

## HE LEŠĆE – PRVA HIDROELEKTRANA U SAMOSTALNOJ HRVATSKOJ

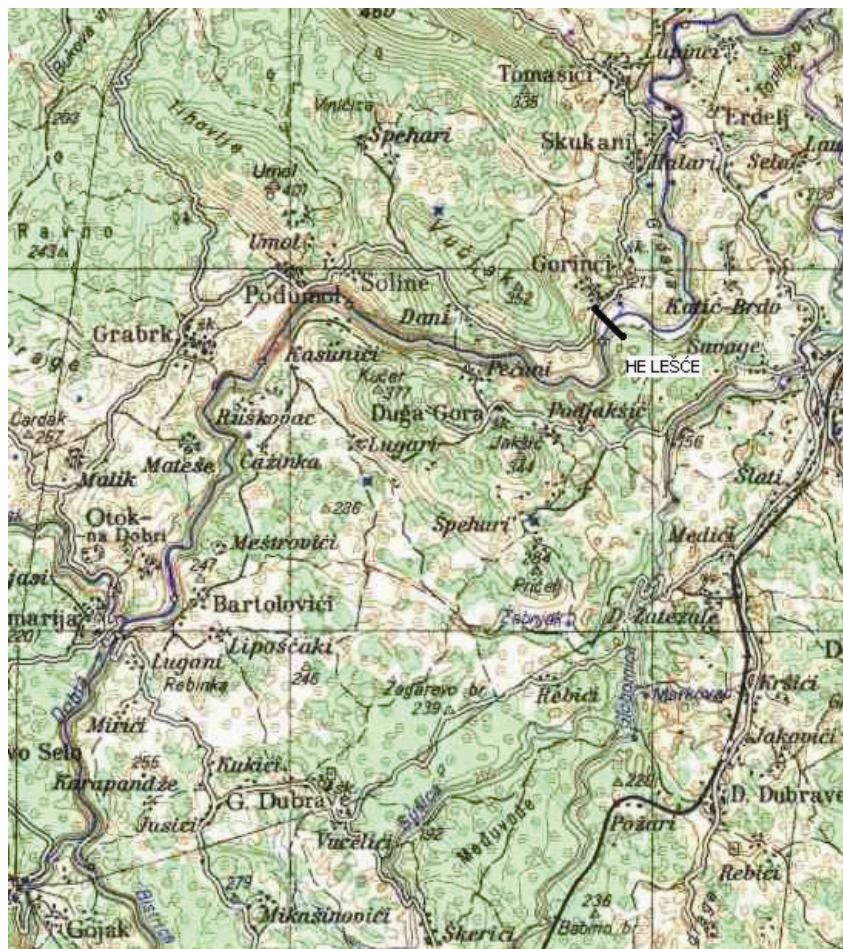
### Uvod

Hidroelektrana *Lešće* gradi se na rijeci Dobra nedaleko Toplica Lešće, a dijelovi njezinih građevina i akumulacije prostirat će se na području dviju općina i jednoga grada – Generalskog Stola, Bosiljeva i Ogulina. To je ujedno prva hidroelektrana koja se gradi u samostalnoj Hrvatskoj.

Rijeka Dobra na kojoj se gradi hidroelektrana najdulja je naša ponornica, a njezin se tok može podijeliti u tri dijela. Prvi se naziva Ogulinska Dobra i nastaje spajanjem u Gorskom kotaru u blizini Skrada te završava u Đulinu ponoru u Ogulinu. Drugi je

### LEŠĆE HEPP - THE FIRST HYDROPOWER PLANT IN INDEPENDENT CROATIA

The first hydroelectric power plant in independent Croatia is currently under construction on the Gojačka Dobra near Generalski stol. The installed capacity of the future plant is 42.29 MW and, according to current plans, it is to operate during daily peak load intervals only. The concrete gravity dam is 52.5 m in height, and it will create a lake 12.61 km in length, with the storage area of 146 ha. The powerhouse is now under construction near the dam site. It has two vertical Francis turbines and one biological-minimum turbine. To enable the dam and powerhouse construction, the riverbed was fenced off both upstream and downstream, and the bypass tunnel was built on the right-side river bank. The works are advancing well, so that about 50 percent of construction work has been completed so far. The builders believe that all works, including equipment installation, will be completed by the end of 2008 and that the test operation will start in 2009. Thus the hydropower plant is expected to be included in the national electricity system in 2010. This will be the first Croatian hydropower plant without permanent crew. In fact, it will be operated from the nearby Gojak HEPP, located more upstream on the same river.



Zemljovid gornjeg toka Gojačke Dobre s oznakom mjesta HE Lešće

dio podzemni i teče kroz spiljski sustav Đulin ponor-Medvedica (s duljinom od 16.396 m među najduljima u Hrvatskoj), a izvire sjeveroistočno od Ogulina kod sela Gojak. Treći teče pod imenom Gojačka Dobra do utoka u Kupu kod sela Mahično nadomak Karlovca i dug je 51,6 km. Hidroelektrana se gradi na Gojačkoj Dobri, na dijelu strmog toka od Gojaka do sela Gorinci koji je među ljubiteljima *raftinga* bio na velikoj cijeni.

Priča o Gojačkoj Dobri ili Donjoj Dobri i iskorištavanju njezina vodnog potencijala nije ipak jednostavna. Izgradnjom HE *Gojak* 1959. vode su Ogulinske Dobre ukroćene akumulacijom Bukovnik, a istodobno su vode najizdašnije pritoke Zagorske Mrežnice zahvaćene akumulacijom Sabljaki. Voda se iz obje akumulacije tlačnim cjevovodom dovodi do strojarnice HE *Gojak* i potom ispušta neposredno nakon izvora u Gojačku Dobru, a dio Ogulinske Dobre i dalje završava u Đulinu ponoru. Time je ta rijeka na neki način postala "umjetni vodotok" jer je tvore vode iz HE *Gojak* i preljevne

vode akumulacije Bukovnik. Stoga su i uzbuđenja na slavnom *raftingu*, koji se između ostalog spominjao i u glasnim prigovorima ekoloških udruga, zapravo ovisila o količini vode koju ispušta HE *Gojak*.

HE *Lešće* će pregraditi rijeku i stvoriti akumulaciju na odsjeku 51+470 do 38+860 rkm, dakle u duljini 12,61 km, od strojarnice HE *Gojak* do brane HE *Lešće*. Na tom je dijelu riječni pad 42,9 m, a rijeka je usječena u duboko kraško korito strmih i nepriступačnih obala jednolike dubine od približno 80 m. Dobra na tom prostoru prima i dva pritoka, desni potok Bistrac pokraj sela *Gojak*, nedaleko strojarnice hidroelektrane, i lijevi prtok potok *Ribnik* kod *Trošmarije*.

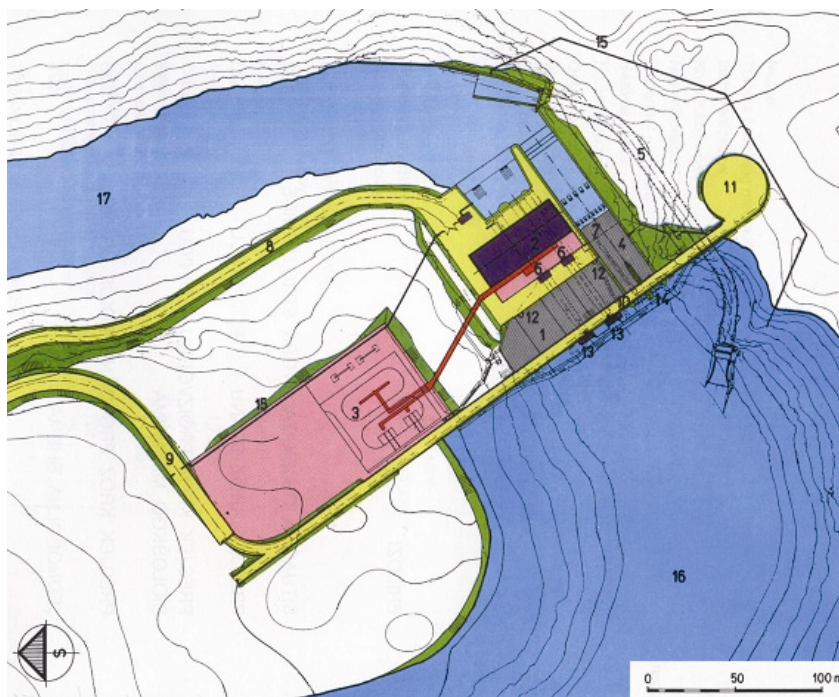
Brana, strojarnica i rasklopno postrojenje nalazit će se u općini *Bosiljevo*, kilometar uzvodno od sela *Gorinci* i 3 kilometra od lokalne ceste što od *Toplica Lešće* vodi do *Grabrka*. Inače je od *Toplica Lešće* (poznatih po toploj vodi još iz rimskih vremena i po perivoju iz doba Napoleona) do odvojka za branu rekonstruirana lokalna cesta *Toplice Lešće – Gorinci*. Naselje *Lešće na Dobri*, koje se nalazi u općini *Generalski Stol*, danas zapravo i ne postoji, ali se crkvena župa još naziva *Sv. Juraj Lešće na Dobri* i ima sjedište u selu *Gorinci*. Čini se da osnova imena naselja, po kojem se nazivaju i *toplice* i nova hidroelektrana, ne potječe, kako bi se moglo pomisliti, od staroslavenske riječi *les* (u značenju drvo), nego prema kroničaru ovih krajeva *Radoslavu Lopašiću* od riječi *iliš* ili *jeliš*, vrsti negdašnjih feudalnih davanja ovdašnjih kmetova.

HE *Lešće* neće nepovoljno djelovati na okoliš niti s gospodarskoga, prostornoga ni ekološkog gledišta. Hidroelektrana će biti vrijedan doprinos hrvatskome elektroenergetskom sustavu jer će proizvoditi energiju u trenucima vršne potrošnje kada je ona i najpotrebnija. Ujedno to će biti prva hrvatska hidroelektrana bez stalne posade i prva s kojom će se upravljati daljinski – iz HE *Gojak*.

## Pripreme za gradnju

O iskorištavanju hidroenergetskog potencijala *Gojačke Dobre*, značajke koje su visoke proljetne i jesenske vode, s maksimumima u studenom (45,1 m<sup>3</sup>/s), prosincu i ožujku (44,3 m<sup>3</sup>/s), s prosječnim godišnjim protokom 32,3 m<sup>3</sup>/s, mnogo se i dugo raspravljalo. Posebno i stoga što je njezino korito stabilno i bez ponora iako s više zaostalih pragova od mlinica. Čak su i izrade studija i projekta

je stube jednakih veličina i druga jednu energetske stubu. Sve su se te varijante temeljito razmatrale i proučavale. Prema prvoj varijanti prva bi hidroelektrana imala branu u *Podumolu*, a druga u *Halarima*, prema drugoj prva u *Matešama*, a druga također u *Halarima* (od kojih bi prva bila lučna brana, a druga gravitacijska). Treća je varijanta predviđala jednu hidroelektranu približno na mjestu gdje se sada gradi, a razmatrano je derivacijsko i pribransko rješenje.



Situacija građevina HE *Lešće* (1. – brana, 2. – strojarnica, 3. – rasklopno postrojenje, 4. – preliv, 5. – optočni tunel, 6. – tlačni cjevovod, 7. – temeljni ispušt, 8. – pristupna cesta za strojarnicu, 9. – pristupna cesta za krunu brane, 10. – kruna brane, 11. – okretišće, 12. – ulaz u galeriju, 13. – glavni zatvarač, 14. – zatvarač preljeva, 15. – ograda, 16. – akumulacijsko jezero, 17. – donja voda)

ta trajale više od dva desetljeća. Još 1982. izrađena je studija energetskega iskorištavanja te rijeke koja je predviđala ukupno 5 energetske stuba, a za gornji tok, od *Gojaka* do *Lešća* znatno bogatiji energetske potencijalom, bile su predviđene dvije. Nakon dopunskih analiza energetskega iskorištavanja gornjeg toka *Gojačke Dobre* određene su tri varijante, jedna s dvije stube raznih veličina izgradnje iz prethodne studije te još dvije od kojih je jedna imala dvi-

Nakon temeljite tehničke i ekonomske analize i međusobne usporedbe odabrana je treća varijanta zbog spoznaja o geološkim uvjetima, najnižoj proizvodnoj cijeni kilovatsata, najkraćem vremenu gradnje i manjih oscilacija vodostaja u akumulaciji. Na temelju toga je *Elektroprojekt* iz Zagreba 1985. izradio idejni projekt. Za taj je projekt temeljita hidrogeološka istraživanja obavio Geološki zavod Zagreb. Na osnovu topografskih i geoloških podloga razmatrano



je područje kanjona kod sela Gorinci na potezu od 600 m te je nakon analiza pada, veličine brane i injekcijske zavjese odabrana točna lokacija pregradnog profila. Naknadno je 1988. Građevinski institut Zagreb razmatrao i izbor tipa brane, pa je između lučne, nasute i masivne gravitacijske izabrana ova posljednja. Razmatran je i izbor strojarnice i način evakuacije vodnog vala. Između strojarnice s obilaznim tunelom i preljevom vodnoga vala preko brane, strojarnice uz branu s evakuacijom vodnog vala šahtnim preljevom te pribranske strojarnice s preljevom i brzotokom, kao najpovoljnija i najjeftinija izabrana je ova posljednja.

Od 1986. i 1988. došlo se do spoznaje o mogućnosti promjene načina iskorištavanja vode na HE *Gojak* jer ako se više iskorištavaju vode Zagorske Mrežnice dio se preljevnih voda na Sabljacima može prebaciti u Gojačku Dobru. Takvim se iskorištavanjem može povećati srednji godišnji protok na mjerne stanici Dani sa 32,7 na 38,3 m<sup>3</sup>/s, pa je na temelju energetske i ekonomske analiza Institut za elektroprivredu iz Zagreba odlučio povećati instalirani protok na 120 m<sup>3</sup>/s. Istodobno je 1989. izrađeno kompleksno uređenje sliva rijeke Kupe (Dobra čini 12 posto njezina sliva), pa je na nizvodnom dijelu Gojačke Dobre od HE *Lešće* predviđena mogućnost gradnje još pet hidroelektrana: *Toplice* (36+100 rkm), *Globarnica* (30+400 rkm), *Jarče Polje* (22+100 rkm), *Majur* (15+800 rkm) i *Polaki*.

Razumljivo je da su za Domovinskoga rata sve pripreme za gradnju bile obustavljene. Nastavak je priprema radova uslijedio od 1997. do 1999. kada je izrađen glavni projekt i ponudbena dokumentacija za izbor izvođača. Glavni su projekt izradili *Institut građevinarstva Hrvatske (IGH)* d.d. (brana) i *Projektirni biro Split* d.o.o. (strojarnica). Izvedbeni projekt izradio je *IGH* (glavni projektant: mr. sc. Nikifor Petrović,

dipl. ing. građ.) s podizvođačima *Projektirni biro Split* (projektant: Jerko Polić, dipl. ing. građ.) i *Elektroprojektom* d.d. (projektant: Zvonimir Sever, dipl. ing. građ.). Građevnu je dozvolu izdalo Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja 30. rujna 1999., a njezina je valjanost produljena 21. 10. 2001.

Pripremni su radovi za gradnju HE *Lešće* započeli u rujnu 2005., a izvođač je bio *Konstruktor-inženjering* d.d. iz Splita. Glavni su radovi dodijeljeni konzorciju koji sačinjavaju *Končar – Inženjering za energetiku i transport* d.d., skraćeno *Končar-KET*, kao vodeći partner, te *Konstruktor-inženjering* d.d. i *Ingra* d.d. Glavni su radovi započeli u studenom 2006., a rok za dovršetak radova je 35 mjeseci. Vrijednost je radova od 60 milijuna eura, a investitor *Hrvatska elektroprivreda (HEP)* d.d. U ime *HEP*-a građenje vodi poseban tim za izgradnju HE *Lešće*. Investitor i nadzornik ima vlastiti nadzor, a glavni je nadzorni inženjer Tomislav Tomić, dipl. ing. građ.

Sve smo podatke o pripremama i tehničkim značajkama HE *Lešće* dobili u razgovorima na gradilištu, uglavnom od nadzornih inženjera Tomislava Tomića i Miljenka Ivica, ili iz pisanih materijala pripremljenih od strane investitora.

Valja reći da su početak građenja pratili protesti ekoloških udruga.

Ipak računa se da će gradnja jezera na dotad potpuno nepristupačnom terenu uvelike oživjeti taj slabo naseljeni i gotovo opustjeli kraj. Čak se čini da se to već događa jer su na obalama budućega akumulacijskog jezera već znatno povećane cijene zemljišta. Navodno ima i pokušaja divlje gradnje na najpovoljnijim lokacijama.

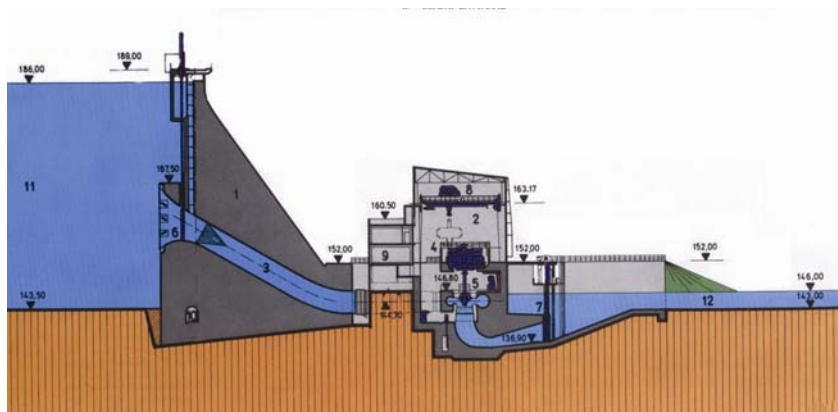
## Tehničke značajke projekta

### Opći podaci

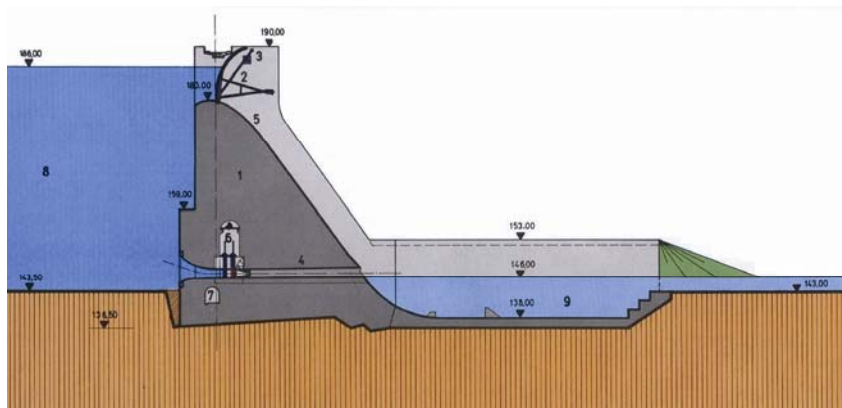
HE *Lešće* imat će instaliranu snagu od 42,29 MW i proizvodit će 98 GWh na godinu, a predviđeno je uporabno vrijeme od 2500 sati na godinu.

Brana je, rekli smo već, betonska gravitacijska, a kruna je brane na 189 m n.m., dok je najniža točka temelja 136 m n.m. Brana je u kruni duga 176,5 m, a najveća je visina 52,5 m. Širina je krune brane 5,3 m, a najveća širina temeljne ploče 39,4 m. Brana je dimenzionirana za najveće povratno razdoblje pojave velikih voda od 10.000 godina.

Akumulacijsko jezero će na duljini od 12,61 km imati ukupnu površinu od 146 ha. Normalna je točka uspora na 186 m n.m., najveća moguća 188 m n.m., najmanja kod dnevnog izravnjanja 184,6 m n.m., a najmanja dopuštena radna kota 169 m n.m. Stoga je ukupni obujam akumulacije



Presjek kroz branu i strojarnicu (1. – brana, 2. – strojarnica, 3. – tlačni cjevovod, 4. – generator, 5. – turbina, 6. – ulazni zatvarač, 7. – izlazni zatvarač, 8. – mosna dizalica, 9. – kontrolna galerija, 11. – normalni uspor, 12. – donja voda)



Presjek kroz protočno polje brane (1. – brana, 2. – segmentni zatvarač, 3. – servomotor, 4. – temeljni ispust, 5. – slapište, 6. – galerija zatvarača, 8. – kontrolna galerija, 9. – donja voda

$25,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ , a korisni obujam  $17,2 \times 10^6 \text{ m}^3$  (186 – 169 m n.m.).

Hidroelektrana će biti opremljena s dvije okomite Francis turbine, s instaliranim protokom od  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  i konstruktivnim padom od 37,69 m te snagom od 20,68 MW. Bit će instalirana i dva trofazna sinkrona i okomita generatora nazivne snage od 25 MVA. U proizvodnoj će jedinici biološkoga minimuma, s instaliranim protokom od  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$  i konstruktivnim padom od 41,08 m, biti vodoravna Francis turbina sa snagom od 979 kW i generatorom snage 1250 kVA.

Predviđen je i tipsko 110 kV rasklopno postrojenje s cijevnim jednostrukim sabirnicama za proizvodne jedi-

nice i jedno 35 kV za proizvodnu jedinicu biološkoga minimuma. Rasklopno će postrojenje biti s jednim 110 kV dalekovodom povezano s rasklopnim postrojenjem na HE *Gojak* odnosno 35 kV dalekovodom s transformatorom stanicom 35/10 kV u Generalskom Stolu.

#### *Građevinski dio elektrane*

Građevinski se dijelovi HE *Lešće* mogu podijeliti u dva dijela: pomoćne i glavne građevine. U pomoćne se građevine mogu ubrojiti svi prethodni radovi izvedeni radi mogućnosti gradnje brane i strojarnice u suhom koritu te svi ostali radovi nužni za nesmetano građenje. U pomoćne su građevine uključeni i svi naknadni



Crtež budućega izgleda akumulacije, brane i strojarnice

radovi vezani uz opremanje te sanaciju obala i okoliša. Glavnim građevinama ponajprije pripadaju brana i strojarnica.

Prije početka glavnih radova izgrađeni su: obilazni tunel, uzvodni zagat, nizvodni zagat, pogonska cesta, vodovod Toplice Lešće – Gorinci, uredski i smještajni sadržaji, platoi za organizaciju građenja glavnih radova te rekonstruirana cesta Toplice Lešće – Gorinci.

Obilazni tunel skupa s uzvodnim i nizvodnim zagatom omogućuje skretanje vode uz desni bok pregradnog profila radi izgradnje brane i strojarnice. Obilazni tunel ima ulazni dio dug 18,4 m sa dva zatvarača za otvore široke 2,25 m i visoke 6 m. Tunel je potkovičastog presjeka i širok 5,7 m zbog prihvaćanja desetogodišnje povratne vode ( $245 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a dug je 151,3 m. Kako se dno tunela nalazi 4 m ispod razine rijeke za visokih vodostaja (protoci veći od  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ) iskopu je prethodila zaštita građevne jame s ulazne i izlazne strane predzagatom – betonskom dijafragmom. Tunel je iskopan početkom svibnja 2006., a betoniranje obloge i ugradnja hidrotehničke opreme završena je krajem lipnja 2006. kada je u nje ga preusmjeren tok rijeke Dobre. Nakon izgradnje hidroelektrane tunel neće imati funkciju.

Uzvodni je zagat gravitacijska brana koja uzvodno štiti gradnju glavnih građevina u građevnoj jami. Nakon izgradnje brane i strojarnice ostat će potopljen u akumulaciji. Visina je uzvodnog zagata 15 m, duljina u krugu 74,75 m, a vrh se nalazi na 157,7 m n.m. U taj je zagat ugrađeno približno  $8000 \text{ m}^3$  betona. Izgradnja je počela u siječnju 2006. betoniranjem blokova na lijevoj i desnoj obali, a dovršena početkom srpnja 2006.

Nizvodni je zagat nasuta brana s betonskom jezgrom temeljenom ispod razine rijeke. Visok je 5,25 m i u krugu, koja se nalazi na 148,25 m n.m., dug 48,7 m. Nakon izgradnje



glavnih građevina bit će uklonjen kako bi se omogućilo nesmetano otjecanje vode nakon prolaza kroz proizvodne jedinice hidroelektrane. Gradnja je počela nasipavanjem materijala iz iskopa sredinom lipnja 2006., a potom je iskopano tlo za podzemno betoniranje betonske jezgre. Nizvodni je zagat dovršen u srpnju 2007.

Pogonskom je cestom, građenom od rujna 2005. do svibnja 2006., ostvaren pristup od lokalne ceste Toplica Lešće – Gorinci do buduće strojarnice. Cesta je duga 1035 m, ima dva prometna traka (2 x 2,75 m), a svladava visinsku razliku od 68 m. Ima interno značenje i nije predviđena za javni promet ni za gradnje ni tijekom pogona elektrane. Počela se graditi u rujnu 2005., a završena je u svibnju 2006.

Za potrebe gradilišta izgrađen je i vodovod Toplice Lešće – Gorinci, uređeni su uredski prostori za investitora i smještaj radnika s restoranom te uređeno 6 platoa glavne radove, a rekonstruirana je i lokalna cesta Toplice Lešće – Gorinci u duljini od 3,2 km.

U građevine koje će se izvoditi pod posebnim uvjetima spadaju mostovi preko Dobre i potoka Ribnika (105 m i 95 m) kod već spominjane Trošmarije (prema njem. Maria Trost – Marija od utjehe) i negdašnjega Otoka na Dobri, vidikovac Podumol (općina Bosiljevo) i kupalište Trošmarija (grad Ogulin), regulacija korita rijeke pokraj Toplica Lešće te autobusno stajalište. Ovamo pripada i uređenje okoliša koje zbog kvalitete vode predviđa prije punjenja akumulacije uklanjanje kompletne šume i raslinja i uređivanje prostora oko pregradnog mjesta autohtonom vegetacijom prema projektu sanacijsko-pejzažnog uređenja.

Među glavnim je građevinama gravitacijska betonska brana s promjenjivim odnosom uzvodne i nizvodne strane (1 : 0,7). Brana se sastoji od



Uzvodni zagat s ulaznim dijelom optočnog tunela



Nizvodni zagat i ispus optočnog tunela

brojnih funkcionalnih i konstruktivnih dijelova: tijela brane, prometnice na kruni, mosta iznad preljeva, preljeva, brzotoka, slapišta, galerija u brani, pogonskih kućica (segmentnih zatvarača i zatvarača glavnih agregata) i cjevovoda (temelnog ispusta, glavnih proizvodnih jedinica i jedinice biološkog minimuma).

Tijelo se brane izvodi u 12 konstruktivnih monolitnih blokova (10,5 – 18,2 m). Prometnica u kruni bit će

široka 3,5 m i služiti će za internu uporabu, a nosivi sustav koji će premostiti preljev dvije su armiranobetonske grede.

U desnom je boku brane predviđen preljev sa dva preljevna polja, krilnim zidovima i središnjim stupom za razdvajanje ukupne širine 18 m (1+7+2+7+1 m). Kruna je preljeva na 180 m n.m. i na nju se nastavlja brzotok širine izvan preljevnog praga 16 m, a ograničen je bočnim zi-

dovima. U koritu rijeke predviđeno je slapište dugo 49 m i široko 16 m, a dno se nalazi na 138 m n.m. Radi smanjivanja uzgona ispod slapišta se nalaze drenažni kanali.



**Oplata temeljnog ispusta**

U tijelu su brane smještene galerije koje se razlikuju po namjeni i funkciji, o čemu ovise i njihove dimenzije. Riječ je o injekcijskoj, drenažnoj i kontrolnoj galeriji te pogonskoj galeriji zatvarača.

Za smještaj pogonskih uređaja segmentnih zatvarača u središnjem se stupu s uzvodne strane izvodi kućica segmentnog zatvarača. Pogonska se kućica zatvarača glavnih agregata nalazi na kruni brane. Temeljni je ispust u preljevnom dijelu tijela brane, a ulazni se prag nalazi na 145 m n.m. Cijev temeljnog ispusta ( $\varnothing$  1,8 m) duga je 32,6 m i završava u brzotoku. Na početku je četvrtasti betonski ulazni dio zaštićen čeličnom rešetkom i ljevkastu prelazi u čelični kružni dio u pogonskoj galeriji i tu su smještene dva zatvarača.

U središnjim se dijelovima brane nalaze tlačni cjevovodi glavnih proizvodnih jedinica ( $\varnothing$  4,4 m), a u središnjem se dijelu brane nalazi i cjevovod proizvodne jedinice biološkog minimuma ( $\varnothing$  1,2 m).

Dvije su glavne proizvodne jedinice s jedinicom biološkog minimuma smještene u pribranskoj strojarnici

koju čine: podzemni blok, nadzemna hala, aneks (s podzemnim i nadzemnim dijelom) i energetska tunel koji spaja strojarnicu s 110 kV rasklopnim postrojenjem.

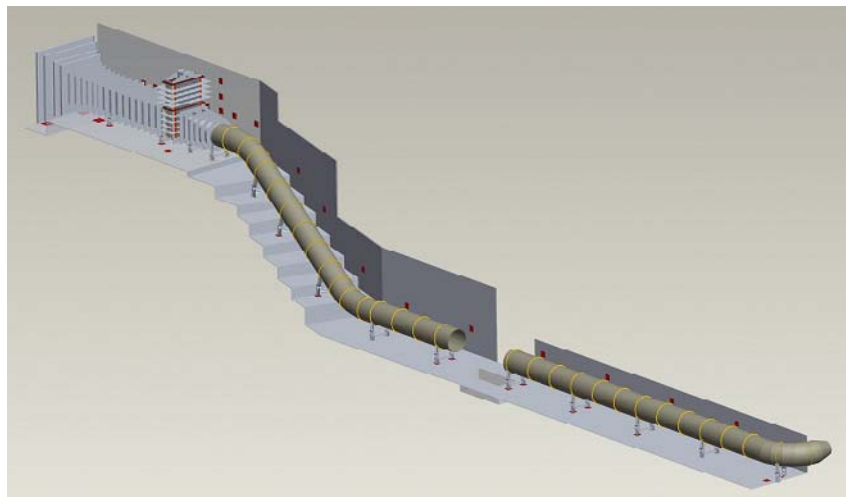
generatora zatvorena u armiranobetonske "bačve" uzdignute iznad poda. Uzduž hale je kranska staza s portalnom dizalicom.

Podzemni dio aneksa strojarnice je kruta armiranobetonska konstrukcija, tlocrtnih dimenzija 45,6 x 8,6 m. U podrumskim su prostorijama dovodni cjevovodi, a prostor iznad će se dijelom rabiti kao "uljno gospodarstvo", a dijelom kao priručno skladište. Nadzemni dio aneksa je okvirna armiranobetonska konstrukcija sa zidovima od blok opeke, a sastoji se od prizemlja i kata u koji je smještene raznovrsna oprema.

Spoj strojarnice, koja se nalazi na 152 m n.m. s rasklopnim postrojenjem smještenim na platou 80 m udaljenom i na visini od 188 m n.m., bit će ostvaren energetska tunelom.

Glavnim građevinama pripadaju još i pregrada na lijevoj obali i injekcijska zavjesa. Pregrada je betonski zid kao nastavak betonske brane i sprječava prolaz vode u prirodnu depresiju, a najveća joj je visina 12 m. Radi vododrživosti akumulacije na pregrad-

Blok strojarnice je masivna betonska konstrukcija (33,9 x 17,8 m) temeljena od 133,7 m n.m., a završava turbinskim katom na 152 m n.m.



**Model cjevovoda biološkog minimuma**

Kat iznad je hala strojarnice, građena kao okvirna armiranobetonska konstrukcija sa zidovima od blok opeke. Za spuštanje opreme, male turbine i dijelova velike turbine te generatora taj je kat pokriven demontažnim pokrovom od čeličnog lima. U hali će biti smještena dva glavna

nom se mjestu izvodi jednoredna i dvoredna injekcijska zavjesa. Dvoredna se izvodi ispod razine brane u duljini 192 m, u desnom je boku jednoredna i dvoredna i duga 672 m, a u lijevom je boku jednoredna i duga 345 m. Ukupna je duljina injekcijske zavjese 1209 m.





Injektiranje ispod temelja brane

### Hidromehanička oprema i turbine

Hidromehanička se oprema dijeli na glavnu i pomoćnu. U glavnoj su oprema za dovod vode glavnih proizvodnih jedinica i jedinice biološkog minimuma, temeljni ispust, oprema prelivnih polja, difuzorski zatvarač i oprema za mjerenje razine vode.

Svaki od dvaju glavnih agregata ima odvojeni dovod vode. Nizvodno od ulazne čelične rešetke je kotrljajući zatvarač koji je ujedno i predturbinski zatvarač. Osigurava otvaranje pod jednostrukim tlakom i zatvaranje vlastitom težinom u svim pogonskim uvjetima, čak i kod pucaanja cjevovoda. Zatvarači se pokreću servomotorom na hidraulički pogon.

Oprema za dovod vode na agregat biološkog minimuma iza čelične rešetke ima čelični lijevak s prijelazom u kvadratni presjek, a zatvarač je jednodijelan i s

hidrauličnim pogonom. Zatvarač ima hidraulični pogon sa servomotorom.

Na otvoru je temeljnog ispusta čelična rešetka (7 x 6 m), a iza čelične rešetke smješten je pomoćni zatvarač kojega je konstrukcija jednodijelna, a izvedba klizna. Glavni je zatvarač regulacijski i klizni te u obliku ploče

s istim tehničkim karakteristikama. Zatvarači imaju hidraulički pogon sa servomotorom i moraju se otvarati pod punim jednostranim tlakom i zatvarati kod protoka od 50 m<sup>3</sup>/s.

Velike se vode odvođe preko prelivnih polja od kojih svako ima poseban segmentni zatvarač (7 x 6,4 m), a upravljanje se ostvaruje servomotorima s automatskom sinkronizacijom položaja.

Za zatvaranje difuzora glavnih agregata uporabit će se gredne zapornice koje će se spuštati i dizati u mirnoj vodi uz pomoć električne mosne dizalice. Mjerenja razine vode u akumulaciji i odvodnom kanalu obavljat će se piezorezistivnom i pneumatskom metodom, a sva će mjerenja biti uvedena i sigurnosnu automatiku brane i u procesni sustav elektrane.

Pomoćnoj hidromehaničkoj opremi pripada postrojenje rashladne vode (glavno i pričuvno), postrojenje drenaže (strojarnice, cjevovoda i kontrolne galerije brane), uljno gospodarstvo, sustav ventilacije i klimatizacije te sustav stlačenog zraka.



Gradilište strojarnice u početku glavnih radova

Rekli smo već da će HE *Lešće* imati dvije okomite Francis turbine, a vratilo će turbine preko prirubnice biti izravno spojeno na vratilo sinkronog generatora. Voda će iz akumulacijskog jezera prolaziti kroz ulazne cijevi i potom kroz spiralni kanal na pomične turbinske lopatice koje će ju usmjeravati na turbinsko kolo pod najpovoljnijim kutem. Tako će se ujedno regulirati količina, protok i snaga turbine. Ležišta će lopatica biti od posebnih samopodmazujućih materijala, zbog opasnosti od onečišćenja, a tako će biti izvedena i sva ležajna okretišta i klizne vodilice. Turbinsko će se kolo izvoditi tehnologijom zavarivanja komponenata glavine, donjeg prstena i lopatice od nehrđajućeg čelika.

Iz turbinskog kola voda ulazi u usisnu cijev (difuzor, aspirator) koja se prema izlazu proširuje radi smanjivanja brzine vodnog toka i smanjivanja kinetičke energije. Gornji je dio usisne cijevi dvodijelan, može se demontirati i od nehrđajućeg je čelika.

Turbine će izraditi i montirati tvrtka *Litostroj-Tovarna turbin* d.o.o. iz Ljubljane, a homologni je model ispitan u Turboinštitutu u Ljubljani. Regulacija će se snage, brzine vrtnje turbine i ostalih veličina obavljati preko hidrauličkoga i električkoga turbinskog regulatora. Električni će dio u mikroprocesorskoj tehnologiji proizvesti *Siemens*, a cjelovit će sustav isporučiti Brodarski institut iz Zagreba. Za sva će se podmazivanja turbinskih i generatorskih ležajeva, zbog sprječavanja zagađenja, rabiti biorazgradivo ulje.

U strojarnicu će se ugraditi i agregat biološkog minimuma u vodoravnoj izvedbi koji će proizvoditi električnu energiju i ujedno osiguravati protok vode u rijeci, dok će glavni agregati mirovati. Iz akumulacijskog jezera voda će dolaziti u turbinu tlačnim cjevovodom, a ispred turbine bit će ugrađen leptirasti predturbinski zatvarač. Turbinsko i generatorsko

vratilo bit će spojeni elastičnim sklop-kama. I tu će turbinu izgraditi *Litostroj*, a regulaciju će također osmisliti, isporučiti i pustiti u pogon Brodarski institut.

Za montažu i demontažu elektrostrojarske opreme u strojarnici rabiće se elektromotorna dizalica, a izradit će je i montirati *Brodosplit-Dizalice* d.o.o. i Splita.

### *Elektroenergetska oprema i oprema za upravljanje*

Elektroenergetska se oprema također dijeli na glavnu i pomoćnu. Glavna obuhvaća generatore glavnih proizvodnih jedinica i njihove blok-transformatore, generator agregata biološkog minimuma, rasklopna postrojenja i sl., a između ostalog pomoćno napajanje vlastite i zajedničke potrošnje.

dijelova. Vratilo rotora bit će kovanе izvedbe i od visokokvalitetnoga ugljičnog čelika. Generatori će imati po dva ležišta koji su u dijelovima i samomazivi te imaju vlastito hlađenje u uljnom loncu ležaja. Svaki je opremljen zasebnim sustavom uzbude.

Generator jedinice biološkog minimuma i turbina bit će povezani i spojeni na zajedničko postolje u tvornici proizvođača turbine. Ležajevi će se hladiti po principu voda-ulje, a generator cirkulacijom zraka pokrenutom ventilatorom prigradenim u njegovo vratilo.

Blok-transformatori za glavne proizvodne jedinice bit će smješteni na platou vanjskoga 110 kV rasklopnog postrojenja na lijevoj obali Dobre. Transformatori su trofazne izvedbe, uljni i s odvojenim namotajima vi-



Ugradnja koljena tlačnog cjevovoda s pomoću kranске dizalice

Generatori su proizvodnih jedinica trofazni, sinkroni i okomiti, a uz već spomenute značajke valja istaknuti i njihovu nazivnu frekvenciju od 50 Hz. Kućište će statora biti izrađeno od hladnovaljajućih limova, a krutost i čvrstoća bit će postignuti uzdužnim i poprečnim varenjem, što jamči siguran i miran rad stroja bez štetnih vibracija. Radi lakšeg transporta i montaže stator će se izraditi od više

sokoga i niskoga napona pogodni za vanjsku montažu.

Prijenos proizvedene električne energije glavnih proizvodnih jedinica u 110 kV mrežu bit će ostvaren preko posebnoga rasklopnog postrojenja, smještenog na posebnom platou (s dimenzijama 45 x 50 m). Sabirnice imaju jednostruke sekcije, a u postrojenju su predviđena po dva gene-



ratorska i dalekovodna, jedno sabirničko i dva mjerna polja, dok se jedno dalekovodno polje neće opremiti jer je pričuvno. Polje br. 2 u rasklopnom 110 kV postrojenju HE *Gojak* bit će opremljeno visokonaponskim uređajima i povezat će se preko dalekovoda HE *Lešće* u elektroenergetski sustav Hrvatske.

Prijenos proizvedene električne energije iz agregata biološkog minimuma odvijat će se preko transformatora rasklopnog postrojenje od 35 kV smještenoga u posebnoj prostoriji uz rasklopno postrojenje. Veza sklopnog bloka i dalekovoda ostvarit će se kabelom položenim na betonski kanal što vodi do rasklopnog 110 kV postrojenja i potom do prvog 35 kV dalekovoda za transformatorsku stanicu Generalski Stol.

Predviđeno je i posebno postrojenje generatorskog napona 10,5 kV koje obuhvaća zvjezdište sinkronog generatora, izvod, postrojenja odcjepa i kabela vodove do blok-transformatora.

Dalekovod 110 kV spajat će novu hidroelektranu s HE *Gojak*. Za gradnju HE *Lešće* i za napajanje gradilišta električnom energijom, dalekovod će biti privremeno priključen na napon od 35 kV s HE *Gojak*. Dalekovod je dug 10.439 m i ima 38 čeličnih rešetkastih stupova tipa "jela". Dalekovod od 35 kV izveden je od 17 čeličnih rešetkastih stupova istoga tipa. Duljina je zračnog voda 2600 m, a podzemnog 1600 m.

U pomoćnu elektrotehničku opremu pripada napajanje vlastite i zajedničke potrošnje elektrane, postrojenje istosmjernog napona, uzemljenje i gromobrani te protupožarna zaštita.

Oprema za upravljanje i tehnička promatranja bit će vrlo važan dio buduće elektrane i temelj njezina sigurnoga i pouzdanog rada. Oprema za upravljanje HE *Lešće* čini skupa s postojećom opremom HE *Gojak* nedjeljivu cjelinu. Postoje

zapravo tri razine upravljanja: daljinski nadzor i upravljanje iz HE *Gojak*, lokalno upravljanje na hidroelektrani i daljinski nadzor i daljinsko upravljanje 110 kV rasklopnim postrojenjem iz nadređenog centra. Oprema za tehnička promatranja sastoji se od one za promatranje građevina i zaobalja, za promatranje elektrostrojarске opreme i sustava obavješćivanja.

Ne treba posebno isticati da će gotovo svu elektrotehničku opremu za upravljanje i tehnička promatranja proizvesti i ugraditi *Končar-KET*, vodeći partner u konzorciju izvođača.

### Posjet gradilištu

Gradilište smo posjetili jednoga prilično tmurnoga dana krajem studenoga 2007., a domaćin nam je bio glavni nadzorni inženjer Tomislav Tomić. Zahvaljujući činjenici da su

su izgrađenih (HE *Dale* i HE *Čakovec*) prošla više od dva desetljeća pa smo na sve to pomalo zaboravili.

Iz podataka iznesenih na predavanju i poslije u izravnom razgovoru od ing. Tomića smo doznali da su još za pripremnih radova u studenome 2005. imali poplavu na gradilištu kada je naišao vodeni val s 180 m<sup>3</sup>/s pa su bili poplavljeni dijelovi iskopanog tunela. Nedugo potom pao je prvi snijeg i na lijevoj se obali na vrhu brda pojavio rasjed koji je urušio i 12 m obilaznog tunela pa je sve to trebalo sanirati. Potom su građeni uzvodni i nizvodni zagat i voda je kroz obilazni tunel puštena u lipnju 2006.

Glavni su radovi započeli u studenom 2006., nakon što je posao ugovoren s konzorcijem na čijem je čelu *Končar-KET* koji je ujedno zadužen za



Sanacija rasjedne zone u građevnoj jami

tog dana u stručnom posjetu bili članovi Društva građevinskih inženjera iz Varaždina, mogli smo poslušati predavanje koje je za goste pripremio upravo glavni nadzorni inženjer. Tu smo doznali prve i osnovne podatke o HE *Lešće* i prvi su dojmovi bili pomalo zbunjujući. Naime radi se o izuzetno složenom i kompliciranom gradilištu. No poslije smo se sjetili da su zapravo takva sva gradilišta hidroelektrana, a od posljednjih

isporuku i ugradnju generatora. U konzorciju je *Konstruktor-inženjering* zadužen za gradnju brane, a *Ingra* s podizvođačem *Međimurje Graditeljstvo* d.o.o. za gradnju strojarne.

Iskop građevne jame za branu na desnoj obali počeo je u prosincu 2006. U međuvremenu su na gradilištu instalirane dvije betonare od kojih je jedna s kapacitetom od 60

## Gradilišta

m<sup>3</sup>/h među najvećima u Hrvatskoj. Za betoniranje brane i ugradnju je hidromehaničke opreme na gradilištu postavljen i kabelski kran razapet između brda na desnoj obali i platoa na lijevoj obali na kojem će poslije biti smješteno rasklopno postrojenje.



Gradilište brane i strojarnice

Prva su betoniranja na brani obavljena 6. srpnja 2007., a potom su nastavljena betoniranja blokova prema planu razrađenom projektom. Beton se u branu ugrađivao i noću jer betonski radovi uglavnom traju i 24 sata. Potom se nastavilo s izradom i ugradnjom oplata za galerije, a betoniran je i preljev s krilnim zidovima.

Pri iskopu građevne jame strojarnice otkrivena je rasjedna zona, slična onoj pri iskopu obilaznog tunela. Radi utvrđivanja rasprostiranja rasjeda ispod temelja strojarnice obavljani su u svibnju 2007. posebni istražni radovi. Radi utvrđivanja granica rasjeda i položaja šupljina ispunjenih pijeskom, glinom, blokovima i okršenom stijenom obavljena su georadarska ispitivanja, a ona su dopunjena i geofizičkim mjerjenjima i bušotinama. Na temelju dobivenih podataka *Elektroprojekt* iz Zagreba izradio je projekt podtemeljne ploče

(debljine 3 m) koja je premostila rasjednu zonu i potom je nesmetano nastavljena izgradnja strojarnice. Do našeg posjeta strojarnica je bila izgrađena do približne visine od 15 m i već su bili ugrađeni čelični dijelovi difuzora.

temelja brane iz galerije i ploče s kote 139 m n.m., vezno injektiranje s kote 140 m n.m. i koso bušenje i injektiranje na spojevima betona i stijene.

Istodobno s građevinskim radovima izvodi se i elektrostrojarska oprema. Tako se u *Gopli* d.o.o. u Mariboru izrađuju sekcije cjevovoda temeljnog ispusta, a *Metallum* d.o.o. Iz Slavenskog Broda izrađuje sekcije cjevovoda glavnih agregata koji se zatim spajaju na gradilištu i potom uz pomoć kabelskog kрана ugrađuju u branu. Krajem lipnja obavljena su ispitivanja modela turbina na *Turboinštitutu* u Ljubljani i dobivene sve podloge za izradu projekta turbine. Posebno je bila složena ugradnja koljena usisnih cijevi proizvodnih jedinica izgrađenih u *Metallumu* početkom rujna 2009.



Strojarnica i brana pod prvim snijegom

Sredinom srpnja 2007. počelo se s pripremanjima za injektiranje temelja brane, za što je dopremljena i montirana posebna injekcijska stanica. Potom se počelo se s izvedbom bušotina dubokih 6 m, a do sredine kolovoza izvedeno je prema projektiranim rasteru kontaktno injektiranje

Potom smo s članovima varaždinskog Društva obišli gradilište. U obilasku smo morali biti vrlo oprezni jer se radovi nisu prekidalii.

Na povratku u upravu gradilišta razgovarali smo s predstavnicima investitora i nadzorne službe i saznali da su zadovoljni dosad obavljenim ra-



dovima te da vjeruju kako će krajem 2008. hidroelektrana biti završena, 2009. biti u probnom radu i probnom pogonu, a da će u elektroenergetski sustav biti uključena 2100.

Razgovarali smo i s predstavnicima izvođača. Najprije s Franjom Breznicačem, dipl. ing. el., inženjerom gradilišta iz *Končar – Inženjeringa za energetiku i transport d.d.*, a on je također uvjeren da dosadašnji radovi dobro napreduju. Inače *Končar-KET* je najjače društvo u sastavu *Končar* grupe koje ostvaruje gotovo trećinu ukupnoga prihoda. Naši su sugovornici bili i Gordan Čelar, dipl. ing. građ., iz *Konstruktor-inženjeringa*, inače glavni inženjer gradilišta. Direktor je projekta među izvođačima Stjepan Čerkez, dipl. ing. el., iz *Končar-KET*-a, a inženjer gradilišta iz *Ingre d.d.* Ivica Brkić, dipl. ing. građ. Oni su nam rekli da na gradilištu s upravom ima gotovo 250 radnika i da su svi smješteni u kontejnerima na gradilištu. Osim *Međimurje Graditeljstva*, koje je podizvođač *Ingre* za građevinske radove, podizvođač je i *Gopla* iz Maribora za hidromehaničku opremu i *Litostroj* za turbinu.

Na kraju smo uz pomoć nadzornog inženjera Miljenka Ivica, dipl. ing. građ., pokušali nekako složiti i organizirati brojne podatke. Ljubazni nas je ing. Ivica odveo i do budućega vidikovca u Podumolu da pogledamo i strmi kanjon rijeke i obale budućega velikoga jezera koji

bi možda mogao revitalizirati cijeli ovaj kraj.

### Zaključak

Teško da bi se ovom napisu još nešto moglo dodati osim zadovoljstva da se konačno gradi prva hidroelektrana u samostalnoj Hrvatskoj i da radovi vrlo dobro napreduju. Primjedba da se radi o hidroelektrani male proizvodnje, jedan od slogana protivnika iz redova zelenih glasio je da je "Dobra preDobra za tako malo struje", uopće ne stoji jer je po instaliranoj snazi nešto slabija od obližnje HE *Gojak* te podjednaka s HE *Dale*, jedne od posljednjih koja je prije nje izgrađena. Usto predviđena je da se uključuje u rad u tre-

novnicima donijeti neke nove razvojne mogućnosti. Novo bi jezero moglo služiti za ribolov i jedrenje jer će kupaća vjerojatno biti vrlo malo budući da se Dobra svrstava među naše najhladnije rijeke. No možda će veća površina jezera i veća površina zagrijavanja povećati i temperaturu vode.

U posljednje se vrijeme tvrdi da veliki hidrotehnički zahvati i značajne promjene u prostoru uvelike utječu na mikroklimu i na osjetljivu biljnu i životinjski ravnotežu. No tu se uvijek pojavljuje pitanje o problemu održivog razvoja i energiji koja nam je potrebna za daljnji razvitak. A ipak je energija dobivena iz hidropotencijala naših rijeka ekološki najprihvat-



Pogled nizvodno na Dobru kod Podumola s mjesta budućega vidikovca na akumulacijskom jezeru

nucima vršne potrošnje kada je struja i najpotrebnija i najskuplja.

Osim toga rekreativni bi sadržaji na novom jezeru i ovom prelijepom ali opustjelom kraju mogli rijetkim sta-

ljivija i za okoliš najmanje škodljiva. Za razvitak uostalom valja ponešto i žrtvovati.

Branko Nadilo

Crteži i fotografije: arhiva izvođača, T. Vrančić i B. Nadilo