

GRAĐEVINSKI FAKULTET  
UNIVERZITET U BEOGRADU

**STRUČNA ESKURZIJA STUDENATA VIII SEMESTRA  
ODSEKA ZA HIDROTEHNIKU I VODNO EKOLOŠKO INŽENJERSTVO**

**/ 8. maj 2024. /**

Vođa ekskurzije:  
Prof. dr Ljubodrag Savić

Beograd, 2024.

# BRANA I HE MEĐUVRŠJE

## Osnovni podaci o brani i akumulaciji

### akumulacija:

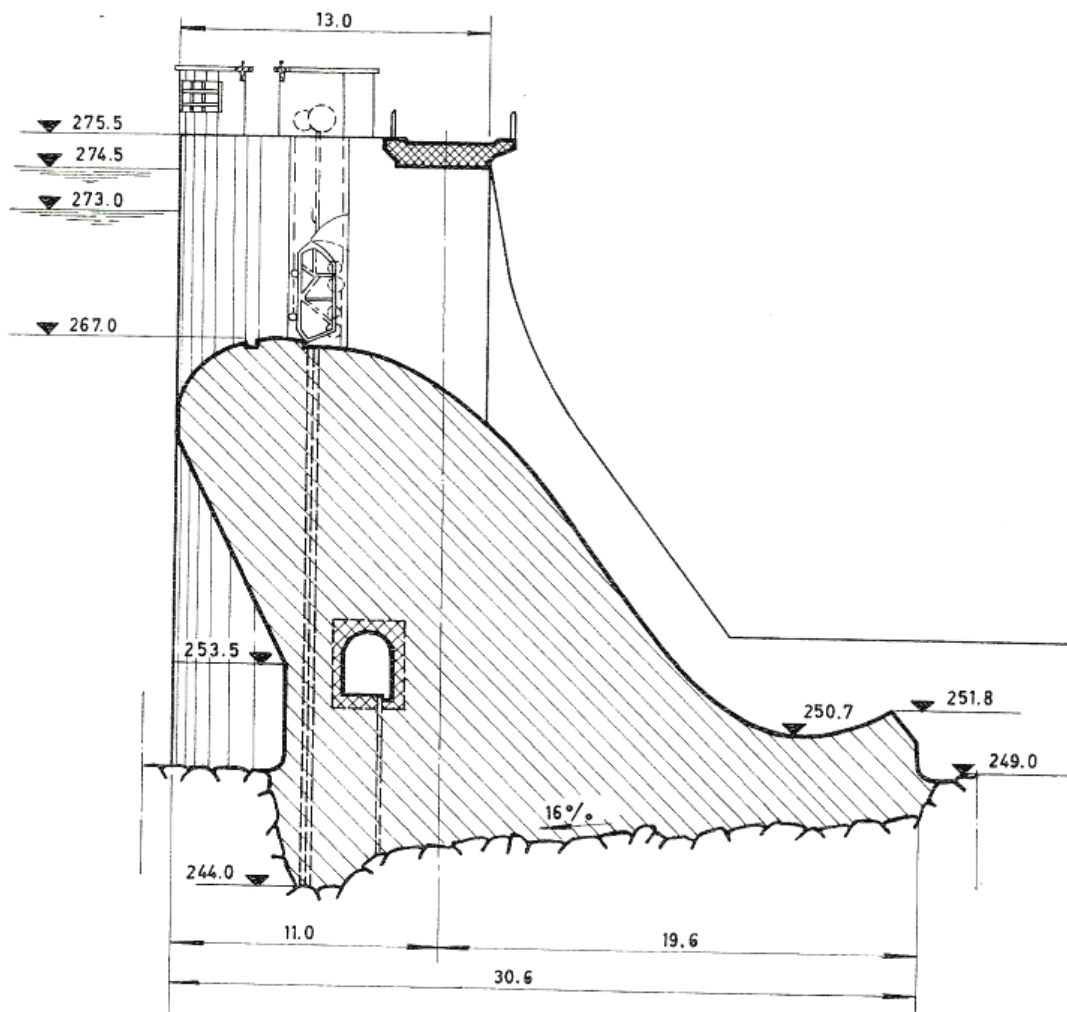
- lokacija	reka Zapadna Morava
- najbliži grad	Čačak
- površina sliva	3160 km <sup>2</sup>
- kota normalnog uspora	273,0 mnm
- kota maksimalnog uspora	274,5 mnm
- srednji godišnji protok na profilu brane	26 m <sup>3</sup> /s
- vrh talasa verovatnoće pojave 1%	1500 m <sup>3</sup> /s

### brana:

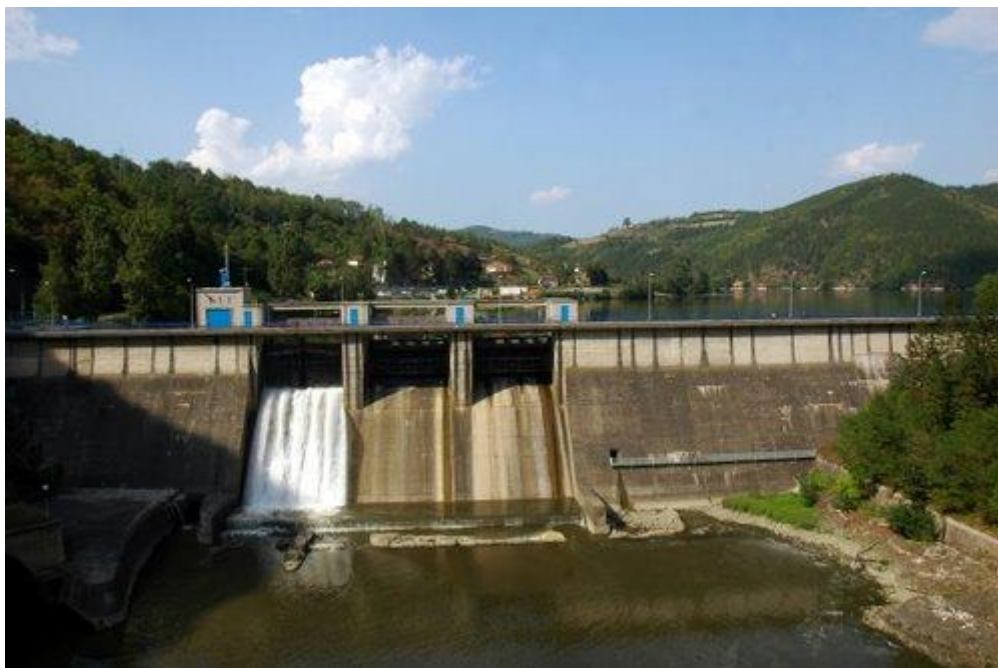
- građevinska visina	31,5 m
- visina iznad dna rečnog korita na pregradnom mestu	26,5 m
- dužina u kruni	180 m
- kota krune brane	267 mnm
- kota krune preлива	267 mnm
- kota mosta	275,5 mnm
- tip preлива	preliv sa tablastim ustavama
- propusna moć preлива	1500 m <sup>3</sup> /s

Brana Međuvršje nalazi se na Zapadnoj Moravi, u Ovčarsko-Kablarskoj klisuri, nizvodno od brane Ovčar Banja. Ove dve brane i HE rađene su sukcesivno. Radovi na izgradnji ovog objekta počeli su 1947. godine, a celo postrojenje je završeno 1957. Gravitaciona betonska brana Međuvršje ima tri prelivna polja širine po 12 m svako, i tablaste zatvarače na njima. Pri koti maksimalnog uspora prelivna moć je 1500 m<sup>3</sup>/s.

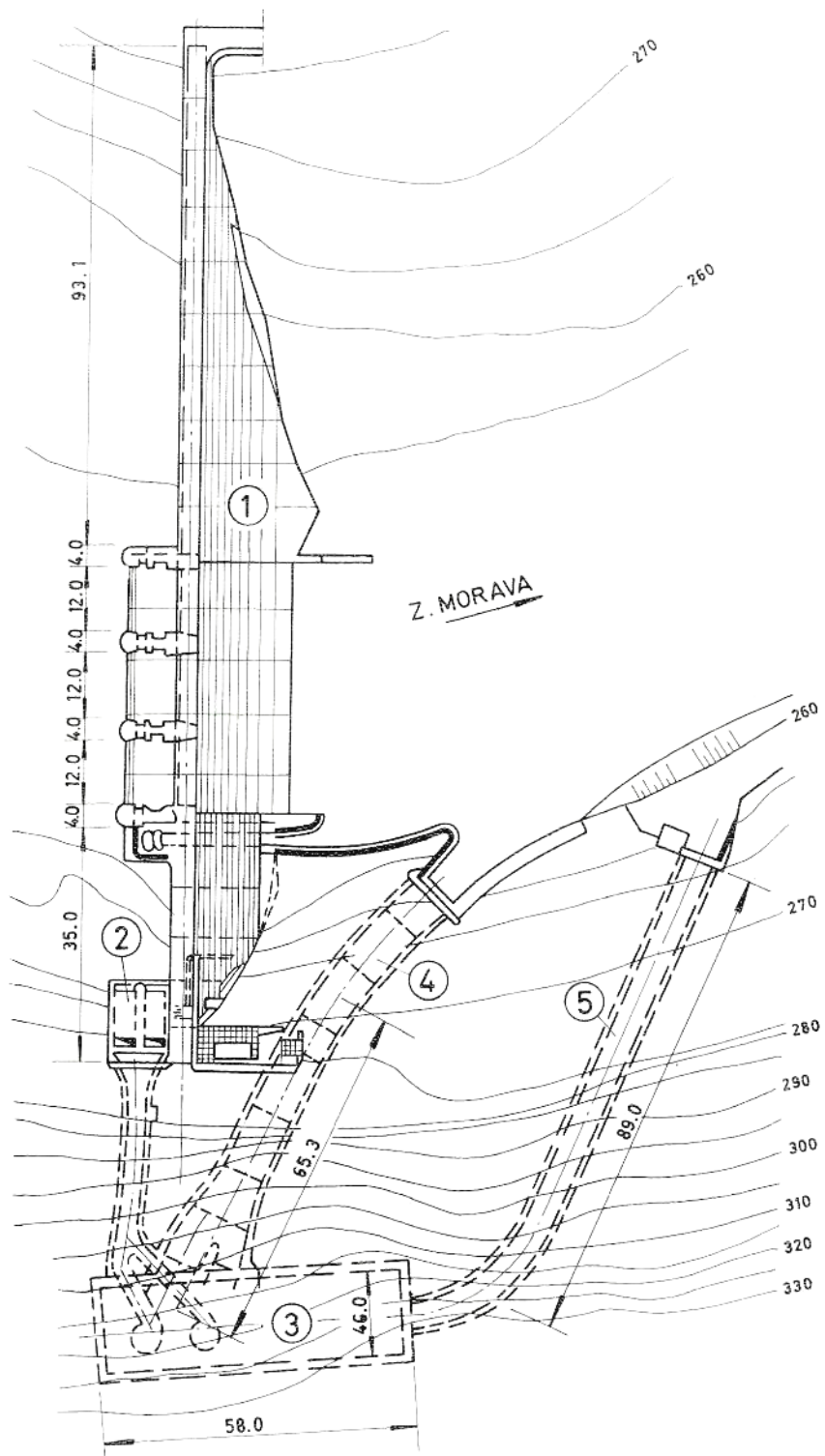
Na desnoj obali, u produžetku ose brane smeštena je mašinska zgrada (pribranska HE). HE je podzemnog tipa, a u nju se ulazi kroz pristupnu galeriju (transportni tunel) sa nizvodne strane. HE se sastoji od dve Kaplanove turbine. Neto pad postrojenja iznosi 21 m. Instalirana snaga postrojenja prilikom izgradnje iznosila je 7 MW (4,5 MW + 2,5 MW), a srednja godišnja proizvodnja oko 40 GWh. Revitalizacija elektromašinske opreme urađena je 2010. godine. Snaga agregata povećana je na 5,6 MW + 3,4 MW, a instalirani protok sa 40 m<sup>3</sup>/s na 50 m<sup>3</sup>/s. U martu 2014. godine ugrađen je treći, dodatni agregat u HE "Međuvršje" koji ima snagu od 600 kW, a čija je prosečna godišnja proizvodnja 1,7 GWh. Uloga ovog agregata je da energetski koristi deo vode iz akumulacije u period velikih voda, a u malovodnom periodu radom ovog agregata energetski se koristi voda koja se mora ispuštati nizvodno od brane kao ekološki protok.



Presek kroz prelivni deo brane Međuvršje



Brana Međuvršje



Osnova brane i HE Međuvršje

- 1 – brana, 2 – zahvat za HE, 3 – mašinska zgrada, 4 – odvodni tunel iz HE,  
5 – pristupni tunel



Mašinska hala HE Međuvršje



Turbinski nivo HE Međuvršje

# BRANA I HE OVČAR BANJA

## Osnovni podaci o brani i akumulaciji

### akumulacija:

- lokacija	reka Zapadna Morava
- najbliži grad	Čačak
- površina sliva	3155 km <sup>2</sup>
- kota normalnog nivoa vode	292 mnm
- kota maksimalnog nivoa vode	295 mnm
- srednji godišnji protok na profilu brane	26 m <sup>3</sup> /s
- vrh talasa verovatnoće pojave 1%	1500 m <sup>3</sup> /s
- zapremina korisnog prostora	1,1 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
- zapremina akumulacije pri KMU	3,02 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

### brana:

- građevinska visina	27 m
- visina iznad dna rečnog korita na pregradnom mestu	20 m
- dužina u kruni nasutog dela brane	81 m
- visina nasutog dela brane	10,5 m
- širina u kruni nasutog dela brane	5 m
- kota krune brane	296,7 mnm
- kota krune preliva	286 mnm
- tip preliva	čeon sa tablastim ustavama
- propusna moć preliva	1500 m <sup>3</sup> /s

## Akumulacija

Akumulacija Ovčar Banja je nastala izgradnjom brane na Zapadnoj Moravi neposredno uzvodno od naselja Ovčar Banja. Ova akumulacija je deo energetskeg sistema, koji zajedno sa akumulacijom Međuvršje koristi pad Zapadne Morave na delu Ovčarsko-Kablarske klisure. Isključiva namena akumulacije je proizvodnja električne energije. To se realizuje u podzemnoj elektrani koja je derivacionog tipa.

## Inženjersko-geološke odlike pregradnog mesta i akumulacije

Područje brane i akumulacije izgrađuju u geološkom smislu paleozojski škriljci (glinci i škriljasti peščari), trijaski masivni i pločasti krečnjaci i dolomitski krečnjaci sa partijama dijabaz rožnjačkih stena i masivnih krečnjaka gornje krede. Desnu obalu i brdski masiv na profilu čine grudvasti laporci gornje krede, koji su stvorili uspor Zapadne Morave. Levu stranu čine masivni krečnjaci koji se skoro vertikalno dižu iznad korita reke. Rečno korito je ispunjeno nanosom, što je uslovalo posebno rešenje temeljenja na kesonima.

## Brana

Brana Ovčar Banja je kombinovanog tipa: u rečnom koritu je betonska, a u desnom boku je nasuta zemljana brana. Betonski deo brane je preliv sa dva rečna i dva obalna stuba, odnosno tri prelivna polja opremljena tablastim ustavama 12 × 6 m. Stubovi su temeljeni na kesonima dužine 22 m i širine 3,6 m. Između ovih kesona, sa uzvodne i nizvodne strane, urađeni su poprečni kesoni dužine 10,4 m i širine 3,2 m. Stubovi su povezani betonskom

platformom na koti 296,7 mm sa koje se rukuje montažom pomoćnih ustava. Na vrhu stubova na koti 302,65 mm je komandna zgrada u obliku mosta, gde se nalazi oprema za dizanje tablastih ustava. Između stubova je prelivni prag visine 2 m, koji se produžava u slapište obloženo kamenim pločama položenim u beton. Zemljani deo brane u desnom boku je izgrađen od nasipa sa glinenim jezgrom, a temeljen je na nanosu.

## Evakuacija vode

Evakuacija velikih voda se obavlja dizanjem tablastih ustava na tri prelivna polja. U periodu eksploatacije se 1965. godine se pojavila velika voda reda veličine  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , koja je prelila i srušila deo nasute brane. Jedno polje je tada bilo blokirano (nije bila nabavljena ustava, pa je umesto zatvarača ispred njega bila napravljena mala cilindrična lučna brana, bez niša za eksploziv), što je onemogućilo prelivanje vode preko tog prelivnog polja. Kapacitet preliva bio je smanjen na 67% od projektovanog. Sve je to prouzrokovalo brzo dizanje nivoa vode, a zatim i prelivanje preko nasutog dela brane. Sav nasuti materijal iz tela brane odnesen je nizvodno i istaložen u akumulaciji brane Međuvršje, koju je talas velike vode takođe prelio, ali su posledice bile znatno blaže pošto se radi o gravitacionoj betonskoj brani.

## Hidroelektrana

Zahvat za hidroelektranu je opremljen rešetkom i tablastim zatvaračem. Od zatvaračnice do podzemne elektrane je izgrađen tunel prečnika 4,95 m, dužine 390 m. Tunel se završava vodostanom. U mašinskoj zgradi su montirane dve Kaplanove turbine. Instalirana snaga elektrane prilikom izgradnje iznosila je oko 6 MW. Revitalizacija elektromašinske opreme urađena je 2008-2009. godine. Snaga agregata povećana je na  $3,2 + 5 \text{ MW}$ , a instalisani protok sa  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  na  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Brana Ovčar Banja

## Brana Arilje

Brana Arilje, najnižvodnija stepenica vodoprivrdno-energetskog sistema Rzav, se gradi na reci Velikom Rzavu, pritoci Moravice, koja zajedno sa Skrapežom i Đetinljom, obrazuje Zapadnu Moravu. Brane je locirana u profilu Svračkovo, 9.3 km uzvodno od ušća Rzava u Moravicu, a cca 8 km uzvodno od Arilja. Primarna namena akumulacije je *snabdevanje vodom naselja u sistemu*, kao i *olemenjivanje malih voda*, a u skladu sa mogućnostima, koristiće se i *za proizvodnju energije*. Brana je **nasuta**, od valjanog kamena sa kosim glinenim jezgrom i dva filtarska sloja. Za evakuaciju velikih voda koristiće se **šahtni preliv** sa umirujućim bazenom. Prečnik ulaznog levka preлива iznosi 26.6 m, dok je prečnik tunela 8.5 m, a dužina tunela cca 190 m. Tunel se u fazi građenja koristi kao optočni tunel. **Zahvat** je selektivan na 3 nivoa, smešten u kuli kružnog poprečnog preseka, prečnika 8.3 m. Temeljni ispus, maksimalnog kapaciteta od cca 22 m<sup>3</sup>/s, smešten je u tunelu na levom boku brane.



Mesto profila brane Arilje



Šahtni preliv

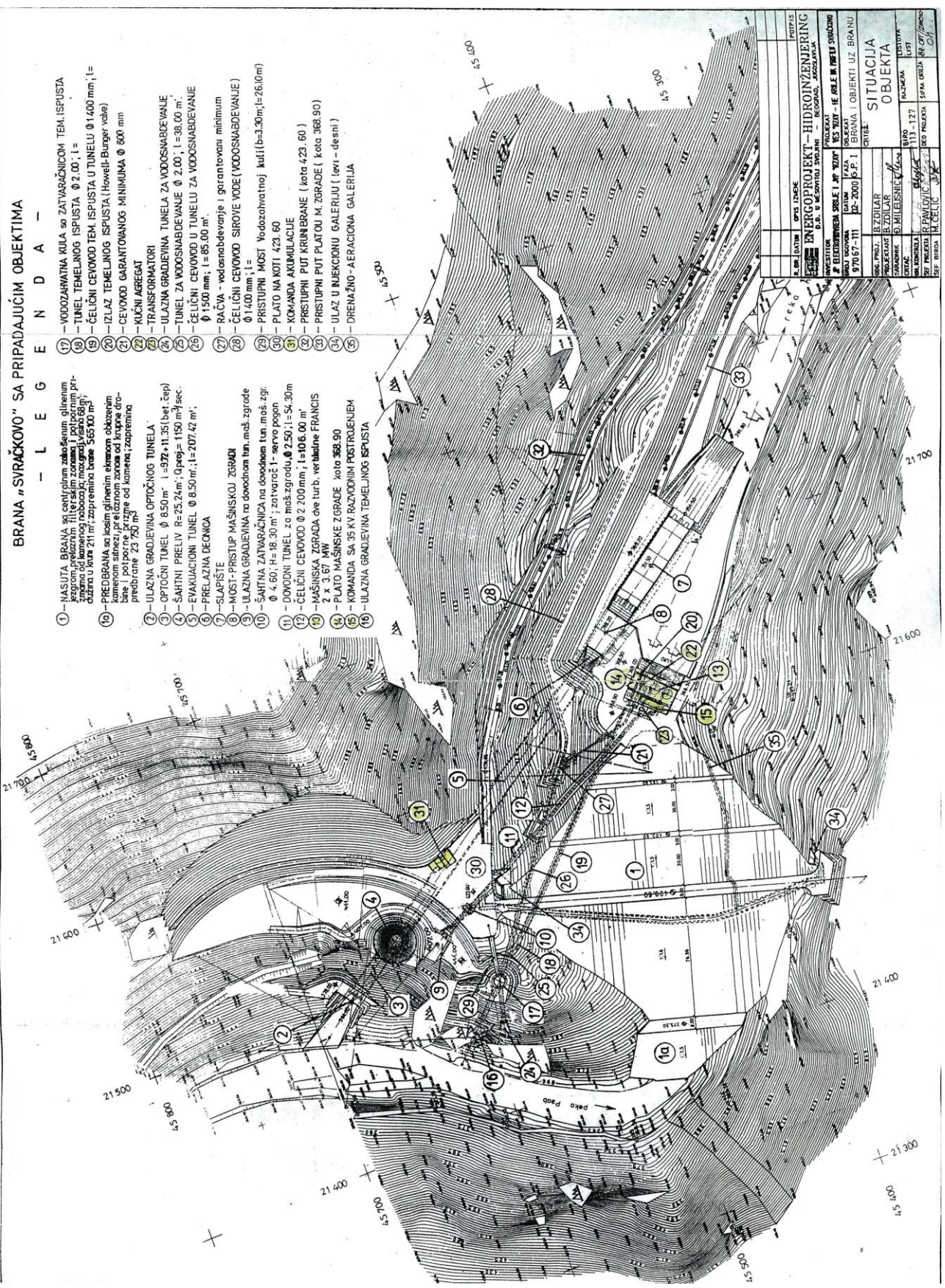
### Osnovni podaci o brani i akumulaciji:

Reka	Veliki Rzav
Najbliži grad	Arilje
Namena	Vodosnabdevanje, energetika
Tip brane	Nasuta od kamena sa glinenim jezgrom
Građevinska visina brane	67,8 m
Širina u kruni	8,0 m
Nagib uzvodne kosine	1:1,60
Nagib nizvodne kosine	1:1,50
Kota krune brane	423,6 mnm
Kota normalnog uspora	418,2 mnm
Kota maksimalnog uspora	421,2 mnm
Zapremina korisnog prostora	21,0 Mil m <sup>3</sup>
Tip preliva, i kapacitet	Šahtni, Q=1150 m <sup>3</sup> /s
Projektant	“Energoprojekt”, Beograd
Izvođač	“Hidrotehnika”, Beograd
Korisnik	JPK VS Rzav



**BRANA "SVRAČKOVO" SA PRIPADAJUĆIM OBJEKTIMA**  
**- L E G E N D A -**

- 1 - MASA BRANA sa centralnim zatvaračima i spoljnim gletanjem, prednim i iliterskim zidovima, i potpornim pri- zidom u visini 21 m; zapremnik brane 565 000 m<sup>3</sup>.
- 2 - PREDBRANA sa istim gletanjem spoljnom oblikom i kamernom silinom; zapremnik brane 120 000 m<sup>3</sup>; prebrana sa istom silinom i zapremnikom od kamena i zapremina 23 750 m<sup>3</sup>.
- 3 - ULAZNA GRADJEVINA OPTOČNOG TUNELA.
- 4 - OPTOČNI TUNEL Ø 8,50 m; l = 92+11,50 (bez čep)
- 5 - SARTNI PŘEVL R=25,24 m; Øproj = 150 m; l = 300 m.
- 6 - EVAKUACIONI TUNEL Ø 8,50 m; l = 207,42 m.
- 7 - PŘELAZNA DEONICA.
- 8 - SLAPŠTE.
- 9 - MOST-PŘESTUP MAŠINSKU ZGRADU.
- 10 - ULAZNA GRADJEVINA na dovodnom tun. i mas. zgrade Ø 4,60; H = 19,30 m; zatvarač 1<sup>o</sup> servo pogon.
- 11 - DOWODNI TUNEL za mas. zgradu, Ø 2,50; l = 54,30 m.
- 12 - ČELIČNI CEVOVD Ø 2 200 mm; l = 105,00 m; 2 x Ø 67 mm.
- 13 - MAŠINSKA ZGRADA, one turb. vertikalne FRANCIS 2 x Ø 67 mm.
- 14 - PŁATU MAŠINSKE ZGRADE; kata 368,90.
- 15 - KOMANDA SA 35 KV RAZDOJNIH PŘOSTROJEH.
- 16 - ULAZNA GRADJEVINA TEMELJNOG İSPUISTA
- 17 - VODOZAHATNA KULA sa ZATVARAČNOM TEM. İSPUISTA.
- 18 - TUNEL TEMELJNOG İSPUISTA Ø 2,00; l =
- 19 - ČELIČNI CEVOVD TEM. İSPUISTA Ø 1,400 mm; l =
- 20 - İZLAZ TEMELJNOG İSPUISTA (Hovell-Burger valve)
- 21 - CEVOVD GARANTOVANOG MINIMUMA Ø 600 mm
- 22 - KUKNI AGREBAT
- 23 - TRANSFORMATORI
- 24 - ULAZNA GRADJEVINA TUNELA ZA VODOSNABEVANJE.
- 25 - TUNEL ZA VODOSNABEVANJE Ø 2,00; l = 38,00 m.
- 26 - ČELIČNI CEVOVD U TUNELU ZA VODOSNABEVANJE Ø 1500 mm; l = 85,00 m.
- 27 - RACVA - vodosnabevanje i garantovani minimum
- 28 - ČELIČNI CEVOVD SIROVE VODE (VODOSNABEVANJE) Ø 1400 mm; l =
- 29 - PŘISTUPNI MOST Vodozahatnoj kuti (b=3,30m; l=26,10m)
- 30 - PŁATO NA KOTI 423,60
- 31 - KOMANDA AKUMILACIJE
- 32 - PŘISTUPNI PŁATU KRIHNBREANE (kata 423,60)
- 33 - PŁATU U İNEKCIJONU GALERLJU (levi - desni)
- 34 - DREVAZNO - AERACIONA GALERLJA





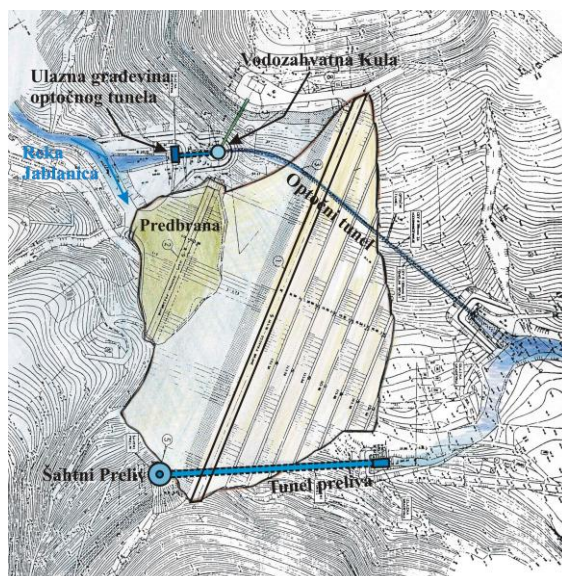
Ulazni portal optočnog tunela 2019. i 2023. Godine



Šahni preliv i vodozahvatna kula (2023)

## Brana Rovni

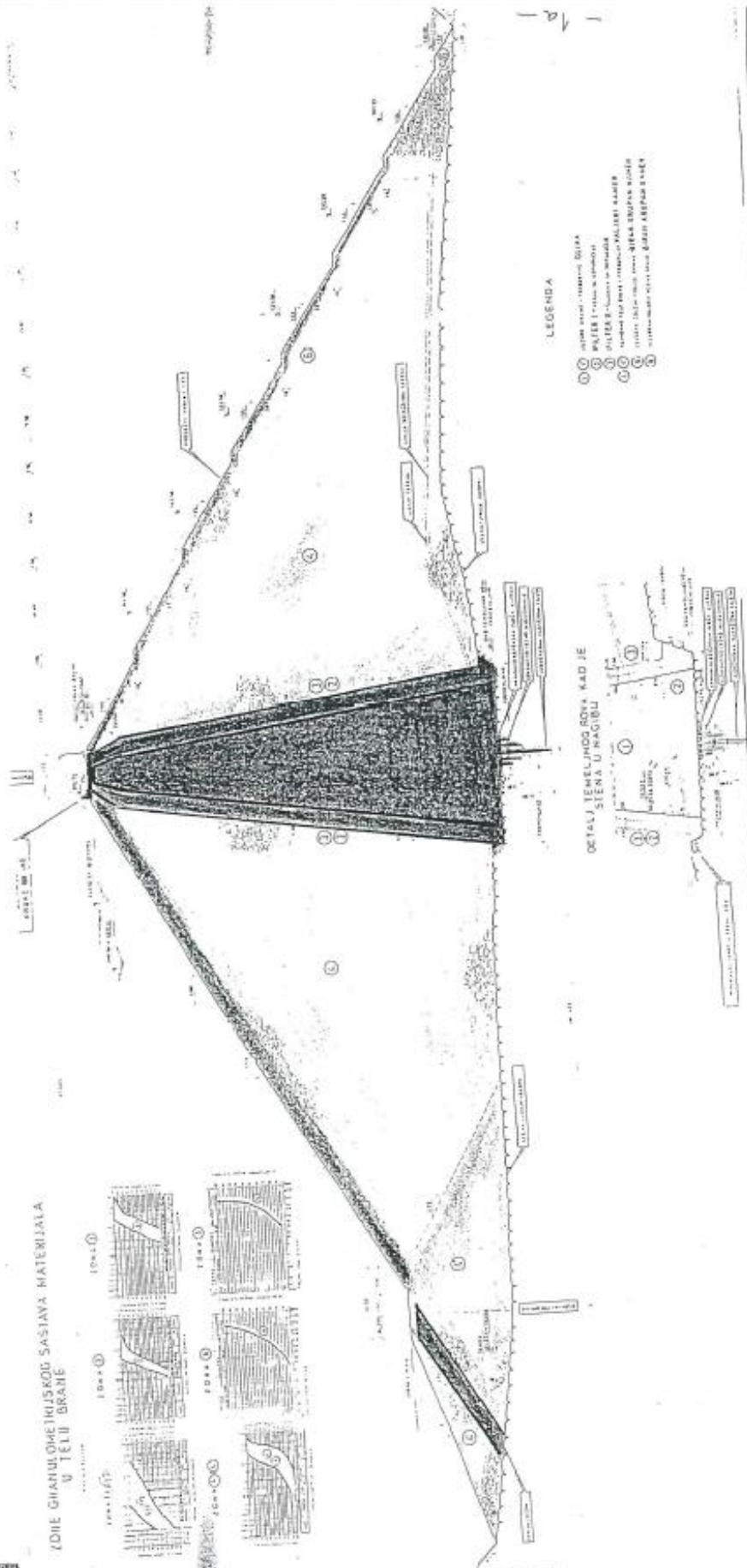
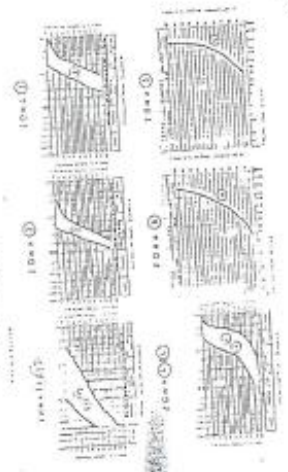
Brana Rovni izgrađena je na reci Jablanici, sastavnici Kolubare, 13 km uzvodno od Valjeva. Namijenjena je za *snabdevanje vodom Valjeva, Lazarevca, Lajkovca, Mionice, Uba, okolnih naselja, REIKa Kolubara, oplemenjivane malih voda, kao i za zaštitu od poplava*. Brana je **nasuta**, od valjanog kamena sa glinenim jezgrom i dva filtarska sloja. Za evakuaciju velikih voda izveden je **šahtni preliv** sa ski odskokom. Prečnik ulaznog levka preliva iznosi 22.0 m, dok je prečnik tunela 5.0 m, debljine zidova 0.4m, a dužina tunela 200 m. **Zahvat** je selektivan (na 9 nivoa), smešten u kuli na levom boku. Kula je kružnog poprečnog preseka, prečnika 6.5 m, građevniske visine 68 m (od toga 40 m iznad nivoa terena). U levom boku je i zahvat temeljnog ispusta. Cev ispusta, kao i cev vodozahvata smeštene su u adaptirani optočni tunel, pošto je ispunio svoju svrhu nakon završetka radova na brani. Optočni tunel je svetlog otvora 3.0 m, debljine obloge 0.35m.



### Osnovni podaci o brani i akumulaciji:

Reka	Jablanica
Najbliži grad	Valjevo
Namena	vodosnabdevanje, zaštita od poplava
Tip brane	Nasuta od kamena sa glinenim jezgrom
Građevinska visina brane	74,5 m
Dužina brane u kruni	430,0 m
Širina u kruni	8,0 m
Nagib uzvodne kosine	1:1,75
Nagib nizvodne kosine	1:1,55
Kota krune brane	363,5 mnm
Kota normalnog uspora	360,0 mnm
Kota maksimalnog uspora	363,0 mnm
Zapremina ugrađenog materijala	1.890.000 m <sup>3</sup>
Zapremina korisnog prostora	49,5 Mil m <sup>3</sup>
Tip preliva, i kapacitet	Šahtni, Q=760 m <sup>3</sup> /s
Projektant	“Energoprojekt”, Beograd
Izvođač	“Hidrotehnika”, Beograd
Korisnik	JPK VS Rovni
Godina završetka građenja	2016

ZDIE CHARUKHEIMSKOG SASIAYA MATERIJALA  
U TELU BRABE



LEGENDA

- ① zidanje - kameni zid
- ② zidanje - kameni zid
- ③ zidanje - kameni zid
- ④ zidanje - kameni zid
- ⑤ zidanje - kameni zid
- ⑥ zidanje - kameni zid

DETALJ TEMELJNOG ROVA KAD JE  
DETALJ SIENA U NAGIBU





Brana i akumulacija Rovni



Temeljni ispust pri otvorenosti zatvarača od 5% (2023)