

OŠTEĆENJE I OBNOVA BRANE PERUĆA

Dramatično spašavanje i uspješna obnova

PRIPREMIO:
Branko Nadilo

Navršilo se 20. godina od kako je brzom intervencijom Hrvatske vojske spriječeno rušenje brane Peruća koja je potom vrlo brzo i obnovljena

Navršilo se eto punih 20 godina, 28. siječnja 1993., od miniranja i teškog oštećenja brane Peruća. To je bio i potencijalno najveći i po posljedicama nesagledivi ratni zločin u Domovinskom ratu. Tada su pri kraju operacije *Maslenica*, kojom su pri kraju operacije hrvatske snage odbacile neprijatelja iz zaleđa Zadra kako bi se ponovno povezoao sjever i jug Hrvatske, neprijateljske vojne snage radi odmazde protjerale kenijski bataljun UNPROFOR-a s Peruće i aktivirale otprije postavljen eksploziv na preljevu i u galeriji brane. Namjera im je bila uništiti i oštetiti sve nizvodne elektrane na Cetini i ugroziti živote i imovinu najmanje 20.000 stanovnika uzvodno do njezina ušća u Jadransko more u Omišu. Ipak zahvaljujući brzom intervenciji Hrvatske vojske spriječeno je rušenje brane koja je potom vrlo brzo i obnovljena.

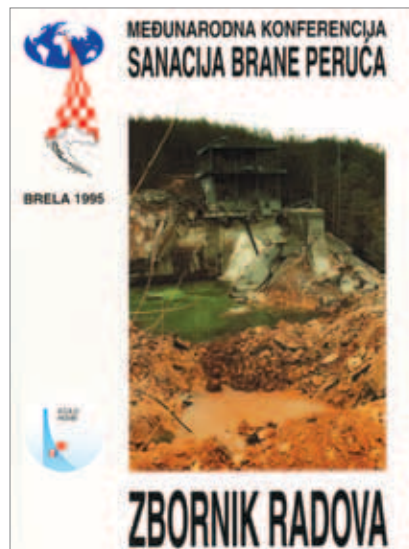
Miniranje i rušenje brane Peruća učinjeno je u namjeri da se unište ili oštete sve nizvodne hidroelektrane i da se ugroze životi i imovina najmanje 20.000 stanovnika u nizvodnom toku

Kako su miniranja i rušenja brana rijetkost i u ratnim zbivanjima, te kako je obnova izvedena nadomak neprijatelja, nerijetko i pod granatama, rušenje i obnova brane Peruća nisu odgovarajuće predstavljeni ni stručnoj ni široj javnosti pa se čini da je obljetnica katastrofe prava prigoda da se to učini. Osnovna je podloga za ovaj tekst bio zbornik radova s Međunarodne konferencije o

sanaciji brane Peruća koji su zajednički organizirali *Hrvatska elektroprivreda* i *Hrvatsko društvo za velike brane*, a koja je održana od 20.-23. rujna 1995. u Brelima. Pridodani su i razgovori sa sudionicima obnove te novinska izvješća o ratnim zbivanjima u tom području prije i nakon miniranja brane.

Gradnja brane Peruća Opći podaci

Cetina je duga 100,5 km i gledano u cijelosti najduža je te vodom najbogatija dalmatinska rijeka. Izvire na sjeverozapadnim obroncima Dinare pokraj sela

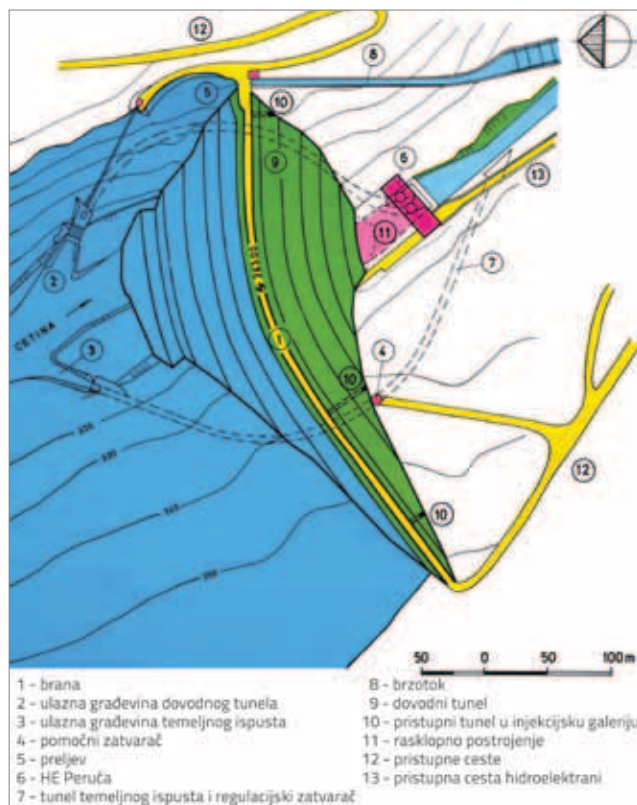


Zbornik radova o sanaciji brane Peruća

Cetina (385 m n.v.), 7 km uzvodno od Vrlike, a utječe u Jadransko more po-



Prikaz hidroenergetskog sustava Cetine

HE *Zakučac* – najveća hidroelektrana u HrvatskojSituacija brane i hidroelektrane *Peruća*

kraj Omiša. Ima ukupnu površinu sliva od 4119 km² (od čega u Hrvatskoj 1463 km², a ostatak u Bosni i Hercegovini) i srednji protok na ušću od 102 m³/s. Stoga je sliv Cetine prema godišnjoj proizvodnji energije te raspoloživoj snazi i regulacijskim mogućnostima u svim vremenskim razdobljima najznačajniji i najvažniji energetska sliv u Hrvatskoj, a i najbolje iskorišten. Osim toga služi za vodoopskrbu omiškoga i makarskog područja, te srednjodalmatinskih otoka (Brač, Šolta i Hvar, a u budućnosti i Vis), ali i za navodnjavanje dijela Sinjskog polja.

Na Cetini je još 1912. izgrađena prva hidroelektrana – HE *Kraljevac*, jedna od najstarijih u Europi, s instaliranom snagom od 46,4 MW i prosječnom godišnjom proizvodnjom od 40 GWh električne energije. Do danas se u hidroenergetskom sustavu rijeke Cetine uz HE *Kraljevac* izgrađene još HE *Peruća* 1960. (obnovljena 1996., a rekonstruirana 2008.), HE *Orlovac* na rijeci Rudi 1973., HE *Đale* 1989. i HE *Zakučac* koja se prije zvala HE *Split* 1973. i 1980.

Peručko je jezero s površinom od gotovo 20 km² treće u Hrvatskoj, iza Vranskog i Dubravačkog na rijeci Dravi u Međimurju

Od njih je uvjerljivo najjača HE *Zakučac*, ujedno i najveća hidroelektrana u Hrvatskoj, s instaliranom snagom od 486 MW i prosječnom godišnjom proizvodnjom 1448 GWh. Voda se tunelom dovođa iz akumulacijskog jezera Prančevići do hidroelektrane nadomak Omiša, a slijedi je HE *Orlovac* (kojoj se voda dovođa tunelom iz akumulacijskog jezera Buško blato i bazena Lipa u Bosni i Hercegovini) s instaliranom snagom od 373 MW i prosječnom godišnjom proizvodnjom 360 GWh. Ostale su elektrane mnogo slabije, pa tako HE *Đale* ima instaliranu snagu 40,6 MW i prosječnu godišnju proizvodnju 128 GWh, a HE *Peruća* instaliranu snagu 60 MW i prosječnu godišnju proizvodnju 120 GWh.

Međutim brana Peruća i Perućko akumulacijsko jezero izgrađeni su u gornjem dijelu toka Cetine radi reguliranja njezina protoka, a zajedno s akumulacijskim jezerom Buško blato usklađuje protok u cijelom slivu kako bi HE *Zakučac* postigla što veću proizvodnju električne energije. Zapravo su gradnjom akumulacijskog jezera na rijeci Cetini, inače prvog ikad izgrađenog u kršu, postavljeni temelji hidroenergetskom sustavu Cetine kakvog danas poznajemo. Perućko je jezero s površinom kod najvećeg uspora od gotovo 20 km² treće po veličini jezero u Hrvatskoj, iza Vranskog i također umjetnoga akumulacijskoga Dubravačkog jezera na rijeci Dravi u Međimurju. Ovdje valja spomenuti i jednu čestu jezičnu dvojbu vezanu uz naziv jezera, brane i hidroelektrane koji se u mnogim izvorima neispravno piše Peruća. Naime ispravno je Peruća, kako se i u topografskim kartama naziva zaselak sela Satrića u općini Hrvace pokraj brane i kratko potopljeno vrelo po kojem su ime dobili i jezero i brana i hidroelektrana.

Projektiranje i gradnja

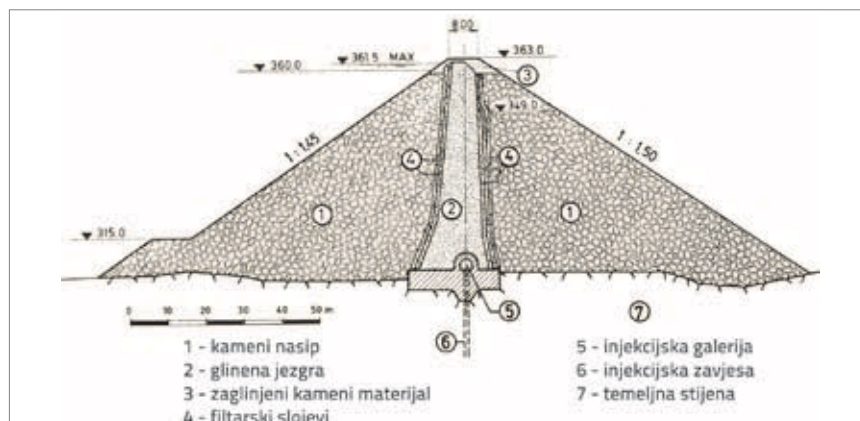
Gradnju su brane i akumulacije potaknule ondašnje *Dalmatinske hidroelektrane* iz Splita, kojima je HEP d.d. odnosno *Hrvatska elektroprivreda* pravni sljednik. Izradi projekta i gradnji prethodila su temeljita istraživanja vodopropusnosti i vodostaja podzemnih voda. Tako je ustanovljeno da je dolina rijeke Cetine smještena u sinklinali koja se proteže u dinarskom smjeru, koje se os približno poklapa s vododjelnicom jadranskoga i crnomorskog sliva. Građena je uglavnom od vodopropusnih krednih vapnenaca koji mjestimice prelaze debljinu od tisuću metara, te od vododrživih dolomita na nepropusnoj podlozi verfenskih škriljavaca iz donjeg trijasa. Na desnoj strani sinklinala prelazi u antiklinalu Svilaje s nepropusnim krednim dolomitima, a na lijevoj je strani nepropusna vododjelnica na dolomitiskim naslagama s visokim razinama podzemnih voda koji ukazuju na malu mogućnost gubitaka vode iz akumulacije. Na toj su strani najveći problem bili jaki krški izvori koji se probijaju uzduž poprečnih tektonskih lomova, ali su ispitivanja bojom potvrdila da se gubici vode mogu isključiti jer su vodostaji podzemnih voda daleko viši od predviđenog uspora akumulacijskog jezera. Pregradni je profil brane smješten na uzvodnom kraju uskog kanjona, a ispitivanja su pokazala da je na pregradnom profilu vodopropusnost velika. Stoga je tu napravljena injekcijska zavjesa najveće dubine od približno 200 m, dok se dubina zavjese prema krajevima sma-

njuje tako da na desnoj strani iznosi do 100 m, a na lijevoj do 150 m. U zoni najveće propusnosti pregradnog profila izvedena je troredna, a na krajevima brane i dvoredna zavjesa. Spoj je kontrolne galerije i temeljne stijene izveden veznim injektiranjem.

Ukupna je dužina injekcijske zavjese približno 1600 m, izbušeno je 153.300 m injekcijskih bušotina, a injektiranje je izvedeno na 140.000 m dužine injekcijskih bušotina. Za kontrolu je injektiranja izbušeno približno 11.000 m kontrolnih

injekcijske bušotine utrošeno 368 kg suhe tvari.

Provedenim su ispitivanjima procijenjeni ukupni gubici procjeđivanja iz akumulacijskog jezera na pregradnom profilu u rasponu od 0,5 do 1 m³/s ovisno o vodostaju u jezeru, odnosno u prosjeku 0,75 m³/s ili 1,9 % srednjega godišnjeg protoka Cetine na pregradnom profilu. Gubici se jednim dijelom vraćaju na nizvodnim izvorima u Cetinu tako da nisu energetske gubitak za nizvodne hidroelektrane. Stoga je ocijenjeno da je



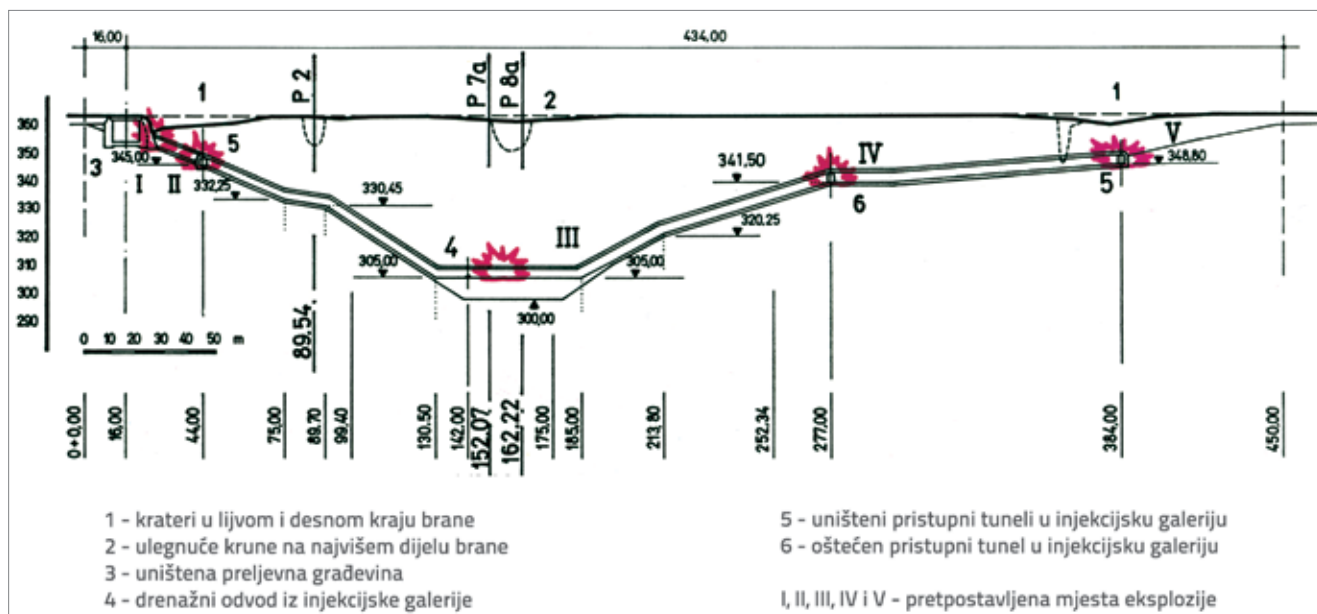
Poprečni presjek izvorne brane Peruča

bušotina. Za injektiranje je upotrijebljena suspenzija gline i cementa, a po potrebi je umjesto gline uporabljen bentonit. Injekcijskoj je smjesi dodavana kalcinirana soda, a na mjestima velikog utroška fini dolomitni pijesak. Injektiranjem je utrošeno 51.393 tone injekcijske smjese, od čega 35.144 tone gline, 14.493 tone cementa, te 1260 tona bentonita, 282 tone sode i 216 tona dolomitnog pijeska. Na metar

gubitak vode manji od prognoziranoj i da nisu potrebna dodatna injektiranja. Projektirana je visina brane u profilu Cetine 63 m, širina u dnu do 220 m, a dužine u kruni 450 m. Ukupni je volumen brane 874.097 m³, od čega na kameni nasip otpada 709.559 m³, na filtarske slojeve 46.976 m³, glinenu jezgru 105.023 m³, a na beton galerije 12.539 m³. Uzvodna je kosina (nagiba 1:1,45) nasuta krupnim kamenim blokovima



Peručko jezero snimljeno sa Svilaje



Pretpostavljena mjesta miniranja na uzdužnom profilu brane Peruća

radi zaštite od djelovanja valova, a nizvodna je kosina (u nagibu 1:1,5), nasuta sitnijim kamenim i zemljanim materijalom te zasađena brnistrom (žutikom). Na lijevom kraju brane izveden je bočni preljev i brzotok protočnog kapaciteta $340 \text{ m}^3/\text{s}$, a za potpuno pražnjenje jezera temeljni ispušt protočnog kapaciteta $220 \text{ m}^3/\text{s}$.

Izgradnjom brane formirano je akumulacijsko jezero volumena kod najvećeg uspora od $541,249$ milijuna m^3 , površine do 20 km^2 i dužine od gotovo 23 km . Najviši radni vodostaj projektiran je na koti 360 m n.v. , najniži na koti 325 m n.v. , a najviši preljevni za najveći vodni val na koti $361,2 \text{ m n.v.}$ Na području novonastalog jezera provedena je nacionalizacija i seljacima oduzeta imovina, uglavnom bez naknade, pod šumama, vinogradima, oranicama i livadama. Obuhvatilo je to dijelove Vrlike, Garjaka, Koljana, Kosora, Ježevića, Laktaca, Dabra, Vučipolja, Zasioka, Gornjeg Bitelića, Rumina, Hrvaca, Satrića, Potravlja, Maljkova, Otišića i Maovica. Većina se stanovništva premjestila na viša područja Svilaje, Dinare i Debelog brda, ali ih se i dosta i odselilo.

Brana i akumulacijsko jezero zajedno s hidroelektranom izgrađeni su od 1956. do 1960. godine. Projekte su za akumulacijsko jezero, branu i hidroelektranu izradili *Elektroprojekt* i *Geoistraživanja*

iz Zagreba, a glavni su projektanti bili Boris Pavlin, dipl. ing. građ i prof. dr. sc. Ervin Nonveiller te Krunoslav Begović, dipl. ing. el. Građevinske su radove izvodili *Konstruktor* iz Splita i *Geoistraživanja* iz Zagreba. Gradnja je hidroelektrane *Peruća* završena 25. studenoga 1960. kada je puštena u pogon i uključena u hidroenergetski sustav Hrvatske.

Miniranje brane

Brana Peruća pune je 32 godine bila uzor brojnim elektranama izgrađenim poslije i u nas i u svijetu u kraškim predjelima. U cijelosti je ispunjavala svoju zadaću i bila poticaj njezinim graditeljima za nove izazove. Bila je vrhunsko djelo svojih graditelja i skladno se uklopila u okoliš tako da je postala nedjeljivim dijelom krajolika. Nažalost u jednom je trenutku postala i velika opasnost i za prirodu i za sve ljude u nizvodnome riječnom toku.

Brana je bila uzor za brojne kraške elektrane u nas i u svijetu, a bila je vrhunsko graditeljsko djelo koje je u jednom trenutku ugrozilo sve stanovnike u nizvodnom toku

Najave, priprema i aktiviranje eksploziva

Koliko smo uspjeli shvatiti, prvu je prijetnju o rušenju brane Peruća izrekao ratni zločinac Ratko Mladić 18. rujna 1991., nominalno komandant 9. kninskog korpusa tzv. JNA., dan nakon što su branu okupirale njegove vojne snage. Rekao je to tijekom napada na zadarsko zaleđe uoči miniranja i rušenja Masleničkog mosta. Zna se da su neprijateljske snage odmah zatvorile sve odvode iz akumulacijskog jezera – regulacijsku zapornicu na preljevu i regulacijski zatvarač temeljnog ispusta. Međutim da je brana i minirana (u siječnju ili travnju 1992., ovisno o izvorima), potvrdio je to u jednom televizijskom intervjuu isti ratni zločinac, pravdajući taj potencijalno najveći zločin u Europi nakon II. svjetskog rata vojnim razlozima. Pritom je nevažno koliko je tona eksploziva stavljeno u kontrolnu inekcijsku galeriju, ali je sasvim sigurno da su miniranje obavili stručnjaci, vjerojatno i specijalisti za brane koje je angažirala negdašnja JNA. Za miniranje dosad nitko nije optužen, ali je i miniranje i aktiviranje eksploziva uključeno u hrvatsku tužbu protiv Srbije zbog genocida.

Srpska je vojska bila na brani Peruća do demilitarizacije odnosno uspostave tzv. "ružičastih zona" koje su bile izvan

UNPA zona, a koje je dotad trebao štiti UNPROFOR. Branu su srpske snage napustile u kolovozu 1992. i trebale su se povući 10 km od zone razgraničenja. Takvo je stanje na području brane bilo sve do operacije *Maslenica* koja je planirana i izvedena od 6. do 27. siječnja 1993., dok su operacije započele 22. siječnja ujutro u 6 sati. Operacija je trebalo osloboditi zadarsko zaleđe i grad Zadar od izravnih prijetnji i odbaciti neprijatelja što dalje od hrvatske obale te presjeći putne pravce Gračac – Obrovac i Benkovac – Knin. Cilj je bio i osloboditi komunikaciju Zadar – Maslenica – Karlobag radi spajanja sjevera i juga Hrvatske, ali i osloboditi zračnu luku *Zemunik* te zauzeti ključne položaje na Velebitu. Svi su ti zadaci uspješno obavljeni i oslobođena su 92 km² okupiranoga hrvatskog teritorija, a u operaciji je poginulo 127 hrvatskih vojnika i 490 srpskih (prema srpskim izvorima 348).

Operacija *Peruća* izvedena je neplanirano s namjerom da se oslobodi brana i spriječe katastrofalne posljedice vodnog vala iz Peručkog jezera nakon miniranja

Operacija *Peruća* izvedena je neplanirano 27. i 28. siječnja 1992., a potaknuli su je pokreti neprijateljskih snaga koji su prijetili da će zbog odmazde srušiti branu Peruća. Borbena je spremnost HV-a podignuta na najvišu razinu, a namjera je bila osloboditi branu i širi prostor te spriječiti katastrofalne posljedice od vodnog vala iz Peručkog jezera koji bi nastao miniranjem brane. Srpske su paravojne snage upale na prostor Peruće 27. siječnja u popodnevnim satima i protjerale kenijске snage UNPROFOR-a. Ujutro 28. siječnja hrvatske su postrojbe spriječile neprijateljski pješaki probaj prema Bitelčiću, a odmah nakon detonacije eksploziva (10 sati 45 minuta 55 sekundi) hrvatske su snage krenule u napad i vrlo brzo ovladale kompletnim područjem oko Peruće te izbile na planiranu crtu Umac – Gornji Kunci – Babića

brig. U akciji je poginuo jedan hrvatski vojnik (Ante Buljan), dvojica su ranjena, a jedan zarobljen i odveden u kninski zatvor. Zarobljena su i dva neprijateljska vojnika i nešto opreme, a gubici su na srpskoj strani ostali nepoznati.

Razmjeri oštećenja

Ono što se dogodilo nakon eksplozije doznali smo u razgovoru s voditeljima sanacije oštećene brane, ponajprije od voditelja tima za sanaciju Marina Vilovića, dipl. ing. građ., iz *Hrvatske elektroprivrede*. Prve vijesti o eksploziji nisu ništa govorile o veličini razaranja, posebno stoga što su se ratna zbivanja događala oko brane, no efekt eksplozije, dim i prašina snimljeni amaterskom kamerom iz velike daljine svjedočili su o jačini eksplozije. Prvi je pravi uvid o zbivanjima na brani dobiven zahvaljujući snimatelju ondašnjeg HTV-a Split koji se uspio probiti do brane. Kad su prilike to dopustile, posije 20 sati organiziran je obilazak brane od strane građevinskih stručnjaka iz Splita. Tada su borbe bile odmaknule nekoliko kilometara pa je pomoću ručnih svjetiljki uz vojnu pratnju obavljen prvi stručni pregled.

za slične događaje koji se zvao *Dan poslije*. Unatoč tome tijekom je noći odlučeno da se ipak ne objavi uzbuna elementarne nepogode jer bi to značilo preseljenje 20.000 ljudi s nužnom imovinom, a to bi izazvalo golemu paniku. Odlučeno je stoga da se u tišini evakuiraju 3000 stanovnika najugroženijih sela u blizini brane.

Odlučeno da se ne objavi elementarna nepogoda jer bi se preselilo 20.000 ljudi i stvorila velika panika, pa je u tišini evakuirano 3000 stanovnika najugroženijih sela

U noći je organizirano praćenje protoka i mutnoće rijeke Cetine na najbližem hidrometrijskom profilu u Hanu, dvanaestak kilometara nizvodno, kako bi se imalo odgovarajuću informaciju za procjenu daljnjih zbivanja. Oštećenja na brani upućivala su na potrebu hitnih intervencija u tijelu brane, sprečavanja prodora vode i erozije, ali i otvaranja zatvarača temeljnog ispusta kako bi se



Najteža oštećenja na lijevom kraju brane

Za cijelo je vrijeme okupacije brana bila teško breme cijele Hrvatske pa su još u studenom 1991. stručnjaci *Hrvatske elektroprivrede* izradili jedan elaborat

ispraznilo akumulacijsko jezero i tako rasteretila brana. Stoga je odmah odlučeno da se mobiliziraju svi dostupni strojevi i kamioni za hitne intervencije.



Krater na desnom kraju brane



Uleknuće krune na najvišem dijelu brane

Angažirani su strojevi poduzeća *Pomgrad* i kamioni *Poduzeća za ceste* iz Splita, ali i okolnih privatnika s namjerom da se što prije pristupi hitnim sanacijskim radovima. Hrvatska vojska dopustila je pristup brani u 8 sati ujutro 29. siječnja i tada su započele hitne intervencije. Ubrzo potom na branu su počeli pristizati i drugi stručnjaci za brane i akumulacije iz Zagreba i Splita. Prema oštećenjima zaključeno je, a to

su naknadna istraživanja i potvrdila, da je eksploziv u brani aktiviran na pet mjesta u injekcijskoj galeriji, a kako je na seizmičkim stanicama u Trilju, Hvaru i Puntijarki zabilježen potres magnitude 2,4 po Richteru, zaključeno je da je za to bilo potrebno 20 do 30 tona trinitrotoluola (TNT-a).

Eksplorzija je otvorila velik krater na desnom kraju brane, na mjestu gdje se spajaju pristupni tunel s galerijom i gdje

je bio jedini mogući pristup na krunu brane. Krater je bio oblika stošca, s promjerom od 20 do 25 i s dubinom 6 do 7 m. Pristupni je tunel bio urušen, a šuma ispred ulaza na udaljenosti od 100 m bila je uništena i opržena od izbačenog materijala i topline eksplozije. Slične su posljedice s urušenim pristupnim tunnelima galeriji i spaljenom šumom u krugu od stotinjak metara imale eksplozije na ostala dva pristupna tunela, središ-



Poprečna pukotina na asfaltu u kruni brane

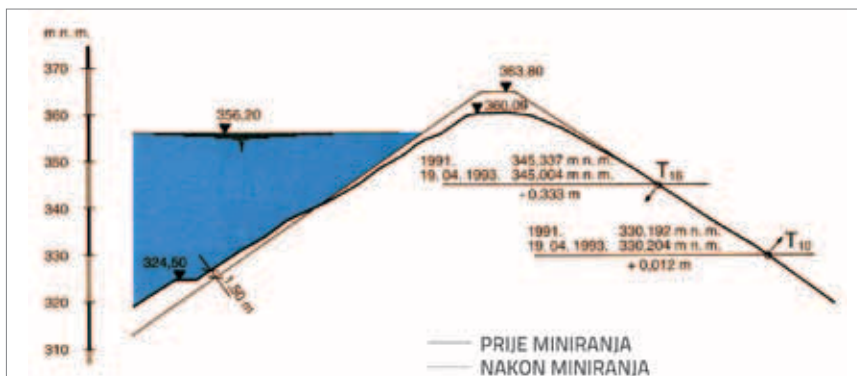


Iz oštećenja na lijevom kraju brane voda je otjecala u injekcijsku galeriju

njem dijelu i na lijevom kraju brane. Od eksplozije je na središnjem tunelskom prilazu nastala i pukotina na asfaltu duž krune u dužini od 77 m.

Veliko se i najopasnije oštećenje dogodilo na lijevom kraju brane gdje su aktivirane dvije eksplozije, jedna uz bočni zid preljeva, a druga u galeriji na spoju s pristupnim tunelom. Prva je izazvala kompletno rušenje bočnog zida preljeva s dijelom nasipa sve do zapornice, a druga je otvorila krater promjera 25 do 30 m i dubok 10 m kroz koji je voda izravno otjecala u galeriju te iz nje kroz okno drenažnog odvoda u rasklopno postrojenje. Nizvodni je rub kratera od vodostaja jezera, a uzvodni je rub bio potopljen. Prijetila je opasnost većeg prodora vode u galeriju i prelijevanje nizvodnog ruba kratera niz pokos brane te samim tim i rušenje brane. Dijelovi su bočnog zida preljeva bili toliko pomaknuti da su ukliještili podignutu zapornicu i onemogućili njezino spuštanje. Eksplozija je bila toliko jaka da su dijelovi zida porazbacani u krugu od 50 m, a jedan je veći komad (volumena 12 m³) pronađen na udaljenosti od gotovo 30 m. Armiranobetonski most preko preljeva odbačen je na lijevu obalu gdje je ostao dijelom visjeti preko potpornog zida.

Na najdubljem mjestu u galeriji, tamo gdje je brana inače najviša, eksplozija je izazvala vidljiva ulegnuća krune brane



Poprečni presjek brane prije i nakon miniranja

dubine od 2,5 do 3 m. Tu su na uzvodnom pokosu uočena puzanja kamene zaštite, a povremeno i virovi koji su upućivali na prodor vode u tijelo brane, pa je taj dio pokosa zahtijevao nasipavanje.

Hitne intervencije

Za zatrpavanje kratera i sprečavanje erozije upotrijebljen je buldožer D8 *Caterpillar* s utovarivačem, a materijal se dovezio kamionima iz kamenoloma udaljenog 25 km. Kretanje na brani bilo je dopušteno samo po obilježenim pravcima jer je prijetila opasnost od mogućih okolnih mina. Jedini je put do najugroženijeg mjesta na lijevom kraju brane bio preko kratera na desnom kraju. Zatrpan je tako da se s obje strane gurao buldožerom osnovni materijal brane koji je nadomješten sitnim mate-

rijalom iz obližnjeg nalazišta pa je tako omogućen prijelaz mehanizacije na krunu brane.

Najvažnije je bilo zatvoriti krater na lijevom kraju brane jer je prijetila opasnost od prodiranja vode u preostali rastreseni nasip brane i prelijevanje preko nizvodnog ruba. Kako je za zatvaranje tog kratera trebalo čak 1000 m³ materijala, praktički 150 kamiona, zaključeno je da bi svaki u vožnji po brani natraške trebao približno 5 minuta, a to je značilo punih 12,5 sati. Osim toga trebalo je ukloniti buldožer s nasipavanja uzvodnog pokosa. Stoga je zbog hitnosti odlučeno da se krater na lijevom kraju zatrpa buldožerom tako da se nožem gura materijal s viših dijelova brane prema bočnom zidu preljeva i na taj način osigura nasip uz prelev, a da se potom zapuni krater kroz koji je voda prodirala u galeriju. Istodobno su kamioni zasipali oštećenja na uzvodnom pokosu.

Prva je i dramatična faza spašavanja brane od daljnjeg oštećenja završena tog istog dana u 11 sati i 10 minuta. Zatrpavanjem otvorenog kratera prestala je otjecati zamuljena voda u 110 kV rasklopište HE *Peruća*.

Na nizvodnom je pokosu lijevog kraja brane uočeno istjecanje malih količina vode na mjestu zarušenoga pristupnog hodnika (na koti 345 m n.v.) koje je 5. veljače 1992. pri smanjenom vodostaju potpuno prestalo. Oko 12 sati počela je istjecati voda kroz pristupni tunel br. 2 (desno o sredine brane) pa se odmah počelo s mjerenjem protoka i mutnoće vode. Tog je dana istjecalo približno 320 l/s, a najviše, do 570 l/s, istjecalo je 3.



Poplavljeno rasklopno postrojenje

veljače, da bi istjecanje potpuno prestalo 12. veljače 1993. Na lijevom je boku na mjestima eksplozije izvedeno nadvišenje od 2 m iznad vodostaja u jezeru te okretište s odlagalištem materijala za hitne intervencije. Ukupno je na branu za potrebe sanacije dovezeno približno 3000 m³.

Prva je dramatična faza spašavanja brane završena nasipavanjem nakon nekoliko sati, a opasnost je znatno smanjena nakon što su radnici i vojnici otvorili temeljni ispušt

Kad se ustanovilo da je intervencija na lijevom kraju brane smanjila istjecanje vode, odustalo se od otvaranja regulacijskog zatvarača temeljnog ispusta miniranjem. Taj vrlo opasan zahvat zbog mogućega dodatnog miniranja obavili su radnici HE *Peruća* zajedno s pripadnicima Hrvatske vojske. Uspješno su osposobili uređaj za normalno otvaranje u 14 sati i 15 minuta toga istoga dramatičnog 29. siječnja 1993. Tada je počelo pražnjenje jezera protokom od 220 m³/s, pa se time svakodnevno smanjivala opasnost od većih oštećenja.

Ipak brana se i dalje temeljito promatrala s čestim obilascima po kruni, a i

pokosi su detaljno pregledavani zbog sumnje da su možda minirani. Potom se počelo s mjerenjima slijeganja na 19 profila postavljenih na kruni, mjerenjima strujanja vode na uzvodnom pokosu, a obavljena su i prva geotehnička istraživanja. Ipak 31. siječnja 1993. otvorio se krater na nasutom dijelu brane uz preliv (promjera 5 m i dubine 4 m) koji je vrlo brzo nasut. Također se 16. veljače 1993. otvorio krater na središnjoj nizvodnoj strani brane (promjera 10 m i dubine 8 m) koji je odmah popunjen materijalom iz kamenoloma, a 4. ožujka 1993. otvorila se kaverna na nizvodnom dijelu koja se prostirala do polovine krune brane (široka 5 m i duboka 10 m) koja se poslije i širila, ali je urušeni materijal smanjivao njezinu dubinu. Kako je tada vodostaj bio na koti 325,1 m n.v., a prirodno tlo na 330 m n.v., nije bilo bojazni od prodora vode pa se kavernu nije zatvaralo jer su se oko nje uočavale pukotine koje su upućivale na nestabilnost brane u tom dijelu i opasnost za pristup s mehanizacijom. Uostalom bila su uočena uleknuća i na uzvodnom pokosu.

Izbor rješenja i sanacija brane

Izostala temeljita istraživanja

Tehničke su se varijante sanacije brane trebale temeljiti na rezultatima opsežnih istraživanja radova koji su trebali točno odrediti mjesta i veličinu oštećenja po-

jedinih dijelova brane, a osobito glinene jezgre. Međutim zbog stalne opasnosti od neprijateljskih napada, od planiranih su istraživanja radova provedena samo opažanja slijeganja brane. Stoga su rješenja sanacija brane zasnovana na vizualnim pregledima i rezultatima promatranja ponašanja brane tijekom nekoliko dana nakon miniranja. Kao što je već rečeno, najveća su oštećenja bila uočena na lijevom kraju brane gdje je bila potpuno uništena prelivna građevina i gdje je voda kroz krater izravno otjecala u injekcijsku galeriju. Na uzvodnom je pokosu zamijećeno pomicanje kamenog materijala, a povremeno i virovi, a došlo je i do slijeganja središnjeg dijela te kratera na desnom kraju brane.

Provedena su stoga i geofizička ispitivanja od strane poduzeća za primijenjenu geofiziku *Moho* iz Zagreba radi utvrđivanja mjesta i razmjera oštećenja. Prema brzini uzdužnih seizmičkih valova bilo je moguće izdvojiti dijelove na kojima je brana jače oštećena, gornji dio u visini od 5 do 10 m, lijevi i desni kraj te središnji i najviši dio. Mjerenjem brzine strujanja vode na uzvodnom pokosu, što ga je proveo Institut za oceanografiju i ribarstvo iz Splita, te mjerenja protoka i mutnoće vode što je istjecalo iz pristupnog tunela galerije koje je proveo *IGH* iz Splita, zaključeno je da nije bilo snažnije unutrašnje erozije. Opažanja slijeganja brane na 19 profila provodio je Zavod za izmjeru zemljišta iz Splita od 29. siječnja 1993. do 10. veljače 1994., dakle 377 dana. Uočena su tri posebna razdoblja, prvo do 12. ožujka 1993. koje odgovara pražnjenju jezera kada su slijeganja gotovo na svim profilima bila najveća, potom razdoblje do 15. travnja 1993. kada je slijeganje znatno usporeno i kada je iznosilo 25 cm na godinu, točno onoliko koliko je iznosilo nakon izgradnje 1960., a potom je opet smanjeno na 3 cm na godinu. Na temelju svih istraživanja zaključeno je da je miniranje uzrokovalo oštećenja gornjeg dijela brane u visini od 5 do 10 m na cijeloj dužini brane te oštećenja na lijevom i desnom kraju u dužini od gotovo 80 m. Prema slijeganju je zaklju-



Kaverna na nizvodnom dijelu brane otvorena 4. ožujka 1993.

čeno da je struktura materijala ozbiljno narušena i da se brana nakon primarne nalazi u fazi sekundarne konsolidacije. Nizvodna potporna zona nije ozbiljno oštećena i može preuzeti funkciju nosivog dijela brane, ali je glinena jezgra toliko oštećena da bez sanacije ne može biti vododrživi element brane. Zaključeno je i da je injekcijska galerija potpuno uništena na lijevom kraju u dužini od 45 m, u središnjem do 30 m, a na desnom do 25 m, a da je na ostalim dijelovima manje oštećena. Desni potporni zid, pristupni most i pogonska zgrada preljeva zahtijevaju potpunu rekonstrukciju, a potrebno je zamijeniti zapornicu i pogonski mehanizam preljeva.

zona može preuzeti funkciju nosivog dijela brane. Valja nadalje u cijelosti obnoviti injekcijsku galeriju od pristupnog tunela na lijevom do pristupnog tunela na desnom kraju brane. Građevinski je dio preljeva potrebno obnoviti prema izvornom projektu, ali i potpuno zamijeniti hidromehaničku opremu. Nužno je promatrati ponašanje brane nakon sanacije, a zbog velike važnosti akumulacijskog jezera Peruća u hidroenergetskom sustavu, sanaciju treba što prije obaviti. Tijekom sanacije velike vodne valove treba evakuirati kroz temeljni ispušt i turbine hidroelektrane radi barem djelomičnoga energetskog iskorištavanja.



Izravni artiljerijski pogodak strojnarnice HE Peruća

Sanaciju je trebalo što prije obaviti, a velike vodne valove osim kroz temeljni ispušt ispuštati i kroz turbine radi barem djelomičnoga energetskog iskorištavanja

Prema ponašanju brane nakon miniranja i vizualnom pregledu postavljeno je nekoliko polaznih postavki za sanaciju. Na lijevom je kraju potrebno rekonstruirati jezgru brane, a na desnom kraju, s obzirom na malu visinu, potrebno je rekonstruirati branu u cijelom poprečnom presjeku. Također valja obnoviti i gornji dio brane u cijeloj dužini do visine od 5 do 10 m. Potrebno je nadalje sanirati jezgru u središnjem dijelu radi postizanja vododrživosti, a nizvodna potporna

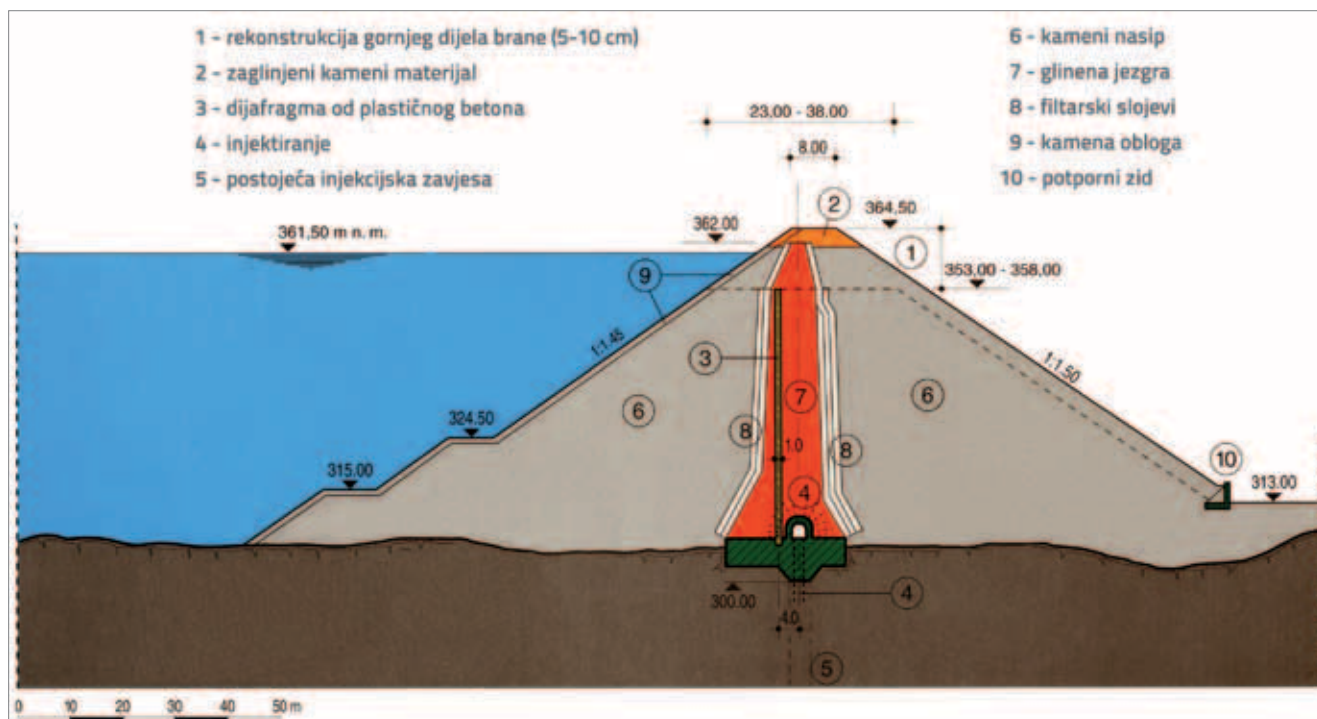
Izbor varijante sanacije

O mogućim varijantama sanacije razgovarali smo s prof. dr. sc. Josipom Rupčićem, predsjednikom Stručnog vijeća *Elektroprojekta* i voditeljem projekta sanacije koji je u vrijeme obnove brane *Peruća* još bio docent. Od njega smo doznali da je o varijantama sanacije odlučivao poseban Stručni kolegij od 12 članova kojemu je na čelu kao predsjednik bio Marin Vilović, dipl. ing. građ., tajnik Mijo Zec, dipl. ing. građ., iz *Hrvatske elektroprivrede*, a članovi Dalibor Bojanić, dipl. ing. građ., prof. dr. sc. Dobroslav Znidarčić, doc. dr. sc. Josip Rupčić, Zvonimir Sever, dipl. ing. građ., prof. dr. sc. Ervin Nonveiller, prof. dr. sc. Antun Szavits-Nossan, prof. dr. sc. Franjo Verič, prof. dr. sc. Petar Stojić, mr. sc. Zdravko Linarić i Zlatko Brščić, dipl. ing. građ. Varijante su bile međusobno vrlo različite pa su neki predlagali rekonstruk-

ciju jezgre brane u cijeloj dužini, što je zapravo značilo gradnju sasvim nove brane, a neki samo sanaciju jezgre brane klasičnim injektiranjem. Osnovne su bile četiri varijante, a u stvari je analizirano sedam varijanti jer su neke varijante imale podvarijante.

Prva je predviđala rekonstrukciju jezgrovnog dijela brane po cijeloj dužini, a varijante su bile glinena jezgra kao u izvornom projektu i jezgra od asfaltbetona. Druga je predviđala sanaciju jezgre brane u središnjem dijelu izvedbom dijafragme od plastičnog betona te zamjenu jezgrovnog dijela na lijevom i rekonstrukciju cijelog poprečnog presjeka desnog kraja brane prema izvornom projektu. Treća je varijanta predviđala istu obnovu lijevog i desnog kraja, ali i klasično injektiranje glinene jezgre. U četvrtoj je varijanti bila predviđena izvedba uzvodnog ekrana kao vododrživog elementa brane, zamjenu jezgre na lijevom kraju i rekonstrukciju cijeloga poprečnog presjeka na desnom kraju kamenim materijalom. Ta je varijanta imala i tri podvarijante koje su se odnosile na materijal uzvodnog ekrana: armiranobetonski ekran, glinu i PEHD foliju.

Usporedba je varijanti provedena kvantitativnom i kvalitativnom analizom. Određen je najprije doprinos akumulacijskog jezera proizvodnji električne energije kroz 50 godina na nizvodnim elektranama i od tog su iznosa od 153,9 milijuna dolara oduzeti troškovi sanacije brane za pojedine varijante. Za svaku su varijantu i podvarijantu izračunani građevinski troškovi, vrijeme sanacije, interkalarnе kamate, vrijednost izgubljene energije te omjeri troškova i koristi. Prema tome je najpovoljnija bila varijanta 3 u kojoj se središnja glinena jezgra trebala sanirati klasičnim injektiranjem. Pritom su kao nepovoljne isključene varijante 1a i 1b, izvedba kompletne glinene jezgre ili jezgre od asfaltbetona, te 4b, uzvodni ekran od gline, ponajprije zbog dugotrajne sanacije i u skladu s tim visokih troškova. Slijedila je kvalitativna analiza varijanti 2 i 3 te 1a i 4c, a razmatrane su karakteristike pojedinih rješenja u odnosu na

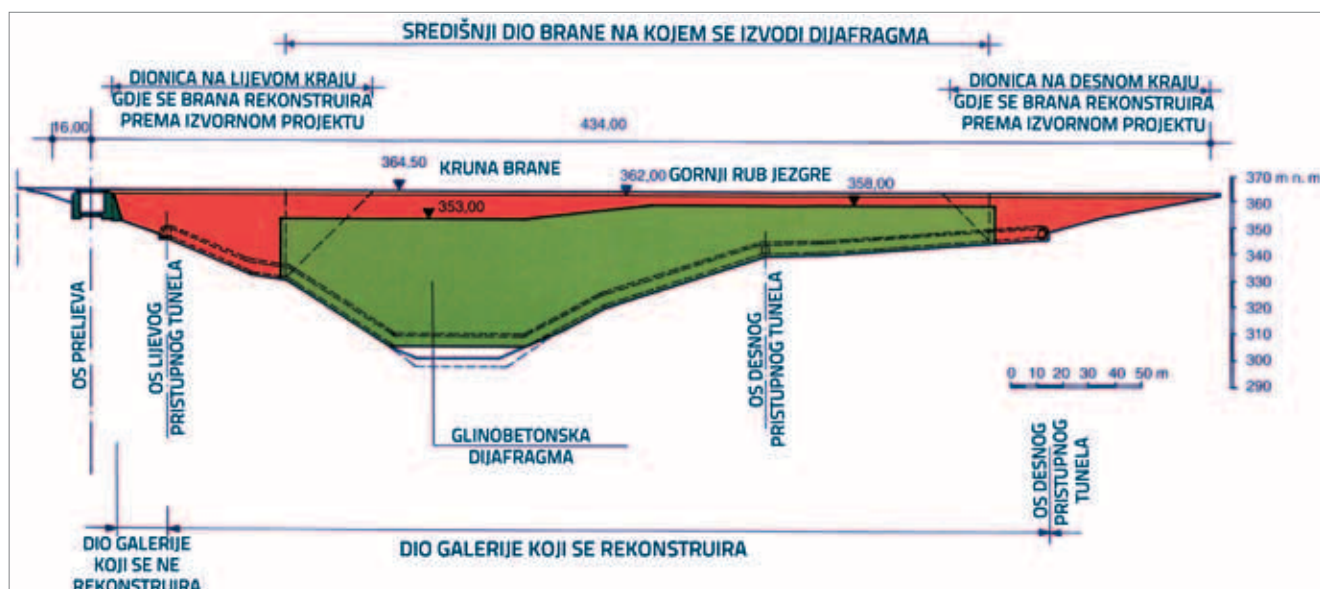


Karakteristični poprečni presjek prihvaćenog rješenja sanacije brane

pouzdanost, složenost građevinskih radova, mogućnost naknadne intervencije radi popravka i mogućnost energetskog iskorištavanja. Prema tim se kriterijima najboljom pokazala varijanta 2 koja je bila vrlo povoljna i u kvantitativnoj analizi. Tehnologija izvedbe nije previše složena, a domaći izvođači imaju u tome odgovarajuća iskustva, naknadne su intervencije moguće iz obnovljene injek-

cijske galerije, a moguće je i iskorištavanje akumulacijskog jezera do kote 330 m n.v., uz uvjet da se prethodno obnovi injekcijska galerija. Pouzdanost je rješenja varijante 3 manja s obzirom na to da bi opsežnim istražnim radovima bilo teško registrirati sva oštećenja jezgre, pa bi zbog toga bilo potrebno pomno praćenje brane, posebno u odnosu na vododrživost, a velika je i vjerojatnost

naknadnih intervencija. Najmanja je pouzdanost rješenja sanacije uzvodnim ekranima, posebno zbog izvedbe kose injekcijske zavjese koja se izvodi injektiranjem u stijeni u zoni bivšeg zagata, pa stoga postoji mogućnost procjeđivanja kroz zavjesu, ali i potreba za bespriječnom drenažom. Za daljnju je razradu projektne dokumentacije kao najpovoljnije rješenje



Uzdužni presjek brane s rješenjem rekonstrukcije dijafragmom od plastičnog betona

odabrana sanacija dijafragmom od plastičnog betona te sanacija gornjega, lijevog i desnog kraja brane prema izvornom projektu. To rješenje omogućuje kvalitetnu izvedbu vododrživog dijela brane i ne zahtijeva posebne istražne radove. Ujedno su svi predviđeni građevinski radovi istodobno bili i detaljni istražni radovi, a nužna je bila i predviđena sanacija gornjeg i krajnjih dijelova brane jer je bila narušena njihova struktura.

Kao najpovoljnija odabrana je dijafragma od plastičnog betona i obnova gornjega, lijevog i desnog kraja jer je omogućavala kvalitetnu izvedbu vododrživog dijela brane

Rekonstrukcija injekcijske galerije predstavljala je iznimno težak i složen građevinski zahvat, jer se očekivalo da će biti potrebno potpuno obnoviti uništenih približno 100 m (27 %) galerije, međutim pokazalo da je galerija bila potpuno uništena na dužini od 186 m (51 %), a na preostalih 179 m bilo ju je potrebno sanirati čeličnim lukovima, slojem dvostruko armiranoga mlaznog betona i injektiranjem iza raspucane betonske obloge. Jezgra je brane na najvećem dijelu (59 %) sanirana izvedbom dijafragme od plastičnog betona, a ispravnost je takvog rješenja potvrđena injektiranjem jezgre na mjestima gdje se izvodila dijafragma radi zapunjavanja pukotina i šupljina nastalih miniranjem. Oštećenja su bila vrlo neujednačena i po dužini i po visini, a odstupanja između dvije bušotine, udaljene 1,4 m, znala su biti i do 437 l injekcijske suspenzije ili 150 kg suhe tvari po metru bušotine, dok su mjestimice na nekim dionicama u istoj bušotini znala dostizati i do 2300 l, ili 811 kg suhe tvari. Dijafragma se kao kontinuirano vododrživi element pokazala vrlo pouzdanom, što potvrđuje i činjenica da je procjedna količina vode u galeriji tek 0,3 l/s, odnosno čak 60 puta manja u odnosu na procjeđivanje prije miniranja i sanacije brane.

Zanimanje u svijetu

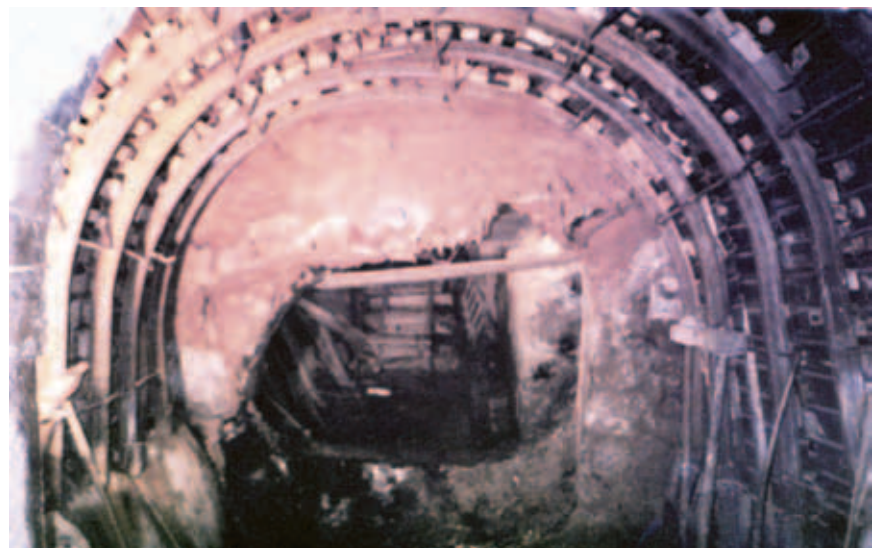
Prof. Rupčić je bio i sad je vrlo ponosan što se je upravo njegova ideja s dijafragmom od plastičnog betona pri analizi varijanti pokazala i s kvalitativnog i s kvantitativnog aspekta najpovoljnijom i što se dosad, tijekom proteklih dvadeset godina to rješenje pokazalo vrlo uspješnim, a za njega je dobio i priznanja od kolega u svijetu. Naime za sanaciju brane Peruća vladalo je i u svijetu veliko zanimanje pa je rješenje, zajedno s projektantom ing. Severom, prikazano i na tri međunarodna znanstvenostručna skupa: *Radionici za procjenu sigurnosti brana* u Grindelwaldu u Švicarskoj (26.-28. travnja 1993.), na IV. međunarodnoj konferenciji *Povećanje i obnova hidroelektrana* u Firenci (13.-15. prosinca 1993.) te na 18. kongresu za velike brane u Durbanu u Južnoafričkoj Republici (7.-11. studenoga 1994.). U Grindelwaldu su predstavljani razmjeri oštećenja brane, u Firenci varijante rješenja sanacije, a u Durbanu cjelovito rješenje.

Zapravo su bili pomalo iznenađeni tolikim zanimanjem kolega, ali to je i razumljivo jer se ne događa često da se mora sanirati neka minirana brana. No bilo im je i veliko priznanje jer se Hrvatsko društvo za velike brane tek bilo izdvojilo iz zajedničkoga jugoslavenskoga društva te primljeno u ICOLD (Međunarodnu komisiju za velike brane) koja ima

sjedište u Parizu i okuplja više od 90 nacionalnih udruženja te više od 10.000 individualnih članova.

Inače upravo je u vezi s branom Peruća imao i prve međunarodne kontakte i nakon primanja u ICOLD u rujnu 1992. u Granadi, gdje je o stanju na brani informirao predsjednika dr. ing. Wofganga Pirchera. Predsjednik Pircher je informirao austrijskog ministra vanjskih poslova Aloisa Mocka koji je informaciju prenio generalnom sekretaru Ujedinjenih naroda Butros Butros-Ghaliju. Radi utvrđivanja stvarnog stanja i opasnosti od rušenja brane generalni je sekretar uputio na branu jednoga irskog stručnjaka da ispita stanje sigurnost brane u razgovorima s hrvatskom i srpskom stranom.

Prof. Rupčić je u ime hrvatske strane obrazložio osnovni uvjet sigurnosti brane, a to je potpuno otvorena zapornica preljeva kako bi se vodni val bilo kojeg povratnog razdoblja mogao sigurno i bez opasnosti evakuirati u korito Cetine. U suprotnom bi se umjesto preko preljeva prelio preko krune brane i uzrokovao prolom odnosno rušenje. Ujedno je to bila i prigoda da se neslužbeno informira i je li brana stvarno minirana. Na to je pitanje UN-ov stručnjak indirektno potvrdno odgovorio jer je rekao da se po brani i oko brane kretao u pratnji dva srpska vojnika strogo određenom rutom.



Rekonstrukcija uništene kontrolne injekcijske galerije

Izvedbeni projekt i organizacija gradilišta

Poslije smo razgovarali i s projektantom Zvonimirom Severom, dipl. ing. građ., također iz *Elektroprojekta* d.d. koji nam je rekao da je izrada glavnog projekta počela u lipnju 1993. nakon usvajanja tehničkog rješenja sanacije. Od njega smo doznali da je za sve sudionike u obnovi brane Peruća to bio velik izazov jer onda u svijetu i nije bilo nikakvih iskustava u sanaciji takvih građevina oštećenih ratnim zbivanjima. Projekt je ujedno usklađen s najsuvremenijom inženjerskom praksom i novim propisima kojih vjerojatno i nije bilo kada se brana gradila. Tako je zbog provjere seizmičke stabilnosti brane i mogućnosti evakuacije vodnog vala za 10.000 godišnje povratno razdoblje brana u odnosu na izvornu povišena za 2 m, do 365 m n.v. Time je ujedno povećan i maksimalni radni vodostaj i povišeno akumulacijsko jezero za 24 milijuna m³ vode, odnosno za 4 % u odnosu na prvotno jezero. Zbog toga je radi zadržavanja geometrije i postojeće širine krune brane bilo potrebno s nizvodne strane nasuti još otprilike 80.000 m³ materijala, ali i izgraditi potporni zid u nizvodnoj nožici brane kako bi se nizvodni pokos brane odvojio od rasklopnog postrojenja HE *Peruća*. Odabrano je rješenje tijekom izvedbe potvrdilo svoju tehničku ispravnost, posebno i stoga što je hidroelektrana cijelo vrijeme sanacije proizvodila električnu struju pa su time uvelike smanjeni, ako ne i potpuno namireni troškovi sanacije. Inače i na projektiranje i na

izvođenje radova utjecale su prijetnje srpskih postrojbi koje su u više navrata pucali na gradilište, jednom na pun autobus radnika, a jednom i na strojarnicu, ali ipak nitko nije stradao.

Obnova je bila velik izazov jer u svijetu nema iskustava u sanaciji takvih ratom oštećenih građevina, a projekt je usklađen i sa suvremenom inženjerskom praksom

Stoga su u početku bili i najprikladniji radovi na sanaciji injekcijske galerije koja je obnovljena do kraja 1994. Tada je i prestala opasnost od srpskih napada jer ih je jedna gardijska postrojba potisnula prema Kninu, a nedugo je potom zaključeno i primirje.

Glavni je nadzorni inženjer na gradilištu bio sada već pokojni Mijo Zec, dipl. ing. građ. iz *HEP inženjeringa* iz Splita. Iz njegova teksta o organizaciji građenja i izvođenju radova, objavljenog u već spominjanom zborniku radova, čitamo da je sanacija brane Peruća bila građevinski vrlo zanimljiva jer su se morali rješavati složeni tehnički i organizacijski problemi. Posebno se to odnosilo na kratke rokove zbog potrebe za električnom energijom, nemogućnosti logičnog razvijanja cijeloga projekta kroz istraživanje, projektiranje i gradnju, povezivanje velikog broja raznovrsnih aktivnosti u skućenim vremenskim i prostornim okvirima, usklađivanje

kvalitete s obzirom na građenje, količinu ugrađenog materija i vremenske neprilike te nužnost istodobnog rada na sanaciji brane i iskorištavanju akumulacijskog jezera, ali i stalne opasnosti od ratnih djelovanja.

Priložena je i organizacijska shema sanacije iz koje doznajemo da je reviziju projekta obavio Građevinski fakultet iz Zagreba koji je bio uključen i u kontrolna ispitivanja plastičnog betona za dijafragmu. U ispitivanja su bili uključeni i *Geokon* iz Zagreba koji je obavljao nadzor nad istražnim radovima, iskopima i nasipavanju te kontrolna ispitivanja nasutih materijala. Geodetski zavod iz Splita izradio je geodetske podloge i iskolčenja te pratio ugradnju, *Interconsul-Intergeo* iz Zagreba geofizičko ispitivanje integriteta dijafragme, a *Ekoner* kontrolu izvođenja i ugradnju opreme preljeva.

Sanacijski radovi

Glavni su izvođači bili *Geotehnika* iz Zagreba za istražne radove, konsolidacijsko injektiranje, kontaktno i vezno injektiranje te injekcijsku zavjesu na bokovima (voditelj radova: Ante Barać, ing. geoteh.), a kontrolna je ispitivanja injekcijske smjese obavljao *Geoexpert IGM*. Glavni je izvođač građevinskih radova bio *Konstruktor-inženjering* iz Splita koji je obnavljao injekcijsku galeriju, gradio potporni zid na nizvodnoj nožici brane i potporni zid oko kućice pomoćnog zadržavača, uklanjao i mijenjao tijelo brane te izgradio novu preljevnu građevinu, a voditelji su radova bili Ivo Ozretić, dipl. ing. građ., Božo Borzić, građ. teh. i Mi-



Injekcijska galerija nakon završenog iskopa



Izvođenje glinenobetonske dijafragme



Ugradnja kamenog materijala u nizvodnu potpornu zonu brane



Obnovljeni lijevi dio brane

Ilan Radeljak, dipl. ing. građ., a tekuća je ispitivanja obavljao *IGH* iz Splita. Jedan od najsloženijih zahvata bio je izvedba dijafragme od plastičnog betona koju je izveo *joint venture Geotehnika-Bauer* o kojima će poslije biti više govora. Na uređenje riječnog korita radila je *Cetina* iz Sinja, dok je *MAN GmbH* isporučio hidrotehničku opremu preljeva, a *Sissgeo* instrumente za tehničko promatranje. Priloženi su i terminski planovi iz kojih zaključujemo da su granate po gradilištu padale četiri puta, jednom na kraju kolovoza 1993. te dvaput u veljači i još jednom u ožujku 1994. Sanacija je injekcijske galerije obavljena od početka kolovoza 1993., a završena krajem studenoga 1994. Ugradnja je materijala u tijelo brane trajala od početka kolovoza do sredine prosinca 1994. i od kraja ožujka do sredine kolovoza 1995. Preljevna je građevina izgrađena od sredine travnja do kraja listopada 1995. Je-

dan od složenijih zahvata bio je pronađenje glinenog materijala za sanaciju jezgre. U blizini nije bilo dovoljnih količina odgovarajućeg materijala i zahtjevanih fizičko-mehaničkih svojstava. Tek ih je lokalno stanovništvo uputilo na lokaciju Zorica, udaljenu desetak kilometara u pravcu Sinja, gdje je bilo dovoljnih količina gline zadovoljavajuće kvalitete. Dijafragmu od plastičnog betona po kojoj se odabrano rješenje razlikovalo od svih ostalih, izvelo je zajedničko poduzeće koje su utemeljili *Geotehnika* iz Zagreba i *Bauer* iz Schrobenhausena u Bavarskoj. Voditelji su građenja bili ing. Rudolf Henning i Branko Bosančić, dipl. ing. građ., koji nas je u jednom razgovoru i potaknuo da obilježimo sanaciju Peruće kao velik i značajan jubilej našeg građevinarstva. Dijafragma u glinenoj jezgri duga je 261,15 m i sastoji se od po 28 primarnih i sekundarnih panela dugih 7 m i 2,8 m. Dubina je dijafra-

gme varirala od 12,9 m na desnom kraju do 51,5 m na središnjem dijelu, a ukupna je površina 8505 m².

Jedan je prostorni metar plastičnog betona sadržavao 112 kg cementa, 35,6 kg bentonita, 102 kg kamenog brašna, 1527 kg kamenog agregata (promjer 0 – 4 mm) i 337 l vode. Taj je sastav betona osiguravao mehaničke karakteristike betona zahtjevane projektom, a to su: tlačna čvrstoća nakon 28 dana mora biti veća od 1 MPa, Yuongov modul elastičnosti ne smije biti veći od 400 MPa, a koeficijent vodopropusnosti ne smije biti veći od 10⁻⁸ m/s. Rov je za dijafragmu iskopan s grablicom i posebnim hidrauličkim rezačem BC-30 u vlasništvu tvrtke *Bauer* koji je imao prosječan učinak od 22 do 30 m³/h u glini odnosno 5 do m³/h u stijeni i betonu. Prosječni je učinak ugradnje betona iznosio 36 m³/h, a dijafragma je izvedena od rujna 1994. do siječnja 1995.



Graditelji izvorne brane na svečanosti otvaranja obnovljene brane



HE Peruća nakon obnove brane

Uspjeli smo doznati, a to nam je otkrio ing. Vilović, da su mnogi živi sudionici gradnje izvorne brane i hidroelektrane *Peruća*, poput Veljka Kuzmanića, dipl. ing. građ., Borisa Pavlina, dipl. ing. građ. i Krunoslava Begovića, dipl. ing. el., bili pozvani na svečano otvorenje obnovljene brane u rujnu 1995. godine. Valja još dodati da je od 2002. do 2008. na HE *Perući* izvedena rekonstrukcija u kojoj su ugrađena dva nova agregata od po 30 MW.

Zašto brana nije srušena?

Za kraj bi trebalo ponešto reći i o tome zašto brana unatoč stručnom miniranju ipak nije srušena i tko je zaslužan što nisu stradale tisuće stanovnika nizvodno od brane i kako je izbjegnuta golema materijalna šteta.

Uloga časnika Gray

Svi se slažu da je presudna bila činjenica što je bila otvorena zapornica preljeva i što je razina vode u akumulacijskom jezeru bila 5 m niža od najviše moguće. Za spuštanje je zaslužan sada umirovljeni pukovnik britanskih kraljevskih marinceca Mark Nicholas Gray koji je 1992. kao vojni promatrač UNPROFOR-a bio smješten u Košutama. Za svoj je nesebičan čin, koji je inače časnicima UNPROFOR-a bio strogo zabranjen, već od kraljice Elizabete II 2002. odlikovan Redom Britanskog Carstva MBE (Member of the Order of the British Empire), a upravo ga je na obilježavanje 20. obljetnice operacije *Peruća* predsjednik Republike Ivo Josipović odlikovao odličjem Reda Kneza Domagoja s ogrlicom. Pukovnik je Gray u razgovoru za *Slobodnu Dalmaciju* pojasnio kako se sve to zbilo.

Rušenje je spriječila smanjena razina vode u akumulacijskom jezeru, a zapornicu je spustio sadašnji britanski umirovljeni pukovnik Mark Nicholas Gray

Odmah po dolasku u Sinjsku krajinu u srpnju 1992., nakon što je otvorio UNPROFOR-ov ured, odmah je stupio

u kontakt sa 126. sinjskom brigadom odnosno s časnikom za vezu Vlatkom Bandalom koji je mladoga britanskog časnika povezao s ondašnjim i današnjim direktorom HE *Peruća* Josipom Joškom Macanom. Direktor je časniku UNPROFOR-a smjesta objasnio svoju zabrinutost da je brana minirana, što je već Mladić i javno govorio. Usput mu je objasnio koliko bi srušena brana mogla nanijeti nevolje za više od 20.000 stanovnika koji žive uzvodno. Gray nije baš previše vjerovao zabrinutom direktoru, ali se tijekom posjeta brani i sam uvjerio da je razina vode previsoka i da to također može ugroziti branu. Stoga je tražio od srpskih vojnika da otvore preljeve, što su oni odlučno odbijali.



Časnik Mark Nicholas Gray dok je još bio u aktivnoj službi

Kada je još jednom uzaludno pokušavao nagovoriti vojnike da spuste zapornicu, odlučio se to bez ikakvog pitanja sam učiniti, a direktor ga je Macan poučio kako se to radi jer zbog nedostatka struje hidraulika nije radila. Skinuo je osigurač i otvorio tzv. klapne i voda je potekla u Cetinu. Srbi su bijesnili i prijetili, ali se nisu osudili ponovno zatvoriti preljeve jer bi im mehanizam vjerojatno polomio ruke. Međutim sutradan je ponovno našao zatvorenu zapornicu, objasnili su mu da su je punih sedam sati ručno zatvarali. Opet je ne govoreći ništa prišao meha-

nizmu i izvukao osigurač, a zapornica se poslije više nije zatvarala.

Kako su Srbi u kolovozu napustili branu, zapornica je cijelo vrijeme ostala otvorena. Inače s kenijskim je bataljunom Gray imao znatnih problema, čak više nego s Srbima. Ipak svoje je posjete brani iskoristio da s kolegom Carlosom Maasom, inženjerom iz Čilea uključenim u UNPROFOR, provjeri je li brana zaista minirana. Polomili su lokot na ulaznim vratima galerije i ušli vrlo oprezno u strahu od mina iznenađenja. Hodali su vrlo pažljivo jer su se bojali mogućih detonatora osjetljivih na svjetlost. Carlos je upotrijebio crveno baterijsko svjetlo i u mraku su uspjeli prebrojati 17-18 drvenih kutija na kojima je žutom bojom na ćirilici pisalo "Udar".

To je zapravo prva stvarna potvrda činjenice da je upotrijebljen poseban dvostrukopanjski eksploziv koji je JNA razvila zajedno s Irakom, a taj se eksploziv s paljenjem samo rasprši po prostoru i tek nakon toga eksplodira pa je mnogo razorniji od klasičnog eksploziva jer djeluje u svim pravcima. To objašnjava i činjenicu da se ponegdje govorilo i o samo 15 tona eksploziva jer je djelovanje *Udara* mnogo ubojitije.

Časnik Gray je vrlo brzo napustio Košute i otišao u Knin gdje ga je zatekla i akcija Maslenica. Potom je otputovao u Veliku Britaniju jer je njegova misija bila završena. Za miniranje je Peruće doznao u televizijskim vijestima. Ipak dva dana poslije bio je ponovno na miniranoj brani jer ga je s brane nazvao Bryan Sparrow, ambasador Ujedinjenog Kraljevstva u Hrvatskoj kojemu je časnik Bandalo dao broj telefona. Poziv je podržalo i Ministarstvo obrane pa je Gray kao savjestan vojnik ponovno osvanuo na miniranoj brani.

Upitan smisao međunarodnih misija

Hrabri i odlučni časnik Mark Nicholas Gray zaslužuje punu zahvalnost za ono što je učinio i na što je vjerojatno bio više potaknut humanizmom i mogućim nesagledivim posljedicama, negoli željom da pomogne jednoj od strana u sukobu. To što je poslije bio na brani i kada su Srbi otišli, upućuje na to da je

mogao bez ikakvih problema spustiti zapornicu, da kojim slučajem to nije prije učinio. Tada vjerojatno ne bi bila ništa manja njegova humana gesta, ali za nju vjerojatno nitko ne bi znao. No činjenica da su on i mnogi drugi znali da je brana minirana govori mnogo i o smislu takvih međunarodnih misija kao što je bio UNPROFOR. Umjesto da uklone eksploziv i otklone veliku potencijalnu katastrofu, ispada da su ga međunarodni mirotvorci zapravo "čuvali" kako bi ga srpske paravojne postrojbe kad to pozele lakše aktivirale.

Kada se govori o junacima i trenucima vezanim uz miniranje brane Peruća, vjerojatno ne bi trebalo preskočiti ni zaboraviti umirovljenog pukovnika Zdravka Škarpu, zapovjednika 126. sinjske brigade koji je u jednom naletu oslobodio branu i okolicu, koristeći činjenicu da su se srpski vojnici bili povukli kako ne bi stradali u eksploziji. Uostalom Škarpa je nedugo potom i smijenjen. Ne bi trebalo zaboraviti ni hrabre vojnike i djelatnike HE *Peruće* koji su unatoč mogućoj pogibelji uspjeli otvoriti temeljni ispušni. Ali dakako ni sve one koji su u nekoliko sati uspjeli provizorno sanirati oštećenja i spriječili urušavanje brane.

Uz miniranje brane vezane su i prognoze koliko bi ljudi stradalo da je brana bila srušena. Neki tvrde da bi stradalo ukupno stanovništvo sve do Trilja, a neki govore kako bi stradao i Omiš, što znači da bi se urušile sve nizvodne brane. Valja reći da je još prije Domovinskog rata za sve brane u bivšoj



Pogled na HE *Peruća* s rekonstruiranom branom i obnovljenom strojaricom

Jugoslaviji bila naređena izrada fizikalnih modela koji bi simulirala zbivanja u slučaju rušenja brane. Takav je model napravljen i za Peruću, na Cetini nekoliko stotina metara nizvodno od brane, a prema tom bi modelu vodostaj u Omišu bio 30 cm.

Neuspjelo rušenje brane Peruća nije jedini takav slučaj u ratnim zbivanjima, ali to je bio pravi teroristički čin za koji dosad nitko nije odgovarao

Ing. Sever nas je upozorio na činjenicu da brana Peruća nije jedina brana minirana u ratnim zbivanjima. Pritom se pozvao na Churchillove memoare i brane Eder, Möhne i Sorpe koje su 16. i 17. svibnja 1943. u Ruhru u Njemačkoj

srušene i oštećene tzv. odsakajućim bombama. Rušenje je tih brana izazvalo katastrofalne poplave, ali s obzirom na ravnicu nije ugrozilo ljudske živote. Neuspjelo je rušenje brane Peruća bilo međutim pravi teroristički čin za koji nitko nije odgovarao, a odluka je donesena na najvišem političkom vrhu u Beogradu.

Umjesto zaključka

Valja reći da će za nas spašavanje brane Peruća uvijek ostati ponos naših graditelja i da će biti podsjećanje na jednu brzo izvedenu i prisebnu akciju te uspješnu sanaciju.

Izvor (za slike i tekst): Vilović, M. (ur.): Međunarodna konferencija *Sanacija brane Peruća* (zbornik radova), Brella, 20.-23. rujna 1995.

DAMAGE AND REHABILITATION OF PERUĆA DAM

Two full decades have elapsed since the Peruća dam was damaged by blasting, which could have resulted in the biggest crime to have been experienced in the Homeland War. The dam was damaged at the end of the Maslenica military operation, through activation of the explosive that had been placed there in advance. However, the earth-fill dam did not collapse primarily thanks to the fact that the overflow gate was lowered, and that the water storage reservoir was not full. A day after the military operations, the repair team arrived at the dam site and took all actions that were necessary to prevent collapse. All visible damage points at the left and right-hand side of the dam were backfilled, and the bottom outlet was successfully opened to enable emptying

of the storage reservoir. This was followed by determination of the scope of damage and preparation of design documents for rehabilitation. After thorough study of a number of alternative solutions, the alternative involving remedy of the grouting gallery, and repair of the side and top parts of the dam, was selected as the most favourable solution, and the plastic concrete diaphragm wall was built into the clay core so as to improve watertightness properties of the dam. The rehabilitation work on this dam, which is the key facility in the water management system of the Cetina River, was completed in late 1995 and the dam was then put into operation. It is interesting to note that the Peruća Dam is the world's first dam to have been built in a karst region.