

1960 - 1985

DVADESETPETA OBLJETNICA
H.E. „PERUČA” - SINJ



Redakcijski odbor:

DRAŽEN VRDOLJAK, dipl. ing.

PAVLE ANDRIČEVIĆ, dipl. ing.

IVAN ANIČIĆ-ČOLO, dipl. ing.

PETAR PIJEVIĆ, dipl. ing.

Glavni i odgovorni urednik:

IVAN ANIČIĆ-ČOLO, dipl. ing.

*Tehnički urednik — kreacije i
likovna obrada:*

MARKO FILIPOVIĆ-JOKIN

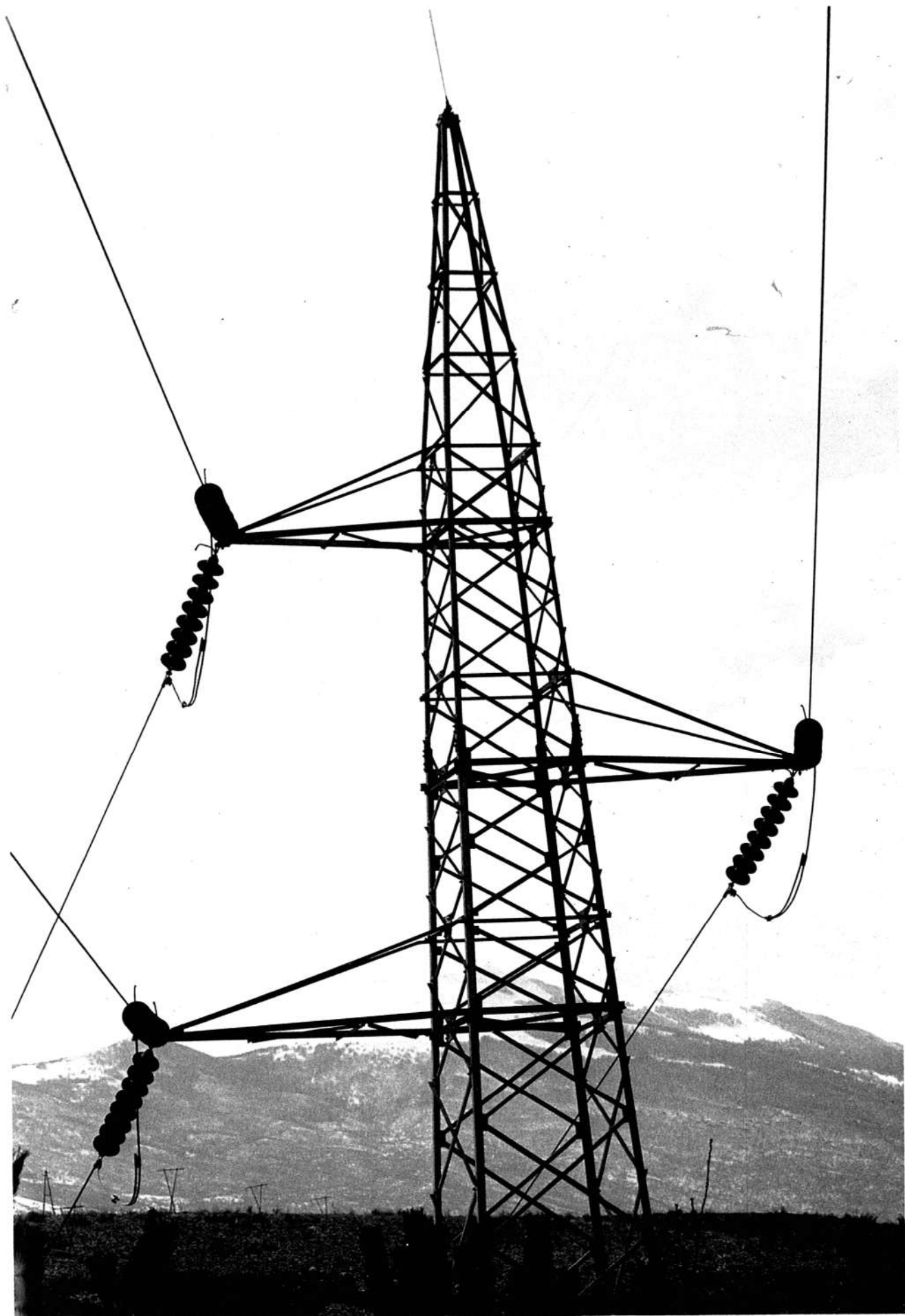
Lektor Korektor:

Prof. ŽELJKA JURAŠIN

Izdavač: OOUR H E PERUČA
SINJ

Tisak:

NITRO »Slobodna Dalmacija« — Split



UVODNA RIJEČ

Proučavanje vodnih potencijala dalmatinskih rijeka Cetine i Krke u svrhu energetskog korištenja vrši se već cijelo stoljeće. Istraživanja i studiranja ovih prirodnih resursa, već su krajem prošlog stoljeća dokazala znatne pogodnosti za izgradnju elektroenergetskih objekata na ovim vodotocima i zainteresirala strani kapital za izgradnju hidroelektrane. Kao rezultat ovih proučavanja javljaju se i prve dalmatinske elektrane. Manojlovac (1906) i Gubavica, sadašnji Kraljevac (1912) koja je dugo vremena bila najveća centrala na Balkanu. Sadašnju hidroelektranu Kraljevac izgradio je strani kapital (domaćeg nije ni bilo) s ciljem da sa što manje uloženi sredstava izvuče što veću korist. Elektrana je izgrađena bez akumulacije, uprkos činjenici da Cetina ima sve karakteristike bujičnog toka, tako da ova centrala predstavlja tipičan primjer, za ono vrijeme neprivrednog, a za današnje vrijeme eksploatorskog načina korištenja voda Cetine.

Nakon oslobođenja zemlje i završetka II svjetskog rata planira se brza industrijalizacija naše zemlje. Nagli poslijeratni privredni razvoj i elektrifikacija nisu se mogli ni zamisliti bez odgovarajuće i solidne energetske baze a naročito elektroenergetike. Neposredno poslije oslobođenja pristupa se studijskim istraživanjima varijantnih rješenja izgradnje akumulacije na rijeci Cetini, radi izravnjanja voda i ekonomičnijeg korištenja u energetske svrhe.

Poslije razrade sveobuhvatne problematike vezane za izgradnju velikih akumulacija, godine 1951. donešena je odluka o gradnji akumulacijskog jezera uzvodno od Hrvatačkog polja. Ovakvim rješenjem vrši se ne samo godišnje izravnjanje toka Cetine, nego i zaštita nizvodnih krških polja (površine oko 15.000 ha) od dugotrajnih poplava.

Nakon ove odluke izvršena su obimna geološka, hidrološka, hidrogeološka, geomehanička i druga potrebna istraživanja s ciljem, da se riješe sva sporna i nedovoljno jasna pitanja vezana uz izgradnju ove akumulacije u krškom terenu.

Zahvaljujući stručnosti, ponekad i samouvjerenosti naših stručnjaka i novim postavkama, koje su se temeljile na rezultatima prethodnih istraživanja i studija ovog područja, razrađena je koncepcija izgradnje akumulacijskog jezera i riješena je u to vrijeme skoro nepoznata i nova problematika vododrživosti ovako velike akumulacije u izrazito nepovoljnim geološkim uvjetima krša.

Ostvarivanje ove akumulacije izgradnjom nasute brane i injekcione zavjese, bilo je povezano s velikim poteškoćama koje su se u to vrijeme i u pojedinim slučajevima činile skoro nepremostivima, ali koje su uspješno prebrođene: pomanjkanje opreme i dijelova za mehanizaciju, otežana a mjestimično mukotrpna bušenja, određivanje sastava injekcione smjese i parametara injektiranja u složenim uvjetima podzemlja a iznad svega pomanjkanje iskustva kod gradnje sličnih objekata. Izgradnja ovog objekta je dakle bio pionirski poduhvat, za ono vrijeme jedinstven i prvi u našoj zemlji, a po veličini i koncepciji među prvima u svijetu. Za vrijeme relativno kratkotrajne gradnje ovog jedinstvenog objekta uspješno je riješen cijeli niz složenih, manje poznatih i nepoznatih problema, tako da je izgradnja brane i realizacija akumulacijskog jezera u datim uvjetima bio i ostao veliki uspjeh naših projektnih organizacija, izvođača radova i isporučioća opreme. Praktična škola gradnje ovog objekta ovdje na gradilištu Peruće je uspješno završena, a našim graditeljima su otvorena vrata za radove u inozemstvu, što su oni uspješno iskoristili. Usprkos nedoumicama i sumnjama i među stručnjacima, naročito u inozemstvu, ova akumulacija i hidroelektrana žive preko četvrt stoljeća na zadovoljstvo svih učesnika u izgradnji i njenom korištenju.

Sve postavke iz projektne dokumentacije potvrđene su u toku proteklih 25 godina eksploatacije i 27 godina praćenja akumulacije, tako da smo ponosni što smo dobili ovakav objekt na korištenje. Ponosni mogu biti i svi oni koji su učestvovali u izučavanju, projektiranju, izvođenju radova i isporuci opreme za ovu hidroelektranu. Ne možemo, a da ovom prilikom ne izrazimo zahvalnost kako izvođačima i isporučiocima opreme na stručno izvedenim poslovima tako i svim projektantima na stručnosti, ozbiljnosti, samoprijegoru i odgovornosti kod studiranja i projektiranja ovog objekta.

Zahvaljujemo svima koji su s nama gradili objekt koji je i nakon 25 godina pogona zadržao sve projektirane veličine i ispoljio veliku pogonsku spremnost i sigurnost opreme u pogonu.

Obilježavajući 25 godina rada HE Peruča i 27 godina postojanja akumulacijskog jezera zahvaljujemo se i autorima stručnih priloga, koje objavljujemo u ovoj ediciji.



Ivan Aničić-Čolo, dipl. ing.
zamjenik direktora

OOOR HE »PERUČA« — SINJ

S A D R Ž A J

	Str.
Karakteristike akumulacije i hidroelektrane Peruča	11
B. Pavlin: Akumulacija Peruča	13
E. Nonweiller, Š. Matošević: Nasuta brana Peruča, rezultati osmatranja . . .	21
S. Klak, V. Petković: Određivanje pomaka brane i klizišta HE Peruča geodetskim metodama	26
K. Begović: Konceptija rješenja elektrostrojarskog dijela HE Peruča sa stanovišta današnje tehnologije	30
I. Aničić-Čolo: Postrojenja HE Peruča u 25. godišnjem radu	33
P. Pijević: HE Peruča u elektroenergetskom sistemu	41
N. Bašković: Neke mogućnosti energetskeg korištenja gornjeg toka Cetine . .	45
P. Andričević: Utjecaj akumulacionih jezera na čovjekovu okolinu	52
T. Grabovac: Društveno samoupravljanje	57
Važniji događaji u toku gradnje i pogona HE Peruča	58

KARAKTERISTIKE AKUMULACIJE I HIDROELEKTRANE PERUČA

Akumulacijsko jezero

Uspor:

najveći radni	360,00 mm
najveći preljevni	361,20 mm
najmanji radni	325,00 mm
Volumen: kod najvećeg uspora	541,249 hm ³
Površina: kod najvećeg uspora	20 km ²
Dužina: kod najvećeg uspora	20 km

Brana i zavjesa

Iskop:

temelja brane	43.048 m ³
temelja galerije	45.387 m ³
Volumen brane:	874.097 m ³
od toga: kameni nasip	709.559 m ³
filterski slojevi	46.976 m ³
glinena jezgra	105.023 m ³
beton galerija	12.539 m ³

Visina brane u profilu Cetine	63 m
Širina brane u profilu Cetine	220 m
Duljina na kruni brane	450 m

Volumen akumulacije:
volumen brane 630:1

Evakuacioni organi kod
uspورا 361,20 mm;

— preljev	340 m ³ /s
— temeljni ispust	220 m ³ /s

Dužina zavjese 1.600 m

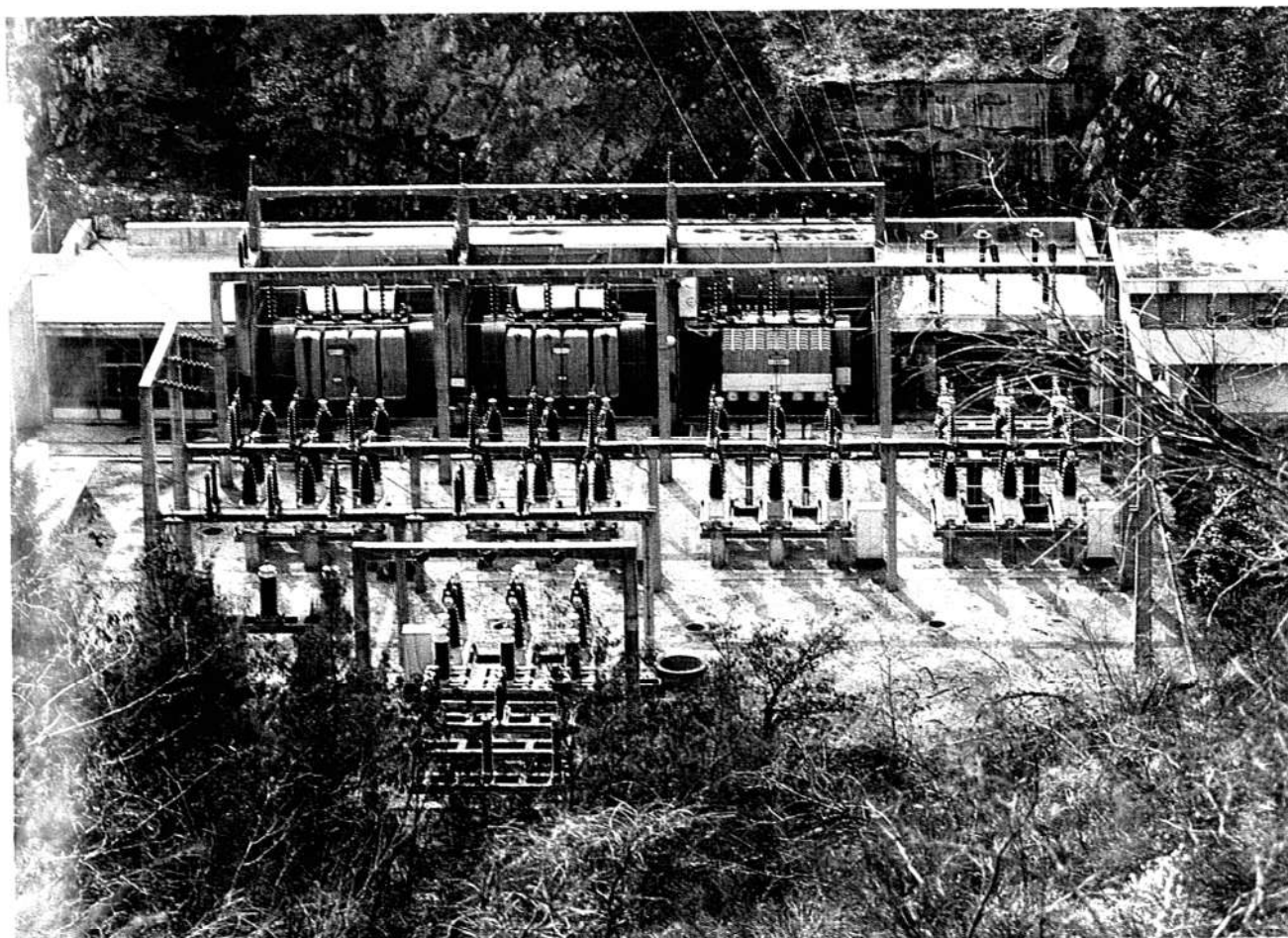
Najveća dubina injektirane
bušotine 200 m

Duljina bušotina 164.000 m

Ukupna dužina injektiranih
bušotina 140.000 m

Utrošak suhe tvari: 51.394 t

od toga: glina 35.144 t



Pogled na razvodno postrojenje



Razlomljeni kamen u temelju brane

cement	14.492 t	Faktor snage	0,8
bentonit	1.260 t	Instalirana snaga elektrane	41,6 MW
soda	282 t	Veličina izgradnje	2 x 60 m ³ /s
dolomitni pijesak	216 t	Broj okretanja turbine	187,5 min ⁻¹
Hidroelektrana:		Težina: jedne turbine	460 t
Uspor donje vode		jednog predturbinskog	
(kod Q = 60, 120 i 280 m ³ /s)	304,06/304,86/306,30 mm	zatvarača	111 t
Konstruktivni pad	41 m	tlačne cijevi i račve	183 t
Srednji energetske ekvivalent	0,089 kWh/m ³	hidromehaničke	
Broj agregata	2	opreme	545 t
Snaga turbine	21,3 MW	Godišnja srednja proizvodnja	120 GWh
Prividna snaga generatora	26 MVA	Godišnji srednji dotok	42 m ³ /s
		Godišnje srednje ispuštanje	1,330 hm ³

AKUMULACIJA PERUČA

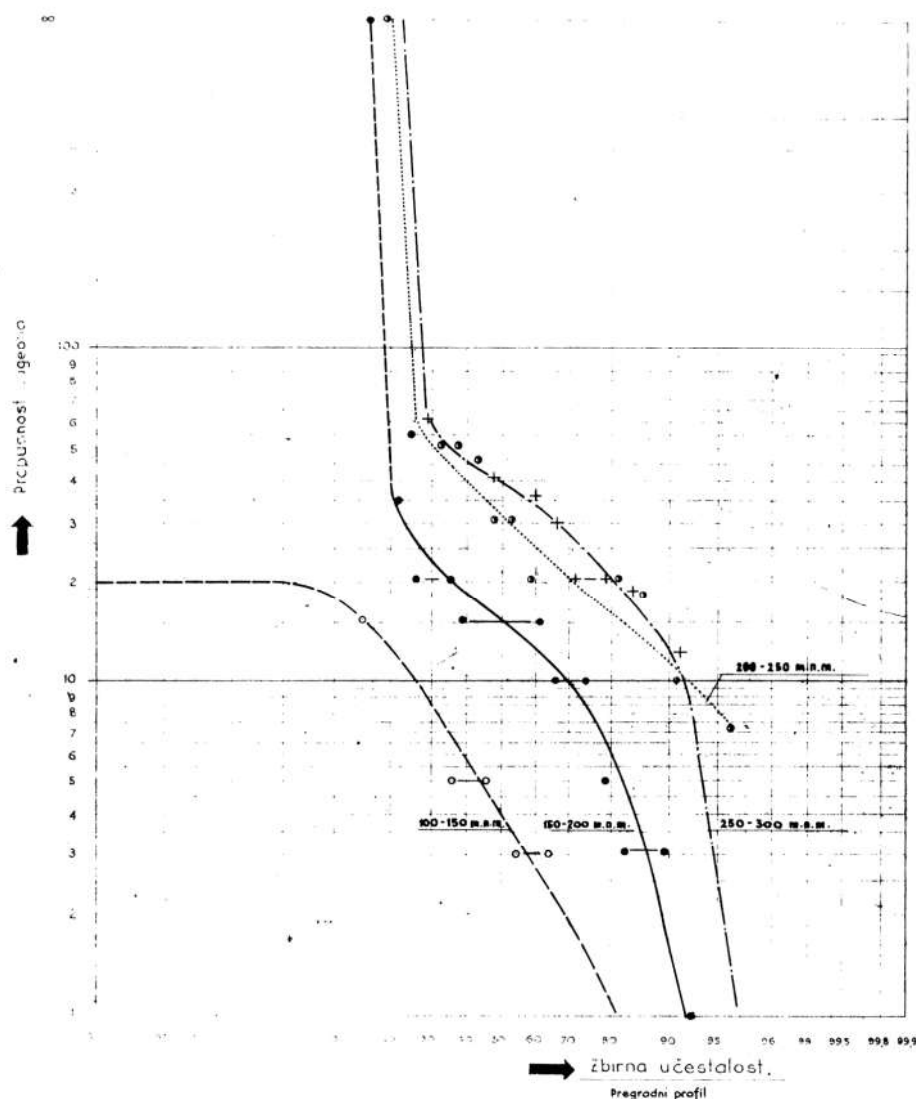
Ranijih decenija u vrijeme kada su za projekte hidrotehničkih postrojenja skromno korištene geološke podloge, vladalo je mišljenje da se usporavanje vode za takva postrojenja u kraškom terenu ne mogu ostvariti, što više da bi potapanje krških izvora uzrokovalo da oni izgube vodu. Neuspjesi kod ostvarenja takvih postrojenja uzimani su za dokaz takvog stava, umjesto da se takvi neuspjesi pripisuju tehničkim

rješenjima koja su donesena bez odgovarajućih geoloških i geotehničkih podloga.

Sve veća potreba za što potpunije i što ekonomičnije korištenje energetskeg potencijala vodotoka i za druge potrebe doveli su do sve većeg korištenja geologije i odgovarajućih istražnih radova za postizanje podloge za iznalaženje tehničkih rješenja za savladavanje poteškoća uslijed nepovoljnih geoloških pa i kraških pojava.



Sl. 1. Situacija šireg sliva Cetine



Sl. 2. Propusnost u zavisnosti od dubine bušotina

Već u prvim decenijama ovog stoljeća u našoj zemlji su na hidroenergetski potencijalnim slapovima kraških vodotoka Krke i Cetine izgrađene hidroelektrane: Manojlovac, Roški Slap, Skradinski Buk te Kraljevac, koje spadaju među prva hidroenergetska postrojenja u Evropi. S obzirom na izneseno zahvati tih postrojenja nisu znatnije povisili vodostaj vodotoka koji su korišteni.

Pokret za elektrifikaciju naše zemlje je nakon oslobođenja obuhvatio i aktivnost za korištenje znatnih hidroenergetskih potencijala naših krških terena. Poduzeta su temeljita i opsežna geološka i hidrogeološka istraživanja te istražni radovi, pa su njihovi rezultati omogućili iznalaženje uspješnih rješenja za korištenje tih hidroenergetskih potencijala.

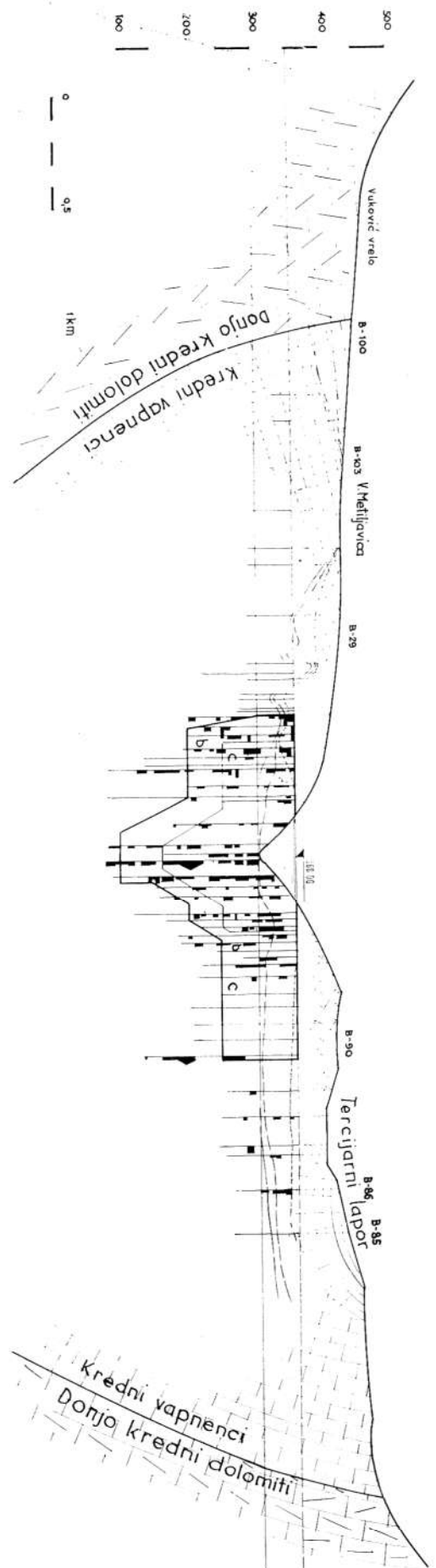
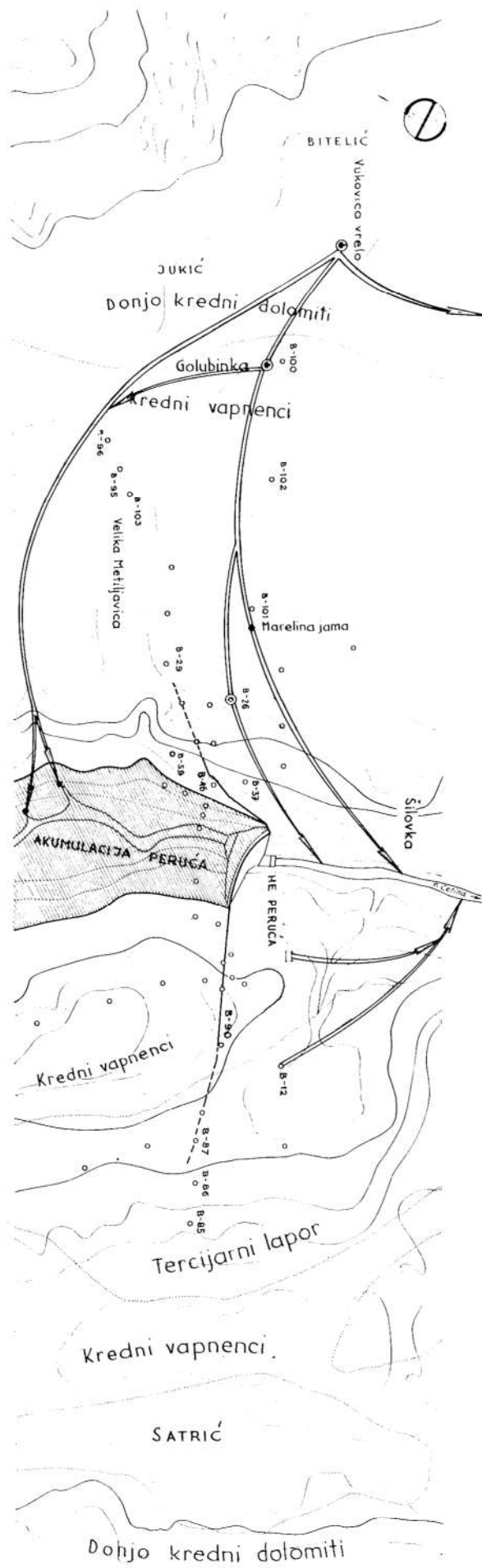
Akumulacija Peruče je u uzvodnom toku rijeke Cetine, na koti 300 mnm. Uspor je 60 metara. Svojim volumenom od 541 milijun m³ ona vrši vodno izravnanje za korištenje energetskog potencijala Cetine koji iznosi više od 2,7 milijardi kWh, a ujedno zaštićuje od poplava nizvod-

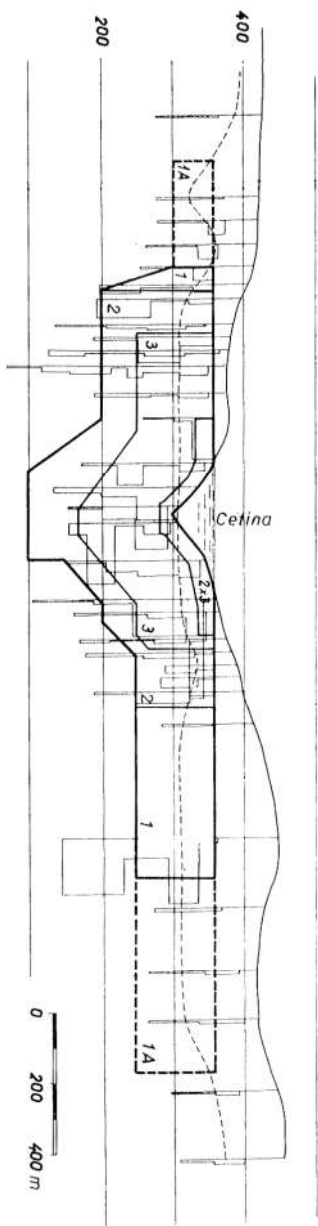
no Hrvatačko i Sinjsko polje sa preko 15000 ha. (Sl. 1). Peruča je prva naša akumulacija u krškom tlu, pa je prilikom pristupanja istražnim radovima trebalo u stručnim krugovima savladati nevjericu u mogućnost njena ostvarenja. Što više nije se vjerovalo niti u uspješnost istražnih radova u takvu tlu, pozivajući se na iznesene bojazni, te na površnu interpretaciju postavki Grunda o nesuvislosti gibanja podzemne vode u krškom podzemlju.

Geološka i hidrogeološka istraživanja bila su osnovica svih daljnjih istražnih radova za ispitivanje mogućnosti ostvarenja ove akumulacije u krškom tlu i za donošenje tehničkog rješenja za njeno otješnjenje. Količina od preko 12000 metara istražnih bušotina s jezgrovanjem, ispitivanjem vodopropusnosti te redovno višegodišnje promatranje i registriranje podzemnih vodostaja u njima ilustrira opseg tih ispitivanja. Ti su istražni radovi vođeni samostalno, bez prethodnih uzora, postupno. Na osnovi analize i interpretacije rezultata jedne faze istraživanja i ispitivanja usmjeravane su slijedeće faze.

Sl. 3. Krški podzemni tokovi na pregradnom profilu

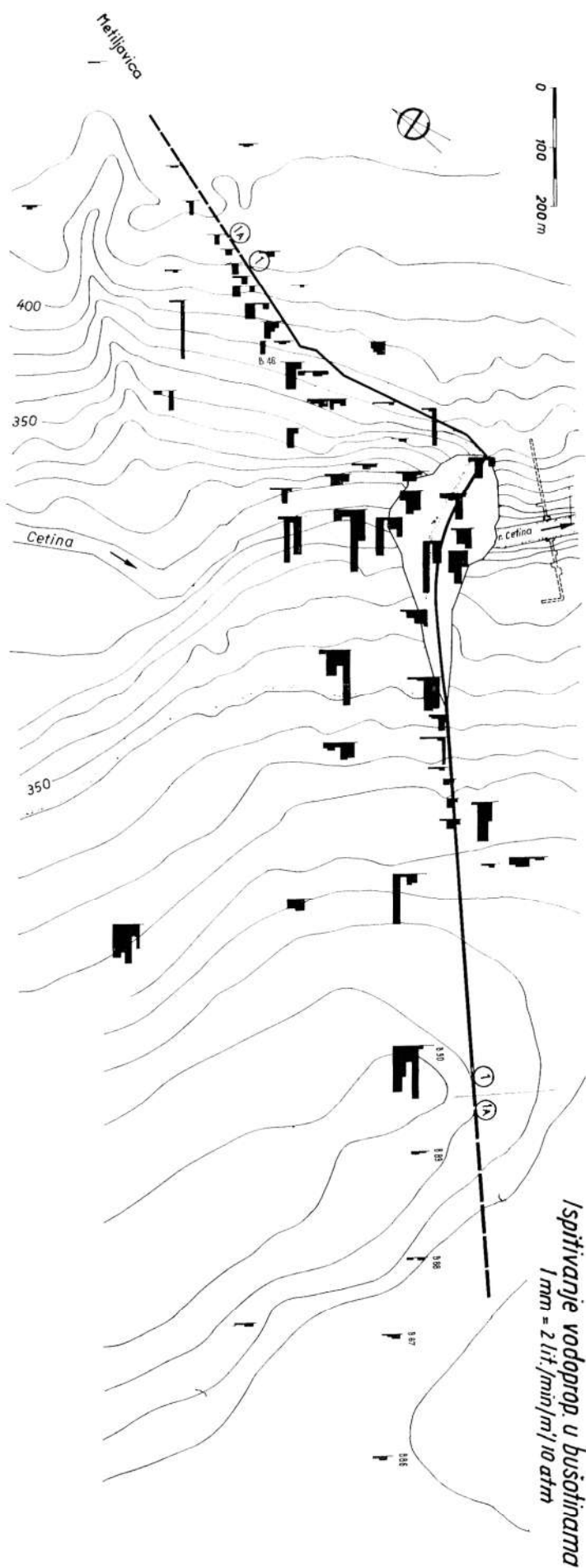
LEGENDA:
 • Izvor o Bušotina → Krške veze ustanovljene bojanjem





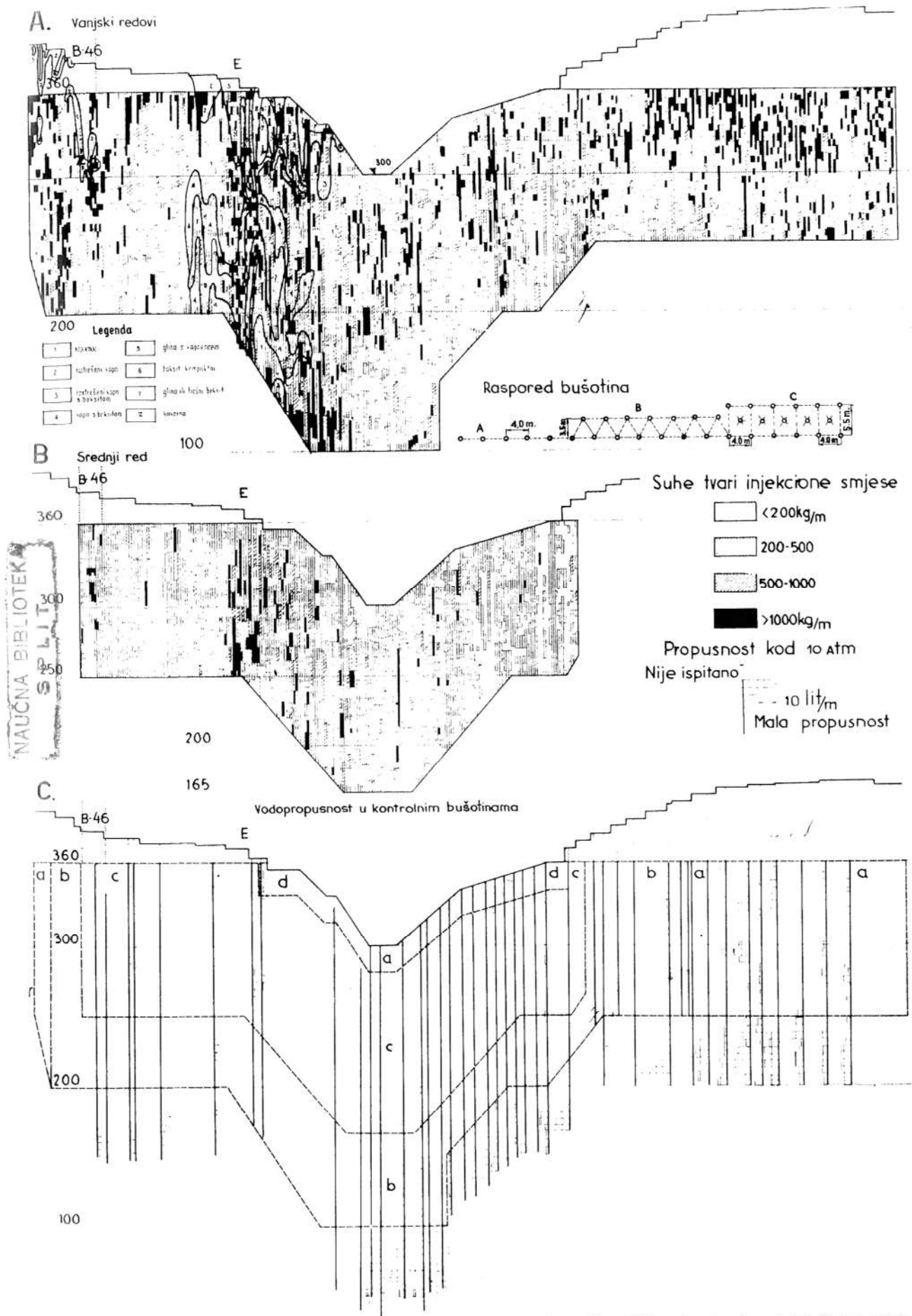
LEGENDA:

1. Jednoredna zavjesa
- 1A Eventualno proširenje jednoredne zavjese
2. Dvoredna zavjesa
3. Troredna zavjesa
- 2x3 Progušćenje zavjese ispod brane



Ispitivanje vodoprop. u bušotinama
l mm = 2 lit./min/m² 10 atm

Sl. 4. Injekcijska zavjesa



Sl. 5. Utrošak suhe tvari u injekcijskoj zavjesi

Dio doline Cetine u kojem leži ova akumulacija proteže se uzduž sinklinale čija je jezgra iz krednih vapnenačkih naslaga debelih preko 2000 m (Sl. 3). Pod njom u dnu i bokovima slabo su propusne debele naslage donjokrednog dolomita. S uzvodne i nizvodne strane ova je sinklinalna struktura zagaćena nepropusnim werfenskim škriljcima.

Nepropusne naslage predstavljaju vanjski okvir vapnenačkih naslaga u kojima je korito akumulacije Peruča. Taj je vanjski okvir imao značajnu ulogu u oblikovanju hidrogeoloških odnosa u tim vapnenačkim naslagama usmjeravajući podzemno tečenje, a prema tome i razvoj okrašavanja prema dolini Cetine.

Stavljanje jakih krških vrela pod uspor od nekoliko desetaka metara ove akumulacije smatrao se jednim od osnovnih problema o kojem je ovisio njen uspjeh, u toliko više što je ukupna izdašnost tih izvora premašila dvije trećine dotoka vode u ovu akumulaciju (Sl. 1). Nepropusna laporna neogenska naslaga u dnu i bokovima korita ove akumulacije nema upli va na njenu vododrživost, jer je ona na mjestima izvora erodirana do blizu dna ove doline.

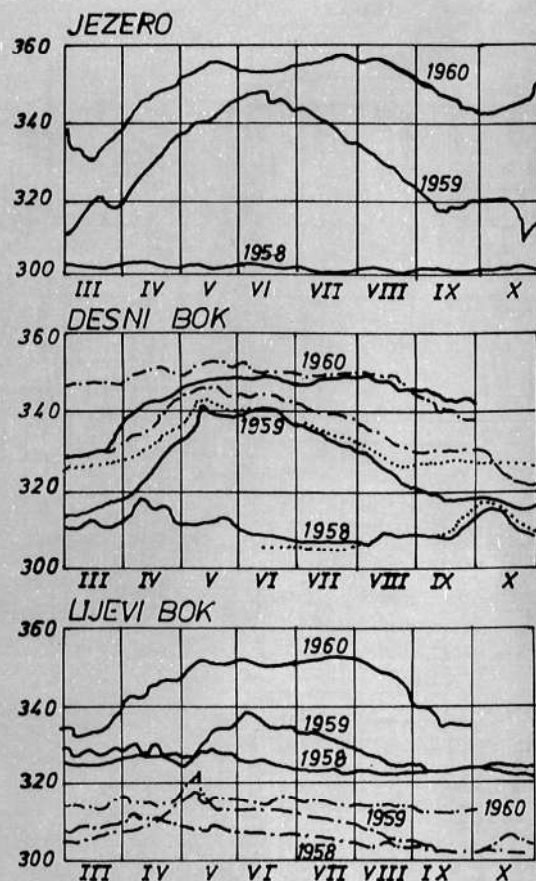
Eventualni gubici vode iz akumulacije Peruča moraju se vraćati u dolinu Cetine s njene nizvodne strane zbog geološke građe i litološkog sastava njena uplivnog područja (Sl. 3). Prema tome, i te se vode koriste na nizvodnim energetskim stepenicama.

Injekcijskom zavjesom presječeni su i otiješnjeni bokovi pregradnog mjesta. Trasa i dubina zavjese odabrana je na osnovi analize rezultata ispitivanja pomoću istražnih bušotina (Sl. 4). Dimenzije ove zavjese su odabrane s dodatnom sigurnošću, vodeći računa da je o uspjehu ove akumulacije ovisila odluka: da li će se ostvariti i druge akumulacije u krškom tlu naše zemlje.

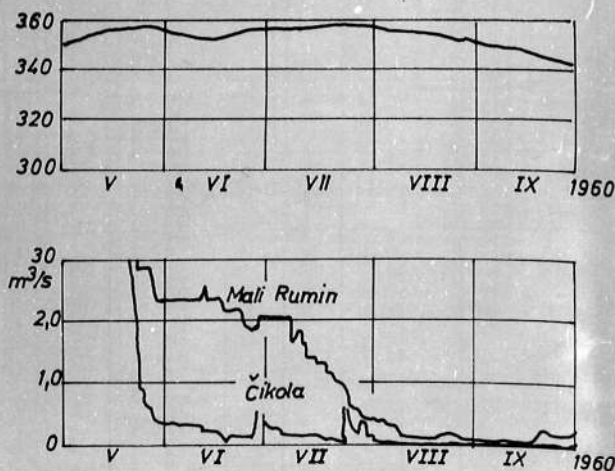
Injekcijska zavjesa je duga 1700 m, a duboka 100 do 250 m (Sl. 5). Za njeno ostvarenje je izvedeno 178.000 m injekcijskih bušotina, a utrošeno je 51.391 tona cementa i pripadajućih primjesa injekcijskoj smjesi. Specifični utrošak suhe tvari injekcijske smjese je oko 214 kg/m² zavjese. Kod punog uspora iz ove akumulacije gubi se 1,2 m³/s. Kod nižeg uspora su manji gubici. Oni godišnje prosječno iznose oko 0,6 m³/s što je 1,27% srednjogodišnjeg dotoka (Sl. 8).

Injekcijska zavjesa presjekla je glavne krške podzemne odvođe i pukotinske zone, tako da nema velikog podzemnog koncentriranog otjecaja (Sl. 6). Isto tako je potvrđeno da je masiv planine Svilaje nepropustan tako da se voda ne gubi prema Čikoli. (Sl. 7).

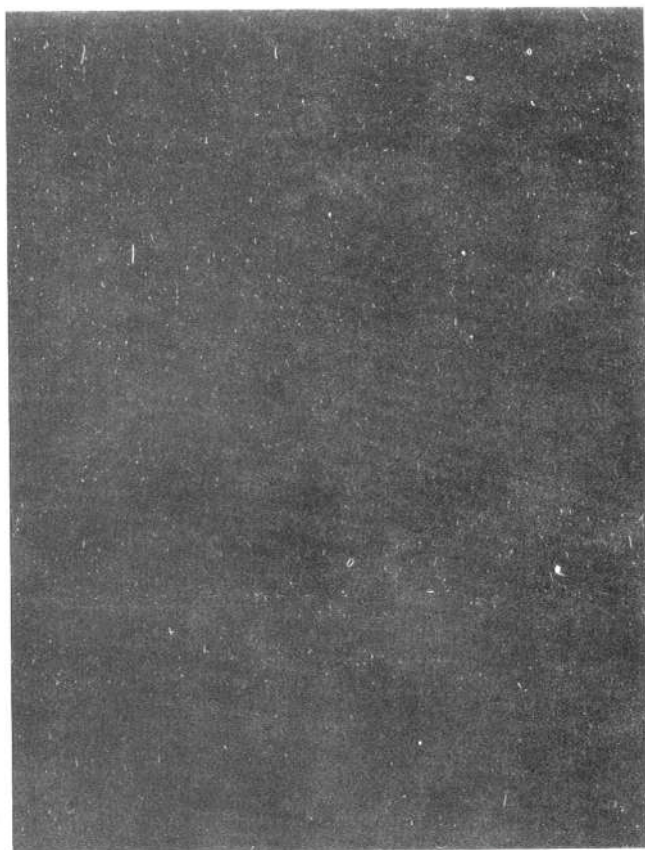
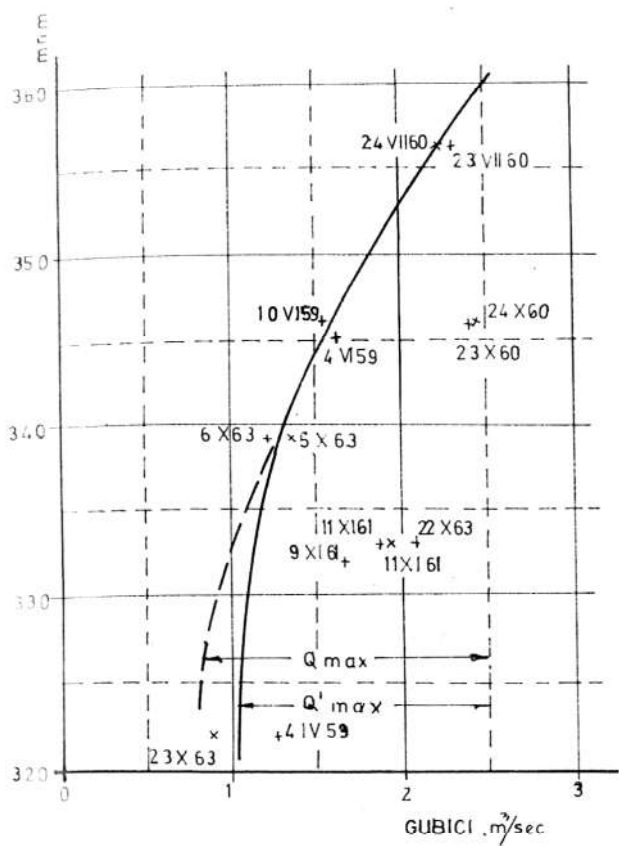
U bokovima akumulacije i pregradnog mjesta podzemni vodostaji su ovisni o vodostaju u jezeru (Sl. 6). Dakle i u ovom terenu gubitke vode znatno ograničavaju otpori tečenja u podzemlju pa je to dalo osnovicu razmatranja za ekonomičnije dimenzioniranje zavjese u sličnim slučajevima za druge objekte u kraškom terenu.



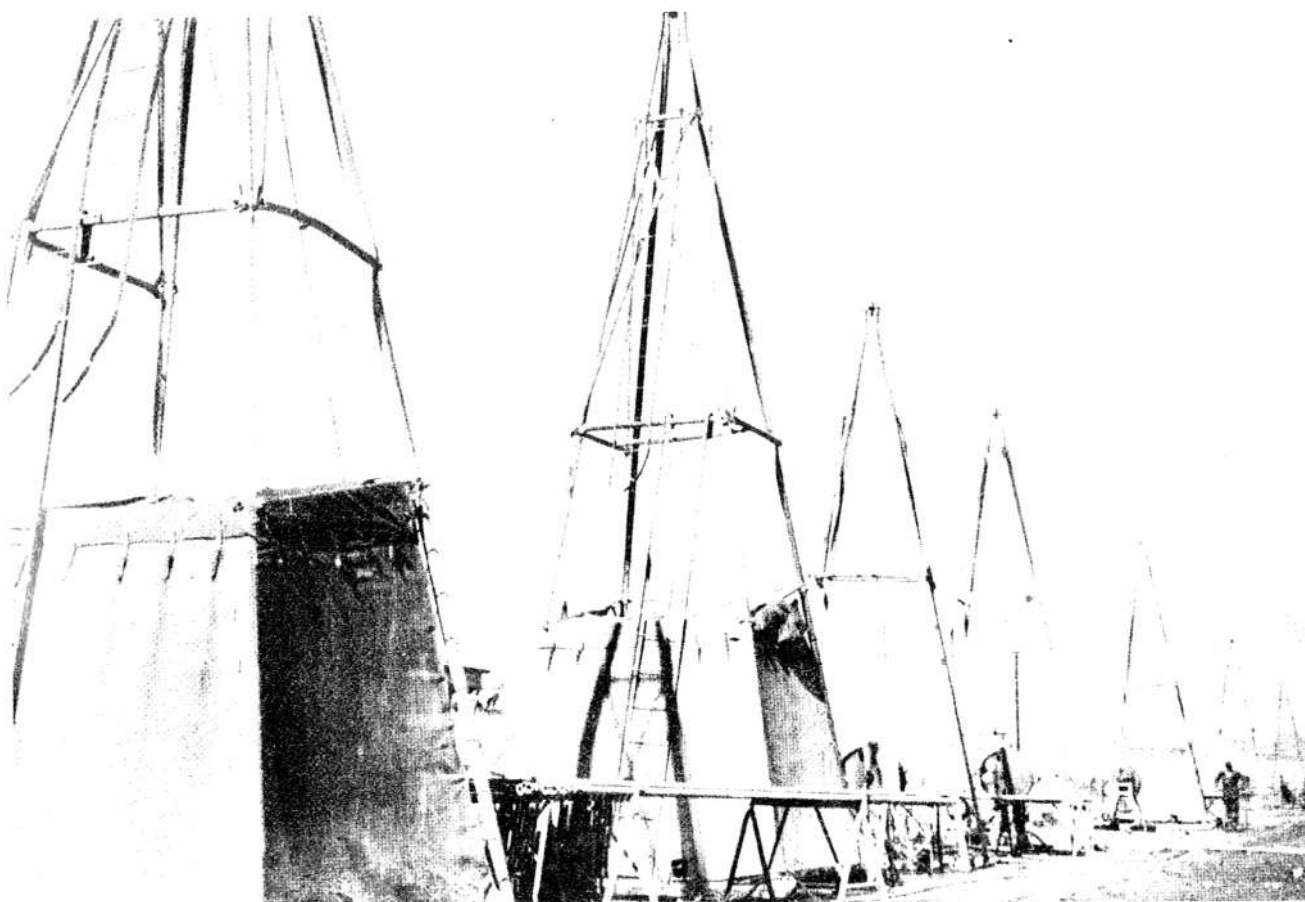
Sl. 6. Varijacija vodostoja u jezeru i bokovima



Sl. 7. Akumulacija ne utječe na protoke Malog Rumina i Čikole



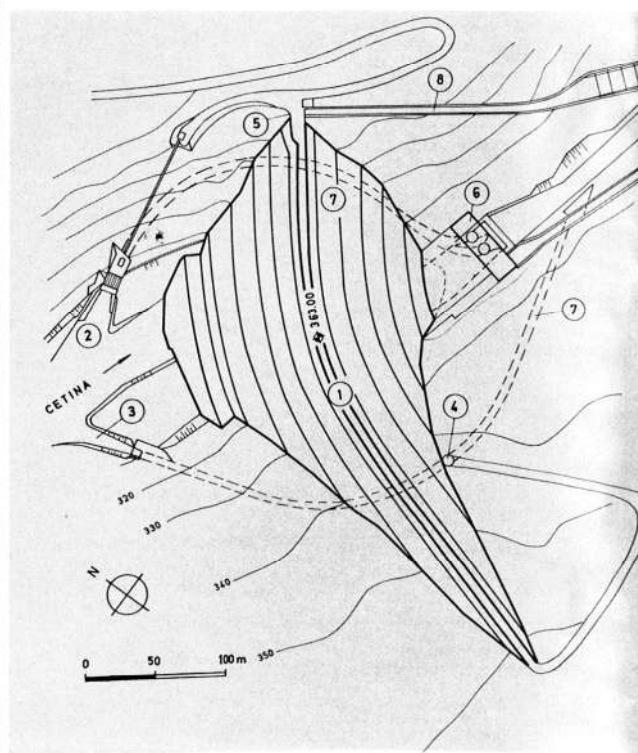
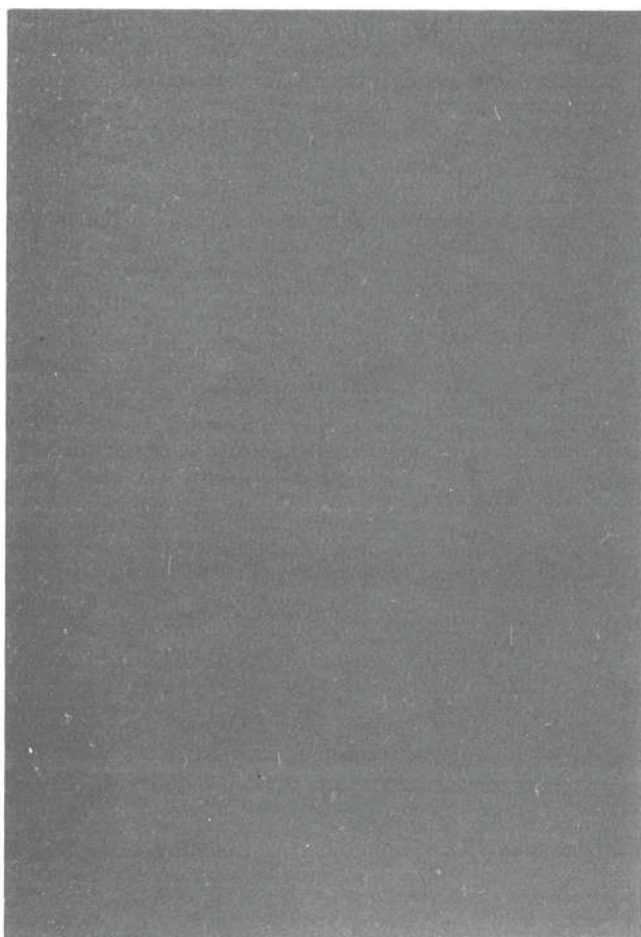
Sl. 8. Dijagram gubitaka iz akumulacije



Buševi strojevi kod izvedbe injekcijske zavjese



Brana Peruča — pogled iz zraka



Sl. 9. Brana Peruča: 1 — kruna brane, 2 — ulazni uređaj dovodnog tunela, 3 — ulazni uređaj temeljnog tunela, 4 — pomoćni zatvarač, 5 — preljev, 6 — strojarnica, 7 — tuneli, 8 — preljevni kanal

NASUTA BRANA PERUČA, REZULTATI OSMATRANJA

1. Nasuta brana Peruča visoka je u najvišem presjeku 60 m, duga je 425 m u kruni, sastoji se od uske jezgre od gline u sredini presjeka i uzvodne i nizvodne potporne zone od nasutog kamena vapnenca. Brana leži na temeljnoj stijeni od veoma raspucana karstificirana trijaskog vapnenca. U tlocrtu je zakrivljena konkavno prema nizvodnoj strani kako bi se jezgra zbijala zbog deformacije brane pod tlakom usporene vode.

U vrijeme kad je projektirana bila je to najviša nasuta brana u našoj zemlji, a zbog dva elementa bila je presedan u našoj praksi:

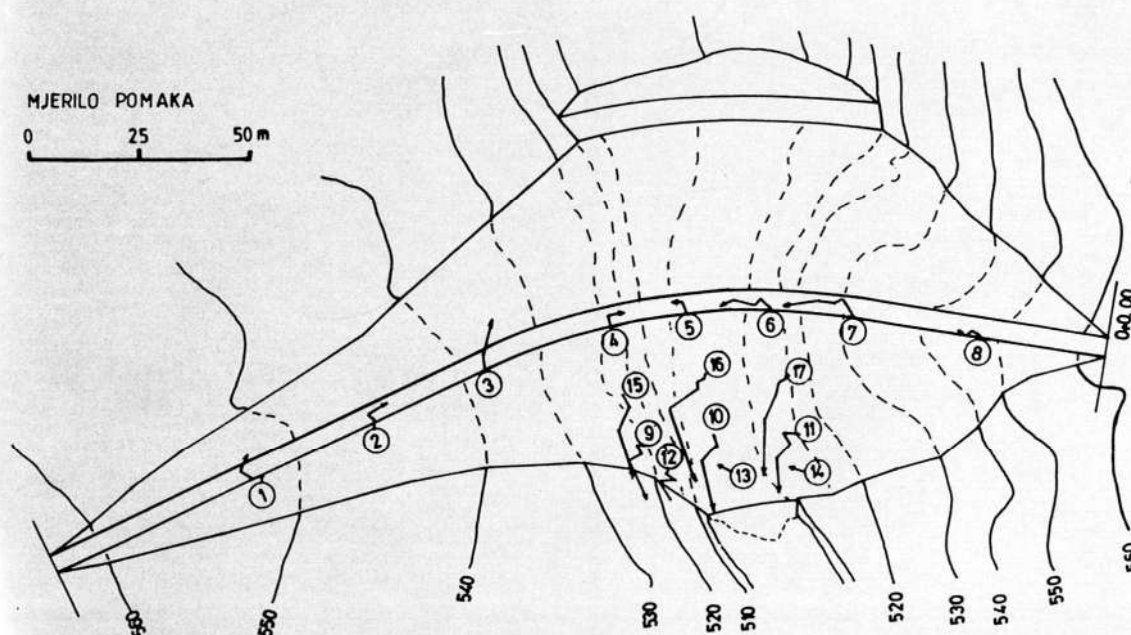
- uska jezgra u sredini presjeka brane,
- strmina uzvodne i nizvodne kosine.

Zbog toga je za projektiranje valjalo istražiti neka do tada nedovoljno razjašnjena pitanja. Uska jezgra odabrana je za otješnjenje brane jer je u njoj blizini količina gline bila nedovoljna za široku jezgru. Pogodno je bilo što je glina bila visoka plasticiteta s mnogo sitnih frakcija. To je zahtijevalo pažljiv izbor gradacije filtera za zaštitu jezgre od hidrauličke erozije. Pravila za izbor gradacije zahtijevala su veoma sitnozrnast materijal, za prvi sloj filtera

ra i veći broj prelaznih slojeva da bi cijeli prijelaz od gline do kamenog nasipa potpornih zona bio siguran od erozije.

U laboratorijima su proučavane različite kombinacije materijala u modelu filterske prelazne zone što je omogućilo da se usvoji četveroslojni filter. U cilju trajne kontrole eventualnog propuštanja jezgre i zaštitnog djelovanja filtera postavljen je nizvodni najfiniji filtera sloj na betonski rigol koji bi prikupljao vodu što bi se procjeđivala iz jezgre. Rigol je na tri mjesta na svakom boku prekinut, a pomoću cijevi uveden je u galeriju gdje bi se registrirala procjedna voda. Ova su mjesta od početka pod stalnom kontrolom i do sada nije primijećena niti jedna kap vode pri punom jezeru. Iznimno nešto vode kaplje iz kontrolnih otvora u vrijeme intenzivne kiše.

Velika je pažnja bila posvećena dokazivanju stabilnosti uzvodne i nizvodne kosine, kojih je nagib u cilju što veće štednje veoma strm. Zbog velike razlike između čvrstoće jezgre od gline i potpornih zona od kamenog nasipa kružne klizne plohe ne moraju biti najnepovoljnije. Najvjerojatniji mehanizam sloma kosina



Sl. 1. Situacija brane i mjernih mjesta pomaka

proučavan je na modelima u laboratoriju što je pokazalo da su konveksne duboke klizne plohe nepovoljnije i one su primijenjene za dokaz sigurnosti odabranog poprečnog presjeka brane.

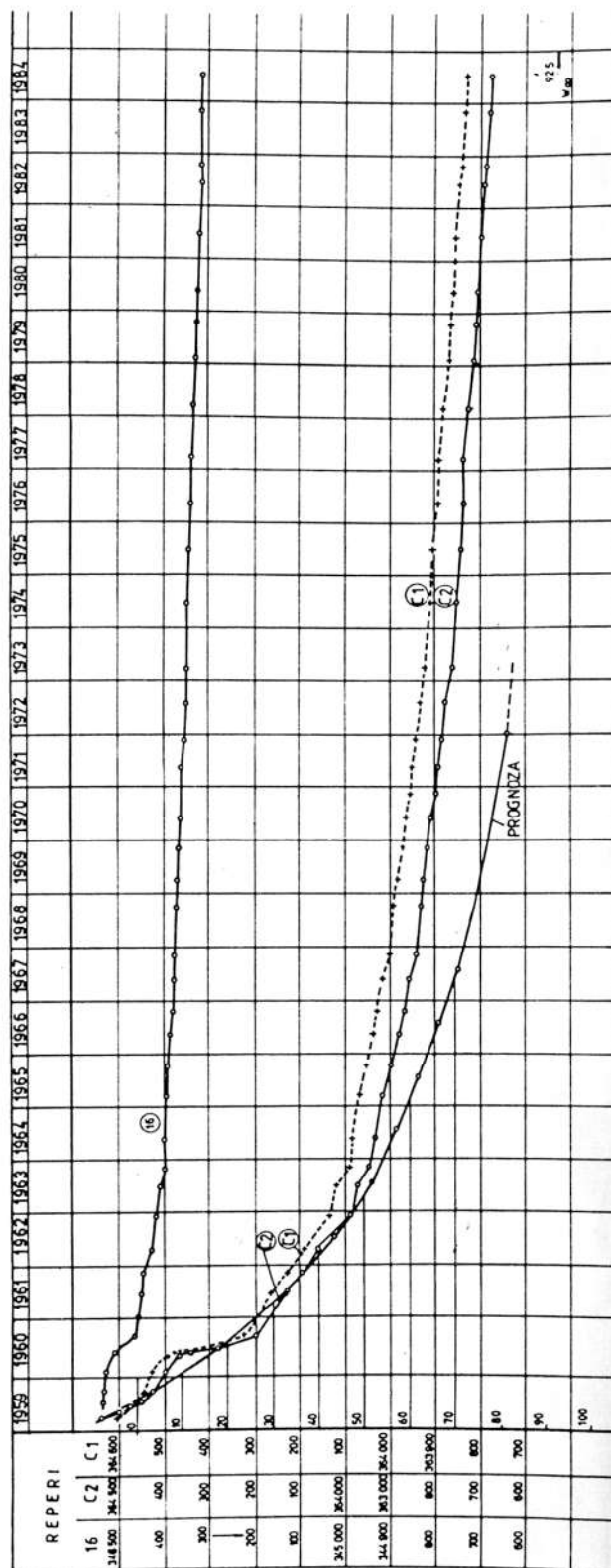
Treća se inovacija odnosi na račun slijeganja i potrebnog nadvišenja krune brane. Mjerenja napora u jezgri nekih švedskih nasutih brana pokazala su manje vrijednosti od napona koji odgovara težini nadsloja u određenoj dubini ispod krune. Zbog jače stješljivosti gline u jezgri i male stješljivosti uzvodnog i nizvodnog potpornog nasipa od kamena nastaju tangencijalni naponi na granici između ta dva materijala. To rasteće jezgru i smanjuje njeno slijeganje prenoseći dio opterećenja na kameni nasip. Zbog toga razrađeno je teorijsko rješenje s kojim je računato slijeganje jezgre i krune brane tokom i nakon dovršenja brane.

2. Zbog tih je razloga bilo zanimljivo da se ponašanje brane prati kroz duže vremensko razdoblje. U tu je svrhu postavljena mreža repera za mjerenje deformacija — slijeganja i vodoravnih pomaka, — na kruni, na nizvodnoj kosini brane i unutar jezgre od gline. Za mjerenje porednog tlaka u jezgri postavljena je samo jedna grupa od dva elektroakustična manometra jer nije bilo dovoljno deviza za nabavku većeg broja instrumenata koliko bi trebalo za potpunu mrežu točaka u jezgri. Slijeganje točaka u jezgri mjereno je kroz artikuliranu cijev s reperima na svakih pet metara dubine čiji se položaj utvrđuje pomoću mjerne vrpce na kraju koje je torpedo s krilima. Raspored repera po tijelu brane vidljiv je na slici 1.

HE Peruća veoma pažljivo prati sve pojave na brani, brine se da se redovno obavljaju mjerenja i interpretacije rezultata, pa se danas raspolaže obilnim fondom zanimljivih podataka o ponašanju brane pod opterećenjem kroz razdoblje od 25 godina. Organizirana je komisija za pregled brane koja se u početku sastajala svake godine, a od 1983. svake druge godine.

U radu komisije sudjeluju projektanti brane i elektrane, predstavnici Geodetskog fakulteta iz Zagreba koji obavljaju sva mjerenja, predstavnici vlasnika, građevinske inspekcije i vodoprivrede. HE Peruća provodi zaključke komisije kako bi brana uvijek ostala tehnički ispravna.

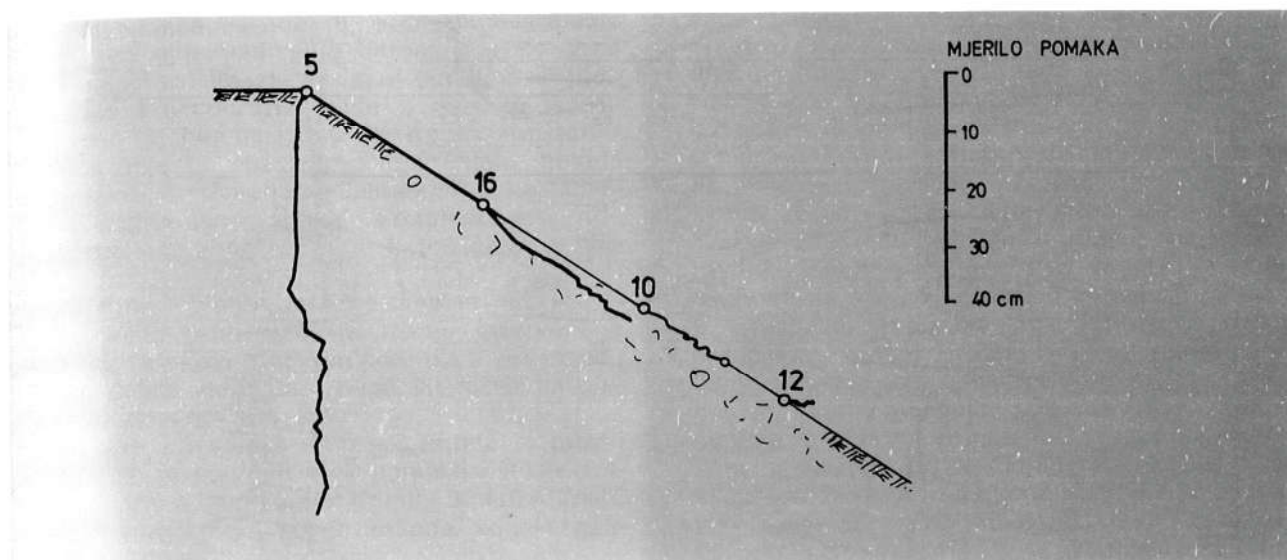
Slijeganje repera C_1 i C_2 na kruni brane vidljivo je na slici 2 skupa s prognozom slijeganja kojom je za potpuno konsolidiranu jezgru izračunato ukupno slijeganje krune od 90 cm. Zanimljivo je naglo slijeganje oba repera u vrijeme od 24. IV do 15. X 1961. g. koje je iznosilo oko sedamnaest centimetara. Ono je nastalo u vrijeme kad je jezero prvi puta bilo dugotrajno na visokoj razini. Očito je nastalo ubrzano slijeganje uzvodnog potpornog nasipa od lomljena kamena što je povuklo i jezgru. U tom je razdoblju zabilježena najveća brzina slijeganja krune od 13,7 cm za 172 dana, odnosno 0,8 mm/dan. U 1984. g. iznosi 0,5 cm za



Sl. 2. Slijeganje repera C_1 i C_2 na kruni brane i 16 na nizvodnoj strani

214 dana, odnosno 0,024 mm/dne (8,5 mm godišnje). To se ubrzanje slijeganja zapaža još 1963. i 1967. godine iako u znatno manjoj mjeri.

Slijeganje repera 16 na istom dijagramu odnosi se na nasip od kamena pa je zanimljivo da se i kameni nasip još 25 godina nakon dovr-

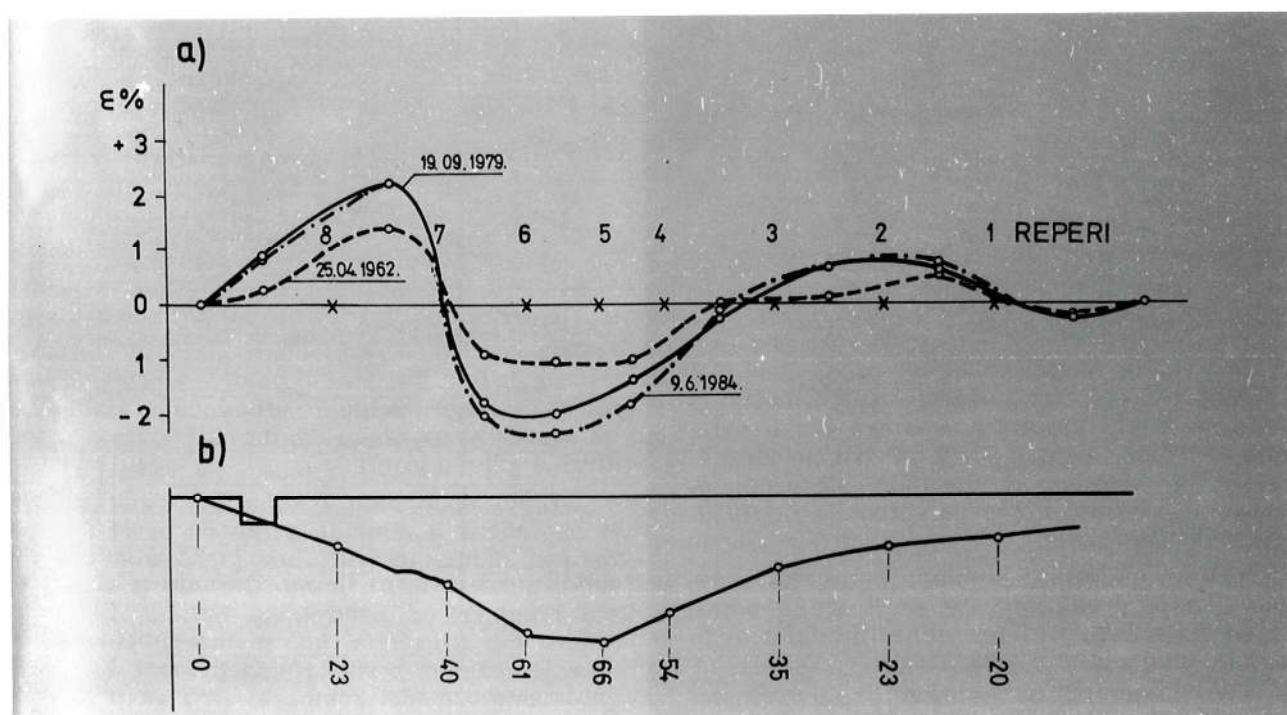


Sl. 3. Pomak repera 5, 16, 10 i 12 u poprečnom presjeku

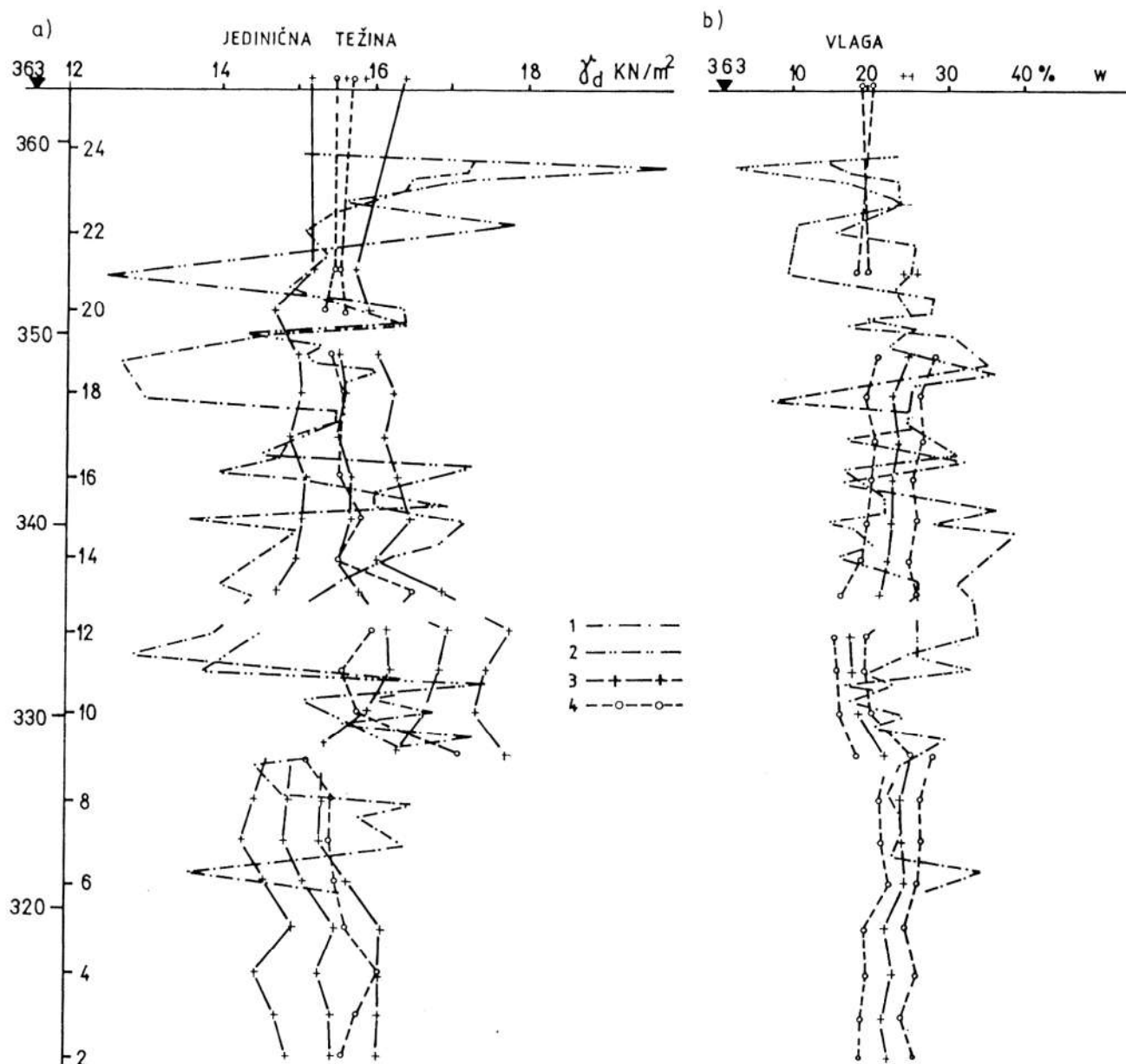
šenja brane sliježe brzinom od 1,5 mm/god. To pokazuje da kameni nasip prolazi dugotrajn proces uravnotežavanja sila na mjestima dodira između pojedinih komada kamena. Kroz posljednjih 5,3 godine (7. 2. '79—7. 6. '84) slijeganje je iznosilo 14 mm, odnosno prosječno 2,65 mm/god, dok je slijeganje jezgre kroz to vrijeme iznosilo 36,5 mm odnosno 6,85 mm/g. Deformacija brane u najvišem poprečnom presjeku — reperi 5-16-10 na slici je 3. Zapaža se stalan pomak repera na nizvodnu stranu na kosini od prvog punjenja jezera, a na kruni

brane od 8 mjerenja dalje, dok se reper na kruni od početka punjenja jezera kretao malo uzvodno zbog jačeg slijeganja potopljene uzvodne potporne zone. Poslije 8. mjerenja na kruni, 12. na reperu 16 i 5. na reperu 10 zapaža se elastično vraćanje brane u uzvodnom smjeru pri pražnjenju jezera.

Zbog trajnog polaganog pomaka osi brane u nizvodnom smjeru skraćuje se njena u tlocrtu uzvodno zakrivljena os i jezgra se stalno zbija. Valja međutim istaknuti da različito slijeganje brane uzduž osi izaziva i rastezanje na bočnim



Sl. 4. Uzdužne deformacije krune brane (a) i skica uzdužnog presjeka (b)



Sl. 5. Raspodjela vlage u brani: 1 — sonda S1, 2 — sonda S2, obje 1977., 3 — srednja vrijednost iz statistike ugrađivanja, 4 — isto, srednje vrijednosti \pm standardna devijacija

dionicama krune. Na lijevom boku produžila se 50 m duga dionica između repera 7 i 8 za 11 cm, gdje je bok brane na strmijoj padini doline. Na desnom blaže nagnutom boku izmjereno je između repera 1 i 2 produljenje od 3,2 cm, između 2 i 3 od 3,3 cm. Dionica u srednjem dijelu uzdužnog presjeka brane skraćena je između repera 3 i 7 za ukupno 20 cm. Na slici 4 dijagram je specifične uzdužne deformacije po kruni brane za razdoblje od 1959. i od 1962, 1979. i 1984.

3. Prilikom godišnjeg pregleda brane 1977. godine bilo je predloženo da se s krune brane izbuše dvije bušotine kroz jezgru u cilju provjere stanja gline u jezgri.

Na slici 5 u crtani su rezultati ispitivanja neporemećenih uzoraka iz tih bušotina 1978. godine. U crtani su podaci o vlažnosti i jediničnoj masi uzoraka skupa sa srednjim vrijednostima

tih veličina iz statističke obrade podataka do bivenih kontrolom ugrađivanja gline u jezgru u vrijeme građenja.

Zapaža se da se vrijednosti vlažnosti i zapreminske težine pojedinih uzoraka kreću u širem rasponu nego srednje vrijednosti statistički obrađenih uzoraka za kontrolu kvalitete ugrađivanja gline u jezgru.

4. Vrijedi spomenuti i kontrolnu galeriju koja je sagrađena u temelju jezgre da bi se dubok zavjesa mogla inicirati bez prekidanja nasipavanja gline u jezgri brane. Galerija je potkova sta presjeka od nearmirana betona dimenzionirana kao trozglojni luk za maksimalno opterećenje težinom brane. Nema gumene brtve na granicama između kampada. Bilo je problem s procjeđivanjem vode u galeriju, jer u vrijeme kad je građena brana tehnologija pripremanja i ugrađivanja nepropusna betona nije bil

zadovoljavajuća, a nije ni bilo odgovarajućih aditiva za oplemenjivanje betona. Ostalo je u betonu gnijezda pa je voda iz temeljne stijene prodirala kroz porozne zone u galeriju ispirući vapno iz betona. Zato je trebalo otijesniti kritična mjesta opsežnim injiciranjem betona i kontakta s temeljnom stijenom i nabacivanjem nepropusne žbuke. Konstruktivno nije bilo problema zbog toga što beton galerije nije armiran.

5. Zaštitna obloga uzvodne kosine od kamenih blokova zahtijevala je manje intervencije zato što blokovi mjestimično nisu bili među sobom dobro ukliješteni nego su ležali na pješkovitoj kamenoj sitneži.

Vremenom su valovi erodirali sitnež iz takvih mjesta pa se pojedini blok pomakao što je izazvalo lančano pomicanje drugih blokova iznad njega. Nekoliko je takvih mjesta valjalo naknadno učvrstiti.

Nizvodna je kosina brane prema projektu bila od nasuta sitnog kamena koji je mlazevima

vode tangencijalno ispiran i tako stabiliziran. Smatralo se da će se kamena kosina estetski dobro uklopiti u okoliš, tada prilično goli krš. Nakon što su tih godina zakonom uklonjene koze, krš je postepeno ozelenio, a pomogla je tome HE Peruča akcijom pošumljavanja okoliša. Tako je i nizvodna kosina zasadena brnistrom (*Spartium junceum*) tako da je danas zarasla žbunjem brnistre i drugog samoniklog raslinja. Zanimljivo je da ta vegetacija dobro uspijeva na nasipu od sitnog kamena vapnenca.

6. Zaključno se može ustvrditi da je nasuta brana Peruča kroz proteklih 25 godina eksploatacije izdržala sva opterećenja a nastale deformacije manje su nego one predviđene proračunima projekta. Jezgra ne propušta vodu u količinama koje bi se mogle registrirati, a troškovi održavanja su zanemarljivi. Građevina teži konačnoj trajnoj ravnoteži i već je postala potpuno neosjetljiva na sve vanjske razarajuće utjecaje (oborine, mraz, promjene temperature).



Sl. 6. Nestabilan blok uzvodne kamene obloge na šljunku i pijesku — mjesto erozije valovima

ODREĐIVANJE POMAKA BRANE I KLIZIŠTA HE PERUČA GEODETSKIM METODAMA

Korisnike velikih građevinskih objekata posljednjih godina obavezuje zakon na praćenje eventualnih promjena koje nastaju u toku izgradnje takvih objekata a pogotovo u toku njihova korištenja.

Nekoliko tragičnih slučajeva ukazalo je na potrebu kontinuiranih mjerenja radi određivanja eventualnih promjena na samim građevinama ili terenu u njihovoj neposrednoj okolini.

U nas su takvi radovi propisani Pravilnikom o tehničkom promatranju visokih brana, Sl. list SFRJ br. 7 od 16. II 1966. godine i Tehničkim propisima, Sl. list SFRJ br. 6/65. i 5/71.

Geodetske metode određivanja pomaka, u ovakvim slučajevima predstavljaju sigurne i neposredne podatke o stanju objekata i promjenama koje nastaju u horizontalnom i visinskom pogledu (apsolutne metode). Geodezija je u nas i u inozemstvu stekla punu afirmaciju na području preciznih mjerenja u cilju praćenja izgradnje postojanja složenih i velikih građevina tj. određivanja njihovih pomaka kako u znanstvenom tako i praktičnom pogledu.

Za geodetska mjerenja koriste se prvoklasni i sve moderniji instrumenti i pribor, po mogućnosti za jedan zadatak uvijek isti, koji se prije svakog mjerenja posebno ispituju i rektificiraju.

Geodetski podaci i rezultati mjerenja predstavljaju za investitora, projektanta i izvođača objekta veliku praktičnu vrijednost kao neposredni uvid u nastajanje i konsolidaciju građevine. Takvi radovi spadaju među najtočnija geodetska mjerenja, jer moraju često registrirati veoma male promjene, a terenske okolnosti u načelu su nepovoljne.

Redovito se na temelju karakteristika objekta i očekivanih promjena računa potrebna točnost i dosljedno tome planira pribor, instrumentarij, metode rada i uvjeti pod kojima će se najpovoljnije organizirati i izvesti takvi radovi.

Projekt geodetske osnove i stabilizaciju stalnih točaka, za određivanje pomaka HE Peruča, (mikrotrigonometrijsku i mikronivelmansku mrežu) izradila je geodetska grupa »Elektroprojekt«, Zagreb 1959. godine.

Dopune projekta odnosno stabilizacije izvršio je Zavod za višu geodeziju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu neposredno nakon preuzimanje zadatka, tj. prije prve serije mjerenja, odnosno određivanja pomaka, 1959. godine. Prema potrebi i nakon toga dopunjavane su spomenute mreže. Zbog određivanja mjerila samostalne mikrotrigonometrijske mreže, izmjerena je invarskom vrpcom duljina osnovice

na kruni brane i sistemom trokuta prenesena na jednu osnovnu stranu, III—VII, koja je u toku svih serija mjerenja ostala nepromijenjena. Relativna točnost izmjerene duljine iznosi 1:106.000.

Mikrotrigonometrijska mreža ima 10 točaka koje su stabilizirane posebnim stupovima s podnožnim pločama koje omogućuju prisilno centriranje. Za kontrolu stabilnosti tih točaka služi 8 orijentacijskih vizura. Mikronivelmanska mreža ima danas 13 repera, na početku određivanja pomaka 7 koji zajedno s oznakama na brani čine tri zatvorene figure i 5 posebnih nivelmanskih strana. Reperi su uglavnom ugrađeni u živu stijenu. Na tijelu brane ima ukupno 19 točaka čiji se položaj sustavno provjerava, 10 na kruni brane, od čega dva vrha cijevi, i 9 na nizvodnoj strani brane, koje su raspoređene u tri horizonta po tri točke.

Sva su visinska mjerenja oslonjena na isti reper, a visine su od početka određivane u državnom visinskom sustavu. Treba napomenuti da vrh točaka (vrh navoja) nije zaobljen pa nije jasno definirana marka za visinska mjerenja. Međutim, ipak se radi o malim veličinama koje bitno ne utječu na točnost određivanja visinskih pomaka.

Budući da između točaka na pokosu brane nije na početku bilo nikakvih staza to je stvaralo veliku poteškoću pri mjerenju. Za određivanje visinskih pomaka ugrađene su u tijelo brane i dvije cijevi. Njihov visinski položaj u tijelu brane određivao se posebnim postupkom i priborom, neposrednim mjerenjem duljina do 1970. godine. Tada su se te cijevi iskrivile i nije više bilo moguće mjeriti razmake cijevi ali se vlakovi tih cijevi stalno mjere u visinskom smislu.

U toku 1963. godine izvršen je priključak mikrotrigonometrijske mreže na državnu triangulaciju, na točke 182 i 183 kotara Sinj. Ti se rezultati nisu koristili u računanjima pomaka, već samo za orijentaciju u kartografske svrhe.

Nekoliko godina nakon početka mjerenja rast šume na području elektrane počeo je stvarati poteškoće pri mjerenju za određivanje horizontalnih pomaka. Da bi se smanjila ta poteškoća i po mogućnosti ograničila sječa mlade šume, 1974. godine dopunjena je mreža stalnih točaka čime je omogućeno opažanje dovoljnog broja orijentacijskih točaka.

Od 1962. godine, radi mogućnosti klizanja terena, na lijevoj obali (Cetine), neposredno uz branu, trebalo je pratiti eventualne pomake terena - klizište.



Sl. 1. Okolina brane i klizišta

Za tu svrhu proširena je mikrotrigonometrijska i mikronivelmanska mreža. Na klizištu su postavljene 22 točke za određivanje pomaka raspoređene u četiri horizonta.

Tako su geodetske osnove za praćenje horizontalnih i vertikalnih pomaka brane i klizišta dobile konačni oblik koji se koristi od 1962. godine.

Na slici 1 vidi se uži okoliš brane i veći dio klizišta s ucrtanim točkama čiji se položaj provjerava tj. određuje. Mjerenja horizontalnih kutova obavljaju se instrumentom Wild T3 u tri girusa, dok se visinska mjerenja obavljaju po načelima preciznog nivelmana instrumentom Wild N3 i invarnim centimetarskim letvama. Samo dva puta dosad u preciznom nivelmanu korišteni su drugi instrumenti (Zeiss N i B odnosno Zeiss Opton). Osim prve serije mjerenja 1959. godine do danas isti opažači sudjeluju u mjerenju i obradi kako horizontalnih tako i vertikalnih pomaka.

Veliku poteškoću pri mjerenju visinskih razlika na klizištu čini težak pristup i teška prohodnost bez obzira na to da li je tlo raskvašeno ili ne. Osim toga, točke na klizištu nalaze se često pod vodom, osim najgornjeg reda, pa pri opadanju vodostaja a djelovanjem valova dolazi i do oštećenja tla i točaka za promatranje.

Horizontalni pomaci točaka određuju se presijecanjem pravaca s točaka mikrotrigonometrijske mreže a visinski pomaci na temelju mikronivelmanske mreže, uvijek istim postupcima mjerenja, obrade podataka i interpretacije rezultata. Dakle, sve po istom programu koji provode i isti stručnjaci.

Pomaci točaka određuju se razlikom položaja između pojedinih serija mjerenja s tim da se osim brojčanih podataka za horizontalne pomake daje i grafički prikaz posebno za svaku točku.

S obzirom na točnost koja se postiže pri određivanju horizontalnih pomaka, stvarnim pomakom može se smatrati veličina veća od 2 mm dok je to za vertikalne pomake 1 mm.

Pri obradi podataka mjerenja korištene su na početku klasične metode i pomagala. U posljednje vrijeme sve se više primjenjuju suvremena pomagala.

Analizom podataka mjerenja od početka do danas može se utvrditi da su svi parametri koji određuju točnost rezultata podjednaki što osigurava pouzdanost rezultata i interpretaciju pomaka.

U izvještajima koji se dostavljaju investitoru, poslije svakog određivanja, posebno se analiziraju svi podaci vezani za nastale promjene, interpretira postignuta točnost, a rezultati obrade podataka prikazuju u tablicama odnosno grafičkim prikazima.

Do sada je izvršena 41 serija mjerenja na brani i 31 na klizištu. (Na klizištu su serije mjerenja nepotpune s obzirom na vodostaj).

Na početku korištenja objekta mjerenja su bila češća dok se kasnije mjerilo pri punom i praznom jezeru (odnosno pri maksimalnom odnosno minimalnom vodostaju predviđenom u tekućoj godini).

U razdoblju između 1959. i 1962. godine izvršeno je 10 serija mjerenja, između 1962. i 1968. godine izvršeno je 10 serija mjerenja, između 1968. i 1973. godine izvršeno je 9 serija mjerenja, a između 1973. i 1984. godine izvršeno je 12 serija mjerenja.

U početku eksploatacije hidroelektrane pomaci su bili veći, a s vremenom su se smanjivali tako da danas donja dva reda točaka na brani pokazuju minimalne pomake ili su oni jednaki ničiti. Najveći pomaci utvrđeni su na sredini krune brane. Na temelju rezultata prvih 30 serija određivanja može se zaključiti da se radi o stabiliziranom objektu.

U tablici 1 navedeni su ukupni horizontalni i visinski pomaci točaka na brani između 1. i 41. serije mjerenja u centimetrima.

Tablica 1

Broj točke	Ukupni pomak	
	horizontalni	visinski
1.	1,7	+ 9,47
2.	2,7	+ 14,54
3.	6,8	+ 32,85
4.	4,9	+ 61,97
5.	3,2	+ 72,82
6.	10,2	+ 72,34
7.	16,0	+ 52,06
8.	5,6	+ 8,74
9.	3,1	+ 2,63
10.	4,7	+ 8,10
11.	11,0	+ 6,42
12.	3,7	+ 1,26
13.	—	+ 3,11
14.	—	+ 2,16
15.	18,6	+ 13,76
16.	24,1	+ 18,72
17.	22,3	+ 14,78
H1	—	+ 72,96
H2	—	+ 77,23

Slični pregled za klizište nije moguć, jer su točke opažene u različitom broju mjerenja zavisno od vodostaja. Kontinuirano mjerenje u svim serijama imaju samo 4 točke najgornjeg reda. Neke su točke opažene u 31 seriji a neke tek u 3 serije.

U okviru ovog zadatka 1980. godine razvijena je na istim načelima geodetska osnova za praćenje pomaka klizišta Vinalić. Izvršene su dvije serije mjerenja, a 1981. godine do daljnjega obustavljena su određivanja pomaka.

Treba napomenuti da su do 1966. godine pri mjerenju horizontalnih pravaca korištene značke tvrtke »Zeiss« a od te godine koriste se značke koje je izradila »Geomehanika« Zagreb,

prema zamisli autora ovog članka a po naruđbi HE Peruča. Ovakav tip značaka koristi se danas na mnogim sličnim objektima u SR Hrvatskoj a omogućuje precizno viziranje uz ubrzan i pojednostavljen rad. (Manji broj pomoćnih radnika za usmjeravanje značaka).

Važno je istaknuti da je ovim mjerenjima prikupljen dragocjen opažački materijal, čiju vrijednost potencira činjenica da su gotovo sva određivanja izvršena uz iste tehničke uvjete (instrumenti i pribor) i da su ih obavili isti stručnjaci na jednoobrazan način.

Posebno je važna činjenica da je ovo, koliko je nama poznato, jedan od rijetkih objekata u nas s tako dugim sistematskim i kontinuiranim opažanjima. Prema tome, rezultati mjerenja i obrade u minulom 25 godišnjem razdoblju pokazuju kako se kontinuiranim i sistematskim pra-

ćenjem opisanih objekata, brane i klizišta, dobivaju podaci o njihovom postojanju, promjenama, stabilizaciji, sigurnosti u iskorištavanju kao i potrebnim građevinskim zahvatima.

Na kraju, kao dugogodišnji suradnici HE Peruča zahvaljujemo svim radnim ljudima HE Peruče koji su nam svojom susretljivošću, razumijevanju i pomoći olakšali obavljanje opisanih radova, u minulih 25 godina.

Koristeći podatke određivanja pomaka na HE Peruča dosad su objavljeni slijedeći radovi:

1. Ispitivanje pomaka brane HE Peruča, Geodetski list 1-3/1961. (Klak - Petković)
2. Visinski pomaci brane HE Peruča, Referat na Internacionalnom kolokviju za opažanje pomaka brana, Dresden 1965. na njemačkom (Klak).



Unutrašnjost strojarnice

OSNOVNA KONCEPCIJA RJEŠENJA ELEKTROSTROJARSKOG DIJELA HIDROELEKTRANE PERUČA PROMATRANA SA STANOVIŠTA DANAŠNJE TEHNOLOGIJE, 25 GODINA NAKON IZGRADNJE I USPJEŠNOG POGONA

Uvod

Osnovne karakteristike pribranske elektrane dane su u publikaciji »Akumulacija i hidroelektrana Peruča« koja je izdana 1960. u Splitu od poduzeća Dalmatinske hidroelektrane — Split. Izgradnja akumulacije i hidroelektrane uspješno je završena 25. 11. 1960. god., time što su glavni radovi započeli 29. 05. 1954. god.

Veličina izgradnje i broj proizvodnih grupa

Današnje analize pokazale bi da bi instalirani protok trebalo uvećati. Međutim, za one prilike u elektroenergetskom sistemu instalirani je protok odabran korektno. Broj proizvodnih grupa i danas bi bio isti kao u doba kada je analiza rađena.

Padovi i snaga elektrane

Padovi i snaga elektrane rezultat su definirane akumulacije i uspornih kota gornje i donje vode i određeni su na osnovi tih parametara i instaliranog protoka uvaživši nazivne protoke jedne i dvije proizvodne grupe tj. 60 i 120 m³/s. O korištenju padova i proizvedenoj energiji tokom 25 godina bit će više rečeno u posebnoj točki ove publikacije »Pogonska iskustva u 25 godina rada«. O mogućnostima povećanja akumulacije i povišenja usporne kote bit će riječi u točki koja obrađuje daljnje mogućnosti boljeg korištenja gornjeg toka rijeke Cetine.

Izbor hidrauličkih strojeva — vodnih turbina

S obzirom na razvoj tehnologije građenja vodnih turbina danas nakon 25 godina, situacija izgleda nešto drugačija. Danas bi odabrali ne Francis, nego Kaplan turbine koje danas grade do padova od 60—70 m, što je prije 25 godina bilo nezamislivo.

Za Kaplan turbine vrijednosti kavitacionog faktora Toma σ su oko 10% više od onih za Francis turbine, a i specifična brzina n_s za dani pad je viša. To znači

- veća brzina vrtnje,
- lakša proizvodna grupa,
- bolji η , dvostruka regulacija,
- veća proizvodnja i
- niža cijena.

U konkretnom slučaju radi se o ovim odnosima:

— za netto padove

$$H_{ns} = 42,42 \text{ m}, n_{s\max} = 390 \text{ (m—kW)}, \sigma = 0,39$$

$$H_{nM} = 54,22 \text{ m}, n_{s\max} = 340 \text{ (m—kW)}, \sigma = 0,32$$

Za postojeće turbine odabran je $n_s =$

$$= 308 \text{ (m — KS) što znači}$$

$$n_s = 264 \text{ (m — kW) uz } H_{nM} = 41,0 \text{ m i } n =$$

$$= 187,5 \text{ min}^{-1}$$

Danas bi teoretska brzina vrtnje bila

$$n = 280 \text{ min}^{-1} \text{ a odabrali bismo}$$

$$n = 250 \text{ min}^{-1} \text{ u usporedbi sa } n = 187,5$$

prije 25 godina i

$$n_s = 348 \text{ min}^{-1} \text{ u odnosu na } n_s = 264 \text{ postojeće turbine.}$$

Uz ovaj n_s i $\sigma = 0,32$ i odgovarajući koeficijent obodne brzine $k_u = 1,35$, izlazi promjer okretnog kola $D_M = 2,97 \text{ m}$, prema $D_M = 2,07 \text{ m}$ postojeće turbine.

Snaga današnje turbine bila bi 23.200 kW tj. 8% veća uz iste uvjete (Q i H).

Usisnu visinu trebalo bi povećati na —6 m.

Regulacione karakteristike bile bi povoljnije.

U slučaju HE Peruča radi se o tzv. sporim linearnim promjenama režima rada, jer je

$$\frac{2 \times L}{a} = 0,44 < T_c = 10 \text{ sec}$$

gdje je dužina dovoda ($L = 300 \text{ m}$),

$a = 1370 \text{ m/s}$ brzina širenja vala a T_c vrijeme zatvaranja distributora. Porast pritiska kod naglog ispada nije veći od $\Delta H/H = 38,5\%$

Predturbinski zatvarači

Izbor leptirastih zatvarača i sa današnjeg staništa je bez dileme, tj. nema alternative.

Električki generatori

Odabrani su korektno. S obzirom na nazivnu snagu turbine, koja bi prema današnjem stanju tehnologije mogla biti 8% veća, i snaga generatora bila bi toliko veća, tj.

$$P_g = 23.200 \cdot 0,98/0,8 = 28.420 = 28,5 \text{ MVA}$$

$$\text{uz } n = 250 \text{ min}^{-1}$$

Danas bi dakako uzeli statičku uzbudu i niz drugih inovacija.

Transformatori snage

Izbor i u današnjim prilikama isti kao prije 25 godina.

Osnovna jednopolna shema elektrane

U idejnom projektu predviđena je veza elektrane samo na sistem 110 kV a vlastita potrošnja sa generatorskog napona i rezervno iz mreže 30 kV okolice. U izvedbenom projektu došlo je do promjene koju je tražila elektroprivreda: u elektrani je ugrađeno postrojenje 30 kV radi napajanja mreže 30 kV uže okolice (Sinj, Vrlika). U tom slučaju je napajanje vlastite potrošnje riješeno sa napona 30 kV, transformacijom na 0,4 kV.

Koliko se ovo rješenje pokazalo korisnijim, potvrdit će iskustvo iz pogona kroz 25 godina.

Rasklopna postrojenja visokih i niskih napona

S obzirom na prilike kratkog spoja danas, odnosno u budućnosti, bit će potrebna rekonstrukcija postrojenja 110 i 30 kV kako u konstruktivnom pogledu, tako i u pogledu zamjene aparata (prekidači i eventualno ostalo) za nove isklupne struje. Prostor za smještaj aparata postrojenja 110 kV može se osjetljivo smanjiti.

Strojarnica i pomoćni pogoni

Strojarnica je riješena u izvedbi koju je diktirala glavna i pomoćna oprema: proizvodne grupe i pomoćni uređaji elektrane. Dosta se štedjelo na prostoru radi sniženja investicijskih troškova što je dakako išlo djelomično na račun složenijeg održavanja. Koliko je dispozi-

cija opreme uspjela najbolje će reći iskustvo kroz 15 godina eksploatacije.

Hidromehanička oprema

Gledano sa današnjeg stanovišta može se konstatirati da je oprema

- ulaznog uređaja dovodnog tunela,
- temeljnog ispusta sa pomoćnim i izlaznim zatvaračima, te
- preljeva,

odabrana u skladu sa hidrotehničkim zahtjevima i tehničkim uvjetima u pogledu funkcionalnosti i racionalnih rješenja.

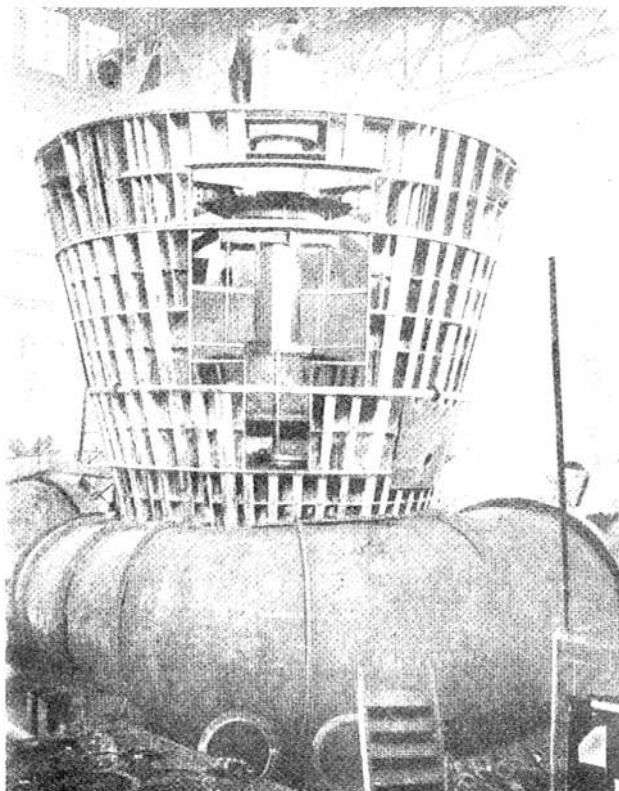
Prilikom generalnog remonta treba ispitati mogućnosti modifikacije koja su posljedica 25-godišnjeg iskustva iz pogona. Mogu se očekivati izvjesna poboljšanja osobito u pogonskoj sigurnosti i jednostavnijem održavanju.

Automatizacija pogona

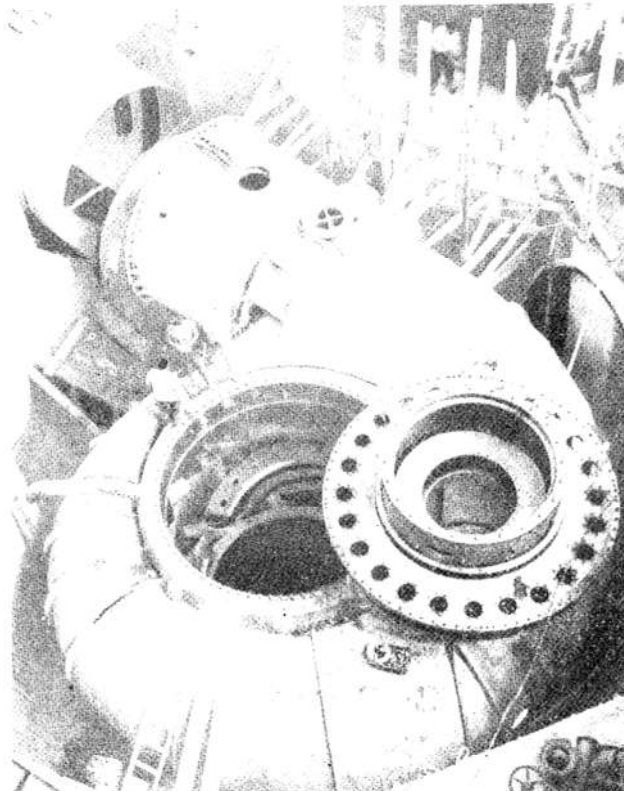
Smatramo da je vrijeme da se pogon automatizira i uvede suvremena obrada podataka. Glavna oprema nakon 25 godina pogona zahtijeva temeljiti remont, a pomoćna oprema već je djelomično zastarjela, a prošao joj je i normalni vijek trajanja.

Uvođenje automatizacije nakon generalnog remonta bila bi prilika da se zamijene svi signalni kabeli, čiji je vijek prošao, da se moderniziraju pomoćni uređaji i postrojenje pripremi za daljinsko vođenje.

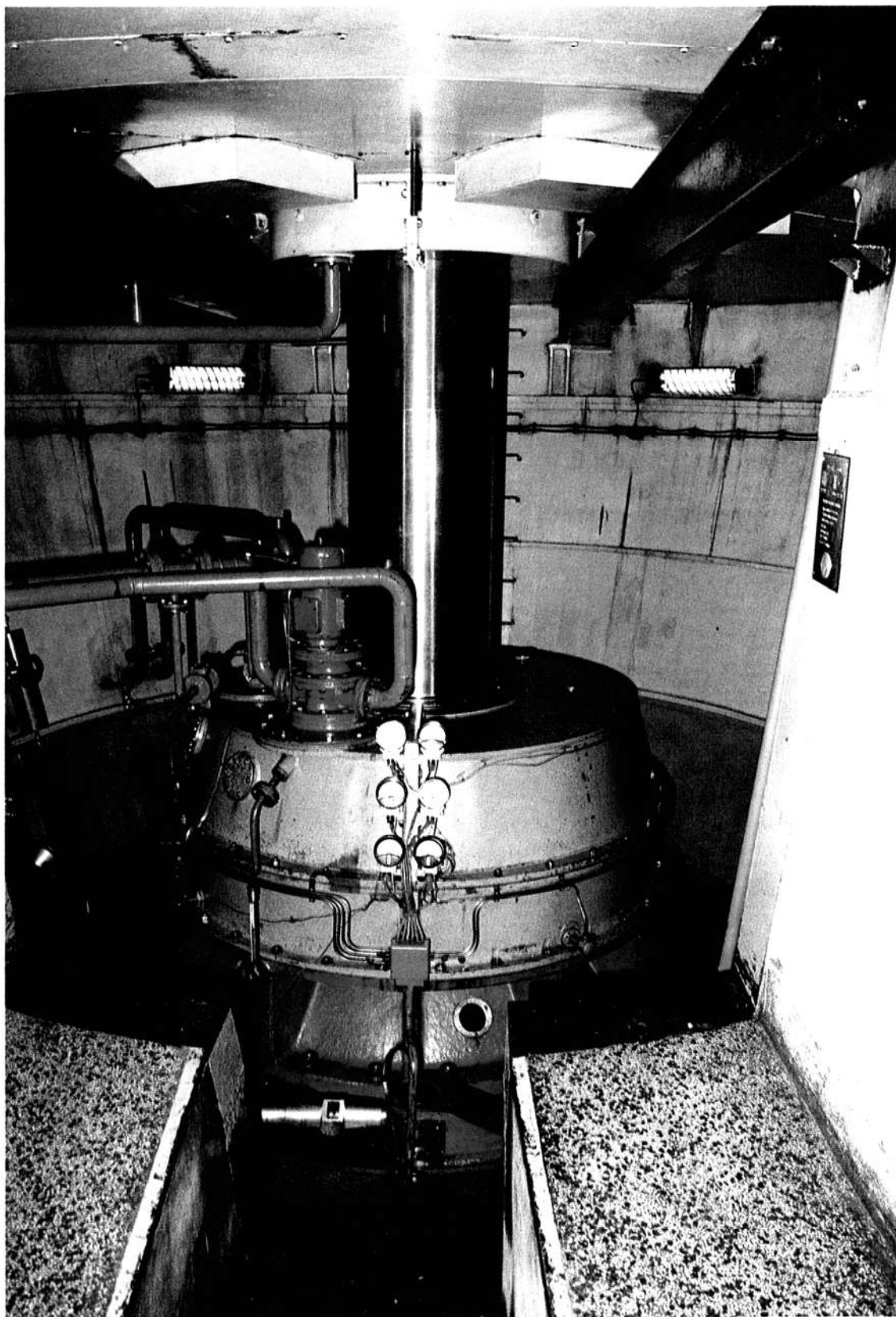
Iskustva koja smo stekli uvođenjem automatizacije i pripreme za daljinsko vođenje hidroelektrane Gojak, Vinodol, Vuhred itd., potvrdila su očekivanja i dokazala sve prednosti i koristi takvog zahvata.



Turbinska spirala



Spirala turbine za vrijeme montaže



Noseći ležaj turbine

POSTROJENJA HIDROELEKTRANE PERUČA

u 25. godišnjem radu i proizvodnji električne energije

UVOD

Ideja o gradnji akumulacije na rijeci Cetini za godišnje izravnanje voda ove rijeke radi ekonomičnijeg energetskog korištenja u postrojenjima HE Kraljevac — tada najveće hidroelektrane na Balkanu — javlja se već u poratnim godinama i to potapanjem Sinjskog i/ili Hrvatačkog polja.

U periodu 1947—1951. godine ovu ideju je razradila posebna stručna i projektantska grupa unutar elektroprivrede. Rezultat rada ove grupe jugoslavenskih stručnjaka je osim ostale dokumentacije, »Osnovni projekt akumulacije u dolini Cetine«, koji je obradio lokaciju brane kod Hana i uzvodno od Hrvatačkog polja. Kod revizije ovog projekta 1951. godine usvojena je lokacija brane uzvodno od Hrvatačkog polja, u neposrednoj blizini jakog krškog izvora Peruča, čije ime nosi i elektrana i stvoreno akumulacijsko jezero.

Period 1951—1953. razdoblje je intenzivnih istražnih radova na usvojenoj lokaciji. Rezultat ovih radova je »Idejni projekt Hidroelektrane Peruča« i »Dopuna idejnog projekta HE Peruča«. Razdoblje gradnje trajalo je od 1953. do 1961. godine. Pripremni radovi su izvedeni u vremenu od 1953. do 1954. a glavni građevni radovi 1954. do 1960. godine. Montaža strojeva i opreme počela je u veljači 1960. godine, prvi agregat je sinhroniziran 25. rujna, a drugi 25. stu. sto da se koristi dizalica u strojarnici. Ovo prosvučano puštena u redovnu eksploataciju.

Hidroelektrana je projektirana kao pribranska elektrana s akumulacijskim jezerom površine 20 km² i sadržaja 540 hm³ vode. Ovako veliko akumulacijsko jezero vrši godišnje izravnanje voda Cetine radi njihovog energetskog korištenja u HE Zakućac, a osim toga štiti nizvodna krška polja od poplava.

Revizionu komisija Sekretarijata za privredu NR Hrvatske je 1953. godine usvojila veličinu izgradnje od 2x60 m³/s, mikrolokaciju objekta te veličinu i tip brane.

STROJARNICA

U strojarnici, koja je izgrađena poprečno na tok Cetine, smještene su obe proizvodne grupe s pomoćnim uređajima te uklopnicama, radionice, pomoćne prostorije i montažni prostori. Opisat ćemo ukratko one prostore u strojarnici, koji stvaraju određene poteškoće kod re-

dovnih radova na remontima i revizijama ugrađene opreme i postrojenja (sl. 1).

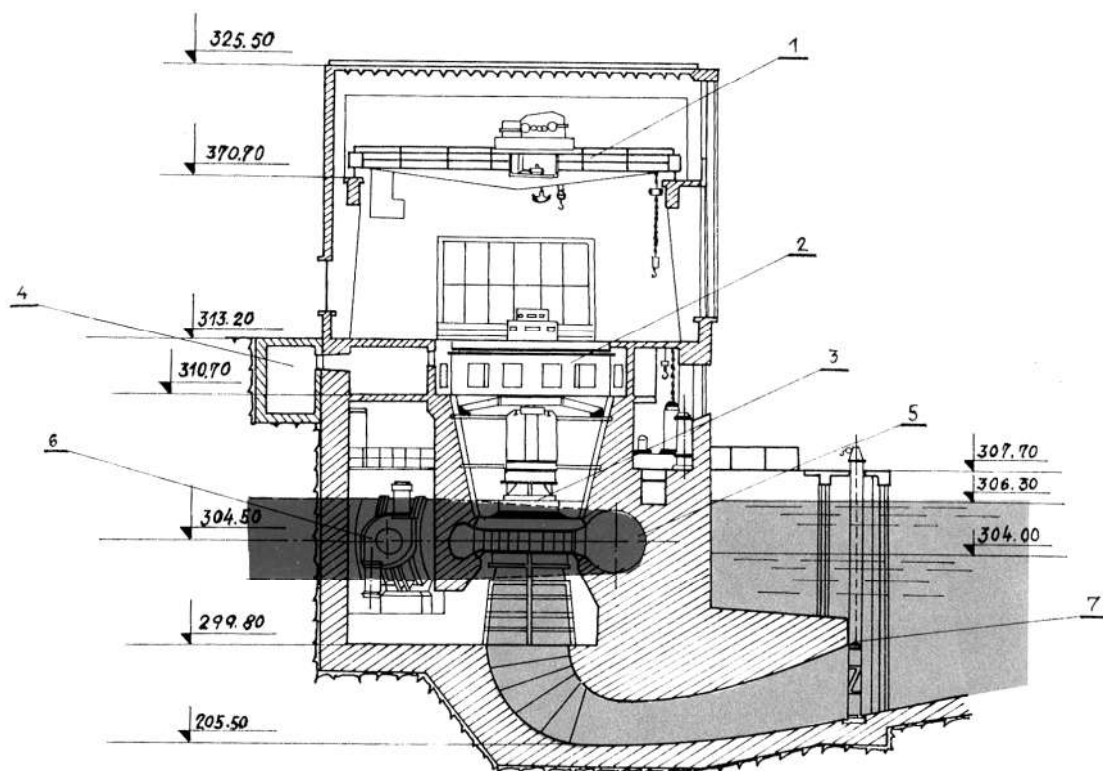
Na koti 299,80 mnm se nalazi dio čelične račve s pogonskim uređajem leptirastog zatvarača, vertikalni dio sifona i montažni prostor za njegovu montažu. Ovaj montažni prostor je tako uzak da se kod demontaže vertikalnog dijela sifona ovaj mora rastaviti po vertikali na četiri dijela, što produžava vrijeme i otežava poslove kod remonta.

Na turbinskom katu (kota 307,70 mnm) smještena je ova oprema: pult strojeva, turbinska regulacija, noseći i donji vodeći ležaj turbine, uljetlačne naprave, rezervoari komprimiranog zraka, kompresori, hladionici ulja i filteri rashladne vode. Komunikacijske i montažne površine su za današnje uvjete, nedovoljne zbog čega se javljaju poteškoće kod odlaganja dijelova pri izvođenju remonta navedene opreme. Na generatorskom katu (kota 310,70 mnm) smještena je amplitudinska regulacija generatora, dva betonska bunkera s generatorima, zvjezdaste generatora, kabelski tunel do 35 kV razvodnog postrojenja, te prostorije s akumulatorskom baterijom, VF — uređajima i telefonskom centralom. Prostor u bunkeru generatora ne dozvoljava ni normalan obilaz ugrađene opreme, a pogotovo ne intervencije na hladnjacima zraka.

Na podu strojarnice (kota 313,20 mnm) nalaze se uzbudni strojevi generatora, montažni otvori, montažni prostor te prostorije mehaničke radionice i priručno skladište. Na ovom nivou je i cestovni pristup u strojarnicu, koji se s ugrađenim tračnicama produžava do transformatorskih boksova na platou 110 kV razvodnog postrojenja. Glavna ulazna i izlazna vrata izvedena su tako da se blok — transformatori ne mogu dovući do montažnog prostora u strojarnici dok se ne demontiraju rashladni radijatori. Za demontažu i ponovnu montažu ovih radijatora mora se koristiti posebna autodizalica, umjesto da se koristi dizalica u strojarnici. Ovo produžava i poskupljenje radova kod revizije ovih transformatora.

Visina dizanja dizalice u strojarnici je određena i izvedena tako, da se postavljanje rotora generatora na montažnu »pećurku« mora izvoditi uz posebnu kontrolu graničnika visine dizanja. Ista je situacija i kod podizanja transformatora radi demontaže vozničkih točkova.

Radionice i pomoćne prostorije, koje se također nalaze na ovom visinskom nivou, vrlo su



Sl. 1. Poprečni presjek kroz strojarnicu

skućenih i skromnih dimenzija tako da jedva zadovoljavaju današnje uvjete normalnog odvijanja rada u ovim prostorijama.

Iz navedenog se vidi kako su se prije tri decenije skućeno projektirali i škrto izvodili radionićki, montažni i komunikacijski prostori, štedeći na investicijama na štetu uvjeta rada i jeftinijeg održavanja u toku eksploatacije.

PROIZVODNE GRUPE

Elektrostrojarsko postrojenje sastoji se od ovih elemenata:

1. turbine s pomoćnim uređajima;
2. generatori sa blok-transformatorima;
3. regulacioni transformator;
4. razvodno 110 i 35 kV postrojenje i
5. pomoćni pogoni.

1. Turbine

Ugrađene su dvije Francis-turbine F 2, 07/308 instalirane protoke po $60 \text{ m}^3/\text{s}$ i snage po 21,3 MW kod konstruktivnog pada od 41 m. Spirala od čeličnih međusobno zavarenih limova potpuno je ubetonirana u temelje turbine. Dovod zraka u sifon projektiran je i izveden kroz šuplju osovinu turbine i generatora. Zbog nepouzdanosti ventila ovaj način je zamijenjen tako da se sada zrak neposredno dovodi u sifon posebnim cijevima.

Godine 1973. oba agregata su osposobljena za kompezatorski rad, voda se iz rotora turbine i dijela sifona, radi smanjenja gubitka trenja, istiskuje kompromiranim zrakom zbog čega su ugrađeni posebni kompresori s rezervoarima tlačnog zraka.

Na rotorskim lopaticama javljaju se kvataciona oštećenja koja je u početku eksploatacije trebalo sanirati skoro svake godine. Režimom rada ova oštećenja su smanjena, tako da se danas sanacija vrši svake treće godine. Vremenom se javljaju (obično nakon 6—8 godina) i pukotine na rotorskim lopaticama, različitih dužina. Ova mjesta se saniraju posebnom tehnologijom navarivanja i termičkom obradom. Regulacija turbina je izvedena akcelometrijskim regulatorima AT-4. Oba ova regulatora su zamijenjena istim takvim, ali suvremenijim tipom AT 5.

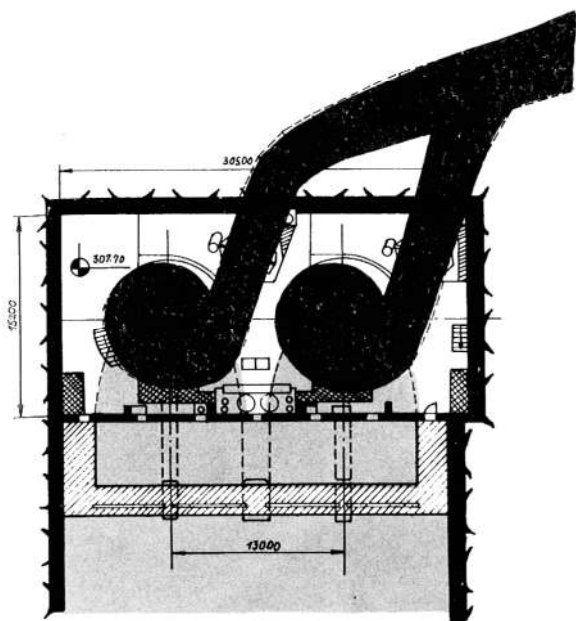
Turbine F 2,07/308 s cijelom pomoćnom opremom proizvedene su u tvornici »Litostroj« iz Ljubljane i veoma su pouzdane u pogonu.

2. Generatori sa blok-transformatorima

Ugrađena su dva generatora od po 26 MVA, $\cos \varphi = 0.8$, $U_n = 10,5 \text{ kV}$ s rotorom »kišobran« izvedbe, koji je nasaden i zaklinjen na osovinu turbine.

Izolacija namota je u klasi B.

Mjerenje temperature u ležaju, namotu, paketu i rashladnim medijima bilo je izvedeno po-



Sl. 2. Tlocrt strojarnice na k. 307,70 mm

moću Ni termosondi, koje su u toku 1982. i 1983. godine zamijenjene sa Pt — 100 termosondama.

U travnju 1983. nastupio je proboj statorskog namota na generatoru II.

Sanacija je izvedena zamjenom 13 komada statorskih štapova i to 4 komada oštećenih i 9 komada, radi ugradnje novih Pt-100 sonde za mjerenje temperature.

Protupožarna zaštita je projektirana i izvedena s jednom baterijom boca CO₂. Radi pomanjkanja dijelova i zbog povećanja sigurnosti, tokom 1984. godine je izvršena rekonstrukcija ove zaštite, pri čemu je ugrađena i rezervna baterija boca CO₂.

Električna zaštita je bila izvedena sa relejima »Tela«, koji su u kratkom vremenu zamijenjeni s relejima proizvodnje »BBC«. Radi vremenske dotrajlosti i poteškoća u održavanju i podešavanju, ovi su releji u toku 1982. godine zamijenjeni sa relejima »ISKRA-ASEA«.

Blok-transformatori 26 MVA, 10,5/110 kV Yd5 smješteni su u transformatorskim boksovima uz 35 kV postrojenje. U 1984. godini izvršen je generalni remont transformatora II uz izvlačenje jezgre iz kotla, pranje namota i kotla i zamjenu ulja. Unutrašnji dijelovi su u neočekivano dobrom stanju.

Generatori i blok-transformatori su proizvedeni u tvornici »Rade Končar«, veoma su solidno izvedeni i pogonski su pouzdani.

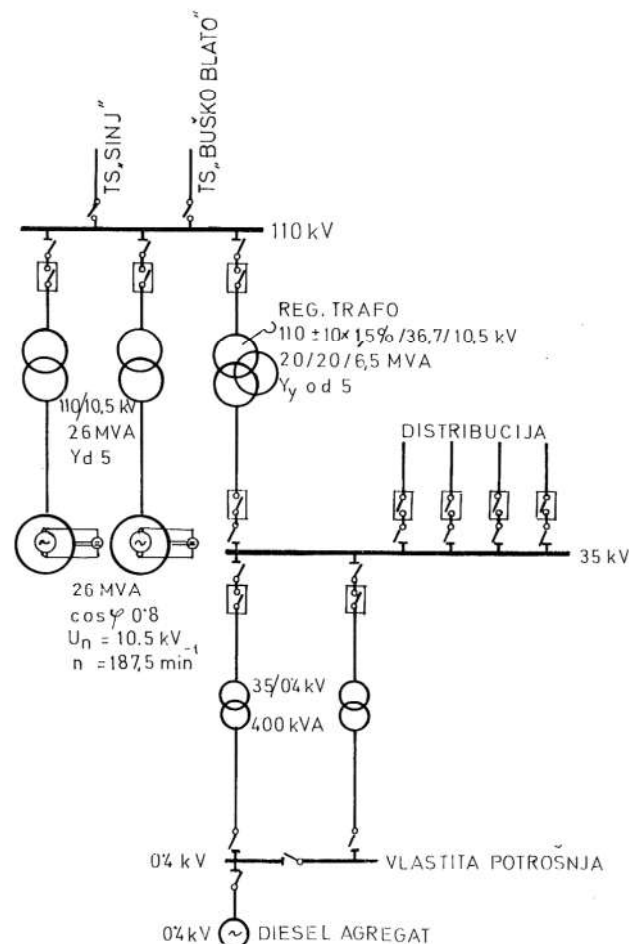
3. Regulacioni transformator

Radi transformacije 110 kV napona distributivne mreže montiran je regulacioni transformator 12,5 MVA, $110 \pm 8 \times 1,5\% / 31,5$ kV, Yyo. Zbog povećanja konzuma i prelaska distributivne mreže na napon 35 kV ovaj transformator je

1968. godine zamijenjen novim transformatorom 20/20/6,5 MVA, $110 \pm 10 \times 1,5\% / 36,7/10,5$ kV, Yyod 5, proizvodnje »Rade Končar«. Tercijarni namot se ne koristi. Godine 1984. izvršen je generalni remont s otvaranjem, ispiranjem i rekonstrukcijom brtvljenja na poklopcu, te revizijom regulacione sklopke. Unutrašnji dijelovi transformatora su u vrlo dobrom stanju. U 1985. ugradit će se u zvjezdište 35 kV strane mali otpor.

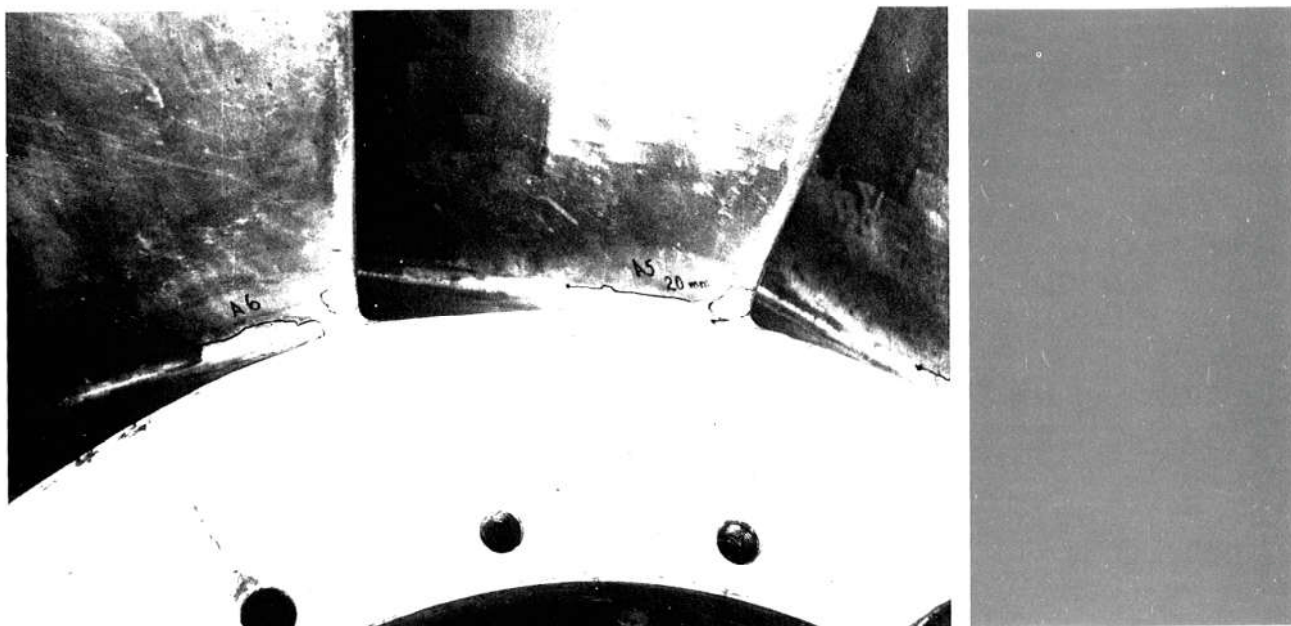
4. Rasklopno 110 kV i 35 kV postrojenja

Rasklopno 110 kV postrojenje smješteno je na otvorenom nasutom platou između strojarnice i brane. Oprema je domaće proizvodnje uglavnom »Rade Končar«. Radi osiguranja električne energije za distributivni dio mreže, koji se snabdijeva s ovog postrojenja, postoje poteškoće kod osiguranja beznaponskog stanja, potrebnog za remont ili reviziju opreme. Proširenjem i izgradnjom prijenosne i distributivne mreže, ove poteškoće su ublažene ali nisu i otklonjene.



Sl. 3. Jednopolna shema

Rasklopno 35 kV postrojenje je unutrašnje izvedbe. Pristupa se postupnom zamjenjivanju hidromatskih prekidača sa suvremenim malouljnim prekidačima proizvodnje »Rade Končar«.



Sl. 4. Pukotine na lopaticama rotora

Radi nedovoljne zaštite 35 kV dalekovoda javljaju se poteškoće s atmosferskim prenaponima, koji povremeno prodiru u zonu, koju štite odvodnici prenapona, montirani na prvom stupu dalekovoda.

5. Pomoćni pogoni

Ugrađen je Diesel-agregat 180 kVA, 400 V kao sigurni izvor za bitne pogone vlastite potrošnje (drenaža i kompresori) i automatski se uključuje na sabirnice 400 V kod ispada vlastite potrošnje.

Godine 1972. zamijenjena je Aku-baterija novom istog tipa. Nabavljena je nova telefonska centrala.

Planira se postupna zamjena signalnih kablova.

HIDROMEHANIČKA OPREMA

Hidromehanička oprema kakva je projektom predviđena i ugrađena u toku montaže, proizvedena je u tvornici »Metalna« Maribor, a koristi se i danas bez bitnih izmjena. Sastoji se od slijedećih uređaja:

1. ulazni uređaj,
2. predturbinski leptirasti zatvarači,
3. izlazni tablasti zatvarači,
4. preljevna klapna i
5. temeljni ispušt s pomoćnim i temeljnim zatvaračem.

1. Ulazni uređaj (v. sl. 5) sastoji se od:

- dva tablasta zatvarača dimenzija 4,00x7,50 metara, težine po 54 t,
- cijevi za odzračivanje promjera 800 mm,

- obilaznog ventila (by-pass) za izjednačenje tlaka odnosno za punjenje tunela, i
- elektromotornog pogona s reduktorom, galovim lancima i pogonskim motkama.

Sva oprema, osim pogonskih elektromotora, reduktora, gornjeg dijela glavnog lanca i manjeg dijela pogonskih motki, nalazi se pod vodom akumulacijskog jezera. Podmazivanje i pregled zatvarača moguć je samo s nizvodne strane kroz prazan dovodni tunel. Cijela nizvodna površina zatvarača napadnuta je površinskom korozijom uz pojavu mjehura promjera do 50 mm.

Kod pogonskih manipulacija (dizanja i spuštanja zatvarača) ne javljaju se smetnje u radu. Godine 1985. izvršen je generalni remont zatvarača, s antikorozivnom zaštitom površina zatvarača, rešetki i čeličnog prstena, donjeg glavnog lanca i pogonskih motki.

2. **Predturbinski leptirasti zatvarači** promjera 3,8 m s uljnim servouređajima ugrađeni su u svaku od dvije čelične račve neposredno pred spiralom turbine. Unutrašnje strane čeličnog nastavka tunela promjera 6,7 m, čeličnih račvi promjera 3,8 m, spirala turbine sa statorskim lopaticama te uzvodna i nizvodna strana leptirastog zatvarača napadnute su korozijom, ali ne u tolikoj mjeri da je ugrožena pogonska sigurnost.

Vanjske strane čeličnih račvi između zadnjeg zida strojnice i temelja turbine u dobrom su stanju, mjestimično su korodirane u zanemarljivoj mjeri. Godine 1985. izvršena je antikorozivna zaštita čelične račve, leptirastih zatvarača, spirale turbine i sifona.

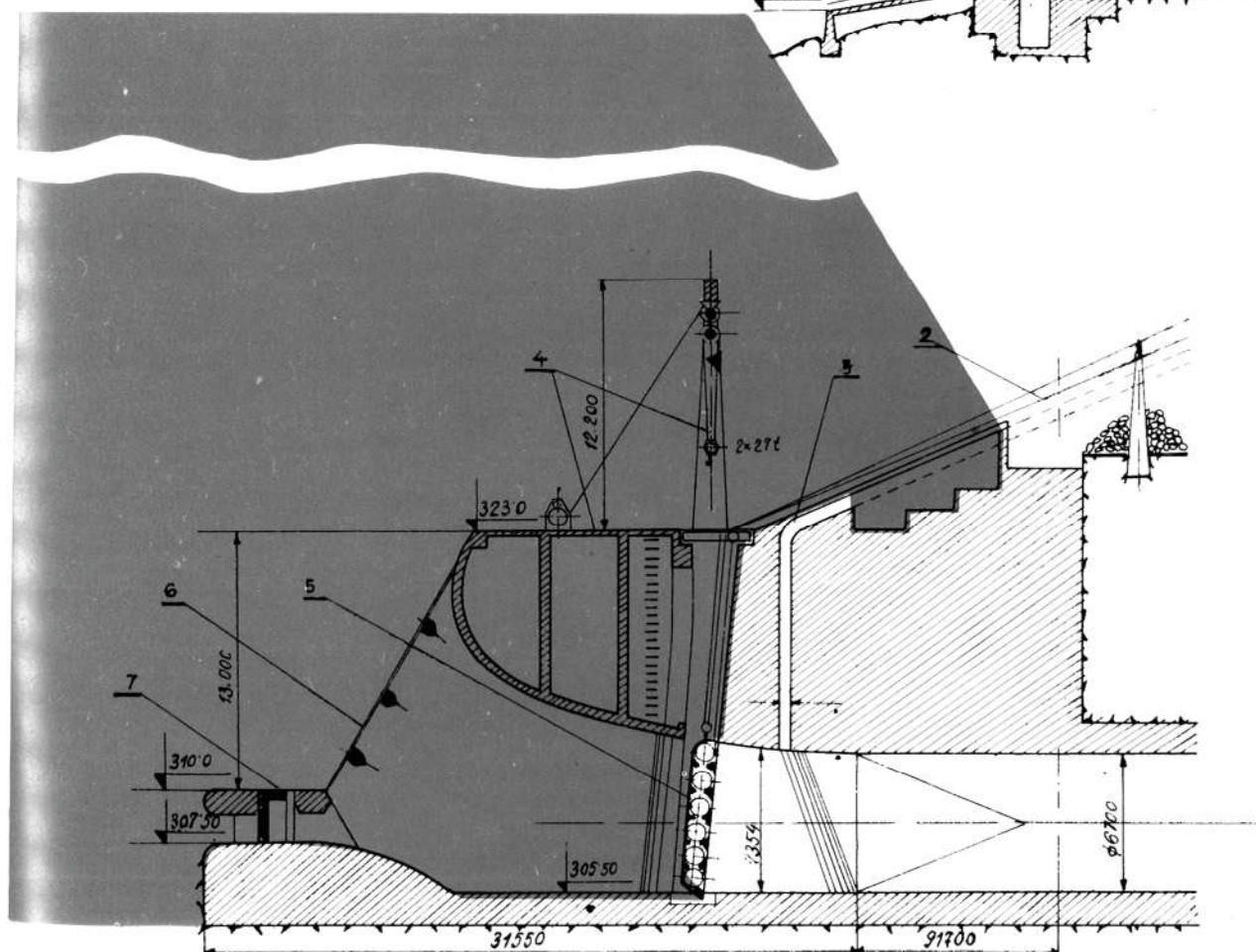
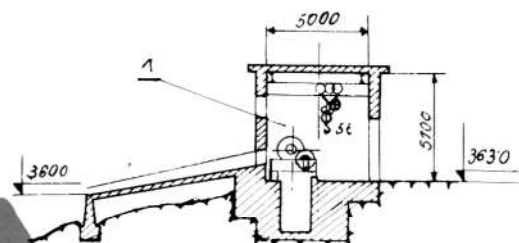
3. **Izlazni tablasti zatvarač (zapornice)** pravokutnog su oblika dimenzija 5,190 x 3,558 m. Projektirani su i izvedeni s ručnim pogonom, ali je u toku eksploatacije ugrađen elektromo-

torni pogon s reduktorom i galovim lancem. Izlazni dio svakog difuzora podijeljen je na dva dijela u svakom tom dijelu je ugrađen po jedan tablasti zatvarač. Manipulacije ovim zatvaračima pogonski su ispravne i sigurne.

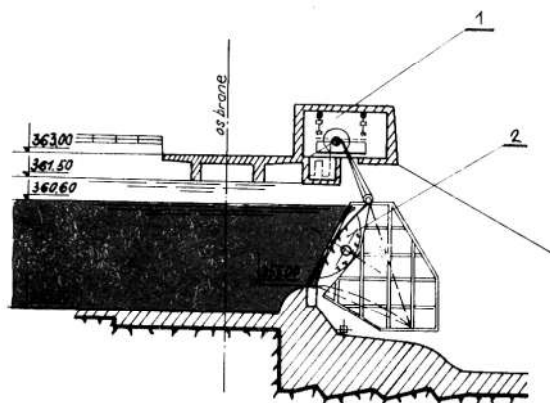
4. **Preljevna klapna** (v. sl. 6) oblika »riblji trbuh« i dimenzija 5,00x10,00 m, montirana je na lijevoj strani brane na početku preljevnog kanala i ovješena je na jednoj strani. Na bočnim stranama klapne ugrađene su gumene brtve, koje klize po vertikalnim vodećim čeličnim pločama ubetoniranim u bokove preljeva. Pogon je elektromotorni s reduktorom i galovim lancem. Radi rasterećenja pogonskog mehanizma i izbjegavanja pogrešaka u manipulaciji, klapna se u gornjem krajnjem položaju zabavljuje posebnom bravom. Evakuacioni kapacitet preljevne klapne iznosi 340 m³/s kod maksimalne kote jezera od 361,20 mnm.

5. **Temeljni ispust** s pomoćnim i regulacionim zatvaračem (v. sl. 7 i 8) izgrađen je na desnoj strani brane kao tunel svijetlog promjera 4,34 metra. Pomoćni zatvarač dimenzija 4,00x4,00 m izveden je kao klizni zatvarač sa hidrauličnim pogonom smještenim u okomitom oknu promjera 5,00 m i dubine 31,00 m. Na zatvaraču su ugrađeni otvor za odzračivanje i obilazni ventil (by-pass) za punjenje nizvodnog dijela tunela. Moguće je izvršiti pregled samo nizvodne strane zatvarača i to kroz ispražnjeni dio tunela temeljnog ispusta.

Regulacioni zatvarač dimenzija 2,80x4,0 m ugrađen je na izlazu temeljnog ispusta a predviđen je kao evakuacioni organ kapaciteta 220 m³/s kod maksimalne kote akumulacije od 361,20 mnm i kao organ za regulirano ispuštanje vode iz akumulacije u slučaju kada turbine iz bilo kojih razloga nisu u pogonu. Konstruiran



Sl. 5. Oprema ulaznog uređaja: 1. pogonska, kućica, 2. pogonske motke, 3. odzračna cijev, 4. montažni plato, 5. zatvarač, 6. rešetke i 7. ulazni prag

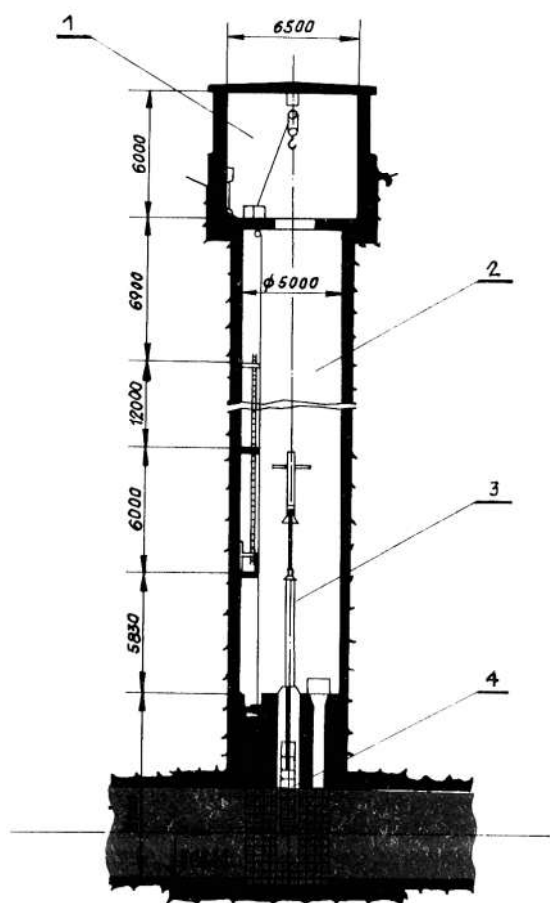


Sl. 6. Preljev na brani: 1. pogonska kućica, 2. klapna

je da radi uspješno i do hidrostatskog tlaka 055 MPa (5,5 bara).

Površine tabli pomoćnog i regulacionog zatvarača, te čeličnog prstena jednog i drugog zatvarača napadnute su površinskom korozijom, ali je pogon siguran i pouzdan.

Iza regulacionog zatvarača napravljen je »poništlač energije« mlaza vode. Izgrađen je od armirano-betonskih pragova i blokova obloženih čeličnim limovima, koji su također napadnuti površinskom korozijom.



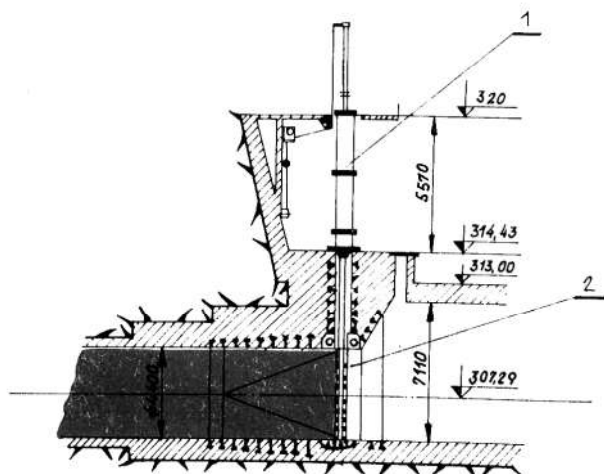
Sl. 7. Pomoćni zatvarač: 1. pogonska zgrada, 2. okno, 3. servouređaj, 4. zatvarač

Rešetke na ulazu u dovodni tunel i temeljni ispušt nisu bile pregledane od početka punjenja akumulacije odnosno od 1958. godine.

1985. godine izvršen je generalni remont s antikorozaštitom pomoćnog zatvarača, ulaznih rešetki i čeličnog prstena zatvarača.

RASPOLOŽIVOST POSTROJENJA

Režim rada postrojenja određen je trenutnim potrebama potrošača električne energije i hidrološkim prilikama u elektroenergetskom sistemu, trenutnim sadržajem ove akumulacije i hidrologijom šireg sliva Cetine. Na osnovi ovih parametara razrađuje se sedmični i dnevni »red vožnje«, koji se i tako određen često mijenja i prilagođava trenutnim prilikama u sistemu. Ovakav režim rada je normalan, ali uvjetuje velik broj planiranih manipulacija (isključenje iz proizvodnje, promjene opterećenja) proizvodnih agregata. Prema statistici u prosjeku se javlja 12 isključenja jednog agregata u mjesecu i to radi pridržavanja reda vožnje ili zbog održavanja pogonskih uvjeta strojeva — kratkotrajno zagrijavanje strojeva radi sušenja izolacije namota generatora kod dužih obustava.



Sl. 8. Izlazni zatvarač na temeljnom ispustu: 1. servouređaj, 2. klizni regulacioni zatvarač

Duže obustave proizvodnje javljaju se osim u režimu punjenja akumulacije, još i u toku cijele godine što je i normalno ako se uzme u obzir veličina izgradnje ($2 \times 60 \text{ m}^3/\text{s}$), srednji godišnji dotok u akumulaciji na pregradnom profilu ($40 \text{ m}^3/\text{s}$), hidrološke prilike sliva, stanje vode u akumulaciji i potrebe za proizvodnjom u HE Žakućac.

Za ovo vrijeme proizvodna postrojenja su u rezervi elektroenergetskog sistema i spremna su za trenutnu proizvodnju, na zahtjev dispeterske službe.

U tablici navedena su vremena rada i rezerve te vrijeme remonta, njege i kvara kao prosječne godišnje veličine u proteklom periodu.

Tab. 1.

SREDNJE GODIŠNJE VRIJEME KORIŠTENJA 1960—1985.

	pogon	rezerva	raspoloživo (2+3)	remont njega, kvar	Ukupno (4+5)
1	2	3	4	5	6
(h)	4551	3538	8089	678	8767
%	51,91	40,35	92,26	7,74	100,00

Navedeni prosjeci pokazuju da postrojenja ove elektrane stoje na raspolaganju za proizvodnju ili proizvode električnu energiju za elektroenergetski sistem velik vremenski dio u toku godine.

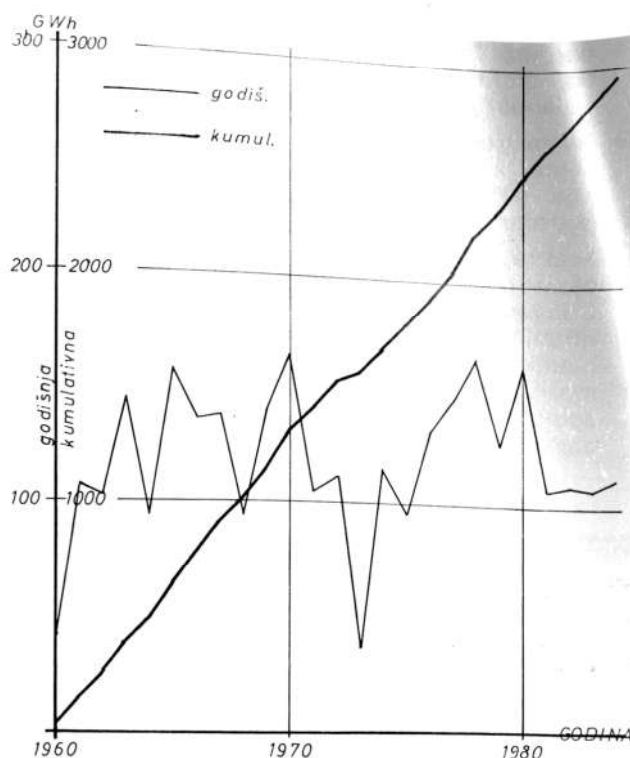


Sl. 9. Kavitaciona oštećenja lopatica rotora

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I AKUMULACIJA

Dosadašnja srednja godišnja proizvodnja iznosi 120 GWh. Najmanja proizvodnja realizirana je 1973. godine u iznosu od 36,8 GWh, uz srednji dotok u akumulaciju od 27,2 m³/s i ukupno ispuštena količina vode iz akumulacije od 821 hm³. Najveća proizvodnja od 165,8 GWh je bila 1978. godine uz srednji dotok u akumulaciju od 54,0 m³/s i količinu ispuštene vode iz akumulacije od 1.730 hm³.

Ukupna dosadašnja proizvodnja premašuje 3.000 GWh (dijagram). Ispuštanje vode iz akumulacijskog jezera preko preljevnog kanala je zanemarivo. Nakon izgradnje II faze HE Zakučac i povećanja njenog instaliranog protoka na 220 m³/s, prelijevanje vode je eliminirano. Ispuštanje vode kroz temeljni tunel vrši se u pravilu u ovim slučajevima:



Sl. 10. Dijagram proizvodnje električne energije

- ispuštanje količine vode za održavanje biološkog minimuma i
- pražnjenje akumulacijskog jezera radi pogonskih ili energetske razloga.

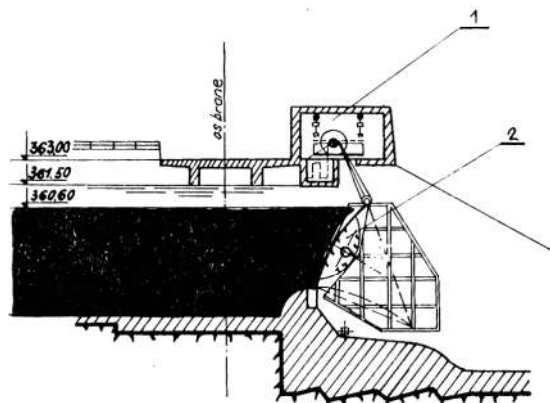
Ispuštanje radi održavanja »biološkog minimuma« u rijeci Cetini od brane do prvih jačih nizvodnih izvora vrši se u vremenu kada ne radi nijedna turbina u količini od prosječno 4 m³/s. Ovako ispuštena količina iznosi 2—3% od ukupno ispuštene količine vode iz akumulacijskog jezera.

Pražnjenje akumulacijskog jezera ispod kote uspora od 325 mnm (kod te kote se obustavljaju turbine) vrši se u izvanrednim pogonskim ili energetskim prilikama. Dosad se ovako praznila akumulacija 1965. (zamjena brtvi na pomoćnom zatvaraču), 1973. veoma loša energetska situacija i hidrologija) i 1985. (generalni remont hidromehaničke opreme i pregled dijela temeljnog tunela koji nije pregledan od 1958. godine).

Količina vode koja se godišnje ispušta iz akumulacije kreće se ovisno o hidrologiji od 1,52 do 3,5 volumena akumulacije, a 25-godišnji prosjek ostvaren je sa 2,46 volumena akumulacijskog jezera.

ZAKLJUČAK

Na temelju navedenog opisa postrojenja i opreme i njenog ponašanja u 25 godina eksploatacije i rada, može se utvrditi slijedeće:

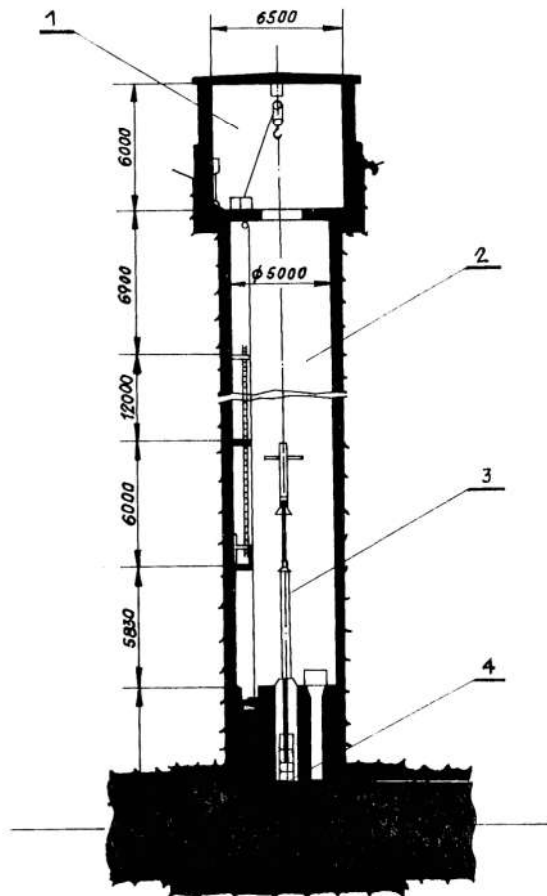


Sl. 6. Preljev na brani: 1. pogonska kućica, 2. klapna

je da radi uspješno i do hidrostatskog tlaka 055 MPa (5,5 bara).

Površine tabli pomoćnog i regulacionog zatvarača, te čeličnog prstena jednog i drugog zatvarača napadnute su površinskom korozijom, ali je pogon siguran i pouzdan.

Iza regulacionog zatvarača napravljen je »poništlač energije« mlaza vode. Izgrađen je od armirano-betonskih pragova i blokova obloženih čeličnim limovima, koji su također napadnuti površinskom korozijom.



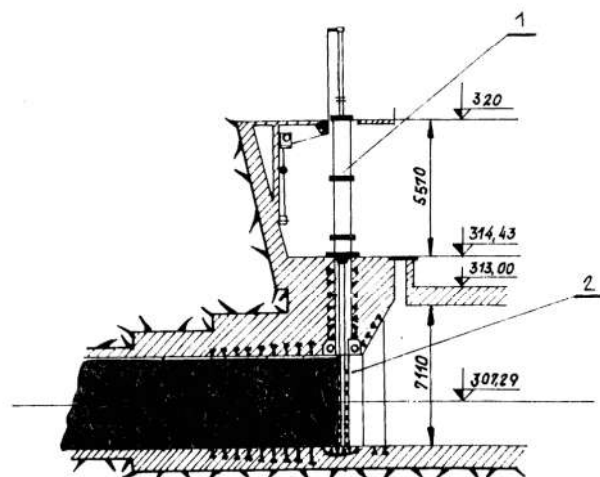
Sl. 7. Pomoćni zatvarač: 1. pogonska zgrada, 2. okno, 3. servouredaj, 4. zatvarač

Rešetke na ulazu u dovodni tunel i temeljni ispušt nisu bile pregledane od početka punjenja akumulacije odnosno od 1958. godine.

1985. godine izvršen je generalni remont s antikorozaštitom pomoćnog zatvarača, ulaznih rešetki i čeličnog prstena zatvarača.

RASPOLOŽIVOST POSTROJENJA

Režim rada postrojenja određen je trenutnim potrebama potrošača električne energije i hidrološkim prilikama u elektroenergetskom sistemu, trenutnim sadržajem ove akumulacije i hidrologijom šireg sliva Cetine. Na osnovi ovih parametara razrađuje se sedmični i dnevni »red vožnje«, koji se i tako određen često mijenja i prilagođava trenutnim prilikama u sistemu. Ovakav režim rada je normalan, ali uvjetuje velik broj planiranih manipulacija (isključenje iz proizvodnje, promjene opterećenja) proizvodnih agregata. Prema statistici u prosjeku se javlja 12 isključenja jednog agregata u mjesecu i to radi pridržavanja reda vožnje ili zbog održavanja pogonskih uvjeta strojeva — kratkotrajno zagrijavanje strojeva radi sušenja izolacije namota generatora kod dužih obustava.



Sl. 8. Izlazni zatvarač na temeljnom ispustu: 1. servouredaj, 2. klizni regulacioni zatvarač

Duže obustave proizvodnje javljaju se osim u režimu punjenja akumulacije, još i u toku cijele godine što je i normalno ako se uzme u obzir veličina izgradnje ($2 \times 60 \text{ m}^3/\text{s}$), srednji godišnji dotok u akumulaciji na pregradnom profilu ($40 \text{ m}^3/\text{s}$), hidrološke prilike sliva, stanje vode u akumulaciji i potrebe za proizvodnjom u HE Žakućac.

Za ovo vrijeme proizvodna postrojenja su u rezervi elektroenergetskog sistema i spremna su za trenutnu proizvodnju, na zahtjev dispeterske službe.

U tablici navedena su vremena rada i rezerve te vrijeme remonta, njege i kvara kao prosječne godišnje veličine u proteklom periodu.

Tab. 1.

SREDNJE GODIŠNJE VRIJEME KORIŠTENJA 1960—1985.

	pogon	rezerva	raspoloživo (2+3)	remont njega, kvar	Ukupno (4+5)
1	2	3	4	5	6
(h)	4551	3538	8089	678	8767
%	51,91	40,35	92,26	7,74	100,00

Navedeni prosjeci pokazuju da postrojenja ove elektrane stoje na raspolaganju za proizvodnju ili proizvode električnu energiju za elektroenergetski sistem velik vremenski dio u toku godine.

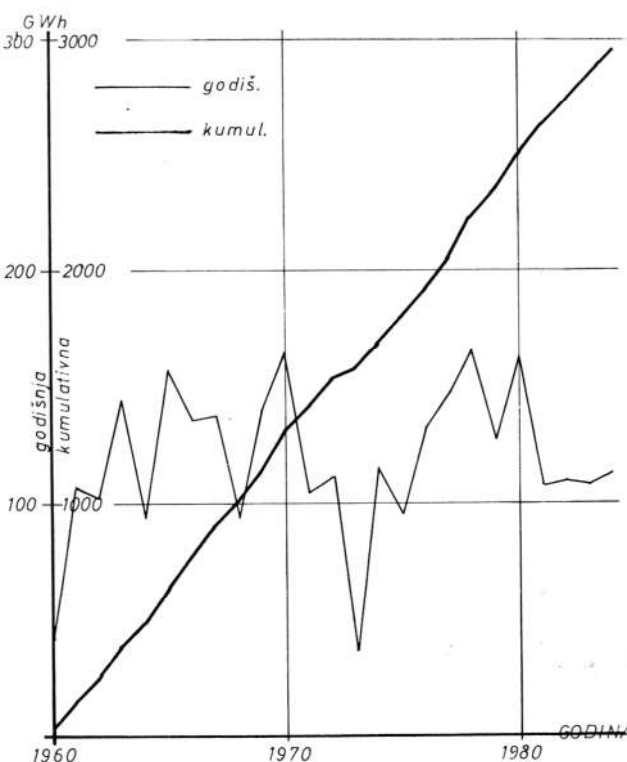


Sl. 9. Kavitaciona oštećenja lopatica rotora

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I AKUMULACIJA

Dosadašnja srednja godišnja proizvodnja iznosi 120 GWh. Najmanja proizvodnja realizirana je 1973. godine u iznosu od 36,8 GWh, uz srednji dotok u akumulaciju od 27,2 m³/s i ukupno ispuštena količina vode iz akumulacije od 821 hm³. Najveća proizvodnja od 165,8 GWh je bila 1978. godine uz srednji dotok u akumulaciju od 54,0 m³/s i količinu ispuštene vode iz akumulacije od 1.730 hm³.

Ukupna dosadašnja proizvodnja premašuje 3.000 GWh (dijagram). Ispuštanje vode iz akumulacijskog jezera preko preljevnog kanala je zanemarivo. Nakon izgradnje II faze HE Zakučac i povećanja njenog instaliranog protoka na 220 m³/s, prelijevanje vode je eliminirano. Ispuštanje vode kroz temeljni tunel vrši se u pravilu u ovim slučajevima:



Sl. 10. Dijagram proizvodnje električne energije

- ispuštanje količine vode za održavanje biološkog minimuma i
- pražnjenje akumulacijskog jezera radi pogonskih ili energetske razloga.

Ispuštanje radi održavanja »biološkog minimuma« u rijeci Cetini od brane do prvih jačih nizvodnih izvora vrši se u vremenu kada ne radi nijedna turbina u količini od prosječno 4 m³/s. Ovako ispuštena količina iznosi 2—3% od ukupno ispuštene količine vode iz akumulacijskog jezera.

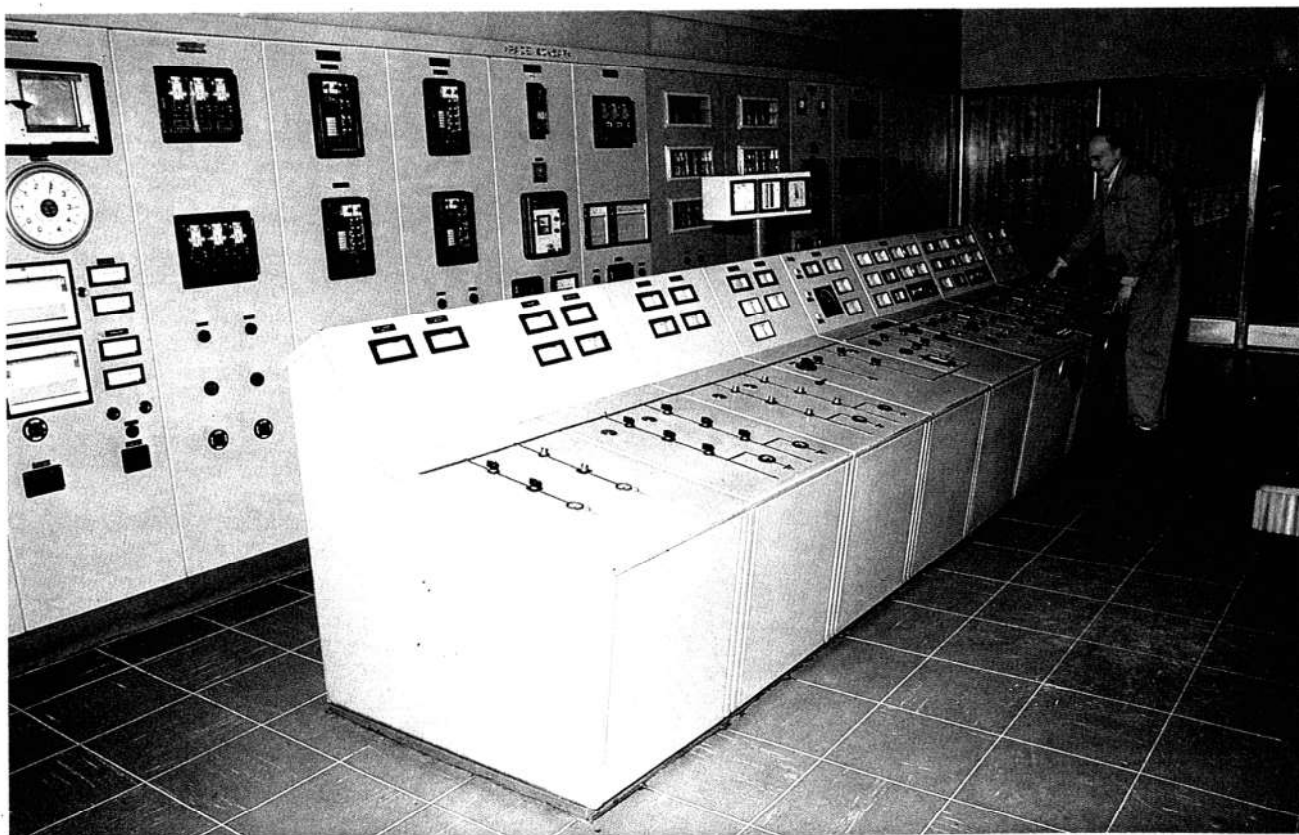
Pražnjenje akumulacijskog jezera ispod kote uspora od 325 mm (kod te kote se obustavljaju turbine) vrši se u izvanrednim pogonskim ili energetskim prilikama. Dosad se ovako praznila akumulacija 1965. (zamjena brtvi na pomoćnom zatvaraču), 1973. veoma loša energetska situacija i hidrologija) i 1985. (generalni remont hidromehaničke opreme i pregled dijela temeljnog tunela koji nije pregledan od 1958. godine).

Količina vode koja se godišnje ispušta iz akumulacije kreće se ovisno o hidrologiji od 1,52 do 3,5 volumena akumulacije, a 25-godišnji prosjek ostvaren je sa 2,46 volumena akumulacijskog jezera.

ZAKLJUČAK

Na temelju navedenog opisa postrojenja i opreme i njenog ponašanja u 25 godina eksploatacije i rada, može se utvrditi slijedeće:

- oprema i postrojenja, koja su ugrađena u ovu elektranu, bila su visoke kvalitete i pouzdanosti;
- režim rada postrojenja uvjetovan je prilikama, koje su izvan domašaja elektrane i nije najpovoljniji za održavanje pogonske pouzdanosti i spremnosti postrojenja;
- kvaliteta i pouzdanost postrojenja izvođenjem predviđenih radova kako na tekućim i investicionom održavanju tako i kod planiranja i realizacije određenih zamjena i manjih rekonstrukcija dotrajalih elemenata može se održati i postići visok stupanj raspoloživosti i pogonske spremnosti bez obzira na režim eksploatacije;
- projektom su škrto dimenzionirani, a kod gradnje izvedeni pomoćni prostori (radio-nice, skladišta, komunikacioni i montažni prostori) takvih dimenzija da otežavaju i produžavaju radove na održavanju postrojenja i stvaraju poteškoće kod osiguranja današnjih normi radnih uvjeta radnika;
- povezivanje elektrane s distributivnom mrežom i radijalno povezivanje s mrežom sistema uz jednostruke sabirnice, otežava, a u pojedinim slučajevima i onemogućava, izvođenje uobičajenih radova na elementima razvodnog postrojenja.



Komandna prostorija

HE PERUČA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Brana i akumulacija, kao i pribranska elektra-
na izgrađena je na gornjem toku rijeke Cetine
sa zadatkom da zadrži vode (bujičnog karakte-
ra) te zajednički s akumulacijom Buško Blato
izregulira vode Cetine tako, da se u HE Zaku-
ćac postigne maksimalna moguća proizvodnja
električne energije.

Sadržaj akumulacije Peruća:

kod kote 310 m.n.m.	408.000 m ³
kod kote 360 m.n.m.	541.249.000 m ³
korisni volumen	540.841.000 m ³
ukupni volumen	206 m ³ /s mjesečno

Akumulacija je sezonskog karaktera, a doticaj-
ni volumen od 1961—1984. godine kretao se od
797,8 hm³ (u najsušnijoj godini) do 1753,4 hm³
u najvlažnijoj godini.

Prosječni dotok (u 25-godišnjem razdoblju) iz-
nosi 1.372,9 hm³ odnosno on je 2,5 puta veći
od ukupnog sadržaja izgrađene akumulacije Pe-
ruća.

Volumen sveden na m³/s mjes. iznosi 206,0
m³/s (mjesec sa 30,4 dana) pa u Tabeli br. 1
vidimo da u XI—XII mjesecu u 60% slučajeva
dotiče u jezero preko 50% ukupnog sadržaja
akumulacije.

Ovakvi dotoci utjecali su na način korištenja
akumulacije (kao i karakteristike dotoka u pro-
ljetnom periodu) pa se početak hidrološke go-
dine (XI mj.) uvijek nastojalo dočekati s tak-
vim sadržajem akumulacije da se mogu uhva-
titi vodni valovi u jesenskom periodu, te da
nizvodno Sinjsko polje (kao i ostala manja po-
lja) ne budu ugrožena poplavama.

Iz Tabele br. 1 vidimo da je ostvaren dotok u
jezeru 1960. godine i 1970. godine u XI—XII
mjesecu bio veći od ukupnog sadržaja tj.
206 m³/s mj.

U tabeli br. 2. prikazani su prosječni mjesečni
dotoci u jezero i to od 1960. do 1984. godine,
kao i godišnji prosjeci.

Prosječni dotok u jezero kroz proteklih 25 go-
dina iznosi 42,9 m³/s. Podaci o protokama su
dispečerski i to su netto dotoci gubici procje-
đivanja i isparavanja nisu uračunati.

Dijagram sl. 1 i 2 prikazuje ostvarene kote vode
u jezeru i to svakog prvog dana u mjesecu od
1961. do 1986. godine, te ujedno prikazuje na-
čin korištenja akumulacije.

Tabela 1

OSTVARENI GODIŠNJI DOTOCI U AKUMULACIJU
»PERUĆA« SA VJEROJATNOSTI POJAVE

P o j a v a	Prosječni god. m ³ /s	God. dotok u ak. hm ³	Dotok u XI+XII m ³ /s
P ₁ = 0,02	55,6	1753,4	216,1
P ₂ = 0,06	54,9	1731,3	210,3
P ₃ = 0,10	54,0	1702,9	170,7
P ₄ = 0,14	50,0	1576,8	163,1
P ₅ = 0,18	49,6	1564,2	148,4
P ₆ = 0,22	49,0	1555,2	148,2
P ₇ = 0,26	47,1	1485,3	140,8
P ₈ = 0,30	47,0	1482,1	139,9
P ₉ = 0,34	46,9	1478,0	124,0
P ₁₀ = 0,38	46,6	1469,5	120,1
P ₁₁ = 0,42	45,9	1447,5	111,8
P ₁₂ = 0,46	45,4	1431,7	110,1
P ₁₃ = 0,50	45,2	1425,4	109,6
P ₁₄ = 0,54	43,7	1377,1	105,7
P ₁₅ = 0,58	42,7	1346,5	101,4
P ₁₆ = 0,62	40,1	1264,6	99,3
P ₁₇ = 0,66	40,0	1261,4	96,3
P ₁₈ = 0,70	39,3	1239,3	95,7
P ₁₉ = 0,74	38,5	1214,1	89,1
P ₂₀ = 0,78	36,6	1154,2	81,8
P ₂₁ = 0,82	36,6	1154,2	77,7
P ₂₂ = 0,86	36,2	1141,6	77,2
P ₂₃ = 0,90	33,0	1040,6	65,8
P ₂₄ = 0,94	31,8	1002,5	57,8
P ₂₅ = 0,98	25,3	797,8	40,1
Pros j ek	42,9	1372,9	

U pogonu:

Izregulirani protoci Cetine

HE Zakućac: — u pogonu s prvom fazom od
IX 1961. g.

— u pogonu sa drugom fazom od V 1980 g.

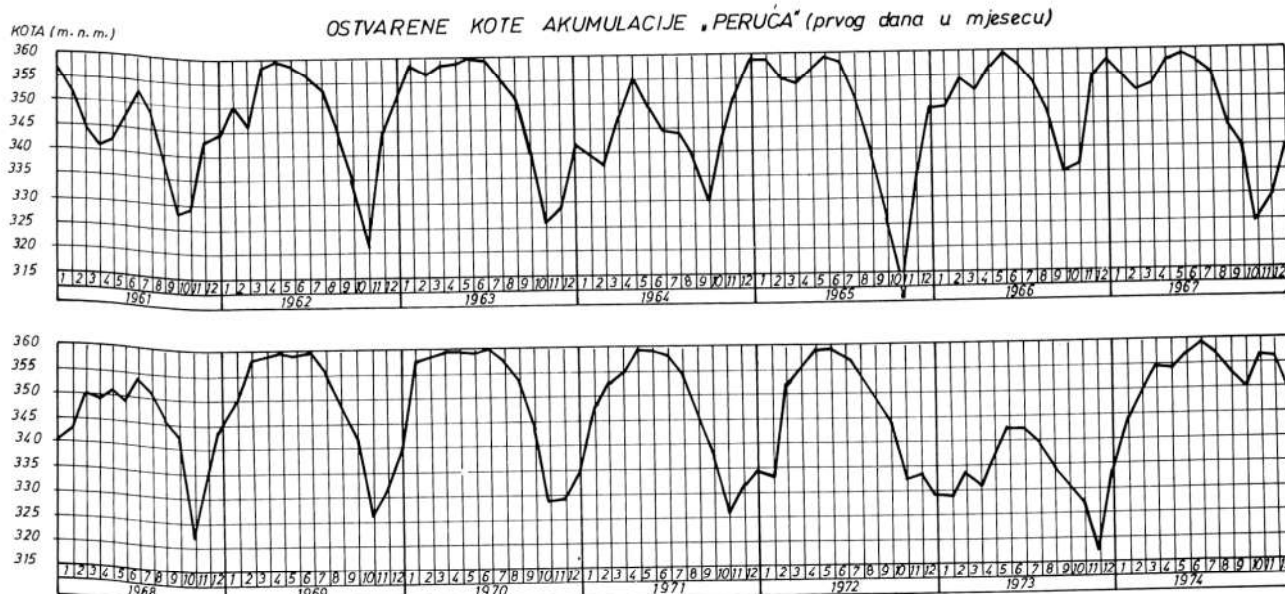
HE Orlovac: — u pogonu od IV mj. 1973. g.

Sa dva karakteristična dijagrama (Sl. 3 i 4) pri-
kazani su dekadni protoci Cetine kao i izreguli-
rana Cetina registrirana na mjernom mjestu
»Gradunska Mlinica« za 1967. i 1977. god.

U 1967. godini imamo izgrađenu akumulaciju Pe-
ruća, dok u 1977. g. imamo akumulaciju B. Bla-
to i akumulaciju Peruća, koje zajednički do-
prinosu regulaciji voda Cetine kao i proizvod-
nji električne energije.

Godina 1966/67. je karakteristična velikim vo-
dama dotoka i međudotoka početkom hidrolo-
ške godine (XI, XII, 1966).

Stanje akumulacije 1. X 1966. g. dočekano je
sa kotom 335,0 m.n.m. Visoki dotoci u jezero
u XI i XII mjesecu (ukupno 216,1 m³/s, što iz-
nosi više od ukupnog sadržaja akumulacije)



Dijagram punjenja akumulacije od 1961—1974.

uvjetovali su naglo punjenje jezera, tako da je kota 1. I 1967. god. dosegla max. dozvoljeni nivo od 358,0 m.n.m.

Kako tada još nije bila izgrađena akumulacija B. Blato imamo i visoke međudotoke Cetine, pa su nam vode na »Gardunskoj Mlinici« iznad instaliranog protoka kod HE Zakućac (tada $Q_i = 100 \text{ m}^3/\text{s}$) pa je angažirana za proizvodnju još i HE Kraljevac sa $Q_i = 80 \text{ m}^3/\text{s}$.

U 1967. godini od 1. I — 30. VI izregulirana Cetina je veličine od 105,0—140,0 m^3/s . U tom periodu HE Zakućac proizvodi maksimalno, a ostatak voda prerađuje HE Kraljevac.

Iz dijagrama vidimo utjecaj Peruče na izregulirane vode Cetine (razlika između prirodnih

i izreguliranih protoka na Gardunskoj mlinici za razdoblje od 1. X 1966. do 31. XII 1977. god.

U 1976/77. godini situacija je slična u pogledu dotoka i međudotoka ali sada imamo izgrađenu akumulaciju Buško Blato.

Akumulacija Buško Blato ima utjecaja na međudotok Cetine. Vodni val međudotoka s obzirom na vremensko trajanje znatno je skraćen kao i maksimalne vrijednosti u m^3/s .

Utjecaj akumulacije lijepo se vidi iz dijagrama. Zajedničko korištenje obiju akumulacija omogućavaju maksimalnu proizvodnju HE Zakućac. Izgradnjom akumulacije Buško Blato u 1973. godini (možemo smatrati višegodišnjom akumulacijom) zahvaćene su vode sliva Buško Blato kao

Tabela 2.

DOTOK U AKUMULACIJU »PERUČA«

	m ³ /s												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD.
1960.	66,6	98,3	73,3	66,9	47,3	22,4	23,0	17,2	13,4	68,8	63,1	107,5	55,6
61.	71,8	40,3	33,6	35,0	43,3	36,9	21,0	16,9	11,9	23,6	62,3	43,4	36,6
62.	43,1	29,6	87,5	95,0	37,2	20,6	16,8	12,4	10,0	11,7	93,0	55,4	42,7
63.	96,0	56,6	46,5	52,4	48,1	45,1	22,6	23,7	28,9	22,0	27,3	74,1	45,2
64.	31,6	36,1	71,2	68,3	27,0	19,2	21,7	15,9	13,1	70,0	66,1	104,6	45,4
1965.	72,3	42,2	57,1	63,5	62,7	56,1	23,1	21,7	31,1	18,8	59,2	80,7	49,0
66.	35,5	60,7	33,0	59,7	58,1	23,4	11,7	6,3	11,7	48,2	120,6	95,5	47,0
67.	33,0	30,6	51,0	69,4	55,0	33,6	20,8	16,3	26,1	24,8	42,1	68,0	39,3
68.	41,9	53,3	37,1	37,0	25,0	42,9	16,0	17,5	42,3	26,7	64,4	55,7	38,5
69.	45,8	76,0	68,9	60,4	62,1	39,6	19,3	19,4	39,7	20,7	44,7	51,0	45,9
1970.	105,5	72,0	71,5	138,4	68,1	38,5	21,6	19,4	16,2	14,0	38,5	50,6	54,9
71.	75,6	41,6	47,7	68,9	41,5	29,9	13,3	14,9	15,8	14,1	41,6	57,7	46,9
72.	66,8	58,7	56,4	69,3	52,5	26,4	18,0	14,3	18,7	18,5	45,6	36,2	40,1
73.	27,2	35,7	23,1	41,2	41,3	19,7	12,9	11,5	11,6	13,0	12,3	53,5	25,3
74.	54,4	45,5	42,3	31,4	45,5	38,9	25,3	12,8	27,6	147,0	60,7	35,6	47,1
1975.	22,8	16,3	31,8	48,3	27,8	31,2	18,5	14,6	17,4	57,6	53,3	56,3	33,0
76.	21,6	30,9	30,8	50,8	51,7	23,8	21,5	23,0	25,7	34,1	86,7	123,6	43,7
77.	70,1	87,0	53,5	60,8	30,9	16,5	12,4	15,9	24,2	34,5	27,0	50,7	40,0
78.	69,5	79,6	87,5	73,3	131,5	60,0	31,7	20,1	17,0	20,3	11,8	46,0	54,0
79.	70,8	89,1	63,2	70,2	44,0	26,9	36,3	17,6	15,1	17,2	75,8	72,4	49,6
1980.	61,6	57,9	46,9	54,1	89,9	59,9	27,7	15,6	11,5	33,9	85,3	55,5	50,0
81.	30,5	26,7	61,5	51,8	49,5	31,6	22,3	15,1	13,5	25,9	21,2	90,6	36,6
82.	61,1	25,0	26,8	55,1	34,8	28,1	18,8	13,0	9,2	38,6	29,1	94,9	36,2
83.	41,4	59,8	48,3	71,7	38,1	27,7	13,8	10,5	18,0	11,7	10,8	29,3	31,8
1984.	39,6	49,5	47,2	62,8	101,8	51,5	21,1	16,7	35,4	57,0	49,8	27,4	46,6
Prosjeak	54,2	52,0	51,9	52,2	52,6	34,0	20,4	16,1	20,2	34,9	51,7	64,6	42,9

i vode centralnog dijela Livanjskog polja. Ove vode do sada su se javljale u međudotoke Cetine i utjecale na njegovo vremensko trajanje kao i visinu (m^3/s) protoka.

U 1980. god. HE Zakućac povećava svoju instaliranu snagu od $Q_i = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ na $Q_i = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ pa nam sa instaliranim protokom kod HE Kraljevac od $Q_i = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ ukupni instalirani protok nizvodno od brane Peruća sada iznosi $Q_i = 300 \text{ m}^3/\text{s}$. Od tada možemo smatrati da je Cetina uglavnom ukroćena, te da će u budućnosti biti kratkotrajnih vremenskih razdoblja kada bi moglo doći do neiskorištenih voda Cetine (preljeva) tj. kada međudotok bude iznosio iznad $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Današnja raspoloživa električna snaga kod izgrađenih HE na Cetini iznosi:

Peruća	41,6 MW
Zakućac	486,0 MW
Orlovac	237,0 MW
Kraljevac	66,0 MW
Ukupno:	830,5 MW

Sadržaj akumulirane vode (i energije) u Perući, Buškom Blatu kao i kompenzacijskih bazena u Lipi i Prančevićima, omogućava prilagođavanje ovih elektrana potrebama elektroenergetskog sistema (osim HE Kraljevac) u vrlo širokom području. One u vrlo kratkom vremenskom razdoblju prilagođavaju svoju proizvodnju od nule do maksimalne snage.

One vrše sekundarnu regulaciju frekvencije sistema (HE Zakućac) kao i primarnu regulaciju u sistemu SRH.

Izgradnjom nove HE Đale na rijeci Cetini fleksibilnost ovih elektrana se povećava jer će se raspoloživi korisni volumen kompenzacijskih bazena povećati za daljnjih $2,0 \text{ hm}^3$, što je vrlo značajno za rad HE Zakućac, kao i za ostale uzvodne elektrane.

Rad HE Peruća u elektroenergetskom sistemu

Kod prvog puštanja u pogon elektrana je bila vezana za mrežu preko jednog DV-a 110 kV na TS Meterize 110/30 kV kao i preko jednog DV-a 30 kV Peruća—Sinj—Meterize kojim je mogla plasirati samo jedan dio energije.

U 1984. godini pušten je u pogon DV 110 kV Kraljevac—Buško Blato pa je sada elektrana vezana na sistem i drugim DV-odom 110 kV Peruća—Buško Blato—Kraljevac.

Ovakvim vezama na 110 kV osiguran je nesmetan rad HE u elektroenergetskom sistemu s obzirom na moguće kvarove na DV-u kao i potrebne remonte.

Ova druga veza preko HE Kraljevac osigurala je ujedno i dvostruko napajanje C.S. Buško Blato kao najvažnije točke sistema Orlovac.

U proteklom razdoblju proizvodnja elektrane prilagođavana je potrebama elektroenergetskog sistema odnosno kroz turbine elektrane dozirana je potrebna količina vode za HE Zakućac.

Zbog ovakvog rada u dosta slučajeva agregati u HE nisu proizvodili energiju u optimalnom području pa je potrošnja vode u m^3 po kWh bila nešto veća što je imalo za posljedicu nešto manju godišnju proizvodnju od moguće.

Neekonomičan rad HE naročito dolazi do izražaja kada se nakon 16—18 sati rada agregati obustavljaju i otvara temeljni ispušt radi propuštanja od $2,0$ — $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ vode kao biološki minimum Cetine na potezu brana — Rumini.

Količina ispuštene vode može iznositi mimo turbina od 60000 — 150000 m^3 u toku jednog dana, pa su sve računice optimalne proizvodnje suvišne.

Izgradnjom jednog malog agregata kod HE za ovaj biološki minimum situacija će se promijeniti, pa će se rad agregata kod bilo koje ko-

HE »PERUĆA« — Proizvodnja

Tabela 3
u GWh (PRAG)

Godina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ukupno godišnje
1960.	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	5,2	12,3	23,2	42,4
61.	27,5	20,8	8,9	5,6	1,4	1,2	10,5	14,3	8,2	0,3	0,7	7,4	107,4
62.	1,9	12,1	2,3	19,7	12,2	9,8	9,4	15,7	12,9	3,7	0,1	2,3	102,3
63.	13,5	18,2	10,4	16,3	11,9	13,4	13,2	14,2	21,5	11,9	0,1	0,5	145,4
64.	8,7	8,9	3,8	3,6	18,8	11,8	5,4	7,5	9,5	0,7	0,2	15,2	94,0
65.	20,4	20,1	19,9	11,3	14,2	17,6	20,0	19,3	12,9	—	0,1	1,9	157,8
66.	10,5	4,8	17,3	7,9	13,2	12,8	12,2	14,7	15,7	4,9	2,6	18,5	135,5
67.	16,8	13,2	13,9	8,6	14,1	12,7	20,9	19,8	11,4	13,2	—	3,6	138,4
68.	5,3	3,1	11,3	6,9	9,3	2,9	10,4	13,4	13,2	16,0	—	2,0	93,8
69.	4,5	3,4	17,2	14,7	21,7	10,2	14,7	18,3	15,9	15,7	1,1	1,9	139,5
1970.	0,1	14,6	20,2	29,6	21,3	11,7	11,8	13,7	19,7	14,2	4,0	4,2	165,1
71.	0,6	2,4	8,4	9,9	13,7	10,7	12,9	15,6	13,1	9,5	1,2	6,7	104,6
72.	3,7	2,2	8,6	10,7	14,9	11,1	11,6	11,6	11,5	13,5	5,0	7,6	112,7
73.	3,2	1,9	5,3	1,4	2,8	1,9	4,9	6,7	3,0	3,1	2,2	0,1	36,7
74.	8,5	0,5	3,7	10,3	4,1	8,9	11,6	9,9	12,7	23,1	13,2	14,1	116,2
75.	16,7	8,9	6,6	0,7	4,9	6,8	4,9	8,6	13,0	8,7	7,8	8,8	96,5
76.	8,0	9,6	10,4	6,0	14,2	16,3	15,0	10,9	5,6	1,7	9,3	23,8	130,9
77.	24,3	11,4	16,2	19,4	13,2	14,0	14,5	6,3	6,6	12,3	5,6	4,1	147,9
78.	2,8	10,1	25,3	18,1	26,9	20,5	18,9	17,8	7,4	8,9	6,2	1,7	164,6
79.	3,6	8,1	12,3	16,3	16,1	10,3	11,5	15,8	13,2	5,4	4,7	9,5	126,8
1980.	15,2	16,2	3,6	15,5	23,7	16,9	16,5	9,0	7,6	13,3	9,3	15,2	162,4
81.	20,3	9,8	3,9	9,2	8,5	11,8	14,5	9,4	5,8	6,9	6,7	0,8	107,6
82.	13,6	20,6	8,0	1,6	6,2	10,7	19,4	7,9	3,6	2,0	8,2	2,8	104,7
83.	18,1	13,8	12,9	4,9	6,4	23,0	9,3	7,6	7,4	2,4	1,8	0,9	108,6
84.	2,2	1,2	6,6	1,6	18,9	15,0	3,9	8,2	13,5	20,6	10,5	12,9	115,2
Wsr 61—84.	10,5	9,8	10,7	10,4	13,0	11,6	12,4	12,2	11,0	8,8	4,1	6,9	121,4

te jezera odvijati u optimalnom području za taj određeni pad kombinirajući rad među agregatima.

U Tabeli br. 3 prikazane su mjesečne i godišnje proizvodnje na pragu elektrane.

Proizvodnja je ovisila u prvom redu o hidrološkoj godini, te o načinu korištenja akumulacije (kota) kao i načinu rada agregata. Proizvodnja se kretala od minimalnih 36,7 GWh (u 1973. god.) pa do maksimalnih 165,1 GWh (u 1970 god.).

U ovom 25-godišnjem razdoblju prosječna proizvodnja iznosila je 121,4 GWh.

Tabelom br. 4 prikazani su karakteristični dijagrami konzuma za RO »Elektroprivredu Dalmacije« za zimski period u 1961, 1971, 1981. i 1985. god.

Porast dnevne potrošnje električne energije kao i povećanje vršne snage u Dalmaciji uve-

ćavao se za dvostruko cca svakih deset godina. Pribranska HE Peruća sa svojom max. raspoloživom snagom od 41,6 MW predstavljala je značajnu sigurnost u 1961. god. za sistem Dalmacije, čije je max. opterećenje onda iznosilo 133,0 MW. Njen udio u zadovoljenju vršene snage iznosi 31%, dok je potrebe električne energije u dnevnom dijagramu mogla zadovoljiti sa 35%.

Daljnijim razvojem elektroenergetskog sistema Dalmacije i porast potrebne dnevne energije i vršene snage doprinos HE Peruća se postepeno smanjuje. Tako npr. u 1985. god. ona bi mogla zadovoljavati u dnevnom dijagramu potrebe električne energije sa 7,3%, a u pogledu snage 6,4%. Pribranska HE Peruća nije mjerilo prave vrijednosti akumulacije Peruće.

Njen sadržaj od 540,8 hm³ korisnog volumena u kombinaciji korištenja s akumulacijom B. Bla-

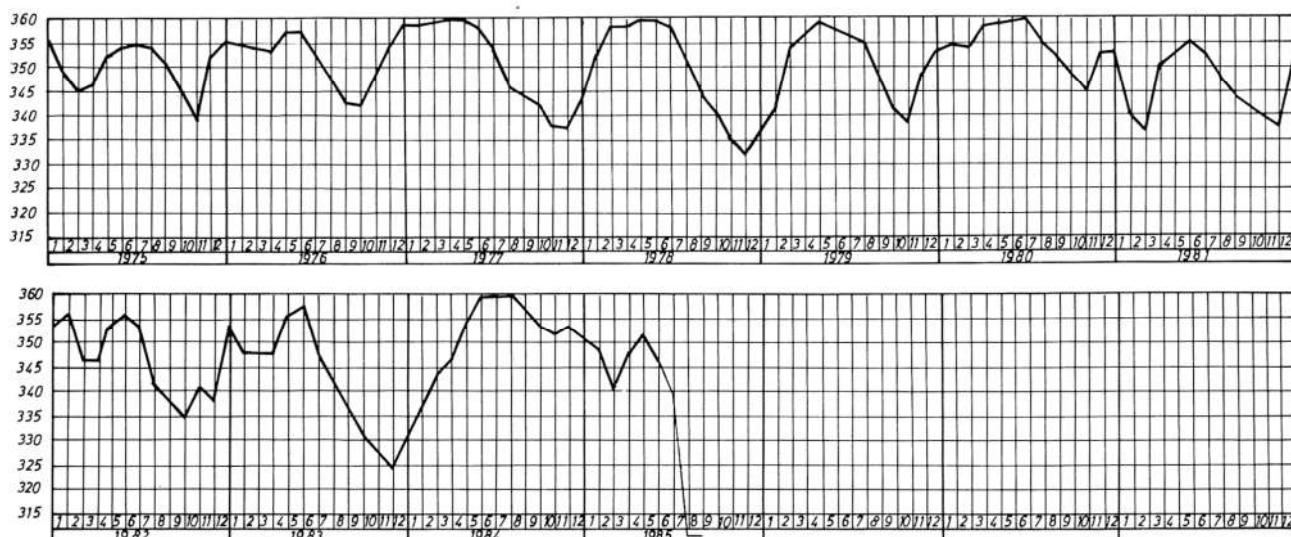
Tabela 4

OPTEREĆENJE EE SISTEMA DALMACIJE ZA KARAKTERISTIČAN ZIMSKI DAN

S A T	1961. g. 18. I	1971. g. 22. XII	1981. g. 21. I	1985. g. 16. I
1	100	154	485	562
2	98	159	479	540
3	97	160	460	534
4	100	162	445	495
5	99	162	453	493
6	108	170	468	509
7	123	215	505	549
8	133	237	535	551
9	132	230	538	594
10	123	235	543	571
11	128	241	552	579
12	132	254	564	600
13	123	235	556	591
14	130	241	527	609
15	125	228	517	624
16	123	233	560	627
17	125	250	553	661
18	132	275	575	641
19	135	271	553	627
20	133	275	550	626
21	128	254	532	602
22	118	244	542	542
23	109	208	524	598
24	103	208	492	591
UKUPNO:	2.818	5.254	12.323	13.736
PROIZVODNJA				
HE Kraljevac	1.579	260	—	—
Peruća	629	333	582	268
Manojlovac	425	290	364	160
Jaruga	128	—	—	—
Orlovac	—	—	2.596	4.698
Zakućac	—	3.942	6.788	5.796
Golubić	—	—	—	35
Ostale	108	—	—	—
UKUPNO:	2.869	4.825	10.330	10.957
Nabava	178	663	2.556	7.658
Isporuka	167	420	573	4.879
KONZUM DAL.	2.818	5.254	12.323	13.736
Dugi Rat	526	203	780	920
TEF — Šibenik	401	525	450	602
TA — Ražine	—	—	3.263	3.363
TA — Lozovac	243	352	545	463
TA — valjaonica	348	242	267	289
Jugovinil	199	184	281	280
DISTRIBUCIJA	916	2.993	6.099	6.981

KOTA (m.n.m.)

OSTVARENE KOTE AKUMULACIJE „PERUĆA“ (prvog dana u mjesecu)

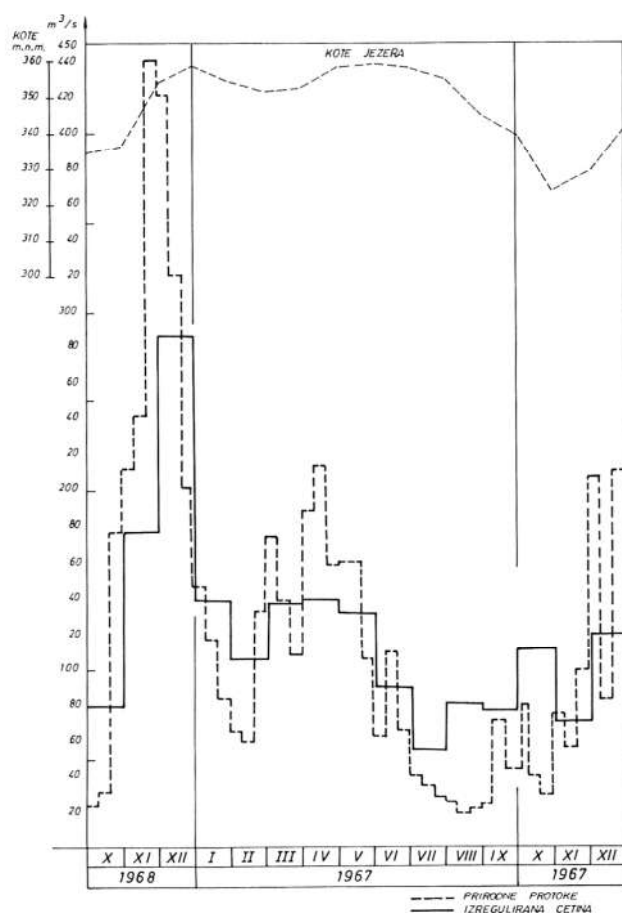


Dijagram punjenja akumulacije od 1975—1985.

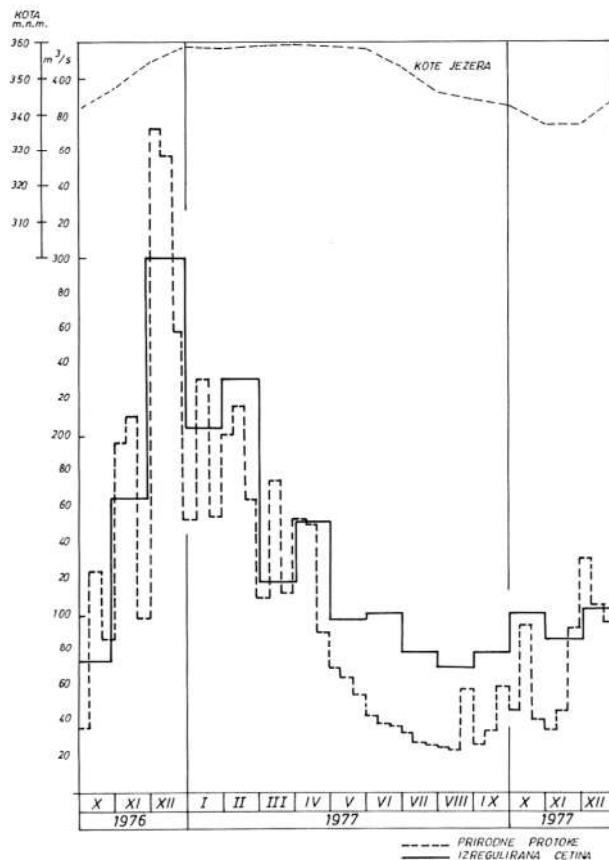
Tab. 3a

to omogućava sistemu na Cetini da u svakom momentu proizvede od 744 do 764 MW i da taj sistem prilagodi potrebama bilo kakvom elektroenergetskom sistemu u SRH (i SFRJ). Pravilnim korištenjem kompenzacijskih bazena Lipe i Prančevići (kao i remonta agregata) omogućuje se spomenuti rad u sistemu.

Izgradnjom reverzibilne RHE Obrovac, koja je dijelom godine protočna elektrana, njena maksimalna proizvodnja bit će omogućena u kombinaciji s radom sistema na Cetini, pa ta kombinacija omogućava danas snagu u sistemu Dalmacije od 106,0 MV ili 50% od vršnog opterećenja elektroenergetskog sistema SRH.



Dijagram izravnjanja Cetine (bez HE Orlovac)



Dijagram izravnjanja Cetine sa HE Orlovac

ENERGETSKO KORIŠTENJE GORNJEG TOKA CETINE

I MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA CETINE UZVODNO OD AKUMULACIJE PERUČA

Općenito

Na vodotoku Cetine u području Vinalića uzvodno od akumulacije Peruča uočena je mogućnost za energetska korištenje raspoloživog hidropotencijala. Na tom području je prije izgradnje akumulacije Peruča bilo više mlinica. Danas, međutim, na desnoj obali Cetine postoji samo jedna mlinica koja se još koristi, dok je na lijevoj obali u neposrednoj blizini ove u eksploataciji još jedna mlinica sagrađena poslije izgradnje akumulacije Peruča. S obzirom na ukupni raspoloživi hidropotencijal lako se daje zaključiti da postojeći objekti koriste samo neznatan njegov dio što navodi na razmišljanje o rješenju za korištenje cjelokupnog raspoloživog potencijala.

Kod razmatranja rješenja za korištenje navedenog hidropotencijala svakako treba uzeti u obzir eventualno nadvišenje brane Peruča kod kojeg bi ovo rješenje ili potpuno otpalo (za slučaj većeg nadvišenja brane) ili djelomično izmijenilo (kod manjeg nadvišenja).

Raspoloživi hidropotencijal Cetine kod Vinalića

S obzirom na prirodne uvjete uvidom na terenu je procijenjeno da se bez posebnih štetnih utjecaja na okolinu može koristiti hidropotencijal Cetine kod Vinalića na padu koji se može ostvariti između mosta u Vinaliću i akumulacijskog jezera Peruča uz uvjet da se kod mosta na Vinaliću ne podiže nivo vodostaja iznad prirodnog.

Kako je prirodni vodostaj kod mosta i kod prosječnog protoka na koti oko 367 mnm to proizlazi da iznad maksimalnog uspora akumulacije kod 360 mnm postoji bruto pad od 7 m.

Uz ovaj pad i srednji višegodišnji protok koji za period od 29 godina tj. od 1947/48. do 1975/76. iznosi $12,2 \text{ m}^3/\text{sek}$ ukupni raspoloživi hidropotencijal iznosi:

$$P = 9,81 \cdot Q_{sr} \cdot H = 9,81 \cdot 12,2 \cdot 7 = 838 \text{ kW},$$

odnosno uz realni faktor iskorištenja od 85%

$$P_k = 838 \cdot 0,85 = 712 \text{ kW ili}$$

$$W_k = 712 \cdot 8760 = 6,237.120 \text{ kWh/god.}$$

Ova energija bi se mogla dobiti uz uvjet da sve protoke prerade ugrađeni agregati u hidroelektrani (jedan ili više agregata).

Ukoliko bi se objekat hidroelektrane mogao izvesti s izvjesnim sniženjem donje vode ispod maksimalnog nivoa akumulacije Peruča mogao bi se dobiti i veći pad odnosno veći korisni hidropotencijal.

Osnovna koncepcija hidroenergetskog objekta

Za ostvarenje koncentriranog pada i zahvata vode za hidroelektranu predviđa se izgradnja masivne betonske brane s preljevom u širini prirodnog korita kako kod velikih voda ne bi dolazilo donepoželjnog podizanja uspora. Lokacija pregrade predviđa se što bliže rubu jezera Peruča kod maksimalnog uspora oko 50 m nizvodno od postojećih mlinica.

Lokacija strojarnice predviđa se na desnoj obali Cetine. U strojarnici se zamišlja ugradnja jednog agregata s cijevnom turbinom i s takvim karakteristikama koje će omogućiti rad agregata kod minimalnih i maksimalnih protoka. Mogu se razmotriti i mogućnosti rada agregata s optimalnim protokom i s prekidima pogona u toku dana ukoliko to bude moguće s aspekta režima voda.

Dovod do strojarnice predviđa se kao kraća derivacija što će omogućiti optimalnu lokaciju pregrade i korištenje maksimalnog raspoloživog pada.

Kao pristup do strojarnice koristit će se postojeći put desnom obalom od mosta do mlinica, koji je potrebno minimalno adaptirati. Priključak na mrežu nije posebno razmatran.

Ukoliko ne postoji mogućnost priključka na neki postojeći bliži distribucijski dalekovod 10 kV s obzirom na prenosnu moć, dolazi u obzir izgradnja posebnog dalekovoda 10 kV oko 4 km s priključkom na TS 35/10 kV u Vrlici.

Preliminarni osnovni parametri HE Vinalić

Uvidom u raspoložive hidrološke podatke, priloženu krivulju trajanja srednjih mjesečnih protoka za period od 29 godina i ocijenjeni raspoloživi bruto pad, preliminarno su utvrđeni slijedeći parametri za HE Vinalić (radni naziv) kako slijedi:

— Srednji višegodišnji
protok za period
1947/48. do 1975/76. $Q_{sr} = 12,2 \text{ m}^3/\text{s}$

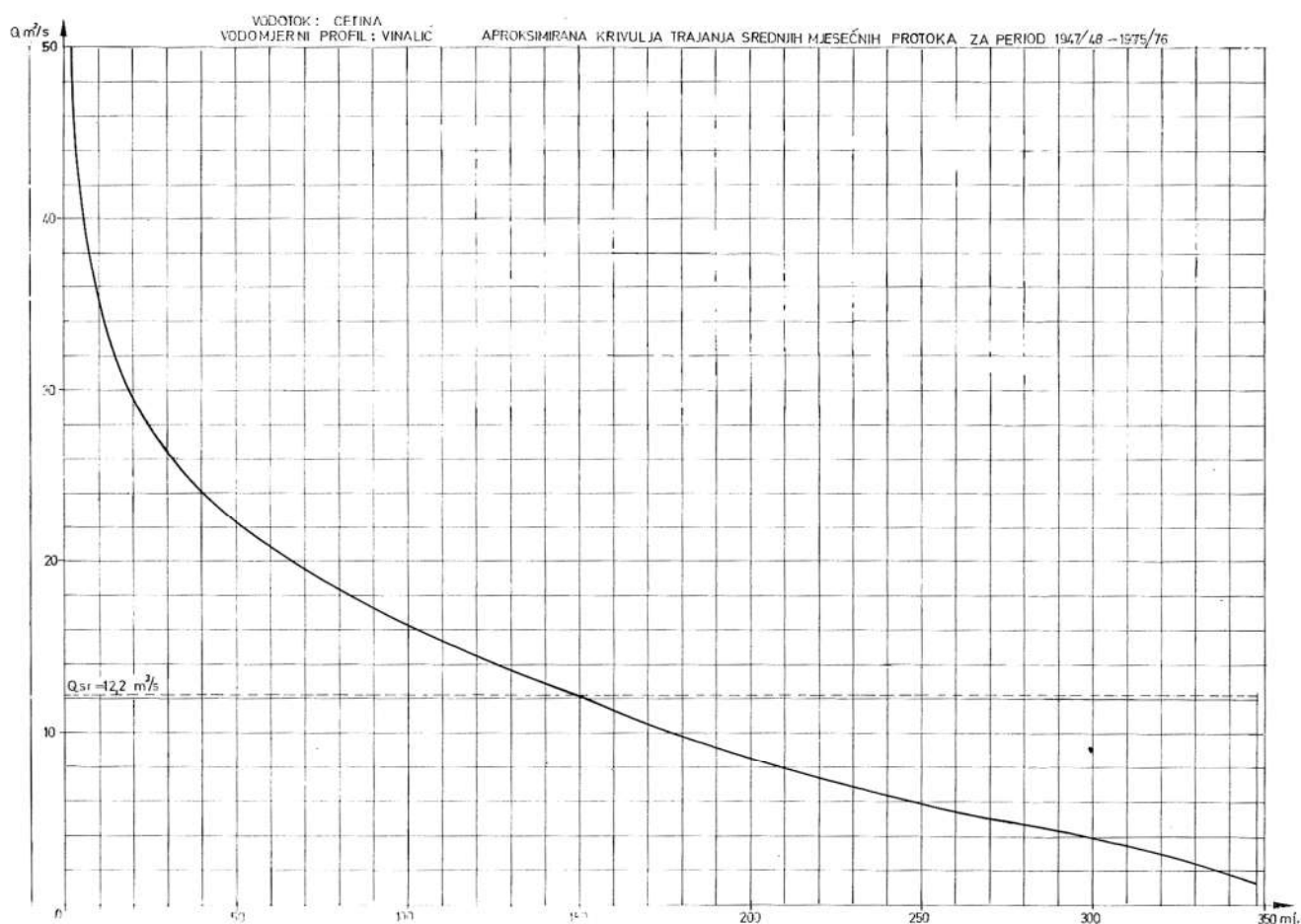
- Maksimalni srednji mjesečni protok u istom periodu $Q_{\max \text{ mj}} = 59,9 \text{ m}^3/\text{s}$
- Maksimalni registrirani protok u istom periodu $Q_{\max \text{ aps}} = 95,9 \text{ m}^3/\text{s}$
- Minimalni srednji mjesečni protok u istom periodu $Q_{\min \text{ mj}} = 0,556 \text{ m}^3/\text{s}$
- Minimalni registrirani protok u istom periodu $Q_{\min \text{ aps}} = 0,171 \text{ m}^3/\text{s}$
- Instalirani protok $Q_i = 24 \text{ m}^3/\text{s}$
- Broj agregata (procjena) jedan agregat

U pripremi je izrada idejnog projekta za ovu hidroenergetsku stepenicu.

II POTREBE, TEHNIČKE MOGUĆNOSTI I OPRAVDANOST NADVIŠENJA BRANE PERUČA

Općenito

Ideja o nadvišenju brane Peruča temelji se na činjenici da može doći do maksimalnog uspora akumulacije i do preljeva što bi izazvalo neželjene posljedice u nizvodnom području vodotoka Cetine (erozije obala Cetine i poplave obradivih površina). Nadvišenje brane bi omogućilo i fleksibilniji pogon hidroelektrana u



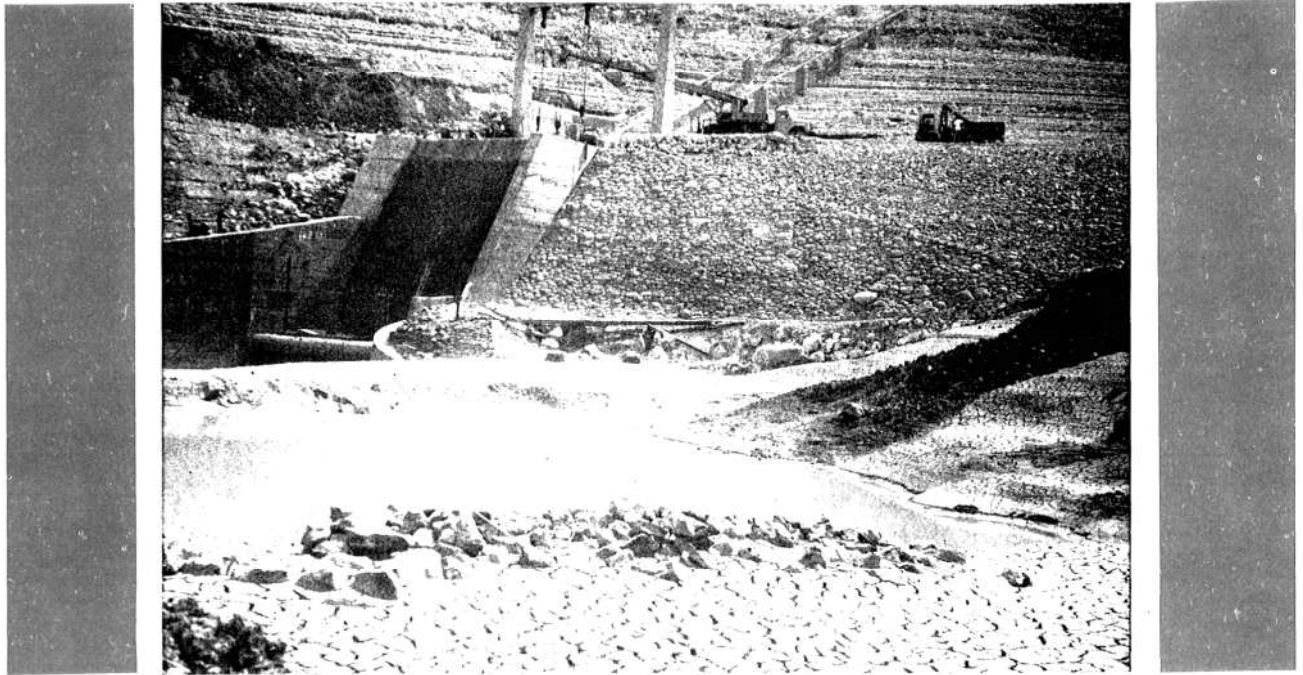
Sl. 1. Dijagram trajanja protoka Cetine na mjernom mjestu Vinalić

- Maksimalna snaga agregata $P_m = 8,3 \cdot Q_i \cdot H_{lm} = 1400 \text{ kW}$
- Moguća proizvodnja (očekuje se mogućnost iskorištenja protoka oko 90% — procjena na osnovi krivulje trajanja) 5,6 GWh/god.

slivu Cetine uz dodatnu proizvodnju električne energije zbog smanjenja preljeva i povećanja pada.

Zbog toga je u Elektroprivredi Dalmacije — Split izrađen elaborat pod naslovom »Nadvišenje akumulacije Peruča — preliminarna globalna razmatranja«, Split, IV 1981.

Ideja o nadvišenju brane Peruča posebno je poticana od vodoprivrede.



Ulazni uređaj dovodnog tunela

U ovom prikazu daje se skraćeni izvadak iz navedenog elaborata.

Tehničke mogućnosti nadvišenja brane Peruča

S obzirom na utjecaje akumulacijskog jezera Peruča na uzvodna područja došlo se do spoznaje da je moguće računati s maksimalnim nadvišenjem od 7 do 8 m. Zbog toga je izvršena eksproprijacija cijelog područja do kote 370 mnm uz zabranu izgradnje drugih objekata na tom području.

Spomenutim elaboratom analizirane su dvije varijante nadvišenja brane i to:

1. nadvišenje za 2 m koje bi imalo minimalne zahtjeve na postojeće objekte
2. maksimalno nadvišenje za 7 m.

Kod nadvišenja za 2 m došlo bi do povećanja sadržaja akumulacije za $38 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, a kod nadvišenja za 7 m za oko $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Globalnom analizom je utvrđeno da bi nadvišenje za 2 m bilo moguće izvesti bez većih poteškoća. Glavni radovi bi se izvodili na području krune brane i preljeva dok bi za ostale objekte trebalo izvršiti odgovarajuće provjere stabilnosti za izmijenjene uvjete kod nadvišenja.

Također je utvrđeno da bi nadvišenje za 7—8 metara predstavljalo složen tehnički zahvat. Glavni zahtjevi kod nadvišenja su da se mora garantirati geomehanička i statička stabilnost svih objekata. Pri tome je nužno povećanje stope i ojačanje brane.

Analizirane su mogućnosti nadvišenja brane koje je moguće provesti s uzvodne strane, s nizvodne strane, ili kombinirano s uzvodne i nizvodne strane. Proširenje i nadvišenje brane s uzvodne strane zahtijevalo bi dužu obustavu pogona, dok bi zahvati s nizvodne strane tražili dodatni prostor i obavezno preseljenje raslopnog postrojenja kao i nekih drugih objekata.

Izbor varijantnog rješenja bio bi moguć tek nakon detaljnih analiza pojedinih varijanti.

Daljnja istraživanja u svrhu nadvišenja za 7 do 8 metara uvjetovana su i prethodnim definiranjem problematike izdržljivosti glinene jezgre u brani te pobjega agregata, što bi trebalo istražiti prije poduzimanja drugih širih aktivnosti.

Energetski efekti nadvišenja brane Peruča

Analizom u elaboratu je utvrđeno smanjenje preljeva i povećanje moguće proizvodnje u HE

Peruća i nizvodnim elektranama na Cetini za dvije varijante nadvišenja za 2 m i 7 m:

- povećanje proizvodnje za nadvišenje od 2 metra iznosi 4,5 GWh/god.
- povećanje proizvodnje za nadvišenje od 7 metara iznosi 15,3 GWh/god.

Potrebne investicije moguće je utvrditi tek razradom investiciono-tehničke dokumentacije.

Vodoprivredni efekti nadvišenja brane Peruća

Svako nadvišenje brane Peruća doprinijelo bi smanjenju preljeva, pa time i opasnost od štetnih utjecaja na nizvodna područja uz vodotok Cetine kroz Hrvatačko i Sinjsko polje. Međutim, utvrđeno je da se niti nadvišenjem od 7 m ne mogu postupno eliminirati preljevi pogotovu u slučaju ako se dodatni volumen akumulacije predviđa i za optimalno energetske korištenje. Osim toga drugim obradama je pokazano da se zaštita nizvodnog vodotoka Cetine ne može u potpunosti provesti samo nadvišenjem brane već da su nužni i regulacijski radovi u koritu Cetine kroz Hrvatačko i Sinjsko polje.

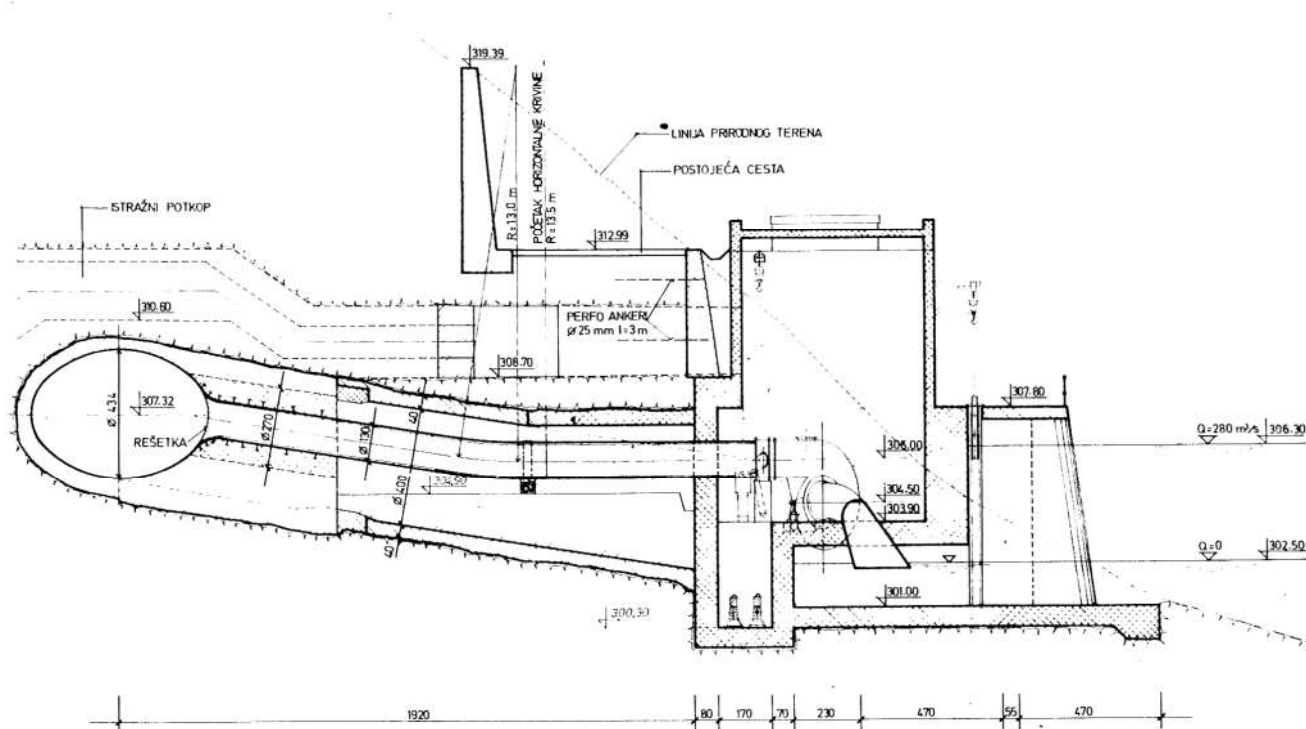
Tako je elaboratima »Regulacija Cetine I faza — studija propusne moći korita« Zagreb 1977. i »Hidrološke podloge Cetine za pogonski pravilnik HE Peruća i HE »Orlovac«, pored ostalog utvrđeno i slijedeće:

1. da propusna moć Cetine kroz Hrvatačko polje iznosi 103 do 186,5 m³/s;
2. da krivulje frekvencije velikih voda za vodokaznu stanicu HAN pokazuju da se svake druge godine može očekivati protok od 238 m³/s koji u današnjim uvjetima plavi Hrvatačko polje;

3. da za vrijeme jakih i dugotrajnih kiša i kod ispuštanja samo biološkog minimuma iz akumulacije Peruća (3 do 6 m³/s) redovno dolazi do plavljenja dijela Hrvatačkog polja vlastitim vodama;
4. da se na dionicama u Hrvatačkom polju smanjuje propusna moć Cetine zbog skretanja vode na mlinice (vodojaže);
5. da zaštitni nasipi koji brane Sinjsko polje ne daju dovoljnu sigurnost za protok od 400 m³/s i da se neodržavanjem inundacije iz godine u godinu povećava koeficijent hrapavosti odnosno smanjuje propusna moć Cetine.
6. Iz krivulje frekvencije protoka kroz Gardunsku mlinicu proizlazi da se svake treće godine može pojaviti protok od 405 m³/s a svake pete godine od 440 m³/s.

Zaključci

1. Nadvišenje brane Peruća u sadašnjim uvjetima nije aktualno. Međutim, ne isključuje se mogućnost nadvišenja u budućnosti što treba imati u vidu kod svih tehničkih zahvata.
2. S obzirom na preliminarno procijenjene energetske efekte koji su relativno skromni, u daljnim fazama istraživanja treba obraditi kako tehnički tako i ekonomski aspekt nadvišenja brane Peruća.
Pošto se za nadvišenje do reda 2 m ne očekuju veći problemi, preporuča se da se u prvoj fazi razradi dokumentacija i utvrdi ekonomska opravdanost tog nivoa nadvišenja.



Sl. 2. Presjek kroz strojarnicu male HE Peruća

3. Za zaštitu područja vodotoka nizvodno od brane Peruča uz odgovarajući režim korištenja akumulacije Peruča nužno je vršiti i sistemske regulacijske radove.

III IZGRADNJA MALE HIDROELEKTRANE PERUČA NA BIOLOŠKI MINIMUM

Općenito o koncepciji male HE Peruča

Akumulacija Peruča i HE Peruča sa dva agregata izgrađeni su i pušteni u pogon 1960. godine (sama akumulacija 1959. g.). Režim rada agregata u HE Peruča podređuje se zahtjevima elektroenergetskog sistema Hrvatske u smislu korištenja akumulacije Peruča, te optimalnom pogonu sistema hidroelektrana na Cetini (HE Orlovac, HE Zakućac, HE Đale).

Za vrijeme stajanja oba agregata, prema izdanoj vodoprivrednoj dozvoli za HE Peruča i važećem Pravilniku o korištenju akumulacije Peruča, iz akumulacije je obavezno ispuštanje biološkog minimuma u korito Cetine. Veličina biološkog minimuma kreće se od $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ do $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ovisno o mjesecu u godini te o izgrađenosti sistema za navodnjavanje Sinjskog polja. Naime, u zimska 3 mjeseca, prosinac, siječanj i veljača tj. u razdoblju mriještenja ribe, obavezno je ispuštanje $6 \text{ m}^3/\text{s}$. U vegetacijskom periodu obavezno je ispuštanje do $6 \text{ m}^3/\text{s}$ za potrebe navodnjavanja prema izgrađenosti natapanog sistema. U ostalim mjesecima minimalno ispuštanje iznosi $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Veličina biološkog minimuma registrira se na vodomjernom profilu Šilovka gdje se registrira ispuštanje zajedno s dotocima nizvodno od akumulacije do vodomjernog profila.

U sadašnjim uvjetima ispuštanja biološkog minimuma iz akumulacije vrši se kroz temeljni ispušt preko glavnog regulacionog zatvarača na izlazu temeljnog ispusta. Ovaj način ispuštanja malih količina vode kroz temeljni ispušt u praksi se pokazao nepouzdan zbog čestih manipulacija zatvaračem s vrlo malim pomacima (stvega nekoliko cm), što predstavlja potencijalnu opasnost od havarija ovog vitalnog elementa brane. Zbog toga je još 1976. godine bio izrađen glavni projekt za ugradnju odcjepa na temeljnom ispustu ispred regulacionog zatvarača. Ovaj odcjep je bio namijenjen samo za ispuštanje biološkog minimuma. Tim projektom nije bilo predviđeno energetske korištenje potencijala biološkog minimuma, već je za uništenje energije bila predviđena bučnica. Ovaj projekt je izradio Elektroprojekt iz Zagreba.

Međutim, kod razmatranja mogućnosti realizacije ovog projekta utvrđen je dodatni zahtjev da se razmotri rješenje otcjepa s energetske korištenjem biološkog minimuma koji se ispušta iz akumulacije Peruča.

U tu svrhu je bio izrađen preliminarni elaborat o mogućnosti korištenja hidropotencijala koji bi inače bio zauvijek izgubljen. Nakon toga je uslijedila izrada idejnog projekta male HE Peruča za ispuštanje i korištenje biološkog minimuma.

Idejni projekt je dovršen polovinom 1985. g. (svega nekoliko cm) što predstavlja potencijalnu opasnost od havarija ovog vrlo osjetljivog i vitalnog elementa brane.

Zbog toga je još 1976. godine bio izgrađen glavni projekt za ugradnju otcjepa na temeljnom ispustu ispred regulacionog zatvarača. Ovaj otcjep je bio namijenjen samo za ispuštanje biološkog minimuma. Tim projektom nije bilo predviđeno energetske korištenje potencijala biološkog minimuma, već je za uništenje energije bila predviđena bučnica. Ovaj projekt dine i predložit će se za realizaciju izgradnje u razdoblju od 1986. do 1990. godine. Ovaj idejni projekt izradio je OOUR Projektni biro »Elektroprivrede Dalmacije« Split. Neki dijelovi projekta izrađeni su u RZ Zajedničke službe i OOUR-u Izgradnja energetske izvora.

Osnovni energetske-ekonomski parametri male HE Peruča (prema idejnom projektu)

— Instalirani protok $5 \text{ m}^3/\text{s}$

Utvrđen je tako da se u najnepovoljnijem slučaju može osigurati biološki minimum od $6 \text{ m}^3/\text{s}$ na profilu Šilovka. Posebni zahtjev za turbinu je mogućnost osiguranja instaliranog protoka u cijelom rasponu pada.

Projektom je predviđena i mogućnost nadvišenja brane Peruča maksimalno do 7 m bez povećanja snage agregata.

— Tip i glavne karakteristike agregata

— Jedna horizontalna Francis turbina
 $n = 428 \text{ min}^{-1}$, maksimalne snage 2515 kW
 uz konstruktivni pad $H_k = 56,9 \text{ m}$

— Asinhroni generator nazivne snage 2400 kW
 i $\cos \varphi = 0,82$ povezan s turbinom preko elastične spojke

— Stupanj djelovanja agregata kod $5 \text{ m}^3/\text{s}$ i $H_k = 56,9 \text{ m}$ $\eta = 85,3\%$

— Moguća proizvodnja

— Za stanje bez navodnjavanja (1985. g.)
 $2,1 \text{ GWh/god.}$

— Za stanje uz navodnjavanje Sinjskog polja u konačnoj etapi predvidivo oko 1995. godine) $2,7 \text{ GWh/god.}$

Ova moguća proizvodnja utvrđena je uz predviđeni rad agregata od 2660 sati u godini (prosjeak ispuštanja biološkog minimuma zadnjih 7 godina).

— Ukupne investicije (cijene 31. 12. 1984)

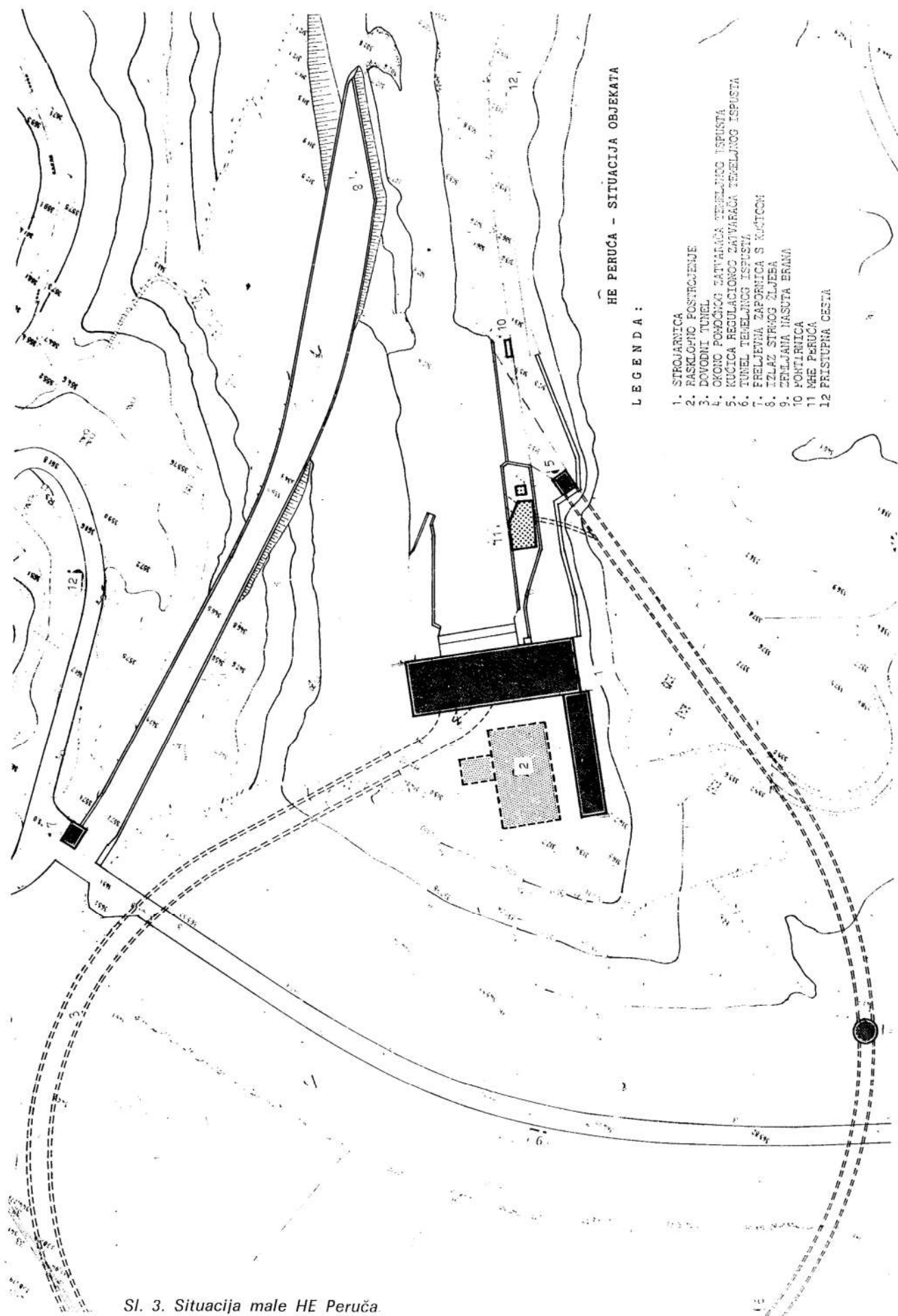
— bez interkalarnih kamata $290 \cdot 10^6$ dinara

— interkalarni kamate $45 \cdot 10^6$ dinara

— ukupno s interkalarnim kamatama $335 \cdot 10^6$ dinara

— Priključak na mrežu

Predviđen je kabelski priključak na postojeća postrojenja 35 kV u HE Peruča preko blok transformatora.



HE PERUČA - SITUACIJA OBJEKATA

LEGENDA :

1. STROJARNICA
2. BASKLOVNO POSTROJEVANJE
3. DOVODNI TUNEL
4. OKOČIO POMOČNOG ZATVARAČA TEŽELNOG ISPUŠTA
5. KUĆICA REGULACIONOG ZATVARAČA TEŽELNOG ISPUŠTA
6. TUNEL TEŽELNOG ISPUŠTA
7. PRELJEVNA ZAPORNICA S KUKICOM
8. IZLAZ STROMOG ŽLJEBA
9. ZEMljANA NASUTA BRANA
10. PONTONIRICA
11. MHE PERUČA
12. PRISTUPNA CESTA

Sl. 3. Situacija male HE Peruča.

Prema novelaciji troškovnika iz glavnog projekta otcjepa na temeljnom ispustu bez energetskog korištenja biološkog minimuma koji je izradio Elektroprojekt — Zagreb, 1976. g. od ukupnih ulaganja na otcjep bi otpalo oko 8%, a na malu hidroelektranu 92%.

— Cijena proizvodnje energije

S obzirom na to da je u planu realizacija navodnjavanja Sinjskog polja do 1995. godine (konačna faza) može se računati s proizvodnjom male hidroelektrane za taj slučaj, jer se puštanje u pogon male eiektreane Peruča očekuje najranije 1990. godine.

Za utvrđenu moguću proizvodnju od 2,7 GWh godišnje i za ukupne investicije ekonomskom obradom u idejnom projektu dobivena je slijedeća proizvodna cijena.

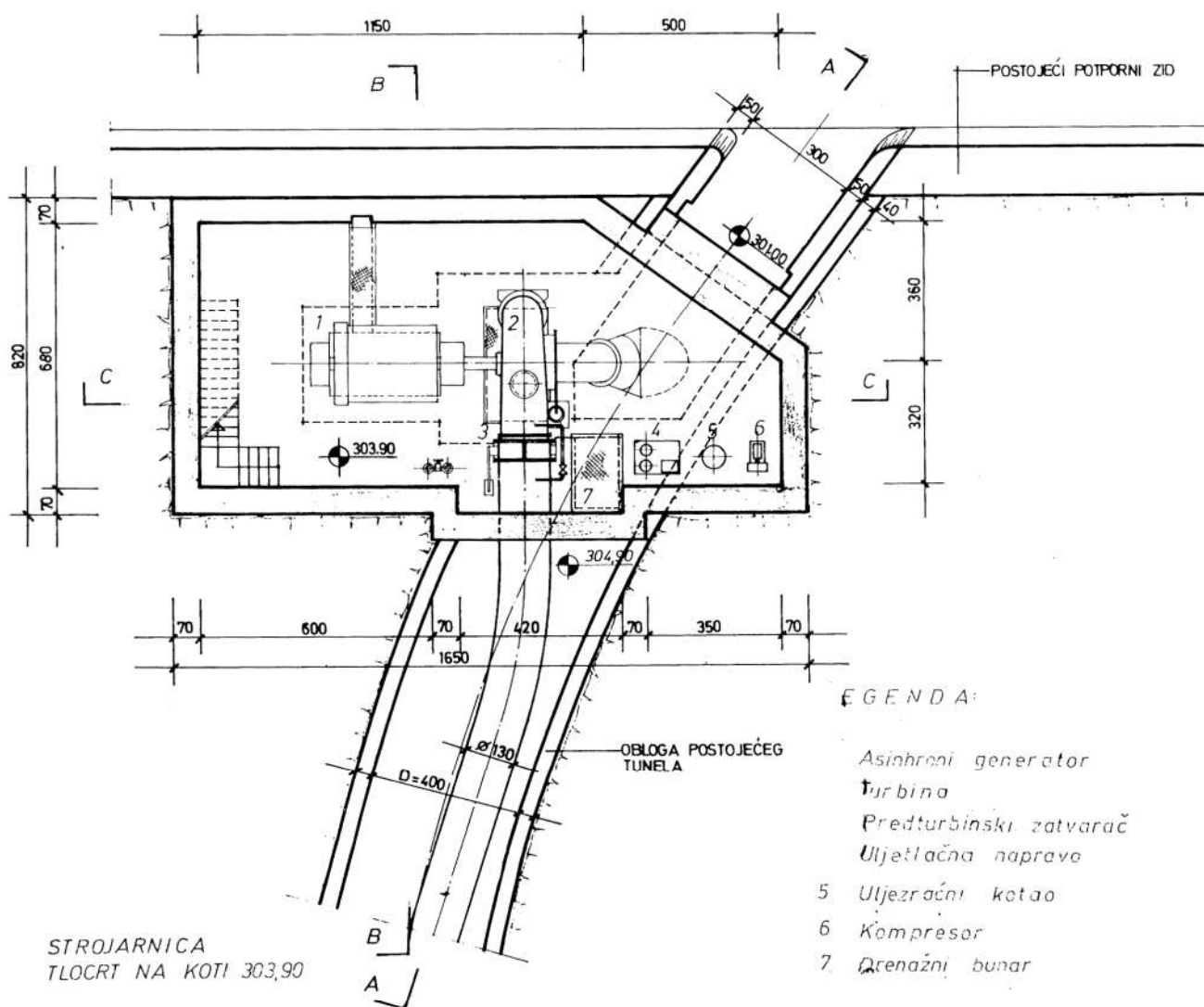
— prva godina pogon	21,5 din/kWh
— sedma godina pogona	18,3 din/kWh

— osma godina pogona	13,0 din/kWh
— petnaesta godina pogona	6,8 din/kWh
— šesnaesta do 20 godina pogona	5,6 din/kWh
— nakon 20. godine	1,9 din/kWh
— prosječna cijena u periodu 40 godina	7,05 din/kWh
a u periodu 50 godina	6,65 din/kWh

Ukoliko bi se mala HE Peruča tretirala samo s troškovima za energetsko iskorištenje biološkog minimuma, a ostale investicije tretirale bi se kao sanacija postojeće HE Peruča, proizvodna cijena bi iznosila oko 92% navedene.

Zaključak

Idejnim projektom male HE Peruča utvrđena je opravdanost energetskog iskorištenja hidropotencijala biološkog minimuma.



Sl. 4. Tlocrt strojarnice male HE Peruča

UTJECAJ DALMATINSKIH AKUMULACIJSKIH JEZERA PERUČA, PRANČEVIĆI I BUŠKO BLATO NA ČOVJEKOVU SREDINU

UVOD

Na užem i širem slivu rijeke Cetine izgrađena su tri umjetna jezera radi izravnjanja i akumuliranja vode za proizvodnju električne energije. To su akumulacija Peruča u sastavu HE Peruča, akumulacija Prančevići u sastavu HE Zakućac i akumulacija Buško Blato u sastavu HE Orlovac.

Ono što je zajedničko ovim akumulacijama je slivno područje, osnovna namjena i kraški tereni srednje Dalmacije i jugozapadne Bosne na kojima su podignuti. Sve ostalo, od veličine i značaja do tehničkih rješenja, različito je i specifično.

U pogledu utjecaja na čovjekovu sredinu nalazimo slične efekte, pogotovo s vodoprivrednog aspekta, ali i tu postoje razlike nastale prvenstveno zbog drugačijih prirodnih uvjeta. I pored višegodišnjeg postojanja (Peruča 1959, Prančevići 1961, Buško Blato 1972), nisu provedene temeljite analize utjecaja ovih akumulacija na čovjekovu sredinu s bilo kojeg aspekta.

Ta problematika je razmatrana, ali jednostrano i uglavnom putem konfrontacije između korisnika akumulacije, elektroprivrede i komuna na čijem području se nalaze. Stavovi i mišljenja su bili suprotni: elektroprivreda je tvrdila da se izgradnjom akumulacija stvara preporod cijelog područja, a komune su u njoj sagledavale svoju likvidaciju. Pretjerivanja su bila očita i neargumentirana. S druge strane, organi vodoprivrede, u pravilu podržavali su akumulaciju, ali uz uvjete da se na račun akumulacija riješe problemi bujica, vodoopskrbe, natapanja i sl. koji su bili neriješeni i nagomilani na tom području.

Takve pogrešne pozicije glavnih sudionika u izgradnji akumulacija neminovno su unašale špekulativni karakter u svim raspravama. Slijedili su rezultati koji se nisu mogli pozitivno odraziti ni na tehničko rješenje i na koštanje, namjenu i korištenje akumulacija. Takvi pristupi dominirali su uglavnom prije izgradnje i u toku izgradnje, sve dok se ne bi »sredili računi«. Nakon toga, akumulacije su postale realnost. Međutim kakvi su ukupni efekti ostvareni i da li su iskorištene mogućnosti koje one pružaju, ostala su pitanja koja, na žalost, nisu privlačila dovoljno pažnje. Zanimanje i interes

elektroprivrede bili su usmjereni na kWh, komune na redovnu naplatu rente, a vodoprivrede je čekala novu akumulaciju.

Pomalo, ali sigurno, takvi odnosi ostaju za nama. Izgrađena umjetna jezera potvrdila su svoju općedrušvenu korist, koja se ni u jednom slučaju ne iscrpljuje na interesu jednog korisnika.

Višenamjenski značaj prestaje biti poen za dobivanje javnog interesa, već osnova za projektiranje tehničkog rješenja, zajedničko financiranje, izgradnju i eksploataciju.

OSNOVNI PODACI O AKUMULACIJI

Akumulacija Peruča

Smještena je u gornjem toku rijeke Cetine između mjesta Vrlika i Hrvatačkog polja. Dolina Cetine na području akumulacije usječena je uglavnom u krednim vapnencima s razvijenim krškim pojavama.

Maksimalni radni uspor 360,00 mnm
sa vol. 541,3 hm³

Minimalni radni uspor 320,00 mnm
sa vol. 31,9 hm³

Korisni energgetski volumen
509,4 hm³

Površina jezera kod maksimalnog
radnog
uspóra 20,0 km²

Energetska vrijednost na pragu HE Peruča
45.000 MWh

Prosječna godišnja proizvodnja električne energije u pribranskoj HE Peruči iznosi 120 GWh. Volumen akumulacije predstavlja 28,2/% ukupnog srednjeg godišnjeg dotoka Cetine na profilu pregrade. Nakon višegodišnjih studija i istražnih radova, akumulacija Peruča je ostvarena izgradnjom kamene nasute brane s centralnom glinenom jezgrom. Ukupni volumen brane iznosi 874.000 m³. U profilu brane izvedena je višeredna injekciona zavjesa dužine 1.600 m, a ukupna dužina injekcionih bušotina iznosila je 140.000 m.

Glavni građevinski radovi započeti su 1954, a završeni 1959. godine.

Sveukupna površina obradivog i neobradivog zemljišta potopljenog akumulacijom iznosi 1921 hektar. Od toga na obradiva zemljišta otpada 1.270 ha, a 651 na pašnjake i kamenjar. Ekspropriacijom ovih površina bilo je tangirano 1451 zemljoradničko domaćinstvo. Od toga je za 1.000 domaćinstava ekspropriirano zemljište predstavljalo jedini izvor egzistencije, a na preostalih 450 domaćinstava potopljeno zemljište nije prelazilo 0,1 ha.

Ukupni troškovi ostvarenja akumulacija Peruča (studije, projekti, pripremni radovi, brana, injekciona zavjesa, ekspropriacija i troškovi investitora) iznosili su 96.023.000 dinara. Prema tome u 1 m³ korisnog volumena akumulacije investirano je 18 para u periodu od 1954. do 1959.

Akumulacija (bazen) Prančevići

Smještena je u kanjonskom dijelu toka Cetine od sela Biska do brane Prančevići. Cijela akumulacija nalazi se u tektonski oštećenim vapnencima s periodičnim vrelima i izraženim pukotinama na bokovima, okomitim na tok Cetine.

Maksimalni radni uspor 273.00 mnm
sa vol. 6,8 hm³

Minimalni radni uspor 263.00 mnm
sa vol. 2,4 hm³

Korisni energetska volumen sa vol. 4,4 hm³

Površina akumulacije kod. max. uspora
65 ha

Energetska vrijednost korisnog volumena za
HE Zakućac 26.400 MWh

Prosječna godišnja proizvodnja HE Zakućac I
1.570 GWh

Akumulacija je ostvarena izgradnjom istoimene betonske gravitacione brane i injekcionim zavjesama u profilu brane i bokovima akumulacije. U branu je ugrađeno oko 50.000 m³ betona. Za injekcione zavjese izvedeno je 30.500 metara injekcionih bušotina. Radovi su započeti 1958. a završeni 1961. godine. Pod akumulacijom se našlo svega 10% obradivog zemljišta, a ostalih 90% su pašnjaci i kamenjar. Ukupni troškovi ostvarenja akumulacije iznosili su 23.520.000 dinara. Za 1 m³ korisnog volumena akumulacije investirano je 5,34 dinara u periodu od 1958. do 1961. godine.

Akumulacija Buško Blato

Nalazi se na istoimenom krškom polju u produženju Livanjskog polja na jugoistok. Uže područje Buškog blata i njegov obodni dio sastoji se od karbonatnih naslaga krede, a površinu polja pokrivaju kvartarne naslage. Cijelo područje odlikuje se razvijenim fenomenima krša i vrlo složenim hidrogeološkim prilikama.

Maksimalni radni uspor 716,40 mnm
sa vol. 800 hm³

Minimalni radni uspor 700,40 mnm
sa vol. 15 hm³

Korisni volumen sa vol. 785 hm³

Površina akumulacije kod maksimalnog uspora
5500 ha

Energetska vrijednost korisnog volumena:
na pragu HE Orlovac 714 GWh
na pragu HE Zakućac 1 185 GWh

Prosječna godišnja proizvodnja HE Orlovac
850 GWh

Nakon višegodišnjih studija i istražnih radova akumulacija Buško Blato ostvarena je izgradnjom dviju nasutih brana i injekcionim zavjesama. Brana Kazaginac dužine 2.909 m, u koju je ugrađeno 1,7 milijuna m³ materijala, zatvara akumulaciju s jugozapadne strane i izolira je od ponorske zone. Na sjeverozapadu akumulacija je zatvorena branom Podgradina dužine 1.670 m, u koju je građeno oko 400.000 m³ kamenog i glinenog materijala. Duž zapadnog i jugozapadnog oboda akumulacije izvedeno je 5 injekcionih zavjesa, i to na sektorima veće propusnosti i ispod brana. Ukupna dužina zavjesa je 6.200 m, u koju svrhu je bilo potrebno izvesti oko 165.000 m za injektiranih bušotina dubine između 50 i 120 m.

Ekspropriirano je 5.800 ha zemljišta od čega otpada na oranice 13%, livade 65%, a preostali dio su pašnjaci i šume. Tangirano je ekspropriacijom 2.400 domaćinstava, od čega je potpuno iseljeno 420 domaćinstava.

Ukupni troškovi ostvarenja akumulacije (istraživanja, projekti, brane, injekcione zavjese, prelaganje saobraćajnica, ekspropriacija i obeštećenja) iznosili su 382.000 dinara. Prema tome za 1 m³ korisnog volumena investirano je 0,48 dinara u periodu od 1969. do 1973. godine.

UTJECAJ AKUMULACIJA NA ČOVJEKOVU SREDINU S OPĆEG VODOPRIVREDNOG ASPEKTA

Za sve tri razmatrane akumulacije bit će izneseni samo osnovni zapaženi podaci o promjenama vodnog režima uglavnom u kvalitativnom smislu u odnosu na prirodno stanje. Pored toga dat će se raspoloživi podaci o utjecajima na korita vodotoka, odvodnju i navodnjavanje polja. S obzirom na složenost i opsežnost ove problematike, u referatu se ne analiziraju niti valoriziraju utjecaji, što je zadatak posebnih studija. Isto tako zbog ograničenosti prostora, daju se samo osnovni elementi prirodnog hidrološkog režima i njegovih manifestacija kako bi mogli poslužiti za usporedbu sa današnjim stanjem.

Akumulacija Peruča

Zadržavanjem 541,3 hm³ vode u akumulaciji, što predstavlja 28% ukupnog srednjeg godi-

šnjeg dotoka, nastale su znatne promjene vodnog režima Cetine. Te promjene su najizrazitije na dijelu toka Cetine od akumulacije do triljskog tjesnaca u dužini od cca 25 km. Na tom potezu Cetina protiče Hrvatačkim (oko 1500 ha) i Sinjskim poljem (oko 6.000 ha).

Na Hrvatačkom polju nisu provedeni regulacijski ni melioracijski radovi, tako da ono i danas povremeno plavi na površini od oko 900 ha. Međutim, te poplave su znatno rjeđe i kraćeg trajanja nakon izgradnje akumulacije Peruča, što je utvrđeno smanjenjem trajanja kritičnog vodostaja.

Na Sinjskom polju melioracijskim radovima obuhvaćeno je oko 3.900 ha. Sistem kanala, naspila i dvije crpne stanice vrše obranu od poplava melioriranog područja Sinjskog polja od velikih voda Cetine, brdskih i vlastitih voda. Ovim melioracijskim radovima prethodili su radovi na prokopavanju triljskog tjesnaca, čime su stvoreni uvjeti za daljnje zahvate obrane od poplava. Svi ti radovi izvedeni su uglavnom prije izgradnje akumulacije Peruča.

Melioracijski sistem i objekti obrane od poplava u Sinjskom polju projektirani su u odnosu na vodni režim Cetine kakav je bio prije izgradnje akumulacije. Izgradnjom akumulacije i HE Peruča vodni režim Cetine se neosporno izmijenio. U studiji Zavoda za vodoprivredu Sarajevo iz 1969. godine obrađen je desetogodišnji period postojanja akumulacije. Analize promjena vodnog režima provedene su na način da je izvršena transformacija sadašnjeg režima na prirodni i izvršena usporedba. Pri tome su određeni vodostaji Cetine trajanja 90, 50 i 10%. Dobiveni rezultati potvrđuju osnovne postavke iz projektne dokumentacije za HE Peruču u pogledu hidrološkog utjecaja na Cetinu. Oni pokazuju da se izmjena vodnog režima najizrazitije ispoljava u efektima izravnivanja voda i to na način da su velike vode koje su se ranije javljale u periodu studeni—svibanj, umanjene, a srednje i male vode iz ljetnog perioda uvećane. Promijenjen je također i režim trajanja odgovarajućih protoka i vodostaja.

S obzirom na to da rijeka Cetina na tom potezu predstavlja glavni recipijent svih zaobalnih i brdskih voda kao i vlastitih voda melioriranih sistema, ostvarene promjene pozitivno utječu na odvodnju cijelog područja. Taj efekt se manifestira u produženom trajanju gravitacione odvodnje voda branjenih površina Sinjskog polja i dosljedno tome smanjuju rad crpnih stanica.

Osmatranjem ponašanja obala korita Cetine nizvodno od akumulacije, uočene su mjestimično degradacije na sektorima sitnijih i nevezanih materijala. Ove pojave su također analizirane u studiji. Rezultati pokazuju da su današnje srednje dnevne vučne snage približno jednake onima u prirodnim uvjetima. Međutim, eroziju bokova korita na tim mjestima izaziva sigurno više faktora. Jedan od njih je puštanje u rad i prestanak rada turbina HE Peruča u relativno kratkim vremenskim intervalima.

Što se tiče stabilizacije kosina u samoj akumulaciji nisu zapažene erozije izazvane oscilacijom nivoa jezera, jer su one prije svega spore, a geomehaničke karakteristike terena uglavnom su povoljne.

U pogledu navodnjavanja Hrvatačkog i Sinjskog polja što predstavlja narednu fazu melioracije ovog područja, može se reći da su tek izgradnjom akumulacije Peruča osigurane potrebne ljetne količine za tu svrhu, kao i druge potrebe. Do danas te mogućnosti, koje pruža akumulacija, nisu iskorištene.

Pored toga, nisu iskorišteni ni stvoreni preduvjeti razvoja turizma i sporta. Zadnjih godina vrši se poribljavanje akumulacije, što je već dalo vrlo dobre rezultate.

Akumulacija Prančevići

Iako je u ovoj akumulaciji pohranjeno svega 6,8 hm³ vode njenom izgradnjom bitno se promijenio hidrološki režim rijeke Cetine u nizvodnom koritu. Iz nje se odvodi do 215 m³/s za potrebe HE Zakućac I i II.

Cijeli nizvodni tok Cetine od akumulacije do mjesta Zadvarje (HE Kraljevac) u dužini od oko 20 km kanjonskog je tipa, bez pritoka, osim povremenih vrela u zimskom periodu. Od HE Kraljevac do ušća u more u dužini od preostalih cca 14 km Cetina teče uskom dolinom. Pritoka također nema, osim stalnog krškog vrela Studenci, uz samo korito na desnoj obali. U korito Cetine nizvodno od akumulacije Prančevići ispušta se biološki minimum od 8,0 m³/s za potrebe života u vodotoku i za potrebe makarskog vodovoda čiji zahvat je kod Zadvarja (privremeno rješenje). Ukoliko se zahvat vode izvede u akumulaciji što je projektnim rješenjem predviđeno, biološki minimum će se smanjiti na količinu od 3—4 m³/s. Osim sela Blata na Cetini, na cijelom potezu do ušća, odnosno do Omiša, nema uz rijeku Cetinu naselja.

Pored biološkog minimuma, u Cetinu se ispuštaju dotoci u akumulaciju Prančevići veći od instaliranog protoka HE Zakućac I i II (215 m³/s). Srednji godišnji protok Cetine na profilu akumulacije iznosi 107,5 m³/s.

Novi vodni režim u koritu Cetine nizvodno od akumulacije ima svog odraza uglavnom na dijelu ušća i neposredno uzvodno od njega. Na preostalom dijelu toka, kanjonski dio, novi hidrološki uvjeti nisu od značaja. U toku je izrada studija koje analiziraju novi hidrološki režim zapravo utjecaj rada HE Zakućac I i II na području Omiša.

U pogledu visokih vodostaja Cetine promjene na ušću su vrlo male, jer su praktično uvjetovane plimom i osekom mora. Međutim, prirodne velike vode Cetine koje su plavile i razlijevale se uzvodno od Omiša do Studenaca više se ne pojavljuju jer su zadržane u uzvodnim akumulacijama (Peruča, Buško Blato).

Proučava se također i utjecaj na izljev kanalizacije grada Omiša, za što se ne očekuju pogoršani uvjeti.

Očekuje se da će se uslijed promjene vodnog režima Cetine smanjiti alimentiranje pijeska u moru na području oko ušća. Drastično osiromašenje zaliha već je evidentirano, ali kao posljedica intenzivne eksploatacije, a ne zbog smanjenja doprinosa Cetine što je vrlo spor proces.

Pored toga sagledava se izvjesna promjena temperature mora u području ušća Cetine zbog ispuštanja velikih količina hladnije vode kroz turbine HE Zakućac I i II oko 1,0 km uzvodno u Cetinu.

Promatrajući samo akumulaciju Prančevići evidentirane su dvije značajne hidrološke promjene u odnosu na korespondentna vrela na nižim horizontima. Poznato vrelo Jadro, pokraj Solina snabdijeva vodom područje Splita, Kaštela i Trogira. Njegov značaj nije potrebno isticati. Razvoj ovog područja već danas zahtijeva količine vode koje su gotovo u visini prirodne minimalne izdašnosti vrela Jadro. Osmatranja i mjerenja nakon izgradnje akumulacije Prančevići ukazuju da postoji obogaćenje vrela Jadro. Hidrološke obrade i analize nisu dovršene tako da se još ne mogu dati kvantificirani podaci. Ocjenjuje se da se radi o nekoliko 100 l/s u ljetnom razdoblju.

Drugi efekt se obradio na vodotok Žrnovnicu kod Stobreča (8 km istočno od Splita). Prije izgradnje akumulacije Prančevići ovaj vodotok je postojao samo u vlažnom dijelu godine. Nakon izgradnje on je stalan. Detaljnije analize također ne postoje. Iz raspoloživih hidroloških obrada imamo podatak o obogaćenju veličine oko 400–500 l/s u ljetnom razdoblju godine. Podzemne veze na dijelu toka Cetine na početku akumulacije Prančevići s Jadrom i Žrnovnicom bile su poznate i potvrđene.

Da li je veća vrijednost obogaćenja vrela Jadra s određenom i eksploataбилnom količinom čiste vode akumulacije Prančevići nego što iznose time izazvani energetske gubici na HE Zakućac? Iako analize nisu potvrđene, ocjenjujemo da je odgovor pozitivan.

Akumulacija Buško Blato

Utjecaj velike akumulacije Buško Blato treba promatrati kroz utjecaj sistema HE Orlovac čiji je ona sastavni objekt, a po značaju najveći i osnovni. S obzirom na veličinu ovog sistema, njegov prostorni raspored, kapacitete i režim pogona pojedinih dijelova sistema, nastale su određene izmjene prirodnog vodnog režima na livanjskom horizontu i horizontu Sinjskog polja. Detaljni podaci o karakteru tih izmjena i vodoprivrednom značaju dat će se u pojedinim dijelovima investiciono-tehničke dokumentacije za HE Orlovac, kao i u elaboratima izrađenim nakon izgradnje HE Orlovac.

Zadržavajući se samo na vodoprivrednoj problematici još uvijek smo na širokom prostoru nastalih promjena po vrsti, intenzitetu, lokaciji i značaju. Obrada vodoprivrednog utjecaja akumulacije Buško Blato u sastavu HE Orlovac

predstavljala bi strogo posebnu kompleksnu studiju. Ovdje se iznose samo najvažnije promjene u odnosu na prirodno stanje, i to u sažetom obliku u cilju osnovnog informiranja.

Bitne karakteristike prirodnog vodnog režima livanjskog horizonta (Livanjsko polje + Buško Blato oko 40.000 ha) bile su izuzetno velike neravnomjernosti i neusklađenosti po vremenu i prostoru s potrebama i zahtjevima privrede. To se odražavalo na redovne i dugotrajne poplave u vlažnom dijelu godine, koje su zahvaćale i do 60% ukupnih površina.

S druge strane, suše su uporno smjenjivale poplavna stanja tako da su do jučer nabujali vodotoci postali suhe jaruge. Zbog općeg pomanjkanja vode u tim razdobljima vodosnabdijevanje najvećeg dijela stanovništva bilo je zasnovano na korištenju kišnice. Nedostatak vode bio je limitirajući faktor za razvoj industrije i poljoprivrede.

Nakon izgradnje akumulacije Buško Blato na centralnom dijelu Livanjskog polja nisu zabilježene poplave iako je bilo vrlo vlažnih razdoblja, kao na primjer, u jesen 1976. godine. Tu se ranije u kišnim godinama pod poplavom nalazilo oko 7.000 ha. Predviđeni efekti obrane od poplava u potpunosti su ostvareni na velikim površinama Livanjskog polja. Kada se izgradi retencija Čaprazlije na sjeverozapadnom dijelu, daljnje površine polja bit će zaštićene od plavljenja. Ovdje je potrebno naglasiti da su ostvareni rezultati obrane od poplava rezultat ne samo akumulacije Buško Blato već i kanalskog sistema HE Orlovac s tunelom prema rijeci Cetini.

Vodosnabdijevanje u prirodnim uvjetima (osim grada Livna) bilo je na vrlo niskom nivou. Način snabdijevanja vodom naselja duž oboda Livanjskog polja bio je takav da je teško mogao zadovoljiti čak i kriterije u uvjetima jednog zaostalog područja.

Gledano u cjelini, izmijenjeni vodni režim značajno je popravio mogućnosti snabdijevanja vodom prvenstveno stoga što su u sušnom razdoblju godine osigurane određene rezerve vode na mnogo širem prostoru livanjskog horizonta od onih u prirodnim uvjetima.

Posebno je značajno što su izgradnjom akumulacije i sistema kanala stvoreni osnovni preduvjeti za natapanje poljoprivrednih površina, što je u prirodnim uvjetima bilo neostvareno.

Zadržavanje površinskih voda livanjskog horizonta u višegodišnjoj akumulaciji Buško Blato djelovalo je i na vodni režim rijeke Cetine, i to prvenstveno na dijelu njenog toka kroz Sinjsko polje. Hidrološka odrada je u toku. Bitne karakteristike utjecaja su: smanjenje velikih voda (do 40%), izvjesno smanjenje srednjih voda (do 20%) i povećanje malih voda (do 25%).

Pri tome treba uzeti u obzir da je period osmatranja kratak i da nije izgrađena retencija Čaprazlije.

U svakom slučaju redukcija velikih voda je očita i pozitivno djeluje na problematiku obra-

ne od poplava i eroziju korita. Istu kvalitetu ima i povećanje malih voda, što je bio jedan od uvjeta vodoprivredne suglasnosti. Naime, akumuliranjem voda u akumulaciji Buško Blato ljetne prirodne izdašnosti vrela na sinjskom horizontu morale su biti zadržane.

Međutim, dnevni rad pogona HE Orlovac ($Q_i = 70 \text{ m}^3/\text{s}$) izaziva različite utjecaje na korito Rude i korito Cetine nizvodno od ušća Rude. Taj utjecaj se promatra u sprezi s radom HE Peruća ($Q_i = 120 \text{ m}^3/\text{s}$). U slučajevima superponiranja dnevnih ekstrema što nije rijedak slučaj, oscilacije vodostaja djeluju negativno na stabilnost korita Cetine. Moguće je, međutim, elastičnijim pogonom ublažiti ove utjecaje.

Na kraju potrebno je spomenuti da je sprovođenjem površinskih voda s livanjskog horizonta direktno kroz tunel i turbine HE Orlovac u rijeci Rudi donekle smanjena kvaliteta voda toga vodotoka.

ZAKLJUČAK RAZMATRANJA

- Izneseni podaci o utjecaju izgrađenih akumulacija na užem i širem slivu Cetine pokazuju pozitivne efekte s općeg vodoprivrednog aspekta.
- Svi navedeni utjecaji zahtijevaju detaljnije analize sa vrednovanjem ostvarenih efekata, što će poslužiti kao podloga razvoja za korištenje novih vodoprivrednih uvjeta i kao podloga pri istraživanju i projektiranju budućih akumulacija.
- Značaj i utjecaj akumulacija znatno prelaze interese jednog korisnika, te stoga traže zajednički pristup u istraživanju, projektiranju, izgradnji i eksploataciji.
- Akumulacije će dobiti svoju punu ekonomsku i društvenu opravdanost ako ih promatramo kao višenamjenske objekte, s obzirom na dragocjene rezervne vode te utjecaje koje stvaraju. S punim pravom to i zaslužuju.



Dno jezera nakon pražnjenja u ljeto 1985.

DRUŠTVENO SAMOUPRAVLJANJE

Nakon osnivanja poduzeća HE Peruća u Sinju, odmah se pristupilo izboru organa upravljanja. Tako je 2. prosinca 1961. godine izabran i konstituiran prvi Radnički savjet i njegov izvršni organ Upravni odbor.

Od tada se Radnički Savjet i Upravni odbor redovito sastaju i donose odluke od važnosti za život i rad poduzeća.

Osnivanjem zadružnog poduzeća »Elektroprivreda Dalmacije« u Splitu, svoj rad i sredstva solidarnosti udružuju i radnici HE Peruća.

Izborom inokosno-rukovodnih struktura i konstituiranjem samoupravnih organa zadružnog poduzeća preko svojih predstavnika, HE Peruća je ravnopravno zastupljena s ostalim činionicima. Radnici Peruće aktivno učestvuju u kreiranju poslovne politike, razvoju, donošenju vitalnih odluka i razrješavanju tekuće problematike u sistemu »Elektroprivrede Dalmacije«. Nakon donošenja Ustavnih amandmana, prihvatanja Samoupravnog sporazuma o udruživanju poduzeća »Elektroprivrede Dalmacije« u Splitu, i donošenja Statuta OOUR-a, organi upravljanja konstituirani su na novim osnovama, te su uspješno radili kako u poduzeću »Elektroprivreda Dalmacije«, a isto tako i u OOUR HE Peruća iz Sinja.

Donošenjem Zakona o udruženom radu 1976. godine, Radnički savjet je ponovo izabran na način, da su proporcionalno zastupljeni svi dijelovi osnove organizacije udruženog rada, prema broju zaposlenih u HE Peruća. Na ovim principima Radnički savjet djeluje i danas, a broji 11 delegata, koji se biraju svake dvije godine.

Samoupravljanje u OOUR-u obavlja se posebnim putem preko delegata u Radničkom savjetu. O temeljnim pitanjima radnici odlučuju neposredno putem referenduma ili pak na Zboru radnika. Za obavljanje pojedinih poslova Radnički savjet iz svoje nadležnosti osniva pomoćna tijela-komisije stalne i povremene.

DRUŠTVENI STANDARD

Od početka rada OOUR-a HE Peruća stalno se vodi briga o društvenom standardu svojih rad-

nika. Prema mogućnostima građeni su stanovi, dodjeljivani krediti za stambenu izgradnju, i upućivani radnici na odmor. U tu svrhu je kupljen objekt za odmor u Postirama, a nakon toga izgrađeno je novo odmaralište u Bratušu kod Makarske.

Do danas su uspješno riješeni skoro svi stambeni problemi radnika, tako da najveći broj radnih ljudi ima društvene stanove, a ostali su svoje stambene potrebe rješavali izgradnjom vlastitih kuća, pri čemu je velika pomoć pružena dodjelom kredita.

Odmaralište u Bratušu, koje je izgrađeno 1965. godine, koriste gotovo svi radnici po vrlo povoljnim cijenama. Kada je postalo pretijesno s obzirom na povećan interes, prošireni su kapaciteti, tako da se odmaralište sastoji od deset kompletno uređenih stanova. Briga o društvenom standardu ne sastoji se samo u dodjeli stanova, stambenih kredita i korištenju odmarališta. OOUR HE Peruća stalno iznalazi načine, da radnici što odmorniji dođu na svoje radno mjesto, pa su u tu svrhu nabavljeni udobni i moderni autobusi.

HIGIJENSKO-TEHNIČKA ZAŠTITA RADNIKA

Budući da se u OOUR-u obavljaju poslovi proizvodnje hiroelektrične energije, uslijed čega je povećana opasnost za radnike koji neposredno rukuju strojevima, potrebno je voditi maksimalnu brigu o zaštiti radnika. S tim u vezi je normativnim aktima regulirana materijalna zaštita na radu i utvrđeno, da svi radnici zaposleni u OOUR-u imaju određena osobna zaštitna sredstva koja su dužni upotrebljavati prilikom rada.

Također postoje i kolektivna zaštitna sredstva, koja služe za zaštitu pri izvođenju specifičnih poslova na određenim strojevima. Zahvaljujući dobroj tehničkoj opremljenosti u radnom procesu, zaštitnim osobnim i kolektivnim sredstvima za rad, do sada u obavljanju poslova HE Peruća nije zabilježena niti jedna nesreća na radu s teškim posljedicama.

VAŽNIJI DOGAĐAJI U TOKU GRADNJE I POGONA HIDROELEKTRANE PERUČA

1951—1953.

Razdoblje intenzivnih istražnih radova

Na području lokacije brane Peruča, u ovom periodu su vršena istraživanja bušenja (14000 metara), injekciona polja s oko 2000 m pokusnih injektiranja, a izvedeno je i oko 200 m potkopa i istražnih okana. Na osnovi rezultata ovih radova izrađen je »Idejni projekt Hidroelektrane Peruča.

1953—1954.

Period izvođenja pripremnih radova

U ovom razdoblju započeti su slijedeći pripremni radovi:

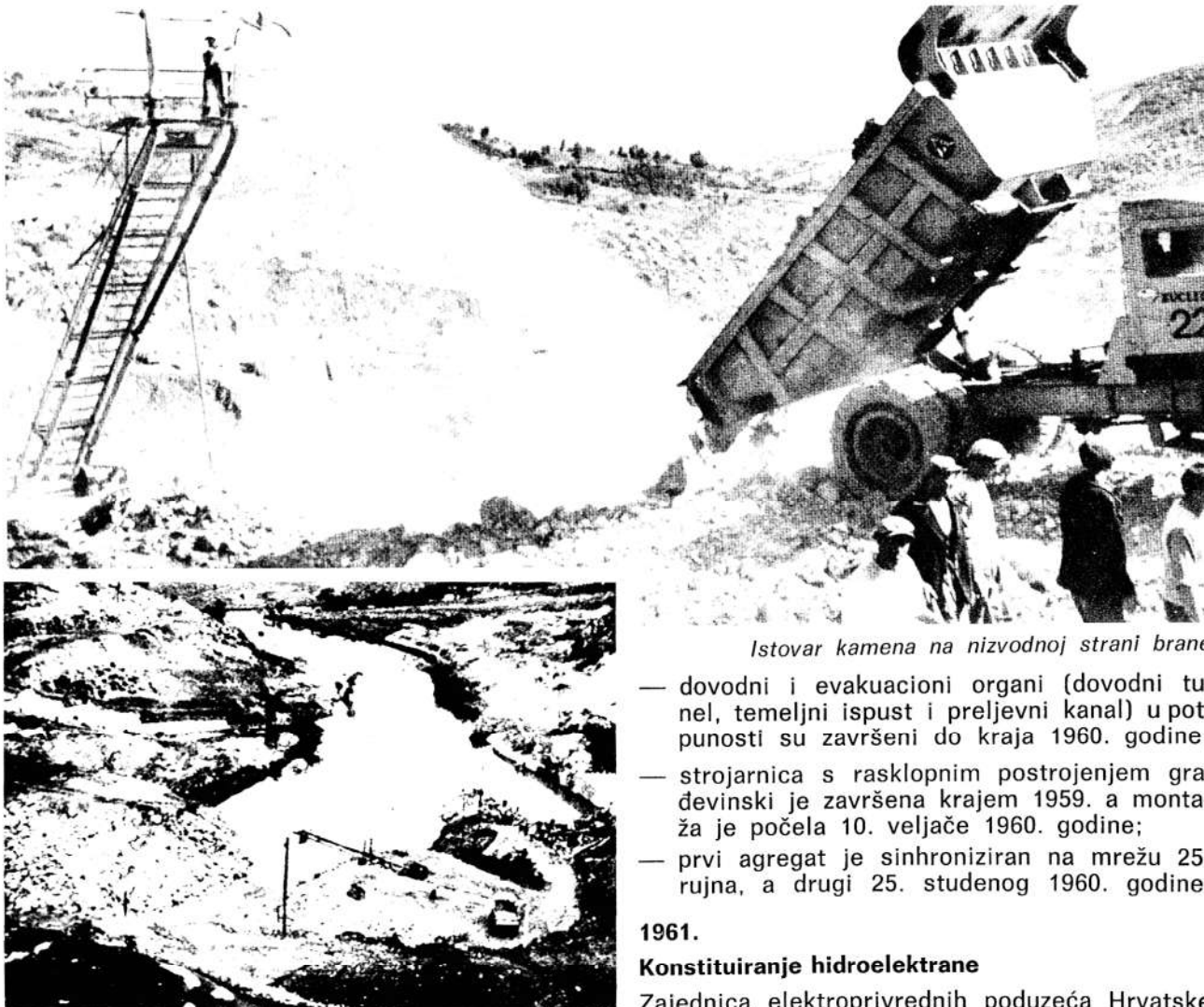
- gradnja pristupnih putova;
- izgradnja gradilišnog naselja;
- bagerovanje korita rijeke Cetine nizvodno od pregradnog profila;
- izrade pokusnih polja u injekcionoj zavjesi (injektirano oko 8400 m bušotina).

1954—1960.

Razdoblje glavnih radova

U ovom razdoblju su vršeni slijedeći poslovi:

- brana je završena 1959. godine sa dovršenjem pristupnih cesta s lijeve i s desne strane brane;



Istovar kamena na nizvodnoj strani brane

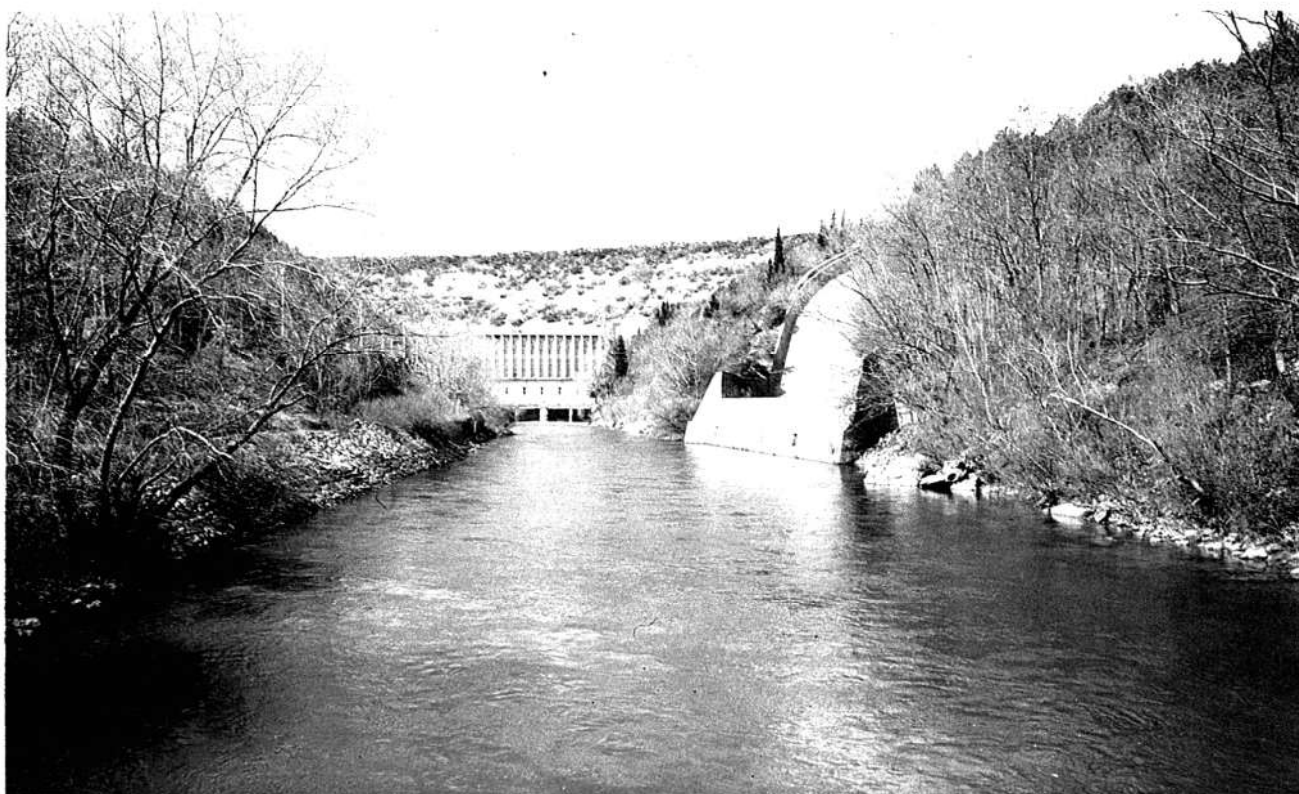
- dovodni i evakuacioni organi (dovodni tunel, temeljni ispust i preljevni kanal) u potpunosti su završeni do kraja 1960. godine;
- strojnica s rasklopnim postrojenjem građevinski je završena krajem 1959. a montaža je počela 10. veljače 1960. godine;
- prvi agregat je sinhroniziran na mrežu 25. rujna, a drugi 25. studenog 1960. godine.

1961.

Konstituiranje hidroelektrane

Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske osnovala je svojim rješenjem od 21. 03. i 14.

Uzvodni zagat u toku gradnje



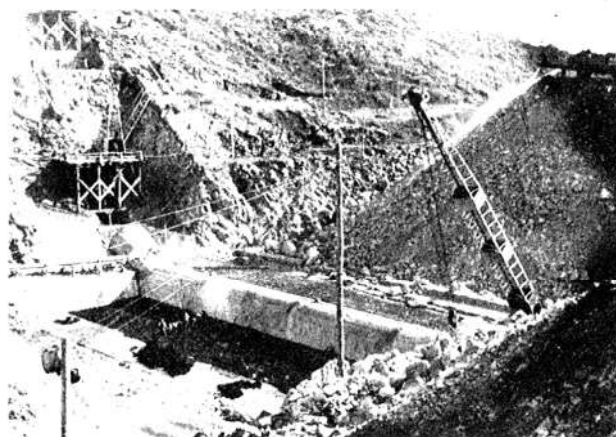
11. 1961. godine poduzeće HE Peruča, rješenjem o konstituiranju izdao je Odjel za privredu NO Sinj, a upis u registar izvršen je 21. 12. 1961. kod Okružnog privrednog suda u Splitu pod nazivom »Hidroelektrana Peruča — poduzeće za proizvodnju energije« Sinj.

Prvi radnički savjet izabran je 2. 12. 1961.

1966.

Poduzeće »Elektroprivreda Dalmacije«

Poduzeće za proizvodnju električne energije »Hidroelektrana Peruča«, »Hidroelektrane na Cetini« i poduzeće za prijenos električne energije »Elektroprenos« na osnovi »Ugovora o spajanju poduzeća«, formirali su 25. 02. 1966. godine združeno poduzeće Elektroprivreda



Galerija u toku gradnje



Temelj brane za vrijeme gradnje

Dalmacije — poduzeće za proizvodnju i prijenos električne energije u Splitu, a dosadašnja poduzeća dobivaju status »organizacije u sastavu«.

1968.

Prelazak na napon 35 kV

Tokom ove godine zamijenjen je regulacioni transformator 12,5 MVA, $110 \pm 8 \times 1,5\% / 31,5$ kV s novim od 20 MVA, $110 \pm 10 \times 1,5\% / 36,7$ kV proizvodnje »R. Končar«. Zamjena je izvršena radi prelaska distribucije na napon 35 kV i zbog povećanja konzuma na ovom području. Izrađen je i 35 kV dalekovod HE Peruča—Vrlika, koji je i danas pod naponom, iako je izveden bez zaštite od atmosferskog pražnjenja.

1973.

Kompenzatorski pogon

Završeno je ispitivanje montirane opreme (kompresori, rezervoar tlačnog zraka i instalacija automatike), koja je ugrađena radi osposobljavanja agregata za proizvodnju jalove električne energije u kompenzatorskom pogonu.

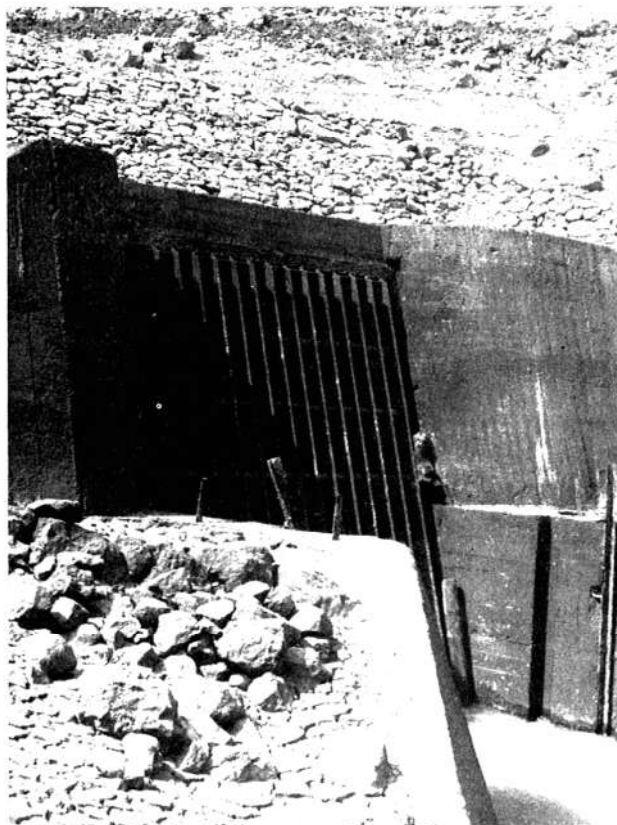
Proširenje 110 kV razvoda

Pušten je u redovnu eksploataciju 110 kV dalekovod Peruča—Buško Blato, koji je izgrađen radi snabdijevanja električnom energijom CS Buško Blato i područja Livna.

Sanacija galerije u brani

Radi izrazitog izbijanja kalcita a mjestimično i u malim količinama i gline iz betina galerije, završena je sanacija galerije po dokumentaciji »Geoexpert« Zagreb.

Sanacija je izvršena injektiranjem silikagela u betonu.



Rešetka na ulaznom uređaju temeljnog tunela

1983.

Proboj izolacije namota generatora 2

Dogodio se prvi veći kvar na postrojenju: proboj izolacije namota generatora II. Sanacija je izvršena zamjenom oštećenih štapova namota.



Pogled na branu sa uzvodne strane



1984.

Generalna revizija transformatora

Izvršena generalna revizija regulacionog i jednog blok transformatora. Unutrašnji dijelovi ovih transformatora bili su u izrazito dobrom stanju.

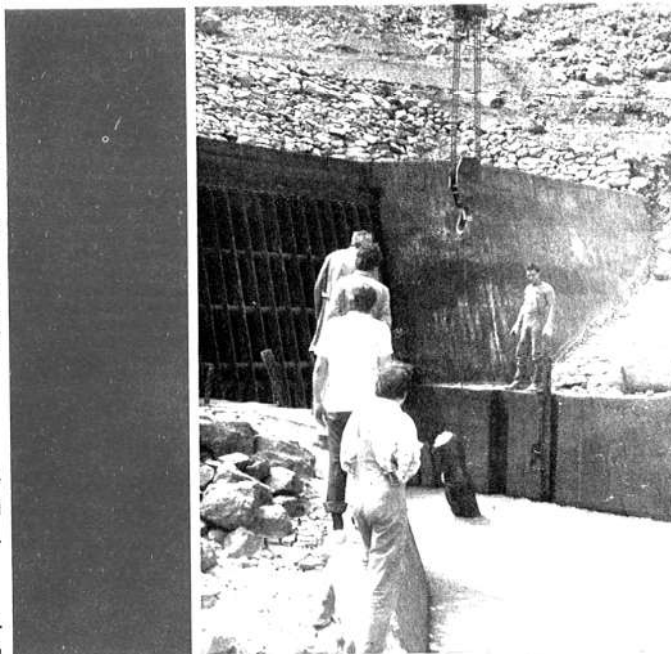
Izgradnjom TS 110 kV/35 kV Sinj i 110 kV petlje Peruča — CS Buško Blato — Kraljevac manipulacije u 110 kV postrojenju hidroelektrane, postale su mnogo elastičnije tako da su znatno olakšani radovi na remontu i reviziji 110 kV opreme.

1985.

Izvršen je generalni remont i antikorozivna zaštita hidromehaničke opreme na dovodnom tunelu i temeljnom ispustu u vremenu od 1.

VIII — 30. IX.

Betonske konstrukcije, zatvarači i rešetke nakon 27 godina rada, u zadovoljavajućem su stanju.



Ulazni uređaj temeljnog tunela



Brana i akumulacija — iz zraka

