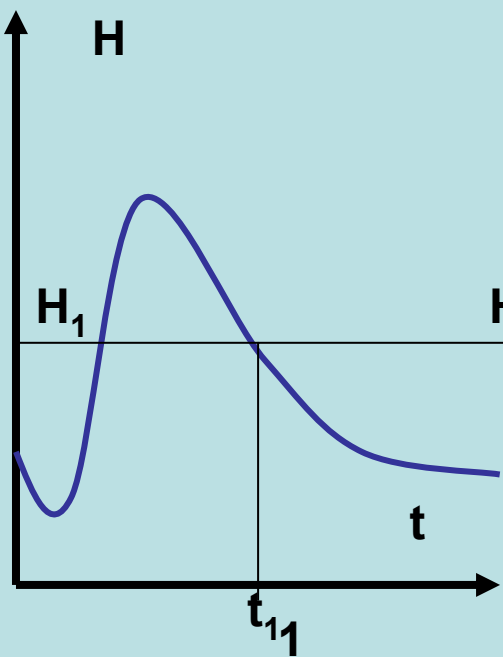
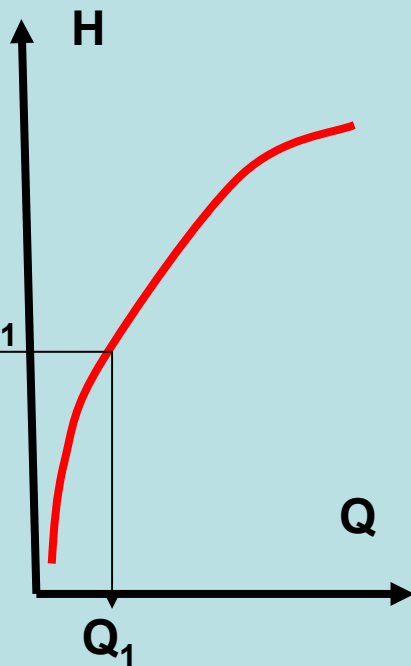


HIDROGRAM

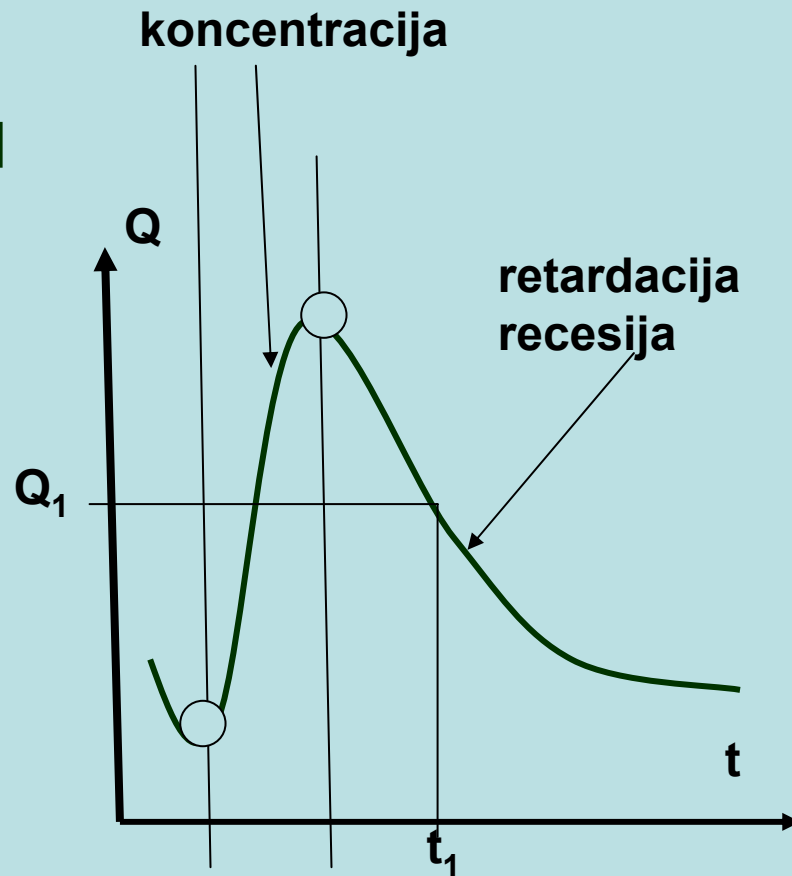
NIVOGRAM & HIDROGRAM



NIVOGRAM

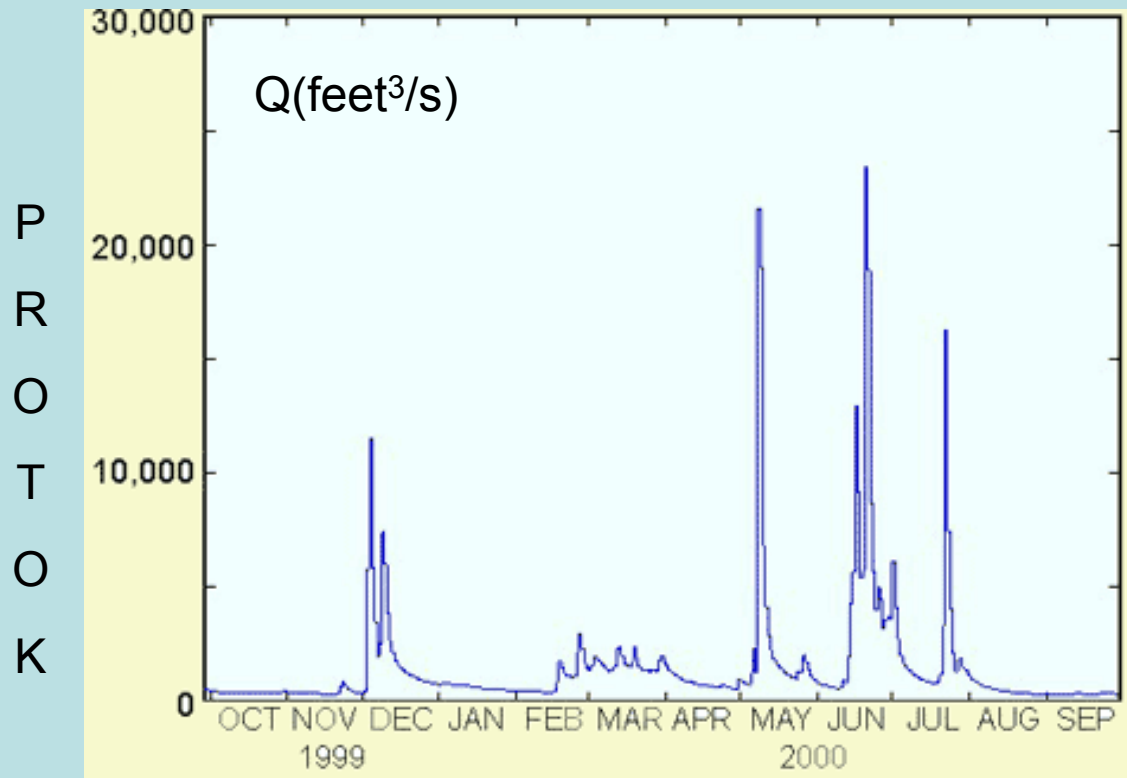


KRIVULJA
PROTOKA



HIDROGRAM

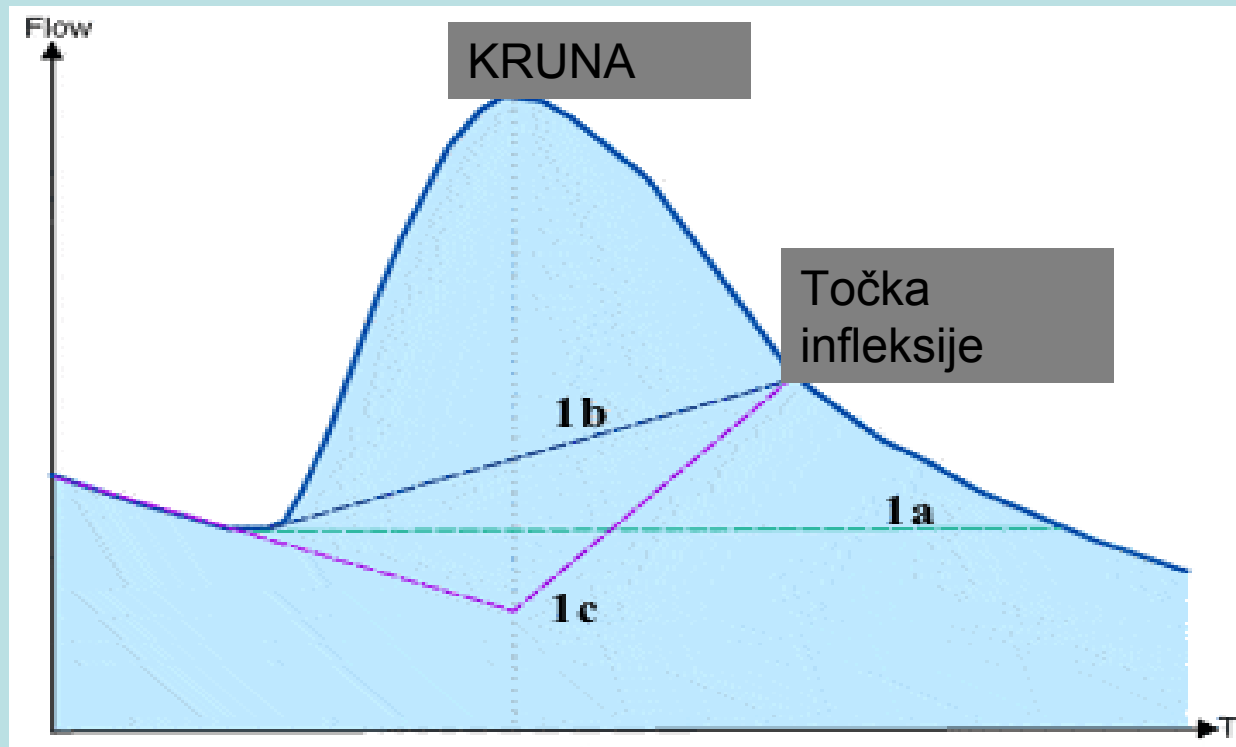
Hidrogram-grafički prikaz protoka u funkciji vremena (izvor, vodotok...)



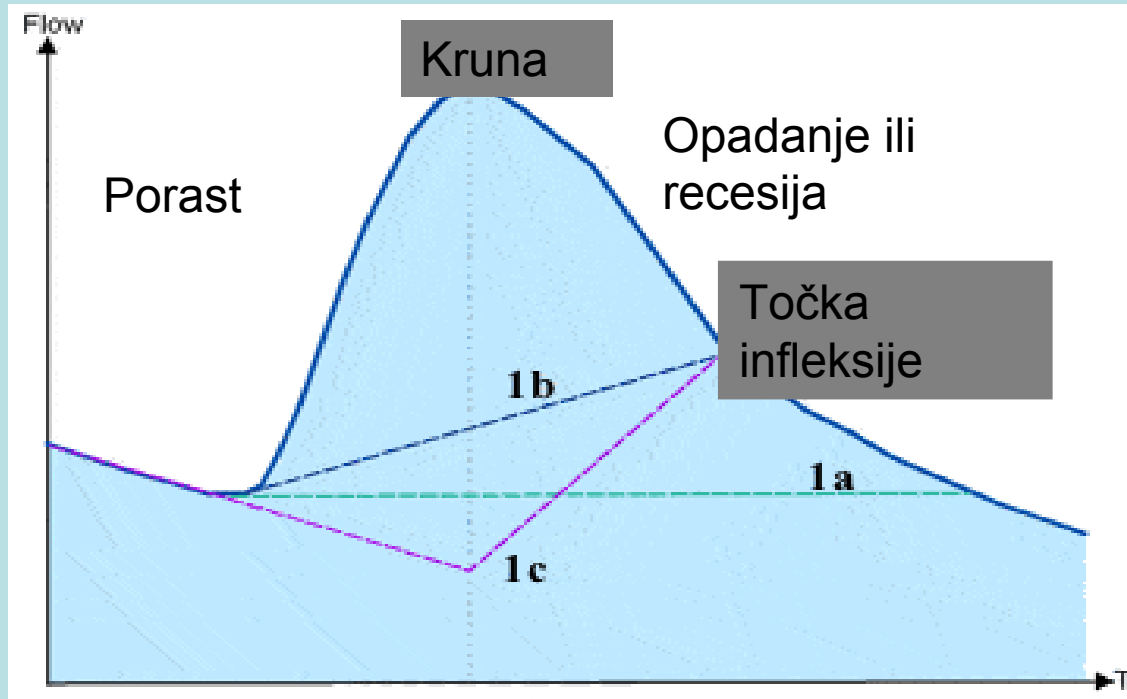
- Oblik hidrograma uvjetuju
- -fizičko-geografski čimbenici nekog sliva
- -klimatski čimbenici nekog sliva

Karakterističan oblik hidrograma otjecanja

- Razdvajanje komponenti hidrograma



Koncentracija, recesija



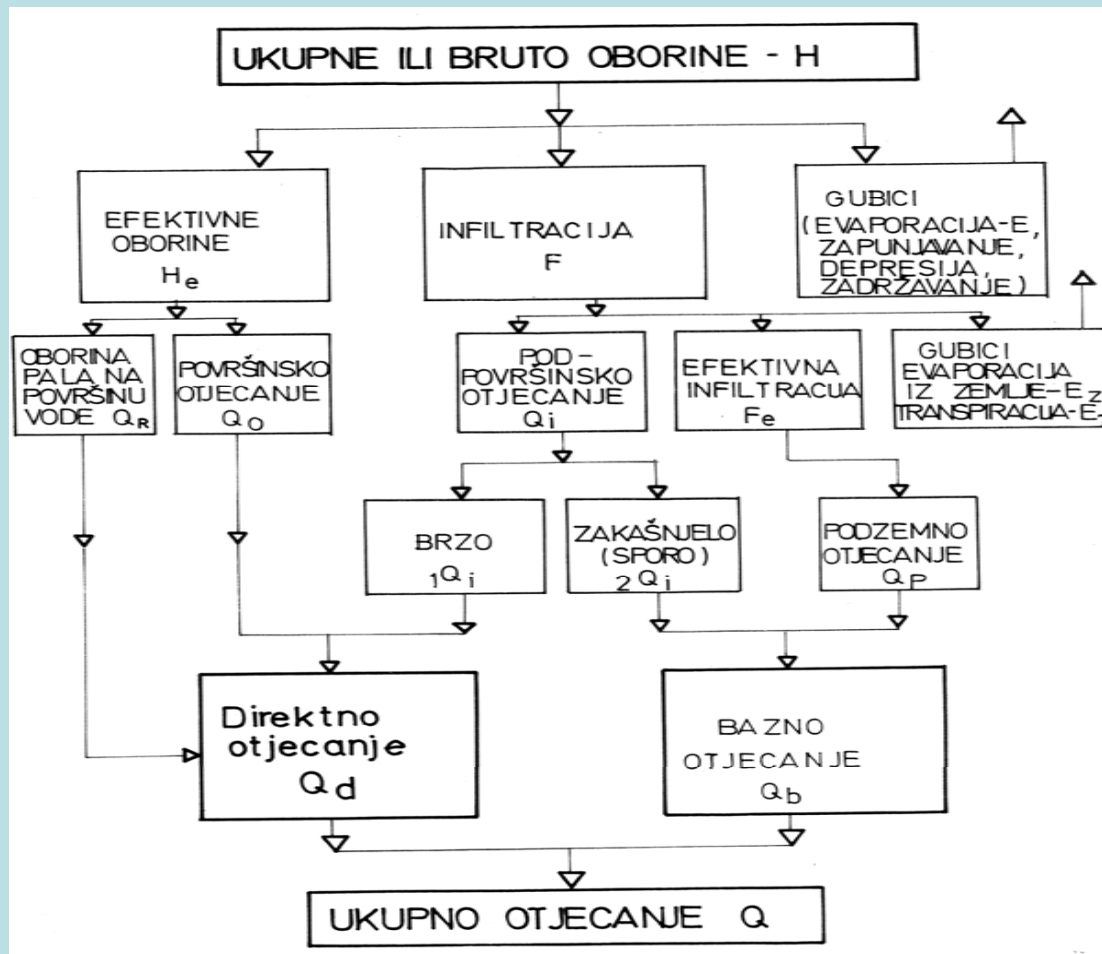
Oblik krivulje koncentracije ovisi prvenstveno o **topografiji terena te o trajanju, intenzitetu i raspodjeli oborina po slivu.**

Na konkavnost početnog dijela krivulje utječe i kapacitet infiltracije i površinskog zadržavanja na početku pljuska.

Maksimalni protok se javlja u trenutku kad cijeli sliv sudjeluje u otjecanju, tj. kad na se na izlaznom profilu registrira i voda s najudaljenije točke na slivu.

Recesijski dio krivulje je posljedica ocjeđivanja nakon prestanka **efektivne oborine**. Oblik ovisi o karakteristikama sliva i hidrografske mreže.

Što je efektivna oborina??



- **Oborine** uključuju sve oblike vode koje iz atmosfere dospiju na površinu Zemlje
- Prijelaz vode s površine pod površinu terena zovemo **infiltracijom**.
- Kapacitet infiltracije predstavlja maksimalno mogući iznos infiltracije u određenom trenutku koji ovisi o fizičkim i kemijskim svojstvima tla.
- Ukoliko je intenzitet oborine veći od kapaciteta infiltracije, dolazi do **tečenja po terenu**.

- **Perkolacija** predstavlja proces toka podzemne vode kroz nezasićenu zonu do razine podzemne vode (zasićene zone)
- **Evaporacija i transpiracija** predstavljaju prijelaz vode sa sliva u plinovito stanje u atmosferi. Odvija se sa slobodnih vodnih površina, golog tla. Transpiracija je fiziološki proces u kojem voda prolazi kroz pore na lišću, a odvija se tijekom svijetlog dijela dana.

KOMPONENTE OTJECANJA

- Formiranje otjecanja predstavlja bitni hidrološki proces koji nastaje u slučaju da **oborine premaše kapacitet infiltracije**. Proces transformacije ili prijelaza oborine u otjecanje je izrazito složen dinamički proces.
- U inženjerskoj hidrologiji se otjecanje promatra najčešće **kroz dvije različite komponente**, a ta podjela je utemeljena upravo na procesu transformacije oborine u otjecanje.

Direktno i bazno otjecanje

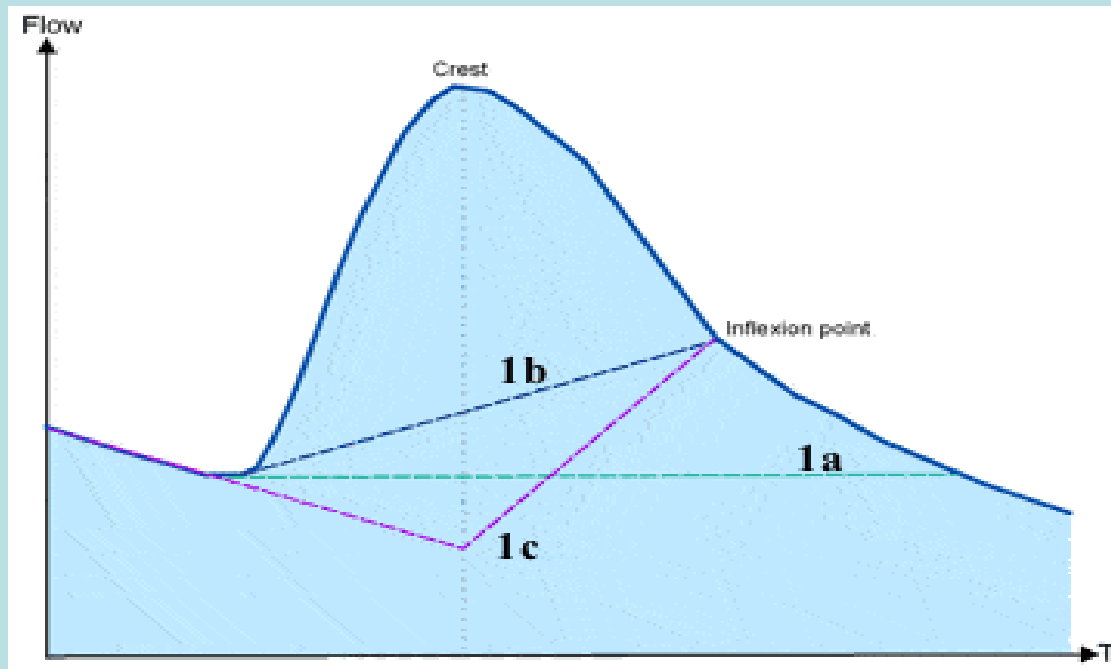
- **Direktno** otjecanje-komponenta otjecanja nastala usljed oborine direktno pale na površinu vodotoka, na površinu terena kao i usljed brzog potpovršinskog otjecanja
- **Bazno** otjecanje-obuhvaća komponentu sporog potpovršinskog otjecanja i otjecanje podzemnih voda.

Gubici u slivu

- Evaporacija
- Evapotranspiracija
- Zadržavanje
- Zapunjavanje depresija

- **UKUPNE OBORINE-GUBICI
=EFEKTIVNE OBORINE**

Razdvajanje komponenti hidrograma otjecanja



KOEFICIJENT OTJECANJA

Jedan od osnovnih pokazatelja procesa transformacije oborina u otjecanje:

$$C = P_e / P$$

P_e -efektivna oborina, oborina koja otječe po slivu

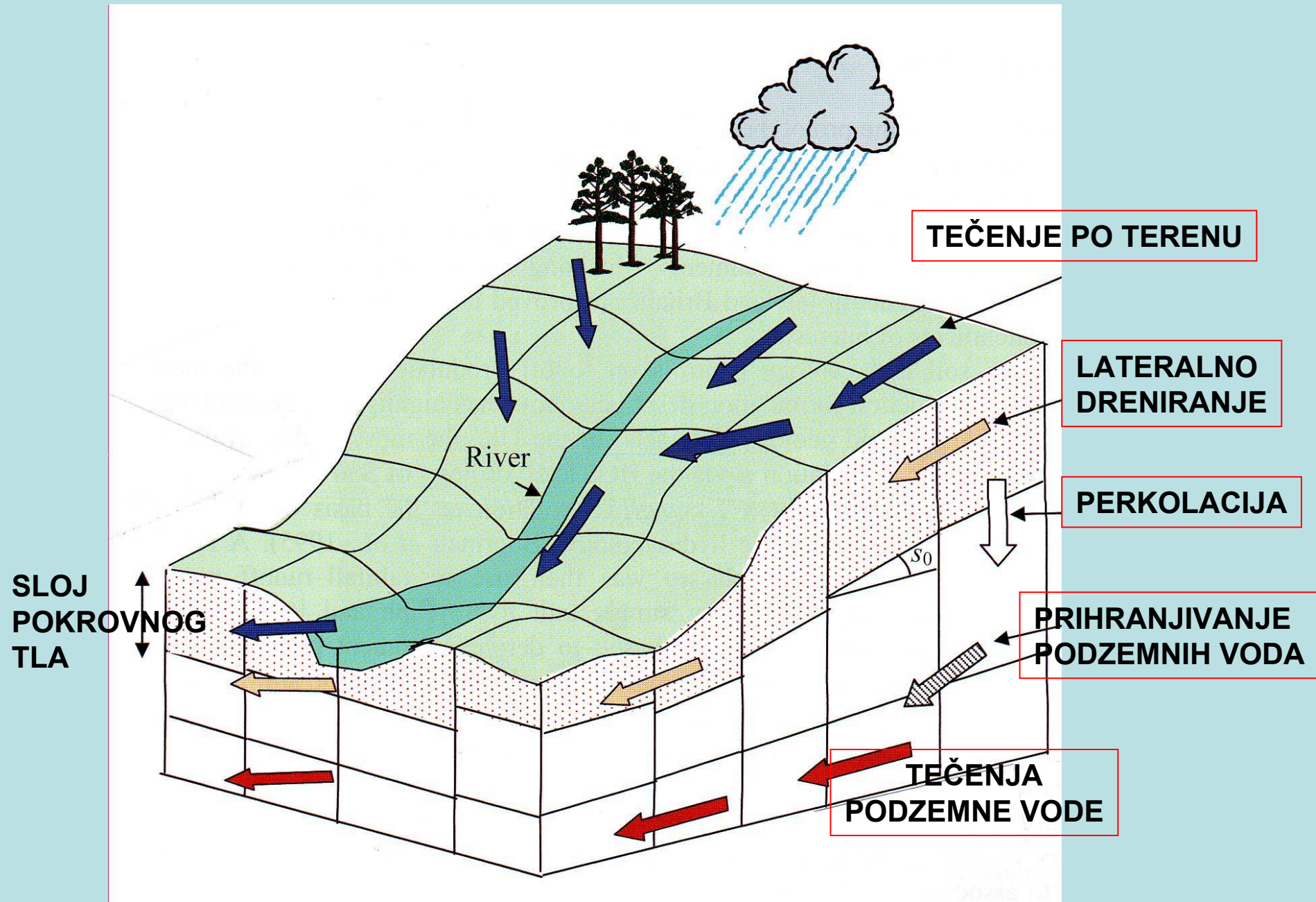
P -ukupno pala oborina

- **VRIJEME KONCENTRACIJE SLIVA** – T_c predstavlja vrijeme potrebno da kap efektivne oborine dođe iz najudaljenije točke sliva do izlaznog (analiziranog) profila.
- Efektivna oborina je ona oborina koja sudjeluje u formiranju hidrograma direktnog otjecanja. Kako u slivu postoji tečenje po terenu i tečenje u koritu vrijeme koncentracije sliva se sastoji od vremena tečenja po terenu t_1 i vremena tečenja po koritu t_2 :

$$T_c = t_1 + t_2$$

- Kod malih slivova vrijeme putovanja po terenu može biti značajno dok je kod velikih slivova ono zanemarivo.
- **VRIJEME ZAKAŠNJENJA (BASIN LAG)**
- predstavlja svojstvo sliva koje se definira kao vremenska razlika između težišta efektivne oborine i težišta hidrograma direktnog otjecanja. Postoje i drugačije definicije koje se koriste u svrhu lakšeg definiranja vrijednosti. Vrijeme zakašnjenja zavisi o duljini puta na kojoj se tečenje vrši, brzini tečenja, svojstvima i obliku sliva, padu i geometriji glavnih korita, svojstvu oborinske epizode itd.

KOMPONENTE TEČENJA



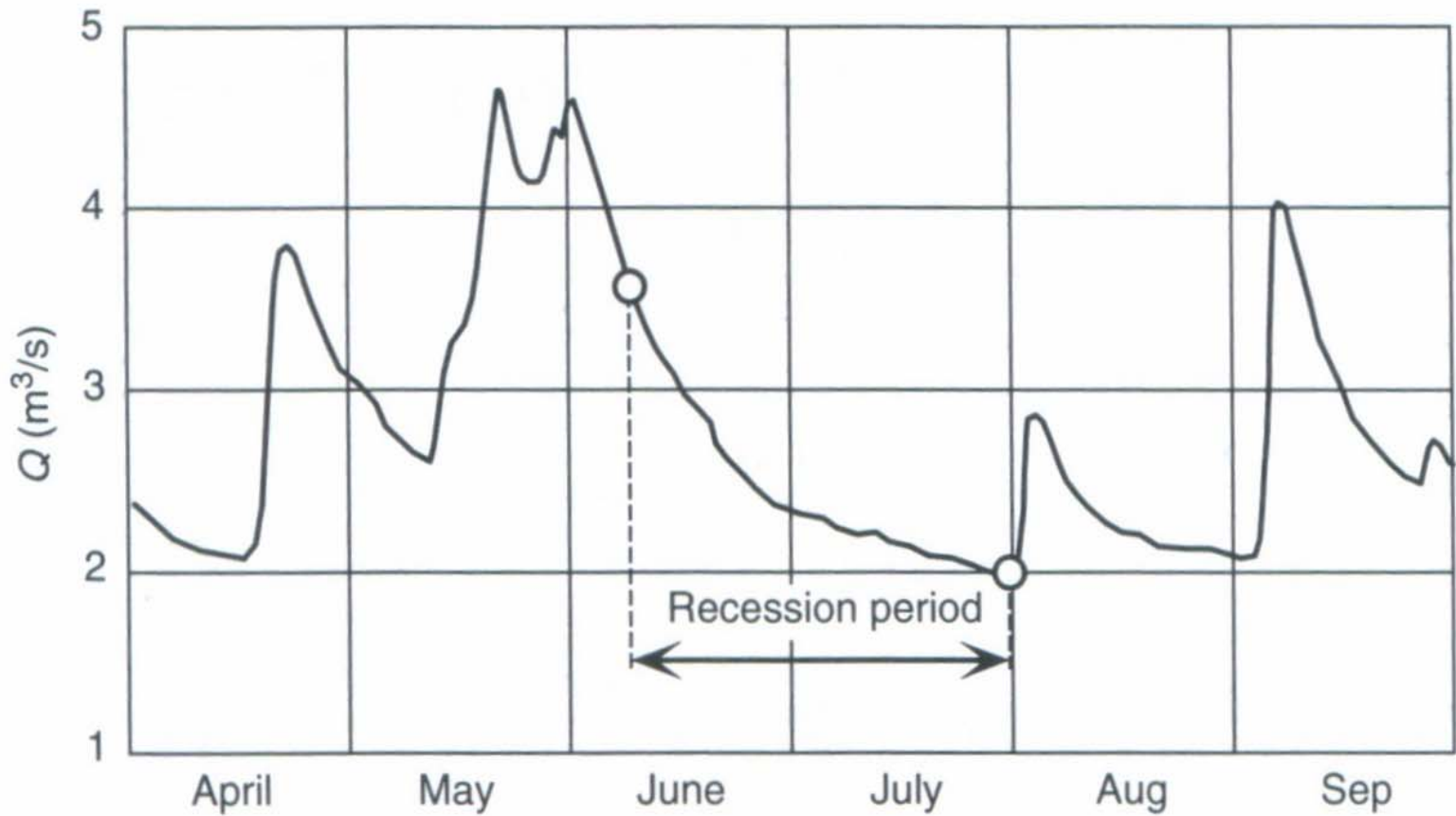
Analiza recesijske krivulje

- Nakon prestanka površinskog otjecanja, dolazi do **podzemnog otjecanja koje se ovisno o karakteristikama slivnog područja može održati kroz dulje ili kraće vremensko razdoblje**
- Analiza opadajućeg dijela hidrograma otjecanja koji odgovara bezoborinskom razdoblju zove se analiza **recesije**. Ovakva analiza predstavlja dobar uvid u strukturu vodonosnika.
- Oblik krivulje recesije ovisi o poroznosti te prihranjivanju iz susjednih slivova
- Idealni uvjeti za analizu krivulje recesije—bezoborinsko razdoblje u trajanju nekoliko mjeseci- su rijetka pojava

Bezoborinska razdoblja

- Poželjno je analizirati što više recesijskih krivulja tijekom određenog razdoblja-za svaku godinu pojedinačno
- Veći broj krivulja omogućava definiranje zajedničke prosječne recesijske krivulje kao i anvelope minimuma

Hidrogram izvora



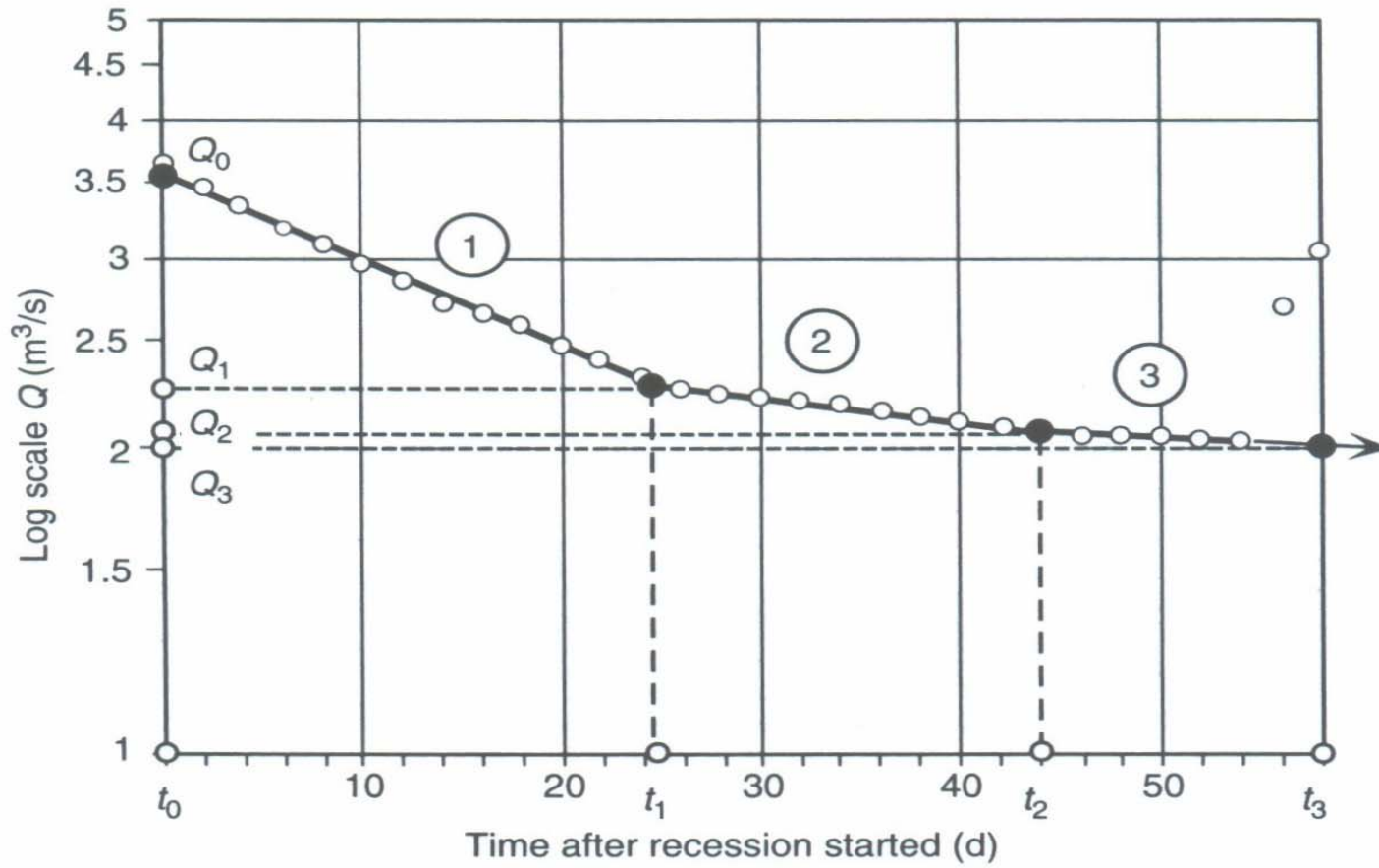
Maillet-ova formula

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$

α -recesijski koeficijent

Q_0 -početna točka na krivulji recesije

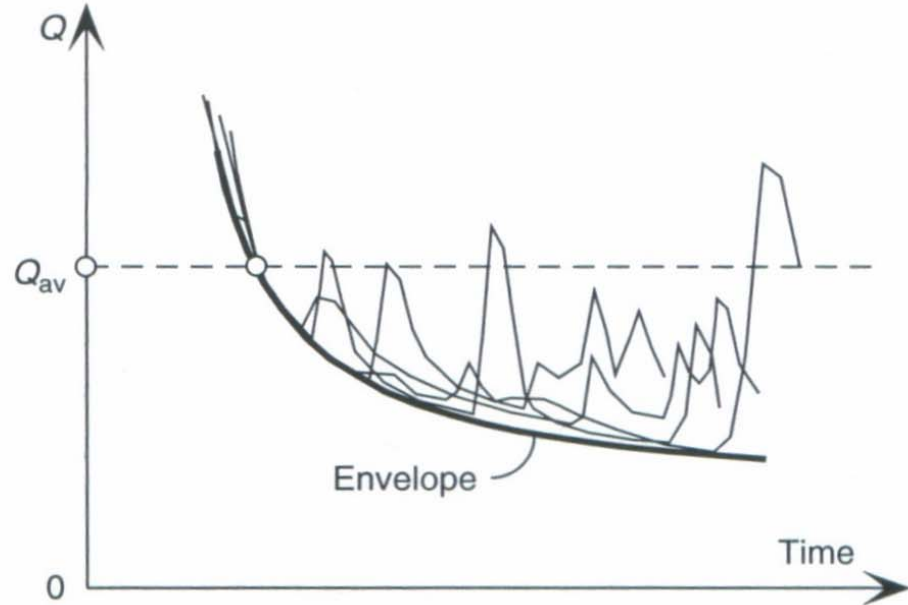
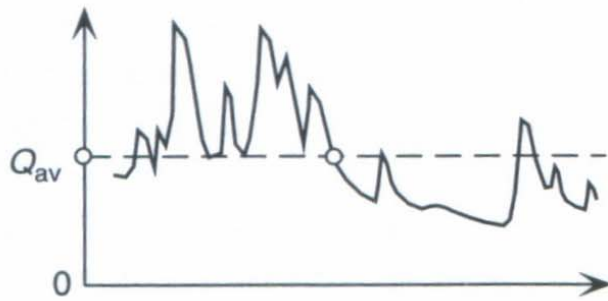
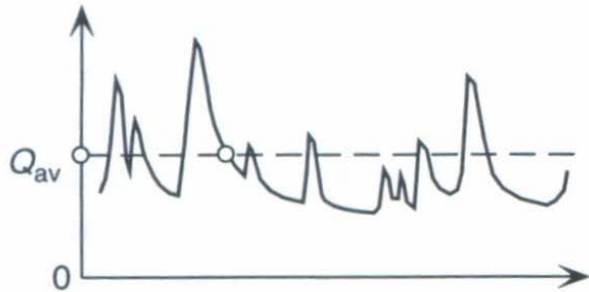
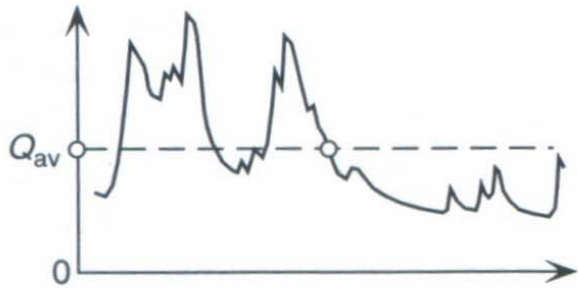
Krivulja recesije- polulogaritamsko mjerilo



POLULOGARITAMSKI PRIKAZ

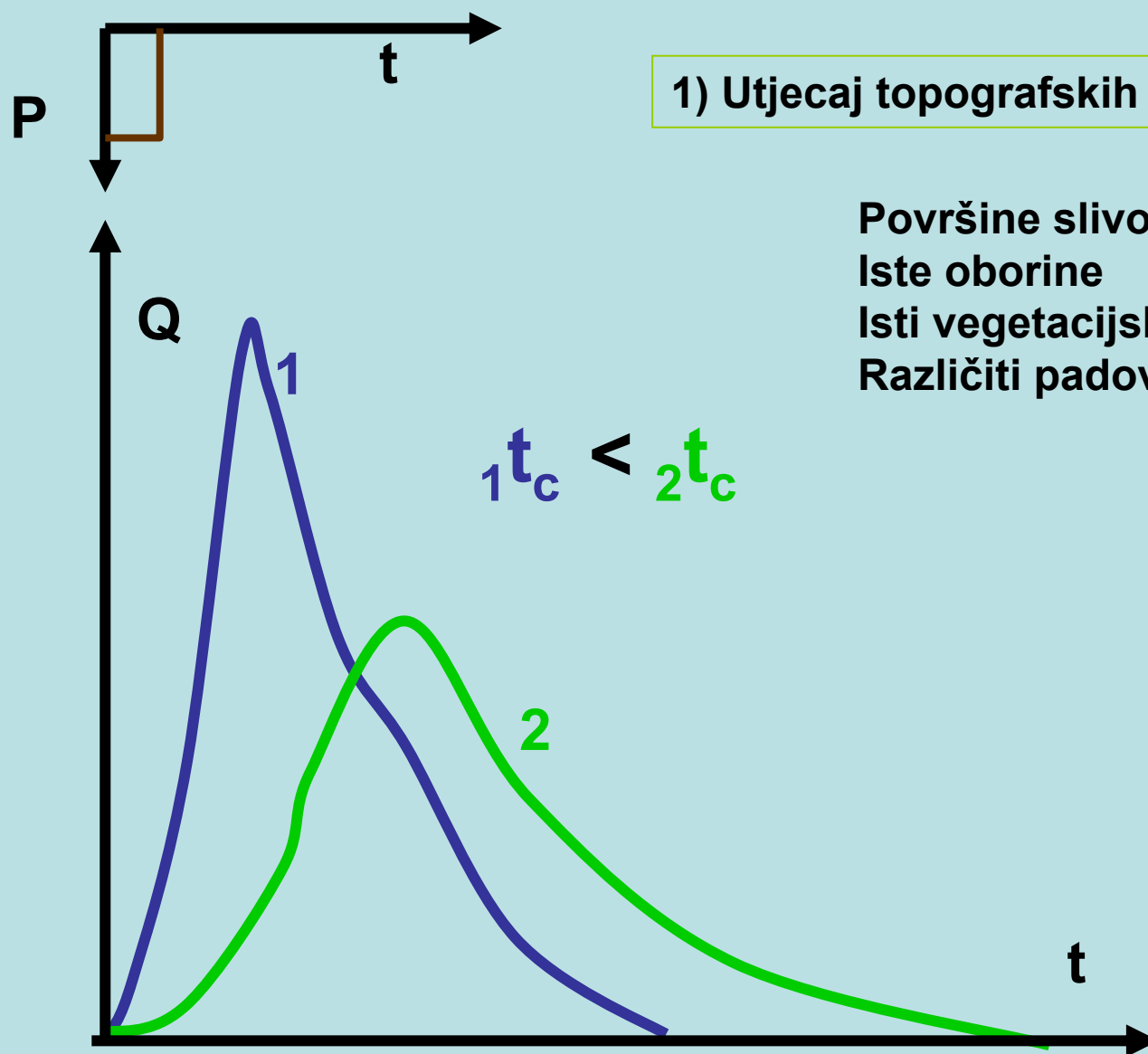
- Prikaz krivulje recesije u polulogaritamskom mjerilu može pokazati tri režima pražnjenja, tj. eksponencijalna krivulja se sastoji od tri dijela s tri različita koeficijenta recesije

Anvelopa krivulja recesije



UTJECAJ RAZNIH ČIMBENIKA NA OBLIK HIDROGRAMA

1) Utjecaj topografskih karakteristika sliva

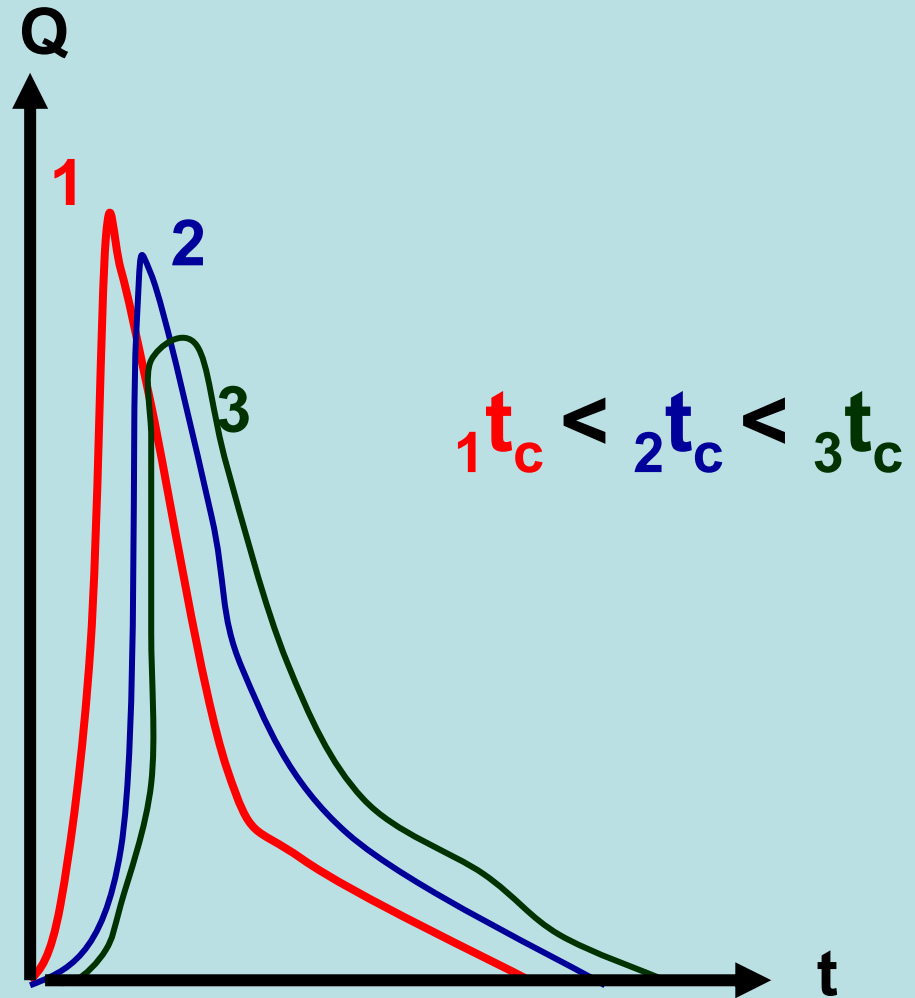
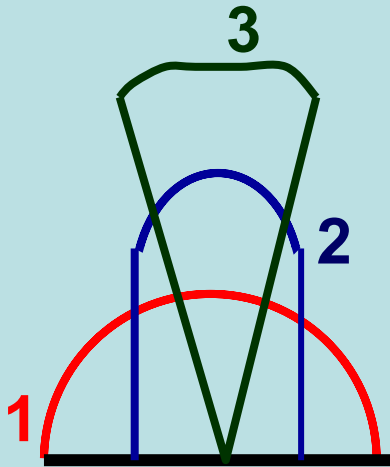


Površine slivova iste
Iste oborine
Isti vegetacijski pokrov i tlo
Različiti padovi terena $I_1 > I_2$

- Kod velikih slivova se otjecanje po terenu može zanemariti u odnosu na tečenje po vodotoku.
- Veći pad uvjetuje i veću brzinu tečenja vode tj. manju koncentraciju sliva.

2) Utjecaj oblika sliva

Površine slivova iste
Iste oborine
Isti vegetacijski pokrov i tlo
Isti padovi terena
Različiti oblici sliva

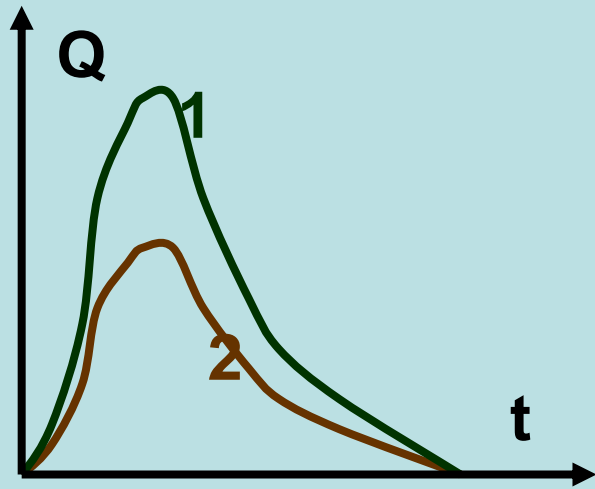


Oblik sliva

- Na vrijeme koncentracije utječe duljina puta L , a efekt je sličan kao kod utjecaja pada sliva na vrijeme koncentracije.

3) Utjecaj intenziteta i trajanja kiše na istom slivu

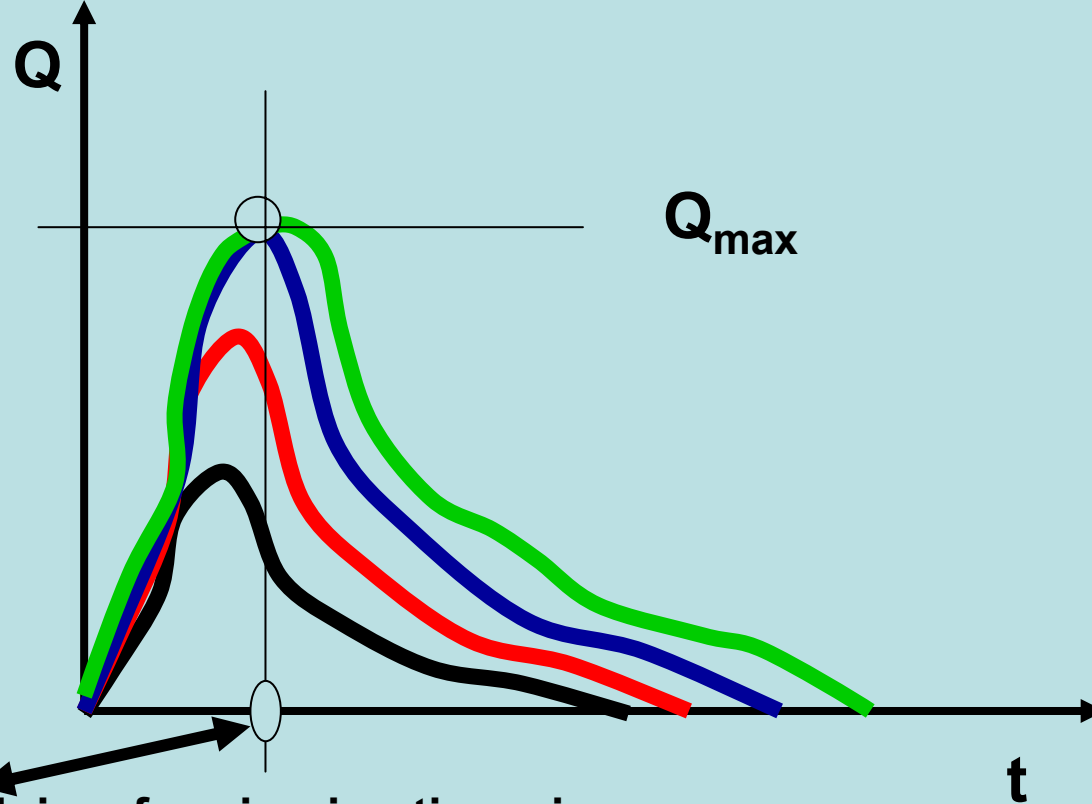
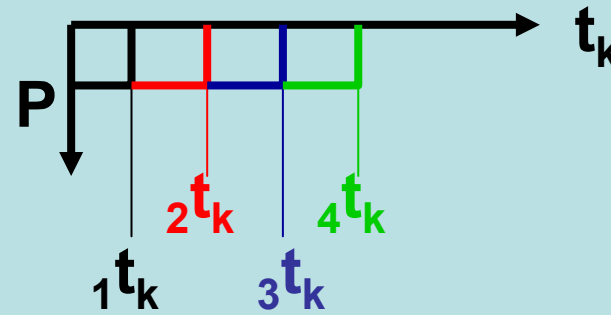
i - intenzitet kiše



$$i_1 > i_2 \ ; \ P_1 > P_2$$

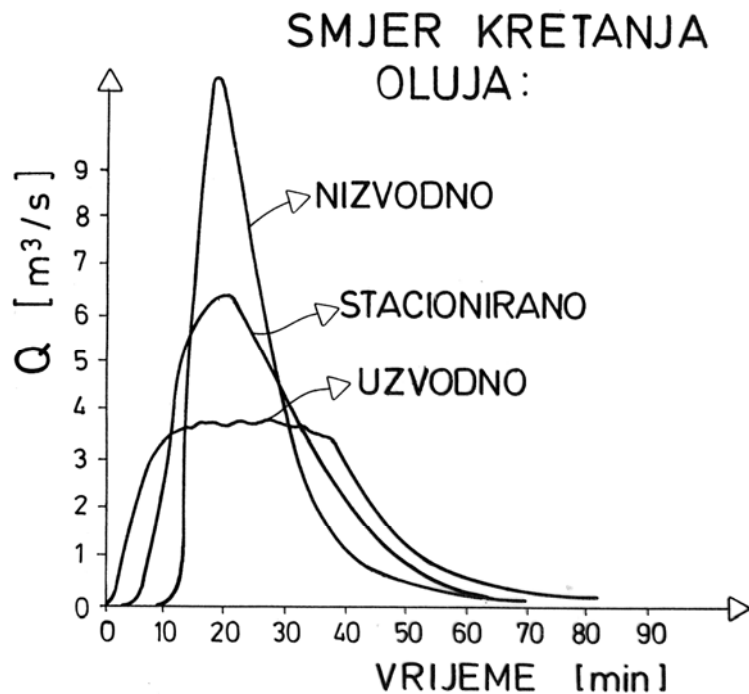
$${}_1t_k = {}_2t_k$$

t_k - trajanje kiše

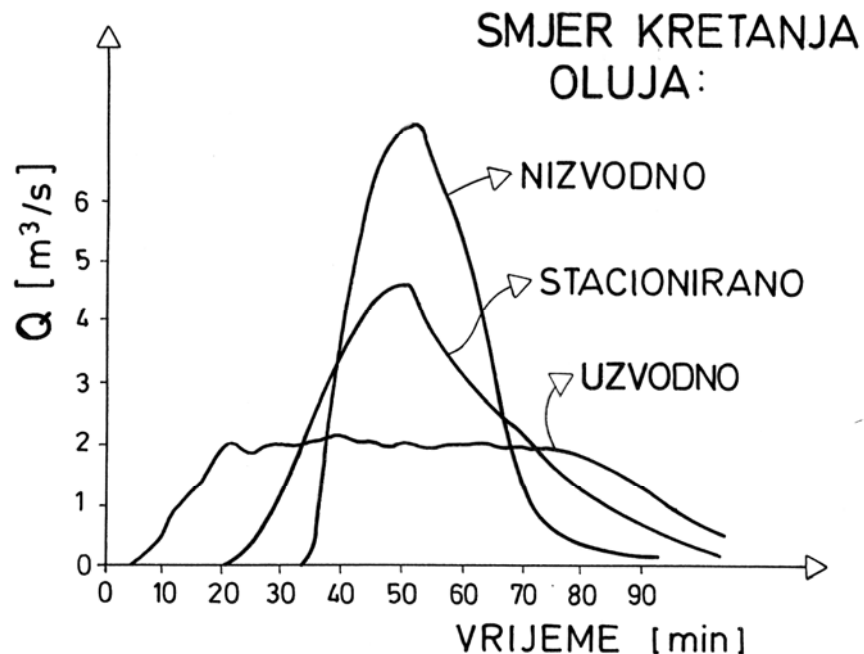


Trenutak kad cijeli sliv sudjeluje u formiranju otjecanja

4) Smjer kretanja oluje

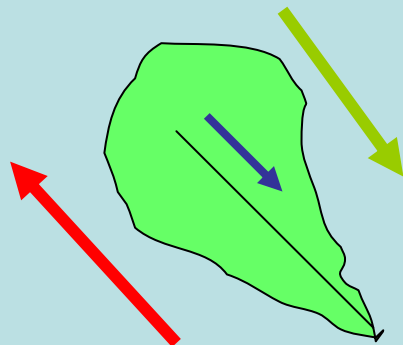


ULAZNA OBORINA
BLOK TRAJANJA 5 min
INTENZITET 70 mm/h



ULAZNA OBORINA
BLOK TRAJANJA 20 min
INTENZITET 20 mm/h

→
smjer tečenje
vode u vodotoku

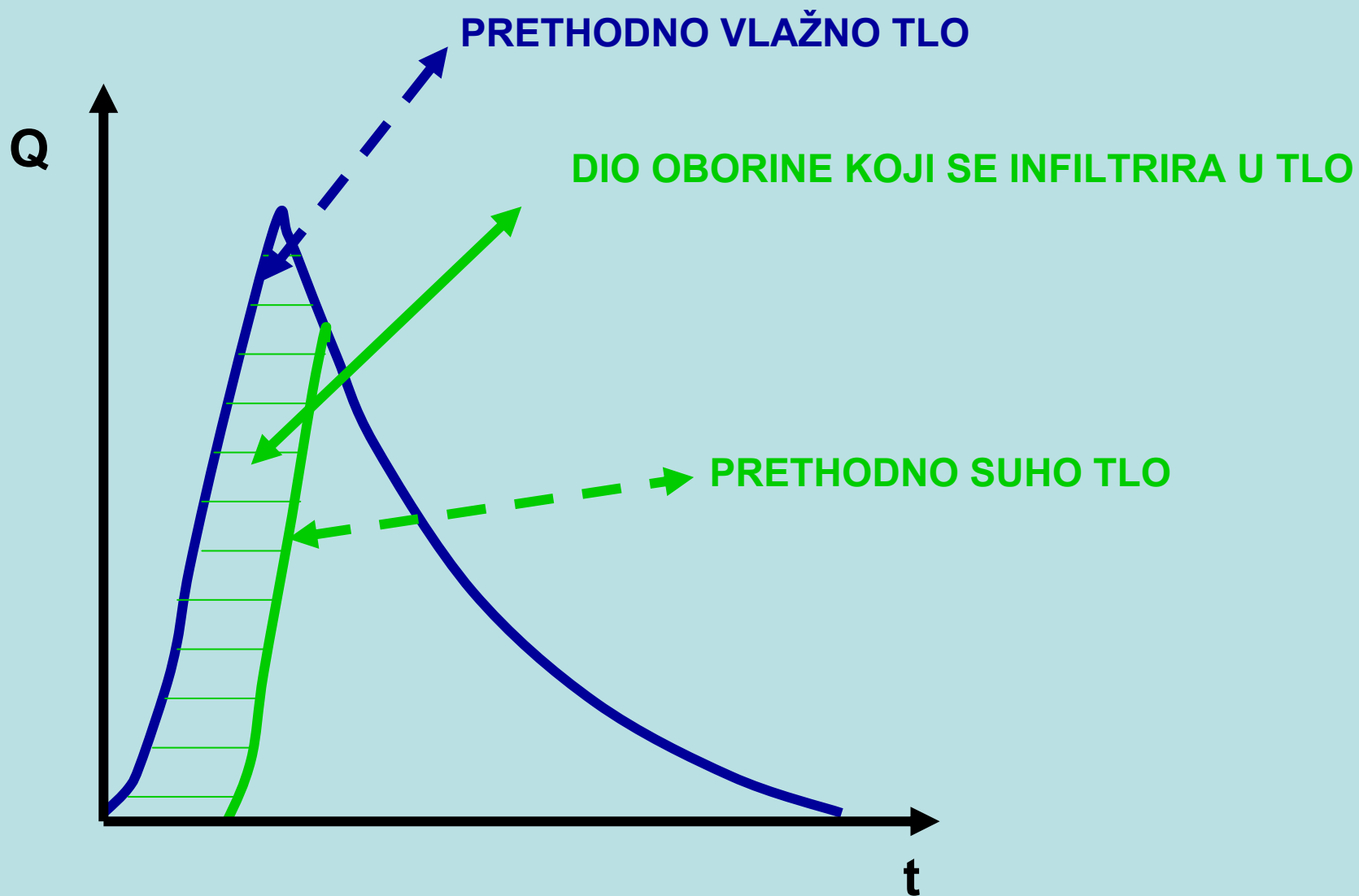


→ nizvodni

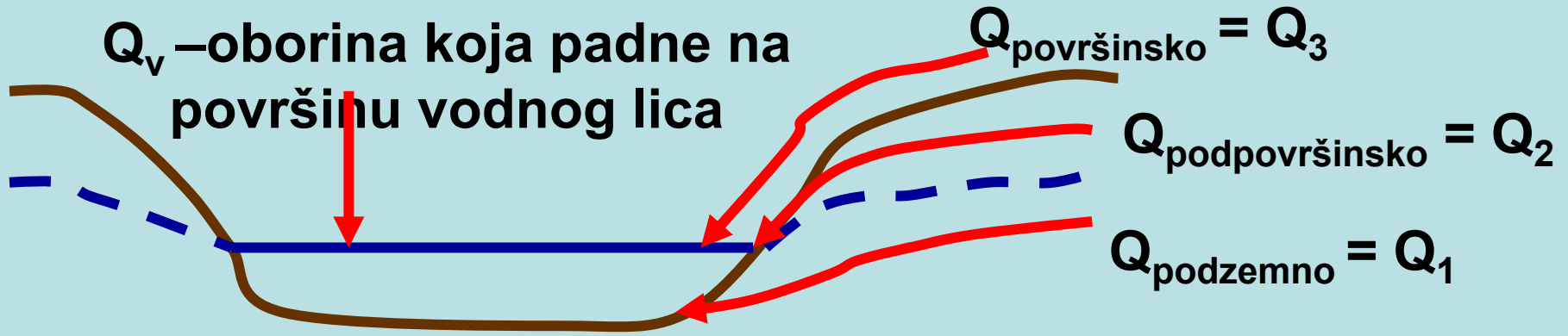
← uzvodni

smjerovi kretanja oluje

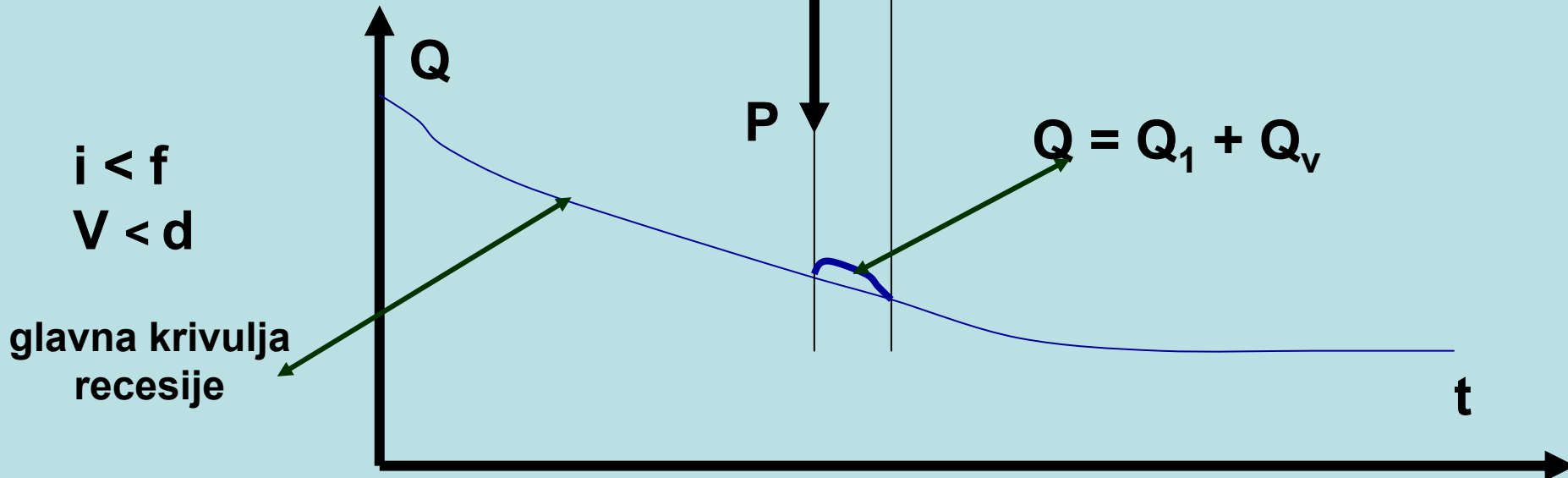
5) Utjecaj prethodne vlažnosti terena

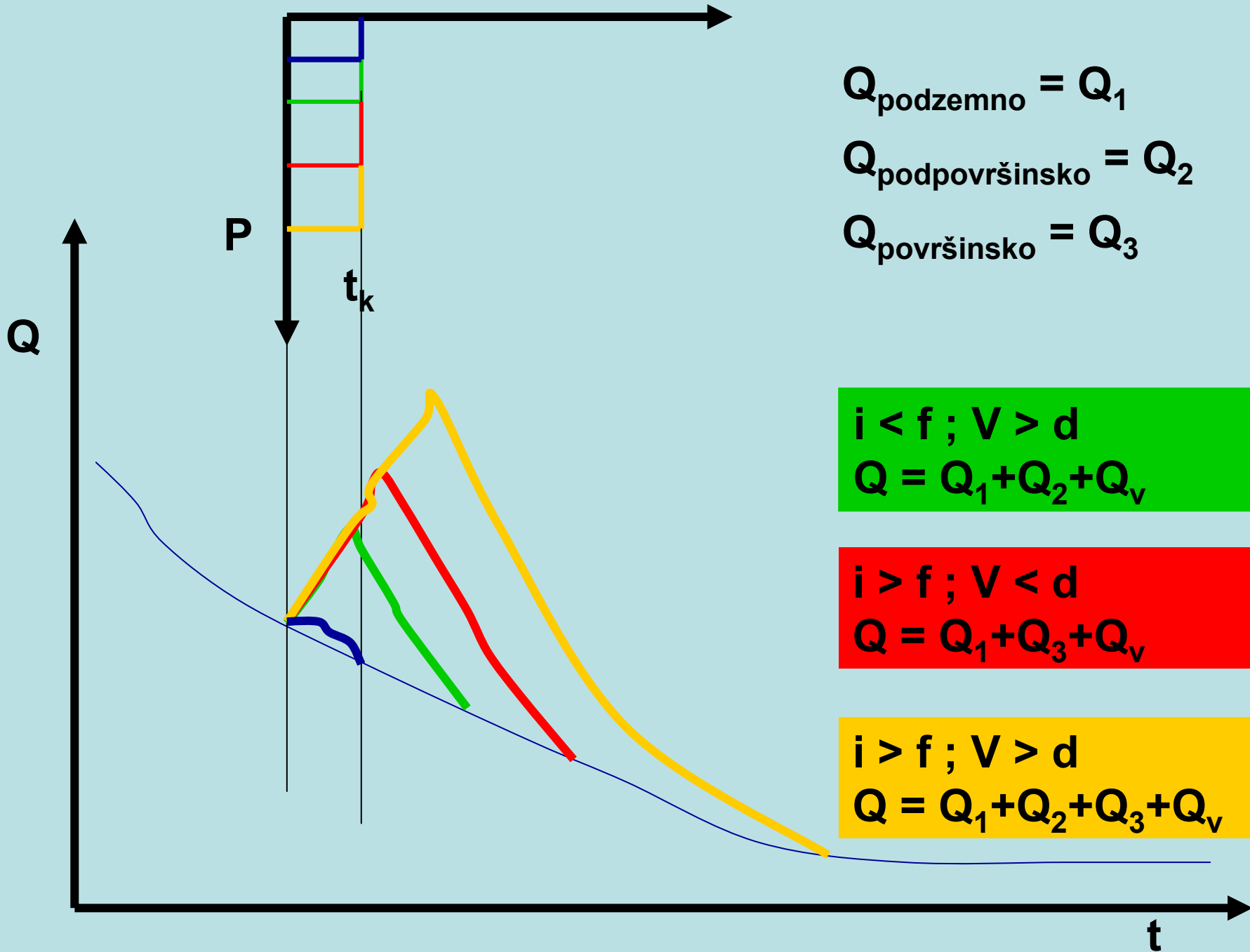


6) Utjecaj geoloških čimbenika



- i – intenzitet oborine (mm/sat)
- f – kapacitet infiltracije (mm/sat)
- V – volumen upijene vode (mm) ili (m^3)
- d – deficit vlažnosti zemljišta (mm) ili (m^3)



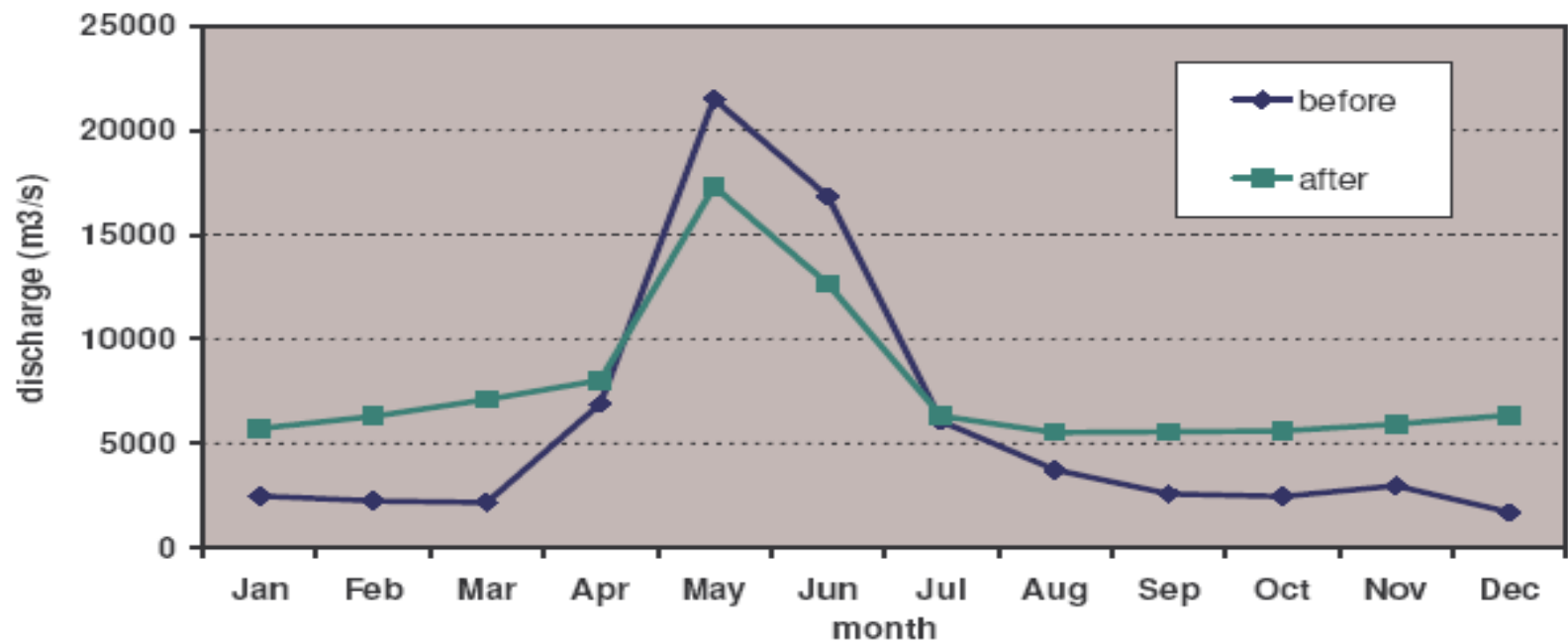


VOLGA

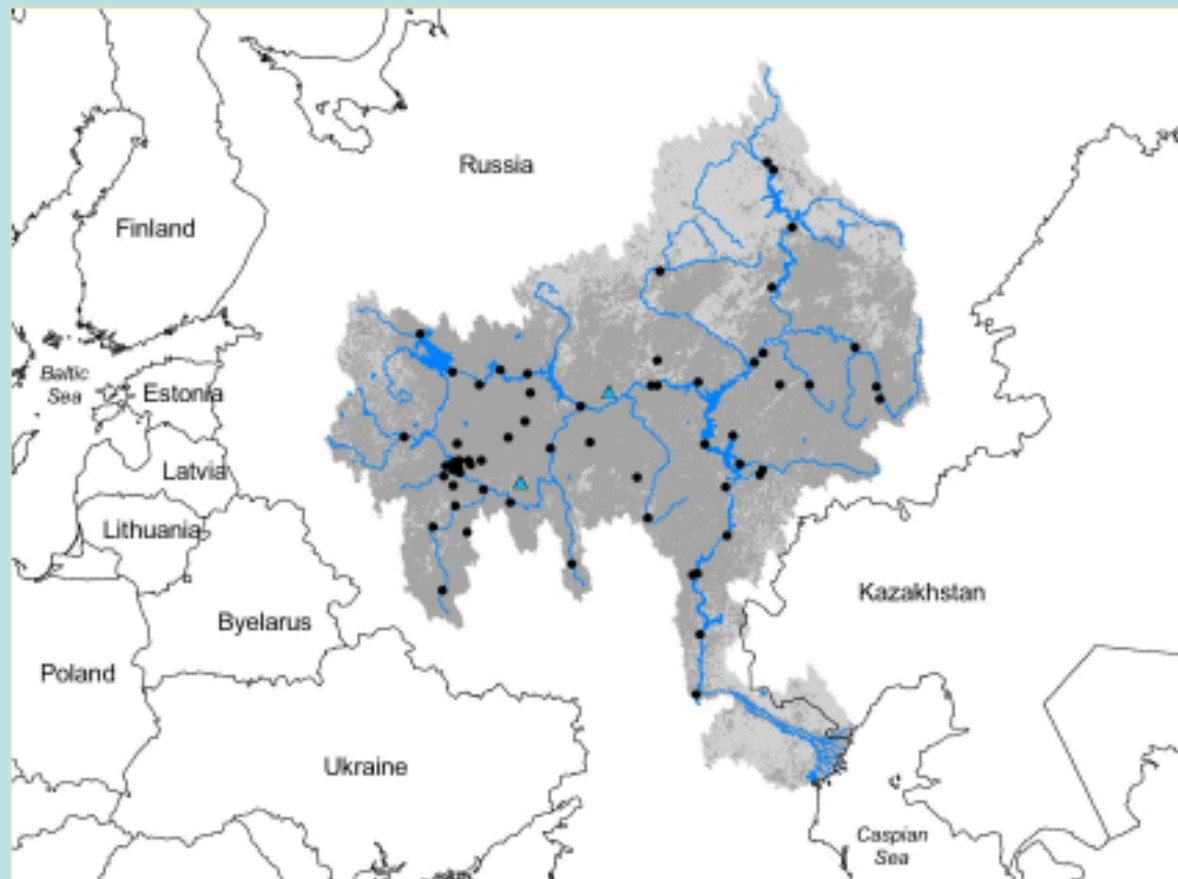


VOLGA

- **Country** [Russia](#)
- **Major cities** [Astrakhan](#), [Volgograd](#), [Samara](#), [Nizhniy Novgorod](#), [Yaroslavl](#)
- **Length** 3,692 [km](#)
- **Watershed** 1,380,000 [km²](#)
- **Discharge** [Volgograd](#) - average 8,060 [m³/s](#)
- **Source** - location [Valdai Hills](#), [Tver Oblast](#) - elevation 225 [m](#)
- **Mouth** [Caspian Sea](#) - elevation-28 [m](#)
- **Major tributaries** - left [Oka River](#) - right [Kama River](#)



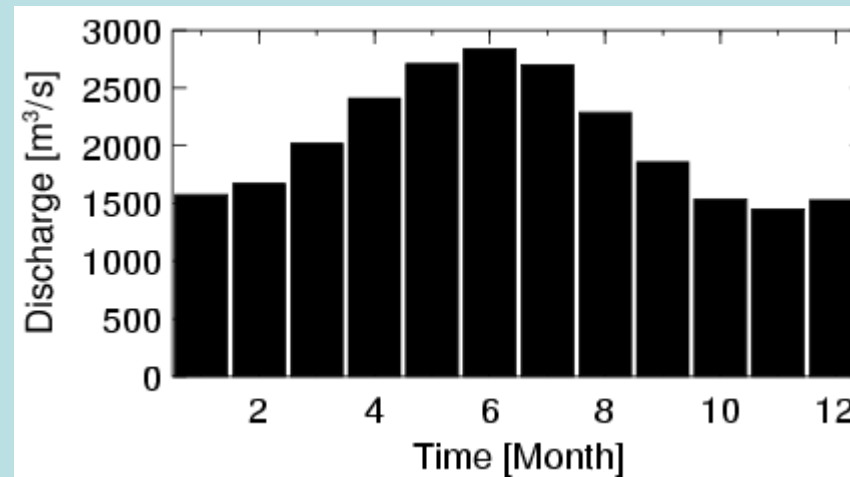
Annual hydrograph of the Lower Volga at Volgograd, before and after the construction of upstream dams



DUNAV

- Dunav (Danuvius) je najveća rijeka Europske unije, a druga po veličini u Evropi (iza Volge)
- Izvire u Black Forest u Njemačkoj u vidu dviju rijeka Brigač i Breg —a njihov spoj u Donaueschingen predstavlja ono što se danas zove Dunavom (Danube).
- Rijeka teče prema istoku u duljini toka od 2850 km do Crnog mora (Danube Delta u Rumunjskoj).

Dunav-Bratislava





DUNAV

- **Station Name (GRDC ID):** Bratislava (6142200)
- **Basin Name:** Danube
- **River Name:** Danube
- **Start Year [Month]:** 1900
- **End Year [Month]:** 1990
- **Mean Discharge:** 2047 m³/s
- **Minimum Discharge:** 633 m³/s
- **Maximum Discharge:** 7324 m³/s

- **Countries** [Germany](#), [Austria](#), [Slovakia](#), [Hungary](#), [Croatia](#), [Serbia](#), [Romania](#), [Bulgaria](#)
- **Major cities** [Ulm](#), [Regensburg](#), [Vienna](#), [Bratislava](#), [Budapest](#), [Belgrade](#)
- **Length** 2,860 [km](#)
- **Watershed** 817,000 [km²](#)
- **Discharge** before [delta](#) - average 6,500 [m³/s](#)
- **Discharge elsewhere** -
- [Passau](#) 580 [m³/s](#)
- [Vienna](#) 1,900 [m³/s](#)
- [Budapest](#) 2,350 [m³/s](#)
- [Belgrade](#) 6,500 [m³/s](#)
- **Primary source** [Brigach](#) - location [St. Georgen](#), [Black Forest](#), [Germany](#)
- **Other source** [Breg](#) - location [Black Forest](#), [Switzerland](#)
- **Source confluence** - location [Donaueschingen](#)

Sava

- Prosječni protok 1722 m³/s



