

# P R E G R A D E

Leto VIII

DECEMBER 2000

ISSN 1580 - 1543

Št. 2

Glasilo Slovenskega komiteja za velike pregrade - SLOCOLD

## POROČILO Z GRADBIŠČA PROJEKTA "TRI SOTESKE" (Kitajska)

### PROJEKT TRI SOTESKE NA JANGCEJU (KITAJSKA)

#### UVOD

Projekt Tri soteske na reki Jangce (Three Gorges Project - TGP) je največji vodnouređitveni poseg, ki se trenutno izvaja v svetu. Gre za tipičen večnamenski objekt, ki bo zadovoljil velike in še naraščajoče kitajske potrebe po energiji, poplarni varnosti ter rečni plovbi.

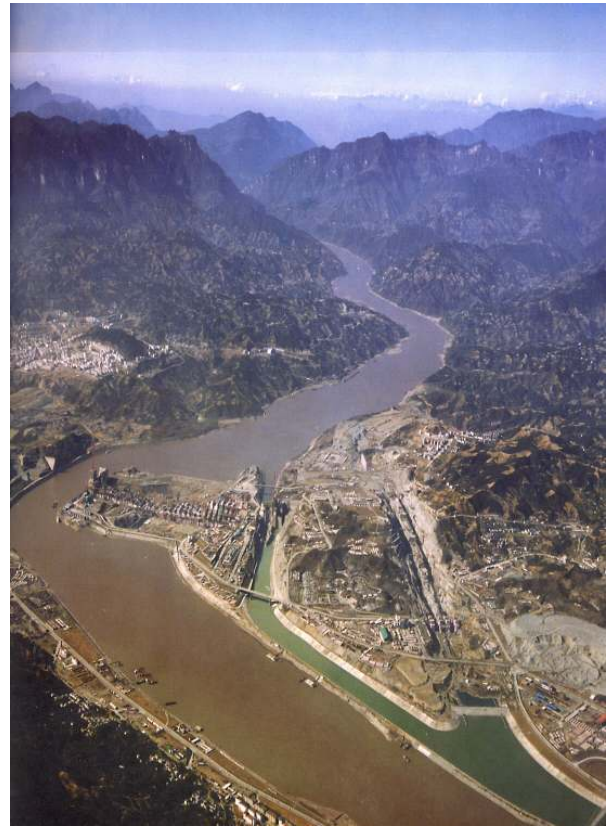
Projekt je poimenovan po treh zaporednih soteskah na reki Jangce, ki si na dolžini 200 km sledijo dolvodno od naselja Feng Jie do mesta Yichang. Po dokončanju pregrade bodo soteske deloma potopljene, na kar obiskovalce že sedaj opozarjajo visoko na bregovih postavljene oznake »175« (končna srednja zaježitvena kota) in »135« (začetna zaježitvena kota po zaključku 2. faze gradnje v letu 2003). Pregrada in spremljevalni objekti rastejo v kraju Sandouping v bližini mesta Yichang, v provinci Hubei. Za tiste, ki bodo iskali na zemljevidu: proti vzhodu je najbližje večje mesto Wuhan, ki je hkrati glavno mesto province Hubei.

Utemeljivte objekta po posameznih področjih so naslednja:

- 22.15 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> retenzijskega volumna za prestrežanje poplarnih valov bo namesto dosedanje 10-letne varnosti zagotovilo 100-letno varnost odseka reke neposredno dolvodno od lokacije nove pregrade, ki je gosto naseljen in deloma tudi močno industrializiran. Približno 300 km dolvodno oddaljeno milijonsko mesto Wuhan je npr. eden od glavnih gospodarsko-finančnih centrov Kitajske.
- 18200 MW inštalirane moči bo zagotavljalo srednjo letno proizvodnjo 84.7 TWh električne energije, ki bo namenjena manj razvitim predelom Vzhodne in Osrednje Kitajske ter deloma tudi oskrbi mesta Chongqing, ki leži na vrhu bodočega zaježenega odseka. Za proizvodnjo tolikšne količine elektrike bi bilo letno potrebnih 40 do 50 milijonov ton premoga, iz česar si lahko morebitni nasprotniki hidroenergije sami izračunajo vpliv tega objekta na okolje...
- izboljšanje plovnosti reke med Yichangom in 660 km gorvodno ležečim Chongqingom bo omogočila dvosmerno plovnost reke tudi za 10.000-tonske ladje, povečala letni promet s sedanjih 10 na 50 milijonov ton tovora ter za 35 do 37% zmanjšala stroške rečnega transporta. Dolvodno od nove pregrade bo povečanje

sušnega pretoka s 3000 m<sup>3</sup>/s na obogatenih 5000 m<sup>3</sup>/s omogočilo boljšo plovnost v celotnem srednjem toku Jangceja.

- poleg naštetih treh bistvenih vplivov je pričakovan razvoj ribištva in turizma ter izboljšanje kvalitete vode v srednjem in spodnjem toku reke v sušnih obdobjih.



Slika 1: Pogled na pregradni profil z dolvodne strani

#### TEHNIČNI PODATKI PROJEKTA

**Lokacija pregrade** (slika 1) je bila izbrana po študiji 15 variant, pri čemer velja omeniti, da so se prve ideje o tem superprojektu pojavile že leta 1933! Ob začetku aktivnosti je bil dostop do lokacije pregrade mogoč predvsem po reki, železnici in slabi cesti, danes pa je že zgrajena moderna avtocesta, novo letališče v Yichangu in izboljšana lokalna infrastruktura –

#### Uredniški odbor:

Urednik: Iztok Močnik

Člani: A. Širca, V. Koren, B. Zadnik, K. Kvaternik

praktično je ob gradbišču pregrade zraslo novo mesto, podobno naši Novi Gorici. Lokacija pregrade je geološko zelo ugodna: po navedbah izvajalcev je tu prisoten zdrav in intakten granit tlačne trdnosti 100 MPa, s preperelim slojem debeline 20 do 40 m na bokih ter z zelo malo preperine v dnu doline. V radiju 15 km od lokacije ni neugodnih geoloških struktur (prelomnic), pregrada leži v območju potresa VI stopnje.

**Objekti TGP** so pregrada s prelivnimi polji v osrednjem delu, dvema strojnicama na dolvodni strani pregrade levo in desno od prelivov ter dve splavnici in dvigalo za manjše ladje na levem bregu.

**Pregrada** je betonska težnostna, dolga 2309 m ter visoka 175 m (kota krone 185), z najvišjo koto gladine 181. Prelivni del pregrade (slika 2) je dolg 483 m, ima 23 temeljnih izpustov dimenzij 7 x 9 m ter 22 prelivnih polj z zapornicami. Pod temeljnimi izpusti z dnem na koti 90 je še dodatna serija prepustov na koti 56 – 57, ki bodo aktivni v času gradnje desnega dela pregrade (3. faza), kasneje pa bodo predstavljali dodatno prepustno sposobnost. Podslapja ni, disipacija energije se zagotavlja deloma z razpršitvijo curka s pomočjo »skakalnice«, deloma z medsebojnim vplivom curkov iz temeljnih izpustov in prostih prelivov, ter deloma po vrnitvi v vodotok z granitnim dnem struge. Pri koti 180.4 je zmogljivost prevodnih organov 102.500 m<sup>3</sup>/s.



**Slika 2** : Prelivna polja

**Strojnica** (slika 3) na levem bregu bo dolga 644 m, v njej bo 14 agregatov, na desnem bregu pa bo dolga 584 m in bo vsebovala 12 agregatov. Vsi agregati bodo imeli moč po 700 MW in Francisove turbine. Za prenos bo skrbelo 15 daljnovodov z napetostjo 500 kV AC proti Osrednji Kitajski ter Chongqingju ter z napetostjo 500 kV DC proti Vzhodni Kitajski. In če komu slučajno ti podatki še niso zavrteli glave: na desnem bregu je za prihodnost rezerviran dodaten prostor za strojnico s 6 turbinami enakih karakteristik, torej za dodatnih 4.200 MW.

**Objekti za zagotavljanje plovnosti** so za Slovence od opustitve idej o povezavi Jadrana in Ljubljane sicer španska vas, za projekt TGP pa izredno pomembni in v sedanji fazi projekta tudi najbolj opazni (slika 4). Promet skozi splavnici za 10.000-tonske ladje bo enosmeren (za vsako smer svoja splavnica), zato bo komor dvakrat po 5, njihove dimenzije pa so 280 x 34 x 5 m, pri čemer je zadnja dimenzija najmanjša globina

vode. Komora ladijskega dvigala za »manjše« ladje je dimenzij 120 x 18 x 3,5 m in lahko dviguje ladje do 3000 ton. Med gradnjo bo v uporabi tudi začasna dvosmerna splavnica s štirimi komorami dimenzij 240 x 24 x 4 m.



**Slika 3**: Leva strojnica

**Količine materialov za vgradnjo** govorijo same zase: zemeljska dela (izkop zemljin in skale) 102 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, volumen nasutih in skalometnih pregrad 32 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, volumen vgrajenega betona 28 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, mehanska oprema 256.000 ton.



**Slika 4**: Ena od dveh splavnici

**Faznost izgradnje** je takšna kot za podobne manjše objekte, vendar je celoten čas gradnje zaradi

omenjenih enormnih količin logično podaljšan – na 19 let. V **prvi fazi** gradnje (1993 – 1997) so se izvedli obtočni kanal na levem bregu z vzdolžno pregrado iz valjanega betona – RCC (ki v 2. fazi štiti gradbeno jamo) ter začasna splavnica. Voda in rečni promet sta tekla še po osnovni strugi. V **drugi fazi** (1998 – 2003) je bila z izgradnjo zgornje in spodnje zaščitne pregrade ter z uporabo že omenjene vzdolžne RCC pregrade najprej formirana in osušena glavna gradbena jama. Trenutno teče gradnja prelivov, turbinskih vtokov in strojnice na levi strani ter gradnja splavnic. Dvigalo za ladje je že končano. Voda teče po obtočnem kanalu, plovba pa je možna po odprtem toku oz. kasneje že skozi začasno splavnico. V **tretji fazi** (2004 – 2009) se bo najprej izvedla pomožna RCC pregrada za zaščito gradbene jame desnega dela pregrade, kar bo omogočilo napolnitev bazena do kote 135. Začele bodo obratovati strojnica na levem bregu ter glavni splavnici. Reka bo tekla skozi temeljne izpuste ter začasne izpuste v prelivnem delu pregrade, promet pa bo potekal samo skozi splavnici oz. tudi z ladijskim dvigalom.

### NEKATERI IZVEDBENI PROBLEMI

Pri objektu takšnih dimenzij lahko seveda pričakujemo številne probleme in teh v resnici ni malo. Omenili bomo le nekaj glavnih, za več podatkov pa je v knjižnici SLOCOLD na voljo dodatna literatura z delavnice (workshopa), ki je bil 16. oktobra 2000 organiziran kot spremljevalni dogodek XX kongresa ICOLD v Pekingu..

Na prvem mestu se omenja **sedimentacija**, saj je ocenjen letni dotok v akumulacijo  $526 \times 10^6$  ton. Raziskave so se izvajale 30 let in so vključevale opazovanja, matematično in fizično modeliranje ter primerjave s podobnimi projekti. Za vzdrževanje akumulacije se bo uporabljal princip »zadrževanja čiste in prepuščanja kalne vode«. To pomeni, da bo v poplavnem obdobju med junijem in septembrom, ko steče po reki 61% letnega pretoka in 84% letnega transporta plavin, ob pregradi vzdrževana denivelirana kota 145, konec oktobra, ko se vsebnost plavin zmanjša, pa se bo akumulacija napolnila do kote 175. Pričakuje se, da bo takšen režim uspešno funkcioniral, saj je zaježitev pravzaprav rečnega tipa, ne jezerskega (ob dolžini akumulacije 600 km je povprečna širina le 1.1 km). Zamuljevanje je bilo analizirano z matematičnim modelom, ki po 80 – 100 letih predvideva ravnovesno stanje, v katerem bo volumen akumulacije še vedno enak 86 do 92% začetnega volumna. Detajli sedimentacije na gorvodnem odseku proti Chongqingu so se analizirali tudi na 14 fizičnih modelih. Najboljše potrdilo njihove merodajnosti je 19-letno uspešno obratovanje pregrade Gezhouba (o njej več v zaključnem delu prispevka), ki se nahaja cca 40 km dolvodno od pregrade TGP in za katero so bili problemi sedimentacije študirani izključno na fizičnih modelih. Vsi dosedanji rezultati kažejo, da večjih problemov v novi akumulaciji ne bi smelo biti, projektanti pa tudi poudarjajo, da so bile analize delane z neugodnimi vhodnimi podatki. Dejansko lahko v prihodnosti pričakujejo manjše količine plavin, saj je načrtovanih tako več obsežnih akumulacij v zgornjem toku Jangceja kot tudi protierozijska zaščita v povodjih.

Drugi problem so **inducirani potresi** ter možnosti **zdrsov plazov v akumulacijo**. V tej točki so utemeljive nekoliko manj prepričljive in manj obsežne. Omenja se možnost inducirane potresa »samo« VI stopnje po napolnitvi bazena, medtem ko so glavni objekti dimenzionirani na jakost VII stopnje... Podobno nas pomirijo s podatkom o dveh velikih zdrsih v strugo v 80-ih letih, zaradi katerih so intenzivno analizirali celotno dolžino akumulacije in na podlagi evidentiranja nestabilnosti, večjih od  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  ugotovili v splošnem stabilno stanje. Celotna količina nestabilnih brežin je ocenjena na »samo«  $340 \times 10^6 \text{ m}^3$ , vendar je njihova oddaljenost od pregrade velika.

Dosežek zase je bil **preusmerjanje toka** ob zapiranju gradbene jame za 2. fazo, ki je priznan kot najobsežnejši in najtežji poseg te vrste v svetu. 8. novembra 1997 so po predhodnem zožanju 130 m široke vrzeli zasuli še zadnjih 40 m, pri čemer je bil pretok enak  $11600 \text{ m}^3/\text{s}$ , globina 60 m, največja hitrost  $4.22 \text{ m/s}$  in največja intenziteta zasipanja  $194.000 \text{ m}^3/\text{dan}$ .

Podobni superlativi veljajo tudi za **zaščitno pregrado gradbene jame** za 2 fazo. Ta 80-metrška konstrukcija štiti gradbeno jamo na gorvodni strani pred 100-letno vodo, na dolvodni pa pred 50-letno. Skupni volumen nasipnega materiala za obe pregradi je  $10.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Vodotesnost je v spodnjem delu zagotovljena z dvema zaporednima, do 74 m globokima diafragmama, od katerih se ena nadaljuje v plitvo injekcijsko zaveso, v zgornjem delu pa z geomembrano. Zaradi možnosti poškodb diafragme zaradi slabega balastnega materiala so bili uporabljeni specialni postopki za zagotavljanje vodotesnosti, ki so bili očitno uspešni: na gorvodni pregradi je intenziteta pronicanja le 26 l/s, na dolvodni pa 60 l/s.

**Splavnici** bosta po dokončanju premoščali 113 m višinske razlike med zgornjo in spodnjo vodo. Njuna dolžina je 1607 m, med dvema »voznima pasovoma« je 60 m širok ostanek raščene skale. Granitna kamenina zagotavlja možnost vertikalnega izkopa do 60 m, medtem ko je največja globina izkopa celo 170 m. Skalna osnova je sicer stabilna, vendar bo zaradi vodnih pritiskov po napolnitvi akumulacije podvržena dodatnim obremenitvam. V ta namen je predviden in deloma že izveden obsežen drenažni sistem vzdolž celotne dolžine splavnic. Osrednji blok med splavnicama je utrjen s 3600 prednapetimi, 300-tonskimi kabli, zunanji boki pa s 100.000 sidri. Celotna količina izkopanega materiala iz splavnic je  $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Večina tega materiala je zahtevala izkop z miniranjem, zato je bila posebna pozornost posvečena kontroliranemu miniranju ter monitoringu posledic, med drugim z uporabo 1500 merilnih instrumentov samo za splavne komore.

Posebno poglavje predstavlja vgradnja ogromnih količin specialnih in klasičnih **betonov**. Zaradi velikega pomena pregrade in celotnega TGP je bila posebna pozornost posvečena njihovi trajnosti, predvsem v smislu kemičnih vplivov alkalnih agregatov, sestave mešanic, kontrole vodocementnih faktorjev, ipd. V drugi fazi izgradnje naj bi se vgradilo  $18.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  betonov, od tega  $12 \times 10^6$  v pregrado in strojnici. To pomeni letno količino 4 – 5 milijonov  $\text{m}^3$ , kar je že samo po sebi rekord. Vgrajevanje poteka z uporabo



kombinacije stolpnih tekočih trakov, portalnih žerjavov ter kablinskih žerjavov. V drugi fazi izgradnje deluje na gradbišču 6 tekočih trakov, 4 kreterški žerjavi (ang. creter cranes – to so posebne izvedbe tekočih trakov, katerih dolžina je prilagodljiva po principu raztegovanja lestve - v slovenščini pa zanje še nimamo izraza), 8 kompletov 20-tonskih portalnih in stolpnih žerjavov, 2 kablenska žerjava dolžine 1416 m ter nosilnosti po 25 t ter 9 betonarn s skupno urno zmogljivostjo 2400 m<sup>3</sup>. Kontrola temperature vgrajenega betona je razen zaradi velikih količin otežena tudi zaradi vročih poletij z najvišjimi temperaturami do 40 °C ter z možnostjo hitrih temperaturnih sprememb. V betonarnah se beton z zračnim hlajenjem in dodajanjem ledu ohladi na 7 °C, kar v kombinaciji z v pregrado vgrajenim hladilnim sistemom ter ustreznimi hladilnimi ali izolacijskimi ukrepi na površini zagotavlja najvišjo temperaturo betona 29 – 30 °C.

Tudi o **hidromehanski opremi** ogromnih dimenzij bi lahko napisali posebno poglavje, vendar bomo omenili le posebnost turbin, ki bodo morale obratovati v izredno spremenljivih pogojih z nihanjem padca do 52 m oz. v razponu med 113 in 61 m. Ta oprema je eden od redkih elementov TGP, pri katerem v večji meri sodelujejo tuji dobavitelji. Zelo ilustrativen je podatek, da so se v ta namen celo največji svetovni proizvajalci organizirali v konzorcije: 8 turbin od prvih 14 (za levo strojnico) bo dobavil konzorcij Alstom – ABB, preostalih 6 pa konzorcij GE Canada – Voith – Siemens. Zanimivo je tudi, da bo po ustaljeni kitajski praksi 30% dela tujih dobaviteljev opravljenega na Kitajskem, kar jim zagotavlja določen prenos znanja. Vrednost prvih 14 turbin je 740 milijonov USD. Kot dodaten podatek še omenimo, da turbinski del HE ne presega bistveno dosedanjih rekordov, saj imajo tako Itaipu (Brazilija) kot Grand Coulee (ZDA) in Guri (Venezuela) približno enake inštalirane moči po agregatu, naslednji v družbi »velikih«, Krasnojarsk (Rusija) pa že nekoliko zaostaja.

## VPLIVI NA OKOLJE

Vplivi takšnega objekta na okolje so seveda ogromni, vendar smo pred približno letom dni ob ogledu podobnega objekta v Braziliji (Itaipu) zapisali, da so vatli za njihovo oceno v teh deželah drugačni. V ospredju je še vedno človek, in če bi bilo takšno gledanje še možno zameriti razmeroma razviti Braziliji, v primeru Kitajske verjetno noben zahodnjak nima pravice oporekati posegom, kakršne je Zahod izvajal še pred nekaj desetletji. Okoljski vidiki projekta TGP so seveda najbolj na udaru svetovne javnosti, zato je bilo delo na Presoji vplivov na okolje (PVO) zastavljeno že v 50-ih letih. O tem so na voljo številna poročila, predvsem je zanimiva brošura s povzetki, ki jo je možno dobiti na sedežu TGP (naslov je na voljo tudi na sedežu SLOCOLD).

Najbolj opazen vpliv bo seveda **pojavnost akumulacije** s prostornino  $39.3 \times 10^9 \text{ m}^3$  (8.7% letnega odtoka v profilu pregrade) in koristno prostornino  $16.5 \times 10^9 \text{ m}^3$  (3.6% letnega odtoka). Akumulacija bo dolga 600 km in v povprečju široka 1.1 km, kar je manj kot dvakratnik sedanje povprečne širina. Površina akumulacije bo 1084 km<sup>2</sup>, od česar bo dodatno poplavljenih površin za 632 km<sup>2</sup>. Zadnji številki sta sicer nekoliko v nasprotju s predzadnjima, vendar »na terenu« ob obilici podatkov

ni bilo možno preveriti še tega. Zaradi majhne zadrževalne sposobnosti bodo spremembe v hidrološkem režimu nespremenjene ali majhne (npr. v oktobru, ko se bo bazen polnil).

Na podlagi PVO so v kratkem povzetku projekta izpostavljene glavne **koristi** projekta: povečana poplavna varnost obsežnega dolvodnega področja in deloma celotnega srednjega in spodnjega toka Jangceja, z vsemi ugodnimi posledicami: preprečevanjem skoraj vsakoletnih človeških žrtev poplav, povečano poplavno varnostjo Wuhana, možnostmi za ureditev obsežnega močvirno-jezerskega področja Dongting ter izboljšanjem higienskih oz. zdravstvenih razmer (razširjenost šistosomiaz). TGP bo proizvajala **»čisto« energijo**, zaradi česar bo letnih izpustov v okolje manj za 100 milijonov ton CO<sub>2</sub>, 2 milijona ton SO<sub>2</sub>, 10 tisoč ton CO ter 370 tisoč ton NO<sub>x</sub> (dušikovih oksidov), da ne govorimo o odpadnih vodah ter ostalih odpadkih, npr. pepelu, etc. Po izgradnji se bo zaradi razširjenega **vodnega okolja** razvilo intenzivnejše ribištvo, v sušnem obdobju se bo izboljšala kakovost reke dolvodno, zmanjšali vdori slane vode v estuarijskem delu ter (verjetno s tem v zvezi) izboljšala vodopreskrba Šanghaja.

Od **negativnih vplivov** bo najbolj viden **vpliv na znamenite Tri soteske**, ki bodo poplavljeni v višini od 40 do 100 m. Kljub temu, da bo to ponekod pomenilo izginotje sedanjih značilnih pogledov, ostaja dejstvo, da so vrhovi nad soteskami visoki od 800 do 1100 m, tako da bo dobršen del dramatičnosti ohranjen. Po drugi strani se bo olajšal dostop v druge predele porečja (npr. Male Tri soteske) in ustvarile nove kvalitete, npr. panorame z mirujočo, zeleno vodo. Podobno kot pri drugih tovrstnih projektih po svetu, se bodo premestili najpomembnejši **arheološki spomeniki** od 44-ih, ki bodo poplavljeni. Zaradi lokacije v ozki dolini, ki je že sedaj pogosto visoko poplavljena, predvidoma tukaj **ni ogroženih rastlinskih in živalskih vrst**. Glavna zaščitena vrsta ribe je kitajski jeseter, ki ima selilno pot že 20 let prekinjeno s pregrado Gezhou, zato se je že pred časom uveljavilo in uspelo njegovo umetno gojenje. Od nacionalno zaščitene vrste so na tem območju pomembni še kitajski delfin, katerega habitat je 100 km dolvodno in ne bo prizadet, sibirski žerjav in jangcejski krokodil, katerih habitati prav tako ne bodo ogroženi. Zaradi zaježitve se bo kakovost vode gorvodno od pregrade nekoliko poslabšala, vendar zaradi kratkih zadrževalnih časov ni pričakovati eutrofikacije, poleg tega pa tečejo tudi dela na zmanjšanju emisij z uporabo več in večjih čistilnih naprav, predvsem za velika mesta. Največji in najdražji negativni vidik TGP je potreba po **preselitvi 1.1 milijona prebivalcev**, od tega cca 40% kmečkega prebivalstva. Za to so namenjena ogromna sredstva in napor, vendar zagotavljajo, da vse teče po načrtih. Naloga je deloma olajšana z dejstvom, da gre za nerazvita področja z dohodki daleč pod nacionalnim povprečjem, zato so preselitve marsikje združene z željo po pospešitvi razvoja. To seveda pomeni dodatna sredstva, vendar - če si dovolim subjektivno pripombo, ki se mi je porodila ob ogledu bregov - bo marsikje še najbolje, če se beda obrečnega prebivalstva ter degradiranost brežin za vedno skrijeta pod vodo.

## STROŠKI

Na kratko: investicijska vrednost TGP po oceni iz leta 1993 je približno 11.3 milijarde USD, od česar predstavlja 56% sama pregrada, ostalih 44% pa preselitev prebivalstva ter ureditev akumulacije. Zaradi podražitev, inflacije ter stroškov kreditov je končna vrednost ocenjena na 25 milijard USD.

## ZAKLJUČEK

Poleg vseh naštetih superlativov je potrebno omeniti še, da je TGP pravzaprav le nadaljevanje izkoriščanja Jangceja, ki se je začelo leta 1988, ko je bila dokončana prva elektrarna, oziroma projekt Gezhouba. Pregrada Gezhouba pregrajuje reko 40 km dolvodno od lokacije pregrade TGP, oziroma 2.3 km nizvodno od izhoda iz zadnje od Treh sotesk. Ta 2606 m dolga pregrada višine 54 m zagotavlja 21 turbinam s skupno inštalirano močjo 2715 MW letno proizvodnjo 15 TWh. Ob ogledu tega objekta smo se lahko že v živo čudili dimenzijam, ki nas pri pregradi TGP čakajo šele čez nekaj let: vsaka od dveh strojnic je dolga preko 600 m in široka približno 50 m, agregati imajo dimenzije reda velikosti Ø 45 m, itd. In veste, kaj je najbolj zanimivo:

celoten projekt Gezhouba predstavlja le **izravnalni bazen** za projekt TGP. Če to ugotovitev prenesemo v slovenske razmere, lahko ugotovimo, da so Kitajci v primerjavi s Slovenci zelo iznajdljivi: najprej so zgradili izravnalni bazen, sedaj pa gradijo glavnega – za vsak primer, če bi se našli ostroumneži, ki bi dokazovali, da je stanje po zaježitvi z glavno pregrado pravzaprav naravno in da bi izravnalni bazen pomenil nekoristen poseg v prostor. Vsaka podobnost s katerim od slovenskih projektov je seveda naključje.

Ni pa naključje dejstvo, da sta tako ob pregradi Gezhou kot ob rastoči pregradi TGP zrasli novi, moderni mesti, ki ju povezuje 30 km avtoceste s 5 tuneli in 34 mostovi, za povrhu pa še viseči most spoštljivih dimenzij (skupna dolžina 1100 m, razpon 900 m). Gre torej še za en predel Kitajske, ki ni prav nič več Kitajski, saj bo vsako od teh mest po nekaj letih od daleč zgedalo kot mestece ob Renu ali Donavi. Ljudje v teh krajih se namreč še zavedajo, da takšni objekti prinašajo več koristi kot škode. Pri tem jim nekoliko še pomagajo Maove besede, v čemer pa prav tako najdemo več dobrega kot slabega. To je pa že povsem druga zgodba...

Andrej Širca

## Literatura

### PREGLED LITERATURE Z XX KONGRESA ICOLD V PEKINGU

Kitajski komite (CHINCOLD) se je tudi z vidika strokovne literature izkazal za izvrstnega gostitelja, saj so vsi udeleženci XX kongresa prejeli vsaj naslednjo literaturo:

1. Large Dams in China, A Fifty – Year Review (China Water Power Press, 1129 str)
2. Proceedings of International Symposium on Concrete Faced Rockfill Dams (605 str)
3. J. Barry Cooke Volume on Concrete Face Rockfill Dams (315 str)
4. Proceedings of China Yangtze Three Gorges Project (210 str)
5. Harnessing the Rivers – Large and Medium Hydropower Stations in China (235 str)

Radodarnost organizatorjev je sicer povzročala pravo moro pred okenci za registracijo letalske prtljage, vendar nam je vsem Slovencem uspelo spraviti domov omenjene knjige, pa tudi nekatere druge. Da bi od naših naporov še kdo imel kaj koristi, v nadaljevanju podajamo hiter pregled vsebine, vse knjige (in še nekaj drugih) pa so na voljo v knjižnici SLOCOLD.

**1) - Large Dams in China** s svojimi dimenzijami spominja na Biblijo in to tudi je – kompleten in podroben pregled posameznih vidikov kitajskega pregradnega inženirstva, s številnimi konkretnimi podatki o posameznih objektih. 1129 strani knjige se deli v 21 poglavij, ki najprej obravnavajo splošne vidike: Zgodovinski razvoj in najnovejše dosežke (1), hidravlični potencial rek ter metode načrtovanja za njegovo izkoriščanje (2), osnovne hidrološke metode za načrtovanje in upravljanje (3), zaščito okolja ob gradnji pregrad (4), inženirsko geologijo nasploh in oris največjih projektov s tega vidika (5) ter pregled posameznih pregradnih tipov (6). Sledi nekaj bolj specialističnih poglavij, vezanih na posamezne tipe in sicer: o optimizaciji oblike ločnih pregrad (7), razvoju pregrad iz valjanega betona (8), posebnih betonih za velike pregrade (9), pregradah z betonsko oblogo (10). Naslednja poglavja so namenjena bolj geomehanskim problemom, saj gre za podzemne objekte (11), stabilnost pobočij (Rock Slope Engineering) (12) ter potresno varnost pregrad (13). Sledita dve poglavji, vezani na vodo in sicer energijski disipatorji (14) ter objekti za zagotavljanje plovnosti (15). Pregled se počasi zaključuje z opisi treh glavnih projektov: Tri soteske (TGP) (16), ločna pregrada Ertan (17) ter pregrada Xiaolangdi na Rumeni reki (18), čemur sledi še krajše poglavje o hidromehanski opreми (19) ter o raziskovalnih programih ter ustanovah, ki so na tem področju aktivne (20). Pregled se

zaključuje z 21. poglavjem, ki poudarja velika pričakovanja Kitajske tudi za bodoče izkoriščanje hidroenergije.

**2) – International Symposium on Concrete Faced Rockfill Dams** prinaša 54 prispevkov v 5 sklopih: Splošno (General), Materiali za pregrade (Dam materials), Načrtovanje (Design), Izvedba (Construction) ter Opazovanje in obratovanje (Monitoring and Performance). Iz vsakega sklopa je bilo izbranih nekaj avtorjev, ki so nato posamezne objekte predstavili kot celoto, vendar s poudarkom na detajlih. Najbolje prikazani in očitno podprti z bogatimi izkušnjami so bili prispevki J.B. Cooke-a (ZDA) o oblikovanju pete (ang. plinth) nasutih pregrad, A. Marulande (Kolumbija) o dosežkih v gradnji CFRD v Kolumbiji, S. Guiducija (Avstralija) o dosežkih v Avstraliji ter R. Morija (Brazilija) o brazilskih CFRD. Med objavljenimi prispevki je 70 % kitajskih, pri predstavitvah pa je bil odstotek bistveno nižji.

**3) – J.B. Cooke Volume on CFRD** je posvečen J.B. Cookeu, ki je ena od največjih svetovnih avtoritet pri gradnji CFRD. Knjiga je nekakšen zbornik prispevkov, ki so jih zbrali njegovi sodelavci in prijatelji in v katerih so obravnavani posamezni problemi gradnje CFRD, pa tudi splošni pregledi dosežkov po svetu. Pravzaprav podobno prispevkom iz predhodno omenjene knjige, vendar bolj poglobljeno in podprto z bibliografijo. Za primer nekaj naslovov, ki jih ne prevajamo: Foundation Treatments, CFRD Constructed on Deep Alluvium, Construction Features of CFRD, Instrumentation for CFRD, Recent Experience on Design, Construction and Performance of CFRD.

**4) Proceedings of China Yangtze TGP** prinaša nekoliko bolj poglobljen prikaz projekta Treh sotesk, ki je organiziran v 6 sklopov: v prvih dveh sklopih General Review in Project Management, Supervision and Quality Control je po 6 prispevkov, sledi jima Engineering and Construction z 8 prispevki, Mechanical & Electric

Equipment and Transmission s 3 prispevki, Eco-Environment, Sedimentation and Cultural s 4 prispevki ter nazadnje še Resettlement s prav tako 4 prispevki. Posameznih naslovov ne omenjamo, saj so za tistega, ki ga projekt resnično zanima, zanimivi vsi. Vsi prispevki so delo kitajskih avtorjev in pripravljene na tehnično in jezikovno visokem nivoju, podobno kot knjiga Large Dams in China.

**5) Harnessing the Rivers** pomeni v prevodu »izkoriščanje rek«, bolj poetično pa lahko tudi »brzdanje rek« in je nekakšna velikoformatna slikovna priloga knjigi Large Dams in China. V kongresnem materialu so knjigo Harnessing the Rivers imenovali tudi »Album of Chinese Hydropower«, kar zelo ustreza njeni vsebini. Poleg uvodnega kratkega pregleda naravnih danosti in strateških usmeritev Kitajske je v jedru knjige predstavljenih 88 najpomembnejših obstoječih hidroenergetskih objektov ter 11 načrtovanih. Vsak od objektov je predstavljen v povprečju na dveh do štirih straneh, brez tehničnih podlog (načrtov), samo z opisi bistvenih funkcij (energetika, reguliranje visokih voda, namakanje, etc) ter z veliko fotografijami. Priporočilo: Barvita knjiga za listanje pred spanjem. Odsvetujemo pa tistim, ki bi se morda sekirali, da takšnih objektov v Sloveniji nikdar ne bo.

Poleg naštetih knjižnih izdaj za konec omenjamo še nekaj zanimivejših brošur, ki bodo morda zanimive za člane SLOCOLD: **Concrete of Swiss Dams: Experiences and Synthesis** (poslano naknadno vsem udeležencem kongresa), **Highlights of Brazilian Dam Engineering** (AM leta 2002 je v Braziliji) ter **Current Activities on Dams in Japan**.

Andrej Širca

## STROKOVNA EKSKURZIJA

Zaradi obilice dela ob zaključku leta (ki nam ga zagotavljajo tudi v nadaljevanju prikazani objekti) je letošnja strokovna ekskurzija SLOCOLD predstavljena le kot fotoreportaža. Potekala je v petek, 17. novembra, močno v senci dogajanj ob usodni sprožitvi Mangrtskega plazu. Zaradi napovedanega nadaljevanja deževja smo pričakovali manjšo udeležbo, vendar je pogumne nagradila tudi narava – deževati je začelo šele po zaključku ogleda vseh objektov na Soči. Ostale dejavnosti – kosilo in

ogled Idrijskega rudnika – pa so potekale bolj ali manj na suhem.

Že na poti proti Soči so nam konstruktersko domišljijo burili objekti kot vipavska avtocesta, plazišča pod Nanosom in polna pregrada Vogršček, kjer smo lahko – res bolj na hitro, z avtoceste – opazovali delujoč trobentasti (ang. morning glory) preliv. Po ekspresni vožnji in brez zastojev smo prispeli do gradbišča HE Plave II, kjer nas je

pričakala gostiteljska ekipa Soških elektrarn in izvajalcev del.



**Slika 1:** Strojnica HE Plave II

Na sliki 1 je lepo viden uzvodni del zaščitnega gabionskega zidu gradbene jame in zaključeni objekt strojnice. Slednji je zaradi lepe arhitekture požel mnogo pohval. Gabionski zid pa je prav vzorčni primer tovrstne konstrukcije, ki je v letih izgradnje uspešno kljuboval vsem visokovodnim valovom Soče in je prava škoda, da je samo začasni objekt.

Lastniki stanovanjske hiše na sliki v desnem delu si bodo gradnjo verjetno od vseh najbolj zapomnili, saj jim je hrup v času največjih aktivnosti v gradbeni jami povzročil kar nekaj sivih las.



**Slika 2:** Montaža generatorja

V notranjosti strojnice HE Plave II je potekala montaža generatorja, gradbena dela pa so zaključena.



**Slika 3:** Vtočni objekt HE Plave II

Zelo zanimiva točka je bilo gradbišče vtoka v dovodni rov HE Plave II pri jezu Ajba, ki je ščiteno z začasno betonsko ločno pregrado. (slika 3) Podobna a še višja pregrada je predvidena za zaščito gradbene jame vtočnega dela HE Dobljar II.

Posebnost plavskega vtoka je ta, da se pod obema vtočnima odprtinama nahaja vtok v odpeskovalni propust. Ta bo pri višjih pretokih Soče transportiral vlečeni prodni nanos v spodnjo vodo in tako pred njim zaščitil dovodni sistem hidroelektrarne. V Inštitutu za hidravlične raziskave, kjer je bil izveden tudi fizični model omenjenega objekta, je bilo ugotovljeno, da znaša transportna količina proda letno tudi do 20.000 m<sup>3</sup>. Zaradi velike obremenjenosti bodo stene propusta prevlečene s posebej visokoodpornim materialom "Siloxirane" proti obrusu.



**Slika 4:** Pregrada Ajba

V času ogleda je bil pretok Soče cca 800 m<sup>3</sup>/s, kar še ni ekstremno visoka voda, vendar nam je bil omogočen ogled podslapja v »polnem obratovanju«. (slika 4) Dolvodno, v bazenu Solkan, smo lahko opazovali izredno zanimiv pojav vtoka bistrre izvirske vode v kalno vodo Soče.





**Slika 5:** Tunelski vlak – del za prevoz osebja

Na gradbišču dovodnega rova HE Doblar II smo se s transportnim vlakom odpeljali na čelo tunela, 1300 m globoko v hrib. Na zgornjem delu slike 5 je viden element obloge rova med nakladanjem na transportni vlak.



**Slika 6:** Postavljanje montažnih tunelskih elementov

V tunelu smo lahko opazovali napredovanje glave TBM stroja po principu opiranja na že izdelano oblogo in na hribino, ter faze nameščanja posameznih elementov obloge (slika 6). Vse delo, tako kopanje kot oblaganje in odvoz materiala, je mehanizirano in poteka v izredno čistih razmerah. Da je v boju z naravo na delu močan stroj, izdajajo le vibracije celotne vrtnalke in hrup.



**Slika 7:** Tunelski vlak z montažnimi elementi

Z vlakovno kompozicijo se v tunel dovažajo elementi obloge, iz njega pa odkopani material. (slika 7) Proti čelu tunela se proga razdeli na dva tira, eden je namenjen prihajajočemu vlakom, drugi odhajajočemu. Za laika je impresivna kontrola smeri vrtnanja z laserjem, pa tudi urejenost in čistost notranjosti tunela.



**Slika 8:** Obstoječi vtok HE Doblar, v ozadju pregrada Podsela z odprtima prelivoma

Zadnja točka ogleda pred slovesom od Soče je bilo gradbišče vtoka v dovodni sistem HE Doblar II. Zaradi visoke vode smo lahko opazovali le delno spraznjen bazen Doblar (slika 8), po drugi strani pa smo imeli redko priložnost videti (in deloma čutiti) delovanje visokovodnih prelivov pri večji količini vode. Poleg že opisanih objektov smo si ogledali še podzemni gradbišči vodostana HE Plave II (zaključeno betoniranje obloge v eni komori in začetek betoniranja v drugi komori) ter strojnice HE Doblar II, kjer je potekala montaža turbinske spirale. Z obeh podzemnih gradbišč nimamo kakovostnega slikovnega materiala.

Ogledom objektov na Soči je sledilo kosilo v znani gostilni pri Štefanu v Mostu na Soči ter mračna vožnja po deževni Keltiki do Idrije. Tam smo šli še enkrat pod zemljo, tokrat v rudnik živega srebra. O njem je bilo že veliko napisanega, zato si preberite drugje. Ali pa pridite na naslednjo strokovno ekskurzijo, da vam ne bo znova žal, ker vas ni bilo zraven... Sicer pa je bila letošnja ekskurzija po številu udeležencev menda rekordna!

Andrej Širca, Iztok Močnik

**VSEM ČLANOM SLOCOLD ŽELIMO VESELE  
BOŽIČNE PRAZNIKE TER VELIKO ZDRAVJA IN  
USPEHA V NOVEM LETU 2001**

**uredniški odbor glasila "Velike Pregrade"**



