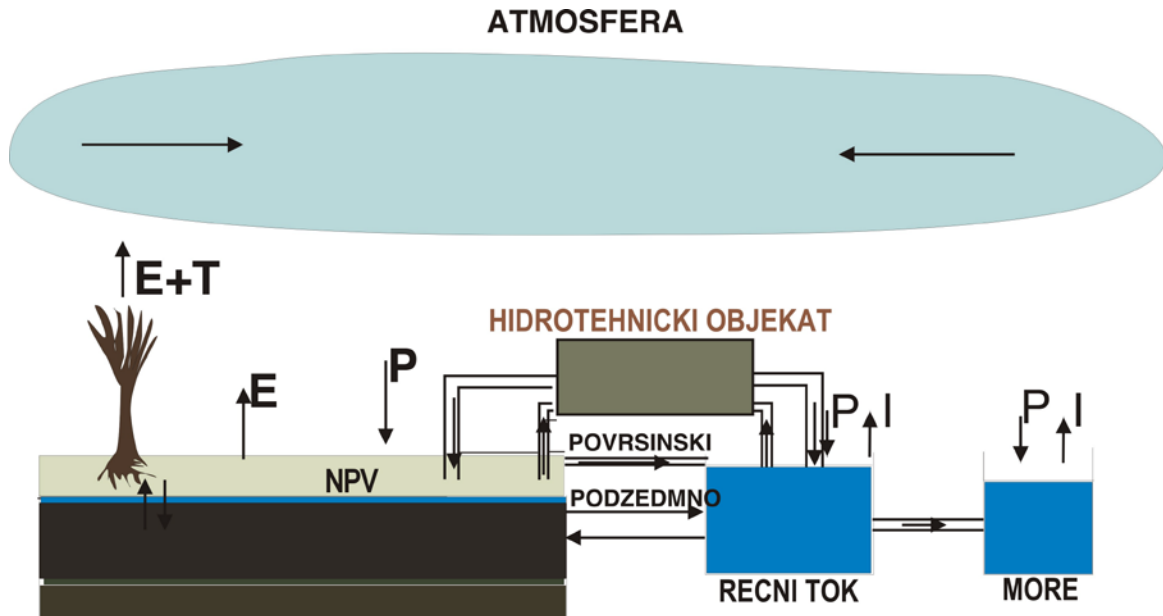


# I. VREMENSKA I PROSTORNA RASPODELA VODE I BILANSA

## I-1 Uvod

**Nauka o vodi-HIDROLOGIJA:** bavi se definisanjem, odnosno, procenom kolicina vode na odredjenom podrucju kao i njihov vremenski i prostorni raspored.

Sema kruzenja vode u prirodi:



**E-evaporacija**, je isparavanje vode sa oranice (zemljišta)

**T-transpiracija**, je potrošnja vode od strane biljaka

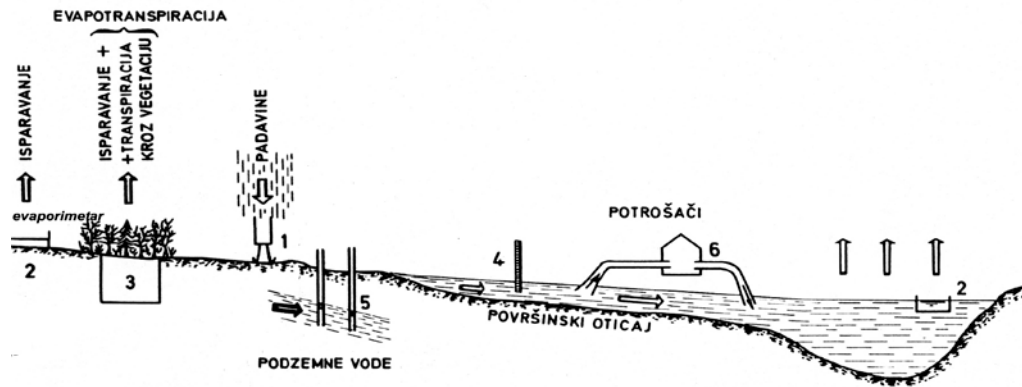
**ET-evapotranspiracija**

**P-padavine**

**I-isparavanje**

**HIDROMETRIJA**-oblast hidrotehnike koja se bavi merenjem vode u hidrotehnici. Sva dobijena merenja se sredjuju i obradjuju (najcesce statisticki)

Tako dobijeni podaci nam sluze za procenu kolicine i vremenske raspodele raspolozive vode na posmatranom podrucju (prosecni, max, min, ucestalost, raspodela)



ZA HIDROTEHNIČKA RAZMATRANJA PREDUSLOV JE POZNAVANJE STANJA I KOLIČINA VODA.

Opažaju se padavine kišomerom (1) isparavanje iz suda (2) količina vode u zemljištu (3) (njen priraštaj čine padavine – evapotranspiracija) nivoi brzine i proticaji površinskih voda (4) stanje podzemnih voda (5) potrošnja u izgrađenim hidrotehničkim sistemima (6).

1) **Kisomer** - za merenje padavina (najcesce samo dnevnih)

2) **Evaporimetar** - registruje isparavanje sa oranice

3) **Evapotranspirometar** - meri evapotranspiraciju; potrošnja vode od strane biljaka i isparavanje sa

oranice

4) **Vodomerna letva** - služi za merenje nivoa u otvorenim tokovima (nivo u odnosu na apsolutnu nuli)

$$O + R = H \text{ (mm)}$$

5) **Pijezometri** - služi za merenje nivoa podzemne vode

6) **Potrosaci** - registruju potrošnju vode

7) **Isparitelji** - registruju isparavanje sa vodene površine

8) **Tenzimetar**

## Pluviograf



## *Evaporimetar*



## *Vodomerne letve*



## *Pijezometar*



Dve vrste merenja:

- 1) U prirodnim uslovima (radi projektovanja)
- 2) Na izgradjenim objektima (radi upravljanja i procene rada izgradjenih objekata)

## I-2 VODNI BILANS

Osnovna jednačina koja nam služi za definisanje nekog bilansa omeđenog prostora sliva je **jednačina kontinuiteta**. Drugacije receno: posmatrajuci jedan omeđen prostor, doticaj u njega (površinski, podzemni) mora biti jednak povećanju količine vode u njemu, umanjenu za oticaj kroz granice omeđenog prostora.

Vodni bilans se radi za tačno definisan prostor i u definisanom vremenu  $\Delta t$ . Da bi se mogao izvršiti bilans elementi u bilansnoj jednačini moraju se izraziti u istim veličinama, a to su ili 1) zapremina ( $m^3$ ); ili 2) visina vodnog stuba (zapremina po jedinici površine) [mm] ili 3) zapremina u jedinici vremena proticaj [ $m^3/s$ ]

*P*-padavine

*ETP*-evapotranspiracij

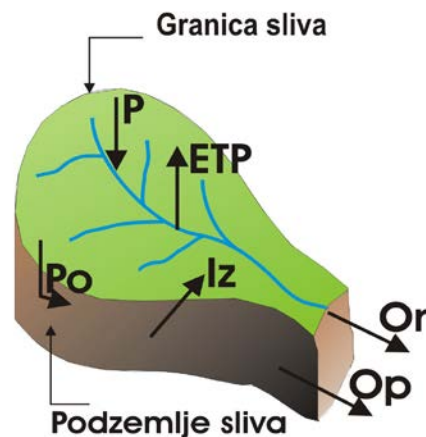
*Po*-poniranje vode

*Iz*-izviranje vode

*Or*-površinski oticaj rekom

*Op*-podzemni oticaj van granica sliva

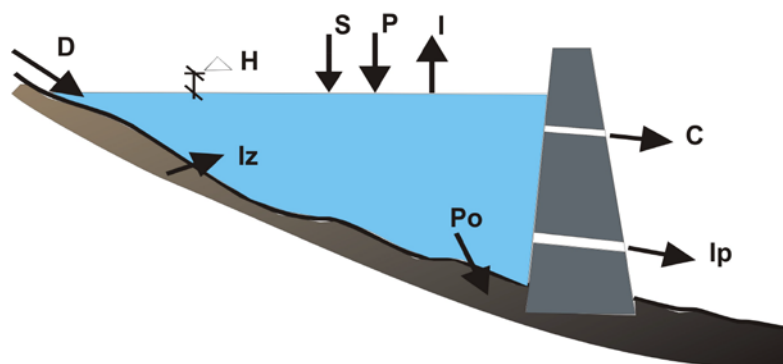
## Prirodni vodni bilans



$$\text{Bilansna jednačina: } P - ETP - (Po + Op - Iz) = Or$$

2) izgradjena akumulacija

## Izgradjena akumulacija





*P*-padavine direktno na vodenu površinu

*Iz*-isparavanje sa vodene površine

*D*-doticaj rekom

*Ip*-ispustanje radi nizvodnih potreba

*C*-ispust

*S*-površinsko slivanje sa obala jezera

$\pm\Delta V$ -povećanje ili smanjenje zapremine u jezeru

Nizvodno od reke minimum se mora ispustati radi bioloških potreba

**Bilansna jednačina:**

$$D - C - I_p + S + P - I - P_o + I_z = \pm\Delta H$$

**Skracena bilansna jednačina:**

$$D - C - I_p = \pm\Delta H \text{ (ostale velicine su zanemarljive u vecini slucajeva)}$$

## I-2.1 Padavine

**Padavine su najznacajniiji pozitivni element u bilansnoj jednačini.** U hidrotehnici se izražavaju visinom vodenog taloga. Za merenje padavina koristi se **kisomer** koji obično registruje dnevne padavine, odnosno svakoga dana se mere padavine u 7h. Ova merenja se prikupljaju u hidrometeorološkoj službi i podaci se publikuju u hidrometeorološkom godišnjaku.

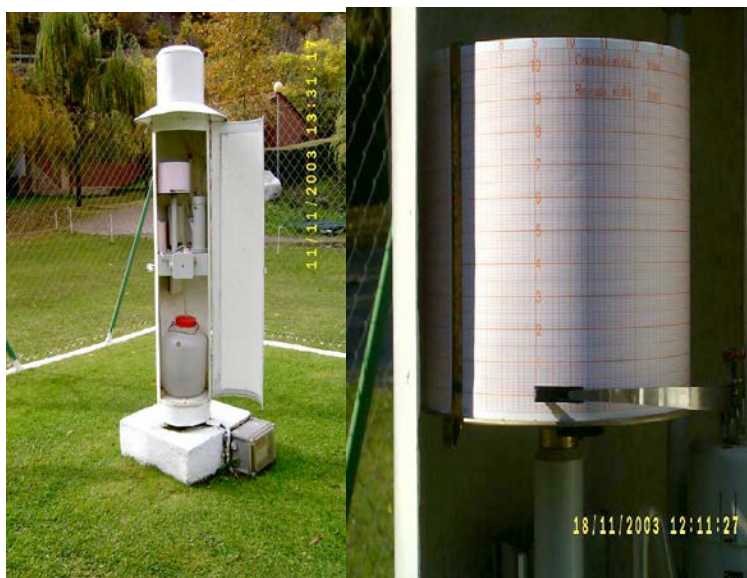
$P_{24} = k * PD$  **PD-dnevne padavine**

$k > 1 \rightarrow$  istraživanja sprovedena u SAD ukazuju da je  $k \sim 1.13$

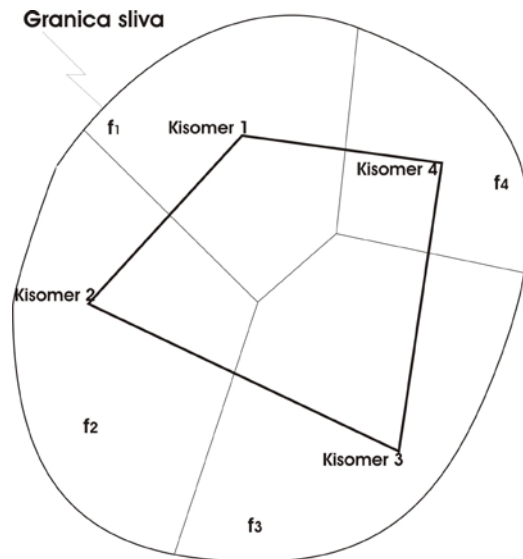
**Pluviografi-uređaji za kontinualno merenje padavina: visina, trajanje, intenzitet padavina.**

Trajanje kise je bitno kod projektovanja kanalizacionih sistema, gde u zavisnosti od slivne površine, merodavno trajanje kise je od: 15-30-45(min) do nekoliko casova. U tom slucaju podatak o dnevnim padavinama je vrlo grub za proracun. Ukoliko se objekat nalazi u blizini neke stanice tada se podaci uzimaju sa nje, a ukoliko se radi o nekom velikom podrucju gde ima vise mernih stanica, za odredjivanje kolicine padavina na tom podrucju koriste se **TISEN-ovi poligoni**.

### Pluviograf



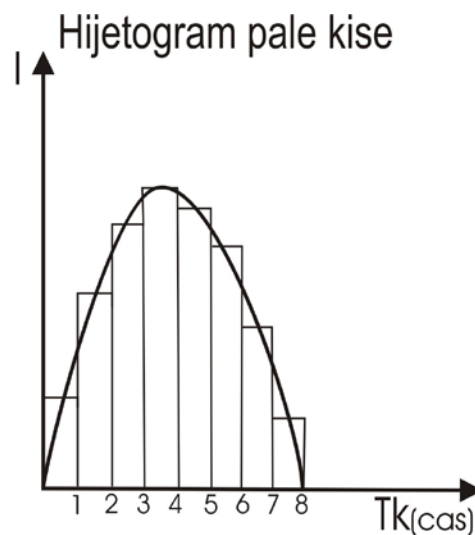
## Tisen-ovi poligoni



*Padavine se definišu visinom, trajanjem i povratnim periodom. Intenzitet je visina pale kise podeljena sa njenim trajanjem.*

*P- visina pale kise*

*i- intenzitet pale kise*



*Hijetogram pale kise-promena intenziteta padavina registrovana u svakom trenutku.*

$$P = \int i dt \quad i = dP/dt$$

*Na osnovu hijetograma pale kise mozemo odrediti P.*

$$P = \sum i \cdot \Delta t$$

*Zapremina pale kise nekog podrucja:*

$$V_p = P \cdot A$$

*Vp-zapremina pale kise nekog podrucja*

*P-Velicina pale kise*

*A-povrsina posmatranog podrucja*

### I.2.2 Vodostaj, proticajni presek i oticaj

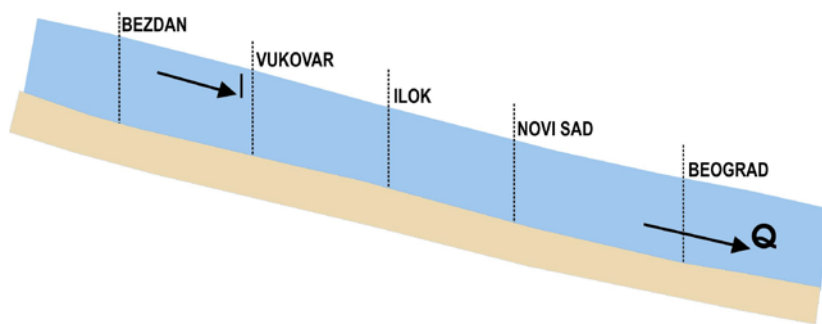
*Oticaj-pod oticajem se podrazumeva kolicina vode koja je povrainski otekla usled pale kise.*

**Vodostaj** je nivo vode u posmatranom profile vodotoka, odnosno “**proticajnom preseku**”. Vodostaj se meri na “**vodomernoj letvi**” a mesto na kome se obavlja merenje naziva se “**vodomerna stanica**”.

**Nivogram** je **hronoloski** prikaz vodostaja tokom vremena. Citanje na letvi vodomera ne prikazuje ni kotu ni dubinu vode, ali njegovim povezivanjem sa “o” vodomera dobija se nivo u metrima nad morem (mnm). Tacnost očitavanja je 1 (cm). Ako postoji velika denivelacija (razlika u nivoima) u proticajnom preseku reke, tada postavljamo na tom profilu vise vodomernih letvi. Citanje na letvi moze da bude i negativno ukoliko je “o” vodomera iznad maksimalnih nivoa reke.

“**Linija nivoa**” je linija koja spaja vodostaje duz toka.

## LINIJA NIVOVA

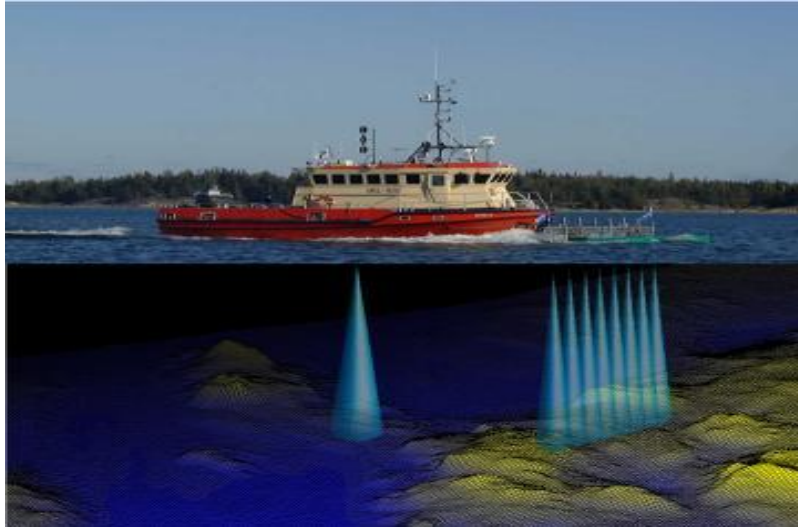


Vodostaj na vodomernoj letvi se meri jednom dnevno, i vrlo cesto se ne zabeleze znacajnije promene vodostaja koje su konstantne za manje vodotoke. Iz ovih razloga se za kontinualno merenje nivoa koristi **limnigraf**. U novije vreme za merenje nivoa se koriste **kapacitivne i eho sonde**. **Kapacitivne i eho sonde** su uređaji koji digitalno registruju nivoe ili ih memorisu na sopstvenoj memorijskoj jedinici ili signale salju u neki centar gde se podaci obradjuju.

### Limnigraf



## *Eho sonder*



*Proticaj-predstavlja zapreminu vode protekle u jedinici vremena. Kod većih vodotokova proticaj se može meriti integriranjem brzine u proticajnom preseku. Najtačnije je proticaj meriti **volumenski** merenjem zapremine vode koja dotekne u neku posudu za određeno vreme. Zbog toga se proticaj kod velikih vodotokova meri posredno preko brzine. Za merenje brzine se koristi “hidrometrijsko krilo”. Broj obrtaja elise je povezan sa brzinom strujanja u datoj tacki, pa sledi:*

$$V = V_0 + k \cdot N$$

*$V_0$ -brzina ispod koje se krilo ne okreće, i tada treba uzeti manje krilo*

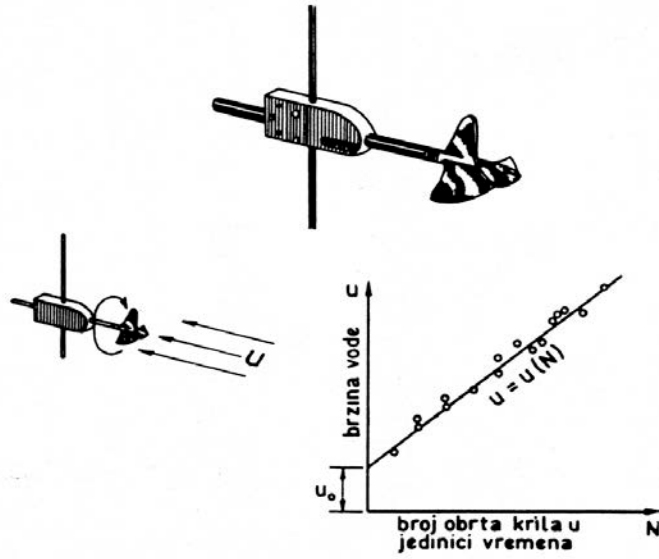
*$k$ - koeficijent svakog pojedinačnog hidrometrijskog krila*

*$N$ -broj obrtaja krila*

*Svako krilo se mora tarirati povremeno u hidrauličkom kanalu gde je poznata brzina tecenja i utvrđuje se koeficijent hidrometrijskog krila  $k$ . U jednom proticajnom preseku brzine se mere u više vertikala a na svakoj vertikali treba meriti u minimum 3-5 tacaka.*



## Hidrometrijsko krilo



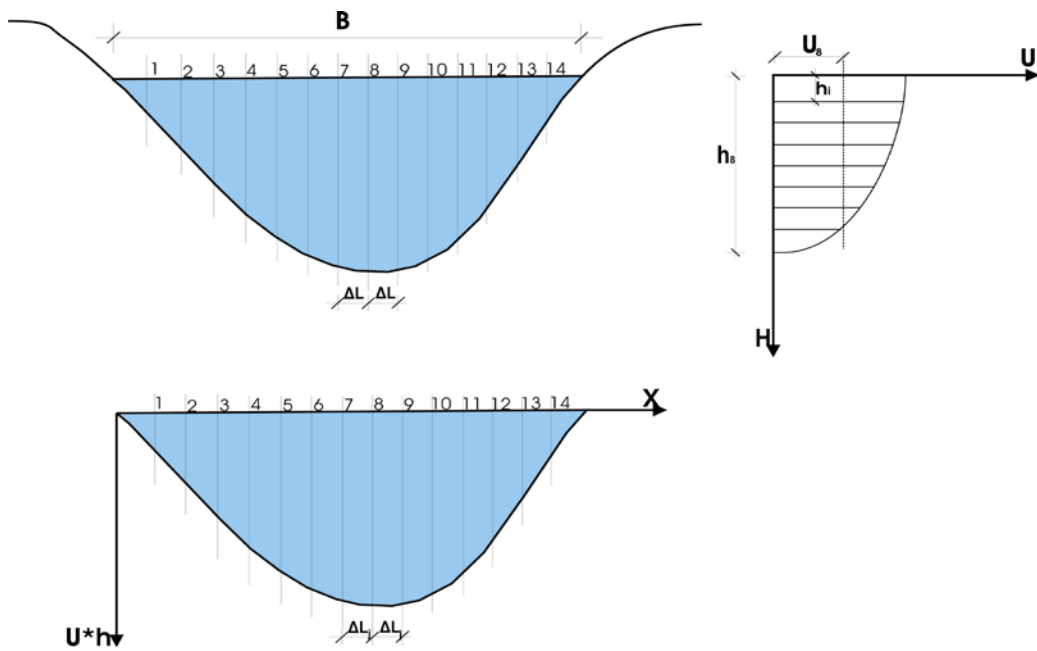
### HIDROMETRIJSKO KRILO

Merenjem broja obrtaja  $N$  krila, određena je brzina vode  $u$ . Veza  $u = u(N)$  prethodno je utvrđena u opitnom kanalu (tačke  $e$  označavaju rezultate opita). Krilo ne može da meri brzine  $u < u_0$ , jer se tada ne okreće, pa treba upotrebljavati lakše pokretljivo krilo koje opet nije pogodno za velike brzine.

### Hidrometrijsko krilo



## Merenje proticaja integrisanjem brzine



$$U_8 = 1/h_8 * (\int U dy) = 1/h_8 * (\sum ((U_i + U_{i+1})/2) * h_i)$$

$U_i$ -izmerna brzina u "i"-toj tacki posmatrane vertikale

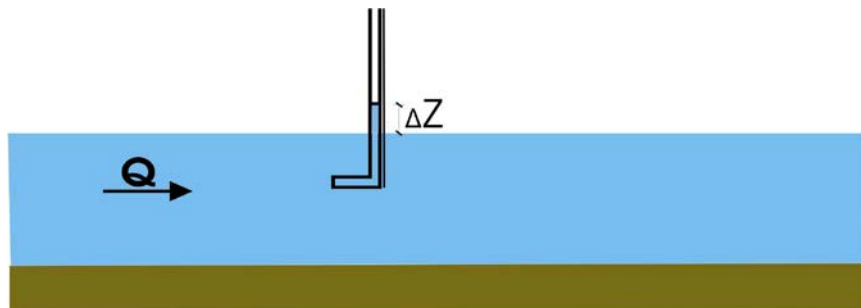
$U_8$ -prosečna brzina u datom profile

$U * h$ -umnozene srednje dubine i brzine u profile

$$Q = \int h * U dx = \sum ((h * U_j + h_{j+1} * U_{j+1})/2) * \Delta L_j$$

$Q$ -proticaj u posmatranom proticajnom profilu

Brzinu u nekoj tacki najcesce kod **manjih kanala** (npr. Hidraulickim kanalima) mozemo odrediti i pomocu **Pito-cevi**.

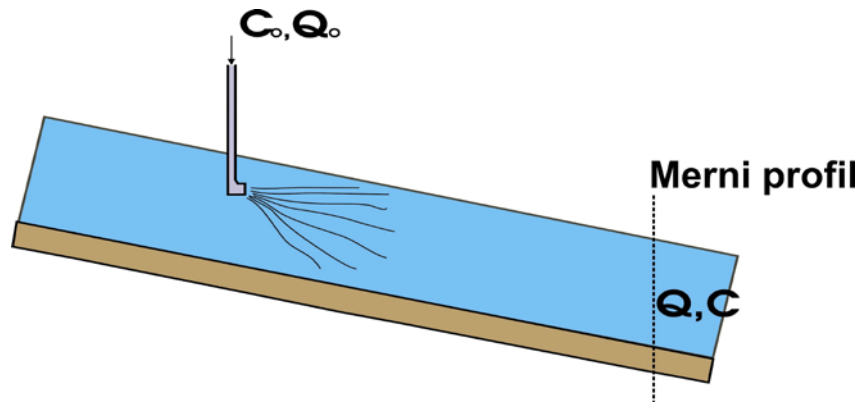


$$E = \Pi + (V^2)/2g$$

$$V = \sqrt{(\Delta Z * 2g)}$$

$$\Delta Z = E - \Pi$$

Merenje proticaja ubacivanjem koncentracije boje u vodotok

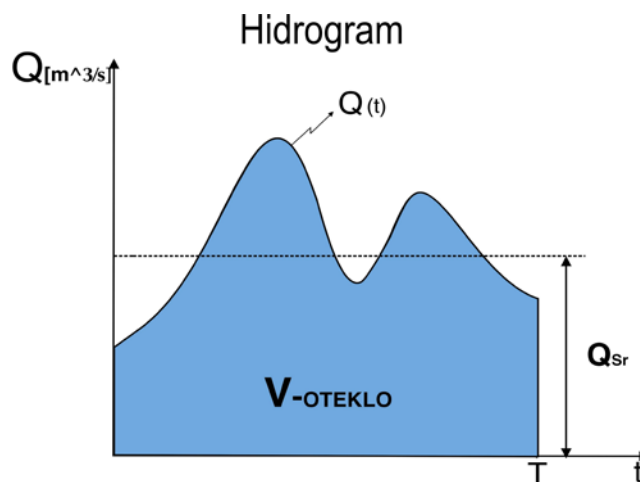


Na jednom profile ubacujemo smesu sa koncentracijom "Co" I proticajem "Qo".Nizvodno od datog profila kada smo sigurni da se koncentracija(boja) razblazila na celom profile uzimamo uzorak vode I merimo koncentraciju smese "C"

$$Q_0 * C_0 = (Q + Q_0) * C \rightarrow Q = Q_0 * (C_0 / C)$$

Ova metoda se primenjuje kod reka **ponornica** za **registrovanje proticaja** istih.

Ako se raspolaze sa merenim proticajima tokom odredjenog vremena moze se graficki prikazati **zavisnost proticaja od vremena** I ta zavisnost se zove **hidrogram**. Iz hidrograma se integracijom funkcije ispod njega **dobija zapremina protekle vode u analiziranom periodu**.

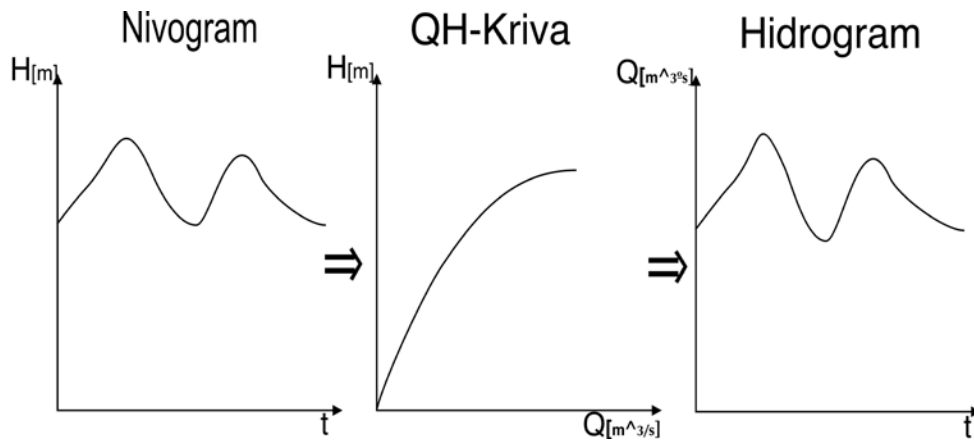


$$V = \int Q(t) dt$$

$$Q_{sr} = V/T \quad Q_{sr} \text{-srednji proticaj u posmatranom vremenu}$$

### Veza izmedju vodostaja i proticaja

Funkcija koja iskazuje ovu vezu a prikazuje se graficki naziva se "**kriva proticaja**" (**QH-kriva**). Potreba za odredjivanjem krive proticaja nastala je iz razloga sto je vodostaj daleko lakse izmeriti na terenu, a **poznavanjem krive proticaja i izmerenog vodostaja dolazimo do hidrograma**.



*Nivogram i hidrogram su po obliku veoma slicni. QH-kriva odredjena merenjima na nekom profile moze da posluzi sve dotle dok nije doslo do geometrijskih promena tog profila usled erozije ili zasipanja ili pak u slucaju ako nije doslo do nekih drasticnijih promena prepreka u toku vode nizvodno od naseg posmatranog profila!*

***Do proticaja u nekom toku na nekom proticajnom profilu dolazimo na dva nacina:***

*1. Merenjem brzina hidrometrijskim krilom na nekom proticajnom preseku na osnovu kojih racunamo*

*proticaj, registrovanjem vodostaja i pada linije vodenog ogledala za dati proticaj dolazimo do jedne*

*tacke na QH-krivi. Ponavljanjem vise ovakvih merenja na datom profilu i za razlicite proticaje i*

*nivoa definisemo (QH) krivu datog profila. Kada dobijemo ovu funkciju ona nam omogucuje da*

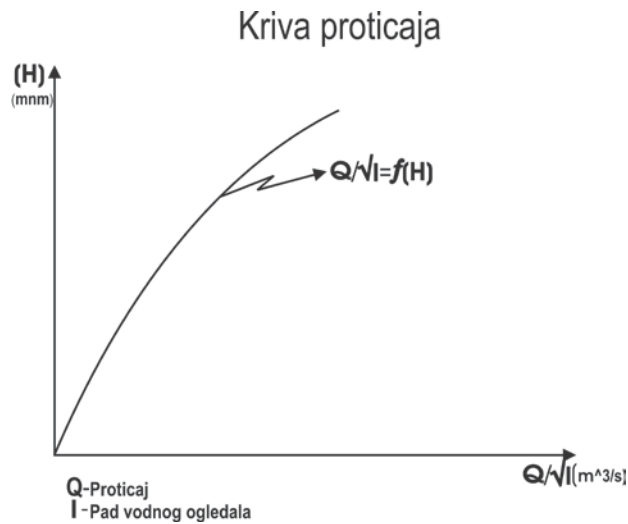
*nadalje merenjem samo vodostaja odredjujemo proticaj na tom profile.*

*2. Drugi nacin se primenjuje kod manjih vodotokova ili kanala gde na datom profile postoji neki*

*objekat (preliv, suzenje...). Poznavanjem matematicke funkcije izmedju proticaja I nivoa, odredjuje*

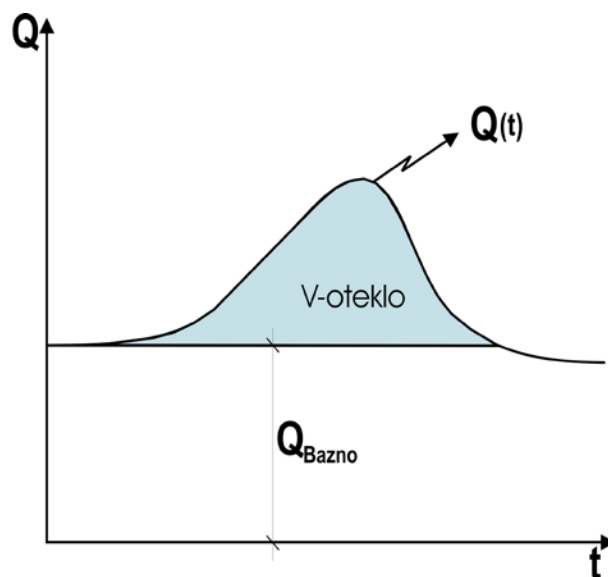
*se proticaj.*

*Ukoliko je proticajni profil reke pod uticajem nizvodnih poremećaja (uliv u drugu reku, izgradnja brana i akumulacija, kaskada, ...), veza nivoa i proticaja se mora dopuniti i padom nivoa merenjem vodostaja ispred i iza posmatranog proticajnog profila.*



### I-2.3 Veza izmedju padavina i oticaja

Veza padavine-oticaaj se bazira na cinjenici da **oticaaj uzrokuje deo padavina** koje su se slile u vodotok. Taj deo nazivamo “**neto padavine**” ili “**efektivne padavine**”. Ostali deo padavina ili ispari Ili se upije od strane zemljista (**infiltrira**).



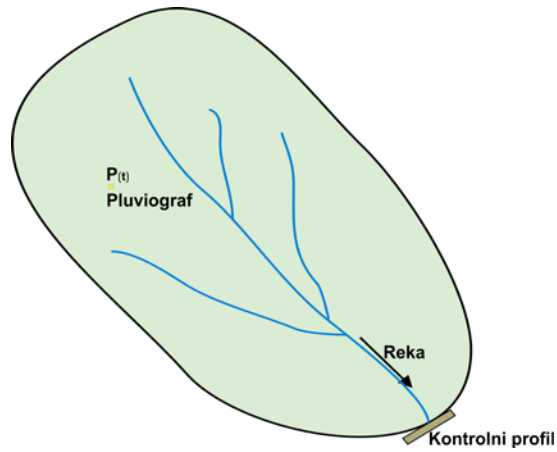
**Problem** kod odredjivanja ove zavisnosti nastaje **pri samoj cinjenici da iste padavine (iste visine) cak i na istom slivu ne uzrokuju isti oticaja**, a za razlicite tokove, to je jos **izrazenije**. Shodno iznetom za definisanje veze padavine-oticaaj potrebno je izmeriti sledece velicine:

1. na nekom profilu vodotoka potrebno je **meriti vodostaj limnigrafom** I potrebno je **poznati vezu vodostaj-proticaj** na osnovu koje dolazimo do hidrograma u datom profilu.

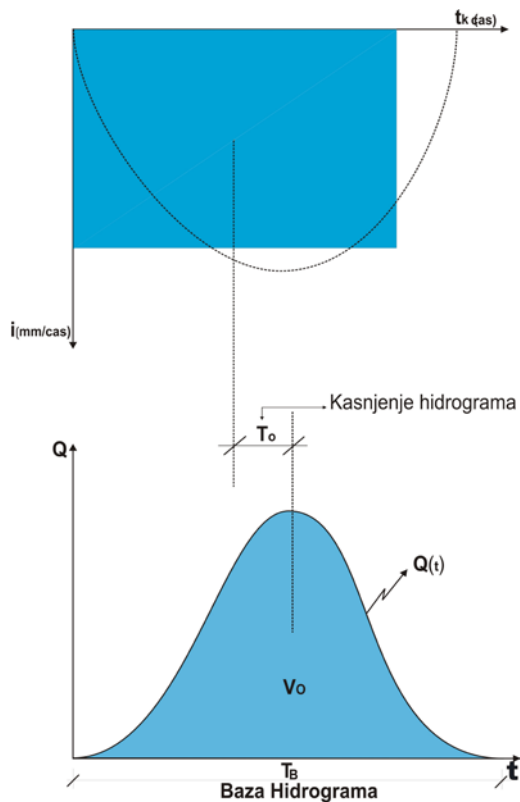
2. **potrebno je meriti I visinu pale kise, registrovanu pluvigrafom** u nekoj tacki sliva ili blisko nasem slivu.

**Povrsinski sliv**





### HIJETOGRAM PALE KISE



$P=i*tk(mmm)$  Kolicina pale kise na posmatranom podrucju u analiziranom vremenu(velicina odredjena koriscenjem hijetograma,ranije pokazanim postupkom)  
Velicina sa slike:

$T_o$ -kasnjenje hidrograma

$T_B$ -baza hidrograma

$$V_p=p*F_s(m^3)$$

$V_p$ -zapremina pale kise na povrsinu sliva

$$V_o=\int Q dt (m^3)$$

$V_o$ -zapremina otekle kise

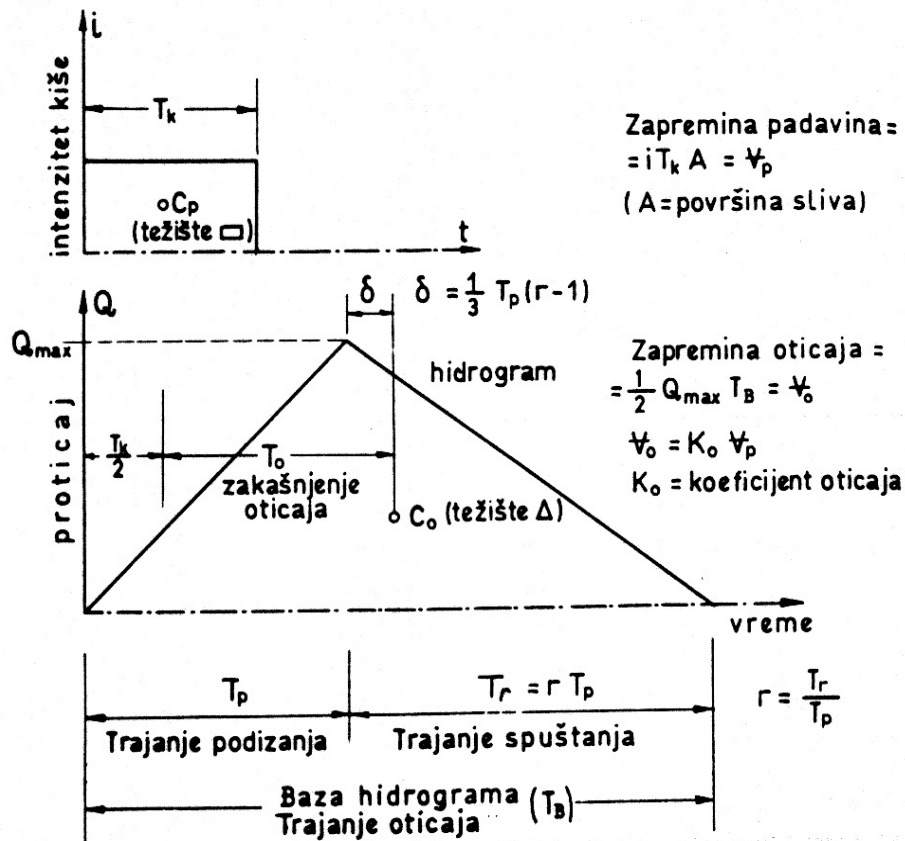
$K_o$ =otekle padavine/pale padavine= $V_o/V_p$

$K$ -koeficijent oticaja

Odnos zapremine otekle vode od date kise I zapremine pale kise na dati sliv predstavlja koeficijent oticaja. Koeficijent oticaja se moze izraziti ako se date zapremine podele sa površinom sliva I odnosom efektivne padavine (neto) I ukupne (bruto) padavine na posmatranom slivu.

$$K_o = p_e / p \quad p_e - \text{efektivna padavina}$$

U hidrotehnickoj praksi zbog lakseg definisanja pojmova i lakseg rada stvarni zvonasti oblik hidrograma aproksimiramo trougaonim oblikom.



**ZAVISNOST TRAJANJA OTICAJA OD TRAJANJA KIŠE I ZAKAŠNJENJA OTICANJA ZA KONSTANTAN INTENZITET KIŠE I TROUGAONI HIDROGRAM**

$T_p$  se može izraziti sa  $T_k$ ,  $T_o$  i  $r$ , jer se iz slike vidi

$$T_p + \frac{1}{3} T_p (r-1) = \frac{T_k}{2} + T_o \quad \text{pa je } T_p = \frac{3}{2+r} \left( \frac{T_k}{2} + T_o \right)$$

$$\text{iz čega se dobija } T_B = (r+1) T_p = \frac{3(r+1)}{2+r} \left( \frac{T_k}{2} + T_o \right)$$

tj. trajanje  $T_B$  oticaja daje se u zavisnosti od trajanja kiše, vremena  $T_o$  zakašnjenja oticaja i odnosa  $r$  koji unosi oblik hidrograma.

Velicine sa slike:

$T_p$ -vreme podizanja maksimuma hidrograma

$T_r$ -vreme spustanja hidrograma-vreme retardacije

$T_B$ -baza hidrograma

$$R = T_r / T_p \quad R \geq 1$$

**R**-koeficijent koji ukazuje na velicinu sliva, odnosno ukazuje na odnos vremena retardacije **Tr** i vremena podizanja **Tp**. Kod malih slivova u urbanim sredinama (parkinzi, asfaltne površine, aerodromi...) uzima se da je **R=1**  
**Kod nesto vecih, bujicarskih, slivova** (površine: 10-20 (km<sup>2</sup>)) **R=1-1.3**  
**Kod izrazito velikih slivova** (Sava, Tisa, Drina, Morava...) **R-se kreće i do 3**

Za jedan isti sliv osnovni parametri oblika hidrograma (**TB, Tp, Tr**) ne bi se smeli znatnije menjati bez obzira na intenzitet kise. Zbog toga se najcesce na ovakvim slivovima postavi pluviograf za merenje padavina i limnigraf na kontrolnom profilu (za merenje nivoa, odnosno proticaja). Merenjem padavina i oticaja u vremenskom periodu od **3-5** godina mozemo doci do zavisnosti za dati sliv izmedju padavina i oticaja odnosno mozemo doci do koeficijenta oticaja za razlicite periode godine. Naime koeficijent oticaja nije konstantan tokom godine za jedan sliv, kao sto je vec receno ranije, on osim sto zavisi od geometrije sliva i topografskih karakteristika sliva (pada terena) zavisi **I** od vlažnosti zemljista pre pale kise, a takodje zavisi **I** od obraslosti terena vegetacijom.

### Merodavna kisa

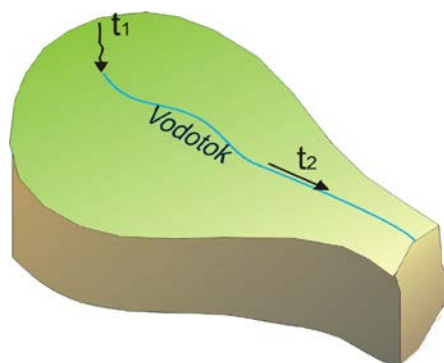
**Kisa se definise njenim trajanjem Tk I povratnim periodom na koji se ona odnosi Tp.**  
**p(Tk, Tp)**

**Povratno period** je ekonomska kategorija, odnosno dobija se iz odgovora na pitanje koliku stetu moze da nanese data kisa. Konkretno, prelivi koji na brani sluze da private nailazak velikih voda, usled obilnih padavina, i bezbedno ih propuste nizvodno od brane dimenzionisu se najcesce na padavine hiljadugodisnjeg povratnog perioda (jedanput u 1000 godina ce brana biti preplavljena).

**Merodavno trajanje kise** za dimenzionisanje hidrotehnickih objekata je **jednako "vremenu koncentracije sliva" (Tc). Tk=Tc**

**Tc-je vreme za koje kisa kap pala na najudaljeniju tacku sliva dotekne do kontrolnog profila.** Sastoji se iz vremena tecenja po padini **I** vremena tecenja u vodotoku. **Tc=t1+t2**

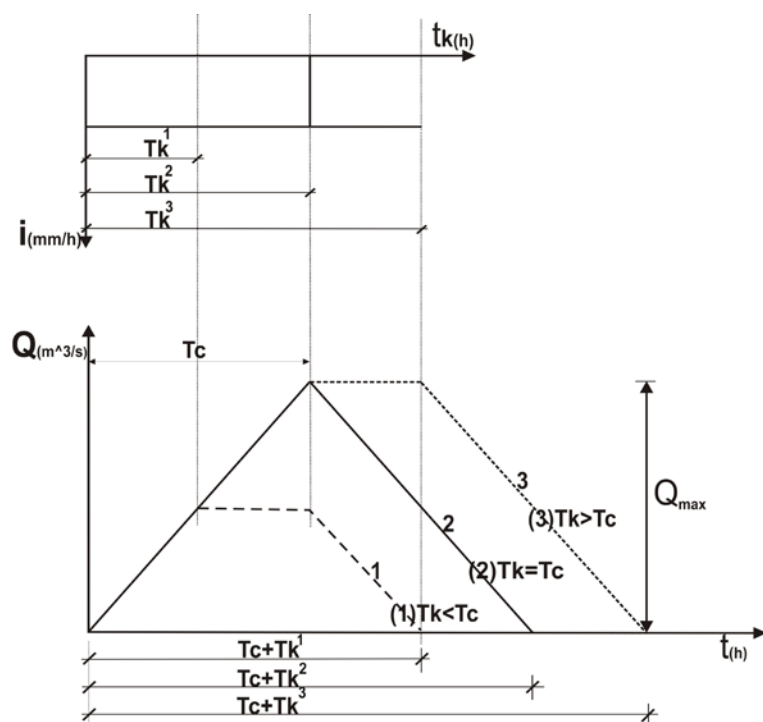
### Prirodni sliv



**Trajanje merodavne kise = Tc** (vreme koncentracije sistema) jer se tada u istom trenutku javi kisa kap pala **I** na najblizjoj **I** na najudaljenijoj tacki sistema, odnosno **aktivira se ceo sliv**. Ako kisa traje duze **Tk > Tc** od vremena koncentracije sistema, posle vremena koncentracije sistema proticaj ostaje manje vise konstantan do trenutka prestanka te kise.

$T_k < T_c$  -neće se aktivirati ceo sliv i neće se dostići maksimum  
 $T_k = T_c$  -u jednom trenutku postize se maksimum

### Trapezni oblik hidrograma



$$V_o = k_o * P * F_s$$

$$V_p = P * F_s$$

$$P = i * T_k$$

$V_o$ -zapremina otekle vode

$k_o$ -koeficijent oticaja

$i$ -intenzitet kise

$T_k$ -trajanje kise

$F_s$ -povrsina sistema

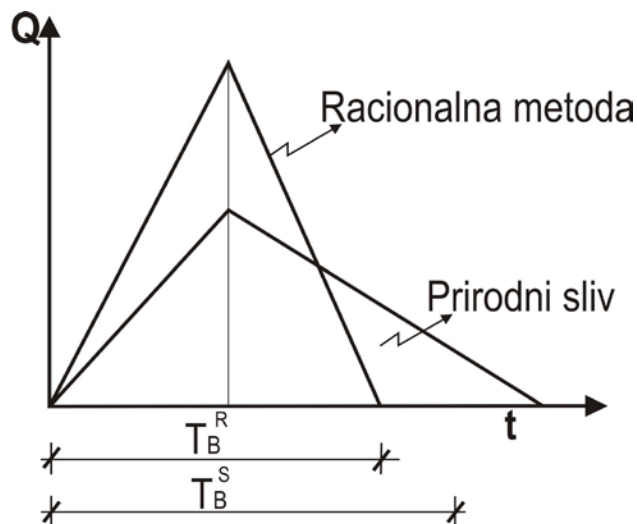
$V_p$ -zapremina pale kise

$$V_o = k_o * i * T_k * F_s$$

$$V_o = 1/2 * Q_{max} * T_B = 1/2 * Q_{max} * 2T_k = Q_{max} * T_k \rightarrow Q_{max} = k_o * i * F_s$$

Opisana metodologija vazi samo u slucaju idealizovanih slivova, gde je uslovno receno-ceo sliv pravougaona tepsija sa istim uslovima tecenja za ceo sliv. Ova teorija se naziva "Racionalna metoda"

i koristi se za urbane slivove odnosno kod proracuna kanalizacionog kolektora za atmosfersku vodu u gradovima. Tamo priblizno vaze pretpostavke o pravilnom izgledu sliva (ulice i kvartovi) i o istoj obraslosti (putevi, trotoari, parkinzi, krovovi). Kod prirodnih slivova ova teorija daje vece proticaje nego sto su stvarni, sto je na strani sigurnosti jer ne uzima u obzir akumulaciju jednog dela padavina na sliv i njeno kasnije oticanje odnosno koeficijent oblika hidrograma  $R > 1$  ( $T_r/T_p$ ), racionalna metoda  $R = 1$



Hidrogram-“Racionalna metoda” i stvarni hidrogram prirodnog sliva

### I-2.3 Isparavanje i transpiracija

#### Isparavanje:

-sa vodene površine

-evaporacija (isparavanje sa zemljišta na kome nema vegetacije)

**Isparavanje zavisi od: relativne vlažnosti vazduha i temperature vazduha i od strujanja vazduha (vetrovi).**

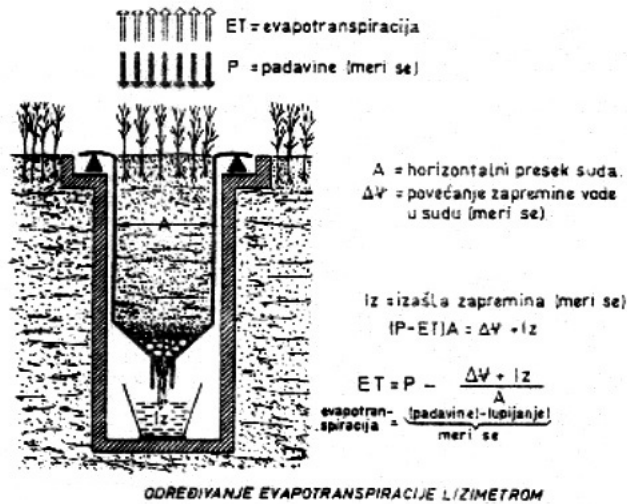
**Relativna vlažnost vazduha** je odnos stvarne količine vlage u vazduhu u datom trenutku i maksimalno mogućeg zasićenja vodenom parom pri datoj temperaturi.  $W_{rel.} = W_{stv.} / W_{max}(t \cdot C)$ . (što je veća temperatura to zasićenje može biti veće). Shodno iznetom znači da sa povećanjem temperature vazduha smanjuje relativna vlažnost vazduha (veće je maksimalno zasićenje), odnosno povećava se isparavanje. Vetar na isparavanje utiče u smislu odnošenja vlažnijeg vazduha i donosenje suvljeg.

**Isparavanje sa vodene površine** se meri sudom koji pliva na vodi i koji mora biti dovoljno velik da se spreči uticaj zagrevanja suda. Orjentaciona količina isparavanja iznosi **700-800 (l/m<sup>2</sup>) vode godišnje-Vojvodina.**

**Isparavanje iz zemljišta evaporacija i transpiracija se meri-lizimetrima.**

#### Izgled-lizimetra:





Ukoliko nema zasadjenih biljaka u sudu-**evaporacija**.

Ukoliko su biljke zasadjene u sudu-**evapotranspiracija**.

Velicina evapotranspiracije za područje Vojvodine kreće se od 700-800(mm) godišnje, pri tom treba znati da je transpiracija najveća u julu i avgustu kada je ona mesечно 110-130(mm). kada je temperature  $\leq 0$  evapotranspiracije i isparavanja nema.

#### I-2.4 Pronos nanosa, leda i kvalitet vode

**Nanos:**

-**lebdeci**(suspendovani)

-**vuceni**

**Lebdeci**-lebdi u vodi mnogo je sitniji od vucenog nanosa. Kod lebdeceg nanosa se određuje njegova kolicina, granulometrijski sastav i ostale fizicko-hemijske osobine. Meri se uzimanjem uzorka vode u određenom mernom profilu reke i to obično u onim tčkama u kojima se merila brzina vode hidrometrijskim krilom, tako da je postupak obrade rezultata merenja vrlo slican onom objasnjenom kod merenja brzine vode. Koncentracija lebdeceg nanosa raste po dubini vode. Kolicinu lebdeceg nanosa u nekom profilu je potrebno znati npr. kod gradnje brane na tom profile da bi se moglo utvrditi kojim ce intenzitetom doći do zasipanja buduće akumulacije. Problem sa suspendovanim nanosom se javlja i kod koriscenja takve vode kao izvorista za određene potrebe kao sto je navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Ukoliko se ne uzme u obzir kolicina lebdeceg nanosa može vrlo brzo doći do zacepljenja distribucionih cevovoda, odnosno tada je potrebno predvideti filtarsku stanicu otklanjanje suspenzije iz vode. U 1(m<sup>3</sup>) Dunavske vode ima oko **100-130(g)** peska.

**Uzimanje nanosa**



**Vuceni nanos**-voda ga vuče po dnu, on je krupniji od lebdeceg. Ovaj nanos po dnu pokrece tangencijalni napon ili “**vucna sila**”. Taj tangencijalni napon se izrazava kao:

$$\tau = \gamma * R * I \text{ (KN/m}^2\text{)}$$

$\gamma$ -tezina vode  $\gamma = 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)}$

**R**-hidraulicki radijus popreznog preseka toka

I-pad linije vodnog ogledala toka (koji je skoro isti kao pad dna)

$R = A/O$  A-povrsina popreznog preseka toka  
O-okvaseni obim

Kod velikih vodotokova gde je dubina vode zanemarljiva u odnosu na sirinu vodnog ogledala hidraulicki radijus je priblizno jednak dubini vode odnosno:

$$R = A/O = B * h / B = h. \text{ Tangencijalni napon: } \tau = \gamma * h * I$$

Ukoliko je  $\tau > \tau_{kr}$  za tu vrstu materijala od koga je sastavljeno dno recnog korita dolazi do pokretanja vucenog nanosa po dnu reke.

**Kriticnu vucnu silu po “Shilds-u”** mozemo racunati:

$$\tau_{kr} = 0.05 * (\gamma_s - \gamma_w) * d_{sr} \quad \gamma_s = 25 \text{ (KN/m}^3\text{)} - \text{specificna tezina nanosa}$$

$d_{sr}$ -srednji precnik zrna od koga je formirano dno

Merenje protoka vodenog nanosa se vrši specijalnim hvatacima “lopate” kroz koje voda protice a nanos ostaje. Svi regulacioni radovi na vodotoku se vecinom i rade iz razloga da se reka, odnosno njeno korito uredi tako da nema potkopavanja, zasipanja, odnosno da se ne menja trasa i oblik korita i da se postigne ravnoteza **na svim profilima u pogledu transportne moci korita.**

- **Led na rekama**

Opazanja o ledu na rekama su vrlo bitna sa **aspekta plovidbe, opterecenja na objekte u toku, i odbrane od poplava.** Na vodomernim stanicama se registruju podaci o “**ledostaju**” ili “**ledohodu**”

kao I podaci o procentu površine koju zauzima led, kao I podaci o debljini leda. Prema tome za svaku godinu imamo podatke o vremenskoj dužini ledohoda, ledostaja I debljini leda na osnovu kojih možemo statističkom obradom doći do podataka koji su važni sa aspekta plovidbe, opterećenja objekata.

### Registrowanje leda na rekama



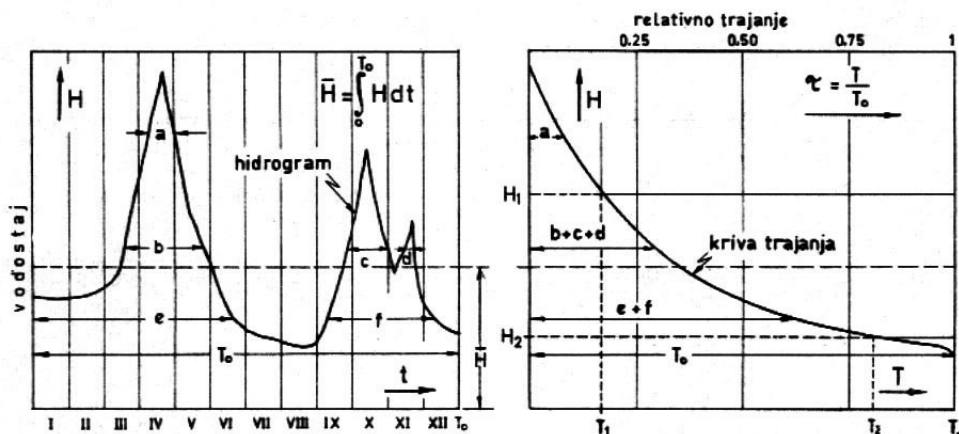
- Kvalitet vode

Kvalitet vode čine **hemijske, biološke I fizicke karakteristike vode**. **Hemijsko-bakterioloska** ispravnost sa aspekta za šta će se ta voda koristiti. **Fizicke karakteristike su boja, mutnoca i temperature**. Kod **kvaliteta podzemnih voda** prilikom gradnje konstrukcije koja zadire u podzemnu vodu treba ispitati kvalitet te vode u smislu njenog mogućeg **korozionog dejstva na beton i celik**. Osnovni zagadivaci su naselja koja ispuštaju svoje otpadne vode (fekalne I industrijske) u vodotoke ili upojna polja a da ih prethodno ne preciste.

### I-3. SREDJIVANJE OPAZANIH PODATAKA

Svi ovi podaci koji su prethodno mereni: **nivoi, proticaji, padavine, temperature, podzemne vode, nanos...** se sredjuju i statistički obraduju, da bi bili upotrebljivi kao podloga za kasnije projektovanje i druge analize.

#### I-3.1 Kriva trajanja

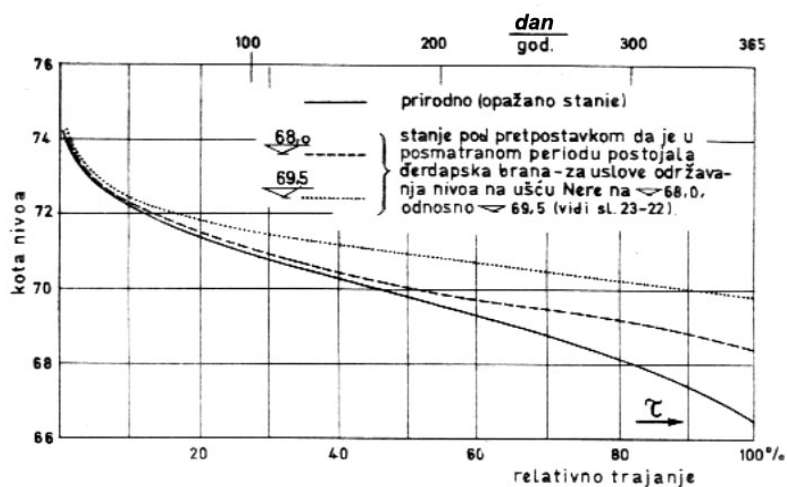
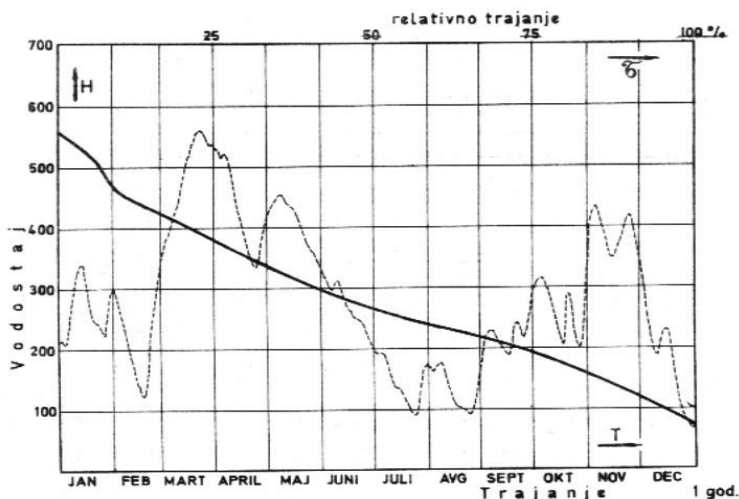


Na prethodnoj slici apscisa predstavlja stvarno(realno) vreme trajanja nekog vodostaja. Ukoliko imamo **nivogram** za duzi period od nekoliko desetina godina, onda obicno umesto realnog vremena na apscisi koristimo **relativno vreme trajanja** koje je odnos trajanja datog vodostaja kroz ukupno vreme osmatranja i \*(puta) 100(%)

$$\tau = (\text{TRAJANJE DATOG VODOSTAJA} / \text{UKUPNO VREME OSMATRANJA}) * 100(\%)$$

$\tau$ -Relativno vreme trajanja vodostaja

### Nivogram i kriva trajanja vodostaja na Dunavu kod Panceva



Vrlo cesto nam je potrebno da znamo trajanje vodostaja u nekim mesecima ili periodima godine. Kao primer služi sistem za navodnjavanje koji radi u julu I avgustu, pa nam trebaju za projektovanje vodozahvata (crpne stanice) samo za jul I avgust a da bi se doslo do tih krivih analiziraju se po prethodnoj metodologiji nivogrami iz jula I avgusta.

Postupak koji je prikazan kod odredjivanja krive trajanja nivoa moze se primeniti I kod odredjivanja krive trajanja proticaja ali se kao baza tada koristi hidrogram  $Q(t)$ , a takodje I kod odredjivanja krive trajanja nivoa podzemnih voda.

### I-3.2 Verovatnoca pojave ili prevazilazenja

Kod analize nekih ekstremnih pojava kao sto su maksimalni vodostaji, maksimalni godisnji proticaj, maksimalne godisnje padavine razlicitog trajanja (minutne, casovne, dnevne) koristi se funkcija raspodele verovatnoce da bi se odredila merodavna kolicina za projektovanje.

Postoji empirijska i teorijska funkcija raspodela verovatnoca.

**Empirijska se racuna po Viblu (Webull):**

$P = n / (N + 1)$  gde je:

$P$  - verovatnoca pojava

$n$  - redni broj podatka u nizu

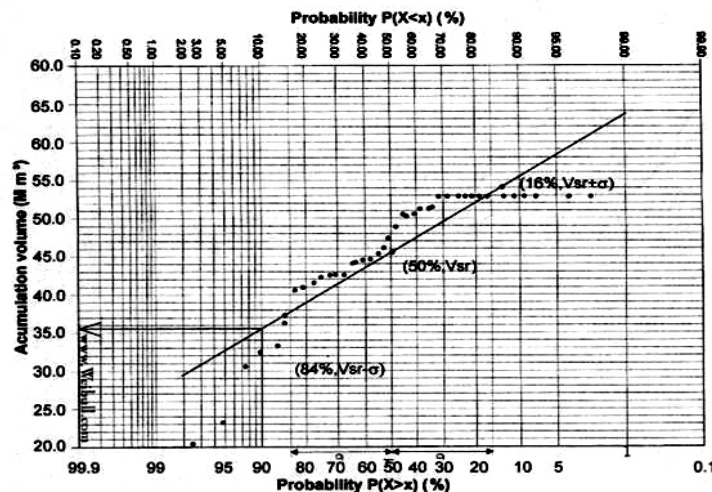
$N$  - ukupan broj podataka, odnosno godina u kojima smo opazali datu pojavu

Primer:

n	God.	H(mmm)	H ↓	P	Tp(God)
1	1959	Hmax ↓			
2	1960				
3	1961				
4	1962				
5	1963				
6	1964				
7	1965				
8	1966				
9	1967				
10	1968				
11	1969				
12	1970				
13	1971	Hmin			
...	...	...	...	...	...

Ovako dobojene podatke nanosimo na normalni ili log-normalni papir verovatnoce sa koga se moze "ocitati" vodostaj odredjene verovatnoce ili perioda. log-normalni papir verovatnoce se koristi tada kada empirijske tacke ne leze na jednoj pravoj ako se koristio normalni papir verovatnoce.

Primer-papir verovatnoce sa nanetim podacima





*Ako se traži verovatnoca pojave ili povratnog perioda veceg nego sto je merni niz,na osnovu koga je odredjena empirijska verovatnoca ne preporucuje se ekstrapolacija te prave.Tada se usvaja **teorijska raspodela verovatnoca(normalna,LTP-3,lg-normalna,poason)**.Koja funkcija je najbolja,zavisi od toga koliko dobro se slaze u datom mernom intervalu sa opazenim podacima,odnosno vrsi se testiranje hipoteze o podudarnosti empirijske I teorijske raspodele verovatnoca.Usvojena teorijska raspodela kasnije sluzi za odredjivanje veceg povratnog perioda.*