

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

45. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2016

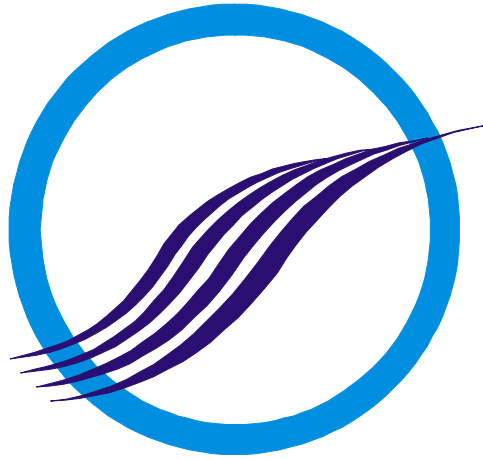
The 45th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

“WATER 2016”

Conference Proceedings



Zlatibor, 15. – 17. jun 2016.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija, Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Dr Dubravka REGNER, N.sav., dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Mr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

250 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082)
556.11(082)
628.3(082)
628.1(497.11)(082)
574.5(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (45 ; 2016 ; Златибор)

Voda 2016 : zbornik radova 45. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Zlatibor, 15.-17. jun 2016. = Water 2016 : Conference Proceedings 45th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [organizator] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu " Jaroslav Černi", Beograd ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2016 (Zemun : Akademska izdanja). - XI, 529 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Radovi lat. i ćir. -Tiraž 250. - Str. XI:
Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-916753-3-2

a) Воде - Зборници b) Отпадне воде - Зборници c) Снабдевање водом - Србија - Зборници d) Хидробиологија - Зборници
COBISS.SR-ID 223890700

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

ZBORNİK RADOVA

45. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

VODA 2016

*45TH ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2016"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Zlatibor, 15. - 17. jun 2016.

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (CONFERENCE ORGANISERS):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd), u saradnji sa
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) i
JKP "Vodovod Užice"

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (ORGANIZING COMMITTEE):

KOPREDSIEDNICI: Ljubica SUBOTIĆ, dipl.inž.tehn., Užice
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

ČLANOVI:

Nataša MILIĆ, dipl.inž.sum. Beograd
Mirko ADŽIĆ, dipl.ecc, Novi Sad
Goran PUZOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Svetozar VESELINOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Miodrag MILOVANOVIĆ, dipl.inž.gradj., Beograd
Mr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.građ.inž., Beograd
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Petar MANZALOVIĆ, dipl.inž.maš., Kladovo
Dragan MAKSIMOVIĆ, dipl.inž.građ., Kladovo
Duško LJUJIĆ, dipl.inž.maš., Užice
Milan NIKOLIĆ, dipl.gradj.inž., Užice
Rade JOVANOVIĆ, dipl.inž.elek., Čajetina
Miloje LUKOVIĆ, dipl.inž.elek., Čajetina
Mr Bratislav STIŠOVIĆ, dipl.inž.grad., Beograd
Mladen RADOJIČIĆ, dipl.inž., Kruševac
Dr Mirko ĐUROVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Dr Pavle ĐURAŠKOVIĆ, dipl.hem, Podgovrica-Crna Gora
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje-R. Srpska-BiH
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.tehn., Bijeljina-R. Srpska-BiH

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (SPONSORED BY):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije, Beograd
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd
- Saobraćajni institut CIP, Beograd

POVEĆANJE KAPACITETA PRELIVA NA BRANI „SELIŠTE”

Božidar Batinić, Dragutin Pavlović, Anja Randelović

Građevinski fakultet (GF), Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd
Email: dpavlovic@grf.bg.ac.rs, anja@hikom.grf.bg.ac.rs

REZIME

Radi povećanja raspoložive zapremine javila se potreba za nadvišenje brane i akumulacije Selište na reci Zgrži, na Goču, u blizini Vrnjačke Banje. Izborom čunastog preliva za rekonstrukciju postojećeg, povećana je značajno dužina prelivne ivice a time i prelivni kapacitet sa što je moguće manjom visinom prelivnog mlaza. Time je maksimizovano povećanje korisne zapremine akumulacije u okviru dozvoljenog nadvišenja. U radu je prikazano postojeće stanje, koncept rešenja, hidraulički proračun i predloženo rešenje.

KLJUČNE REČI: akumulacija, preliv, nadvišenje

INCREASE OF “SELIŠTE” DAM WEIR CAPACITY

ABSTRACT

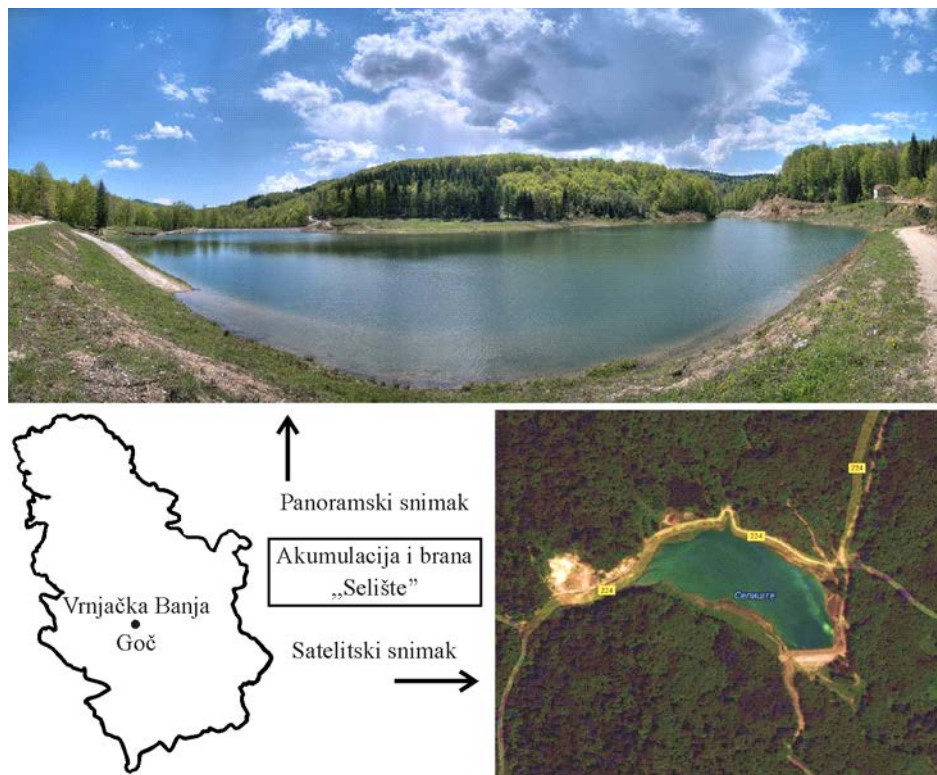
Increase of the storage capacity of Selište reservoir on the Zgrža stream on mountain Goč in the vicinity of the city of Vrnjačka Banja, has to be achieved by an increase of the dam's existing structures. The labyrinth weir is a good choice due to a substantial increase in the weir crest length, while keeping the overflow head low. The use of the labyrinth weir additionally achieves the maximization in the storage capacity. This paper presents the existing state of dam, overtopping design concept, hydraulic calculation and proposed design.

KEY WORDS: reservoir, weir, overtopping

UVOD

Brana i akumulacija Selište nalaze se na reci Zagrži, na Goču, u blizini Vrnjačke Banje (Slika 1). Brana je nasutog tipa sa glinenim jezgrom. Investitor izgradnje je bila JP „Beli Izvor” - Vrnjačka Banja. Projektanti su „Beoinženjering”, Beograd (idejni projekat 1992.

godine) i „Morava projekt MD, Smederevska Palanka i „Hidroprojekat-vodoprivreda”, Beograd, (glavni projekat, 1995. godine) (Mihajlović, 2007; JP „Beli Izvor”, 2015). Izgradnju su započeli 2000. godine VP „Srbija vode” iz Beograda i „Gradnja-inženjering” iz Smederevske Palanke (prekinuta krajem iste godine), a nastavilo i završilo 2005. godine VP „Ćuprija” iz Ćuprije.



Slika 1. Brana i akumulacija „Selište” – panoramski i satelitski snimak, položaj na karti Srbije.
Figure 1. „Selište” Reservoir and Dam – Panoramic and satellite view, location on the map of Serbia.

Akumulacija „Selište” ima trenutnu korisnu zapreminu od 380.000 m³ i projektovana je da obezbedi potrošnju do 80 L/s u toku letnje turističke sezone. Kvalitet vode kojom se puni akumulacija „Selište” spada u prvu kategoriju, što je od značaja za Vrnjačku Banju kao zdravstveno-lečilišni centar. Sistem je namenjen i da može da obezbedi vodu i za redovno snabdevanje za slučaj kada su veliki sistemi iz bilo kog razloga isključeni iz pogona. Takođe je predviđeno da se objekat brane-akumulacije „Selište” koristi spregnuto sa regionalnim sistemom za snabdevanje vodom RVS „Lopatnica”, podsistem „Studenica”.

Radi povećanja raspoložive zapremine u akumulaciji, u smislu njene uloge u vodoprivrednim planovima, pojavila se potreba da se izvrši nadvišenje brane i preliva za 2 m u odno-

su na kotu za merodavnu računsku veliku vodu. Samim tim potrebno je i povećati kapacitet preliva kao glavnog elementa sigurnosti brane. Prostorna ograničenja nametnula su, međutim, potrebu da se moguće povećanje kapaciteta preliva izvede u okviru povećanja dužine prelivne ivice postojećeg preliva, bez povećanja kote krune brane.

PRELIV – POSTOJEĆE STANJE

Evakuacija velikih voda iz akumulacije vrši se preko prelivnog organa izvedenog na levom boku akumulacije na oko 45 metara uzvodno od profila brane. Preliv uz branu „Selište” se sastoji od:

- čeonog prelivnog praga, praktičnog profila sa kotom prelivne ivice na 959,98 mm, dužina prelivne ivice iznosi 25,43 m i u obliku je kružnog luka poluprečnika 24,94 m sa centralnim uglom 58°,
- prelazne deonice dužine 15 m, širine 22,52 m na početku ispod prelivnog praga, a na kraju deonice, odnosno na početku brzotoka, 8,02 m,
- brzotoka nizvodno od prelazne deonice, dužine 10,4 m, podužnog pada 29,8%, širine u dnu oko 8m, sa završetkom (izlazom iz brzotoka) u obliku ski skoka.

Preko krune brane napravljen je asfaltni put na koti 962,95 mm. Glineno jezgro je izvedeno do kote 962,38 mm. Na slici 2 prikazana je osnova izvedenog stanja preliva.

Postojeći preliv je, prema Glavnom projektu – Hidrološke podloge, izveden prema ulaznom hidrogramu merodavnih voda sledećih karakteristika:

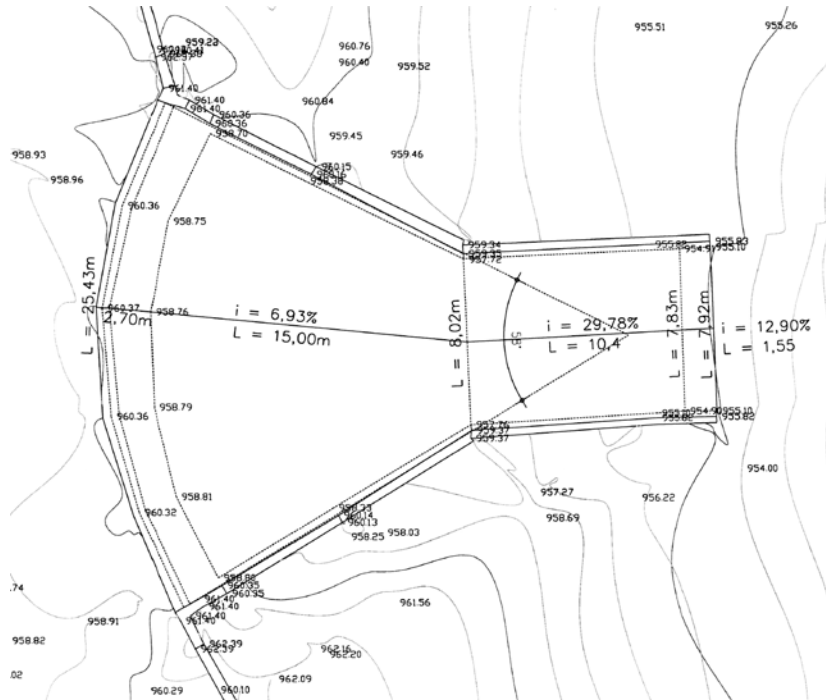
- merodavna računaska velika voda $Q_{10000}=62,9 \text{ m}^3/\text{s}$,
- kontrolna računaska velika voda $Q_{VPV}=80,6 \text{ m}^3/\text{s}$,
- trajanje grane porasta hidrograma $T_P=1,8 \text{ h}$,
- trajanje opadajuće grane hidrograma $T_R=2 \text{ h}$.

PRELIV – KONCEPCIJA POVEĆANJA KAPACITETA

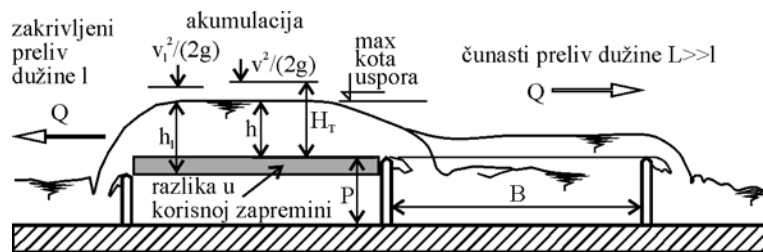
Da bi se dobila što viša kota prelivne ivice, a time i veće povećanje korisne zapremine akumulacije, a da se ostane u širinskim gabaritima postojećeg preliva, kao ideja vodilja ka koncepciji rešenja nametnula se zamisao o povećanju dužine prelivne ivice. Ovakve uslove zadovoljava takozvani čunasti preliv (slični su izvedeni na prelivu brane HE „Radojna” na reci Uvac). Na Slici 3 prikazana je načelna razlika u povećanju korisne zapremine (osenčen pravougaonik u centri slike) ako se umesto preliva manje dužine l (levo) uporebi preliv veće dužine prelivne ivice odnosno $L \gg l$ (desno) za propušanje istog merodavnog protoka Q .

Na slici 4 prikazane su razne verzije čunastih preliva. Pošto je postojeći preliv imao zakrivljeni oblik (deo kružnog luka), kao logičan izbor vrste čunastog preliva bio je verzija (c), odnosno zakrivljeni čunasti preliv projektovan (izdužen) u akumulaciju (nizvodna anvelopa preliva poklapa se sa prelivnom ivicom postojećeg preliva). Ova konfiguracija omogućava dobre prilazne uslove toka u hidrauličkom smislu, a i pogodne uslove za konstrukcionu stabilnost nadograđenog objekta. Inače, segmenti čunastih preliva mogu biti u obliku trougla (kao na slici 4), trapezni, pravougaoni sa oštrim ili zaobljenim ivicama, Mogu se po-

staviti u toku, verzije (a) i (d), ili na izlazu iz akumulacije uvučeni (d – ravno, c – zakrivljeno ka jezeru), izbačeni ka brzotoku (krilni zidovi, e – oštar lom, f – zakrivljeni).

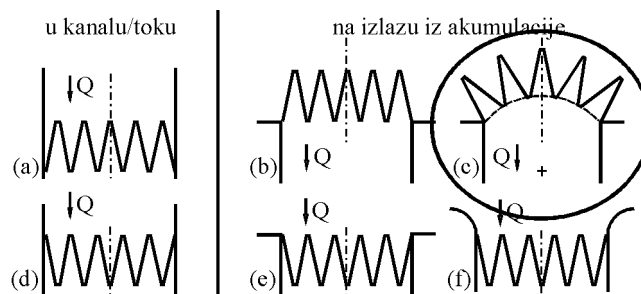


Slika 2. Brana „Selište” – postojeći preliv sa ulazom u brzotok (sleva udesno).
Figure 2. „Seliste” Dam – present weir with the spillway entrance (left to right).



Slika 3. Hidraulička shema postojećeg (levi deo) i budućeg stanja (desni deo).
Figure 3. Hydraulic scheme of present (on the left) and future weir (on the right).

Radi pomoći u izboru rešenja preлива u smislu maksimizacije povećanja korisne zapremine pri nadvišenju brane i preлива, izvršeno je geodetsko snimanje prostora akumulacije (površine i zapremine) za kote preko 960 mm gde su dobijeni rezultati kao u Tabeli 1.



Slika 4. Tipovi čunastih preliva – shematski prikaz dispozicija.
Figure 4. Types of labyrinth weirs layouts.

Tabela 1. Akumulacija „Selište” - kriva površine i zapremine akumulacije iznad kote 960 mm.
Table 1. „Selište” reservoir – Storage volume over 960 masl water stage.

Kota nivoa vode [mm]	A [ha]	ΔV [10 ³ m ³]	V [10 ³ m ³]
960,0	58,183		382,0
960,5	60,702	29,721	411,7
961,0	63,619	31,080	442,8
961,5	68,845	66,232	509,1

HIDRAULIČKI PRORAČUN - PRORAČUN MAKISMALNOG USPORA AKUMULACIJE I PROTOKA NA PRELIVU

Rekonstrukcija preliva predviđa nadvišenje prelivne ivice radi povećanja korisne zapremine. Potrebno je da se ispuni standard SRPS U.C5.020:1980 koji zahteva 2m nadvišenja brane u odnosu na kotu merodavne velike vode. Za potrebe proračuna iz prethodnog Glavnog projekta preuzet je ulazni hidrogram, $Q_{10000}=62,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{VPV}=80,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_p=1,8 \text{ h}$ i $T_R=2 \text{ h}$.

Za određivanje visine prelivnog mlaza i dužine prelivne ivice potrebno je izvršiti proračune transformacije računskog poplavnog talasa koji nailazi na do prelivne ivice punu akumulaciju. Kriva zapremine akumulacije data je kao u Tabeli 1. U odlučivanju kolika da bude dužina prelivne ivice rekonstruisanog preliva (pod pretpostavkom poprečnog preseka praktičnog profila), došlo se do dužine preliva od 67,74 m. Ovaj dužini preliva odgovara visina prelivnog mlaza $H_i=0,55 \text{ m}$, sa koeficijentom proticaja $C_{p0}=0,49$ i protokom od $55,97 \text{ m}^3/\text{s}$. Za druge visine prelivnog mlaza koeficijent preliivanja se računa po izrazu

$$C_p / C_{p0} = 0,777 + (2,96(H / H_r)^{0,76}) / (10,69 + 2,58(H / H_r)^{0,76}) \quad (1)$$

Potrebna dužina od 67,74 m je postignuta sa dva čunasta preliva na krajevima čeonog. Kota prelivne ivice se diže na 961,25 mm. Proračunom transformacije poplavnog talasa dobijeni su izlazni proticaji $Q_{10000,izl}=60,58 \text{ m}^3/\text{s}$ sa $H_p=0,55 \text{ m}$ i $Q_{VPV,izl}=77,9 \text{ m}^3/\text{s}$ sa $H_p=0,65 \text{ m}$.

Merodavna računska velika voda daje kotu prelivnog mlaza, odnosno kotu maksimalnog uspora 961,8 mm što obezbeđuje nadvišenje brane od 2 m u odnosu na kotu za merodavnu računsku veliku vodu. Kontrolna računska velika voda daje kotu prelivnog mlaza (maksimalnog uspora) 961,9 mm, pa je nadvišenje brane 1,95 m. Time je obezbeđeno da za ekstremno velike poplavne talase ne dođe do preliivanja preko krune brane.

HIDRAULIČKI PRORAČUN - PRORAČUN NIVOA VODE NA PRELIVU

Izabrana konfiguracija za rekonstrukciju preliiva uz branu „Selište“ se sastoji od čeonog preliiva u sredini i dva čunasta preliiva na ivicama čeonog ukupne dužine prelivne ivice 67,74m na koti 961,25mm. Ostali elementi prelivnog sistema ostaju isti. Treba ispitati potopljenosti (a) samog preliiva zbog suženja prelazne deonice i (b) čunastih preliiva, za Q_{10000} od $60,58\text{m}^3/\text{s}$ (retenzioni merodavni proticaj) i za $Q_{vpv}=77,9\text{m}^3/\text{s}$ (retenzioni kontrolni računski proticaj). Obim prostora za članak ne dozvoljava navođenje detalja proračuna. Prikazani su glavni rezultati proračuna rađeni prema metodama iz literature (Batinić, 1995; Chow, 2009; Idelchik, 2005).

Potopljenost čeonog preliiva (postojeći preliv) može nastati zbog suženog brzotoka čija širina iznosi oko 8m. Kritične dubine na početku brzotoka sračunate su iz uslova za Frudov broj $Fr=1$ (približno) – Tabela 2.

Tabela 2. Rezultati proračuna kritične dubine na početku brzotoka za protoke Q_{10000} i Q_{vpv} .
Table 2. Critical depths at spillway entrance for Q_{10000} i Q_{vpv} .

h_{kb} [m]	B [m]	A [m ²]	A^3 [m ³]	Q [m ³ /s]	Fr [-]	h_{kb} [m]	B [m]	A [m ²]	A^3 [m ³]	Q [m ³ /s]	Fr [-]
1,77	8,57	14,68	3163,0	60,58	1,013	2,09	8,67	17,44	5301,1	77,90	1,011
1,78	8,57	14,76	3218,7	60,58	0,996	2,10	8,67	17,52	5380,5	77,90	0,997

Rezultati proračuna konjugovane dubina za hidraulički skok h_{kp}'' , na početku prelazne deonice za predviđeno rešenje rekonstrukcije dati su u Tabeli 3.

Tabela 2. Rezultati proračuna konjugovane dubine za hidraulički skok h_{kp}''
na početku prelazne deonice za protoke Q_{10000} i Q_{vpv} .
Table 2. Hydraulic jump conjugate depth h_{kp}'' at the entrance
to spillway transition section calculated for Q_{10000} i Q_{vpv} .

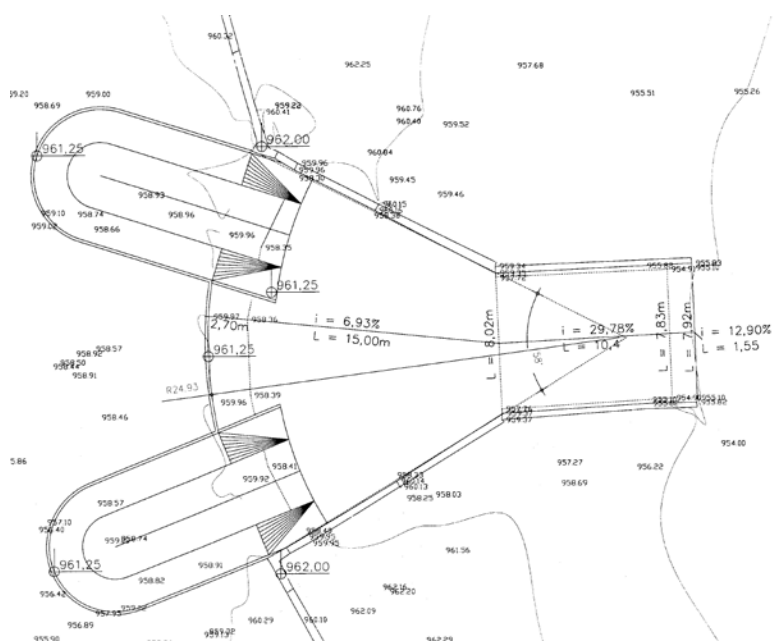
h_{kb} [m]	B [m]	A [m ²]	A^3 [m ³]	Q [m ³ /s]	Fr [-]	h_{sp} [m]	h_{sp}'' [m]
0,90	22,52	20,27	8325,9	60,58	1,012	0,38	1,78

Konjugovana dubina iznosi $h_{sp}'' = 1,78\text{m} < h_p = 1,93\text{m}$, pa je skok potopljen. Kako je nivo vode na početku prelazne deonice na koti $958,38+1,93=960,31\text{mm} < 961,25\text{mm}$, manji od kote krune preliiva, preliv nije potopljen.

PRELIV – PRDLOŽENO REŠENJE

Da bi se dobila što viša kota prelivne ivice, i veća korisna zapremina rekonstruisane akumulacije, čunastim prelivom se povećava dužina prelivne ivice i smanjuje visina prelivnog mlaza. Na kruni brane se predviđa ojačanje u vidu armirano betonskog praga kao i postavljanje parapetnog zida – valobrana. Prag se postavlja/sidri oko 15 cm u glineno jezgro. S obzirom na kotu krune brane, vrh valobrana je na koti 963,85 mm. Valobran se produžava levo i desno od krune brane do useka u tern na višoj koti. Rekonstrukcija preliava se sastoji u podizanju prelivne ivice na koti 961,25 mm i produženju prelivne ivice izgradnjom dva čunasta preliava na ivicama postojećeg čeonog. Ukupna dužina rekonstruisane prelivne ivice iznosi 67,74 m (stara je bila duga 25,43 m).

Čunasti preliv se sastoji iz dva paralelna preliava na rastojanju od 8 m. Ka akumulaciji je preliv polukrug poluprečnika 4 m. Prelivena voda se odvodi sabirnim kanalom širine 4 m u dnu. Konture preliava je praktičnog profila, pa sabirni kanal duž bočnog dotoka ima približno trapezni poprečni presek. Sabirni kanal se, na kraju bočnog dotoka, sužava i menja poprečni presek od trapeza u pravougaonik. Na slici 5 data je osnova rekonstrukcije preliava.



Slika 5. Predloženo rešenje čunastog preliava, nadvišenje postojećeg preliava.

Figure 5. Proposed design of labyrinth weir, overtopping old weir.

Kontura poprečnog preseka preliava je praktičnog profila formirana za prelivni mlaza od 0,55 m. Za proračun transformacije računskog poplavnog talasa je koriste se površina akumulacije i odgovarajuće zapremine akumulacije za kote iznad 960 mm. Transformisani poplavni talas ima protok $Q_{10000}=60,58 \text{ m}^3/\text{s}$ i visinu prelivnog mlaza $H_{P,10000}=0,55 \text{ m}$,