

### 3. RETENCIJE I ANALIZE RADA RETENCIJA



#### Retencije

Uređeno područje u slivu vodotoka predviđeno za vremenski kraće zadržavanje vode u svrhu zaštite od poplava.

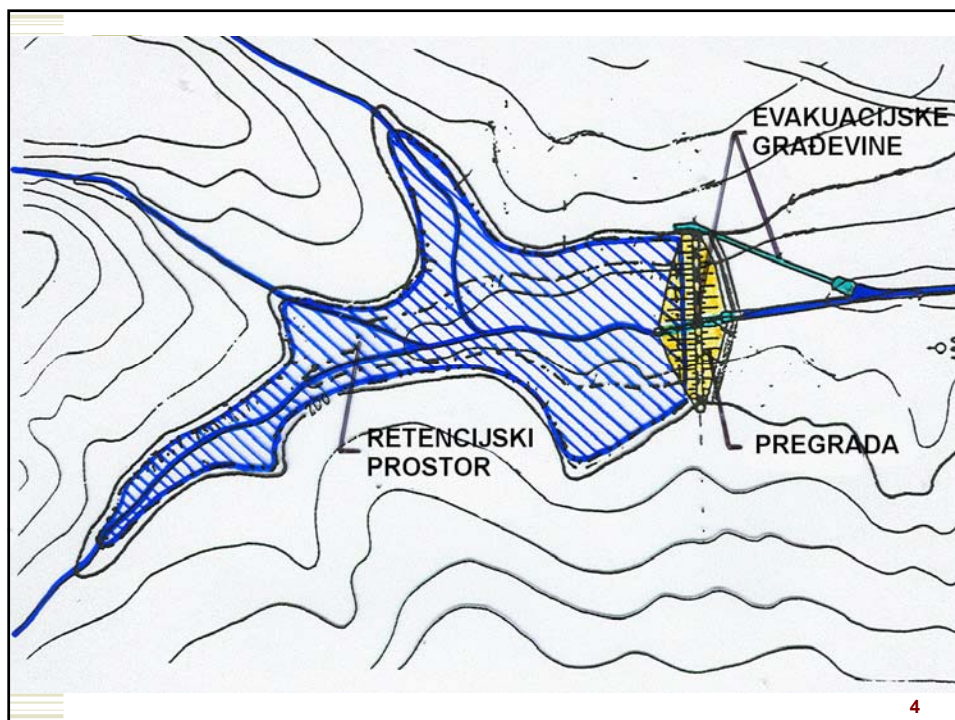
Retencijama se regulira vodni režim vodotoka.

Učinak retencije se očituje smanjivanjem maksimalnog protoka koji prolazi vodotokom na nizvodnom području i produljivanjem trajanja velikih voda (isti volumen vode se kroz vodotok propušta dulje vrijeme).

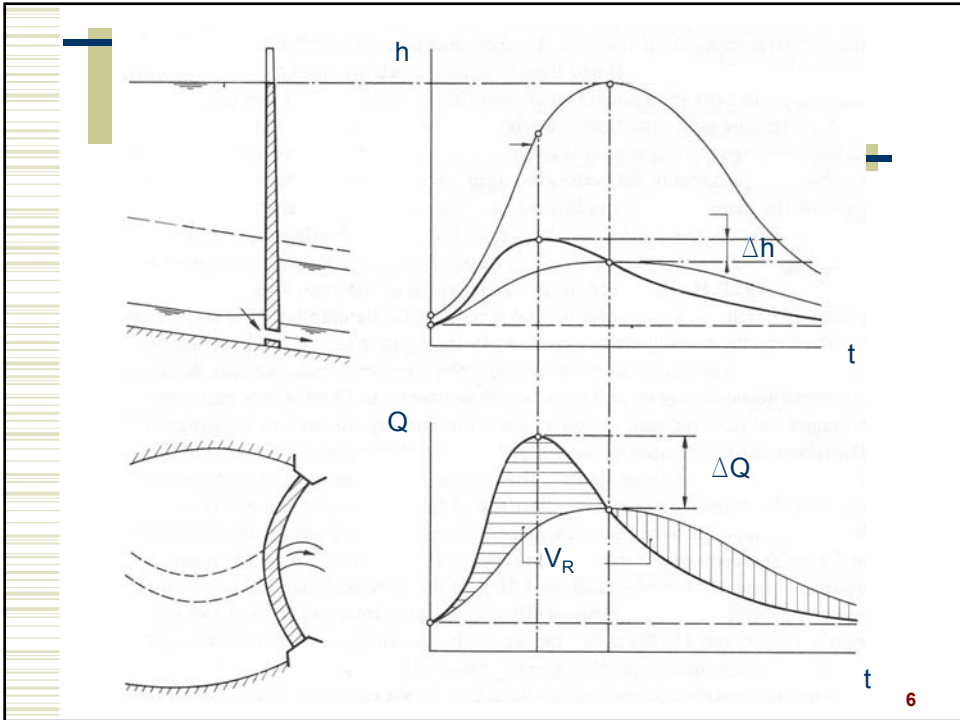
## Tipovi retencija

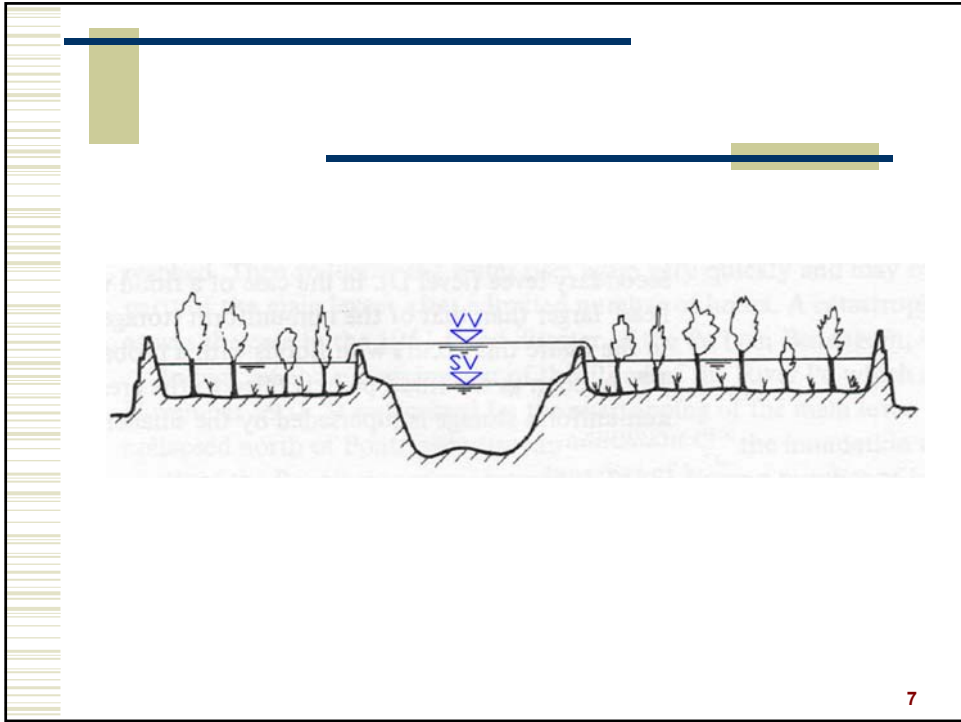
- Čelne retencije
- Bočne retencije

3



4





7





## Punjenje i pražnjenje bočnih retencija

- Preljevi
- Otvori u nasipima
- Rušenje privremenih nasipa
- Ustave



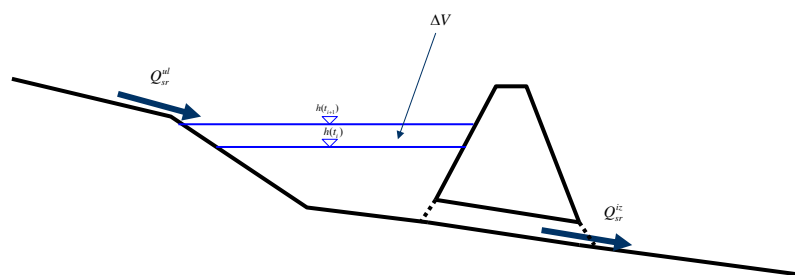


## Veličina retencije ovisi o:

- Hidrološkim značajkama
- Raspoloživom prostoru za retenciju
- Kapacitetu korita nizvodno

15

## Hidraulički proračun retencije



16



$$Q_{sr}^{ul} - Q_{sr}^{iz} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Gdje su:

$Q_{sr}^{ul}$  - Srednji protok dotjecanja u retenciju kroz vremenski interval  $\Delta t$

$Q_{sr}^{iz}$  - Srednji protok otjecanja iz retencije kroz vremenski interval  $\Delta t$

$\Delta V$  - Promjena volumena vode u retenciji u vremenskom intervalu  $\Delta t$

$\Delta t$  - Vremenski diskretizacijski interval

17

$$\frac{Q_i^{ul} + Q_{i+1}^{ul}}{2} - \frac{Q_i^{iz} + Q_{i+1}^{iz}}{2} = \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t}$$

$$\left( \frac{2V_{i+1}}{\Delta t} + Q_{i+1}^{iz} \right) = (Q_i^{ul} + Q_{i+1}^{ul}) + \left( \frac{2V_i}{\Delta t} + Q_i^{iz} \right)$$

Gdje su:

$i$  - indeks vremenskog intervala

$Q_i^{ul}$  - protok vode koja utječe u retenciju u trenutku  $i$

$Q_{i+1}^{ul}$  - protok vode koja utječe u retenciju u trenutku  $i+1$

$Q_i^{iz}$  - protok vode koja istječe iz retencije u trenutku  $i$

$Q_{i+1}^{iz}$  - protok vode koja istječe iz retencije u trenutku  $i+1$

$V_i$  - volumen vode u retenciji u trenutku  $i$

$V_{i+1}$  - volumen vode u retenciji u trenutku  $i+1$

18

NEPOZNATE VELIČINE

POZNATE VELIČINE

$$\left( \frac{2V_{i+1}}{\Delta t} + Q_{i+1}^{iz} \right) = (Q_i^{ul} + Q_{i+1}^{ul}) + \left( \frac{2V_i}{\Delta t} + Q_i^{iz} \right)$$

VELIČINE  
VEZANE  
ZAKONOM  
ISTJECANJA IZ  
RETENCIJE

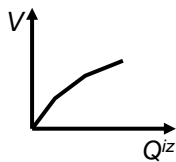
IZ ULAZNOG  
HIDROGRAMA

IZ PRETHODNOG  
KORAKA  
PRORAČUNA

19

VELIČINE VEZANE ZAKONOM ISTJECANJA IZ RETENCIJE

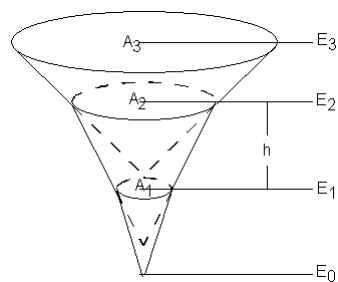
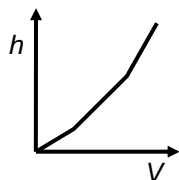
POTREBNO JE POZNAVATI FUNKCIJSKU VEZU  
IZMEĐU VOLUMENA RETENCIJE  $V$  I PROTOKA  
ISTJECANJA IZ RETENCIJE  $Q^{iz}$



Obje veličine zavisne su o dubini vode u retenciji pa će biti potrebno  
odrediti odnose volumena retencije  $V$  i dubine vode  $h$ , te odnosa  
dubine vode u retenciji  $h$  i protoka istjecanja vode iz retencije  $Q^{iz}$ .

20

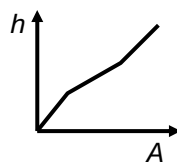
Odnos volumena retencije  $V$  i dubine vode  $h$  dobiva se iz geometrije područja koje je predviđeno za zadržavanje vode (geodetska izmjera terena).



$$\Delta V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

21

ISTO TAKO ZA PRORAČUN PRIRASTA VOLUMENA VODE U RETENCIJI ZA PRIRAST DUBINE POTREBNO JE POZNAVATI NJIHOVU FUNKCIJSKU VEZU

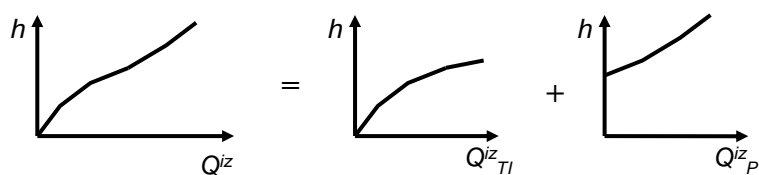


Odnos površine retencije  $A$  i dubine vode  $h$  dobiva se također iz geometrije područja koje je predviđeno za zadržavanje vode (geodetska izmjera terena).

22

Odnosa dubine vode u retenciji  $h$  i protoka istjecanja vode iz retencije  $Q^{iz}$  sastoji se od barem dva dijela. Jedan se odnosi na istjecanje vode kroz temeljni ispust  $Q^{iz}_{TI}$ , a drugi se odnosi na istjecanje vode preko preljeva  $Q^{iz}_P$ .

$$Q^{iz} = Q^{iz}_{TI} + Q^{iz}_P$$



Zavisnost dubine vode i istjecanja vode kroz temeljni ispust  $Q^{iz}_{TI}$ , obično se određuje iz rješavanja problema istjecanja kroz cijev sa slobodnim vodnim licem do ispunjenja i pod tlakom, dok se odnos dubine vode i istjecanja preko preljeva  $Q^{iz}_P$  određuje iz jednadžbe preljeva.

23

S obzirom na režim istjecanja moguće su dvije vrste proračuna za dobivanje protočne krivulje:

- hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem
- hidraulički proračun tečenja pod tlakom

Proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem, pretpostavljajući jednoliko tečenje, provodi se pomoću Mannigove formule s Mannigovim koeficijentom hrapavosti,  $n$  [ $m^{-1/3}s$ ], koja za srednju brzinu,  $v$  [ $m/s$ ] glasi:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

gdje su:

- R – hidraulički radijus [m],
- I – pad dna kanala

Protok se određuje iz jednadžbe kontinuiteta:

$$Q = v \cdot A$$

gdje je A [ $m^2$ ] protjecajna površina.

24

Protočna krivulja za ispuštanje iz retencija kod tečenja pod tlakom određena je pomoću Bernoullijeve jednačine za stacionarno strujanje realne tekućine koja glasi:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \Delta H$$

gdje su:

$h_1, h_2$  – geodetska visina za presjek 1, presjek 2

$\frac{p_1}{\rho \cdot g}, \frac{p_2}{\rho \cdot g}$  – tlačna visina za presjek 1, presjek 2

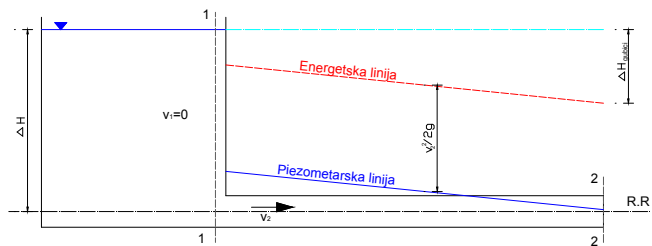
$\frac{v_1^2}{2 \cdot g}, \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$  – brzinska visina za presjek 1, presjek 2

$\Delta H$  – gubitaci mehaničke energije

$\alpha$  – Coriolisov koeficijent

$$\Delta H = \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \Delta H_{gubici}$$

25



Gubitak energije  $\Delta H_{gubici}$  sastoji se od lokalnih i linijskih gubitaka

$$\Delta H_{gubici} = \sum \Delta H_{lok} + \sum \Delta H_{lin}$$

Gubici mehaničke energije uslijed lokalnih otpora izračunavaju se po izrazu

$$\Delta H_{lok} = \xi_{lok} \frac{v_{lok}^2}{2 \cdot g}$$

gdje je  $\xi_{lok}$  koeficijent lokalnog gubitka

26

Linjski gubici određeni se preko Darcy – Weisbach-ove jednažbe:

$$\Delta H_{lin} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

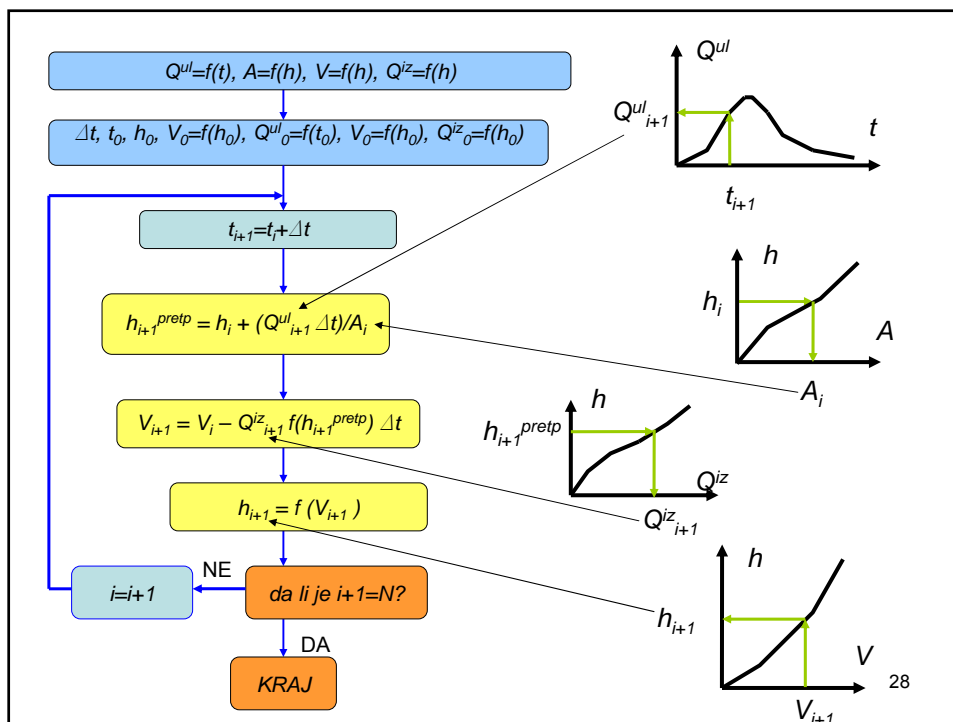
gdje su:  
 $\lambda$  – koeficijent trenja  
 $L$  – duljina cjevovoda [m]  
 $D$  – promjer cjevovoda [m]  
 $v$  – srednja brzina strujanja [m/s]  
 $g$  – ubrzanje sile teže [m2/s]

Pod pretpostavkom turbulentnog strujanja u hidraulički hrapavim cijevima koeficijent  $\lambda$  izračunao se pomoću Colebrook – White-ove formule:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k}{D} + 1,14$$

gdje je  $k/D$  relativna hrapavost.

27



## Proračuni kod složenih slivova

Unaprijed je nemoguće odrediti koja će kiša fiksnog PP i intenziteta, a različitog trajanja, dati veći protok na pojedinim mjestima na vodotoku.

Treba varirati kiše različitih trajanja i intenziteta kako bi se za svaki povratni period odredila kiša koja daje maksimalni protok na pojedinim točkama na vodotoku.

29

## Proračuni kod složenih slivova

- Metoda određivanja opasnosti od poplava sastoji se od više koraka. Prvenstveno treba odrediti kritična mjesta na slivu na kojima je primijećena smanjena propusnost korita. Ta mjesta nazivamo kritičnim točkama (KT).
- Nadalje se izradi hidrološko-hidraulički model sliva, unutar kojeg su definirani svi njegovi elementi (karakteristike sliva, površine, hidrografska mreža sa svim elementima korita vodotoka, retencije na slivu i njihove hidrauličke značajke, hrapavosti svih elemenata, itd.).
- Dalje se provede proračuni vodnih valova na kritičnim točkama, za razne intenzitete i trajanja kiša. Pri tome se svakoj od navedenih kišnih situacija pridružuje povratni period određen odnosom intenzitet-trajanje-povratni period (ITP krivulje).
- Iz dobvene veze povratnih perioda i pripadnih maksimalnih protoka, može se, na temelju poznatog kapaciteta korita na kritičnim točkama, odrediti stupanj premašenja kapaciteta korita na pojedinoj kritičnoj točki.

30

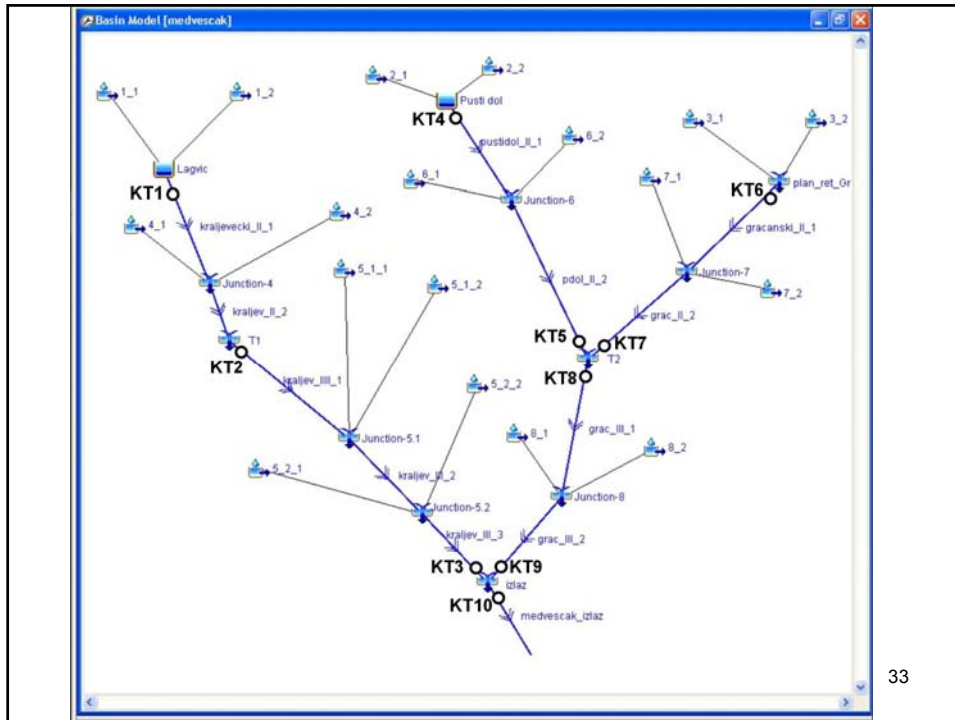
## Primjer proračuna kod sliva potoka Medveščak

31

## Shema sliva potoka Medveščak

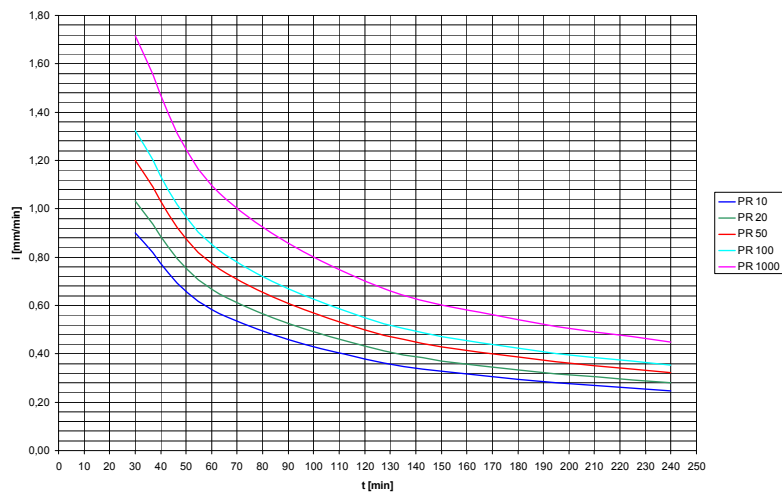
32





## ITP krivulje sliva potoka Medveščak

ITP krivulje za 1B područje grada Zagreba



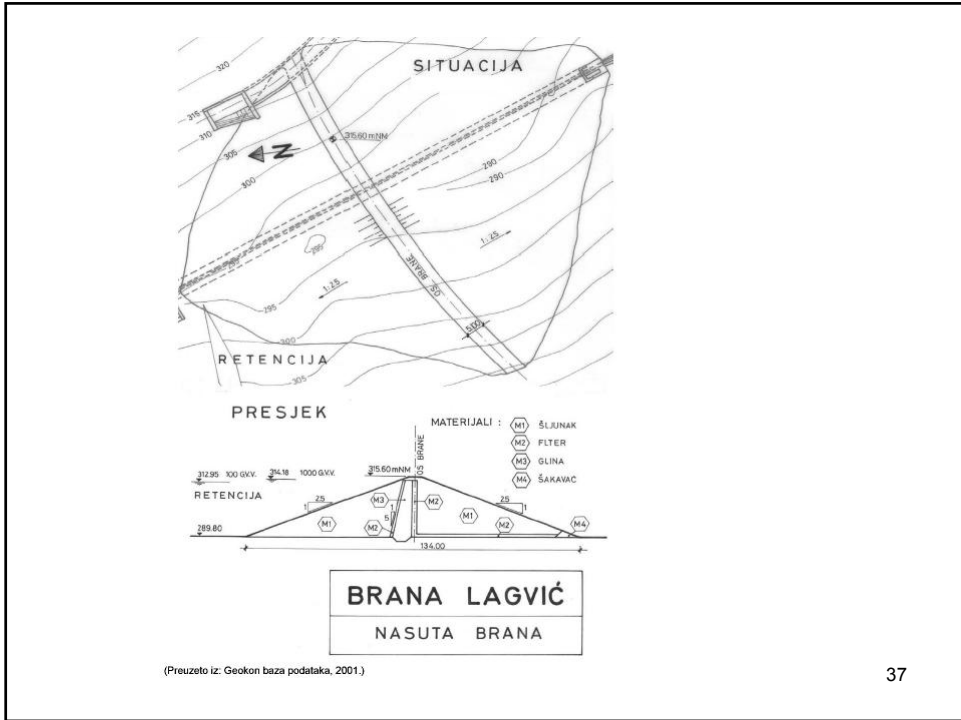
## Odabrane situacije oborina iz ITP krivulja za proračune

povratni period [godina]	trajanje oborina [min]								
	60	90	120	150	180	240	330	480	
10	60	90	120	150	180	240	330	480	
20	60	90	120	150	180	240	330	420	480
50	60	90	120	150	180	240	330	420	
100	60	90	120	150	180	240	330	420	
1000	30	60	90	120	150	180	240	330	

35

## Geometrijske i hidrauličke karakteristike retencija

36



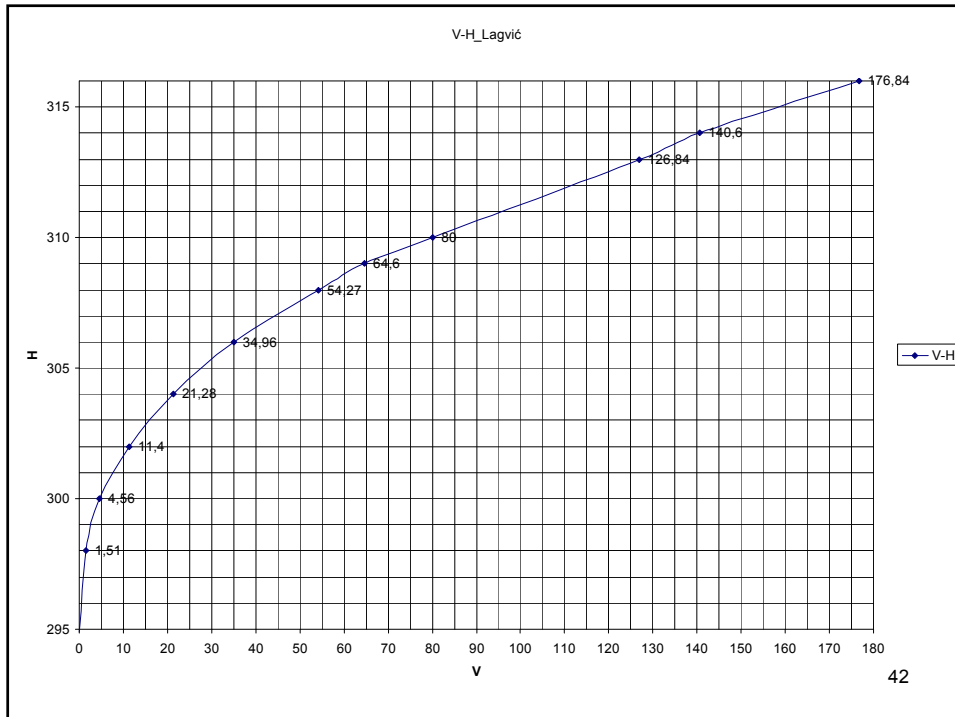
37

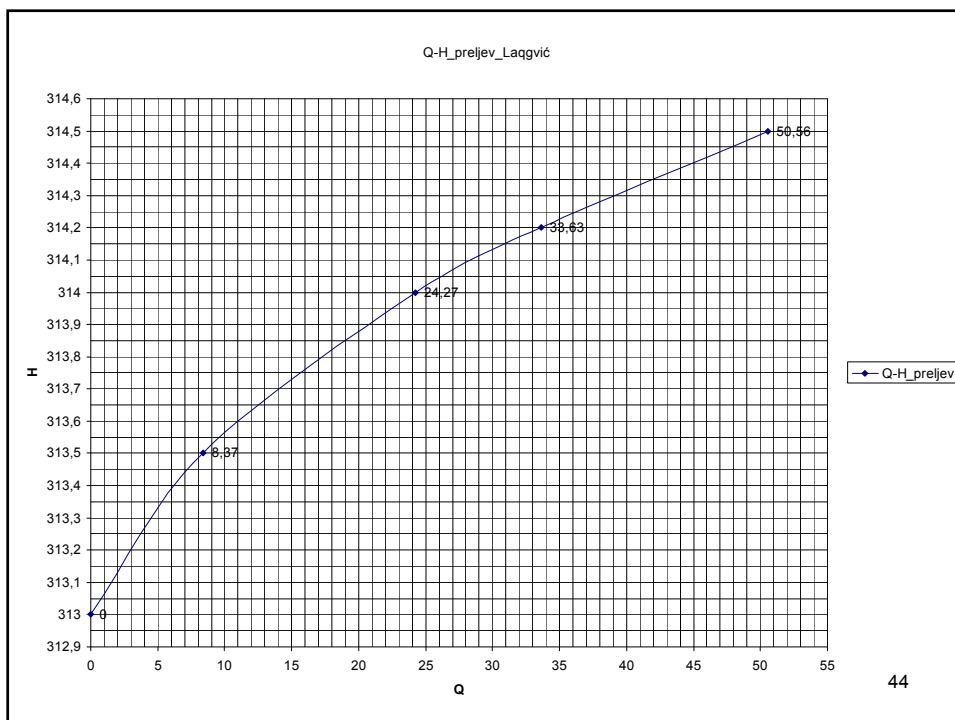
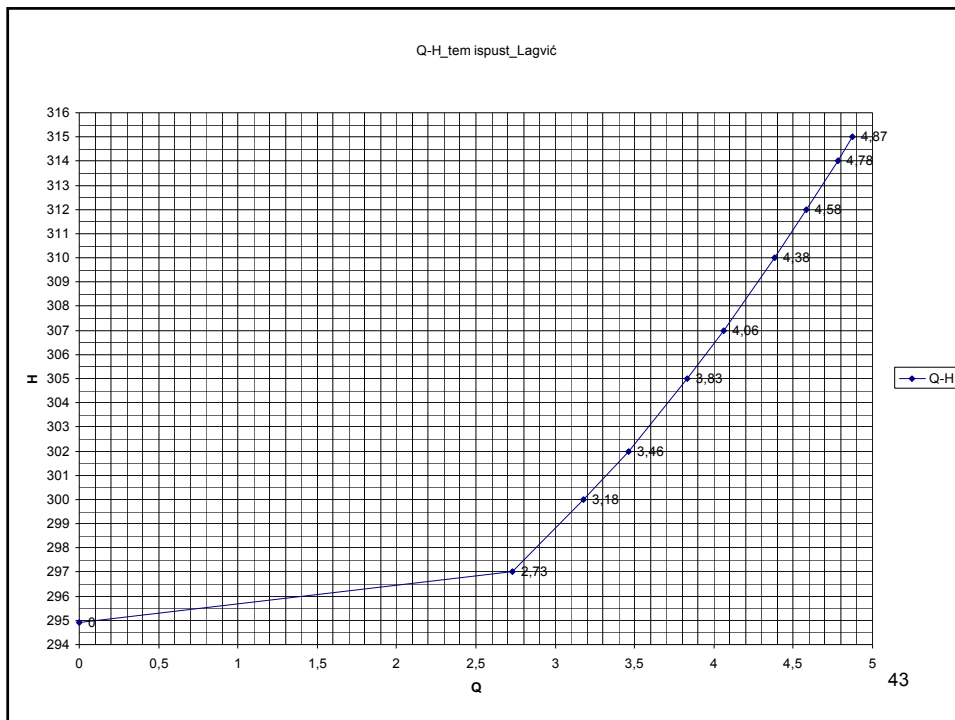






41

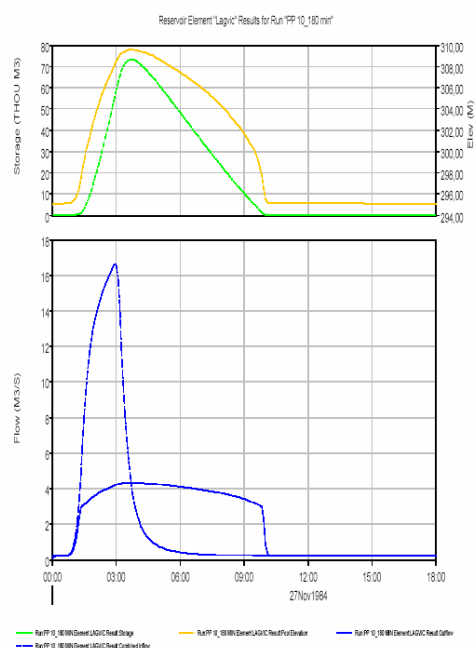




# Rezultati proračuna

45

**Prikaz izlaznih  
rezultata za  
retenciju  
Lagvić kod kiše  
PP 10 godina i  
trajanja 180  
minuta**



46

## Redosljed analize

- Za kritične točke se za različite kišne situacije izrade hidrogrami (svaki hidrogram odgovara jednoj kiši jednog trajanja i jednog povratnog perioda)
- Izrade se krivulje najvećih maksimalnih vrijednosti protoka iz hidrograma za različite povratne periode i trajanja kiše (za svaku kritičnu točku)
- Iz krivulja najvećih maksimalnih vrijednosti protoka očitaju se najveće vrijednosti za pojedini povratni period i izrade zavisnosti  $PP-Q_{max}$  (za svaku KT)
- Iz tih se krivulja za kapacitet korita očita pripadajući povratni period. Inverzna vrijednost povratnog perioda predstavlja vjerojatnost da će doći do izlivanja vode iz korita.

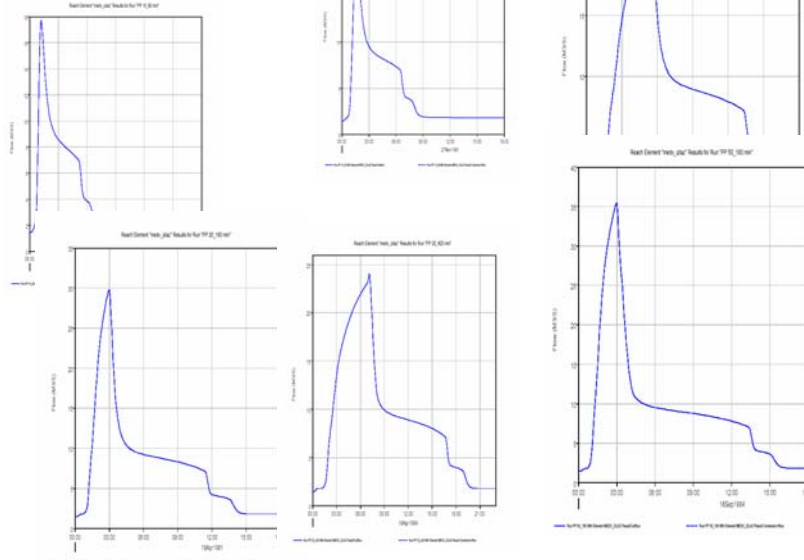
47

Hidrogrami za kritične točke za različite kišne situacije (svaki hidrogram odgovara jednoj kiši jednog trajanja i jednog povratnog perioda)

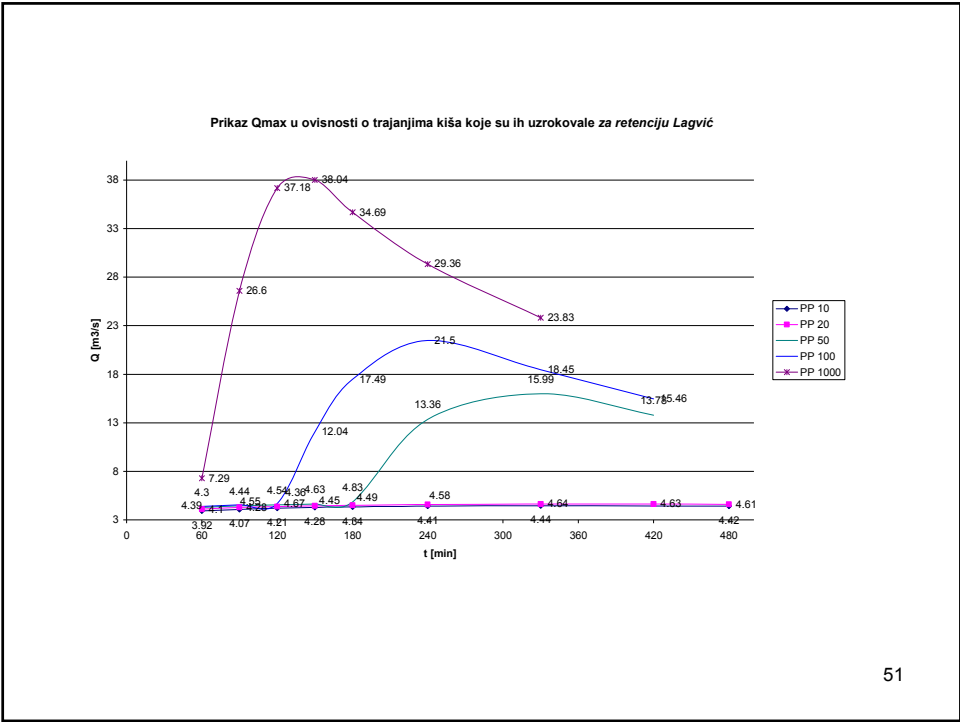
48



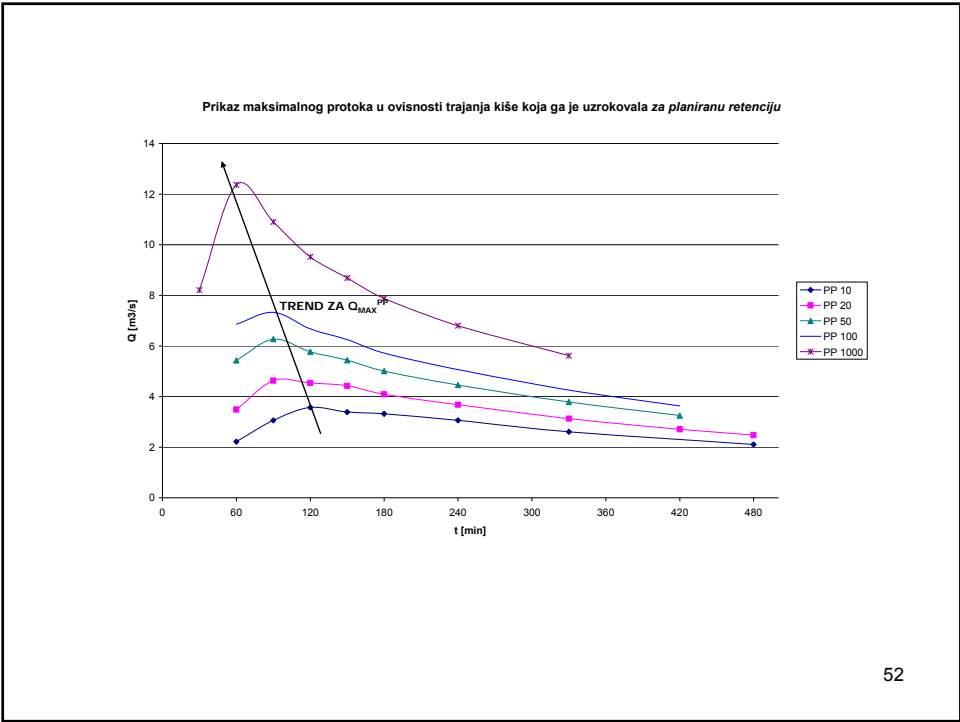
## Hidrogrami za kritičnu točku IZLAZ kod kiša različitih trajanja i PP



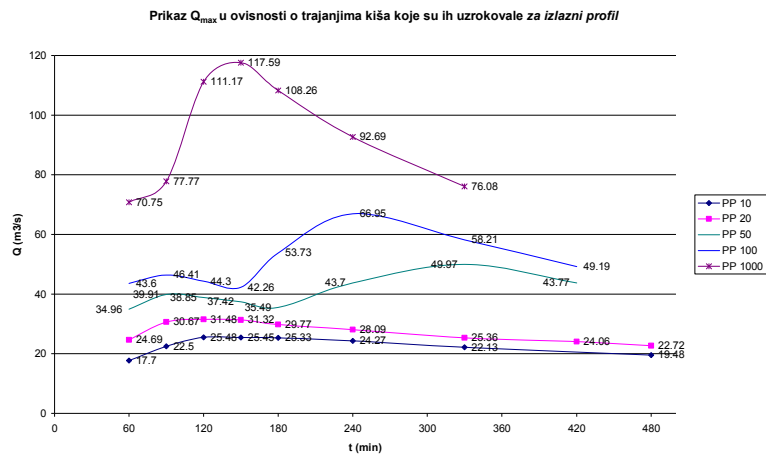
Krivulje najvećih maksimalnih vrijednosti protoka iz hidrograma za različite povratne periode i trajanja kiše (za svaku kritičnu točku)



51



52

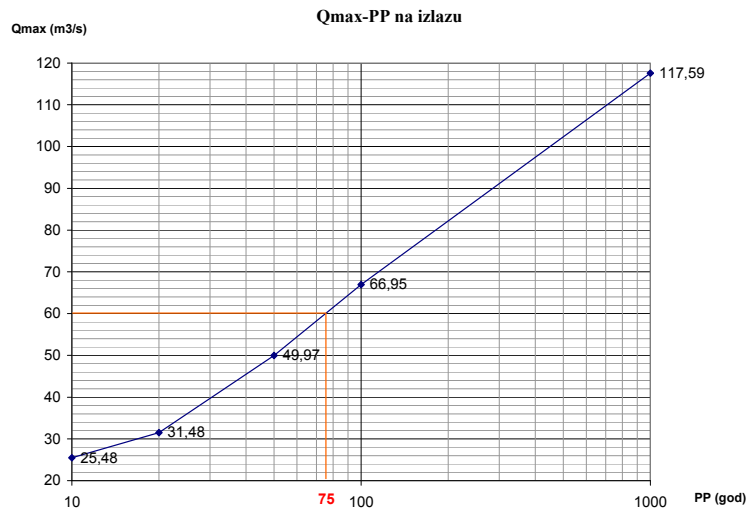


53

Zavisnost najvećih maksimalnih vrijednosti protoka za pojedini povratni period :  $PP-Q_{max}$  (za svaku KT)

54

### kritična točka KT10



55

Pridruživanje kapacitetu korita  
pripadajućeg povratnog perioda  
i određivanje vjerojatnosti da će  
doći do izlivanja vode iz korita.

56

kritična točka	kapacitet korita [m <sup>3</sup> /s]	PP [god]	VJEROJATNOST P = R
KT1	10	32	0,0313
KT2	12	25	0,0400
KT3	20	18	0,0556
KT4	11	26	0,0385
KT5	4	7,5	0,1333
KT6	14	>1000	<0.0010
KT7	8	24	0,0417
KT8	8	5	0,2000
KT9	28	63	0,0159
KT10	60	75	0,0133

57

## Broj provedenih proračuna za jednu geometriju retencija

- 5 povratnih perioda (10, 20, 50, 100 i 1000 godina)
- 8 trajanja kiše (iz raspona 30, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 330, 420 i 480 min)
- 10 kritičnih točaka na slivu
- **5 x 8 x 10 = 400 proračuna**

58