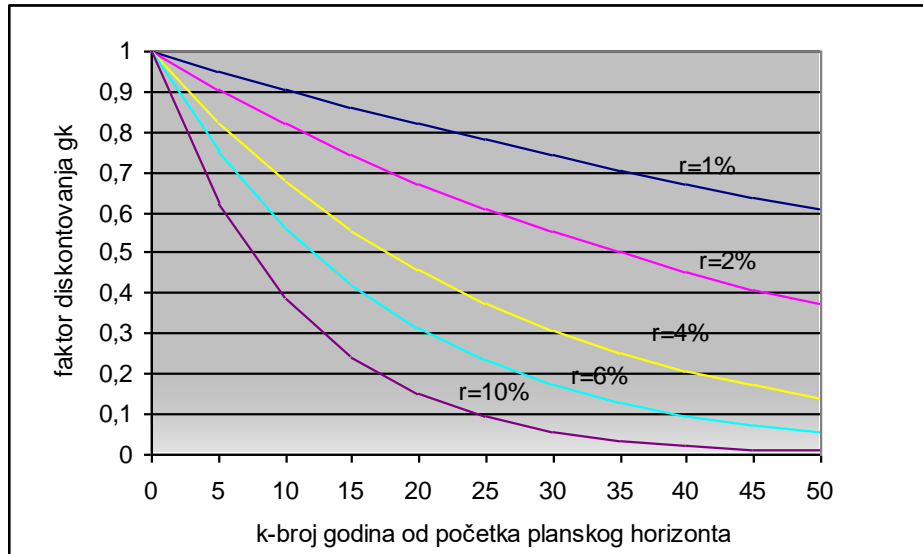
$$g^k = \frac{1}{(1+r)^k}$$

- Sadašnja vrednost (diskontovana vrednost) objekta u godini  $k$  predstavlja proizvod faktora diskontovanja za godinu  $k$  i cene objekta  $c$

$$S_k = c \cdot g_k$$

Zavisnost faktora diskontovanja  $g_k$  od diskontne stope  $r$  i broja godina od početka planskog horizonta  $k$  prikazana je na slici 1. Pokazuje se, na primer, da u slučaju izgradnje objekta kroz 10 godina ( $k=10$ ) pri stopi aktualizacije  $r=1\%$  faktor diskontovanja  $g_k$  iznosi 0.905 što znači da sadašnja vrednost objekta iznosi 90.5% njegove cene, za  $r=2\%$  iznosi 0.84, za  $r=4\%$  iznosi 0.68, za  $r=6\%$   $g_k$  je 0.56, a za  $r=10\%$   $g_k$  iznosi 0.38.

Pri diskontnoj stopi od 6%, na primer, posle 20 godina sadašnja vrednost objekta iznosi 31% cene, posle 30 godina 17% cene, a posle 50 godina 5% cene.



Slika 1: Zavisnost faktora diskontovanja  $g_k$  od diskontne stope  $r$  i broja godina od početka planskog horizonta  $k$

- Godišnji iznos amortizacije objekta predstavlja proizvod cene objekta i koeficijenta amortizacije  $B$  gde je

$$B = \begin{cases} \frac{1}{n} & , \text{za } r = 0 \\ \frac{r \cdot (1+r)^n}{(1+r)^n - 1} & , \text{za } r \neq 0 \\ r & , \text{za } n = \infty \end{cases}$$

gde je  $n$  – ekonomski vek objekta u godinama

- aktualizovani troškovi amortizacije u periodu posmatranja predstavljaju sumu diskontovanih godišnjih iznosa amortizacije od godine izgradnje do kraja planskog horizonta.

#### POSTAVKA PROBLEMA

- Predpostavlja se da je planski horizont podeljen u  $N$  etapa koje sadrže određeni broj godina. Odluke o izgradnji objekata donose se na početku svake etape  $j, j=1, \dots, N$ .



- Dat je skup od  $K$  predviđenih vodoprivrednih objekata (akumulacije, kanali, pumpne stanice, cevovodi). Svaki objekat  $i, i=1, \dots, K$  može imati više alternativnih dimenzija. Nivo izgrađenosti objekta  $i$  u etapi  $j$ ,  $V_{i,j}$ , može imati vrednost:

$V_{i,j} = 0$  objekat nije izgrađen

$V_{i,j} = 1$  objekat izgrađen i ima prvu iz skupa alternativnih dimenzija

$V_{i,j} = 2$  objekat izgrađen i ima drugu iz skupa alternativnih dimenzija  
itd...

Objekti su za svaku od alternativnih dimenzija opisani pomoću sledećih veličina:

1. godišnja garantovana voda  $G_i(V_{i,j})$  tj. voda koju objekat može garantovano da isporuči korisnicima u toku godine prema unapred specifikiranoj mesečnoj raspodeli koja zavisi od tipa namene objekata
  2. Cena izgradnje objekta  $C_i(V_{i,j})$
  3. Konstantni operativni troškovi  $A_i(V_{i,j})$
  4. Troškovi isporuke jedinice vode pomoću objekta  $i$ ,  $a_i$
- Poznati su zahtevi za vodom u svakoj etapi  $j$ , i to kako ukupni zahtev u regionu  $Z(j)$  tako i lokalni zahtevi  $Z_l(j)$ ,  $l=1, \dots, L$  i  $j=1, \dots, N$ , gde je  $L$  broj lokalnih zahteva.
  - Zadana su maksimalna dozvoljena ulaganja u izgradnju objekta  $H(j)$  u svakoj etapi planskog horizonta  $j$ ,  $j=1, \dots, N$

Problem je sledeći: Optimalno odrediti razvoj sistema, odnosno tako odrediti promene dimenzija objekata  $V_{i,j}$  da sadašnja vrednost sume amortizovanih troškova izgradnje i troškova rada sistema tokom planskog horizonta bude minimalna, odnosno

$$\min_{V_{i,j}} \left( \sum_{j=1}^N T_j \left[ \sum_{i=1}^K B_{i,j} f_i(V_{i,j}, V_{i,j-1}) \right] + \sum_{j=1}^N E_j P_j \right)$$

uz uslov

$$V_{i,j} \geq V_{i,j-1}$$

gde je:

$f_i(V_{i,j}, V_{i,j-1})$  – funkcija troškova izgradnje odnosno ekspanzije objekta  $i$  definiše se na sledeći način

$$f_i(V_{i,j}, V_{i,j-1}) = \begin{cases} \infty & \text{za } V_{i,j-1} \neq 0 \text{ i } V_{i,j} < V_{i,j-1} & \text{i za slučaj kada nije dozvoljeno} \\ & & \text{prošireneje kapaciteta objekta} \\ 0 & \text{za } V_{i,j} = V_{i,j-1} & \text{objekat ostaje na prethodnom} \\ & & \text{nivou izgrađenosti} \\ C_i(V_{i,j}) - C_i(V_{i,j-1}) & \text{ako je } V_{i,j} > V_{i,j-1} & \text{tj. postoji proširenje} \\ & & \text{kapaciteta objekta u etapi } j \end{cases}$$

$$B_i = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} - \text{koeficijent amortizacije za objekat } i$$

$r$  – diskontna stopa

$n$  – ekonomski vek objekta  $i$

$T_j$  – suma godišnjih faktora diskontovanja  $g_k$  za godine od početka planske etape  $j$  do kraja planskog horizonta, gde je  $g_k = 1/(1+r)^k$  faktor diskontovanja za  $k$ -tu godinu od početka planskog horizonta

$E_j$  – suma godišnjih faktora diskontovanja  $g_k$  za godine koje pripadaju planskoj etapi  $j$ .

Operativni troškovi tj. troškovi rada i održavanja sistema u planskoj etapi  $j$  dati su izrazom

$$P_j = \sum_{i=1}^K A_i(V_{i,j}) + \sum_{i=1}^K a_i I_i(V_{i,j})$$

Prvi član predstavlja konstantne operativne troškove a drugi varijabilne operativne troškove koji zavise od vode isporučene datim objektima, gde je:

$I_i(V_{i,j})$  – optimalna količina vode koju isporučuje objekat  $i$  za nivo izgrađenosti  $V_{i,j}$  u etapi  $j$ .

Pri tome je zadovoljen uslov

$$\sum_{i=1}^K I_i(V_{i,j}) = Z(j)$$

$I_i(V_{i,j})$  određuje se tako da u slučaju većeg kapaciteta sistema od potreba za vodom prioritet u angažovanju objekata imaju objekti sa manjim varijabilnim operativnim troškovima.

Pored diskontne stope može se razmatrati i uticaj inflacione stope. Inflacija deluje suprotno od diskontovanja na sadašnje vrednosti cene izgradnje i godišnjih troškova:

$$g = g_k(1+r_i)^k$$

gde su:

$g_k$  – faktor diskontovanja

$r_i$  – inflaciona stopa

$k$  – k-ta godina od godine posmatranja

$g$  – faktor diskontovanja u koji je uključena i inflaciona stopa

### OGRANIČENJA

Optimizacija se vrši uz poštovanje sledećih ograničenja

1. Zadovoljenje lokalnih i ukupnog zahteva za vodom

$$\sum_{i \in \Pi_l} G_i(V_{i,j}) \geq Z_l(j), \quad l = 1, \dots, L, \quad j = 1, \dots, N$$

$$\sum_{i=1}^K G_i(V_{i,j}) \geq Z(j) \quad j = 1, \dots, N$$

2. Ograničenja na investiciona sredstva

$$\sum_{i=1}^K f_i(V_{i,j}, V_{i,j-1}) \leq H(j)$$

i sledećih tipova ograničenja

3. Određeni objekat može, mora ili ne sme imati pojedine nivoe izgrađenosti u pojedinim etapama planskog horizonta
4. Pojedini objekti ne smeju istovremeno postojati

5. Pojedini objekti ne smeju biti izgrađeni pre nekih drugih objekata

### *METOD REŠAVANJA*

U programu REDIM postavljeni problem rešava se «forward» metodom dinamičkog programiranja. Pri tome,

stepen proces  $j$  – predstavlja etapu planskog horizonta  $j=1, \dots, N$ , stanje sistema  $s_j(m) = \{V_{1,j}, \dots, V_{k,j}\}$ ,  $m=1, \dots, M_j$  gde je  $M_j$  broj stanja u stepenu proces  $j$ , predstavljeno je nivoima izgrađenosti predviđenih objekata u sistemu, pri čemu su zadovoljeni uslovi 1, 3, 4, i 5. Na primer, konfiguracija sistema od četiri objekta (1,2,0,0) znači da su izgrađena prva dva objekta, od kojih prvi na prvu od planiranih dimenzija a drugi na drugu od planiranih dimenzija dok ostala dva objekta nisu izgrađena. Ova konfiguracija pripada skupu stanja sistema u slučaju da zadovoljava zadata ograničenja.

Upravljačka promenjiva  $U_i$  predstavlja izgradnju sistema u etapi  $j$  odnosno određivanje novih nivoa izgrađenosti objekata  $V_{i,j}$   $i=1, \dots, K$ . Dopustiva upravljanja su ona za koje je  $V_{i,j} \geq V_{i,j-1}$  i zadovoljavaju uslov 2, dok je kriterijum optimalnosti koji se minimizira dat izrazom (1). Cilj upravljanja je minimizacija kriterijuma optimalnosti odnosno sadašnje vrednosti troškova izgradnje i rada sistema.

### **V OPIS PROGRAMA**

Program REDIM napisan je na jeziku FORTRAN IV i sastoji se iz 15 podprograma koji imaju specifične funkcije i glavnog programa koji služi za povezivanje podprograma u metodološku celinu.

Osnovne karakteristike programa REDIM

---

Programski jezik	FORTRAN IV
Broj instrukcija	1200
Zauzeće memorije	128Kb
Spoljašnja memorija	Sekvencijalna datoteka 40 Kb
Vreme egzekucije* (IBM 360/44)	2 min 46 sec
Cena egzekucije* (IBM 360/44)	83 din
Vreme egzekucije* (UNIVAC 1106)	9,8 sec
Cena egzekucije* (UNIVAC 1106)	21,75 din

---

\* navedeno vreme i cena odnose se na primer 2 opisan u opisu primera

## **VI OPIS ULAZNIH PODATAKA**

Prvo je dat opis osnovnih kategorija podataka a zatim detaljan opis formata ulaznih podataka.

Podaci o planskom horizontu:

- dužina planskog horizonta
- broj etapa u planskom horizontu
- dužina svake od etapa

Planirani objekti:

Svaki od planiranih objekata može imati više alternativnih dimenzija. Za svaku od mogućih dimenzija zadaje se:

- godišnja garantovana količina vode
- cena izgradnje
- troškovi rada i održavanja
- operativni troškovi po jedinici isporučene vode
- participacija (ako postoji)

Ekonomski parametri:

- diskontna stopa
- inflaciona stopa
- ekonomski vek projekta

Zahtevi za vodom:

- lokalni zahtevi
- ukupni zahtev na regionu

Zadaju se godišnji zahtevi za vodom za svaku od planiranih etapa

Ograničenja:

- max dozvoljena ulaganja u izgradnju objekata tokom svake od planskih etapa
- dozvoljeni nivoi izgrađenosti objekata

Po želji korisnika mogu se specificirati dozvoljeni i zabranjeni nivoi izgrađenosti svakog objekta u svakoj od planskih etapa.

- redosled izgradnje

Moguće je specificirati da pojedini objekti ne mogu biti izgrađeni pre navedenih ili da pojedini objekti ne mogu istovremeno postojati.

## VII OPIS REZULTATA

Rezultati programa REDIM dobijaju se u vidu štampanih izveštaja koji se mogu grupisati na sledeći način:

*Izveštaj 1 – Pregled ulaznih podataka*

*Izveštaj 2 – Stanje sistema*

*Izveštaj 3 – Optimalni planovi razvoja*

*Izveštaj 4 – Optimalni plan razvoja*

## VIII PRIMER

Mogućnosti programa REDIM ilustrovane su na primeru određivanja optimalnog plana razvoja vodoprivrednog sistema u delu sliva Zapadne Morave uzvodno od ušća Ibra. Usvojena konfiguracija sistema sa planiranim objektima prikazana je na slici 2. Predpostavljeno je da se planski horizont sastoji od pet etapa po pet godina. Korišćeni su ulazni podaci dati u tabelama 1,2 i 3.

Tab. 1: Karakteristike planiranih objekata

Objekat	GGV (hilj.m <sup>3</sup> )	Cena (mil.din)	Var.oper.troškovi (din/m <sup>3</sup> )
1. Semedraž	<b>33396 (1)</b>	204.8	0
	37000 (2)	223.3	0
2. Gradina	70000 (1)	396.8	0
	<b>100000 (2)</b>	504.0	0
	129000 (3)	643.9	0
3. Vrutci	44804	295.4	0
4. Roge	158000 (1)	697.2	0
	<b>178000 (2)</b>	725.4	0
	190000 (3)	753.5	0
5. Seča reka	22419	157.6	0
6. Dobrinje	8078	60.9	0
7. Gornjevica	18899	187.9	0
8. Kanal za Šumadiju	-	120.0	0
9. Akvifer-Čačak	30000	5.0	0.5

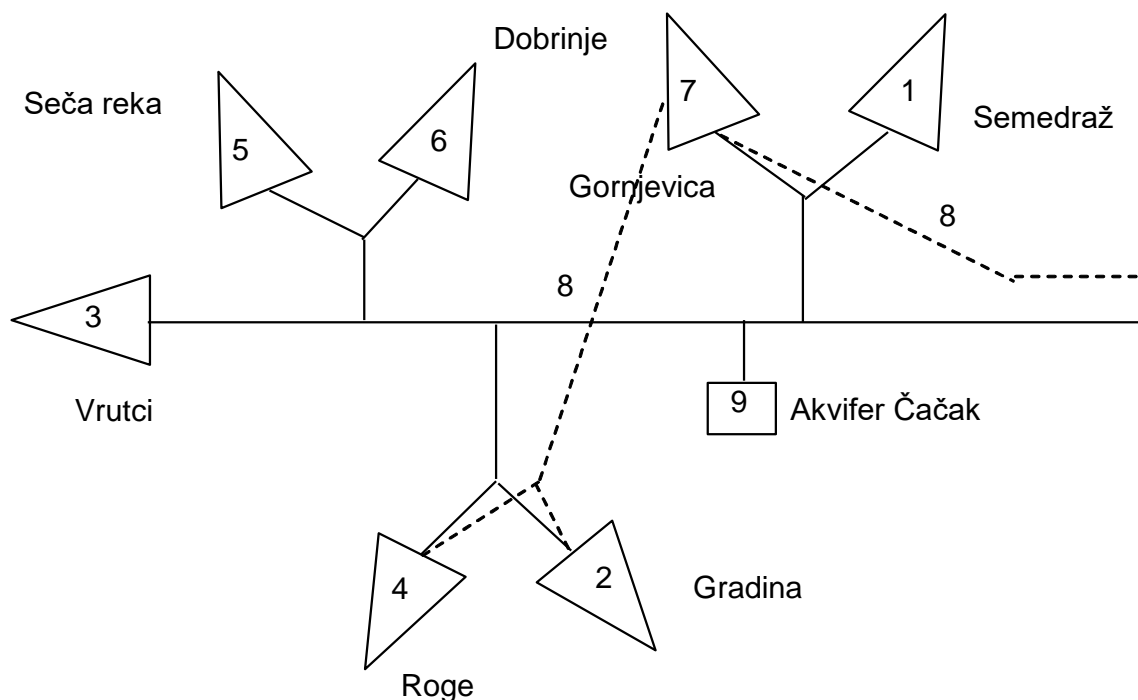
Lokalni zahtev 1 zadovoljava se pomoću objekta 1 i 9 a lokalni zahtev 2 pomoću objekta 3.

Tab. 2: Godišnji zahtevi za vodom (hilj.m<sup>3</sup>)

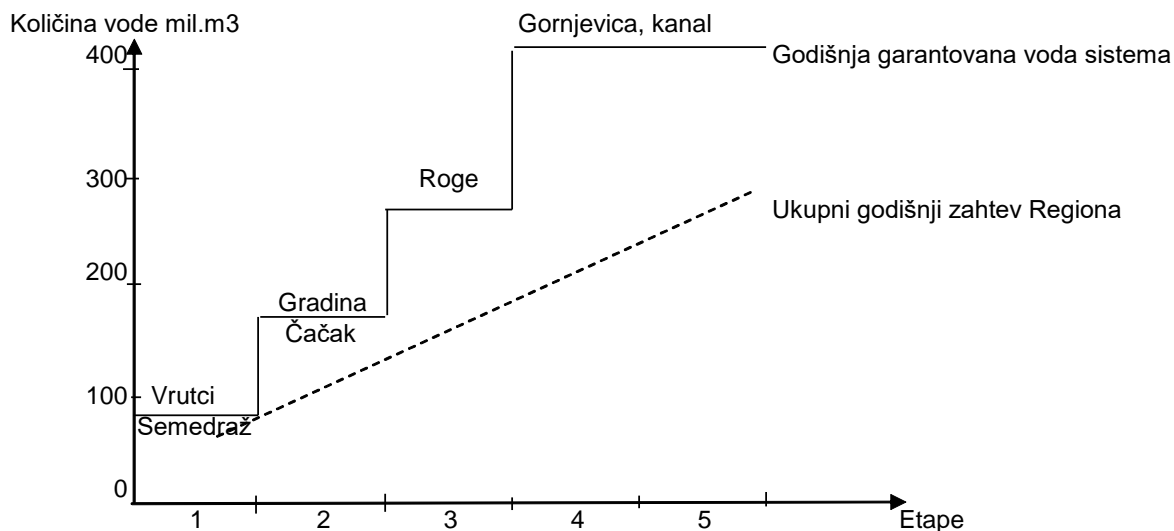
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Lokalni 1	18000	33000	44400	54000	56943
Lokalni 2	12000	22000	29600	36000	37968
Lokalni 3	78000	151000	218000	282000	335151

Tab. 3: Maksimalna dozvoljena ulaganja (mil.din)

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
1060.	1400	1200	1200	1200



Slika 2: Struktura planiranog sistema



Slika 3: Godišnja garantovana voda sistema i ukupni zahtev regiona

Tab. 4: Optimalni plan razvoja vodoprivrednog sistema

	PRIMER 1 fiksne dimenzije	PRIMER 2 promenjive dimenzije
ETAPA 1	Vrutci Smedraž	Vrutci Smedraž (1)
ETAPA 2	Gradina Akv. Čačak	Gradina (1) Akv. Čačak
ETAPA 3	Roge	Roge (1)
ETAPA 4	Gornjevica Kanal	Gornjevica Kanal
ETAPA 5	-	-
Sadašnja vrednost troškova (mil.din)	1371.4	1281.9