

# Natege

---

**Natege** uvrščamo med jezove, čeprav se razlikujejo od njih v načinu obratovanja. Sestavljene so iz zakrivljenega *prelivnega dela*, ter poševnega ali navpičnega *odtočnega dela*. Na višini normalne obratovalne gladine je odprtina za *dovod zraka*. Če se gladina zgornje vode dviga in preseže normalno višino, s tem zapre dovod zraka; prelivajoča voda čez preliv izsrkava zrak in povzroči podtlake, ki so največji v temenskem delu natege.

# Natege – pretočna zmogljivost

Na podlagi Bernoullijeve enačbe sledi za srednjo tokovnico:

- vtočnega (**v**)

$$h_g + t + B_v + v_v^2 / 2g$$

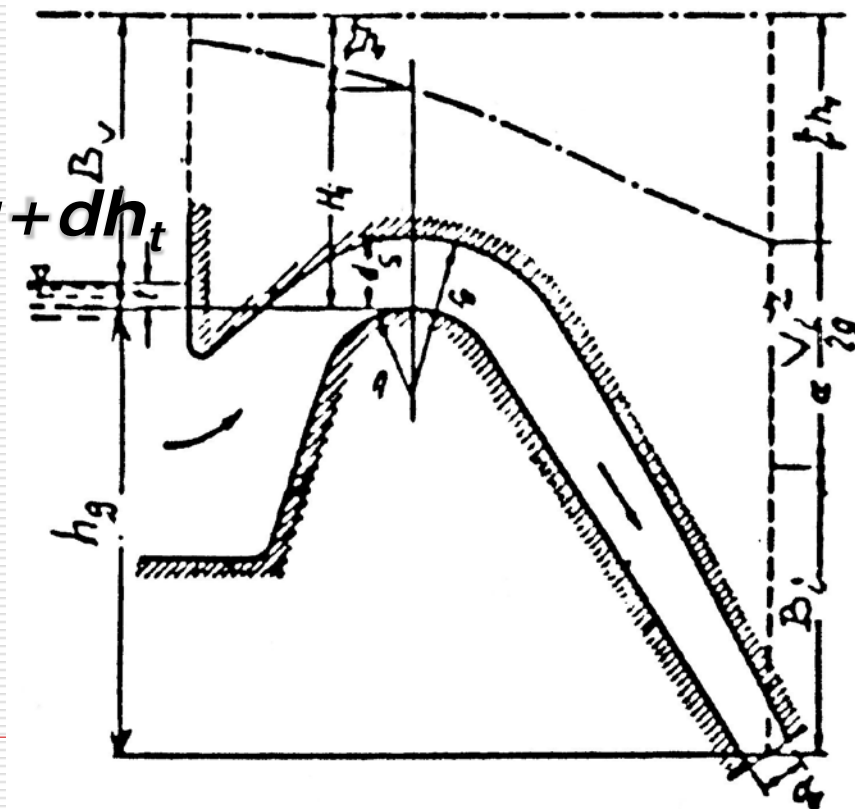
- temenskega (**t**)

$$p_t / \rho \cdot g + (h_g + d/2) + v_t^2 / 2g + dh$$

- iztočnega (**i**)

$$B_i + v_i^2 / 2g + \Sigma h_i$$

prereza natege



# Natege – pretočna zmogljivost

---

Ker sta višini atmosferskega tlaka približno enaki ( $B_v \approx B_i$ ) in je:

$$\frac{v_v^2}{2g} \approx 0 \quad \text{in tedaj na } \textit{iztoku} \text{ velja} \quad v_i = \frac{1}{\sqrt{(1 + \sum h_i)}} \sqrt{2gh_g}$$

*Pretok na iztoku* znaša:  $Q = \mu \cdot A_i \cdot \sqrt{2gh_g}$

pri čemer znaša *koeficient izgub* (vtočnih, trenjskih, krivinskih in iztočnih):

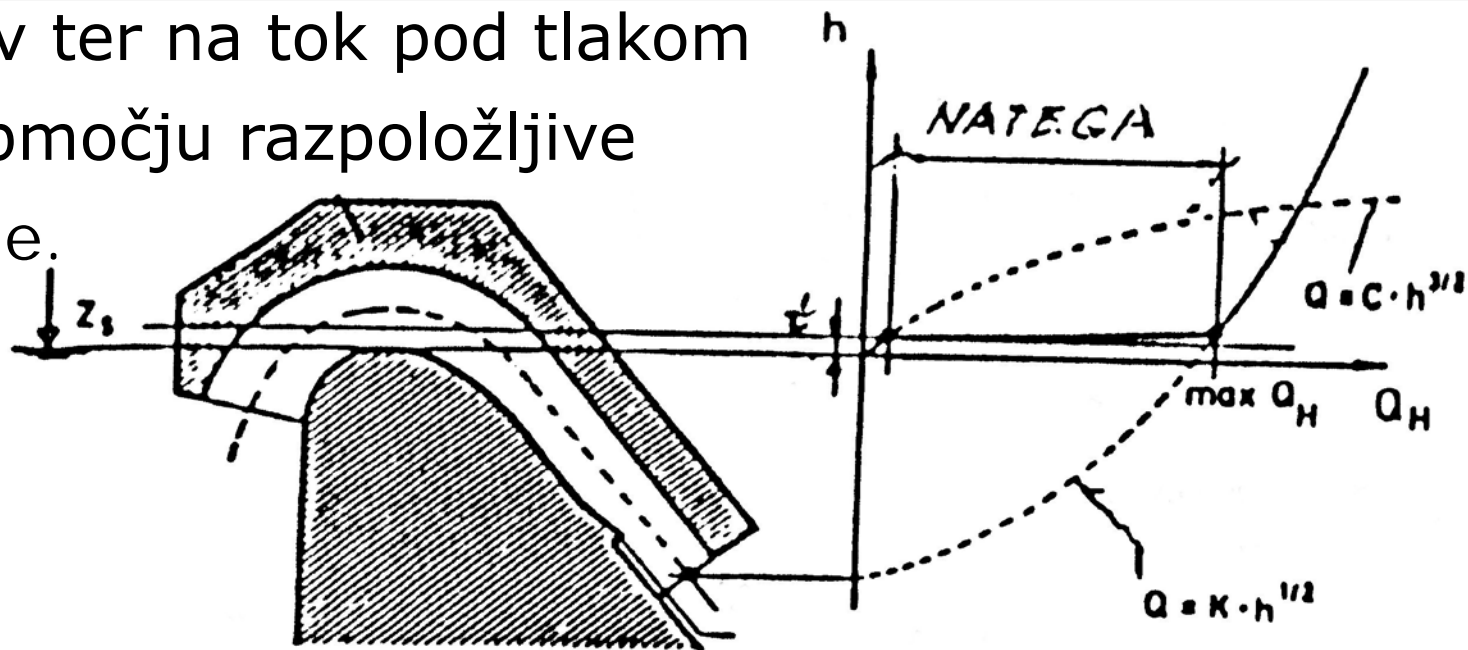
$$0,5 < \mu = \frac{1}{\sqrt{(1 + \sum h_i)}} < 0,9$$

*Hidravlične izgube* v temenskem delu natege so:  $\Delta h_t \sim 0,35 \cdot \frac{v_t^2}{2g}$

pri čemer je *hitrost* na temenu:  $v_t = \frac{q}{d_s}$

# Natege – pretočna krivulja

Do prelivne višine  **$t$**  (zaskočna višina) je pretok natege enak pretoku čelnega preliva  $Q = c \times h^{3/2}$  in doseže  **$max Q_H$**  pri skoraj nespremenjeni vrednosti  **$t$** . Pri nadaljnjem naraščanju gladine zgornje vode pa je pretok natege enak pretoku  $Q = K \times h^{1/2}$ . Prednost natege glede na čelni preliv ter na tok pod tlakom je očitna v območju razpoložljive prelivne višine.



# Natege – pretočna zmogljivost

---

- **Pretočna zmogljivost** natege ni odvisna samo od velikosti iztočnega prereza  $A_i$  in višinske razlike med gladino zgornje vode in koto iztočnega prereza  $h_g$ , temveč tudi od podtlakov v temenskem prerezu natege.
- Kavitacijo ter pretrganje vodnega stržena v nategi preprečimo, če omejimo *absolutni podtlak* na temenu natege na **0,2 ÷ 0,3 bara**.

# Natege – podtlaki v temenskem delu

---

Dejanska tlačna višina v temenskem prerezu:

$$H = t + (B - \delta) - \Sigma h_i$$

$H$  ... energijska višina

$t$  ... zaskočna prelivna višina

$B_{min}$  ... atmosferski tlak v točki  $x$

$\delta$  ... tlak vodne pare

$\Sigma h_i$  ... energijske izgube

Če je višina temenskega prereza natege velika glede na dejansko tlačno višino  $H$ , je treba preveriti podtlake na temenu in stropu, čeprav je hitrost na stropu manjša od hitrosti na temenu.

# Natege – podtlaki v temenskem delu

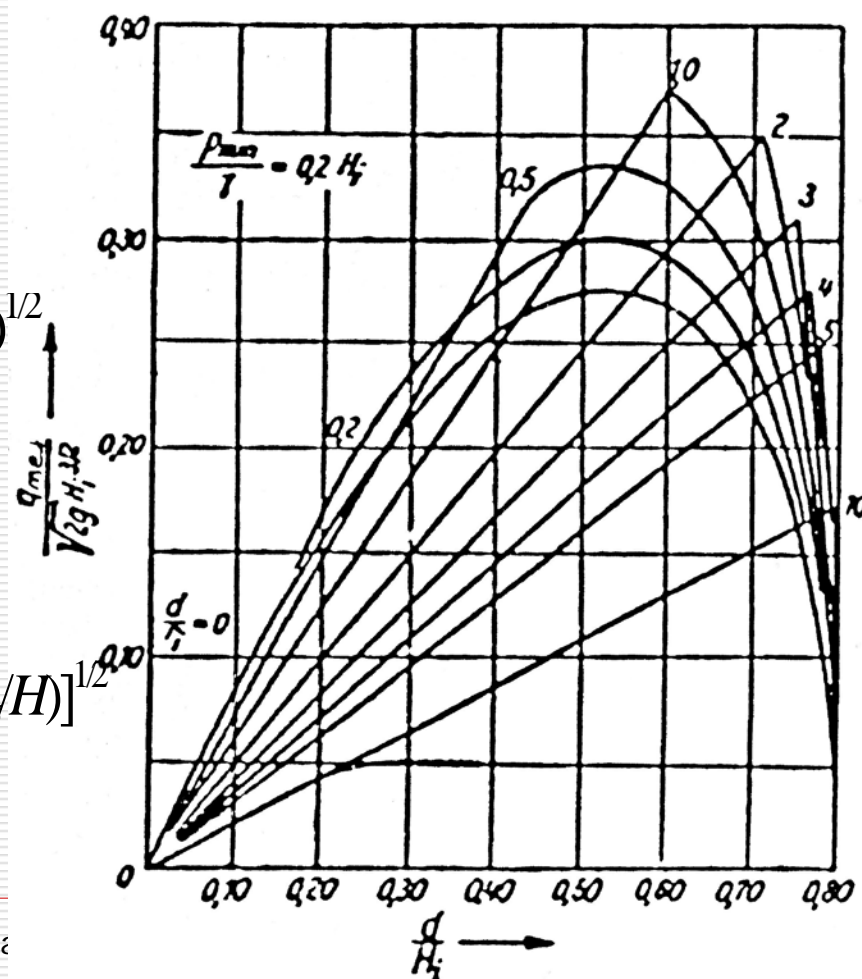
Dopustni višini absolutnega tlaka v temenskem prerezu natege sta:

- Na konveksni strani  
(teme preлива,  $x = 0$ ):

$$q_{mej}/(\sqrt{2g} \cdot H^{3/2}) = r_i/d_s \cdot \ln(1 + d_s/r_i) (d_s/r_i) (d_s/H) (1 - \beta)^{1/2}$$

- Na konkavni strani  
(strop natege,  $x = d_s$ ):

$$q_{mej}/(\sqrt{2g} H^{3/2}) = (r_i/d_s) \ln(1 + d_s/r_i) (d_s/r_i) (d_s/H) [1 - \beta - (d_s/H)]^{1/2}$$



# Natege – podtlaki v temenskem delu

Pri znanih  $d_s$ ,  $r$  in  $H$  sledi iz prikazanih diagramov mejni specifični pretok  $q_{mej}$ , pri katerem kavitacija ni mogoča zaradi omejenih absolutnih tlakov v nategi. Če je pri dimenzioniranju natege predvideni pretok  $Q$  manjši od  $q_{mej}$ , so maksimalni podtlaki v temenskem prerezu natege v dopustnih mejah. Če pa je  $Q$  večji od  $q_{mej}$ , so dopustne vrednosti podtlakov presežene in je potrebno spremeniti bodisi  $A_s$ ,  $d_s$ ,  $r_i$  ali  $h_g$ .



# Natege – oblikovanje

---

- Zaradi varnosti dimenzioniramo strop natege na obremenitev *-100 kN/m<sup>2</sup>* in to ne glede na dejanske podtlake.
- Glede na izkušnje je začetna prelivna višina *t* odvisna predvsem od hitrosti naraščanja zgornje vode in oblike iztočnega prereza ter znaša do *20 % višine* temenskega prereza.
- Konstrukcija natege je armiranobetonska ali kovinska – z ustrezno izvedbo je treba zagotoviti ustrezno *gladkost* notranjih sten (kavitacija).

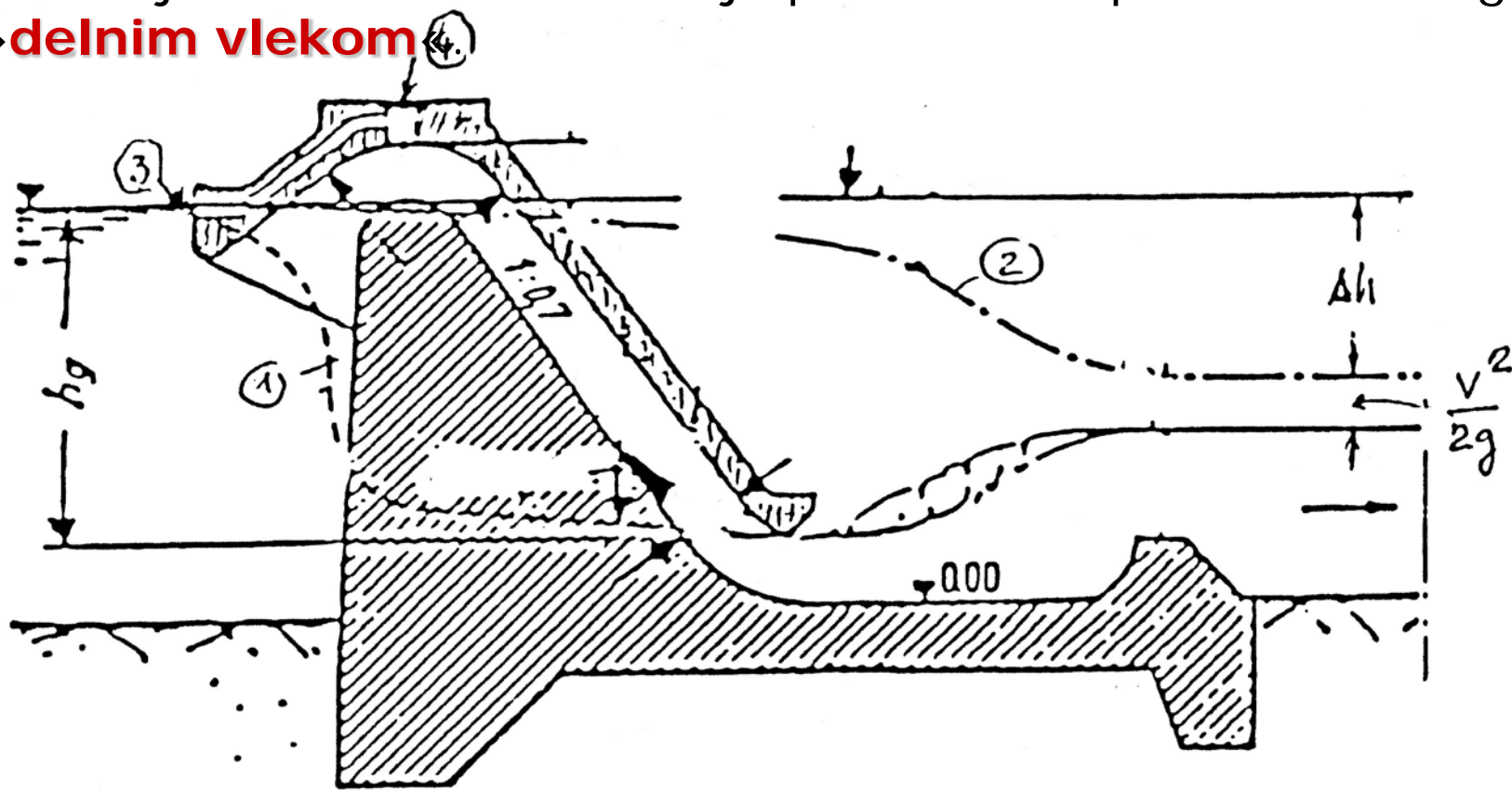
# Natege – oblikovanje

---

- Konstrukcija mora biti dovolj *masivna*, da lahko nevtralizira morebitne vibracije zaradi sunkovitega obratovanja ter reakcijskih sil v temenskem in iztočnem delu natege. Betonski deflektor pred iztočnim prerezom natege mora biti zavarovan s *kovinsko oblogo*.
- Če je konstrukcija kovinska, jo je potrebno *sidrati* v masivni beton.
- Optimalne pretočne razmere so pri najmanjšem omočenem prerezu - natega naj ima *kvadratičen prerez*.

# Natege – oblikovanje

- Odprtino za zračenje (3) je potrebno izvesti na višini normalne gladine zgornje vode, da natega preneha obratovati, ko gladina pri upadanju doseže to višino - natega s »**polnim vlekom**«.
- Z ventilom (4) na stropu temenskega dela je omogočeno doziranje zraka ter uravnavanje podtlakov in pretoka – natega z »**delnim vlekom**«.



# Natege – primerjava

---

Prednosti nateg:

- Zaradi naglega doseganja  $_{\max} Q_H$  že pri  $h \sim t$ , so natege uporabne povsod tam, kjer je potrebno naglo znižati ali vzdrževati gladino zgornje vode (razbremenilni kanali, ipd.).
- Pri nategah z *delno vleko* ima doziranje zraka ugoden vpliv na kvaliteto vode.
- Disipacija energije v podslapju je ugodna zaradi usmerjenega vodnega toka iz natege k dnu podslapja.

# Natege – primerjava

---

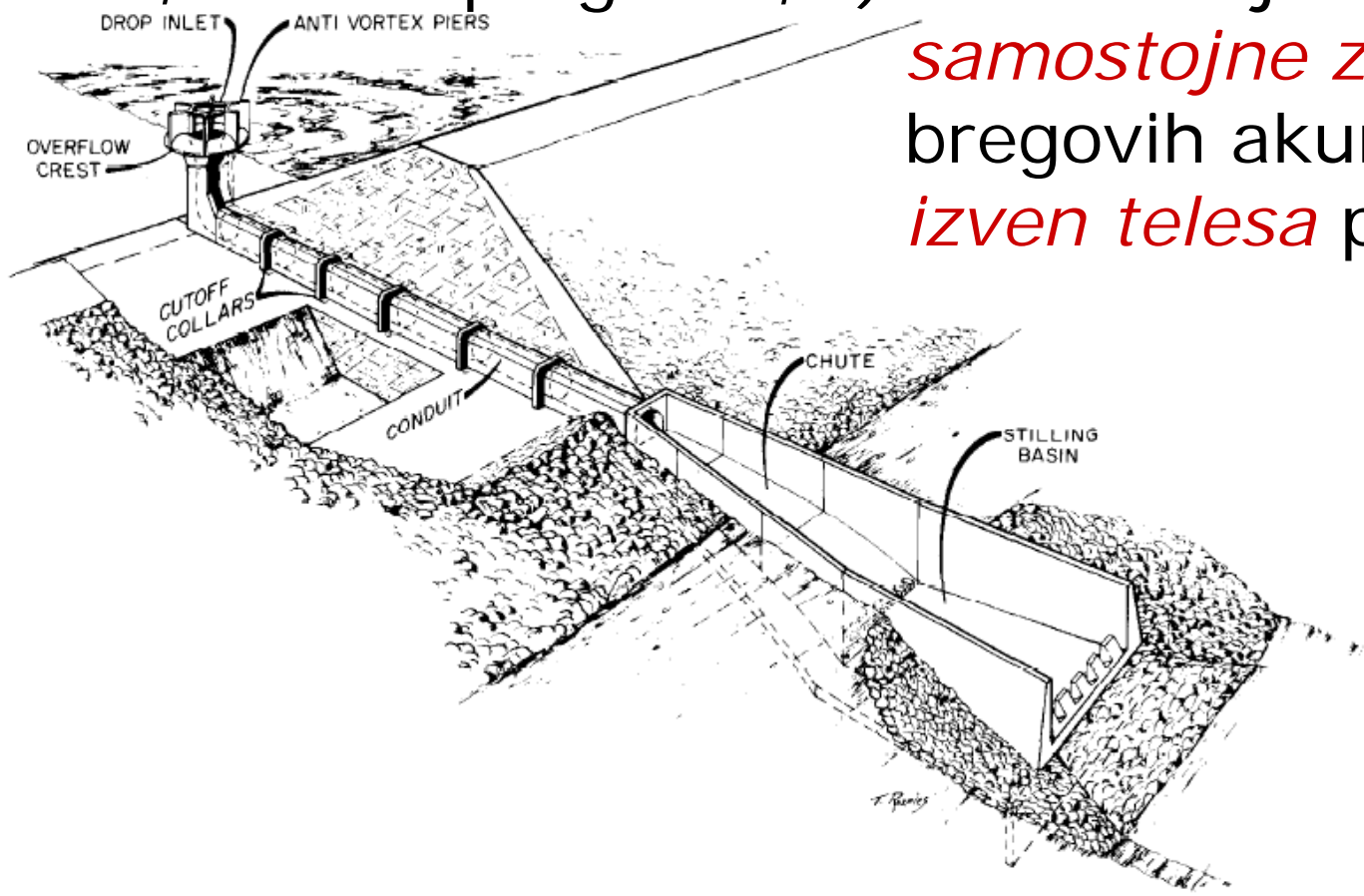
Pomanjkljivosti nateg:

- Natege niso primerne za natančno uravnavanje gladine zgornje vode.
- Problematično je odvajanje plavajočih predmetov (lesa, ledu,...).
- Pri nizkih temperaturah je obratovanje natege problematično - potrebno je ogrevanje konstrukcije.
- Zaradi sunkovitega obratovanja natege obstaja nevarnost vibriranja celotne konstrukcije.

# Jaškasti preliv

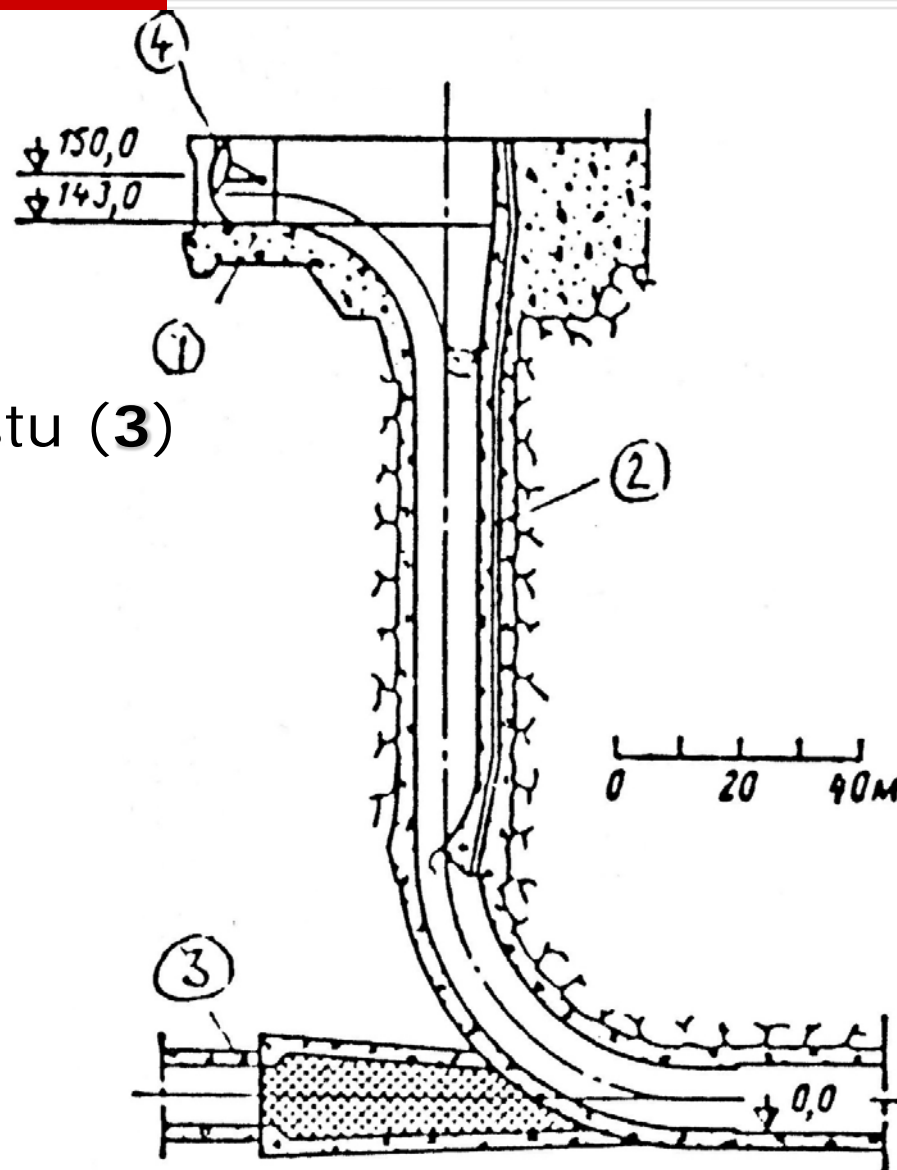
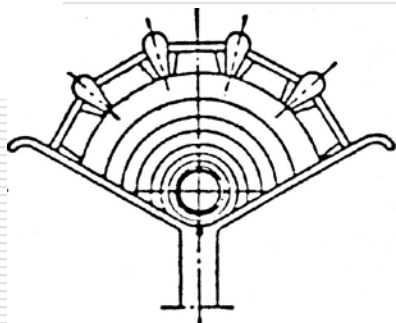
**Jaškaste prelive** uporabljamo v primerih, ko ni mogoče zagotoviti čelnih prelivov na pregradi (ozke doline, nasute pregrade,...). Gradimo jih kot

*samostojne zgradbe* ob bregovih akumulacije, *izven telesa* pregrade.



# Jaškast preliv - detajli

- preliv (1)
- dovod zraka (2)
- betonski čep na obtočnem rovu oziroma talnem izpustu (3)
- segmentna zapornica (4)



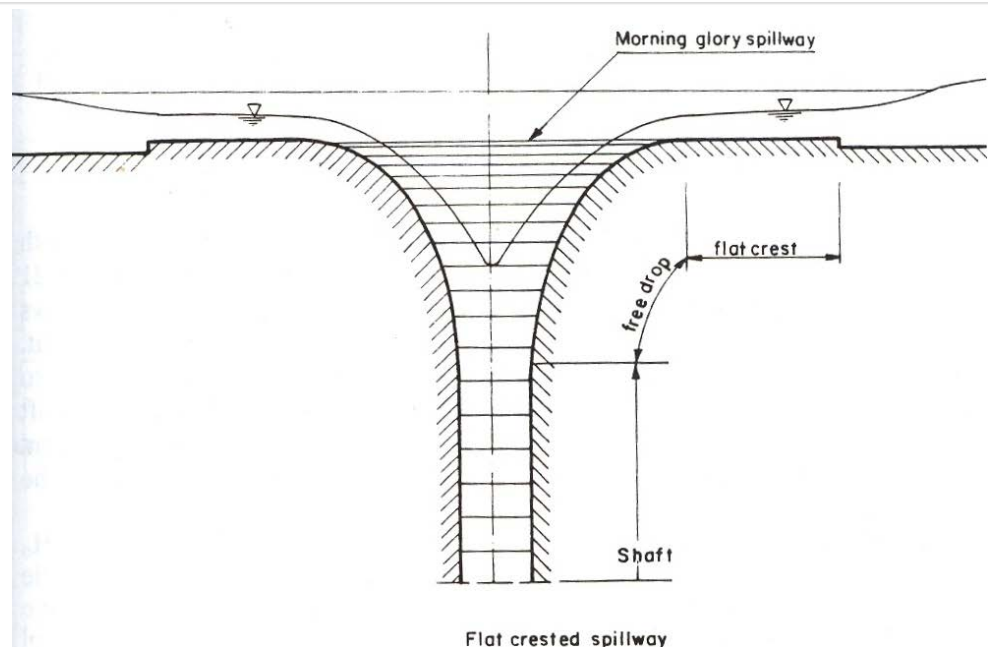
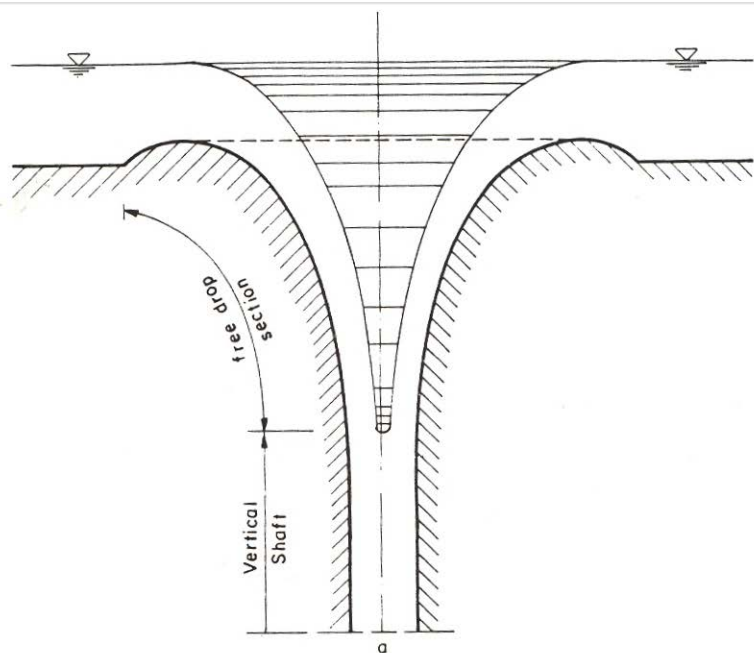


# Jaškast preliv - tipi

Obstajata dva tipa jaškastih prelivov:

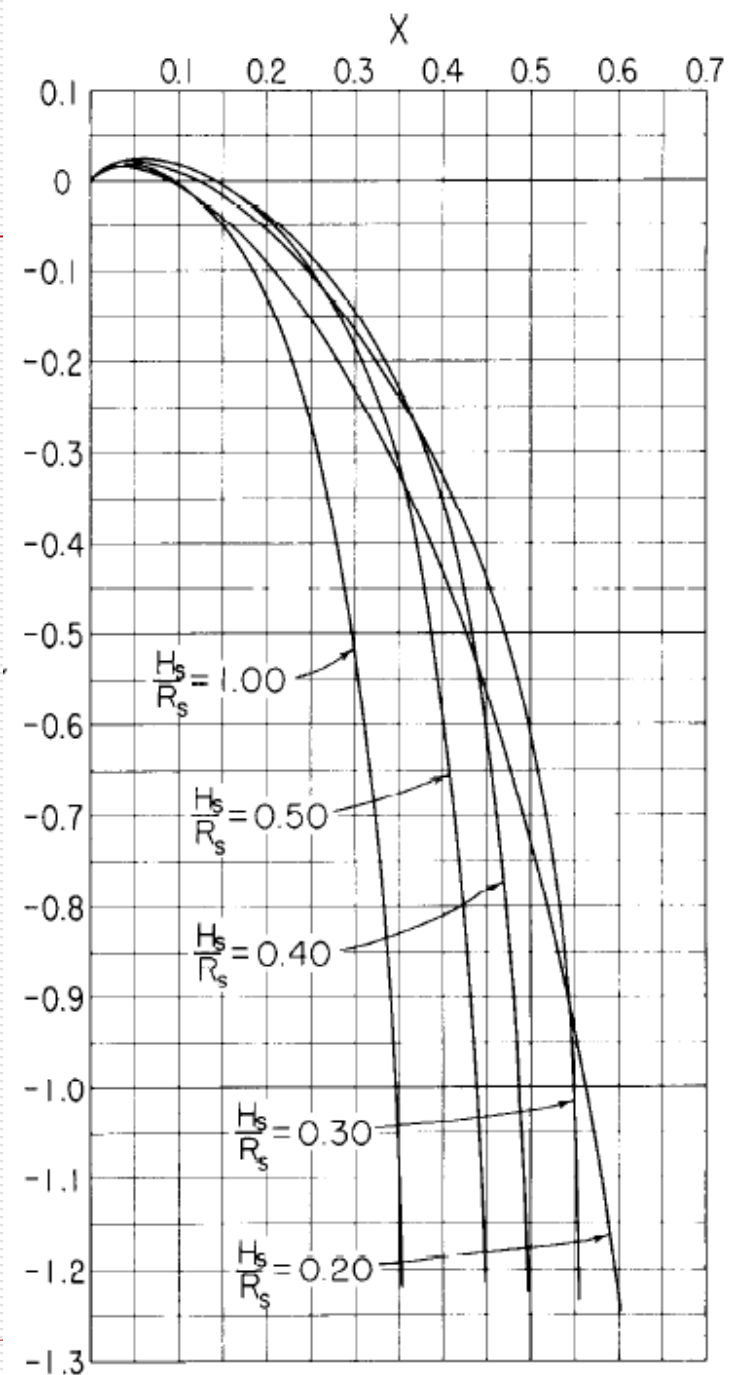
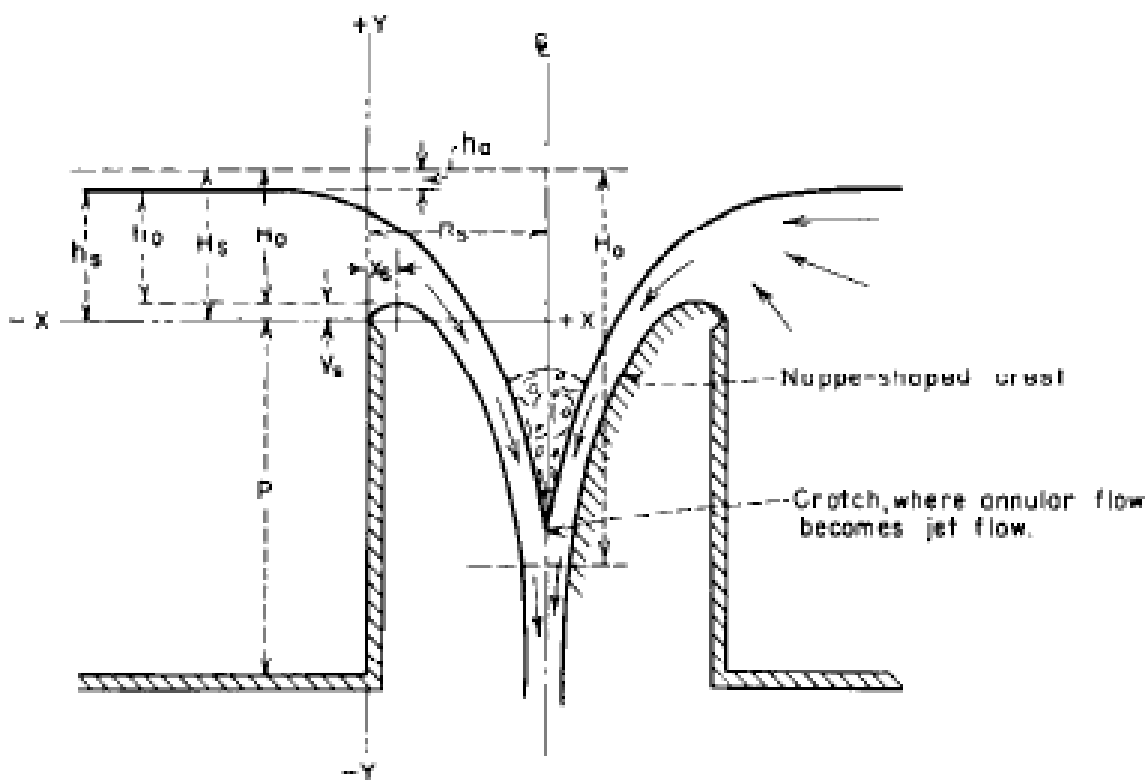
■ s krivočrtnim prelivnim delom

■ s ravnim prelivnim delom





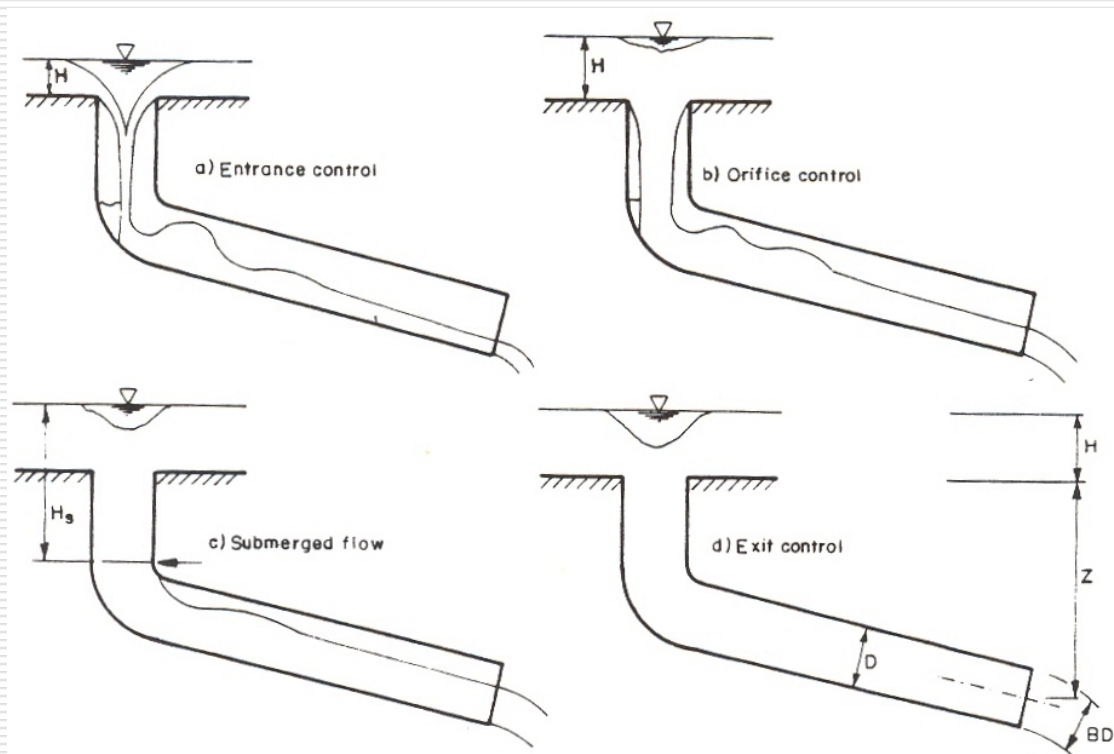
# Jaškast preliv



# Jaškast preliv - obratovanje

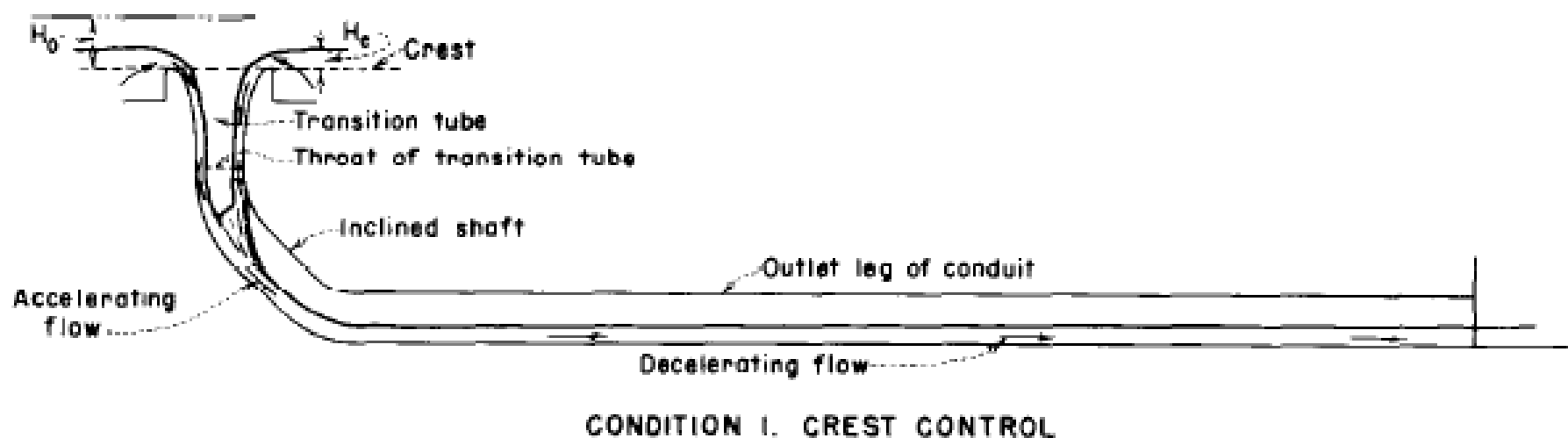
Razlikujemo tri faze obratovanja jaškastega preliva:

- popolni preliv
- nepopolni preliv
- iztok iz odprtine



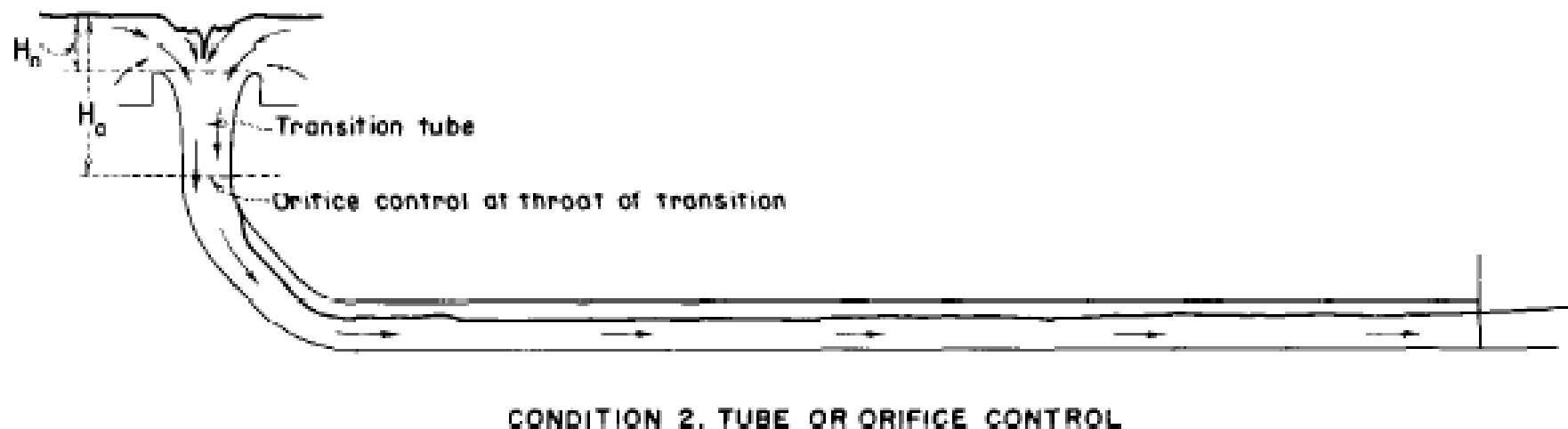
# Jaškast preliv – obratovanje, popolni preliv

Jaškast preliv obratuje kot **popolni preliv**, pri nizkih prelivnih višinah  $H < H_d$ . Voda se čelno preliva v jašek in preko kolena v talni izpust. Jašek in talni izpust sta dovolj dolga, da se v talnem izpustu vzpostavi tok s prosto gladino.



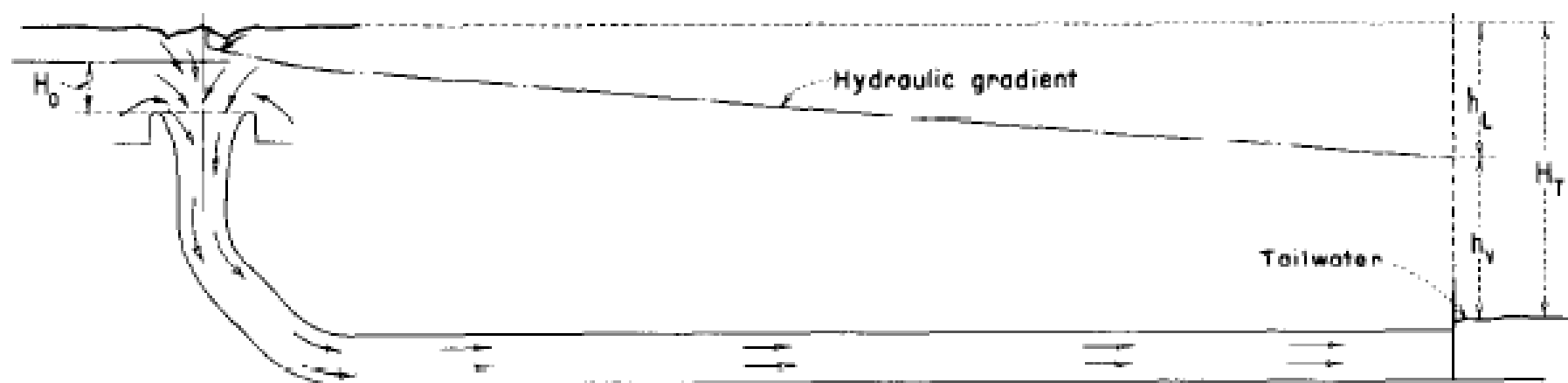
# Jaškast preliv – obratovanje, nepopolni preliv

Jaškast preliv obratuje kot **nepopolni preliv**, če prelivna višina narašča  $H > H_d$  in voda zalije ustje preliva. Vtok v jašek je potopljen (vertikalni jašek se polni postopoma), iztok v talni izpust in na prosto je s prosto gladino.



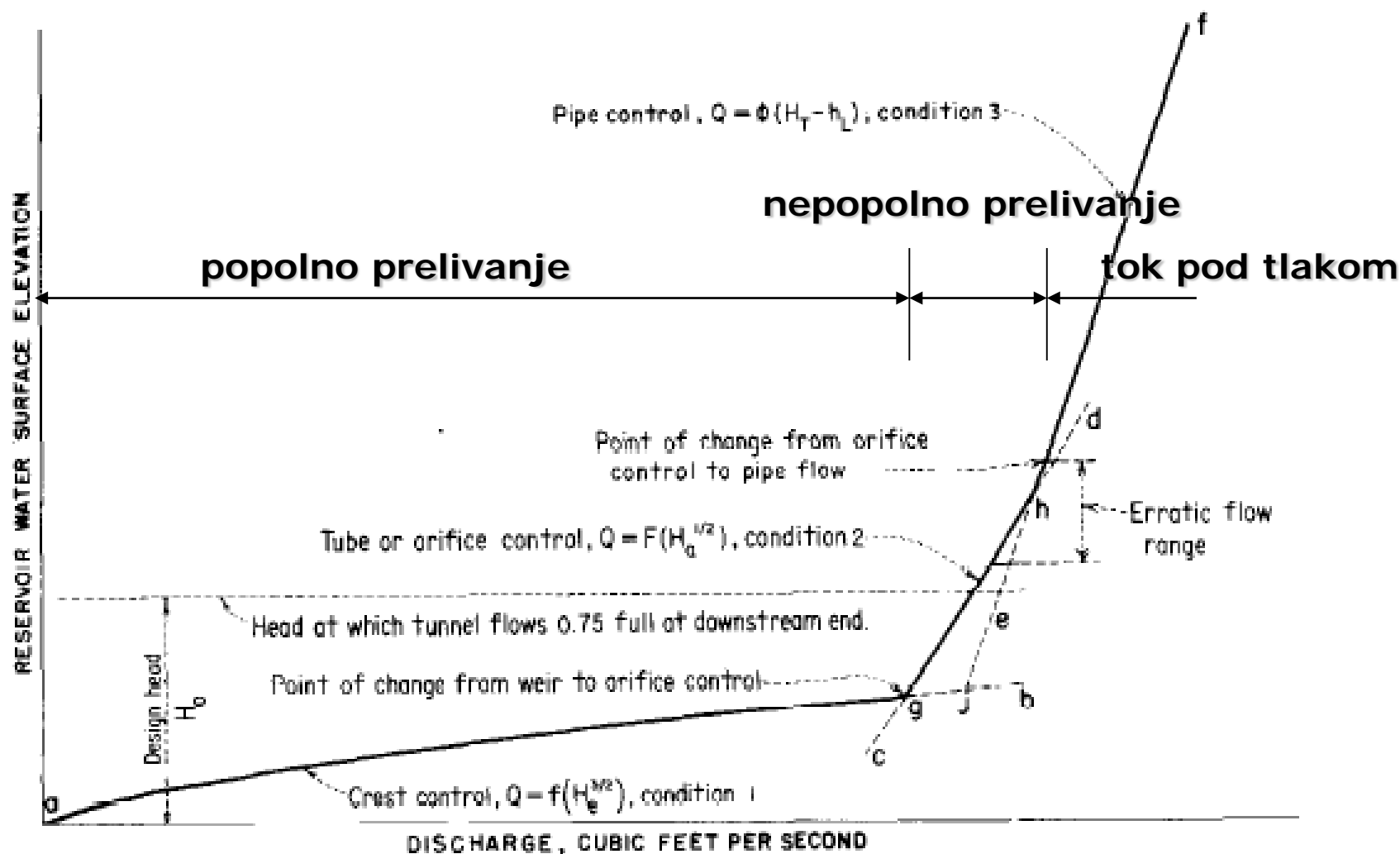
## Jaškast preliv – obratovanje, tok pod tlakom

Če prelivna višina še narašča  $H \gg H_d$  se vzdolž preliva, jaška in talnega izpusta vzpostavijo razmere **iztoka pod tlakom**.



CONDITION 3. FULL PIPE FLOW

# Jaškast preliv – načini obratovanja



# Jaškast preliv - potopljenost

## 1. nepotopljeno prelivanje:

- čelno prelivanje

$$\frac{H_0}{R_s} < 0,45$$

- preliv je deloma potopljen

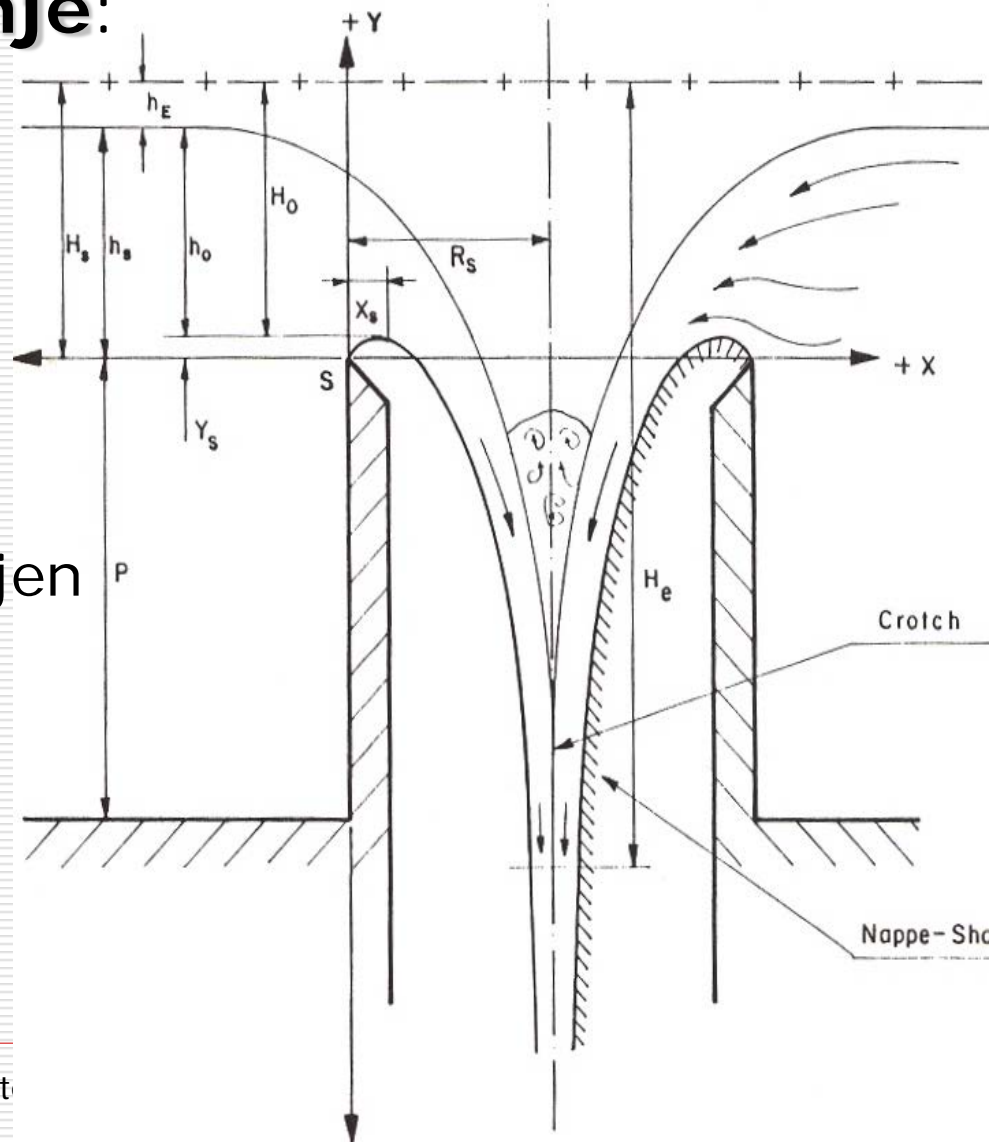
$$0,45 < \frac{H_0}{R_s} < 1,0$$

- preliv je popolnoma potopljen

$$\frac{H_0}{R_s} \cong 1,0$$

## 2. potopljeno prelivanje

$$\frac{H_0}{R_s} > 1,0$$



# Jaškast preliv – pretočna sposobnost

---

Pretočna sposobnost jaškastega preliva znaša v primeru krivočrtnega preliva – faza **popolno prelivanje**:

$$Q = C \times L \times H^{3/2}$$

$L = 2\pi R_s$  ... prelivna dolžina - ravni preliv:  $2\pi(R_s - x_s)$

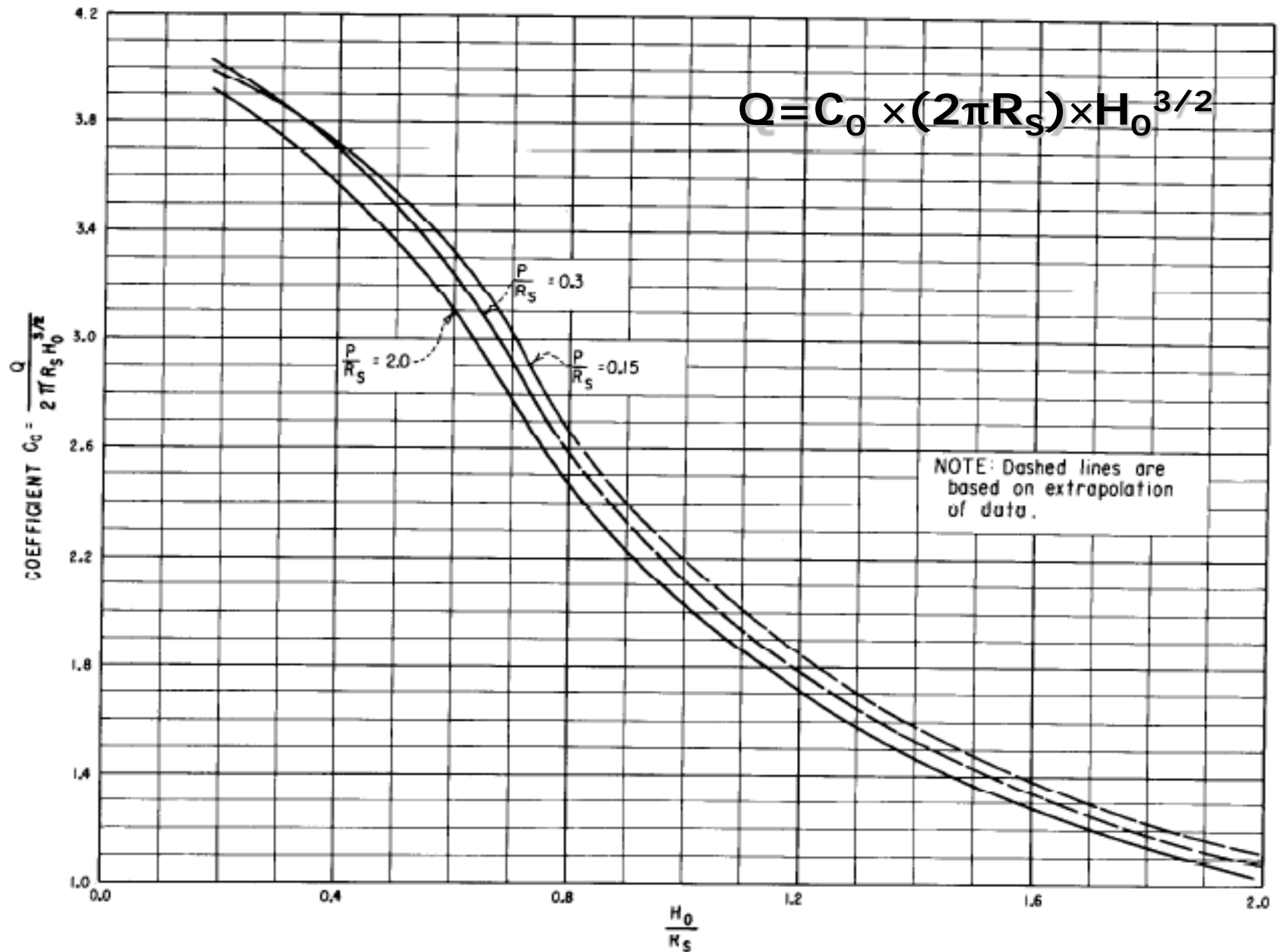
$H$  ... prelivna višina  $H = H_0$  ( $H = H_0 = H_s$  - ravni preliv)

$$Q = C_0 \times (2\pi R_s) \times H_0^{3/2}$$

$C_0$  ... pretočni koeficient je odvisen od višine jaška  $P$ , zunanjskega radija  $R_s$  in prelivne višine  $H_0$ .



$$Q = C_0 \times (2\pi R_s) \times H_0^{3/2}$$



# Jaškast preliv – pretočna sposobnost

Pretočna sposobnost jaškastega preliva znaša v primeru **toka pod tlakom**:

$$Q = C_0 \times A_0 \times (2gH)^{1/2}$$

$H$  ... višinska razlika med gladino in kolenom

$C_0 = 1/(1+K)^{1/2}$  ... pretočni koeficient

Pri omejitvi parametrov:  $0 < (D/R) \leq 1$ ;

$0 < (a/D) \leq 0,4$  in  $0,1 \leq K \leq 0,2$

$K$  ... koeficient hidravličnih izgub

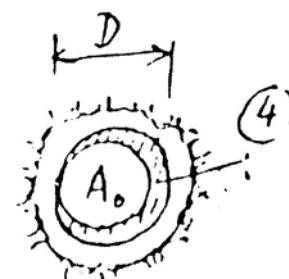
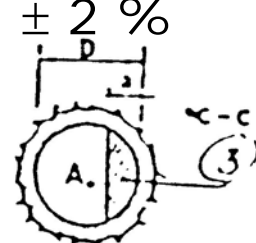
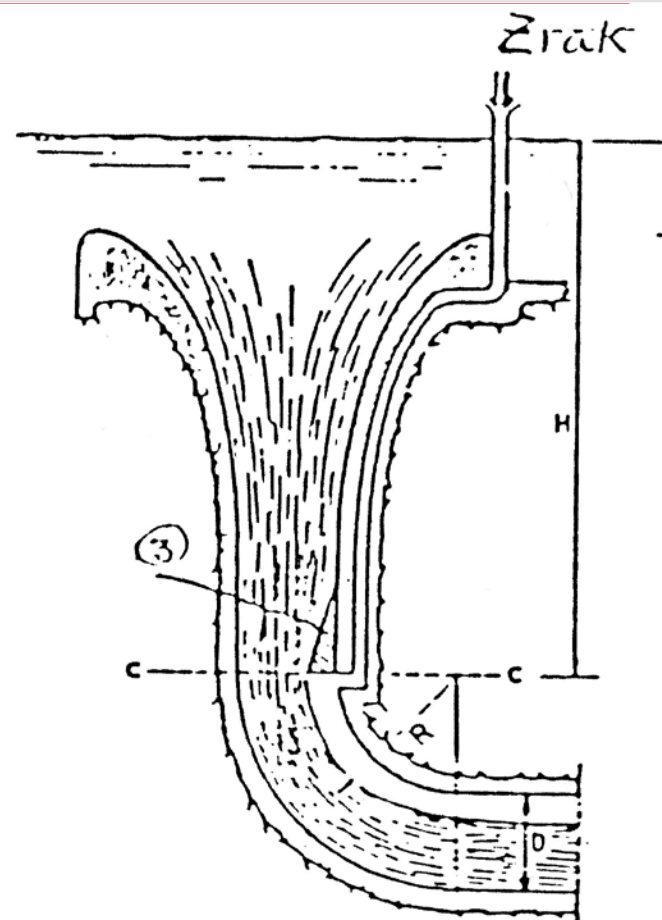
$D$  ... premer jaška nad kolenom

$R$  ... polmer kolena

$a$  ... debelina klina

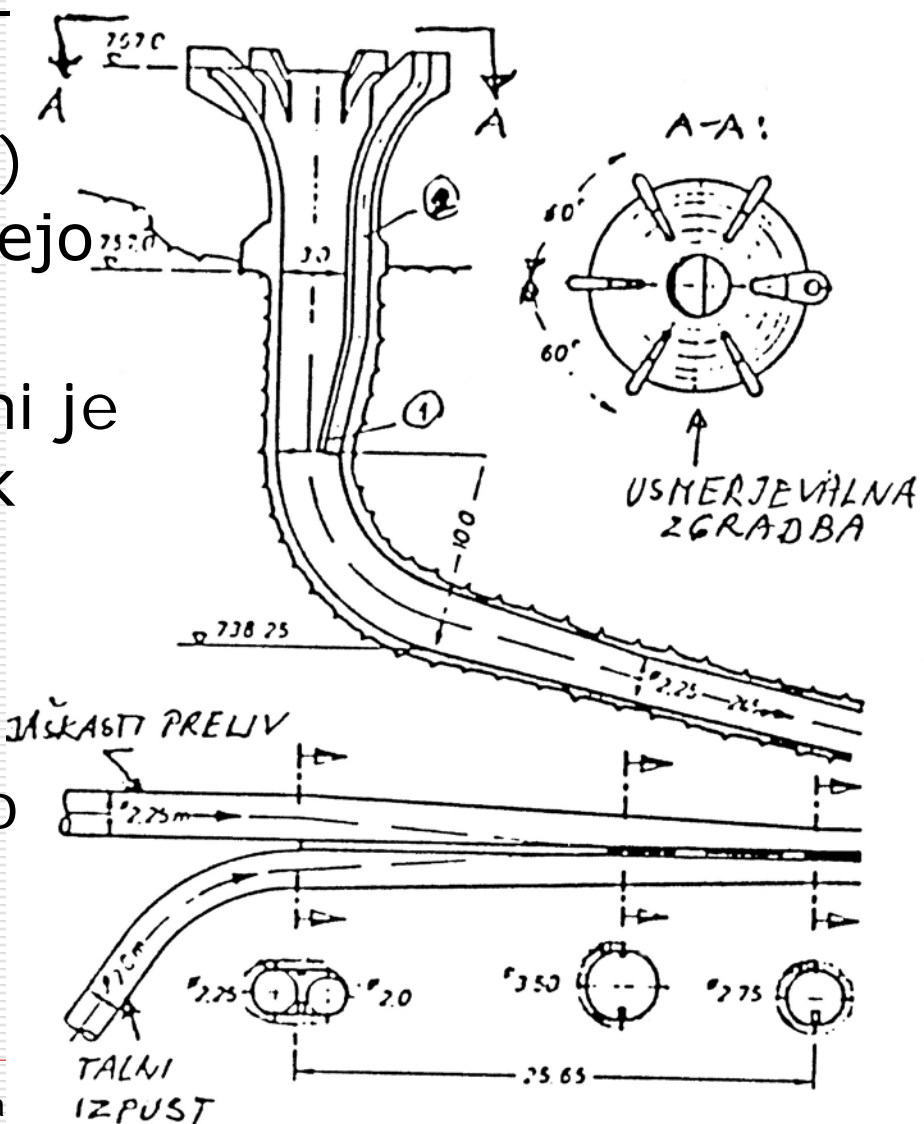
znaša pretočni koeficient, v mejah natančnosti  $\pm 2 \%$

$$C_0 = [0,92 - 0,2 \times (D/R)]$$



■ Jaškasti prelivs so armirano-betonske (manjši objekti so lahko kovinske konstrukcije) konstrukcije in se priključujejo na talne izpuste.

- Jaškasti prelivni so za vzdrževanje nadvišane obratovalne gladine pogosto opremljeni z valjčnimi ali s segmentnimi regulacijskimi zapornicami.



[illegible]

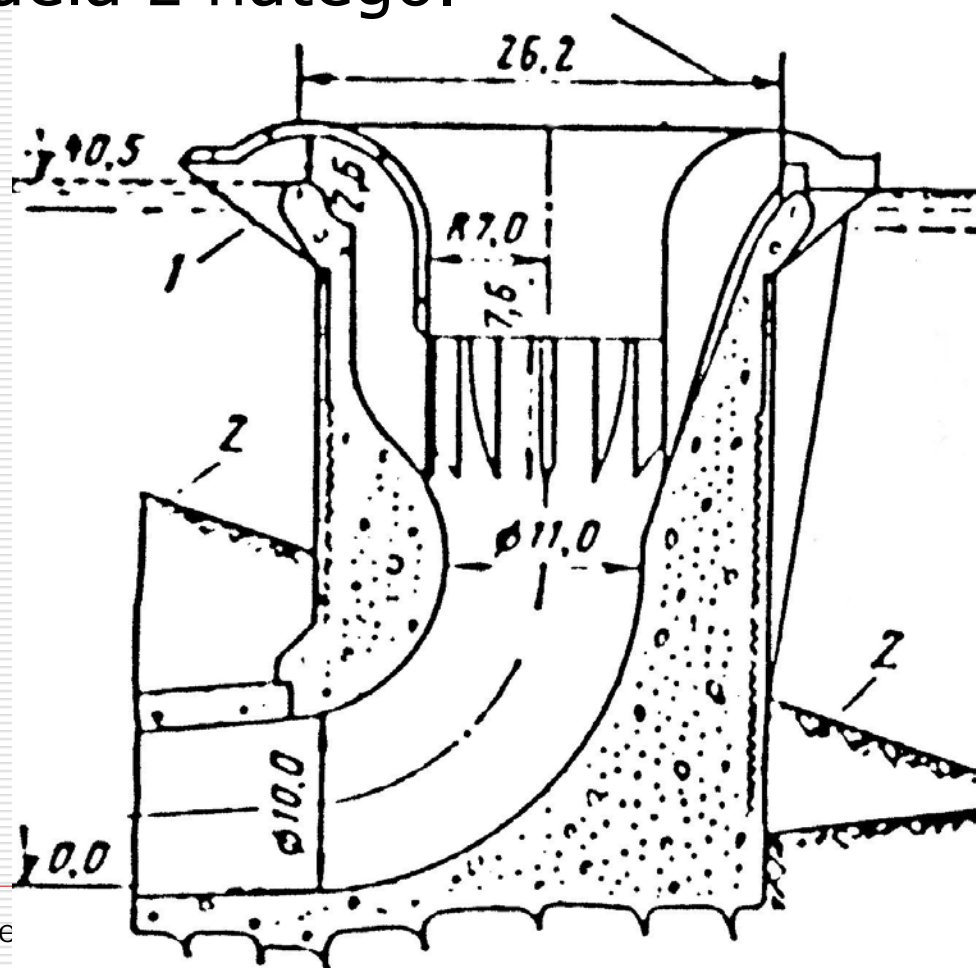
- po jedru vrtničnega toka nemoteno doteka zrak in preprečuje oblikovanje podtlakov - izboljša se pretočna sposobnost jaška, šumenje vode pa se znatno zmanjša.

beništvo in geodezijo

# Jaškast preliv – oblikovanje, natege

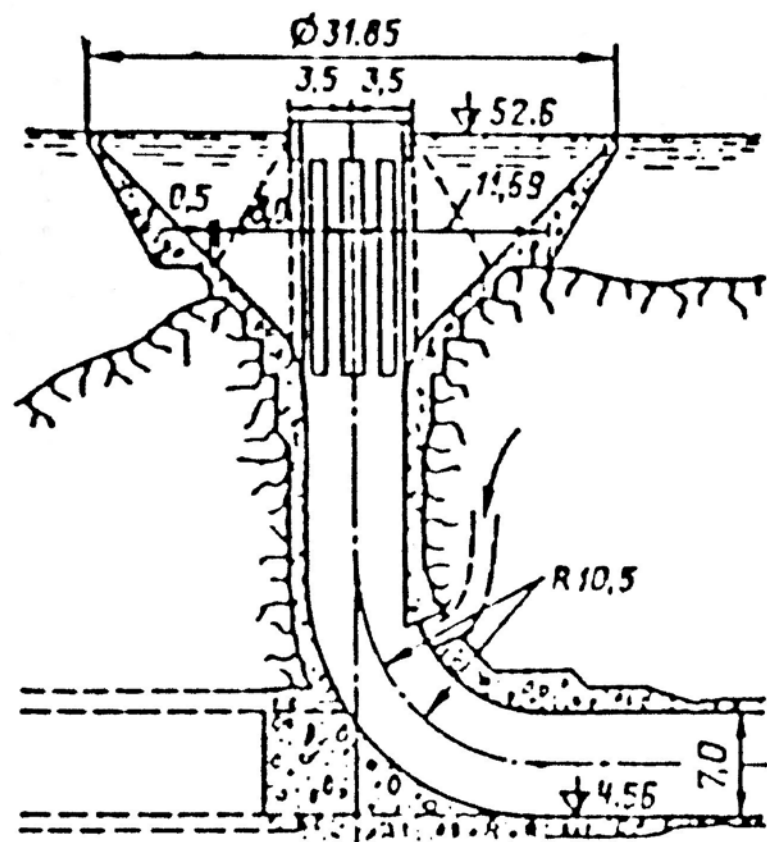
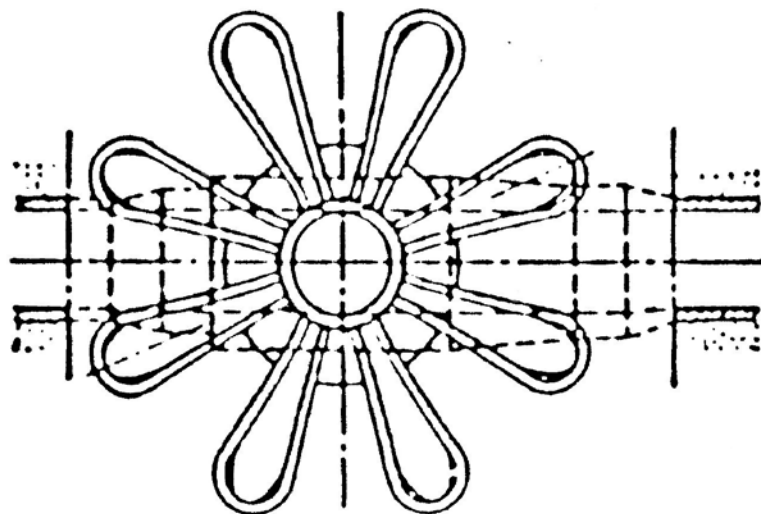
- Višino prelivanja je mogoče zmanjšati z oblikovanjem vtočnega dela z natego.

- Na primeru (14 nateg za  $Q_{max} = 1104 \text{ m}^3/\text{s}$ ) znaša dvig gladine 1,06 m nad normalno gladino - pri čelnem prelivanju vode in enakem pretoku bi znašal dvig gladine 2,7 m (2,5 krat več).



# Jaškast preliv – oblikovanje, pahljačast preliv

- Pri omejenih višinah gladine v akumulacijah zvečajo prelivno dolžino s **pahljačasto oblikovanim prelivom**





# Jaškast preliv – pomanjkljivosti

Pomanjkljivosti jaškastih prelivov:

- Problematično je odvajanje velikih plavajočih predmetov (drevje, led) – smiselno je predvideti čelne prelive.
- Naglo zmanjšanje pretočne zmogljivosti v fazi toka pod tlakom.
- V fazi popolnega in nepopolnega preliva se oblikujejo nestalni vrtnični tokovi, ki povzročajo podtlake ter prekinjanje vodnega stržena v navpičnem jašku.