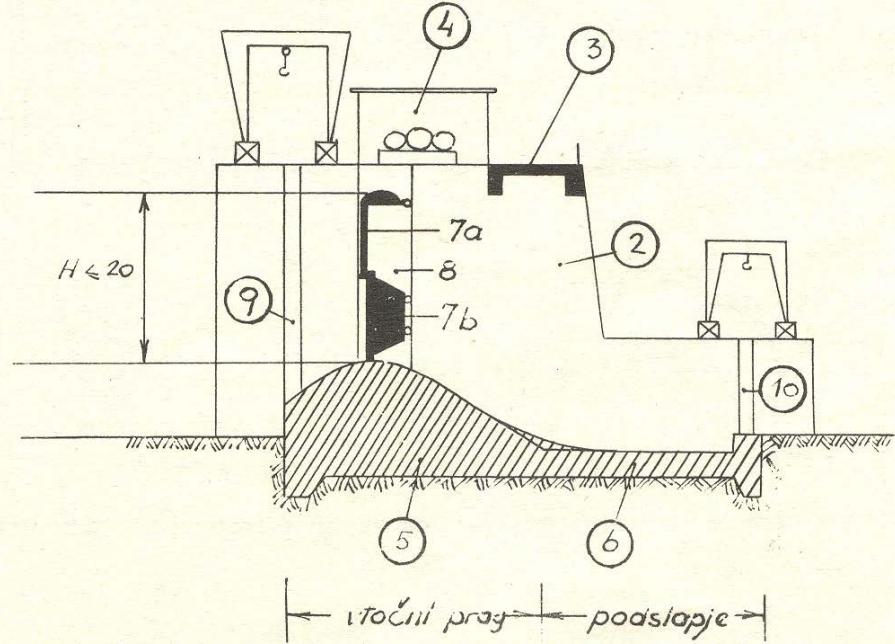
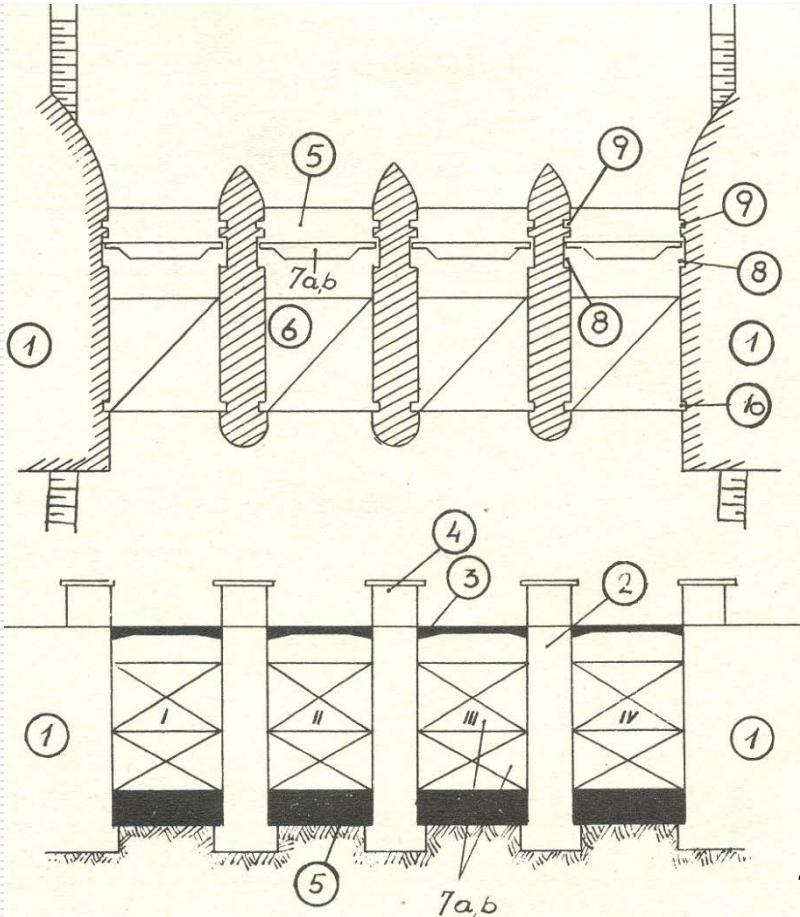


Pomični jez

V ta sklop prištevamo jezovne konstrukcije, ki sestojijo iz fiksnega dela (višina pragu **w** ne presega 10~15% globine **h_0**) in gibljivega dela, **zapornic** s katerimi je pregrajen pretočni del jezovne zgradbe.

Pomični jez

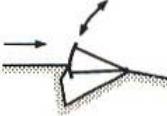
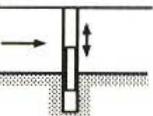
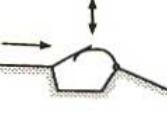
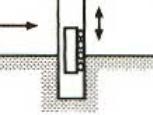
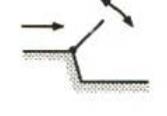
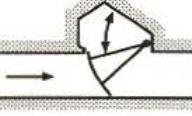
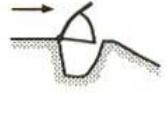
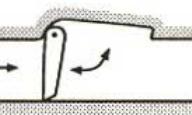
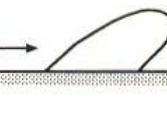
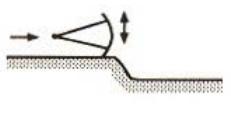
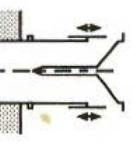


- 1) priključni del; 2) stebri; 3) most;
- 4) pogonski del; 5) prag; 6) podslapje;
- 7) zapornica; 8) vodila; 9,10) utor

Pomični jez - zapornice

Zapornice so namenjene za uravnavanje vodnega pretoka in vzdrževanje vodne gladine. Dimenzioniramo jih tako za njihovo obratovanje v **mirni vodi**, kakor tudi v **vodnjem toku**. Razvrščamo jih glede na:

- *način gibanja* pri obratovanju v **translacijske** in **rotacijske**
- *prenos delujočih sil* na zapornice, s prenosom na:
 - stebre med prelivnimi polji
 - konstrukcijo fiksnega jezu ali praga
- na *mesto obratovanja* v **površinske** in **globinske**

zapornice			Tip zapornice	maksimalne vrednosti		območje zajezebe
površinske zapornice	globinske zapornice			razpon	zajezba	
prelivne sektorski jez	prelivne ali podlivne tablaste - drsne	tablaste - drsne	tablaste zapornice	20	20	8 do 20
				40	8	
strehasti jez	tablaste - kotalne	tablaste - kotalne		20	10	2,5 do 10
				40	2,5	
jez z zaklopko	valjčne	segmentna	segmentna zapornica	15	6	2,5 do 6
				30	2,5	
sektorska	segmentna-tlačna	zaklopka		20	6	
				40	2,5	
vrečasti jez	segmentna-natezna	zasun	valjčni jez	20	8	4 do 8
				45	4	
						

Površinske zapornice

Površinske zapornice se uporabljajo na površinskih vodotokih, npr. na prelivnih poljih pretočnih elektrarn in kanalov, za uravnavanje vodnega pretoka in za vzdrževanje gladine zgornje vode. Imenujemo jih tudi **pomični jezovi**.

Pri visokih vodah ustvarimo z odpiranjem površinskih zapornic ugodne hidravlične pogoje tako za evakuacijo visokih voda, kot za premeščanja plavin in plavja čez pregradni profil. S površinskimi zapornicami je mogoče doseči **zajezne višine**, med **2,5** in **20m**, zato so bolj primerne za rečni tip pregrad.

Površinske zapornice - načrtovanje

Pravilo pri načrtovanju števila zapornic **n** je, da lahko odvajamo visokovodni pretok Q_{vv} pri izpadu **k** zapornic oz. prelivnih polj (praviloma $k=1$). Običajno je to pretok Q_{100} , pri pogoju, da obratuje **(n-1)** zapornic, oz. da pri Q_{1000} obratujejo vsa prelivna polja.

Izpad prelivnega polja (zapornice) je mogoč zaradi:

- vzdrževanja, popravil ali revizije prelivnega polja, zapornice ali dela podslapja
- blokirane zapornice (okvara dvižnih naprav zapornice, zataknitev zapornice, itd.)

Površinske zapornice - načrtovanje

Pri izbiri vrste zapornic se upošteva naslednje:

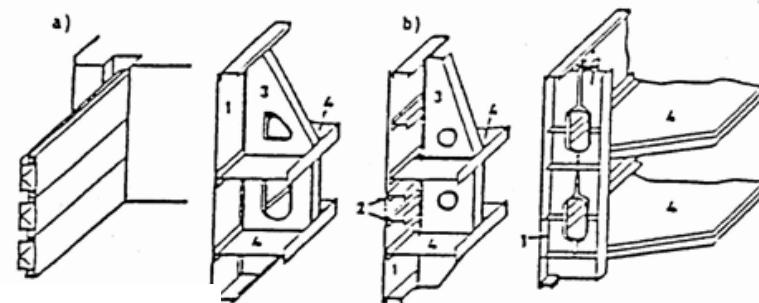
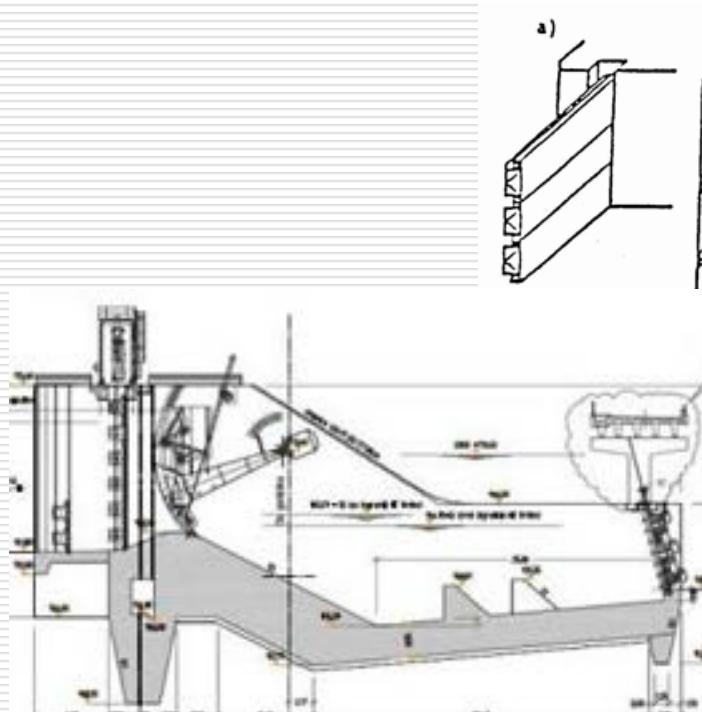
- neodvisen pogonski vir
- delovanje ob izpadu energetskega vira (težnost) z možnostjo rezervnega napajanja
- po možnost obojestranski pogon
- odpornost na plavje (les), plavajoči led, ipd.

Pri dimenzioniranju se zaradi varnosti upošteva faktor

1,15~1,3 kratnik obtežbe za *izredne obremenitve*, ki se težko opredelijo (okvare ležajev, led v utorih, trenje, ipd.) oz. se praviloma raje temu ustrezno povečajo kapacitete pogonskih mehanizmov.

Površinske zapornice – pomožne, prekladne zapornice

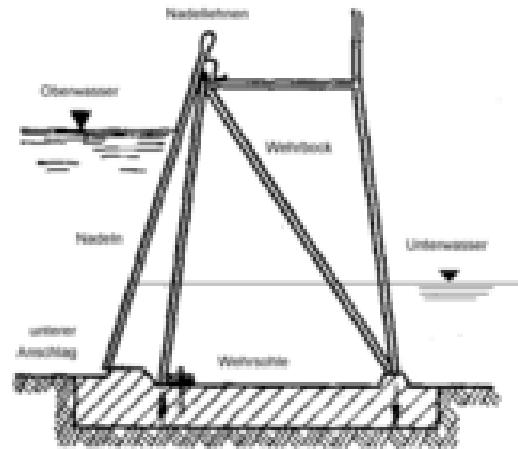
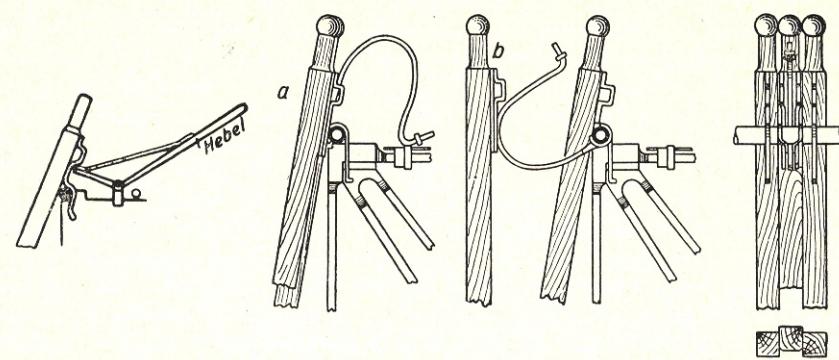
Prekladne zapornice so sestavljene iz samostojnih jeklenih elementov. Uporabljajo se za začasne pregrade za zapiranje prelivnih polj in podslapij pri revizijah in popravilih. Spuščajo jih posamično v mirno vodo z žerjavom. Za spuščanje v vodni tok jih je potrebno hidrodinamično oblikovati. Statično jih obravnavamo kot prostoležeče nosilce.



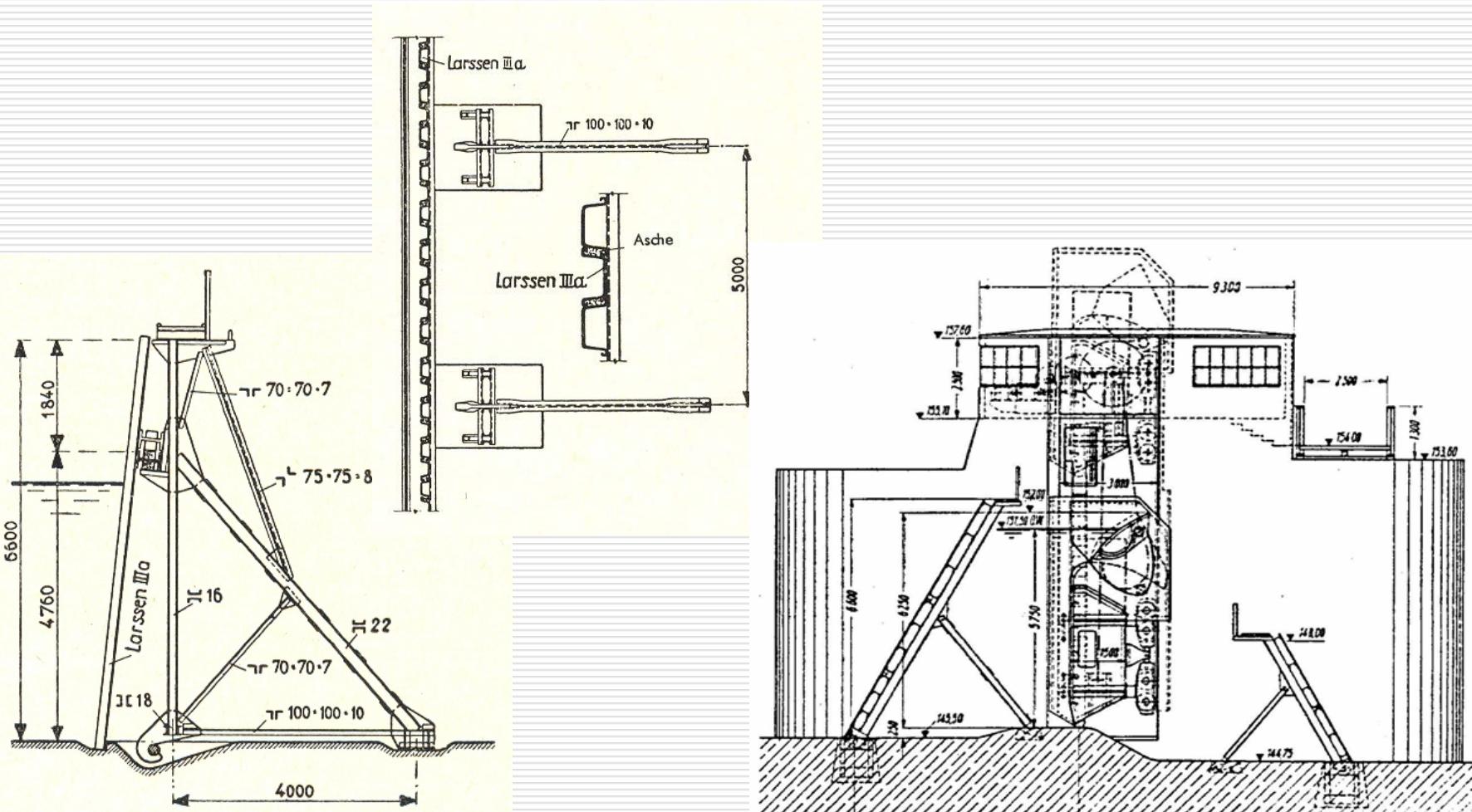
Površinske zapornice – pomožne, igličaste zapornice

Igličaste zapornice so sestavljene iz *podporne jeklene konstrukcije* in *zaporne ploskve* iz **lesenih** elementov (macesen), dolžine do **5m** in debeline od **8** do **10cm** ali **jeklenih** elementov (standardne zagatnice), v nagibu od **8°** do **12°**. Igle se opirajo s spodnjim koncem na utore v betonskem dnu, z zgornjim koncem pa na palične konstrukcije (ovne), povezane s pohodno brvjo. Ovni so členkasto sidrani v betonsko dno in se dajo bodisi zvrniti ali demontirati pred nastopom visoke vode. Možne so kot začasne konstrukcije pri remontih glavnih zaporničnih objektov ali pa tudi kot trajne konstrukcije s katerimi je možno zadrževati nivo zajezitve in uravnavati pretoke (npr. na vtokih v mHE, prelivih, ipd.). Zaradi majhne teže je enostavna manipulacija. Statično jih obravnavamo kot prostoležeče nosilce.

Površinske zapornice – lesene igličaste zapornice

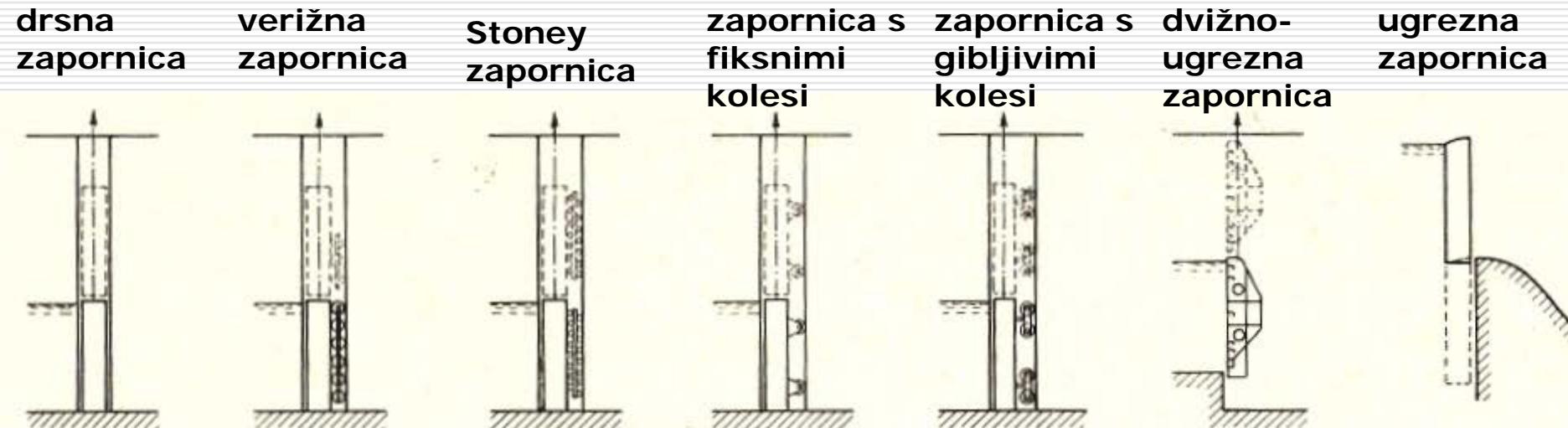


Površinske zapornice – jeklene igličaste zapornice



Površinske zapornice – tablaste zapornice

Tablaste zapornice so najstarejši tip gibljivih zapornic. Po načinu gibanja jih uvrščamo v skupino **translacijskih zapornic**. Glede na trenje pri prenosu sil so tablaste zapornice lahko **drsne** ali **kotalne**.



Površinske zapornice – tablaste zapornice

Tablaste zapornice so statično ploskovne konstrukcije, ki prenašajo obtežbe vodnega tlaka na stebre med prelivnimi polji. Ogrodje je sestavljeno iz jeklenih polnostenskih ali razčlenjenih glavnih nosilcev, vzdolžno ter diagonalno ojačenih in povezanih ter na gorvodni strani neprepustno obloženih z jekleno pločevino.

Praviloma tablaste zapornice dimenzioniramo na hidravlične obremenitve v spuščenem stanju (največji hidrostatični tlaki).

Površinske zapornice: tablaste zapornice – določitev sil

Dviganje:

$$\uparrow S_D > \downarrow k_1 G + k_2 (\mu W \downarrow + \mu_T W_T \downarrow) \pm W_v \pm (\Delta F) \uparrow \downarrow$$

Spuščanje:

$$\downarrow S_S > \downarrow k_1 G - k_2 (\mu W \uparrow + \mu_T W_T \uparrow) \pm W_v \pm (\Delta F) \uparrow \downarrow$$

S_D, S_S **rezultantni sili učinkujoči na pogonsko napravo**

G teža zapornice in pogonskega droga ali pogonske verige

μW sila kotalnega ali drsnega trenja zaradi vodnega tlaka

$\mu_T W_T$ sila tesnilnega trenja

W_v **navpične statične in dinamične sile vodnega toka na
zapornico (določamo jih na hidravličnem modelu)**

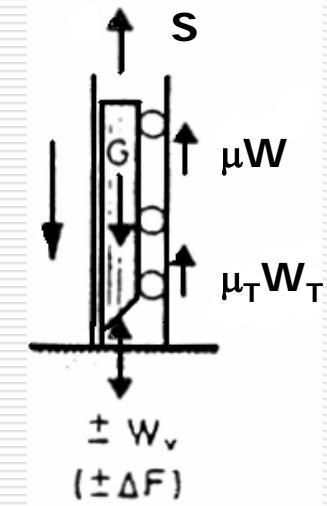
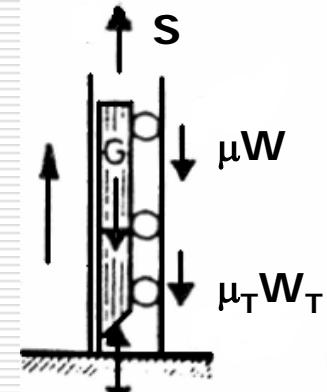
ΔF morebitne dodatne sile (npr. led v konstrukciji ipd.)

$W = \gamma t^2 / 2L$ **sila zaradi vodnega tlaka na zapornično tablo**

L **širina zapornične table**

k_1, k_2 varnostna koeficienta za izredne obremenitve

t višina zapornice



Površinske zapornice: tablaste zapornice – tesnenje

Minimalna zaporna sila na prag za zagotovitev tesnjenja
in stabilnosti spuščene zapornice:

$$S_{Smin} \geq 5 \text{ kN/m} \text{ oz}$$

$$S_{Smin} \geq 1,30 (\mu W + \mu_T W_T)$$

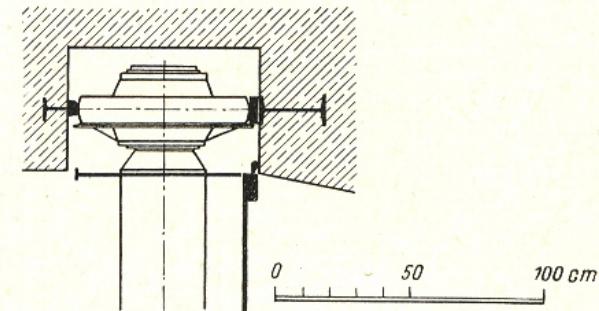
Koeficienti trenja:

$\mu \sim 0,5 \div 0,3$ drsno trenje

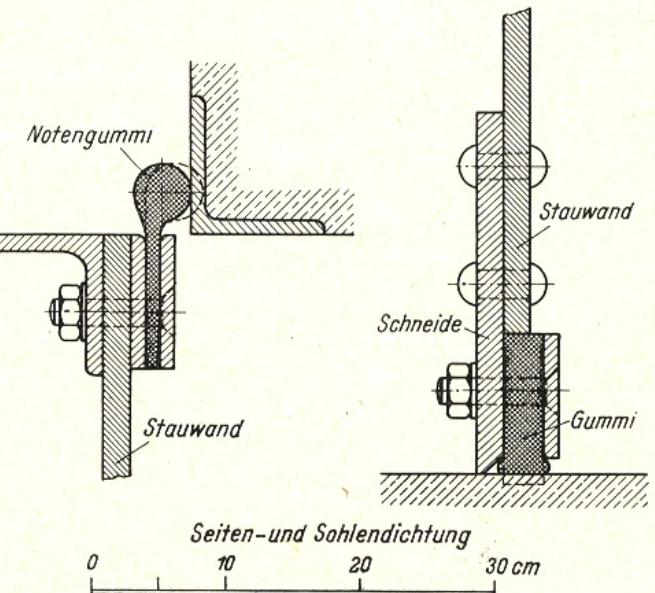
$\mu \sim 0,03 \div 0,025$ kotalke (kotalno trenje)

$\mu \sim 0,01$ valjčni ležaji (kotalno trenje)

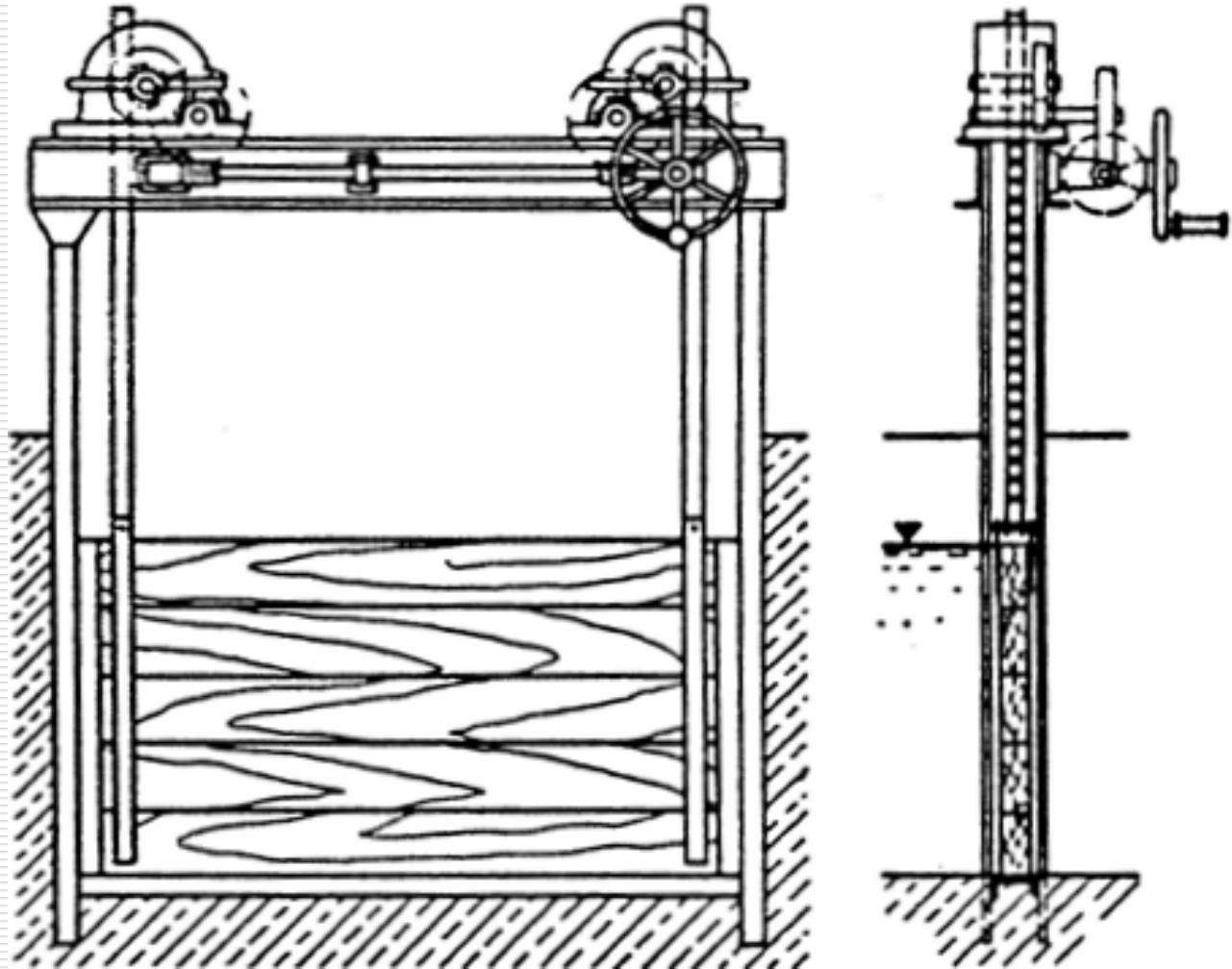
μ_T koeficient trenja tesnil, odvisen od vrste
tesnila



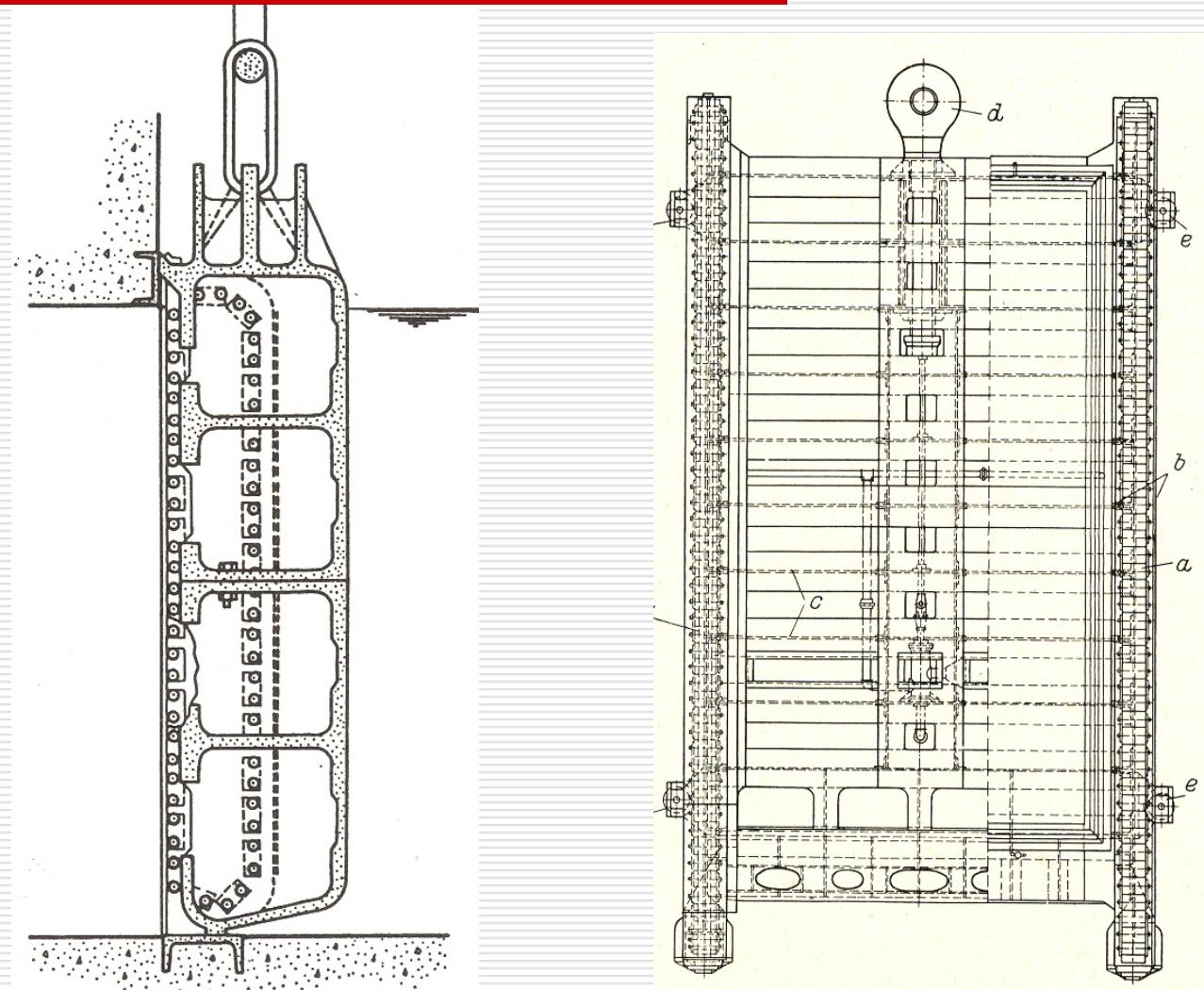
Schnitt durch Tornische



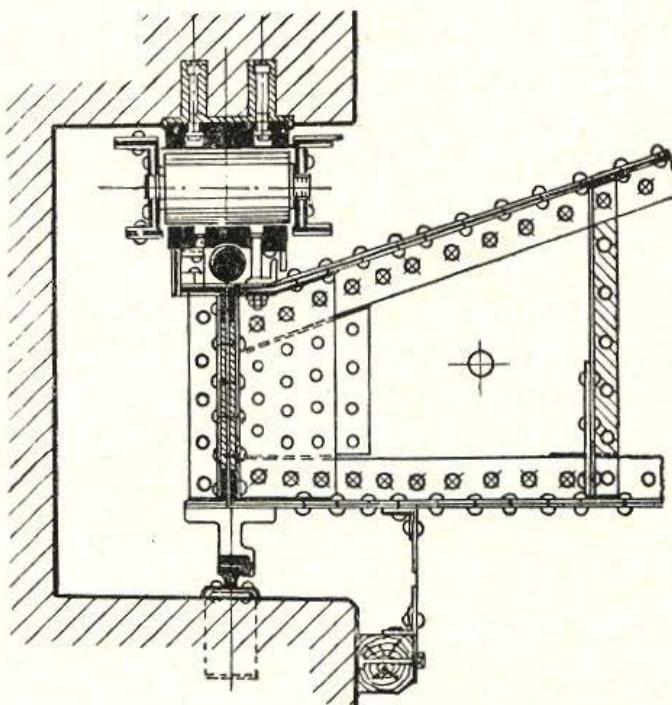
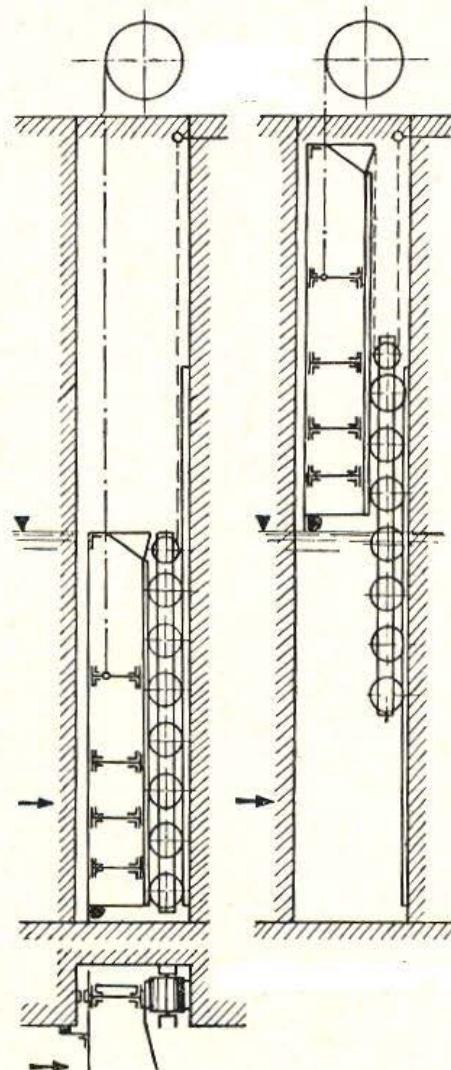
Površinske zapornice: tablaste zapornice – drsna zapornica



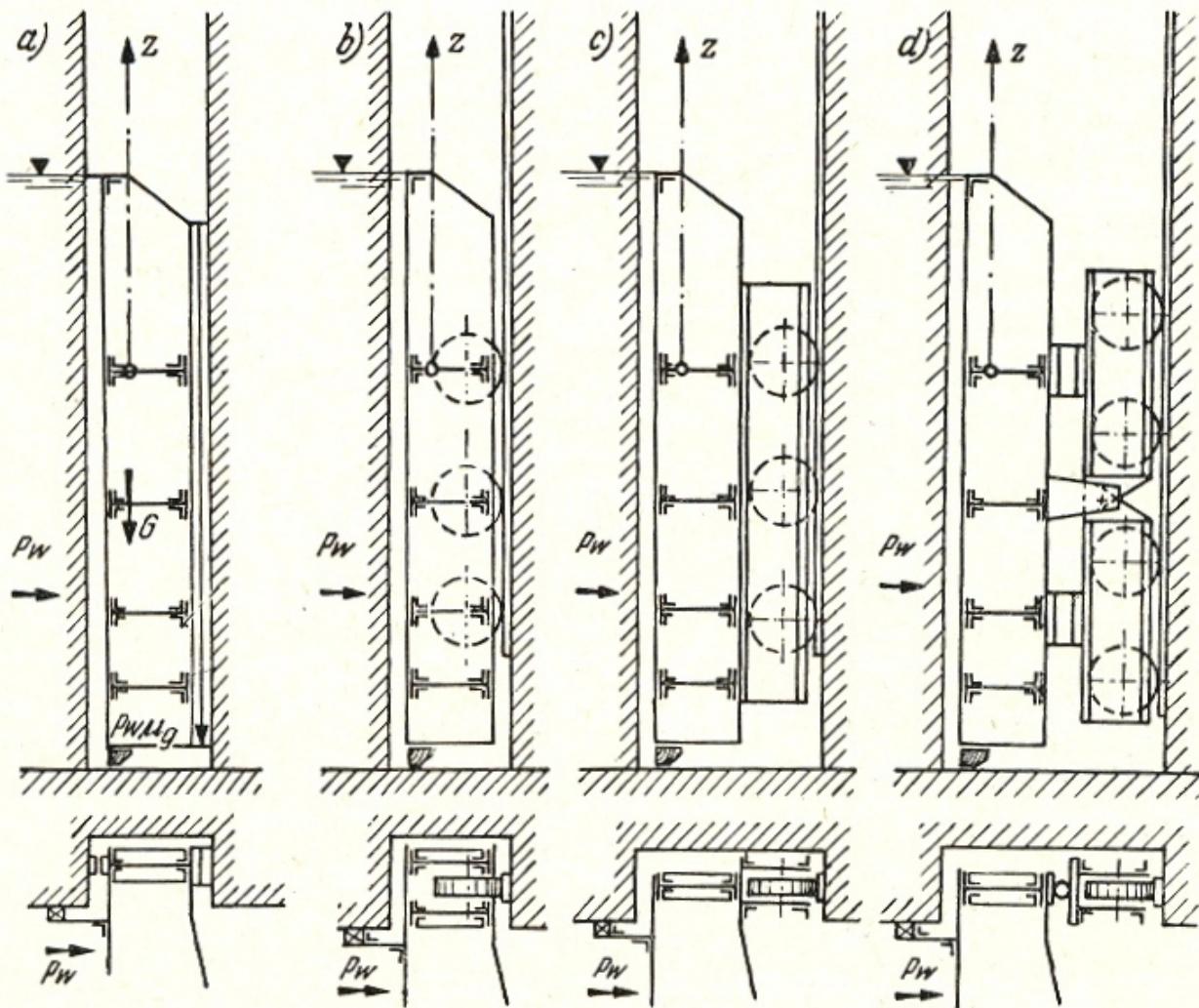
Površinske zapornice: tablaste zapornice – veržna valjčna zapornica



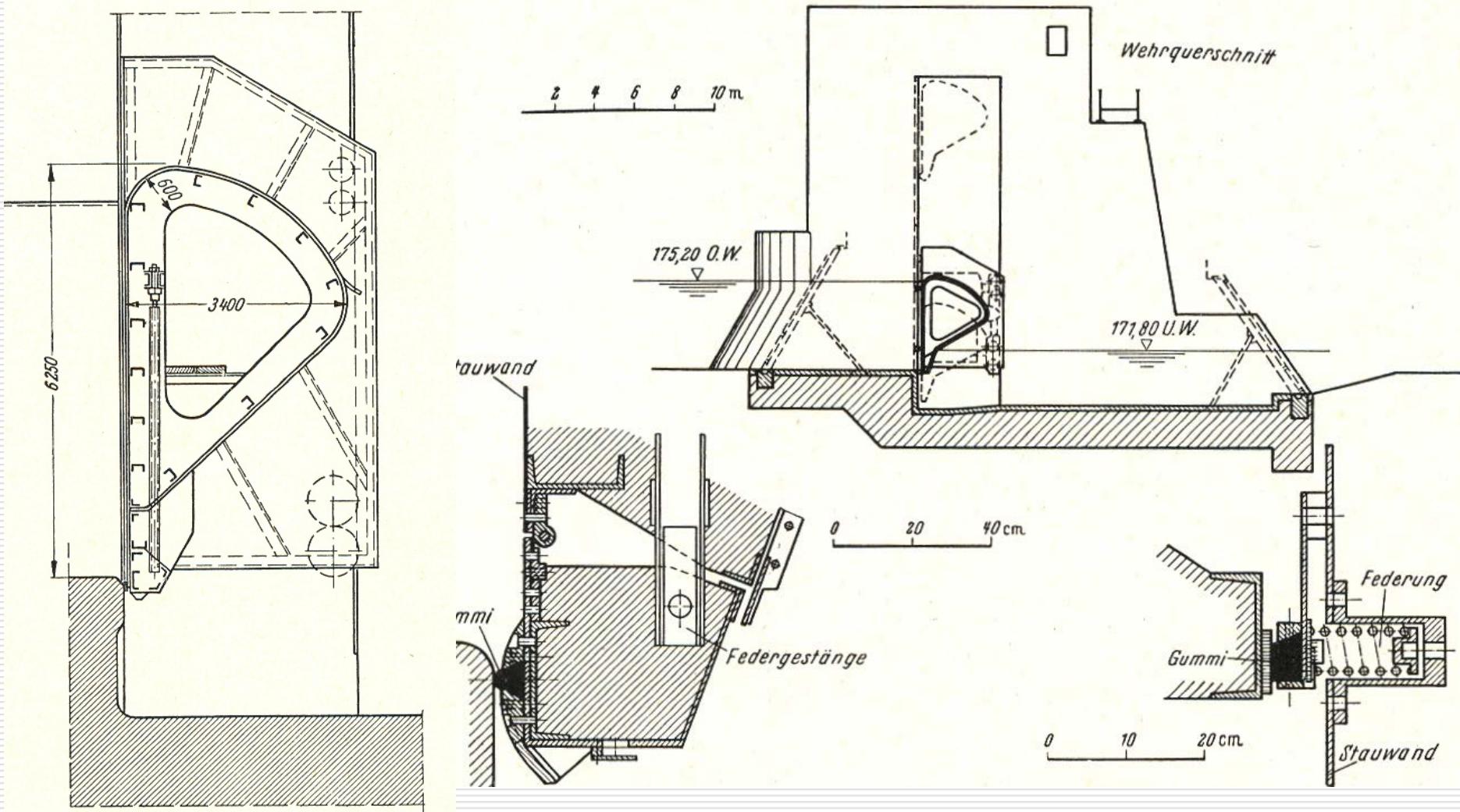
Površinske zapornice: tablaste zapornice – Stoney zapornica



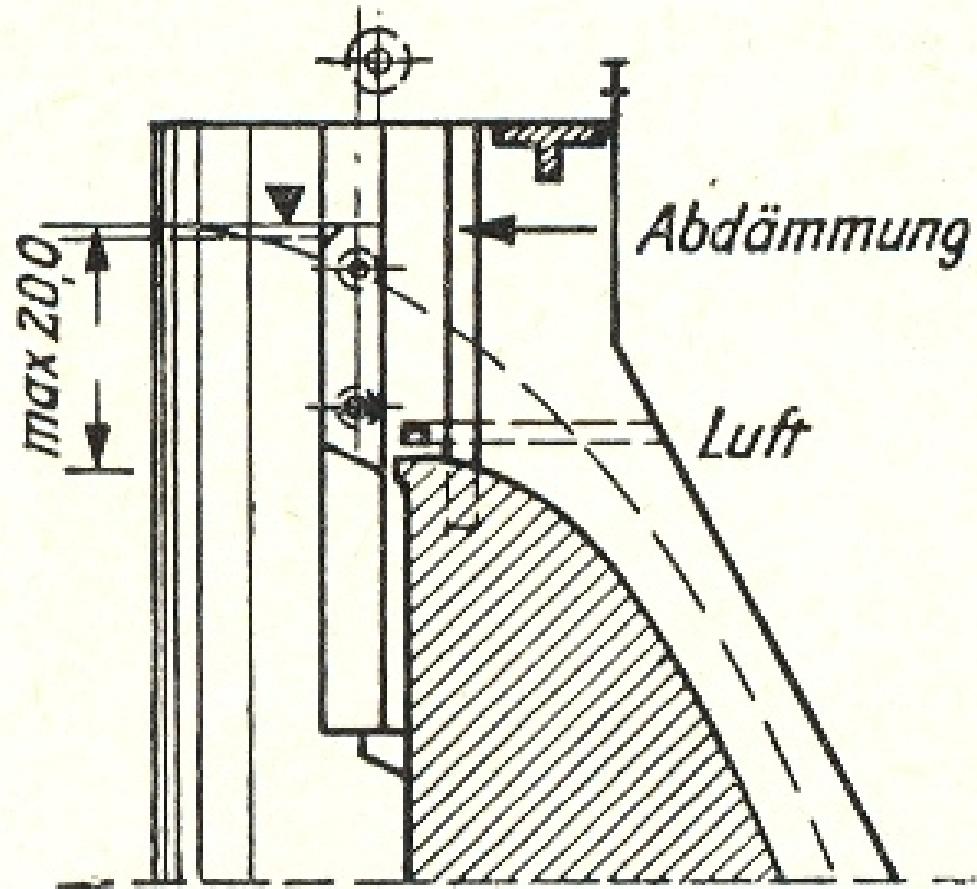
Površinske zapornice – kotalne zapornice



Površinske zapornice – dvižno ugrezne zapornice



Površinske zapornice – ugrezne zapornice

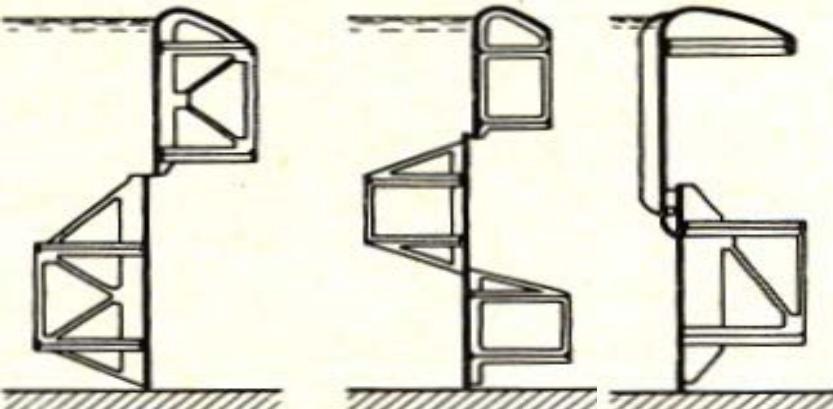


Površinske zapornice – tablaste dvodelne zapornice

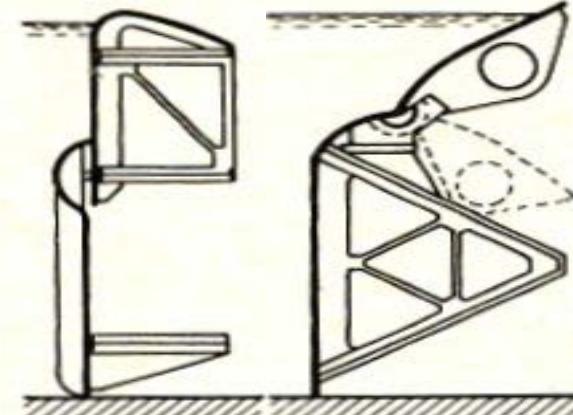
Dvodelne tablaste zapornice so bile razvite z namenom, da se v primerjavi z enojnimi tablastimi zapornicami:

- zmanjšajo dvižne sile
- povečajo dimenzije zaporničnega profila
- z možnostjo regulacije zmanjšajo izgube vode pri prelivanju

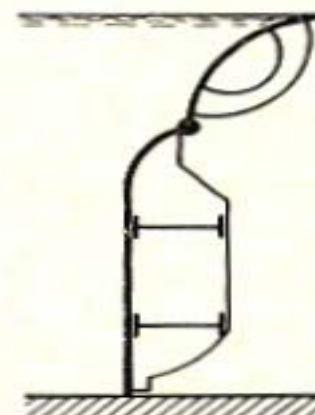
dvodelne tablaste zapornice
(starejšega tipa)



klunaste dvodelne
tablaste zapornice

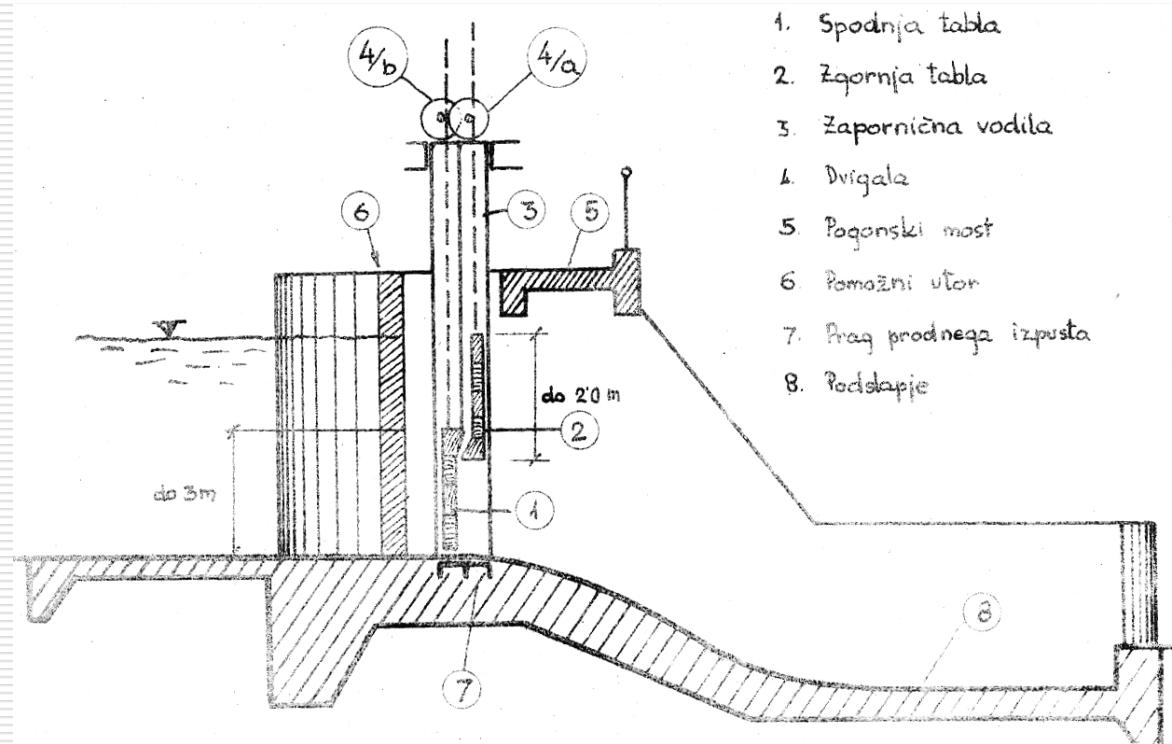


dvodelne tablaste
zapornice z zaklopko



Površinske zapornice – lesene tablaste dvodelne zapornice

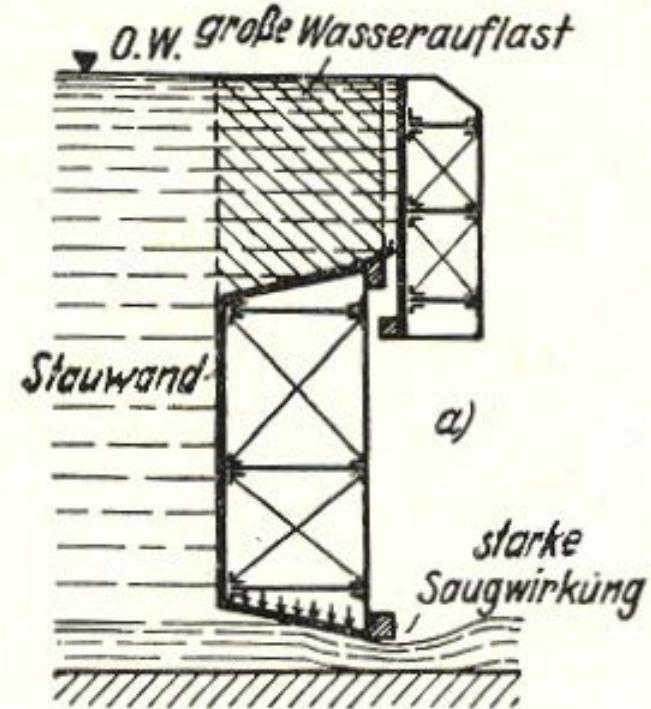
Lesene dvodelne tablaste zapornice se največkrat uporabljajo za regulacijo prodnih izpustov in plavja na manjših objektih. Maksimalne zajezne višine ne presegajo **5m**, največja razpetina pa znaša **8m**, pri zajezni višini **2m**.



Površinske zapornice – tablaste dvodelne zapornice – stari tip I.

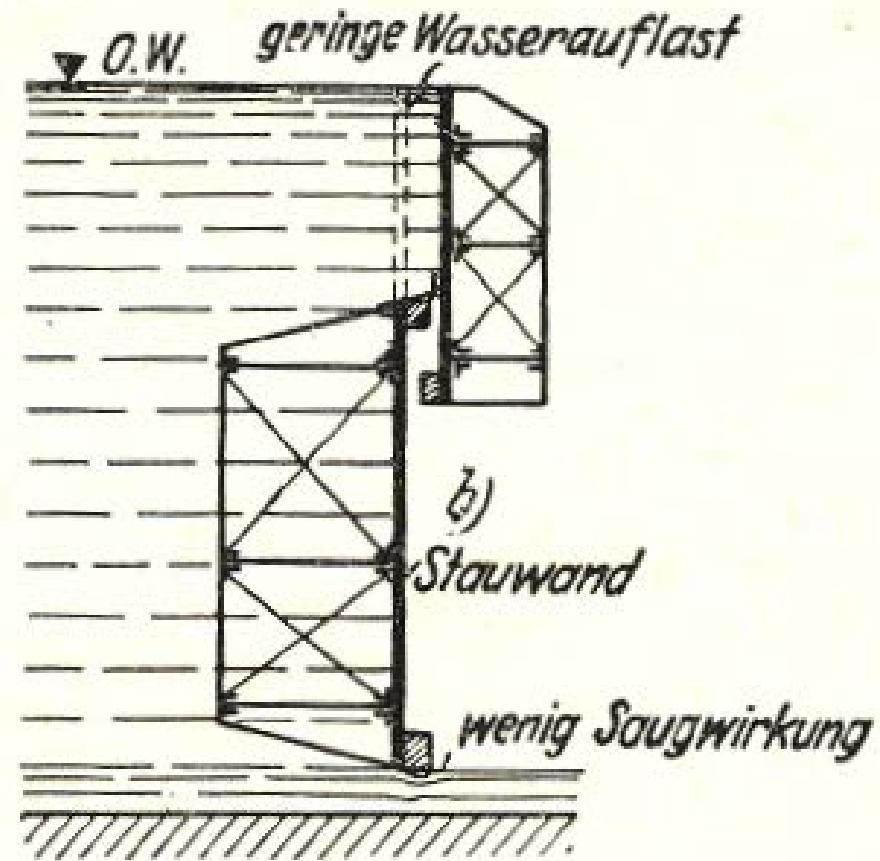
Dvodelne tablaste zapornice so sestavljene iz dveh delov: zgornja omogoča prelivanje in odvajanje plavja, spodnja pa omogoča podlivanje in regulacijo prodnih izpustov. Razvoj dvodelnih zapornic je bil postopen:

- vodili obeh zapornic sta ločeni
- oplata spodnje zapornice je gorvodno (zaščita nosilnega dela) in zato potrebna velika dvižna sila
- velike hidrodinamične obremenitve spodnje zapornice



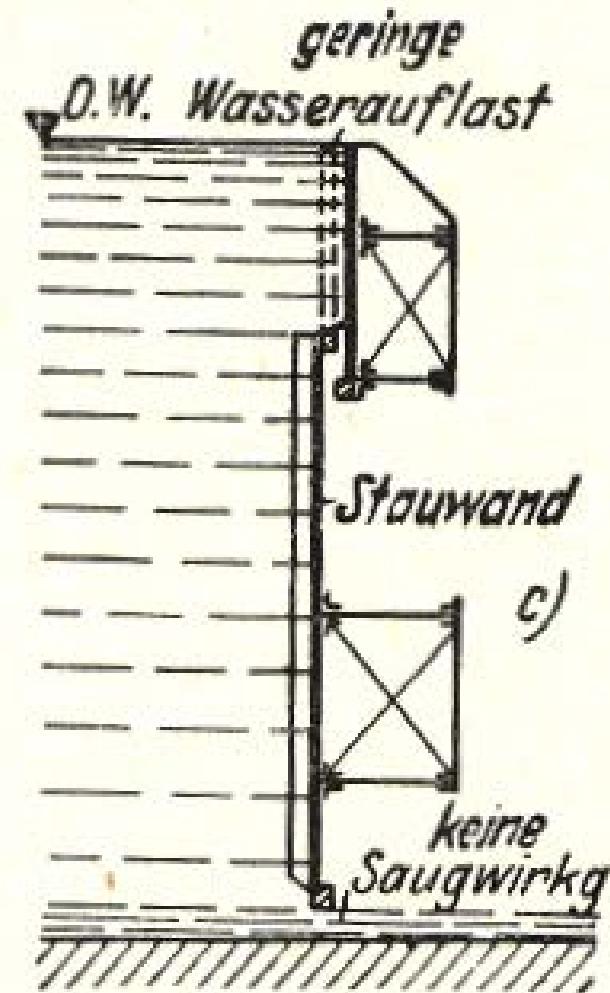
Površinske zapornice – tablaste dvodelne zapornice – stari tip II.

- vodili obeh zapornic sta ločeni
- dvižna sila je manjša, vendar je celotna nosilna konstrukcija spodnje zapornice potopljena
- hidrodinamične obremenitve na spodnjo zapornico so manjše



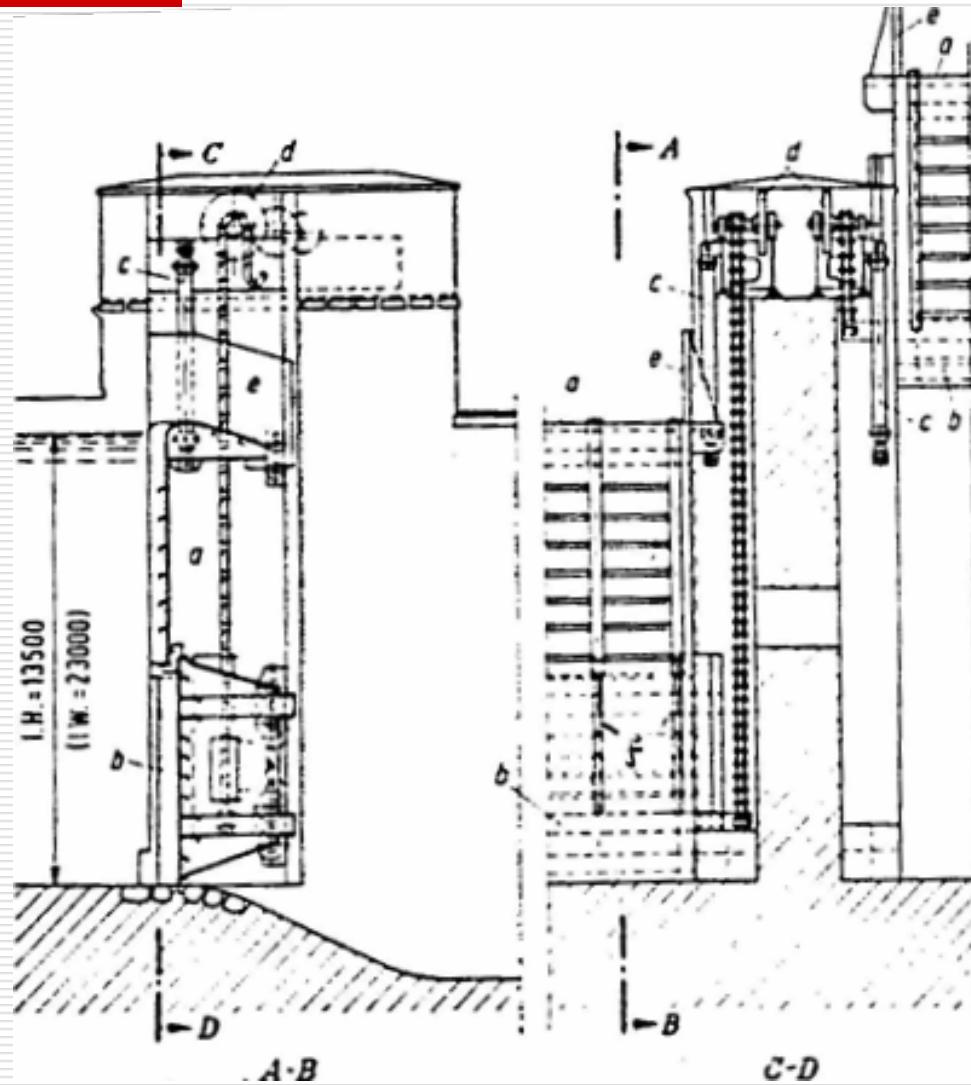
Površinske zapornice – tablaste dvodelne zapornice – stari tip III.

- vodili obeh zapornic sta v skupnem utoru
- dvižna sila je manjša, nosilna konstrukcija spodnje zapornice je dolvodno
- hidrodinamične obremenitve spodnje zapornice so z izvedbo noža odpravljene



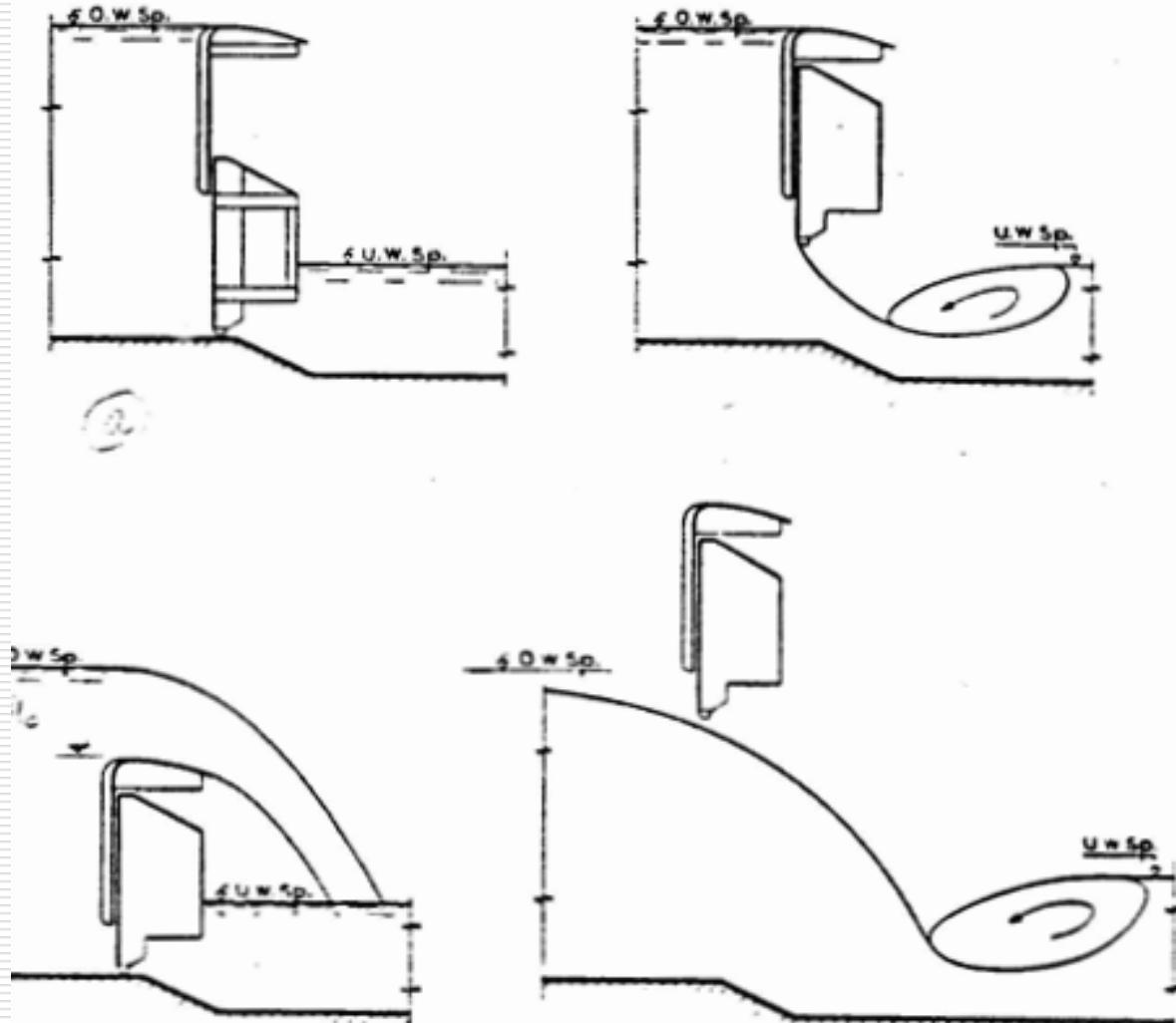
Površinske zapornice – klunaste tablaste zapornice

Klunaste tablaste zapornice so jeklene, praviloma kotalne konstrukcije so sestavljene iz dveh delov: *Zgornja tabla* je ojačena samo z enim glavnim nosilcem, ki nosi prelivni kljun ter stranska ščita za zavarovanje pogonskih naprav v utorih pred vodnim tokom. Je kotalno oprta na tirnice na vodni strani *spodnje table* in povezana s spodnjo tablo pri skupnem gibanju. Vodoravno špranjo med zgornjo in spodnjo tablo tesni drsno tesnilo. Gospodarna uporaba kljunastih dvodelnih tablastih zapornic je v razponu zajezitvenih višin od **8 m** do **16 m** in širin do **40 m**.



Površinske zapornice – klunaste tablaste zapornice

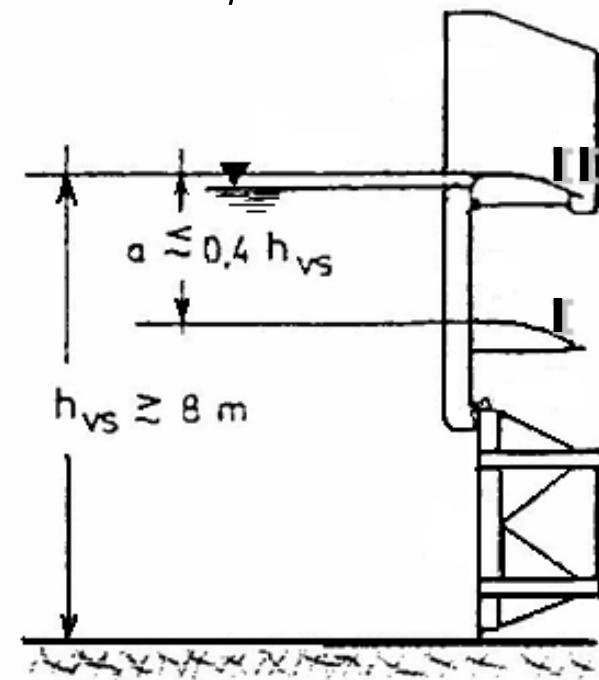
Pri popolnoma dvignjenih zapornicah mora biti spodnja tabla dovolj visoko nad vodno gladino, da ne ovira plavajočih predmetov. Prelivna višina zgornje table je pomembna pri odvajjanju velikih količin ledu ali lesa ter vodnega pretoka zaradi izpada turbin.



Površinske zapornice – klunaste tablaste zapornice

Prelivna višina zgornje table znaša $a \sim 0,4 h_{vs}$, (okoli 40 % zaježitvene višine). Pri dviganju zgornje table (od I. do II.), pri polni višini prelivanja **a**, narašča obtežba na prelivni kljun, ki je najbolj obremenjen na poziciji $a \sim 0,2 h_{vs}$. Pri nadalnjem dviganju zgornje table, oziroma zmanjševanju prelivne višine, se zmanjšujejo tudi te sile.

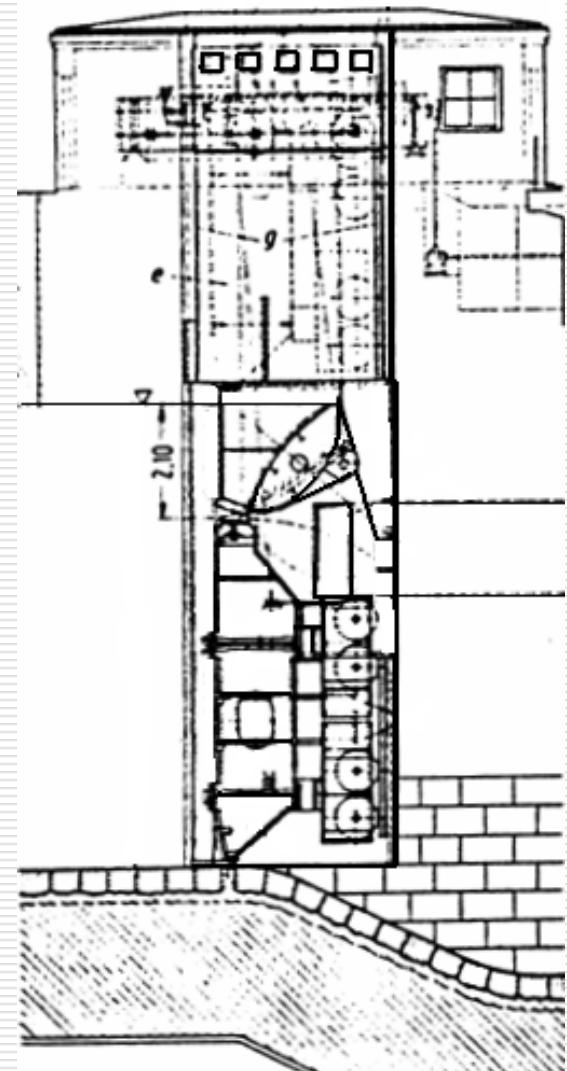
Za zmanjšanje pogonskih sil je priporočljivo prelivni kljun oblikovati kot **vakuumski profil**. Priporočljiva pa je, da podtlaki ne presegajo $0,15 \div 0,20$ bara, na dolvodnem koncu pa naj bodo tlaki višji od atmosferskega, da ne pride do odleplanja vodnega toka.



Površinske zapornice – tablaste zapornice z zaklopko

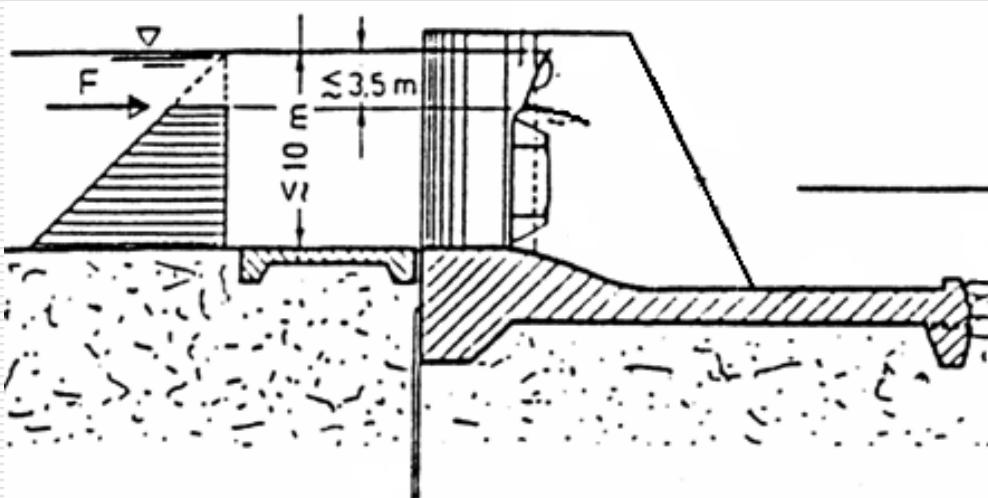
Pri zaježitvenih višinah do 10m in prelivnih širinah do 30m so kotalne **tablaste zapornice z zaklopko**

tablaste zapornice z zaklopko, gospodarno in obratovalno ustreznajše od kljunastih dvodelnih tablastih zapornic. **Zaklopka** je vrtljivo oprta z zveznim ali točkastim tečajem na krono tablaste zapornice in služi za natančno uravnavanje gladine zgornje vode ter odvajanje ledu in drugih plavajočih predmetov. Ima lahko mehanični pogon (pogonska veriga, drog), sodobnejše izvedbe imajo v večini servomotorni pogon, oprt na spodnjo tablo.

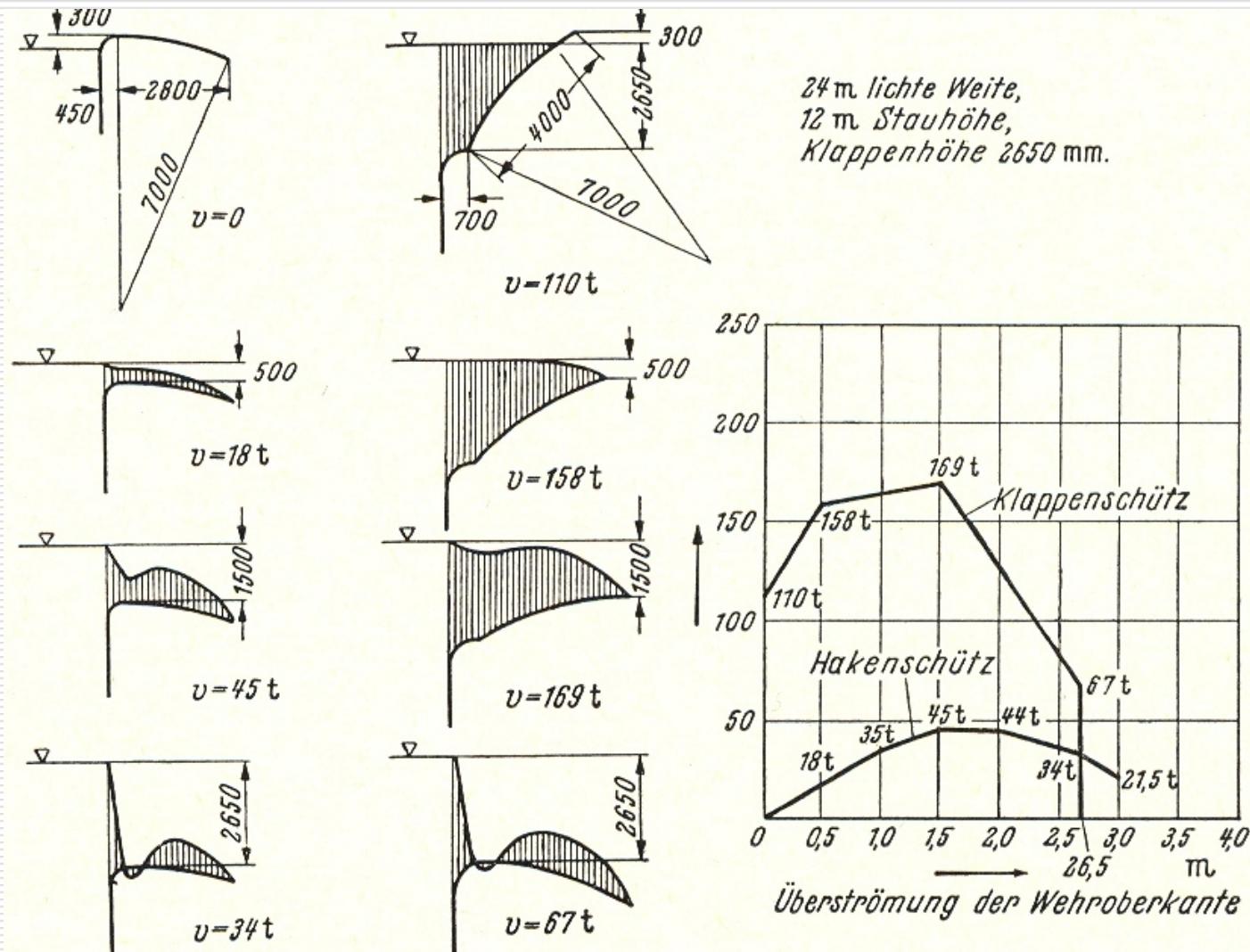


Površinske zapornice – tablaste zapornice z zaklopko

Zaklopke so primerne za prelivne višine **med 1,3m in 3,5m**. Za prelivne višine pod 1,3m in nad 3,5m zaradi težav na pogonih sklopih niso primerne. Pri dimenzioniranju zaklopke je potrebno upoštevati še dodatne obtežbe zaradi deformacij spodnje table; zaklopka s tečajem mora slediti deformacijam tablaste zapornice. Pri oblikovanju prelivnega dela zaklopke je treba upoštevati ista pravila kot pri kljunu. Upoštevati pa je treba, da je zaklopka pri enakih prelivnih višinah kot prelivni klun bistveno bolj obremenjena.



Površinske zapornice – tablaste zapornice – obremenitev zaklopke



Površinske zapornice – tablaste zapornice

Pomanjkljivosti tablastih zapornic:

- veliki pogonski agregati
- veliki utori (še posebej pri kotalnih) povzročajo tveganja:
 - zastajanje plavja v utorih
 - hidrodinamični procesi, ki vplivajo na stabilnost zapornic in pretočnost profila
 - možnost pojava kavitacije
 - slabitev prereza stebra
 - velike trenjske sile
- podvajanje pogonski agregatov
- težavno tesnjenje stika med zapornicama – pogosta obraba tesnil in težave pri zimskem obratovanju
- visoki stebri zaradi potrebnosti polnega dviga zapornic

Površinske zapornice – tablaste zapornice

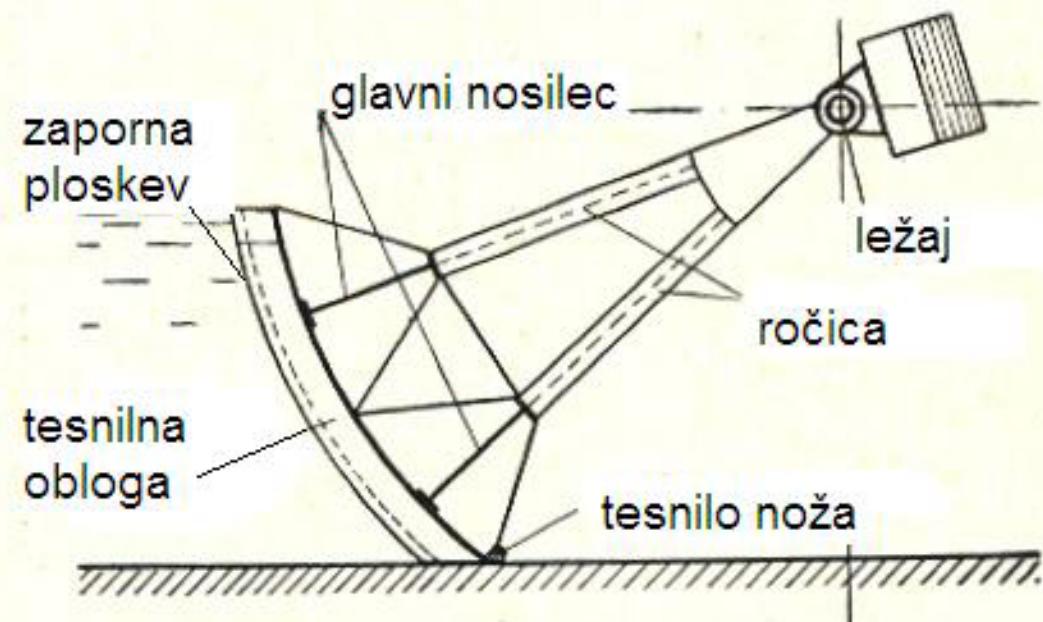
Prednosti tablastih zapornic:

- z ozirom na robustno izvedbo niso občutljive na udare plavja pri prelivanju
- omogočajo večje zajezne višine in širine
- kratki stebri med prelivnimi polji
- ugodna disipacija kinetične energije pri hkratnem prelivanju čez zgornjo tablo ali zaklopko in iztekanju izpod spodnje table

Površinske zapornice – segmentne zapornice

Segmentna zapornica pomeni transformacijo tablaste zapornice. Razlikuje se po tem, da je oblikovana krožno in se giblje po krožnici okrog tečajev zapornice, ki so vpeti v stebre. Obtežbe na zapornoico se preko ročic in ležajev prenašajo na stebre (do 20MN na ležaj), ki so zaradi manjše dvižne sile ožji in nižji, vendar zaradi ročic daljši od stebrov pri tablastih zapornicah.

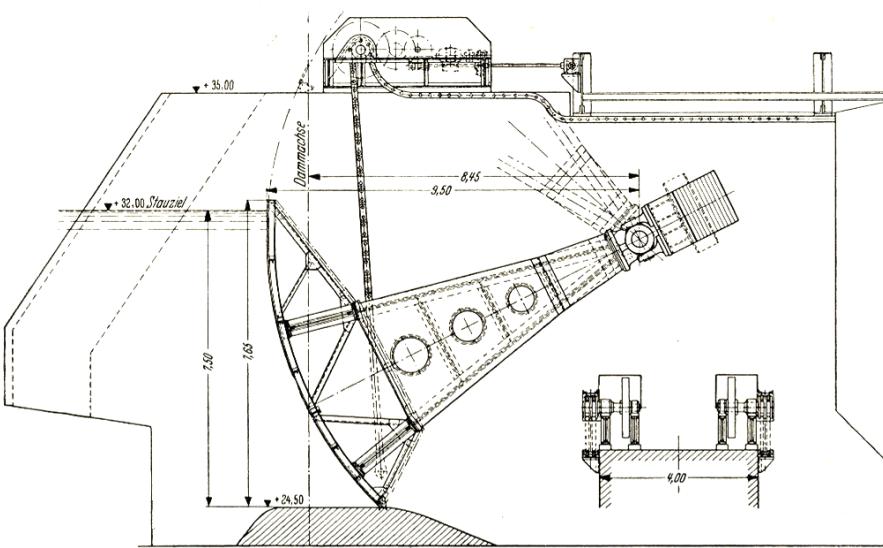
Pogonski mehanizmi so na suhem, cilindri servomotorjev pa lahko predstavljajo oviro za prehodnost krone jezu.



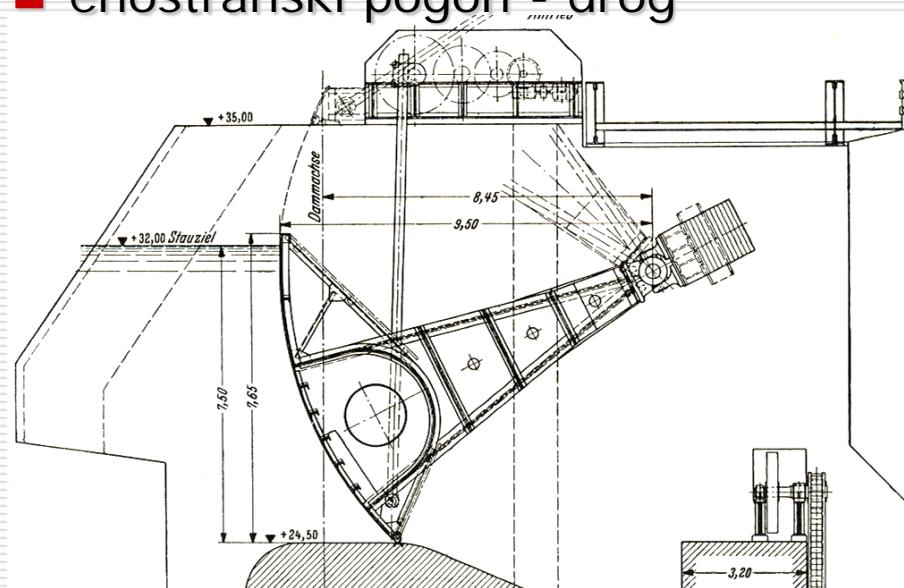
Površinske zapornice – segmentne zapornice - pogon

Pogon je na zračni strani, praviloma na obeh straneh zapornice (*obojestranski pogon*). Pri protitorzijsko oblikovani zapornici je lahko samo na eni strani (*enostranski pogon*). Obojestranski pogon je varnejši. Uporabljajo se *verige*, *nazobčani pogonski drogovi* in vedno bolj *servomotorni* pogon.

■ obojestranski pogon - veriga



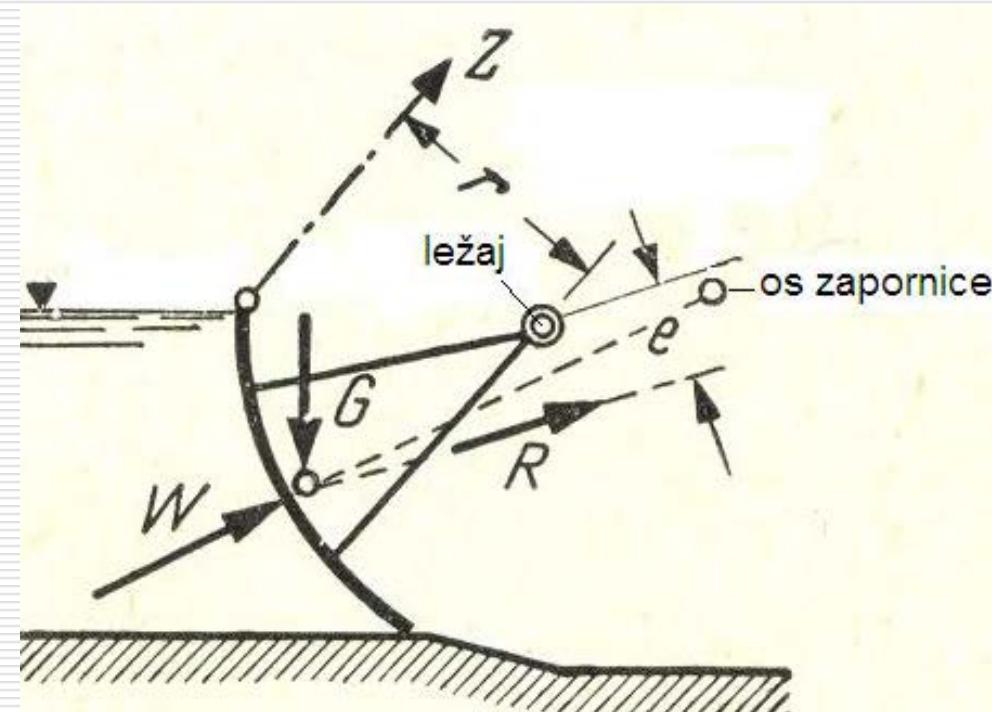
■ enostranski pogon - drog



Površinske zapornice – oblikovanje segmentnih zapornic

Gorvodno stran segmentne zapornice pri **klasičnih pogonih** je treba oblikovati tako, da je usmerjena rezultanta **R** vodnega tlaka **W** in lastne teže **G** ekscentrično **e** na ležaj, toliko da je zagotovljen minimalni pritisk noža na podlago, ki znaša najmanj **5kN/m**.

V nasprotnem je treba zagotoviti dodatni pritisk zapornice ob podlago (prim. hidravlični pogoni). Trend je oblikovanje zapornic na način, da je vzgonska sila usmerjena skozi ležaj oz. se ležaj spusti nižje kar zmanjšuje vpliv teže in silo dviganja **Z**, kar je pomembna prednost segmentnih zapornic.

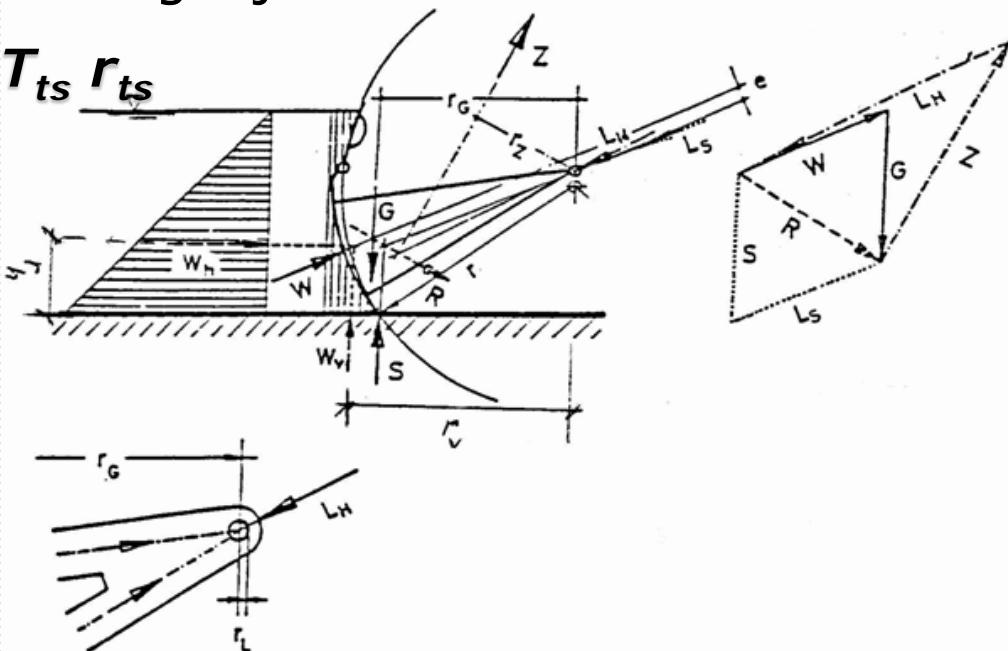


Površinske zapornice – oblikovanje segmentnih zapornic

Segmentne zapornice se uporabljajo za zaježitvene višine do **10m** in širine do **40m**. Zasnovane so tako, da je rezultanta vodnega tlaka **W** na zapornico usmerjena skozi ležaj oz. malo ekscentrično **e** na ležaj, da se zmanjša vpliv lastne teže **G**. Ravnotesje momentov sil, učinkujočih na zapornico v začetku dviganja:

$$Z r_z = G r_G + \mu_L L_H r_L \pm W e + T_{ts} r_{ts}$$

Z	<i>dvižna sila</i>
G	<i>lastna teža</i>
L_H	<i>rezultanta sil v ležaju pri dvigu</i>
W	<i>rezultanta vodnega tlaka</i>
T_{ts}	<i>sila trenja zaradi tesnil</i>



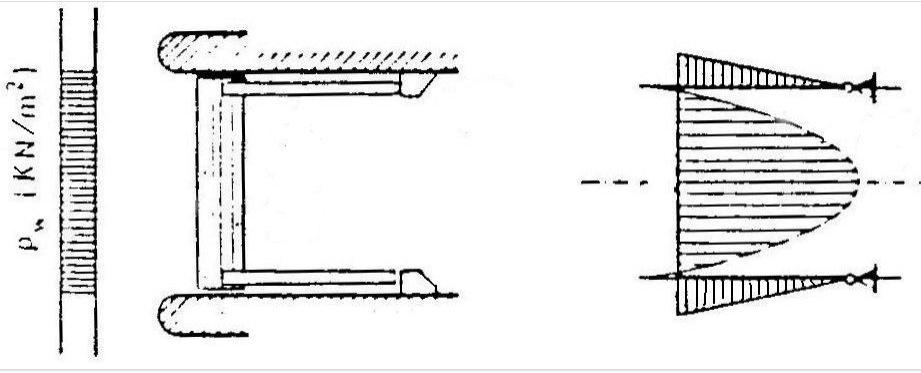
Zaporni tlak na pragu:

$$W_h r^*_h + G r_G > 1,25 W_w r_v$$

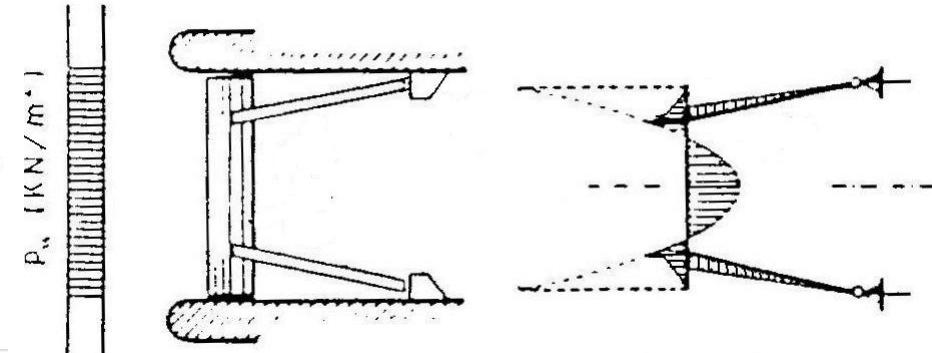
Površinske zapornice – oblikovanje segmentnih zapornic - ročice

Tlačno obremenjene segmentne zapornice so statično pravokotni dvočlenski okvirji. Oblikovanje ročic vpliva na velikost upogibnega momenta konstrukcije: pri *diagonalno* oblikovanih ročicah je moment manjši kot pri *vzporednih* ročicah. Diagonalna izvedba ročic je smiselna samo pri segmentnih zapornicah brez zaklopk.

■ **vzporedni ročici**



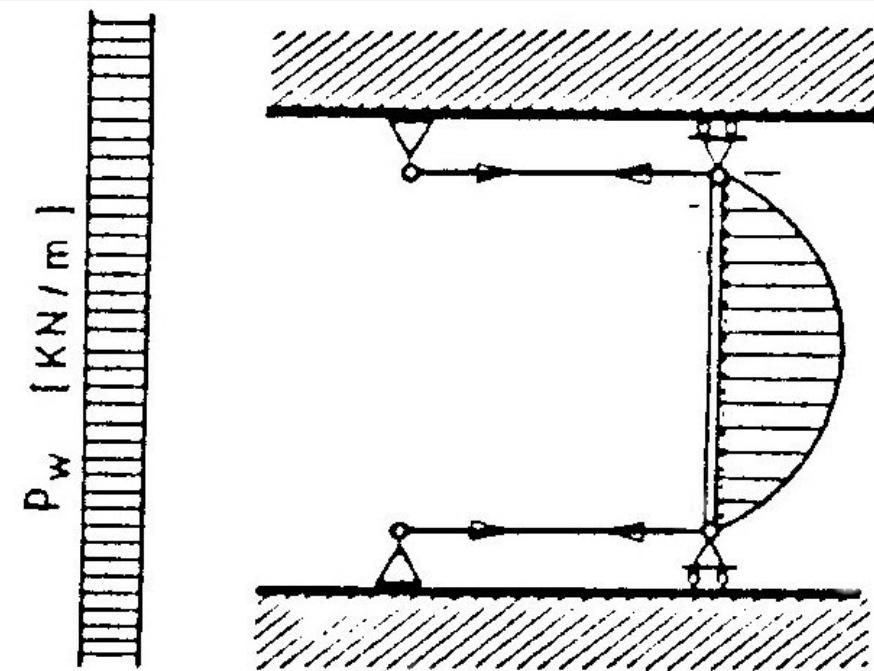
■ **diagonalni ročici**



Površinske zapornice – oblikovanje segmentnih zapornic - ročice

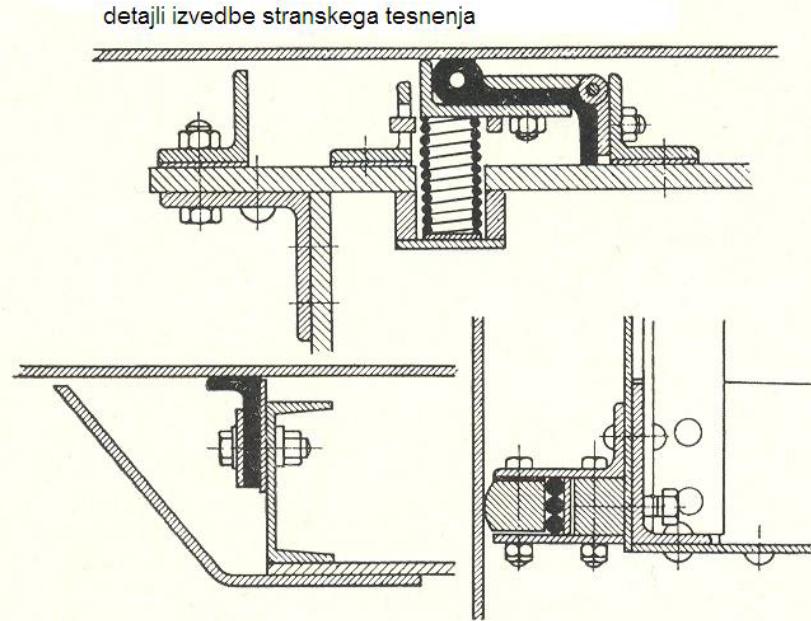
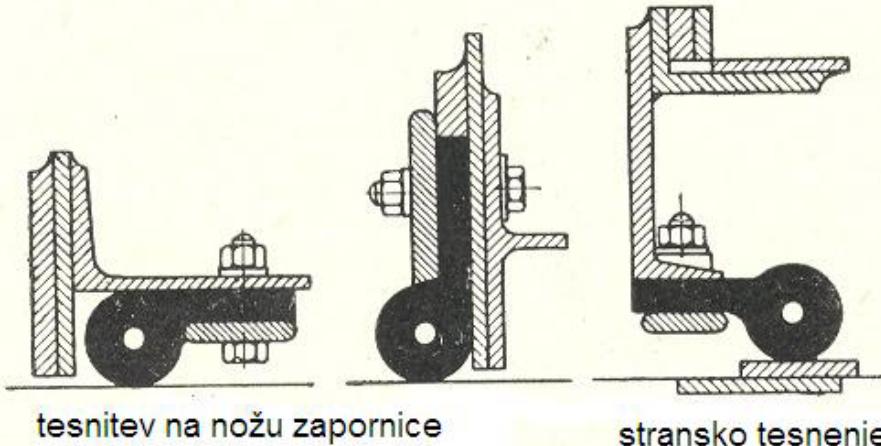
Vodna stran *natezno* obremenjene segmentne zapornice je ravna in prototorzijsko ojačena na zračni strani. Ročici in ležaja zapornice so gorvodno od poševne table pod vodno gladino in le neznatno motijo vodni tok.

Statično obravnavamo segmentno tablasto konstrukcijo kot *prostoležeči nosilec*, podprt na elastičnih palicah, ročicah, ki so *natezno* obremenjene.



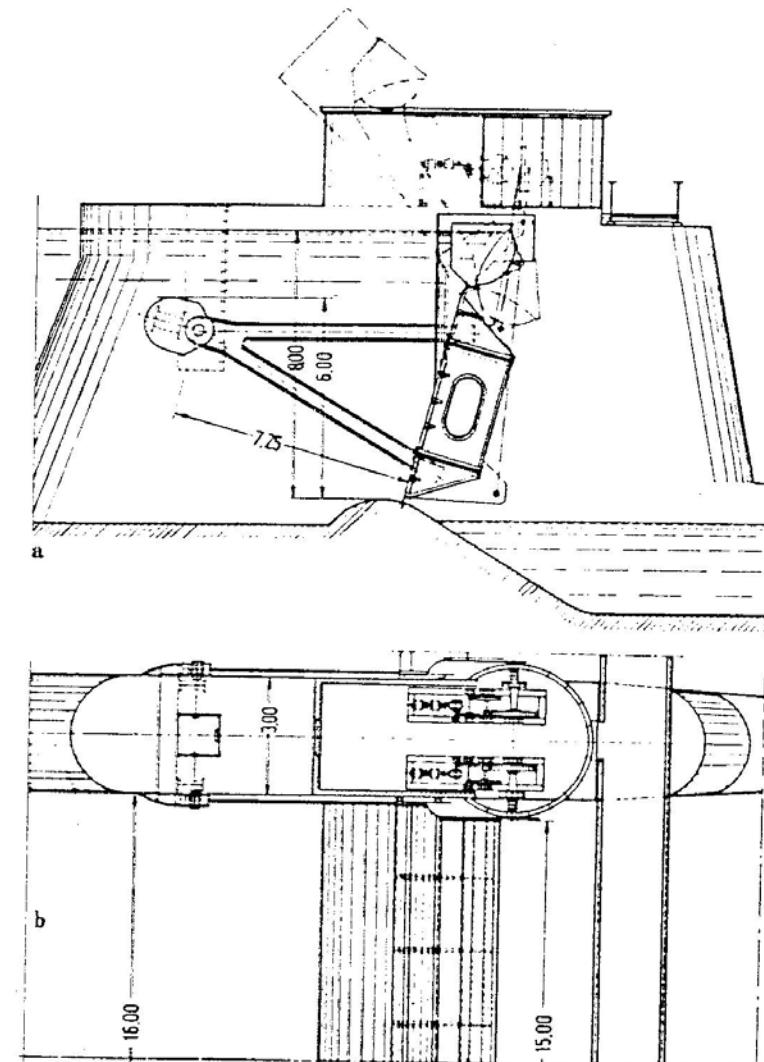
Površinske zapornice – oblikovanje segmentnih zapornic - tesnjenje

Prednost segmentnih zapornic pred tablastimi so enostavno in zanesljivo *stransko* in *talno tesnenje* ter tesnenje med zaklopko in segmentom s hidrodinamično oblikovanimi gumijastimi ali plastičnimi tesnili. Stiki so z notranje strani tudi ogrevani.



Površinske zapornice – segmentne zapornice - zaklopka

Zaklopka služi za uravnavanje gladine zgornje vode in odplakovanje ledu in ostalih plavajočih predmetov. Zaklopka ima lasten pogon, v večini primerov servomotorni, opri na segmentno zapornico, ali pa ima skupni pogon na verigo s segmentno zapornico. Pri skupnem pogonu na verigo jo je potrebno popolnoma spustiti pred dviganjem segmentne zapornice. Zaklopko podobno hidrodinamično oblikujemo kot prelivni kljun pri tablastih zapornicah.

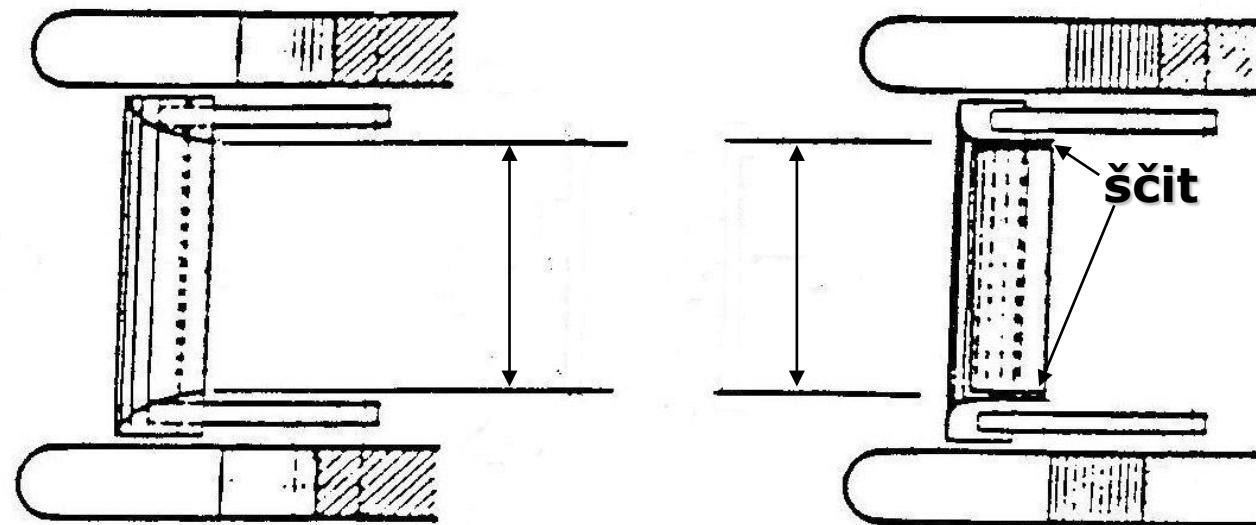


Površinske zapornice – segmentne zapornice - zaklopka

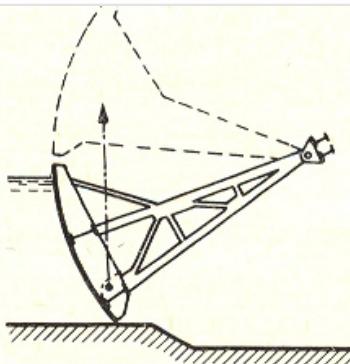
Pri *tlačnih segmentnih* zapornicah je treba ročice zavarovati pred prepadnim vodnim tokom in predmeti s *stranskima ščitoma*. Ker ščita zožujejo prelivno širino zaklopke je potrebna

*večja prelivna
višina*

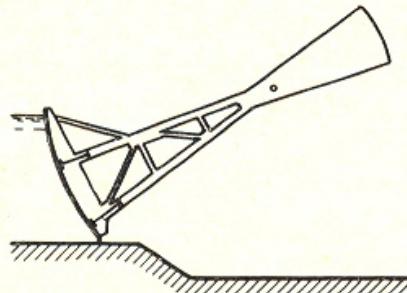
zaklopke za
odvajanje
predpisanega
pretoka.



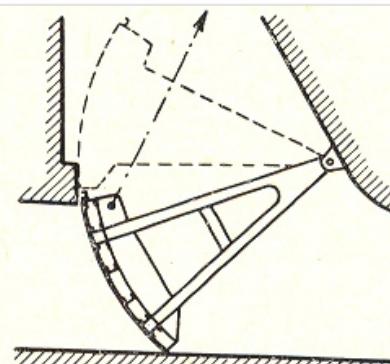
Površinske zapornice – tipi segmentnih zapornic



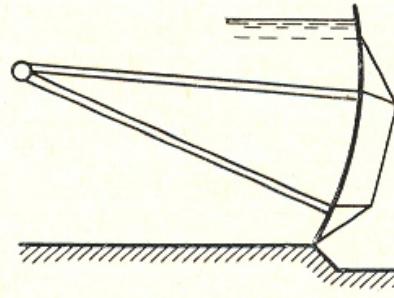
■ tlačna
segmentna
zapornica



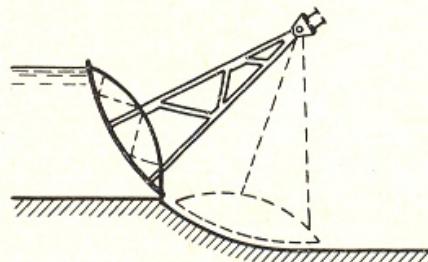
■ segmentna
zapornica s
protiutežjo



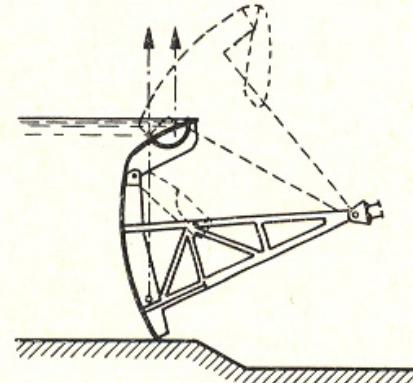
■ segmentna
zapornica na
talnem izpustu



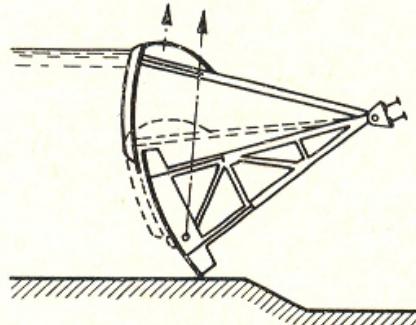
■ natezna
segmentna
zapornica



■ ugrezna
segmentna
zapornica

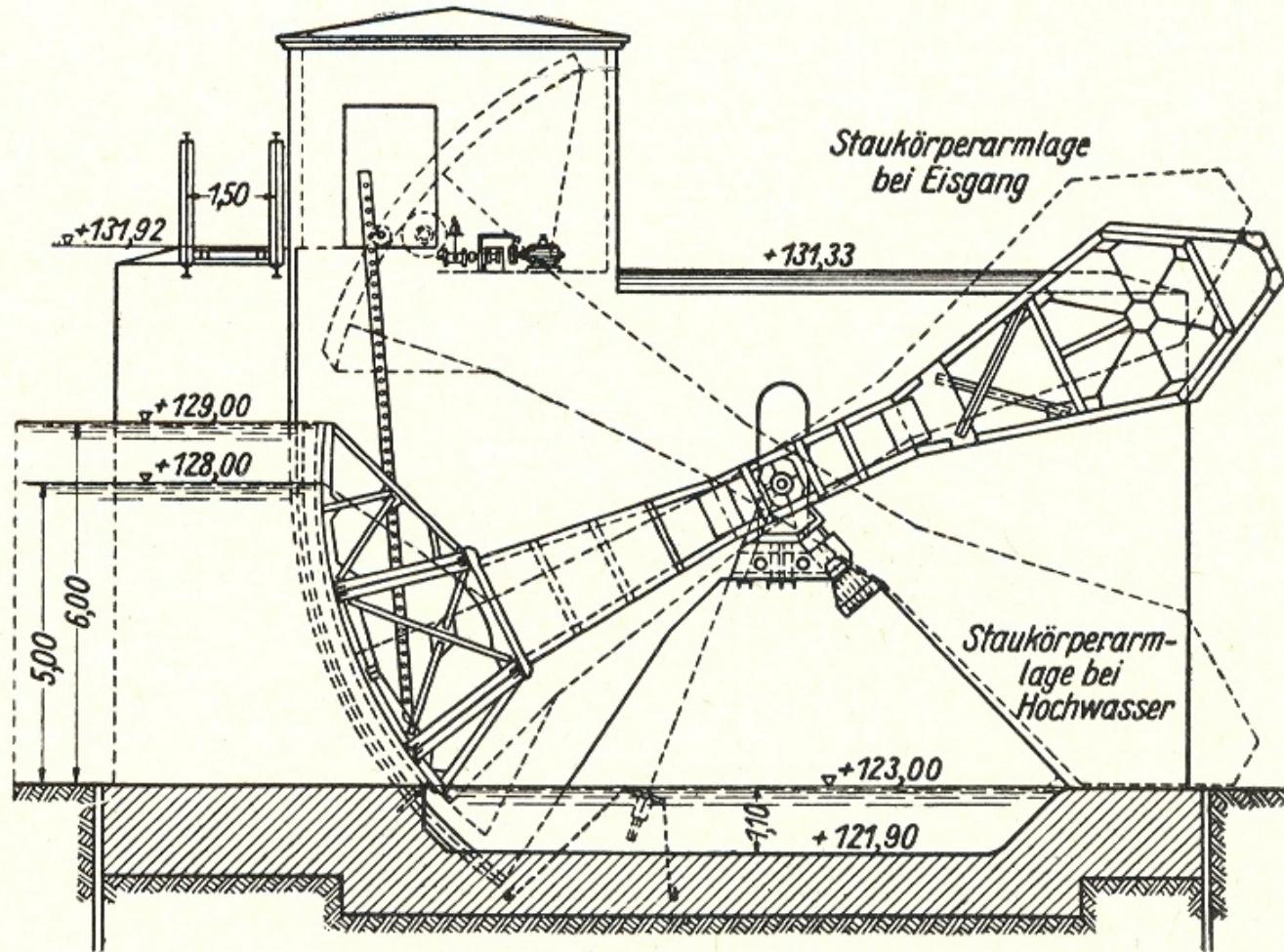


■ segmentna
zapornica z
zaklopko

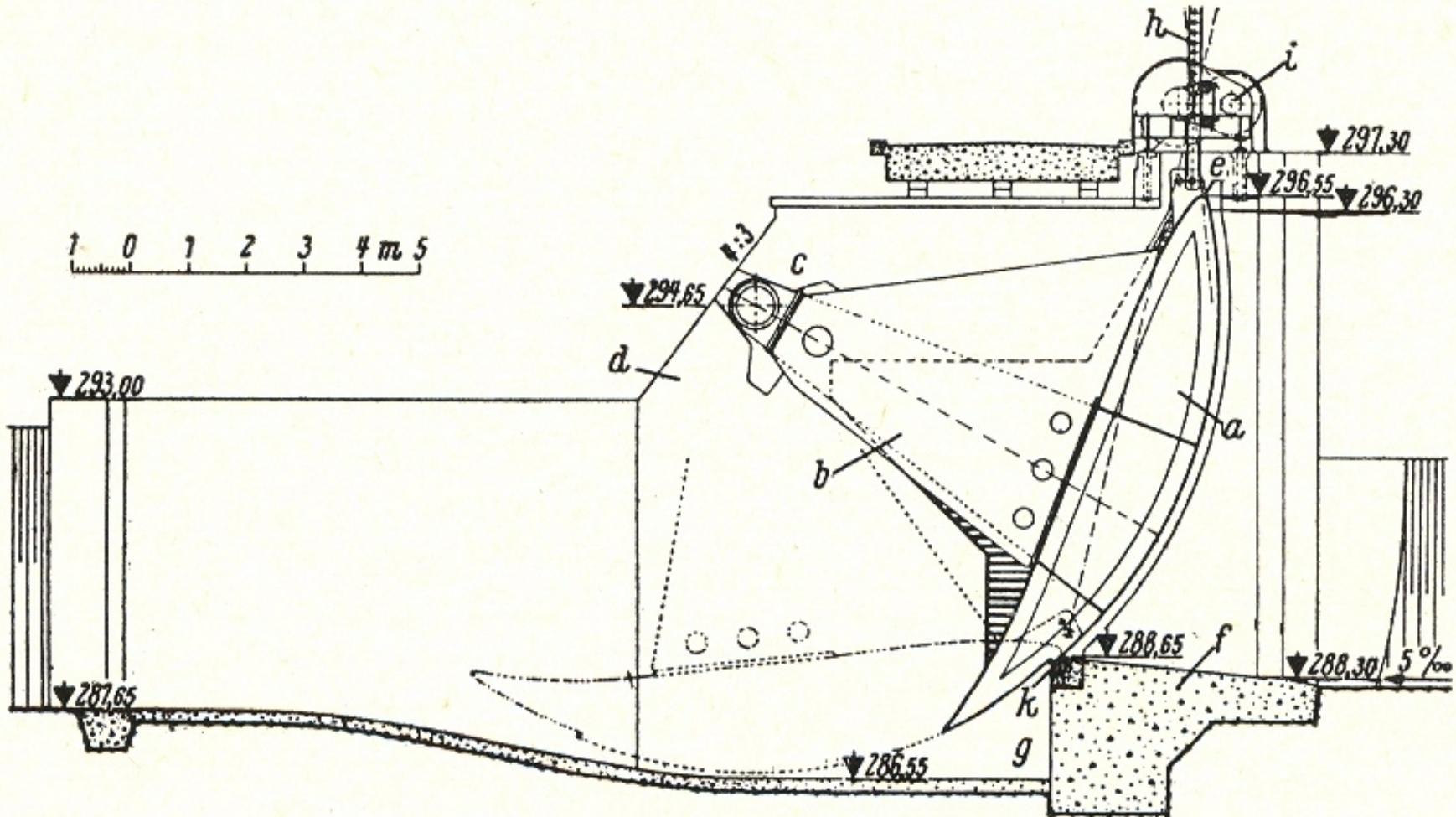


■ dvodelna
segmentna
zapornica

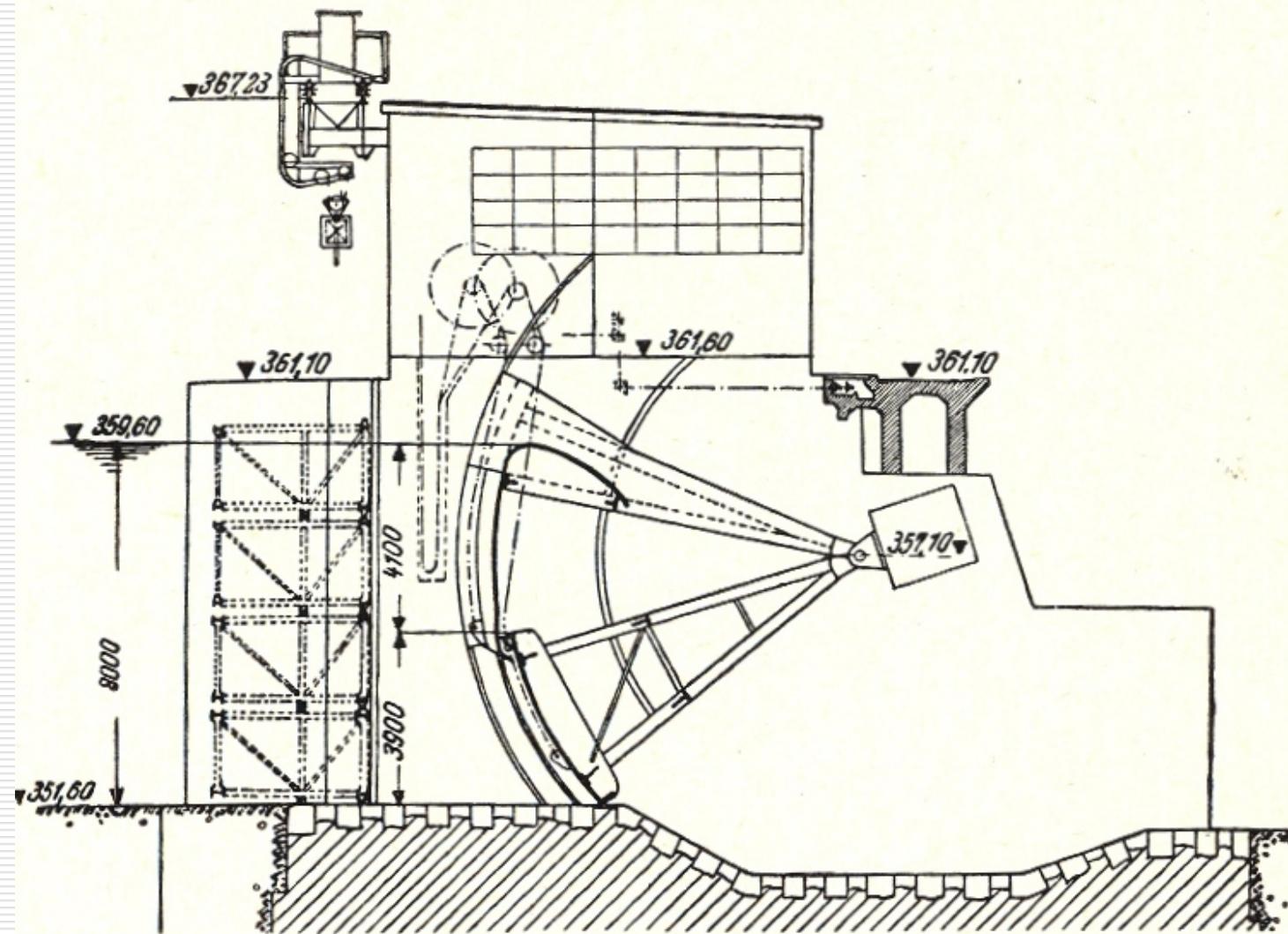
Površinske zapornice – segmentna zapornica s protiutežjo



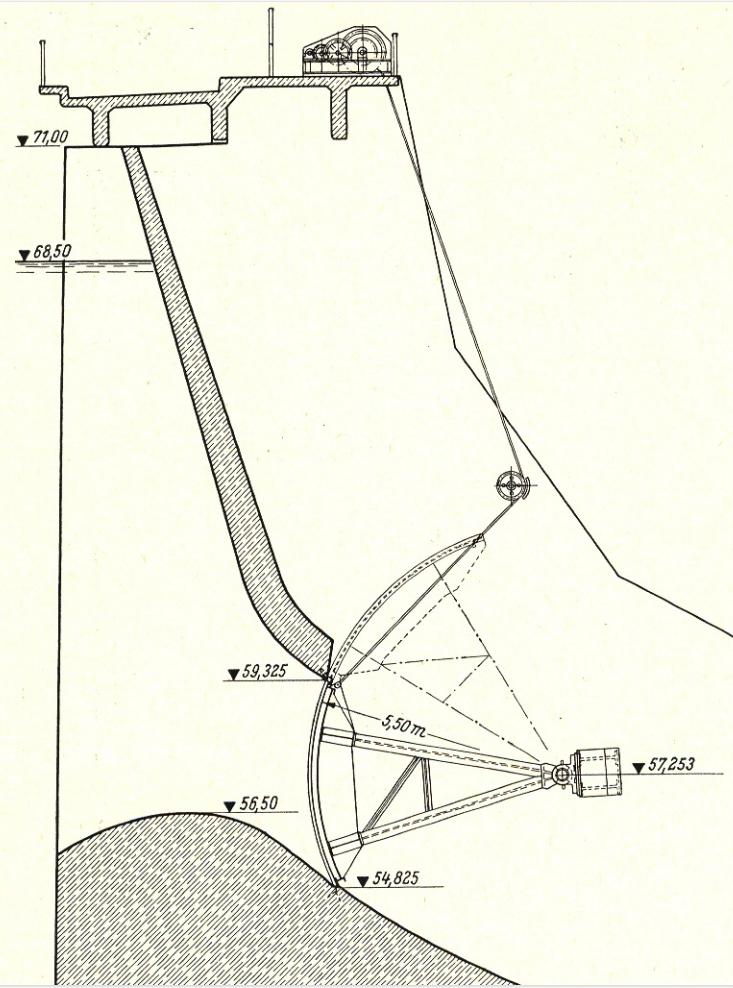
Površinske zapornice – ugrezna segmentna zapornica



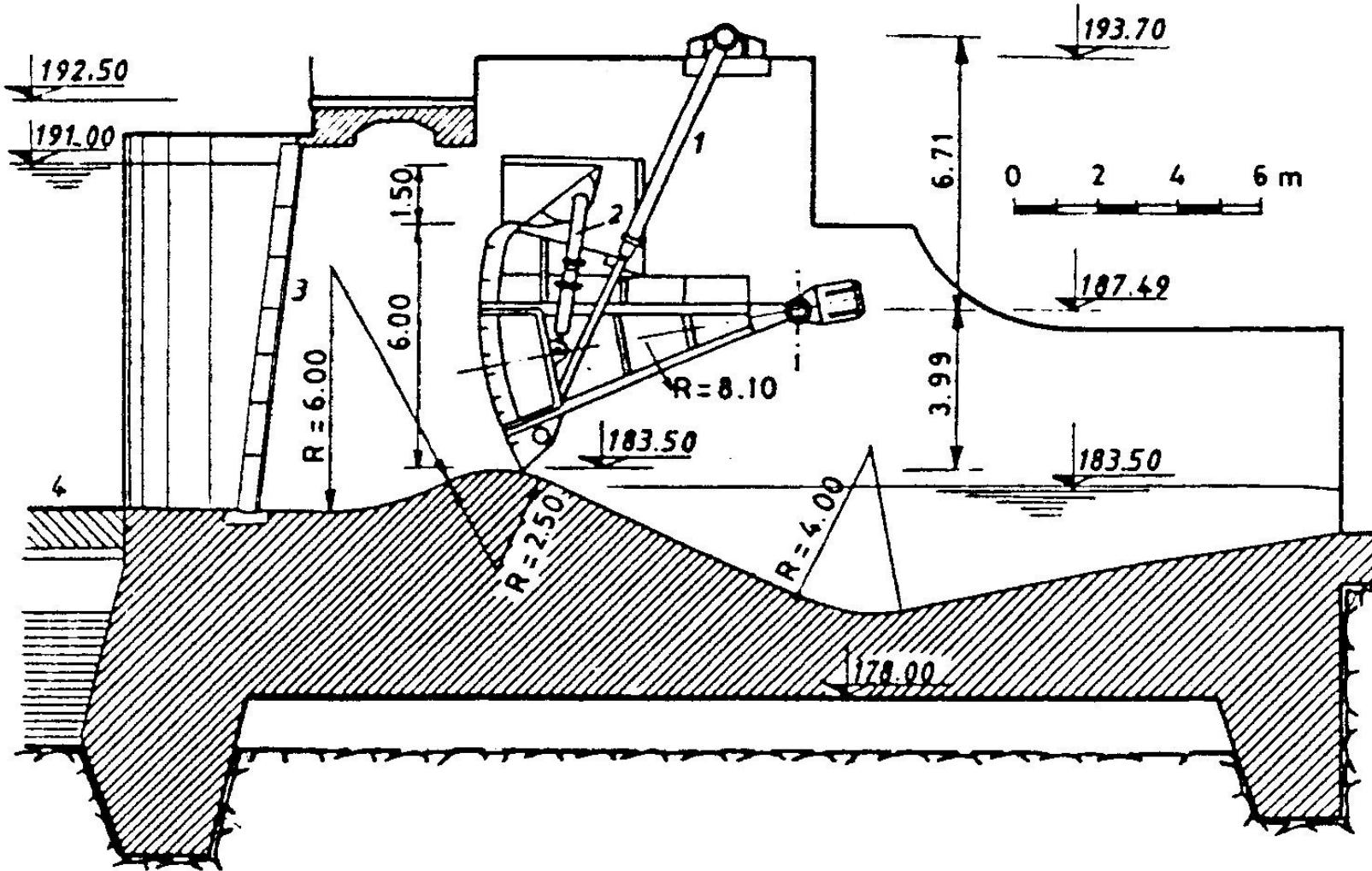
Površinske zapornice – dvodelna segmentna zapornica



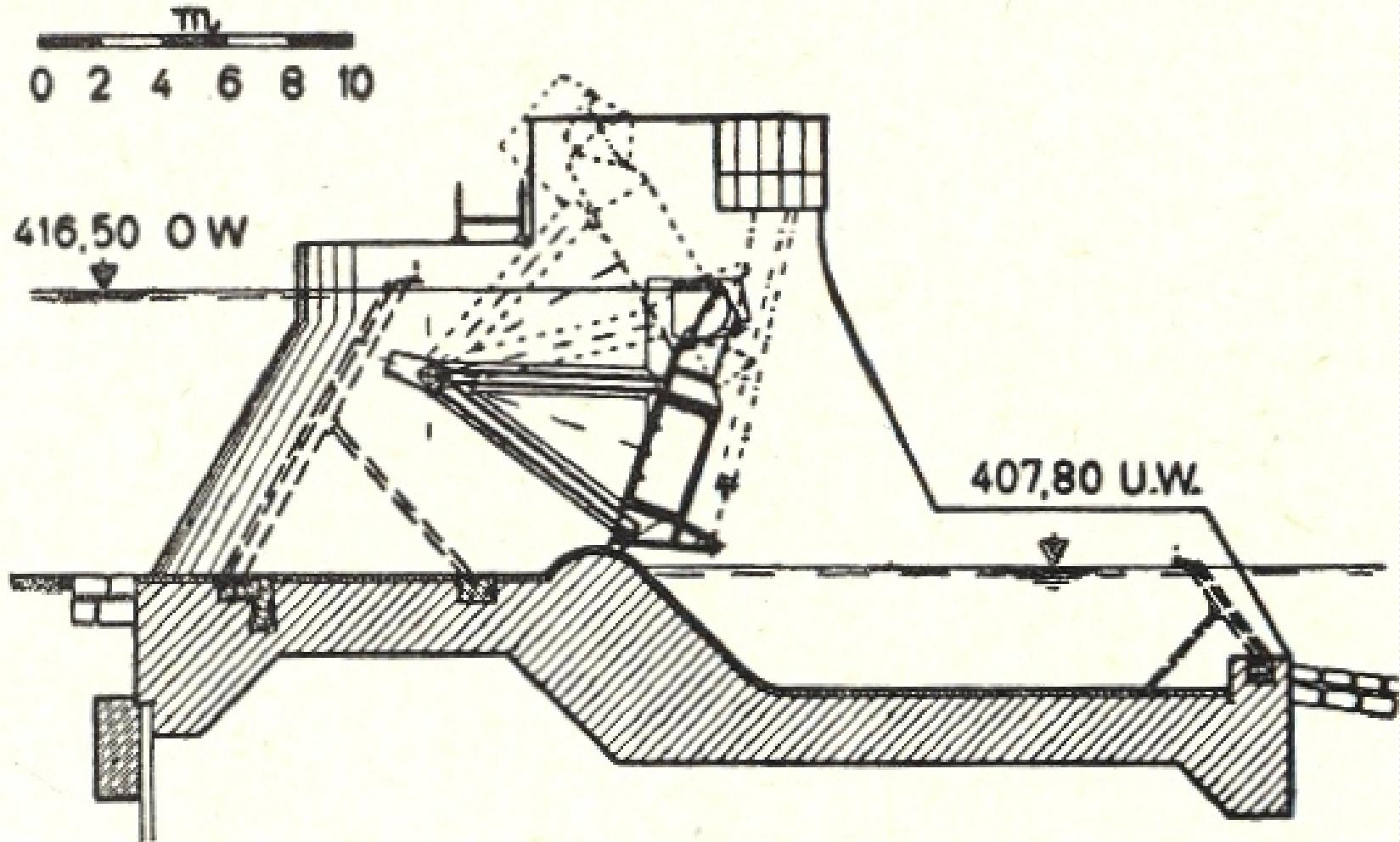
Površinske zapornice – segmentna zapornica na izpustu



Površinske zapornice – segmentna zapornica z zaklopko



Površinske zapornice – natezna segmentna zapornica z zaklopkami



Površinske zapornice – primerjava tegnjenih in tlačnih zapornic

Glede na obremenitev ročic segmentne konstrukcije ločimo:

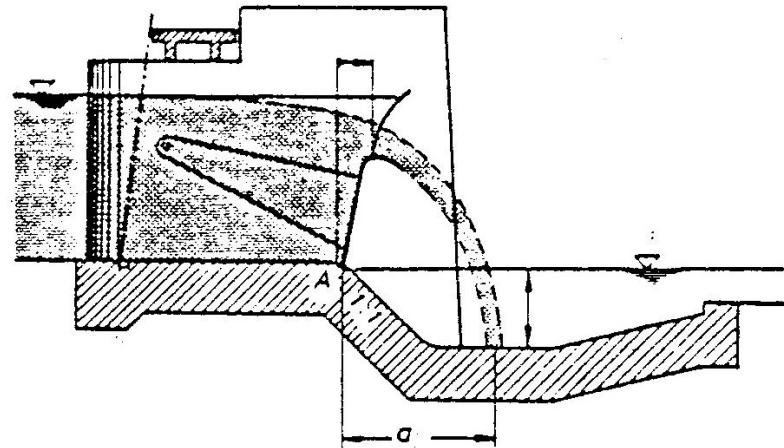
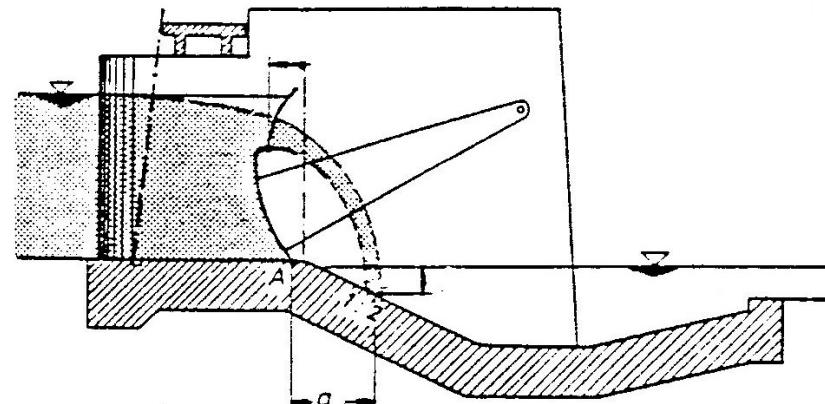
- **tlačno obremenjene** segmentne zapornice TOSZ
- **natezno obremenjene** segmentne zapornice NOSZ

Primerjalne **prednosti** NOSZ pred TOSZ:

- skupni pogon segmentne zapornice in zaklopke na verigo na zračni strani je na NOSZ ugodno rešen
- krajši stebri pri NOSZ med prelivnimi polji
- ščita na zaklopki zadoščata za zavarovanje pogonskega mehanizma pred prepadajočim vodnim tokom

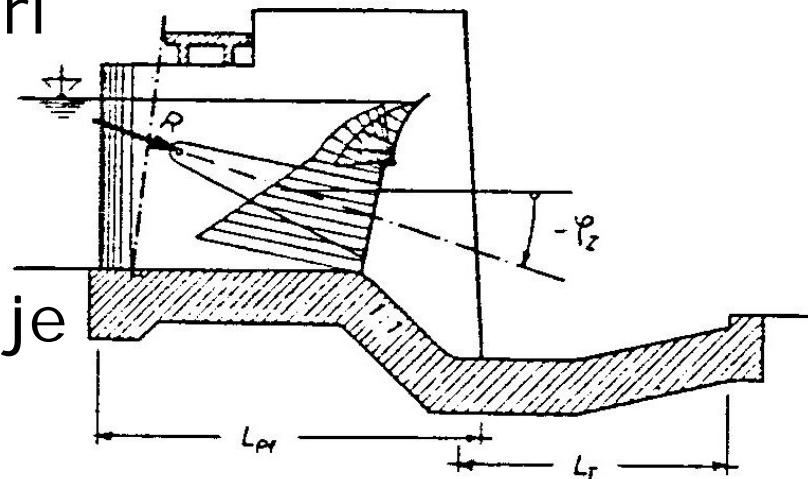
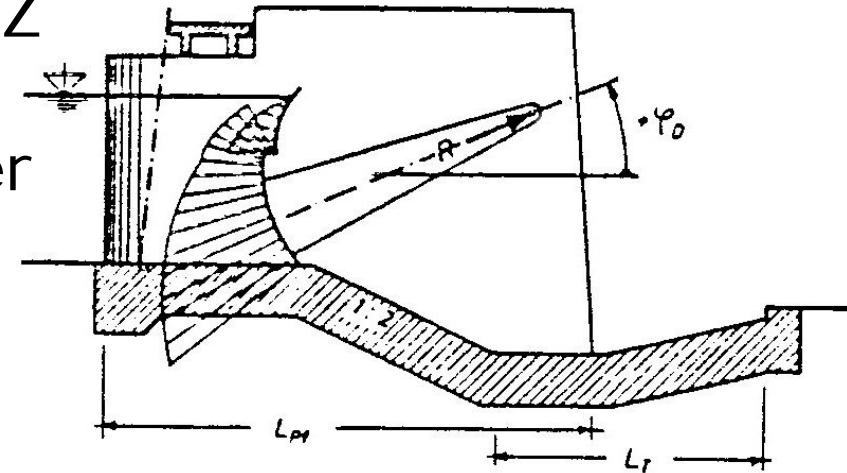
Površinske zapornice – primerjava tegnjenih in tlačnih zapornic

Pri NOSZ je neoviran pretok vode čez zaklopko (ni potrebe po zaščiti nosilne konstrukcije kot pri TOSZ), pri manjši višini prelivanja in manjši pogonski napravi zaklopke. Ugodno prepadanje vode čez zaklopko v podslapje.



Površinske zapornice – primerjava tegnjenih in tlačnih zapornic

Glede na krožno oblikovano TOSZ so sile zaradi hidrodinamičnih tlakov na ravno NOSZ manjše ter ugodno usmerjene navzdol, pri sicer enaki višini zajezitve. Tudi zapornična ploskev natezne zapornice je manjša. Kot rezultantne sile φ znaša: **+20°** pri TOSZ in **-15°** pri NOSZ. zaradi tega je večja varnost jezovne zgradbe proti zdrsu, oz. pri enakem varnostnem koeficientu je potrebna manjša teža betonske konstrukcije.



Površinske zapornice – primerjava tegnjenih in tlačnih zapornic

- ročice in ležaji NOSZ so pod vodno gladino, zavarovani pred plavajočimi predmeti in nizkimi temperaturami (pozitivne izkušnje na verigi HE na Isari) - pri TOSZ so izpostavljeni škropljenju pri prelivanju vode čez zaklopko
- pri NOSZ se nosilci ležajev opirajo na steber in ga tlačno obremenjujejo – pri TOSZ je treba vpetišče sidrati v steber
- gorvodno podaljšani stebri pri NOSZ ugodno učinkujejo na zmanjšanje turbulence in vrtinčenje vodnega toka ter omogočajo enakomernejši dotok vode k zapornici in v podslapje
- zaradi potopljene nosilne konstrukcije NOSZ se vizualno bolje vključujejo v okolje kot TOSZ, kjer je viden vse pogonski mehanizem

Površinske zapornice – primerjava tegnjenih in tlačnih zapornic

Primerjalne **slabosti** NOSZ pred TOSZ:

- rege med ročicami zapornice in stebri s pločevino je treba dodatno zavarovati pred zatikanjem manjših plavajočih predmetov
- servomotorni pogon na ročicah zapornice je potrebno zavarovati pred neposrednim vodnim tokom, npr. z utori v stebrih
- pri servomotorinem pogonu na zračni strani zapornice je potrebno nadvišati stebre in omogočiti zadosten dvig zapornice pri visokih vodah, če naj ležaji valjev servomotorja ne presegajo krone stebrov

Površinske zapornice – segmentne zapornice - uporabnost

■ **Tlačne segmentne zapornice:**

- $6 \text{ m} \leq \text{višina zaježitve} \leq 18 \text{ m}$
- širina prelivnega polja $\leq 25 \text{ m}$ ($45\text{m} - \text{max}$)
- $1,3 \text{ m} \leq \text{višina zaklopke} \leq 3,5 \text{ m.}$

■ **Natezne segmentne zapornice:**

- višina zaježitve $\leq 9 \text{ m}$
- širina prelivnega polja $\leq 24 \text{ m}$
- $1,3 \text{ m} \leq \text{višina zaklopke} \leq 3,5 \text{ m}$

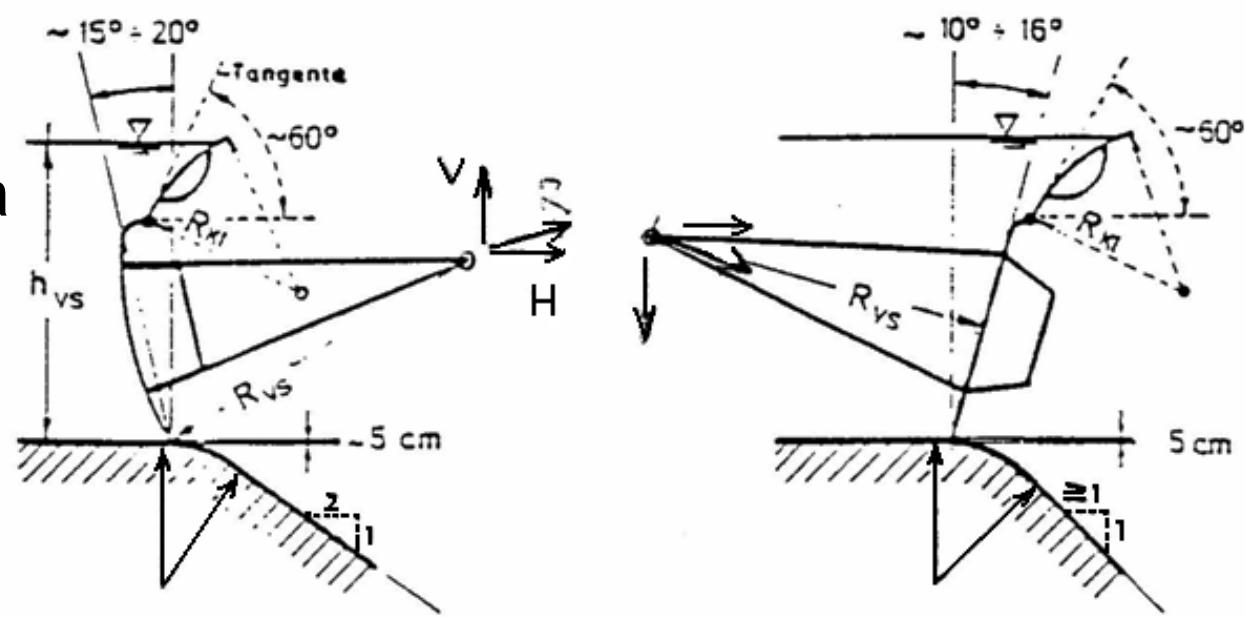
■ Pri **oceni teže** segmentne zapornice v predprojektih
upoštevamo $3 \div 5 \text{ KN/m}^2$ zaježitvene površine ali pa
uporabimo empirični obrazec:

$$G = (W \check{s}_{pr} / 15)^{0,70}$$

Površinske zapornice – segmentne zapornice - oblikovanje

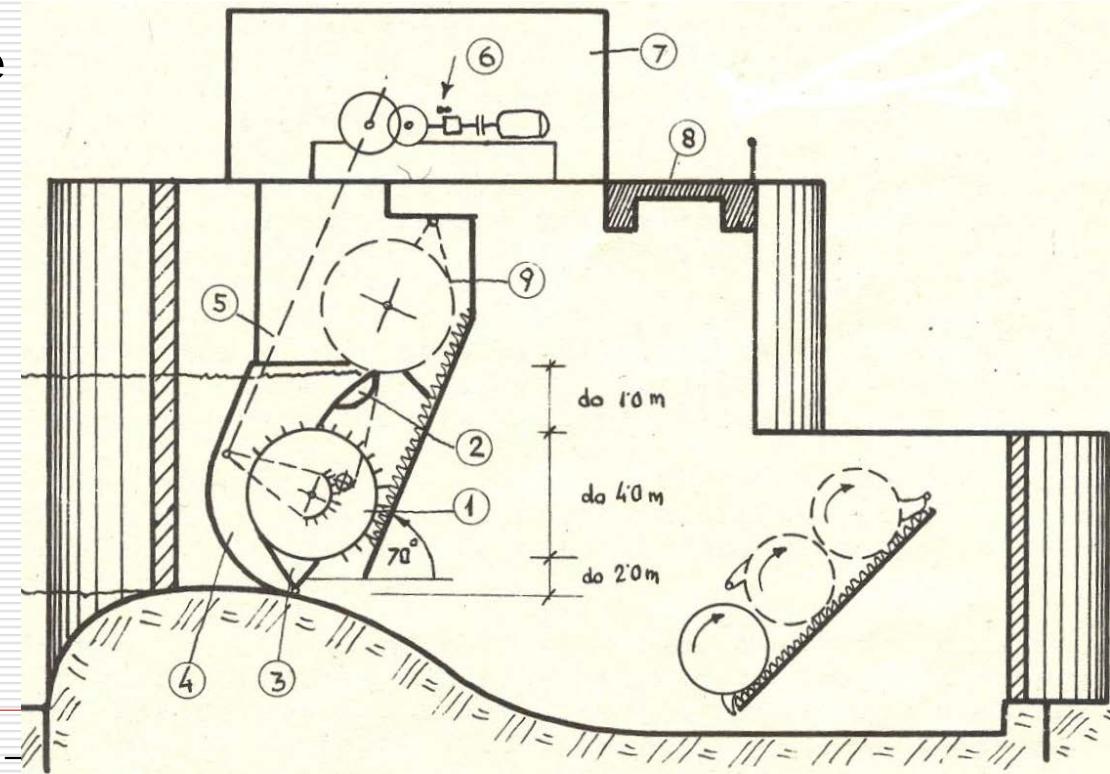
Polmer vodne strani TOSZ, oziroma razdalja vodne strani NOSZ od ležajev, je $R_{vs} \sim (1,0 \div 1,3) h_{vs}$. *Polmer zaklopke* je $R_z \sim 2 h_z$. Dolvodni *naklon praga* ali jezu je pri TOSZ **1:2** (ali manj), pri NOSZ **1:1**. Prehod med temenom in dolvodno stranjo praga je zaokrožen.

Spodnji rob zapornice naj bo dolvodno od temena vsaj **5cm** ali več zaradi ustreznnejše usmeritve vodnega toka izpod zapornice.



Površinske zapornice – valjčne zapornice

Valjčno zaporno sestavlja *glavni cilindrični nosilec*, ki ima veliko torzijsko odpornost in poševno oblikovan *utor*, v katerem je montiran *zobati tir*, ki prijemlje *zobati venec* na vsaki strani rotirajočega cilindra. S tem je zagotovljena enakomernost gibanja valja pri dvigu oz. spuščanju zapornice. Valjčna zapornica je ob straneh vzmetno tesnjena. Zaradi protitorzijske odporne nosilne konstrukcije zadošča *enostranski pogon*, praviloma z verigo. Ta tip zapornice je izjemno robusten in se uporablja v ekstremnih obratovalnih razmerah, kjer je predvideno odplakovanje plavja, plavin in ledu čez pregradni profil.



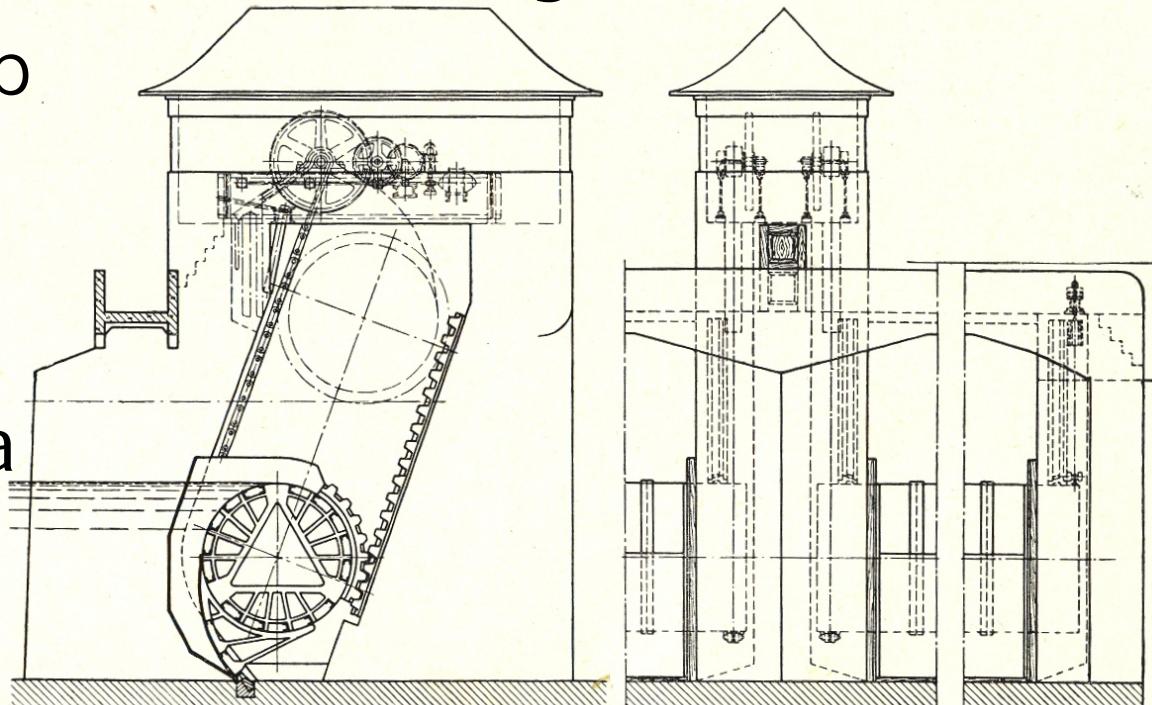
Površinske zapornice – valjčne zapornice - oblikovanje

Pri valjčnih jezovih dosežemo lahko *zajezne višine* med *2,5* in *8m*. Pri maksimalni zajezni višini znaša *dopustni razpon 20m*, pri *4m* višine pa se razpon poveča na *45m*. Naklon poševnega utora α znaša med 65° in 70° .

V stebrih so oblikovane *niše zobatega tira* in segajo približno *1* do *1,3m* globoko v steber. Tesnenje kontakta s stebrom je narejeno z *drsnim tesnilom* in *peresom*, podobno kot pri segmentni zapornici.

Površinske zapornice – valjčne zapornice - oblikovanje

Dvižni mehanizem sestoji iz *dvižne jeklene verige*, ki se na vlečni strani z dvigom cilindra odvija, na podporni strani pa je nameščena *protodvižna veriga*, ki se sočasno z dvigom cilindra navija na boben. Ob izpadu pogona je tem zagotovljeno zadrževanje cilindra v dvižni poziciji.



Površinske zapornice – valjčne zapornice - oblikovanje

V kolikor podlivni del ni ustrezeno hidravlično oblikovan (prim. cilindrični tip brez spodnjega ščita) je pri dvigu zapornice problematičen pojav *vzgona* in *pulzacije tlakov* na spodnjo površino zapornice. Za zagotovitev stabilnosti pri dvigu zapornice so zato v spodnjem delu cilindra oblikovane odprtine, ki se napolnijo z vodo in s tem nevtralizirajo vzgonske tlake oz uredi spodnji ščit z nožem.

Površinske zapornice – valjčne zapornice - oblikovanje

Silo dviganja zapornice **S** določimo na podlagi ravnovesja momentov učinkujočih sil na točko C :

$S_p = k_1 S + k_2 (S_t + S_k + S_{k'}) \dots$ Sile S_t , S_k , $S_{k'}$ določimo glede na usmerjenost sile P , oziroma normalne in tangencialne komponente sile P

$$S = P e/2 r ; \quad \bar{P} = \bar{W} + \bar{G} \quad \bar{W} = \bar{W}_1 + \bar{W}_2$$

W ... vektor resultantne sile zaradi vodnega tlaka

P ... vektor resultantne sile zaradi vodnega tlaka in teže zapornice

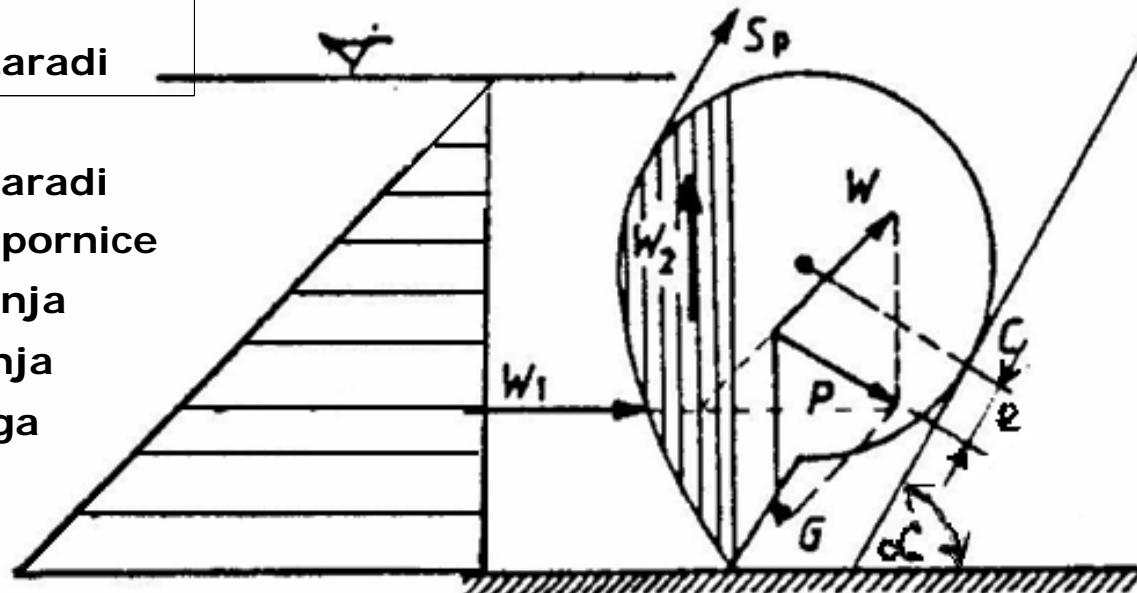
S_t ... sila zaradi tesnilnega trenja

S_k ... sila zaradi kotalnega trenja

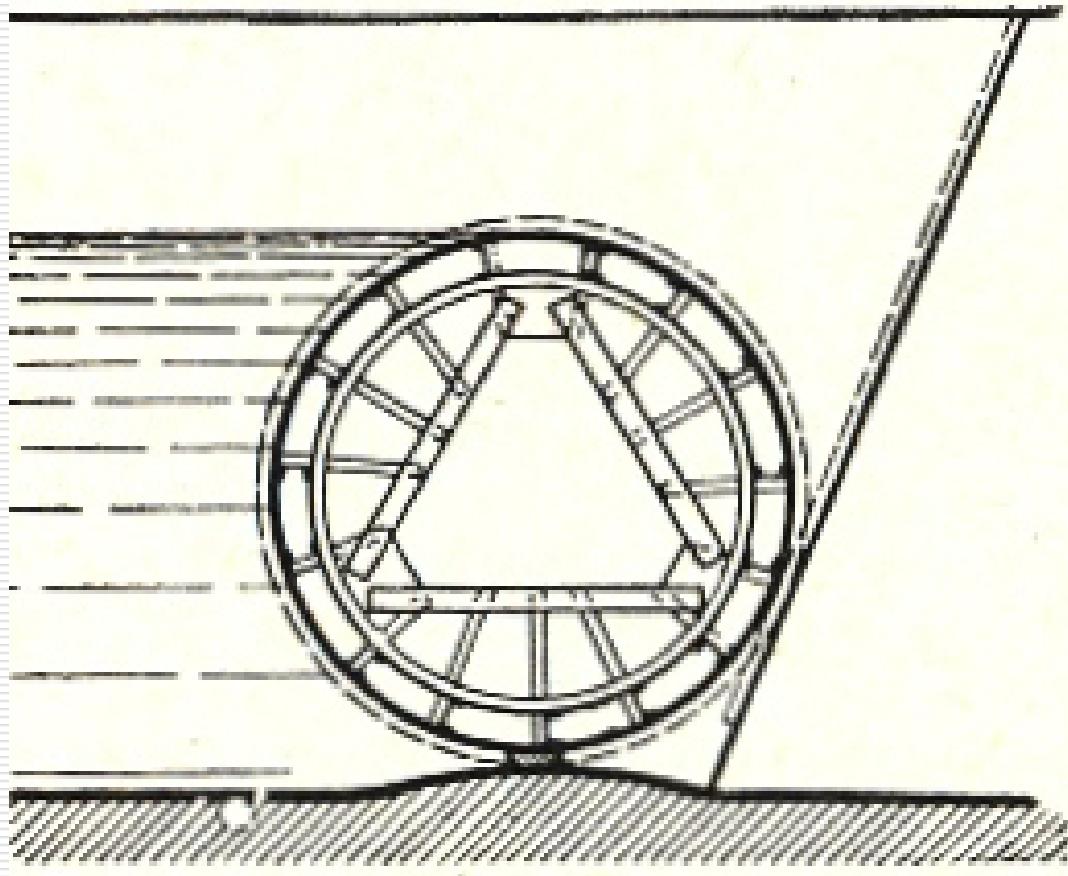
$S_{k'}$... sila trenja zaradi zobatega prenosa

k_1, k_2 ... varnostna koeficienta

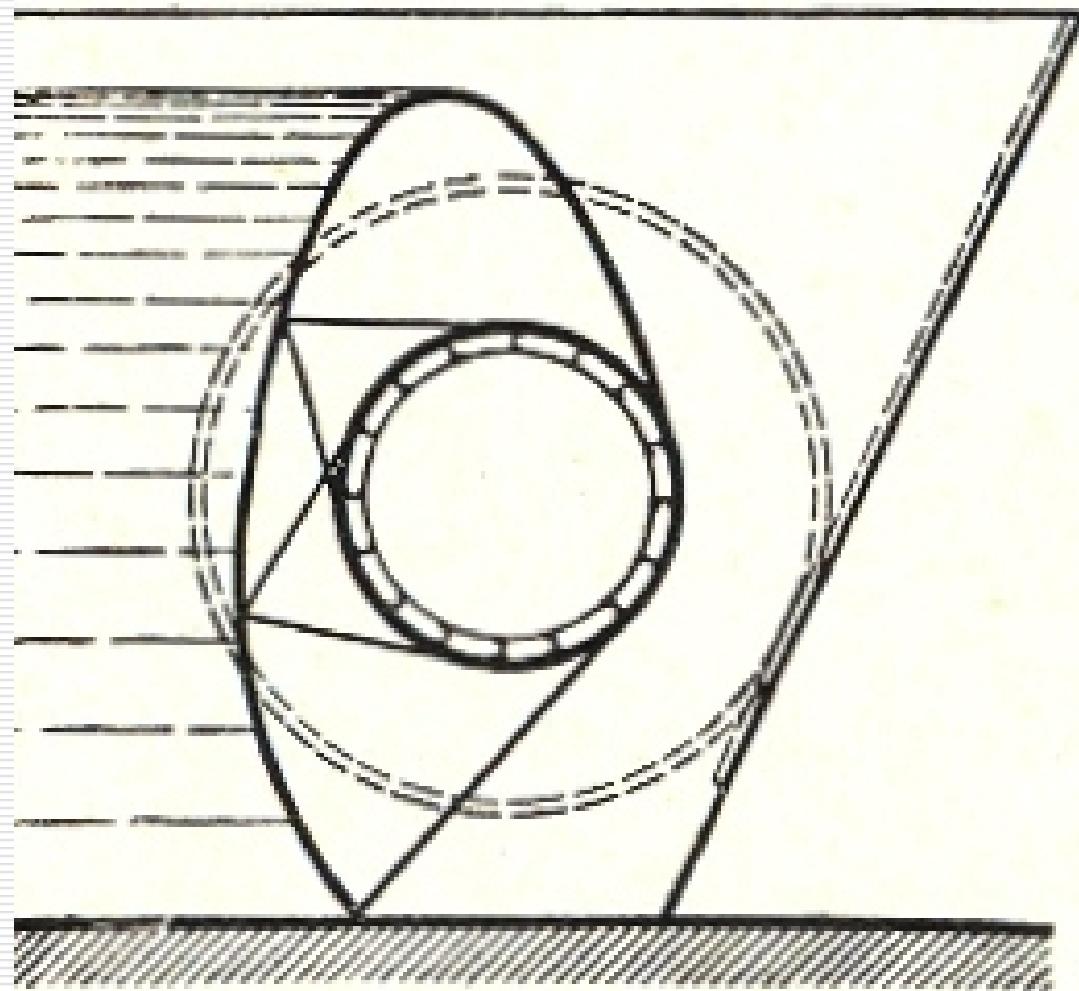
r ... polmer valjčne zapornice



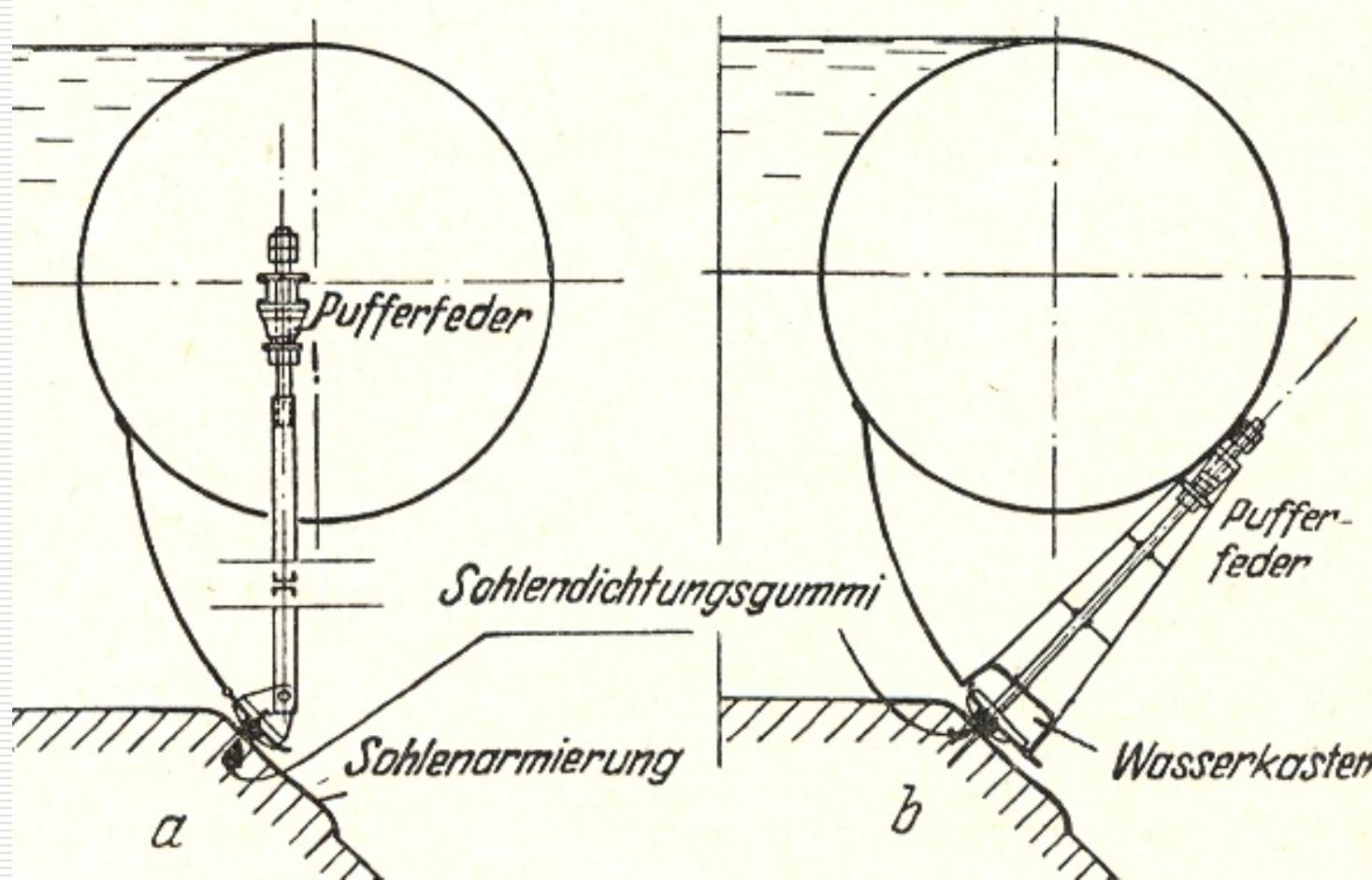
Površinske zapornice – valjčne zapornice – cilindrični jez



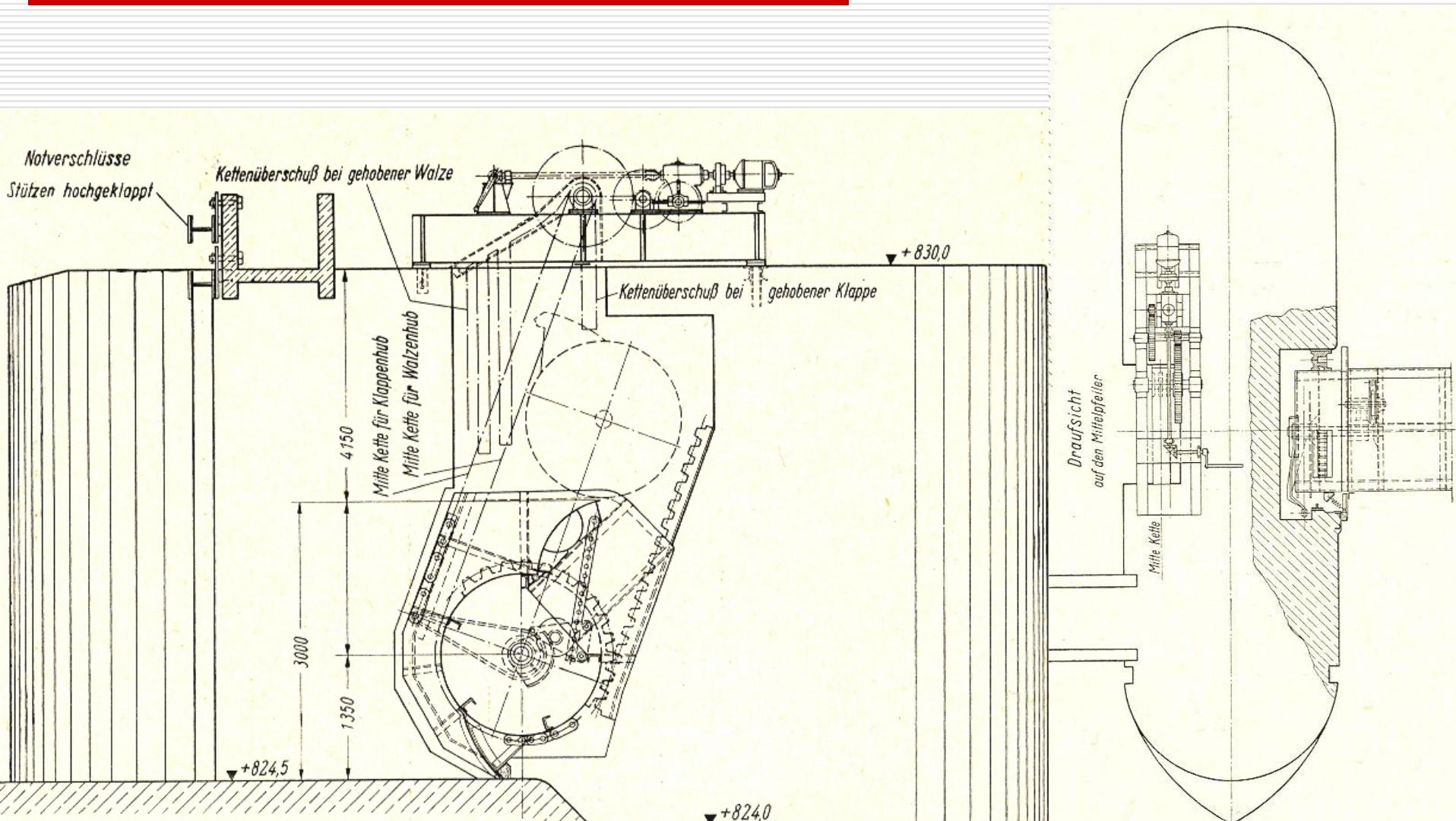
Površinske zapornice – valjčna zapornica z zaporno ploskvijo



Površinske zapornice – valjčna zapornica – ugrezljiv jez



Površinske zapornice – valjčna zapornica z zaklopko



Površinske zapornice – valjčne zapornice – prednosti, slabosti

Prednosti valjčnih zapornic:

- enostranski pogon
- enostavna in robustna konstrukcija
- enostaven prenos sil
- valjčne zapornice omogočajo veliko zaježitveno območje: višine do 8m in širine do 50m

Pomanjkljivosti valjčnih zapornic:

- valjčne zapornice so težje in dražje od primerljivih tablastih ali segmentnih zapornic
- montaža je zahtevna
- zaradi utorov so potrebni široki stebri, ki so le točkovno obremenjeni dodatne obremenitve zapornic zaradi temperturnih napetosti
- pomanjkljivo tesnjenje na pragu

Površinske zapornice – zapornice s kontinuirnimi ležaji

Zapornice s kontinuirnimi ležaji omogočajo *reguliranje* nivoja gladine v akumulaciji in pretok preko jezu s *prosto-padnim prelivanjem*. Zapornična konstrukcija je enostransko vrtljivo vpeta v prag, prečno na smer toka. Pri prelivanju se zapornična konstrukcija pogrezne in omogoča *prosto prelivanje* preko jezovne zgradbe. Med tovrstne zapornične konstrukcije uvrščamo:

- **zaklopke**
 - **sektorske zapornice**
 - **strehaste jezove**
-

Površinske zapornice – zaklopke

Zaklopke se uporabljajo:

- kot **regulacijske zapornice** na *pomičnih jezovih*
- kot **samostojne zapornice** na *fiksnih jezovih* in *pragovih*

za natančno uravnavanje gladine zgornje vode in odplakovanje plavajočih predmetov, ledu, lesa, ...

Površinske zapornice – zaklopke

Kot *samostojne zapornice* se zaklopke uporabljajo lahko samo v primerih, če spodnja voda ne ovira njihovega normalnega obratovanja (**pregrade**), tudi pri najvišjih pretokih.

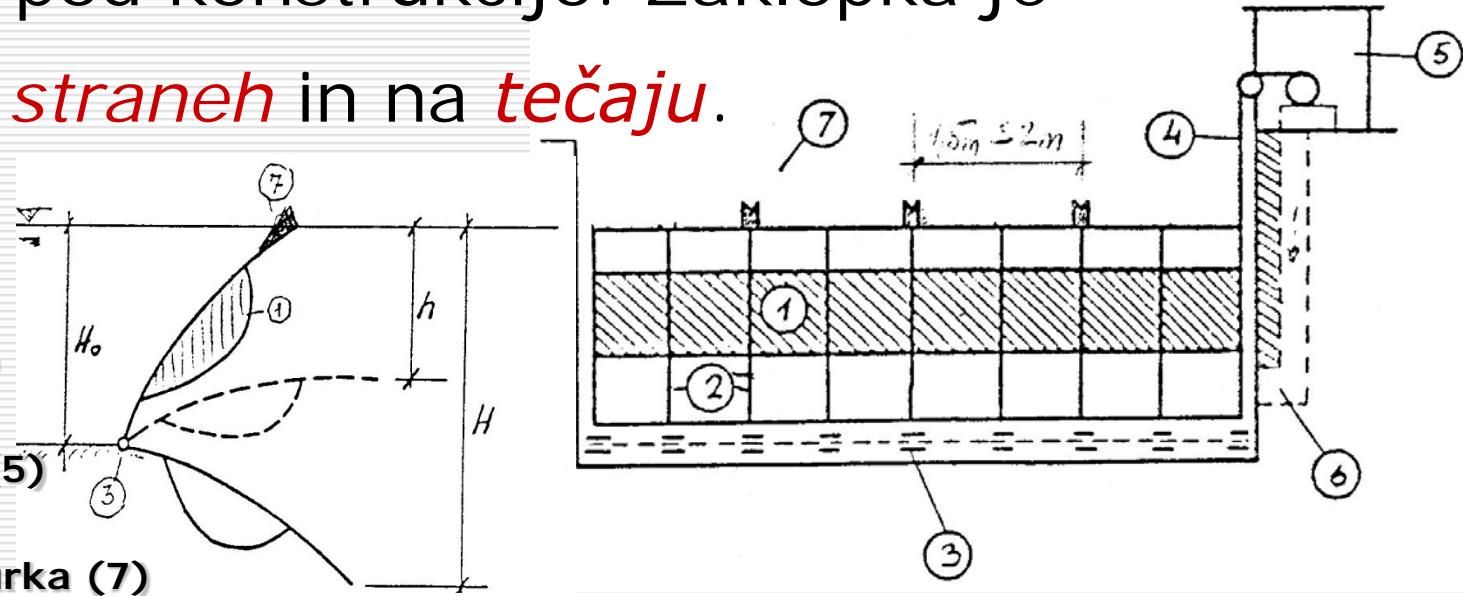
Če prelivanje ni popolno (**pragovi**), predstavljajo problem pojav podtlakov na konstrukcijo in valovit odtok dolvodno.

Omejitveni dejavnik uporabe zaklopk kot samostojne zapornice predstavlja tudi transport plavin čez jezovno zgradbo.

Površinske zapornice – zaklopke

Konstrukcija **zaklopke** je jeklena, statično določena in prototorzijsko oblikovana. Zvezni ali točkovni **tečaj zaklopke** je sidran na *kroni jezu*, *praga* ali *zapornice* in prenaša delne obremenitve zaklopke na pod konstrukcijo. Zaklopka je tesnjena ob *straneh* in na **tečaju**.

- glavni nosilec (1)
- prečni nosilci (2)
- tečajno ležišče (3)
- pogon (4)
- pogonska kabina (5)
- ozračenje (6)
- rezalci vodnega curka (7)



Površinske zapornice: zaklopke - oblikovanje

Obliko in dimenzijske **zaklopke** ter dimenzijske **pogonskih organov** določimo glede na *hidrodinamične sile* pri odločilnem pretoku čez zaklopko. Obris popolnoma spuščene zaklopke pri odločilnem pretoku naj približno ustreza *brez vakuumskemu obrisu* (**Creager**, **WES**,...). Dopustni so manjši podtlaki na zgornjem koncu zaklopke.

Pri malih prelivnih višinah uporabljajo tudi *ravne zaklopke* - prednost takih izvedb je enostavna izdelava.

Površinske zapornice: zaklopke - oblikovanje

Na zaklopko delujejo pri prelivanju hidrodinamične sile. Rezultantno silo R_x na enoto širine zaklopke ter moment te sile M_x v odvisnosti od prelivne višine zaklopke h_x :

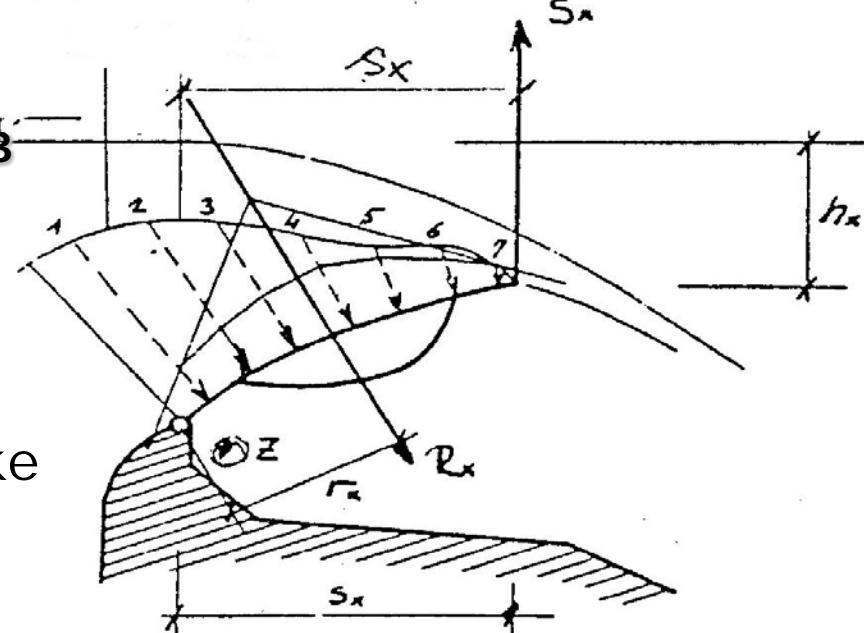
$$R_x = p \cdot A = p \cdot L \cdot 1 = \rho \cdot g \cdot k_1 \cdot h_x \cdot k_2 \cdot h_x \cdot 1 = \rho \cdot g \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot h_x^2 = \text{konst}_1 \cdot h_x^2$$

$$M_x = R_x \cdot r_x = \rho \cdot g \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot h_x^2 \cdot k_3 \cdot h_x = \\ = \rho \cdot g \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot h_x^3 = \text{konst}_2 \cdot h_x^3$$

L ... ločna dolžina zaklopke

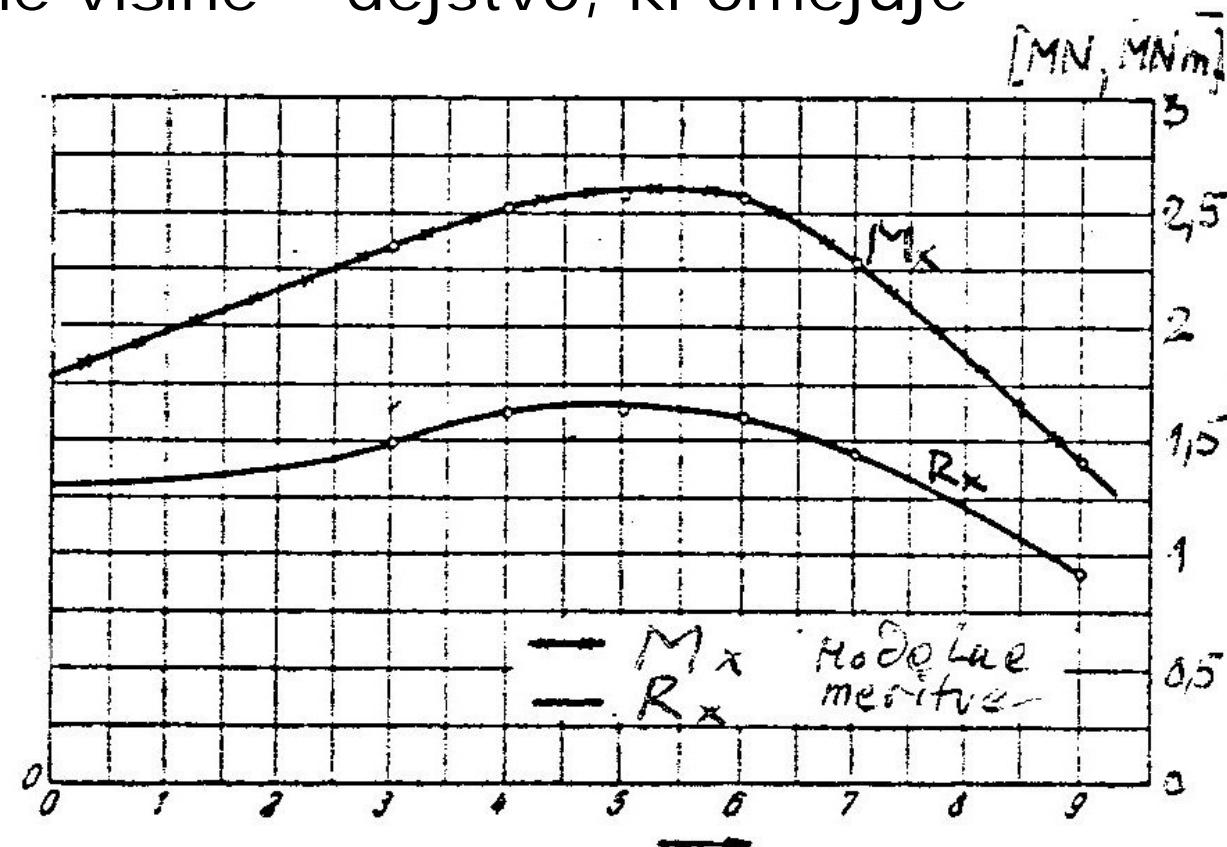
k_1, k_2, k_3 ... konstante, odvisne od
prelivnega obrisa zaklopke

ρ ... gostota vode



Površinske zapornice: zaklopke - oblikovanje

Sile dviganja ter momenti teh sil so sorazmerni drugi ter tretji potenci prelivne višine – dejstvo, ki omejuje uporabnost zaklopk glede na prelivno višino. R_x in M_x dosežeta najvišje vrednosti pri približno 50 % dvignjeni zaklopki.



Površinske zapornice: zaklopke - oblikovanje

Prepadajoča voda čez zaklopko izsesava zrak iz prostora pod zaklopko in če prostor pod zaklopko ni zračen, se oblikujejo v njem *podtlak*, kar povzroča periodično *nihanje curka* (vdiranje zraka) in posledično *vibracije* zapornice (interferenca z nihanjem curka).

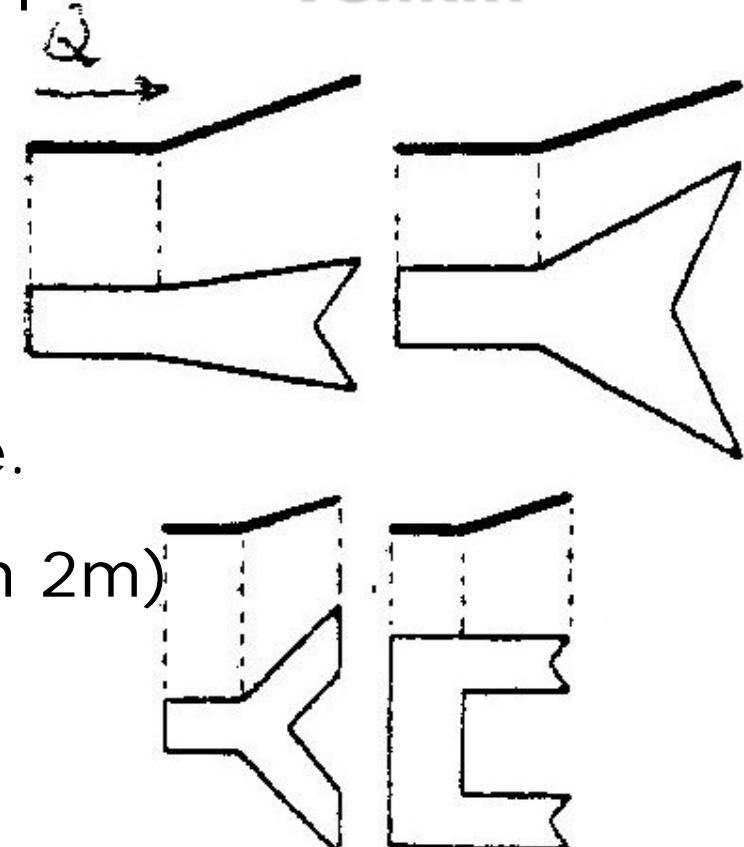
Tak način vzbujanja vibracij zaklopke preprečimo z:

- **rezalci vodnega curka** na prostem robu zaklopke
- zadostnim **zračenjem** pod zaklopko

Površinske zapornice: zaklopke – oblikovanje, rezalci

Pri **malih prelivnih višinah** čez zaklopko, oz. tankih curkih, *rezalci* z nastankom reg v vodnem curku omogočijo dotok zraka pod zaklopko. Pri **velikih prelivnih višinah** se rege sicer ne formirajo, preprečijo pa *osciliranje curka*. Tudi debelina curka dušilno vpliva na oscilacije.

Razdalje med rezalci (med 1,5 in 2m) in oblika se določi na modelu.



Površinske zapornice zaklopke – zračenje

Prečni prerez zračne cevi ali jaška pri zanemarljivih trenjskih in oblikovnih izgubah:

$$S_z = 0,5 \beta \mu B h (h/p_v)^{1/2} / (28 m_z)$$

B ... prelivna dolžina zaklopke

h ... prelivna višina zaklopke

p_v ... podtlak pod zaklopko v m vodnega stebra

$\mu \sim 0,44$... pretočni koeficient zaklopke

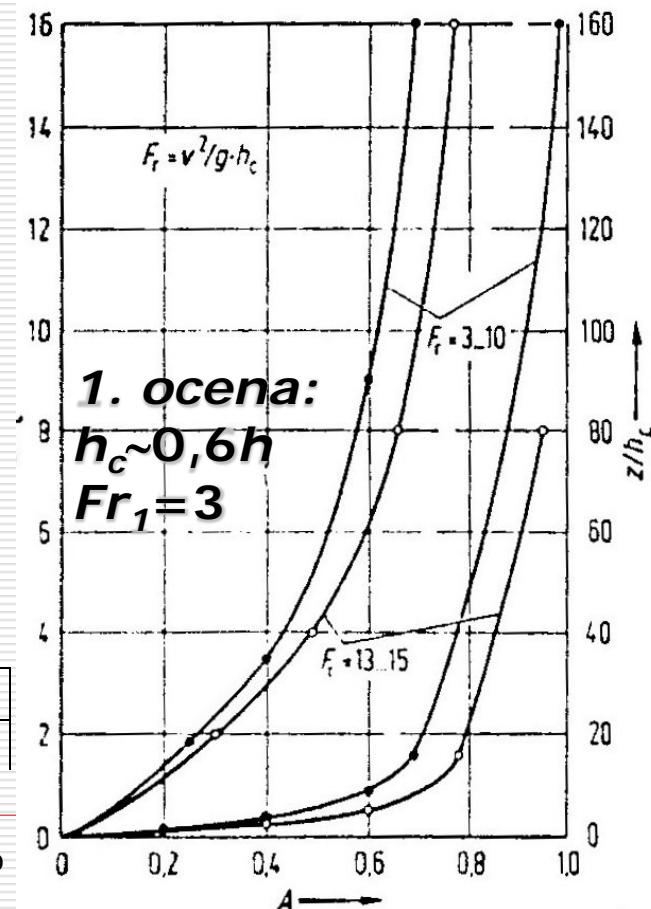
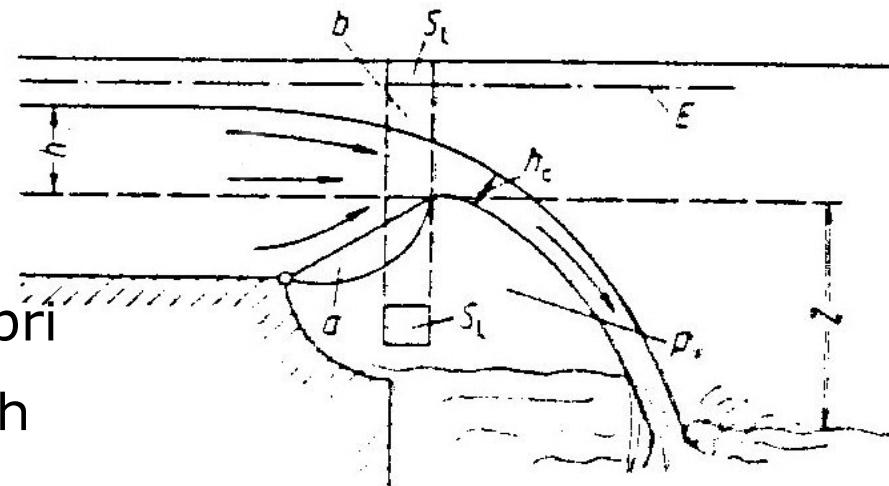
$m_z \sim 0,9 \div 1,0$

$\beta = Q_z/Q = A/(1-A)$

Q_z ... pretok zraka

Q ... pretok vode

p_v (m)	0,01	0,02	0,05	0,1
v_z (m/s)	12,0	16,5	26,5	37,0



Površinske zapornice: zaklopke - oblikovanje

Sile na zaklopko se prenašajo na zvezni *tečaj* ter pogonske naprave. *Stebri* med prelivnimi polji so lahko ozki, brez utorov in služijo za stransko tesneje ter namestitev pogonskih naprav zaklopke.

Pri zmernih prelivnih višinah je *proti-torzijska* zaklopka lahko zelo široka, kar je njena prednost pred ostalimi vrstami zapornic.

Obratovanje dveh proti-torzijsko zaklopk na istem prelivu, z ločenima enostranskima pogonoma, je mogoče vpreči ali ločiti z *vmesnim ščitom* brez vmesnega stebra.

Površinske zapornice: zaklopke, oblikovanje

Območje uporabnosti zaklopk na pragovih in jezovih:

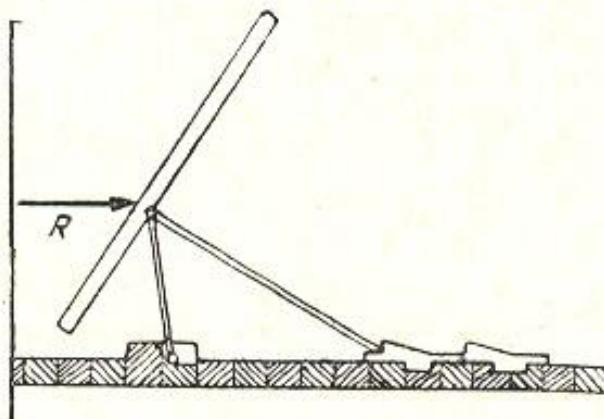
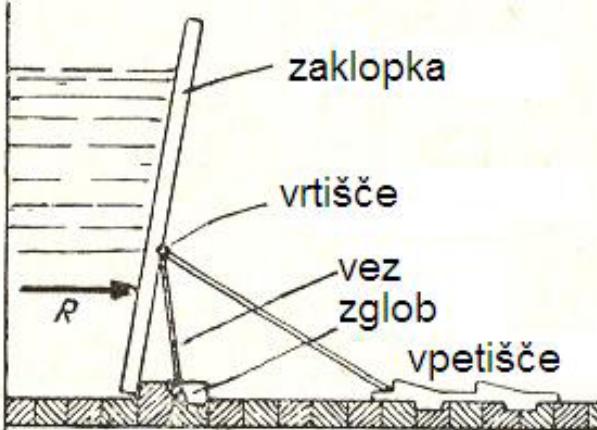
- pri mehanskih pogonih znaša prelivna višina/širina zaklopke: 2,5m/30 m ~ 6m/15m
- pri hidravličnih pogonih znaša prelivna višina/širina zaklopke: 2,5m/40 m ~ 6m/20m
- minimalna višina zajezitve $\geq 1,3$ m
- pri višinah zajezitve ≤ 2 m je širina zaklopke do 60 m

Oblikovanje zaklopke:

- polmer zaklopke $R_z \sim (1,7 \text{ do } 2,8) h_o$
- naklon tangente na popolnoma dvignjeno zaklopko glede na vodoravnico je 60°

Površinske zapornice – zaklopke, lesene

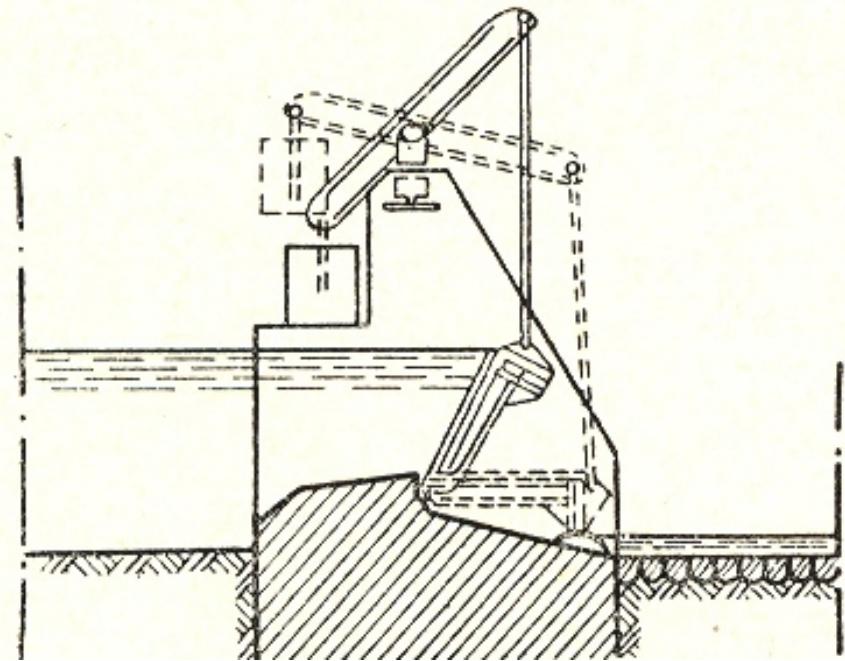
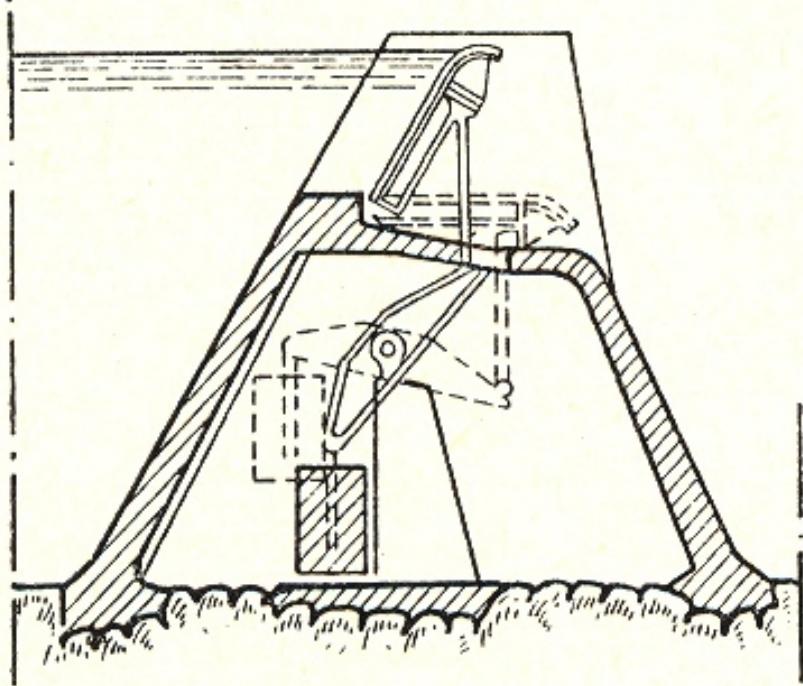
■ vrtljiva lesena zaklopka



■ **porušna lesena zaklopka**

Površinske zapornice – zaklopke s protiutežjo

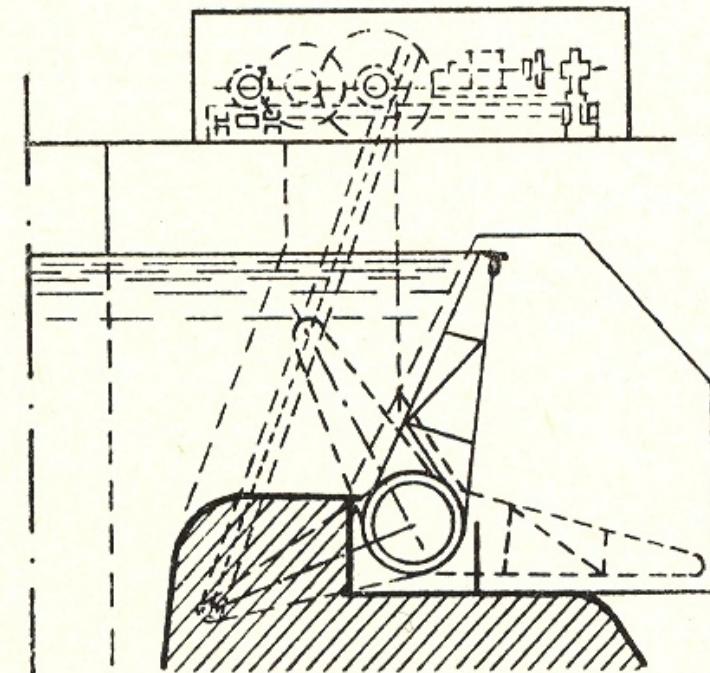
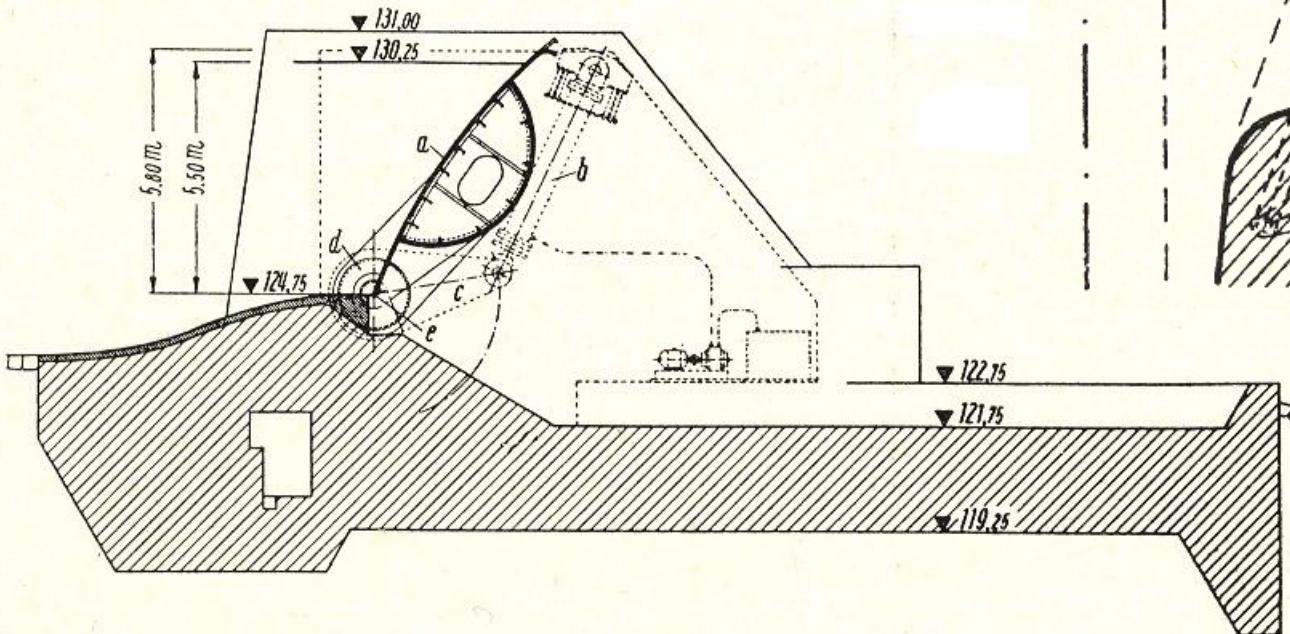
■ zaklopka s protiutežjo spodaj



■ zaklopka s protiutežjo zgoraj

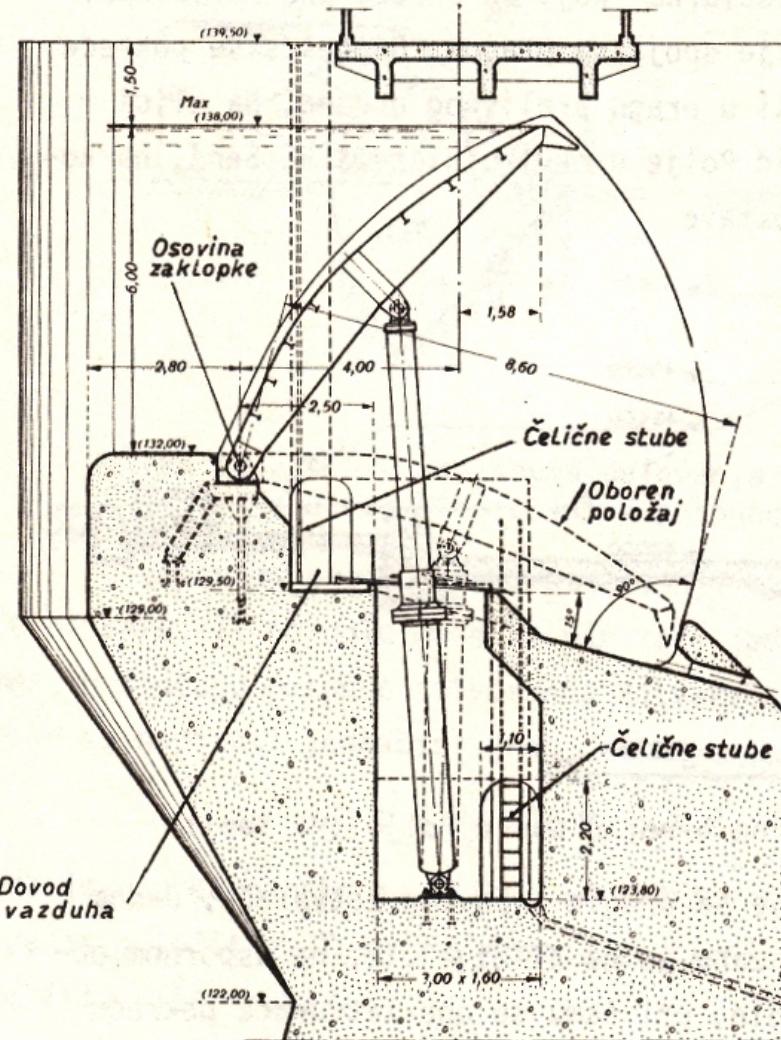
Površinske zapornice – proti-torzijske zaklopke

■ proti-torzijska zaklopka s hidravličnim pogonom

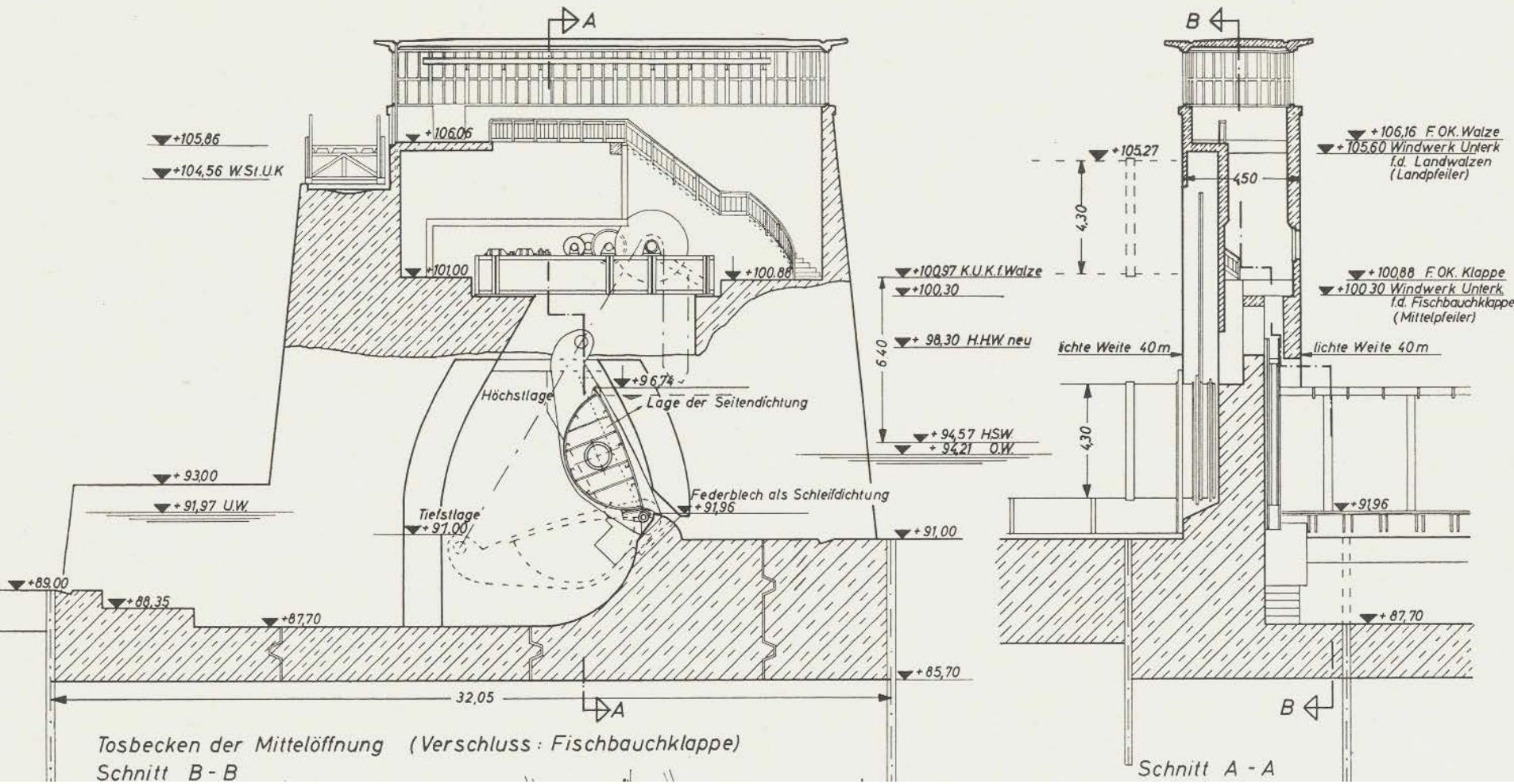


■ zaklopka s proti torzijskim valjem

Površinske zapornice: zaklopke na pogon spodaj - visok jez



Površinske zapornice: zaklopke na stranski pogon - nizek jez



Površinske zapornice: zaklopke – prednosti, slabosti

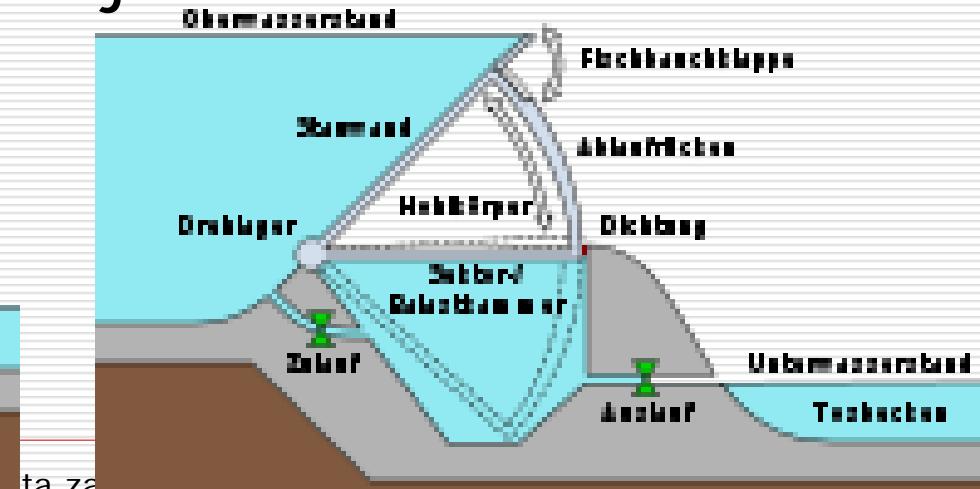
Zaklopke se uporabljajo za natančno uravnavanje gladine zgornje vode ter odvajanje plavajočih predmetov na tablastih, segmentnih in valjčnih zapornicah ter kot samostojni zaporni organi na jezovih in pragovih.

Protitorzijsko oblikovane zaklopke imajo enostranski pogon. Utori v stebrih niso potrebni. Pri servomotornem pogonu so stebri lahko zelo nizki.

Na nizkih pragovih so zaklopke izpostavljene obrusu zaradi proda in suspenzij ter nizkim temperaturam. Tudi prelivna višina je omejitveni dejavnik uporabnosti zaklopk.

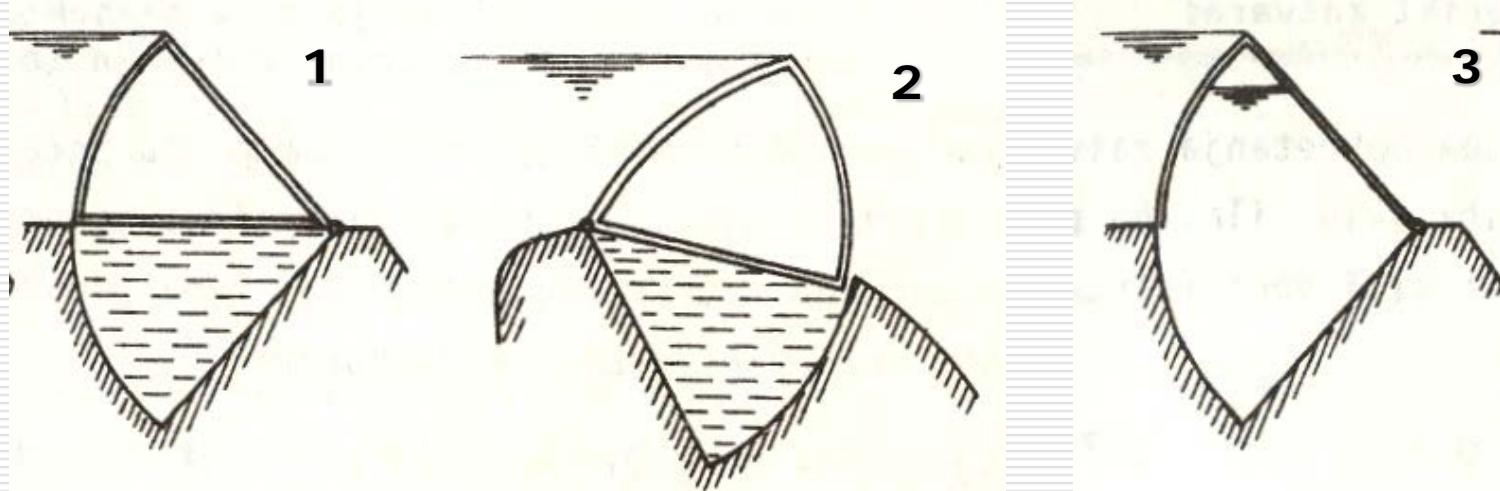
Površinske zapornice - sektorske

Sektorske zapornice so *jeklene*, redkeje *armiranobetonske* votle konstrukcije, vrtljivo oprte na zvezni tečaj na pragu ali jezu in imajo praviloma hidravlični pogon. Pod vplivom *hidrostatičnih tlakov* se zapornica **dviga** pri *dotoku vode* iz gorvodne strani v komoro oziroma v notranjost zapornice, pri *odtoku vode* iz komore v spodnjo vodo pa **spušča** ter vzdržuje *stalno gladino* zgornje vode.



Površinske zapornice - sektorske

Zvezni tečaj zapornice je na **pragovih** na dolvodni strani (1). Na **jezovih**, ki so oblikovani po Creagerjevih (WES) koordinatah, pa je tečaj na gorvodni strani komore in se gorvodna stran popolnoma spuščene zapornice vključuje v obris jezu (2). Možno pa je sektorsko zapornico oblikovati z odprtим dnom, ki omogoča avtomatično obratovanje z izkoriščanjem vzgonskih sil (3).



Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

Sektorske zapornice se uporabljajo kot *avtomatične* zapornice, ki se regulirajo glede na nivo zgornje vode s pomočjo hidravličnega sistema, ki omogoča praznjenje/polnjenje zapornične komore.

Izvajajo se za širine **50** do **60m**, višine od **9** do **10m**. Mehanične in servomotorne pogonske naprave niso potrebne in stebri med prelivnimi polji služijo le za namestitev instalacij za polnjenje in praznjenje komore ter za stransko tesnjenje zapornice.

Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

Ker utori niso potrebni, so *stebri* lahko sorazmerno ozki in kratki ter zelo nizki, in omogočajo zgradbi sonaravnih videz.

Tudi velika *inertnost* celotnega sistema glede na *vibracije* – komora napolnjena z vodo dušilno vpliva na vzbujanje vibracij tudi pri nestalnih podtlakih – je pomembna prednost sektorskih zapornic.

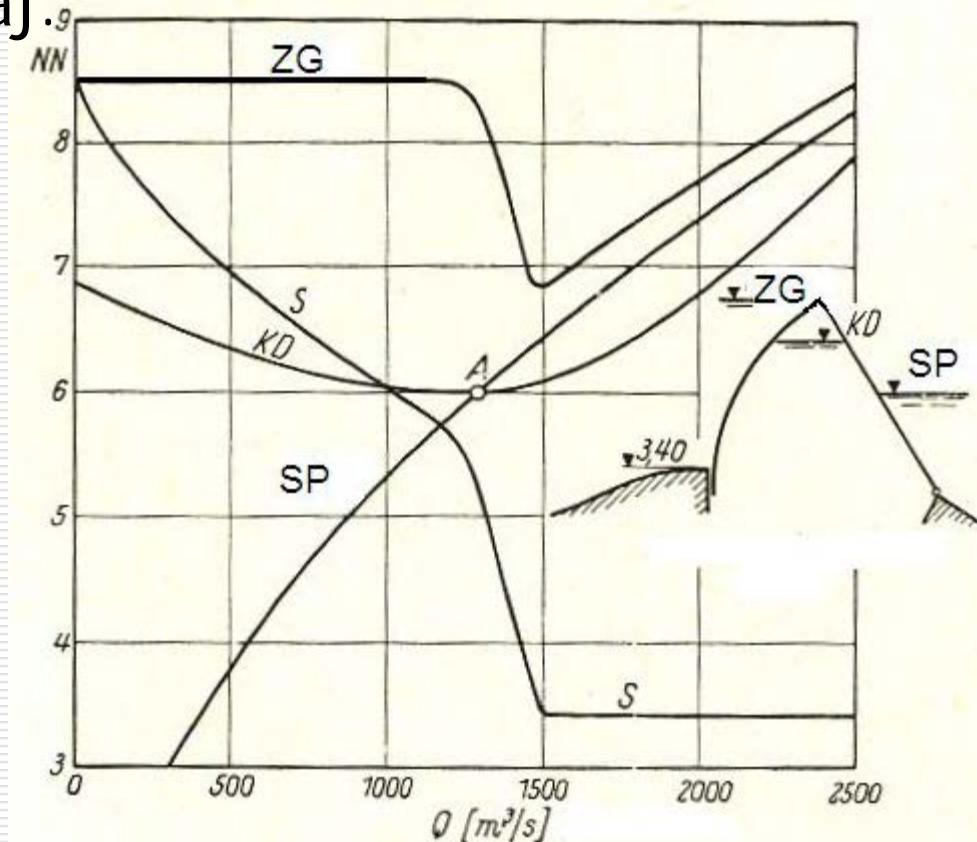
Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

Za nemoteno obratovanje sektorske zapornice na hidravlični pogon mora biti izpolnjeno naslednje:

- Nabiranje zraka (nevarnost vibracij) v zgornjem delu zapornice mora biti preprečeno z ustreznim odzračenjem zgornjega dela zapornice pri počasnem premikanju zapornice.
- Na nizkih pragovih in jezovih je mogoče nadomestiti deficit padca tlaka z dodatno obtežbo znotraj zapornice.

Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

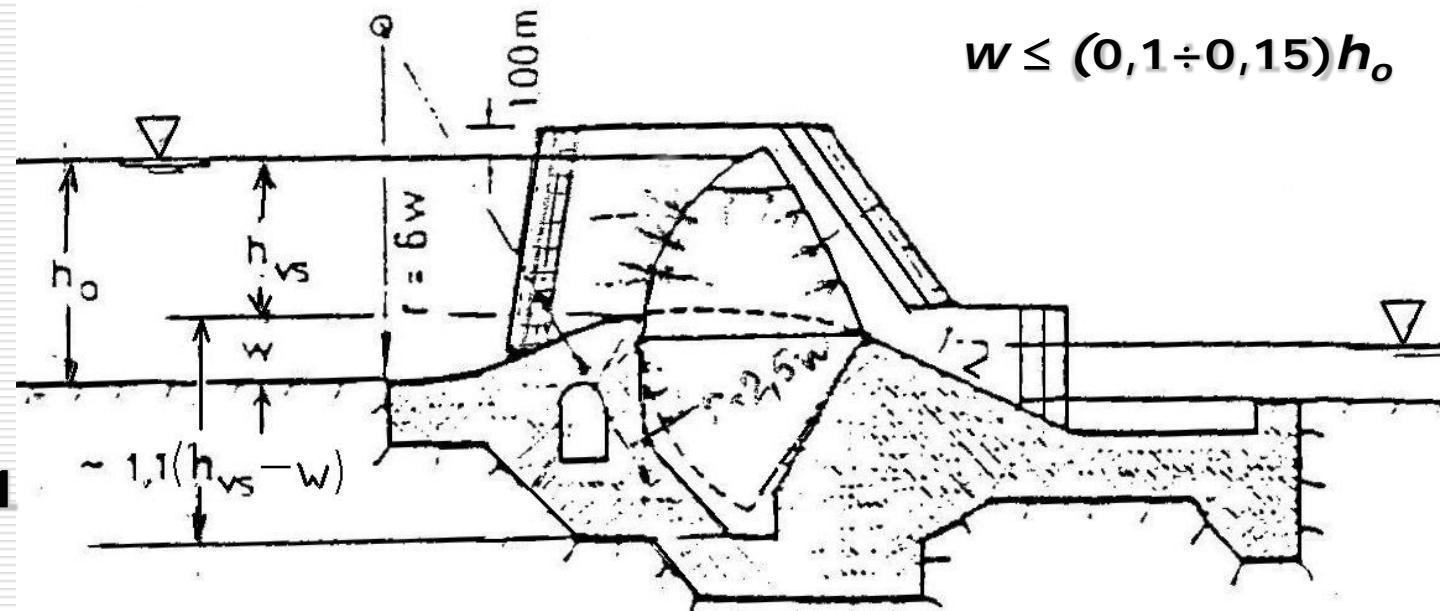
- Pri hidravličnem pogonu opravlja vodna energija delo pri premikanju zapornice in dodatne obtežbe ter ni potrebna energija od zunaj.
- V vseh legah zapornice mora biti zagotovljen zadosten padec tlaka od zgornje vode v komoro ter iz komore v spodnjo vodo.



Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

Pomanjkljivost sektorskih zapornic je globoko temeljenje ter utrditev dna komore pred vzgonom podtalnice na nizkih pragovih in jezovih. Globina temeljenja se zmanjša, če je prelivna krona betonske konstrukcije hidrodinamično oblikovana.

Dejanska
globina
komore je
zaradi
montaže:
 $s = (h_o - w) \cdot 1,1$



Površinske zapornice: sektorske – oblikovanje

Ravnovesje momentov učinkujočih sil glede na tečaj v začetku dviganja ali spuščanja sektorske zapornice:

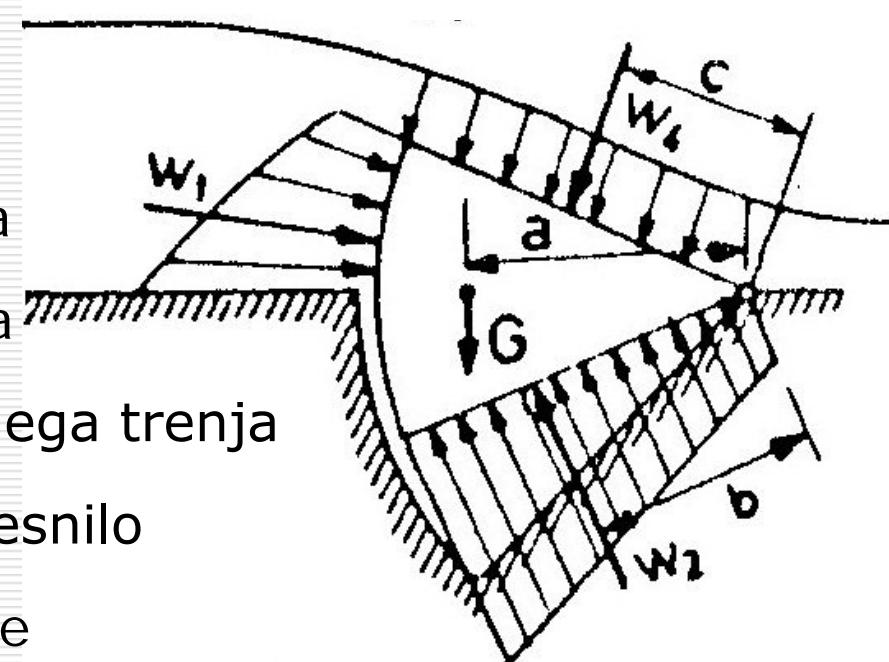
$$G \cdot a - W_2 \cdot b + W_4 \cdot c \pm f_o \cdot W_1 \cdot r \pm T_t \cdot R_t = 0$$

G lastna teža ter
a ročica momenta lastne teže
 f_o **W_1** **r** ... sila trenja v tečaju
 f_o ... polmer tečaja
 f_o ... koeficient ležajnega trenja

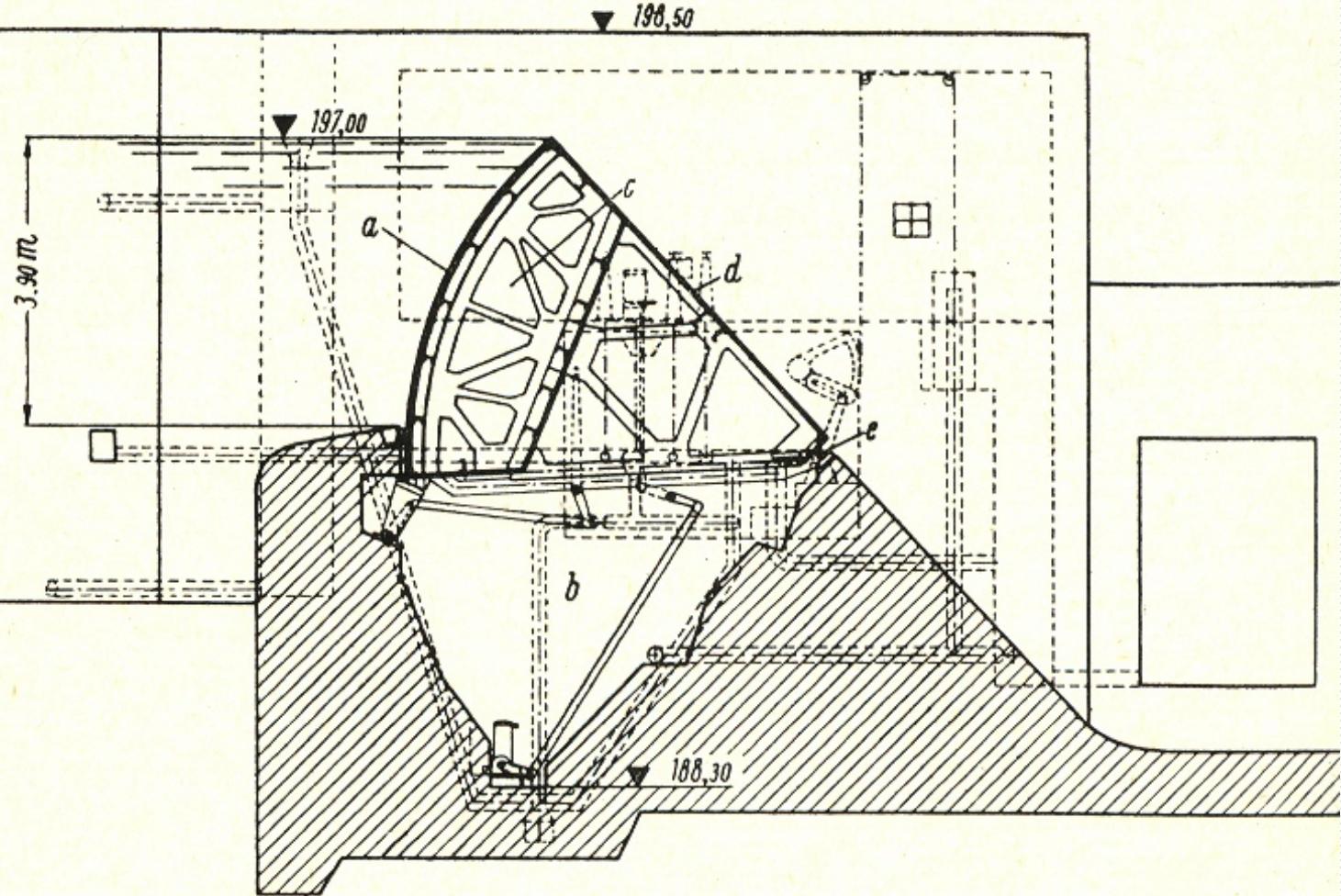
$$T_t = 2 \cdot f_z \cdot p \cdot b \cdot L \quad \dots \text{sila tesnilnega trenja}$$

$R_t = R$...ročica sile stranskega tesnilnega trenja

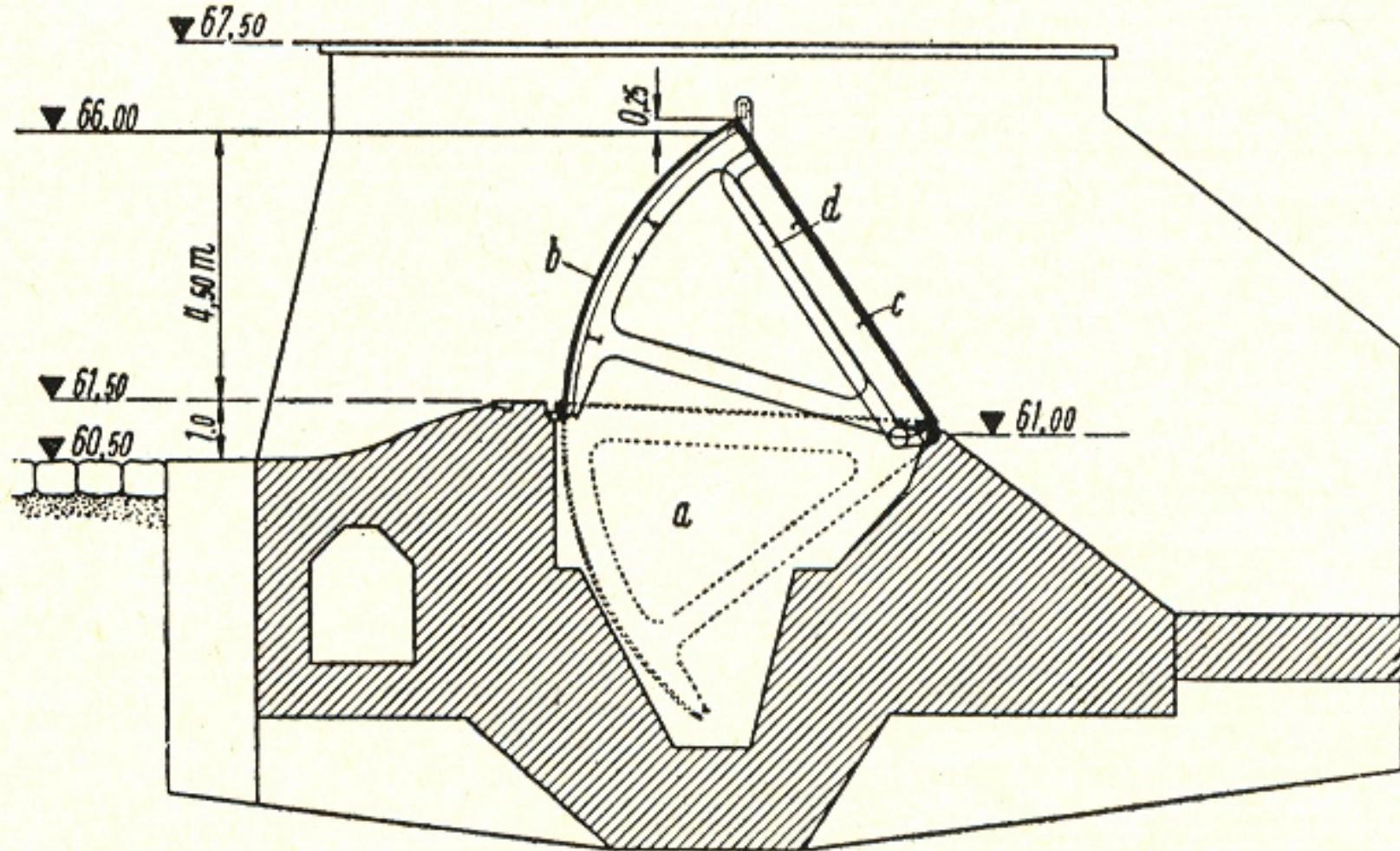
f_z ... koeficient tesnilnega trenja
p ... srednji hidravlični tlak na tesnilo
b, L ... širina in dolžina tesnila
R ... polmer sektorske zapornice



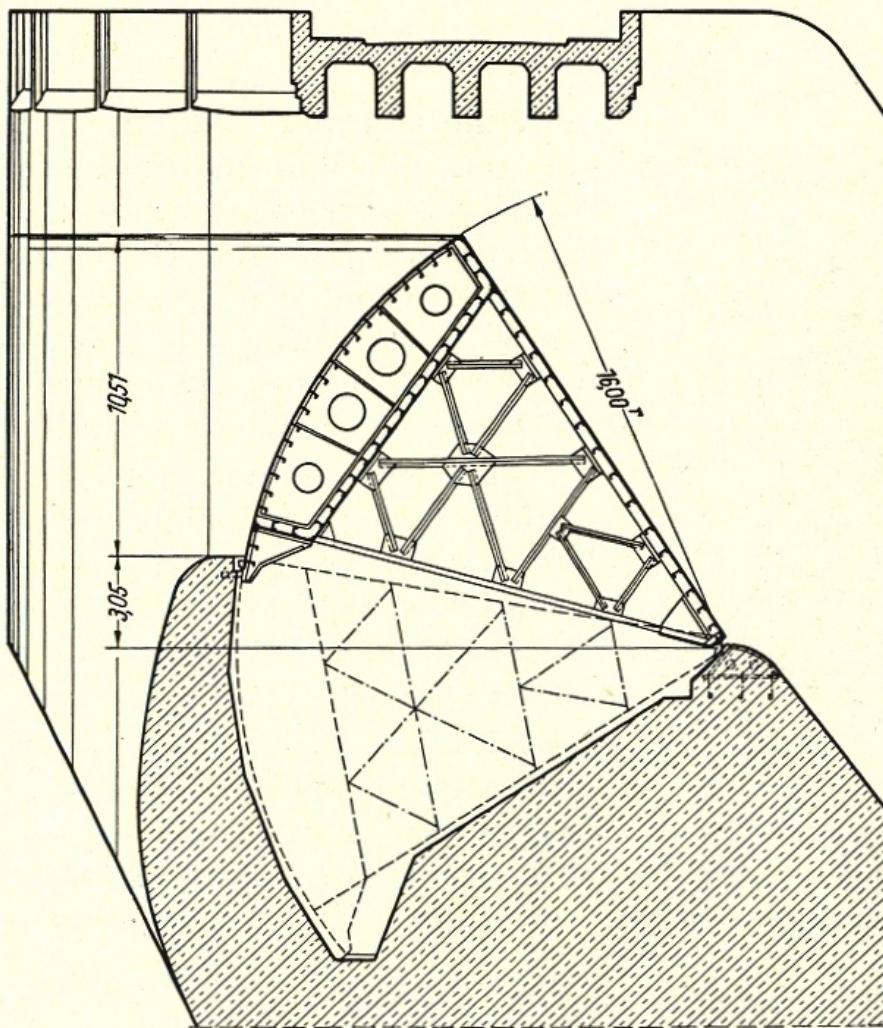
Površinske zapornice: sektorska z balastnimi komorami



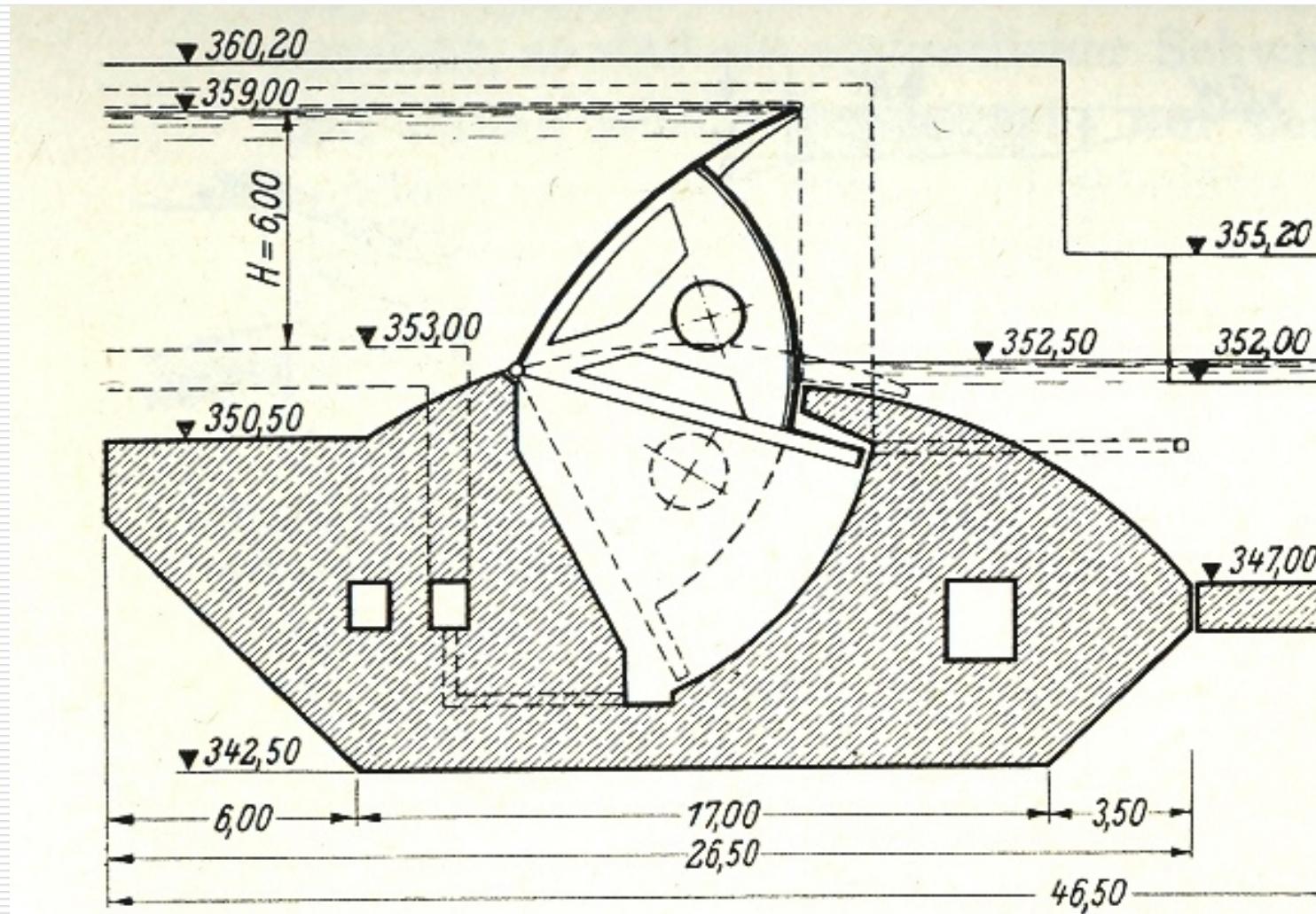
Površinske zapornice: sektorska s sesalkami



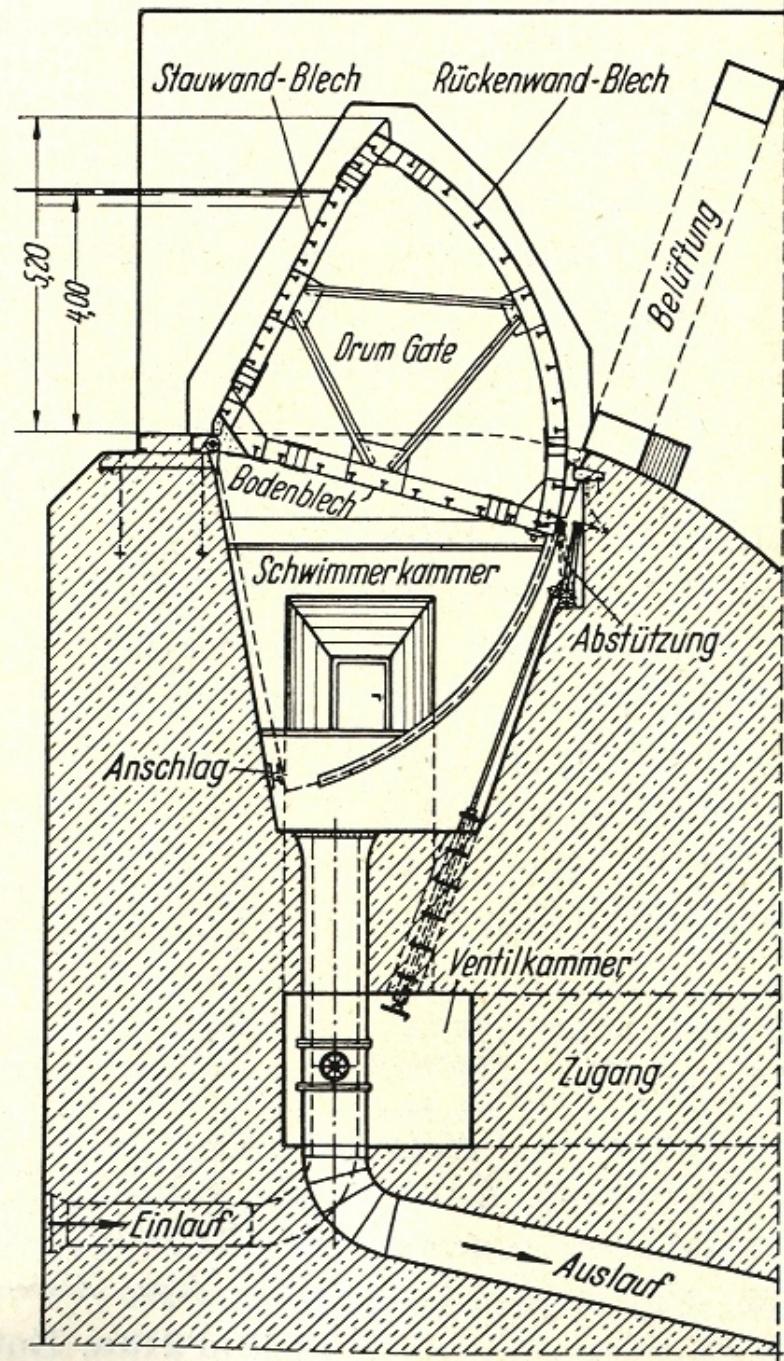
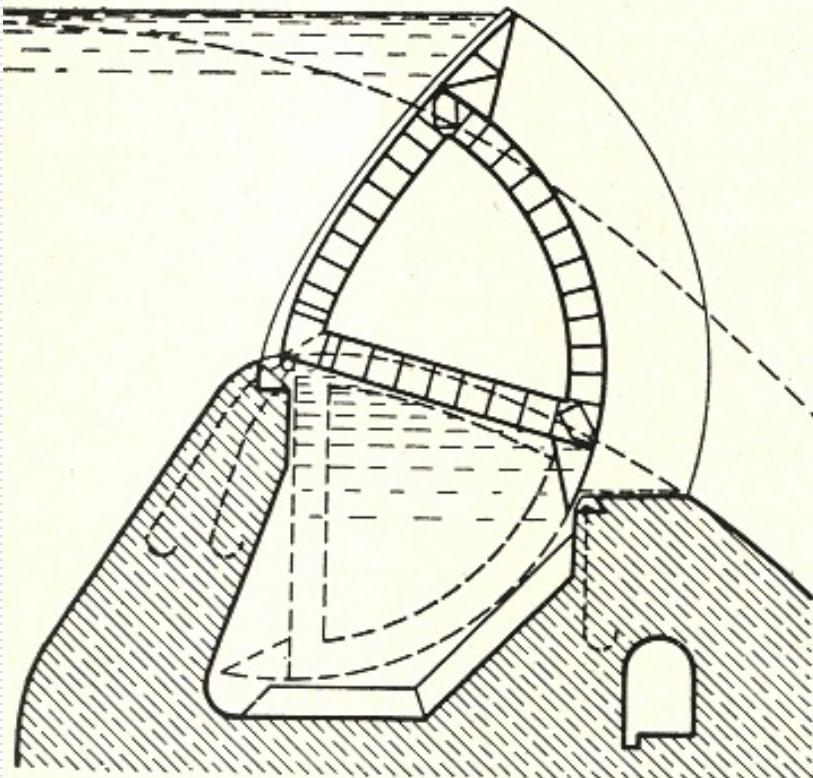
Površinske zapornice: sektorska na pregradi



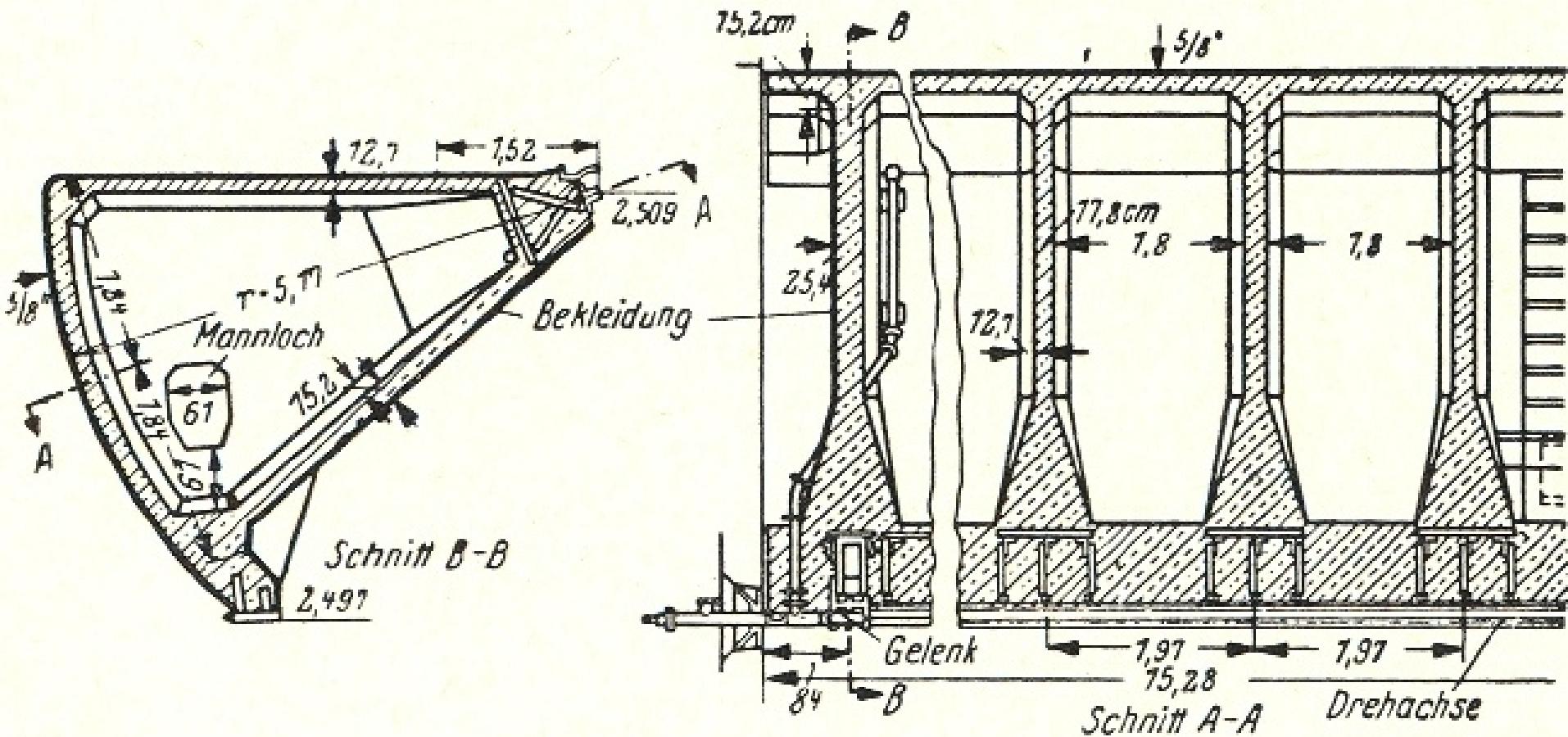
Površinske zapornice: sektorska z osjo gorvodno



Površinske zapornice: sektorska na pregradi



Površinske zapornice: sektorska – armirano betonska zapornica



Površinske zapornice: sektorske – prednosti, slabosti

Prednosti:

- Sektorske zapornice omogočajo zapiranje velikih prelivnih širin brez vmesnih stebrov.
- Omogočajo avtomatsko regulacijo, stabilno in naglo krmiljenje ter možnost prevajanja plavja in ledu.
- Na mraz so neobčutljive in se dajo stabilno in naglo krmiliti.

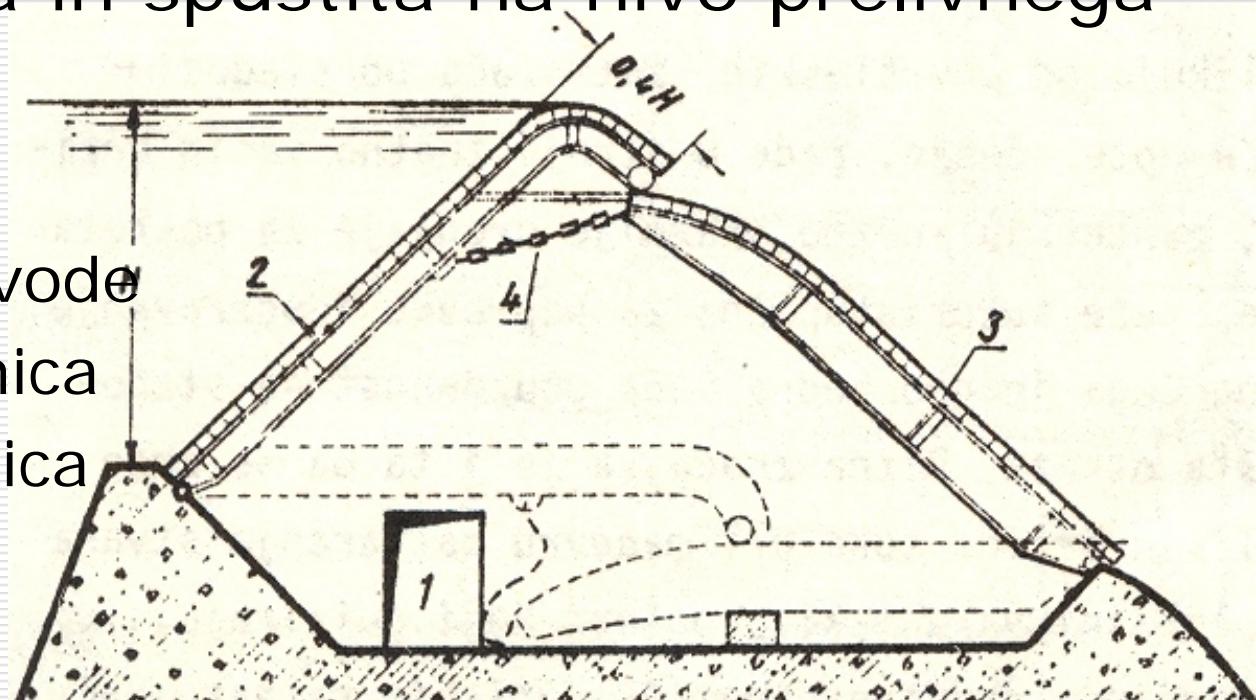
Pomanjkljivosti:

- Na nizkih jezovih in pragovih je potrebno globoko temeljenje.
- Komora je izpostavljena vzgonu podtalnice, prelivni hrbet in tesnila zapornice so izpostavljeni obrusu plavin.

Površinske zapornice - strehasti jez

Strehasti jez sestoji iz dveh zaklopnih zapornic (gorvodne in dolvodne), kateri v zaprtem položaju formirata zajezditev v obliki strešine. Pri prelivanju jezu se preklopita in spustita na nivo prelivnega praga.

1. dovod in odvod vode
2. gorvodna zapornica
3. dolvodna zapornica
4. spona



Površinske zapornice: strehasti jez - oblikovanje

Strehasti jez deluje na principu avtomatskega uravnavanja nivoja s pomočjo hidravličnega sistema, ki omogoča izredno natančno nivojsko regulacijo. Zaradi tega se uporablja na hudourniških vodotokih, ker se izredno hitro spusti v izhodiščno lego (2 do 10min). Zaradi zasnove omogoča dobro prevajanje plavja in plavin preko jezovne zgradbe. Za dvig zapornice je zahtevana minimalna zajezba (5 ~ 10cm), ki jo dosežemo s tem, da je z zaporo v končni legi preprečeno, da bi se zapornici popolnoma sklopili.

Površinske zapornice: strehasti jez - oblikovanje

Strehasti jezovi se uporabljajo za razpone do **50m**, pri višini zajezebe **6** do **7m**. Večje zajezne višine je težko doseči, ker je zaradi zaporničnega sistema potrebno izvesti nesorazmerno širok prag, zaradi katerega je tudi *prevodnost* jezovnega profila sorazmerno majhna glede na razpone. Ogrodje osnovne konstrukcije je v *jeklu*, zaporne ploske pa so običajno *lesene* (odpornost na obrus, zmrzovanje). Zapornični sistem je dokaj kompliciran in zahteva redna vzdrževalna dela ter redno čiščenje podkonstrukcije plavja in ledu pozimi.

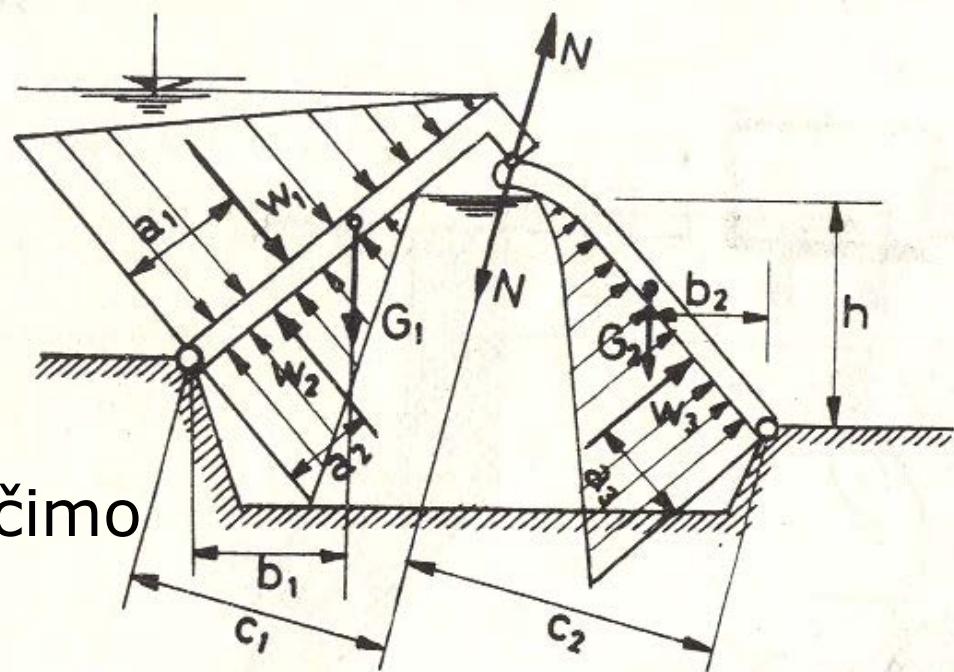
Površinske zapornice: strehasti jez - oblikovanje

Zapornici sta vrtljivo podprtji in se točkovno stikata. V dvignjenem položaju je vzgonski tlak na obe zapornici v ravnovesju z zunanjim tlakom in težo zapornic. Z zanemaritvijo trenjskih sil v podporah veljata ravnotežni enačbi:

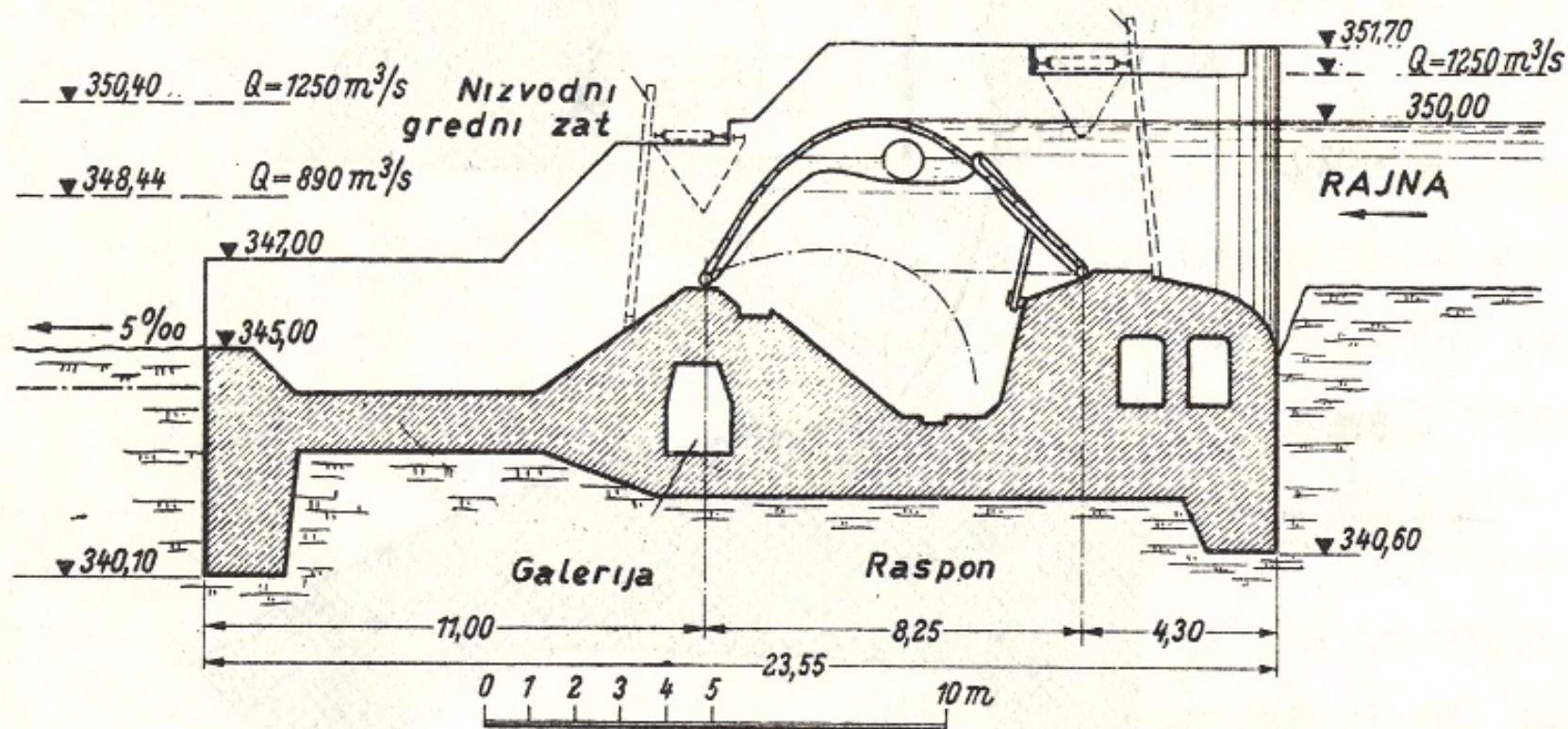
$$W_1 a_1 - W_2 a_2 + G_1 b_1 - N c_1 = 0$$

$$W_3 a_3 - G_2 b_2 - N c_2 = 0$$

Vzgonske sile izrazimo preko nivoja v komori **h**, ki ga določimo iz ravnotežnih enačb.



Površinske zapornice - strehasti jez



Površinske zapornice - strehasti jez



Površinske zapornice: strehasti jez – prednosti, slabosti

Prednosti:

- Strehasti jez omogoča zapiranje velikih prelivnih širin brez vmesnih stebrov.
- Omogoča natančno avtomatsko regulacijo, stabilno in naglo krmiljenje ter v izvedbi z oblogo iz lesa možnost neškodljivega prevajanja plavja in ledu.

Površinske zapornice: strehasti jez – prednosti, slabosti

Pomanjkljivosti:

- Zaradi širokega pragu so pretočne zmogljivosti jezu manjše kot pri primerljivih.
 - Višinsko so omejeni zaradi potrebe izgradnje podkonstrukcije in potrebnosti globokega temeljenja.
 - Problematično je vzdrževanje, ker je celotna konstrukcija stalno pod vodo.
 - Stroškovno je strehasti jez dražji od primerljive zaklopne zapornice.
-