

# VARNOST VELIKIH PREGRAD NA VODNIH AKUMULACIJAH\*

Marko Breznik\*\*

UDK 627.81

Velike pregrade so zaradi poplavnega vala ob porušitvi najbolj nevaren gradbeni objekt. Njihova nevarnost je podobna nevarnosti jedrskih elektrarn, razlika pa je v tem, da je pri jedrskih elektrarnah nevarno obratovanje, pri velikih pregradah pa stabilnost objekta. Od 20.000 pregrad v svetovnem registru se jih je porušilo 1000.

Porušile so se predvsem starejše pregrade, ki niso bile zgrajene v skladu s sedanji načeli varne gradnje, ki se prilagajajo izkušnjam, pridobljenim z analizo vzrokov porušitev. Zemeljske pregrade so se porušile predvsem zaradi preliivanja katastrofalnih voda in erozije kot posledice, betonske pa zaradi zdrsa pod vplivom vodnega pritiska. Kljub mnogo boljši gradnji se vsako leto podreता povprečno 2 novejši veliki pregradi.

Tudi mi smo bili ogroženi zaradi težav na 200 m visoki pregradi Kölnbrein (Malta) na območju Drave. Zaradi prevelike obremenitve temeljne kamnine jim je dvakrat počil beton v dolžini 20 m v spodnjem delu pregrade ob levem boku. Obakrat so imeli tudi znatne izgube vode, prvič nad 200 l/s in drugič še več. Prva sanacija ni uspela. Sedaj končujejo drugo, s katero bodo ločno pregrado podprli s 60 m visoko ločno-težnostno pregrado zaradi enako-mernejšega prenosa napetosti v temeljna tla, ki so bila prej preveč obremenjena. Ali smo bili o tem kaj obveščeni?

## Zanemarjena varnost velikih pregrad

V zadnjih desetletjih se je pri nas skrb za varnost velikih pregrad stalno zmanjševala, kar dokazujejo naslednji primeri.

### Jez Melje

Jez Melje je bil zgrajen v letih 1964–1965. Med gradnjo desnih treh pretočnih polj, ki so imela horizontalno temeljno ploskev, so ugotovili, da imajo temeljna tla slabše geotehnične lastnosti, kot so pričakovali. V temeljnih tleh so miocenski laporji, podobni gorenjski "sivici", z vpadom plasti okrog  $10^\circ$  v nizvodni smeri, ki so delno tektonsko zdobljeni in na površini pod vplivom zraka in vode preperevajo v lapornato glino. Sklenjeno je bilo, da je treba stabilnost jezu proti zdrsu povečati s prednapetimi sidri. Pri realizaciji so sodelovali:

- Laboratorij za mehaniko tal FAGG Ljubljana (prof. Šuklje) za geomehanske analize zemljine,
- Projektivni biro GP Tehnika Ljubljana (Breznik) za stabilnostne analize in projekt sanacije, (1, 6)

- ZRMK Ljubljana (Jenček, Zajc) za projekt katodne zaščite, verjetno prve v Jugoslaviji za takšen objekt, (8)
- Geološki zavod Ljubljana za vsa vrtilna dela,
- Tehnogradnje Maribor za projekt, vgradnjo in napenjanje sider,
- Dravske elektrarne Maribor za stalno kontrolo delovanja in vzdrževanja sider.

Raziskave vzorcev so pokazale, da je kot notranjega trenja zemljine  $20-23^\circ$  in da je objekt na meji stabilnosti za ravno in plitvo krožno drsino. S prednapetimi sidri in aktiviranjem kota notranjega trenja na  $19^\circ$  je bila varnost povečana na  $F = 1,1$ . Za vsako pretočno polje je bila potrebna natezna sila 6180 kN ali 1150 kN na posamezno sidro (slika 1). V vsakem polju je bilo vgrajenih po 6 sider, dolgih po 20,5 m, v razdalji po 3,2 m, naklonjenih  $15^\circ$  in  $25^\circ$  (slika 2).

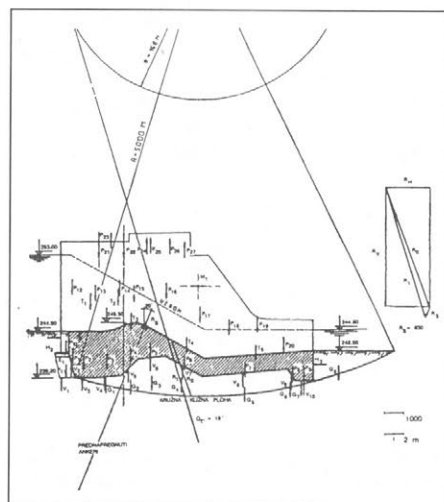
Prednapeto sidro lahko izgubi svojo funkcijo zaradi naslednjih pojavov:

- **popušcanje** sidrne glave  
Med napenjanjem sider, ki so jih Tehnogradnje vgradile za zagotovitev stabilnosti okrog 6 m visokih zidov gradbene jame, so 2 sidri izvlekli, ker je popustil spoj med sidrno glavo in kamnino. Osem metrov dolge sidrne glave naših sider imajo 11 čebulastih razširitev vrtnice s premerom 20 cm. Ena tako izdelano sidro smo obremenili do porušitve 2200 kN, pri tem sidrna glava ni popustila, ampak so se pretrgale jeklene žice pri izvlečenju za 90 mm.
- **korozija** jeklenih žic  
Jeklene žice so bile premazane z anti-korozijskim lakom in dodatno zaščitene s katodno zaščito s 114 kg težko cinkovo anodo kot virom elektrike. V letih po izgradnji so napetost in tok med anodo in sidri merili.
- **pretrganje** jeklenih žic kot posledica obremenitve in poslabšanja nosilnosti jekla zaradi električnih tokov
- **konsolidacija** laporja med sidrno in napenjalno glavo

Zmanjšanje razdalje med sidrno in napenjalno glavo smo izračunali na 30 mm iz ugotovljenih in privzetih modulov stisljivosti. Ocenjeno je bilo, da naj bi se četrtna laporja posedla v enem mesecu in polovica v enem letu. Za izgradnjo je bilo privzeto prvo in eno dodatno napenjanje po enem ali dveh mesecih. Pri prvem napenjanju na silo 1678 kN so bile žice izvlečene za 55 do 84 mm. Koristne sile so pri drugem napenjanju popustile na 1472 do 1658 kN. Za doseg zahtevane sile 1678 kN je bilo treba žice dodatno izvleči za 6 do 1 mm.

Projekt je predvideval, da naj bi pozneje merili obstoječo natezno silo v enem, za meritve prirejenem prednapetem sidru v vsakem polju in po potrebi dodatno napeli vsa sidra.

V treh levih pretočnih poljih, ki so jih gradili pozneje, je bila varnost proti zdrsu dose-

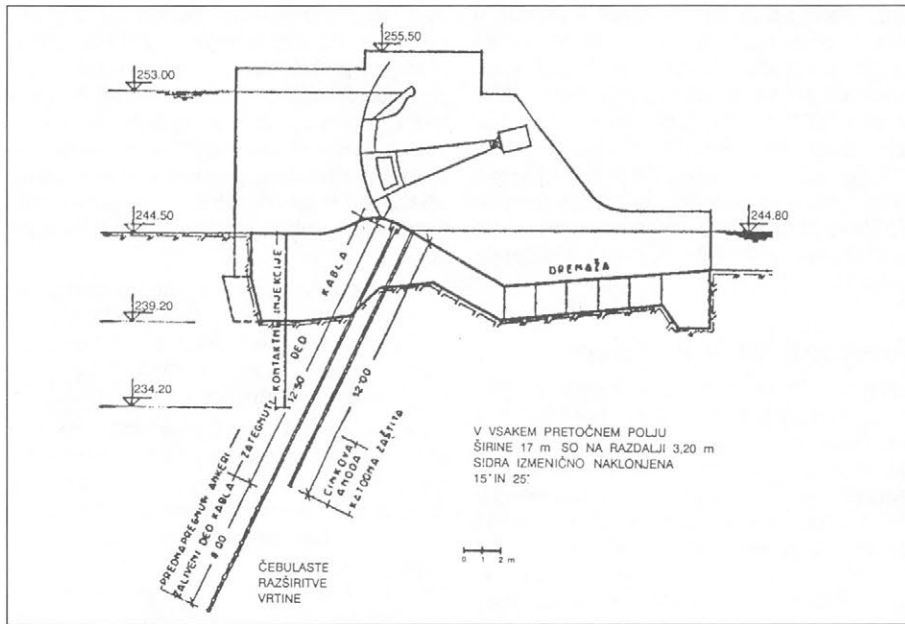


Slika 1. Stabilnostna analiza pretočnega polja s prednapetimi sidri jezu Melje za plitvo krožno drsino (Breznik, 1966).

Figure 1. Stability analyses of the overflow section of the Melje weir with the prestressed anchors for the shallow circular sliding plane (Breznik, 1966).

\* Razprava na 1. posvetovanju Slovenskega komiteja za velike pregrade SLOCOLD 17. 3. 1994, Gradbeni vestnik 6-7, 1994, in novejši podatki.

\*\* Upok. prof. FAGG, Dr., dipl. inž. gradb., dipl. inž. geol.



Slika 2. Konstrukcija prednapetih sidr s katodno zaščito treh desnih pretočnih polj jezua Melje (Breznik, 1966).

Figure 2. Construction of the prestressed anchors of the Melje weir, with the cathodic protection (Breznik, 1966).

žena z 2 m globoko poglobitvijo gorvodnega dela temelja, tako da prednapeta sidra niso bila potrebna.

Pred 3 leti sem vprašal inženirja Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij, ki nadzoruje velike pregrade, kakšna je sedaj sila v prednapetih sidrih. Odgovoril je, da ne ve, in pozneje, da tega niso merili. Na moj protest je odgovoril, da bo zahteval takšne meritve. V januarju 1994 mi je povedal, da so bile predvidene za leto 1993 in so odpadle zaradi pomanjkanja denarja. Sicer pa tudi druge nimajo dovolj denarja in ne upoštevajo njihovih predlogov za doseg večje varnosti.

Kontrolne meritve sile v prednapetih sidrih so prvič po letu 1965 izvršili maja 1994. V desnem pretočnem polju je bilo v sidru od 78 žic s premerom 5 mm pretrganih 36, v srednjem polju jih je bilo pretrganih 45, v levem polju so bile vse žice cele. Vse žice so bile pretrgane s krhkim lomom, ki je verjetno posledica zmanjšanja nosilnosti jekla zaradi električnih tokov. Obstoječa natezna sila v sidru v desnem pretočnem polju je bila 589 kN, v sidru v srednjem polju 687 kN in v sidru v levem polju 1472 kN. Potrebna bo sanacija, ki bo odvisna od nosilnosti preostalih 15 sider, ki imajo natezne glave zalite v betonu pretočnega polja. V računu in projektu smo predvideli v vsakem polju po 6 prednapetih sidr z dopustno nosilnostjo 1150 kN in natezno silo 1678 kN ob prednapenjanju.

## Hidroelektrarna Fala

Pred leti so med raziskavami za povečanje elektrarne ugotovili pod generatorsko dvorano kaverne, ki so verjetno nastale z erozijo naplavin, in v njih vzgonske vodne pritiske v višini zaježitve. Stabilnost stroj-

nice, ki je del visoke pregrade, je bila minimalna, ker v računu običajno upoštevamo, da se vzgonski pritisk pod objektom dolvodno močno zmanjša. Razmere so pozneje sanirali, opazovanja stabilnosti objekta pred tem pa so bila nezadostna.

## Pregrada Vogaršček

Geološko poročilo iz leta 1982 za 36 m visoko pregrado, temeljeno na levem boku na apnenec, v dnu in na desnem boku na flišni lapor in peščenjak, je bilo zelo ugodno. O možnih kraških pojavih ni bilo govora. Geološko poročilo je bilo izdelano na osnovi 11 sondažnih vrtin, od tega je segala samo ena vrtina 9 m pod dno temelja pregrade. Skupna dolžina vrtin na območju pregrade je bila 108 m. V levem boku so bili v 20 m globoki vrtini V-3 v apnencu izvršeni poizkusi vodo-prepustnosti pri pritisku 5 in 7 barov in prepustnost ocenjena kot zelo ugodna

$k = 2,2 \times 10^{-6}$  m/s. Izračunali so tudi možne skupne izgube 6–7 l/s, od tega skozi levi bok 3,3 l/s.

Projektant je predvidel izgradnjo pregrade iz kamenega nasipa z glinastim jedrom brez injekcijske zavese ali injekcijske galerije, ki bi poznejše injiciranje omogočala z mnenjem: "...izgradnjo pregrade v predvidenem pregradnem profilu omogočajo tudi geološke razmere...". V karakterističnem prerezu pregrade 1 : 200 je glinastomeljasto jedro temeljeno na "nosilna neprepustna tla", do katerih naj bi prišli z odkopom 2 do 3 m površinske plasti.

Odločbo za lokacijsko dovoljenje za gradnjo akumulacije Vogaršček s pregrado je izdal Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora 28.12.1983. Iz obraziložitve citiramo: "...smernice za izdelavo lokacijske dokumentacije za akumulacijo

Vogaršček dne 20. 5. 1983 ... Lokacijska 153 dokumentacija povzela temeljne ugotovitve iz vseh vodnogospodarskih študij, ki so bile do tedaj pripravljene od začetne ideje do idejnega projekta, oz. zaključka revizijskih komisij, smernic in zahtev ... 19. 9. 1983 lokacijska obravnava ... Analiza naravnih danosti, geografskih, hidroloških, geoloških in seizmičnih razmer ... V postopku je sodelovalo prek 20 strokovnih kvalificiranih institucij ... je razpravljala in jo sprejela revizijska komisija pri Zvezi vodnih skupnosti dne 10. 6. 1983 ... Iz dokumentacije je razvidno, da je na predvidenem mestu mogoče zgraditi pregrado, ki bo s svojo obliko in izvedbo omogočala tehnično popolno rešitev, brez nevarnosti, da bi prišlo do porušitve in katastrofalnih posledic..."

Med izkopom so našli na znake zakraselosti v apnencih na levem boku, vendar so z gradnjo nadaljevali do končne višine. S krone pregrade so skozi glinasto jedro pregrade izvršili glavino sondažnih vrtin in izdelali novo geološko poročilo. Leča apnenca, ki je zakrasel, je na levem boku dolga 900 m in široka 200 m. Od levega boka vpada pod laporje pod pregrado. Lugeonovi poizkusi so pokazali izgube vode do 52 in ekstrapolirano 100 lugeonov (LU). Novo geološko poročilo iz leta 1986 je zahtevalo izgradnjo injekcijske zavese.

Varnost vsake pregrade je bistveno odvisna od geoloških razmer, ki morajo biti v največji možni meri pojasnjene do faze idejnega projekta. Za pregrado Vogaršček je bilo do te faze izvršenih okrog 10 % potrebnih geoloških raziskovalnih del (slika 3). Pogodbo za ta dela je sklenila projektantska organizacija, ki je imela verjetno z investitorjem skupno pogodbo za raziskovalna in projektantska dela.

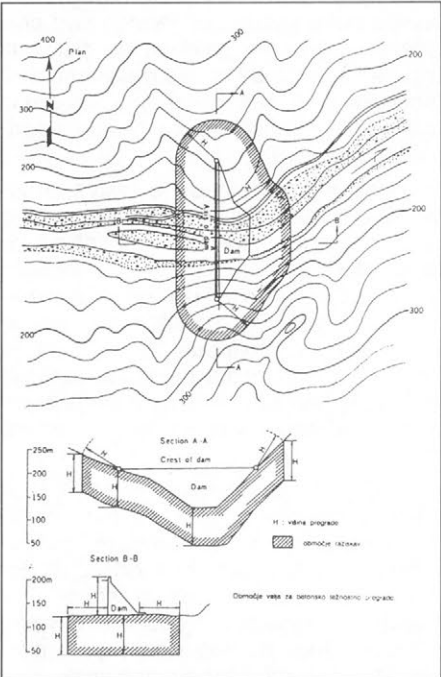
Projekt je bil potrjen na interni kontroli tehnične dokumentacije in na investitorjevi revizijski komisiji. Na povsem zgrajeni pregradi so bila potrebna obsežna dodatna raziskovalna dela in sanacija z naknadno izgradnjo injekcijske zavese, globine 110,5 m pod krono pregrade. Povprečna poraba suhe mase injekcijske zmesi v 190 injekcijskih vrtinah je bila 335 kg na meter vrtine. Raziskovalne in injekcijske vrtine so bile vrtane skozi glinasto jedro pregrade. Ni podatkov o verjetnem poslabšanju homogenosti glinastega jedra. V letu 1994 so sanirali dolgo vzdolžno razpoko na kroni pregrade.

Sanacija prepustnih apnencev je dobro uspela. Povprečna poraba injekcijske zmesi v 10 poševnih kontrolnih vrtinah je bila 7 kg/m.

Izkušnje, ki nam jih je dal ta dogodek, so naslednje:

- Ovrednotenje rezultatov vodo-prepustnosti je bilo leta 1982 nesprejemljivo ugodno. Ekstrapolacija diagrama vodo-prepustnosti na pritisk 10 barov da izgube 15,7 do 19,7 lugeonov, kar je bil jasen znak zakraselosti ali izdatne razpokane in potrebe po umetni tesnitvi.

- 154
- Geološko poročilo iz leta 1982 je bilo pretirano ugodno, izdelano z malo izkušnjami v kraških terenih.
  - Ne poznamo recenzije geološkega poročila za revizijsko komisijo. Verjetno je ni bilo.
  - Površina in predvsem globina geoloških raziskav, s sondažnimi vrtnami in poizkusi vodoprepustnosti, je bila po količini okrog 10 % potrebne v primerjavi s svetovnimi standardi za nezakrasele kamnine (slika 3) in še manj za zakrasele kamnine, citiram: "Razlike v prepustnosti zakraselih kamenin so na majhnih razdaljah tako velike, da je potrebno za projekt in izgradnjo objekta mnogo več raziskovalnih del kakor v drugih kamninah." (2, 3)
  - Projektant in revizijska komisija sta bila zadovoljna z mnogo premajhno količino raziskovalnih del.
  - V letu 1984 je bilo za investitorja imenovano lokalno vodnogospodarsko podjetje, ki doslej ni imelo nobenih izkušenj s tako pregrado.



Slika 3. Površina in globina raziskav za projekt velike pregrade (Standards for Geological Investigations of Dam Foundations, 1978, Japanese National Committee of the International Commission on Large Dams).

Figure 3. Surface and depth of geological investigations for the design of a large dam (Standards for Geological Investigations of Dam Foundations, 1978, Japanese National Committee of the International Commission on Large Dams).

| Tip pregrade | Koeficient x H = površina raziskav |          |               |
|--------------|------------------------------------|----------|---------------|
|              | gorvodno                           | dolvodno | vstran v boke |
| ločna        | 1,0                                | 1,5      | 1,5           |
| težnostna    | 1,0                                | 1,0      | 1,0           |
| nasuta       | 0,5                                | 0,5      | 1,0           |

Leta 1959 se je zaradi zdrsa kamnine v levem boku hipoma podrla 60 m visoka ločna pregrada Malpasset blizu Nice. Nesreča je znana tudi po kraju Frejus, kjer je bilo 1000 mrtvih. Geološko poročilo je izdelal ugledni univerzitetni profesor, strokovnjak za petrografijo. To je bilo njegovo prvo geološko poročilo za veliko pregrado. Investitor je bila lokalna skupnost za namakanje, ki tudi še ni imela izkušenj z velikimi pregradami.

### Pregradi Mola in Klivnik

Pregrada Mola na reči Mola je bila zgrajena pred 15 leti. Visoka je okrog 30 m, z akumulacijo 3 milijone m<sup>3</sup>. Njen namen je bil skupaj s pregrado Klivnik ob suši z dodajanjem čiste vode izboljšati onesnaženo reko Reko. Zdaj ko Reka zaradi zapiranja tovarn in nove industrijske tehnologije ni več tako onesnažena, bi lahko ti dve akumulaciji priključili na obalno-kraški vodovod, namesto že dolgo časa predvidene akumulacije Padež.

Na levem pobočju pod pregrado Mola je vrsta izvirov z okrog 50 l/s. To so izgube iz akumulacije skozi levi bok pregrade v kamenini. Izviri so zajeti v kanale, nimajo pa naprave za merjenje pretoka, ki bi omogočila opazovanje njihovega časovnega razvoja. Te izgube so nekaj običajnega in ne ogrožajo stabilnosti pregrade.

Pregrada Klivnik na reči Mola je visoka okrog 35 m in ima akumulacijo okrog 4 milijone m<sup>3</sup>. Dolvodno pobočje nasute pregrade ima pet berm in je zatravljeno. Konec maja 1994 se je na zgornji bermi dolvodnega pobočja pojavil manjši izvir, ki baje ni bil povsem nov pojav. Ob ogledu v začetku junija 1994 izvira, ni bilo več, ker so gladino jezera znižali za 1 m. Nad zgornjo bermo je na pobočju okrog 10 m<sup>2</sup> površine brez trave, porasle z lapuhom, kar dokazuje svež poseg. Najnižja berna je zamočvirjena. Glave piezometričnih vrtin na kroni pregrade so nagnjene v dolvodni smeri (slika 4), kar opozarja na možnost počasnega plazenja pobočja. Na pobočju je mnogo reperjev za geodetsko opazovanje pregrade.

Vse nasute pregrade morajo biti izgrajene tako, da neprepustno glinasto jedro prepreči pretok vode in da drenažni filtri znižajo precejno gladino, ki je najvišja meja premočenosti pregrade, pod dolvodno pobočje pregrade, ki je sicer nestabilno. Precejno gladino je treba stalno opazovati v piezometričnih vrtinah v pregradi, v katerih je možno izmeriti gladino vode.

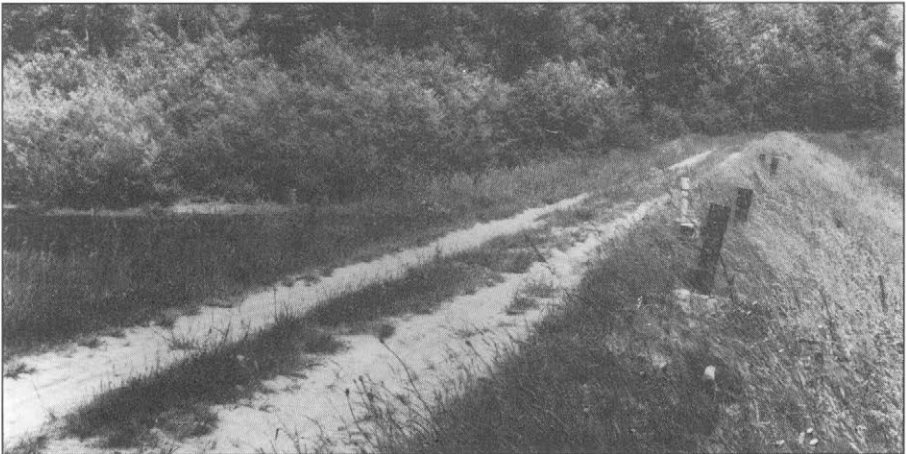
Pregrada Klivnik ima zgrajene piezometrične vrtnine, v katerih pa v zadnjih petih letih niso merili gladine vode. Tudi geodetskih reperjev, katerih namen je ugotoviti stabilnost pregrade, niso opazovali.

Izvir na zgornji bermi in zamočvirjenost spodnje berme opozarjata na verjetnost, da glinasto jedro ni dovolj neprepustno, da je precejna ravnina previsoka in da že seka dolvodno pobočje, katerega stabilnost je zato ogrožena. Potrebne so meritve glavin vode v pregradi v piezometrih in meritve geodetskih reperjev. Na osnovi teh rezultatov bo treba ugotoviti vzroke sedanjih težav in predlagati sanacijske ukrepe. Neprepustnost glinastega jedra bo možno povečati z glinasto-cementnimi injekcijami ali na boljši in dražji način z zgostitvijo gline z velikimi, na kابلu obešenimi vibratorji. Precejno gladino vode v pregradi je možno znižati s horizontalnimi vrtnimi drenažnimi cevmi.

Formalni investitor pregrad Mola in Klivnik je bila občina Ilirska Bistrica, resnični Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora, ki je moral upoštevati proteste sosedov za izboljšanje kakovosti reke Reke, ki teče v Timav, vodni vir za Trst. Upravljanje pregrad in nadzor nad njima so "obesili" komunalnemu podjetju, ki se želi "znebiti" tega bremena, ki je tudi po mojem mnenju za njih pretežko.

## Nujni ukrepi

Mislim, da so gornji primeri dokazali, da je skrb za varnost velikih pregrad premajhna in so potrebni določeni ukrepi.



Slika 4. Krona pregrade Klivnik, junij 1994. (Foto: Breznik).  
Figure 4. Crest of the Klivnik dam, June 1994 (photo: Breznik).



## Republiška uprava za varnost velikih pregrad

Ustanoviti je treba republiško upravo, ki bo imela velike pristojnosti, kot podobne državne uprave npr. v Švici, Kaliforniji in drugod in podobne kot naša republiška uprava za jedrsko varnost. Skrbeti bo morala za varnost velikih pregrad in zahtevati delno ali popolno izpraznitev akumulacijskih bazenov, kjer varnostni pogoji ne bodo izpolnjeni.

Kalifornijska uprava za varnost velikih pregrad je zahtevala polovično izpraznitev akumulacij Upper in Lower San Fernando Reservoir, ki sta bila rezervoarja pitne vode za Los Angeles in okrog 200 m višje od mesta. Znani potres San Fernando leta 1971 je obe zemeljski pregradi na pol porušil, vendar ju voda ni prelila in nista bili povsem porušeni. Katastrofa je bila vnaprej preprečena.

Po kongresu za velike pregrade smo se na ekskurziji 1985 leta pogovarjali z direktorjem švicarske uprave za varnost pregrad, ki je bil starejši ugleden strokovnjak. Njihova uprava je imela samo 5 članov. Ekspertize za stabilnostne analize je na stroške lastnikov objektov naročila pri najbolj uglednih projektantskih hišah. Na njihovi osnovi je odobrila obratovanje za naslednje obdobje ali zahtevala potrebne dodatne stabilizacijske ukrepe in delno ali popolno izpraznitev akumulacij. Zaradi sprememb načel projektiranja v sedanosti, npr. večjih potresnih obremenitev, je analizirala stabilnost vseh starejših pregrad in zahtevala prilagoditev novim zahtevam. Sanacije izvajajo postopoma.

## Sredstva za vzdrževanje in izboljšave

Gospodarske težave rešujemo že vrsto let s ceno za električno energijo, ki je za 30 % nižja od evropske in ki ne pokriva vseh stroškov. Zaradi pomanjkanja denarja ni bila dokončana izgradnja daljinskega vodenja hidroelektrarne Mavčiče. Stik na nepriključenem kablu, ki je nastal zaradi vlage, je leta 1992 povzročil samodejno odpiranje zapornice. Zapornice ni bilo možno ustaviti z ročnim upravljanjem pol ure, dokler ni zapornica dosegla najvišje točke in izklopila stikala za polavtomatsko upravljanje. V tem času je iztok narastel na 1190 m<sup>3</sup>/s, kar je 50-letna visoka voda. Ta poplavni val ni pretil hidroelektrarne Medvode samo zaradi prisebnega ukrepanja osebja, ki je pričelo pravočasno prazniti akumulacijski bazen. V Savi je dolvodno od Medvod poginilo mnogo rib. Denarja primanjkuje tudi za večja vzdrževalna dela na vtoku pregrade Moste.

Naše pregrade so stare nad 50 let (Fala, Doblar, Plave, Dravograd), nad 40 let (Mariborski otok, Vuzenica, Moste, Medvode) ali nad 30 let (Vuhred, Ožbalt, Melje). Zato so za vzdrževanje in izboljšanje stabilnosti potrebna večja dela.

Dosedanja praksa, da zaradi prenizke cene električne energije ali finančnih težav občin za ta dela ni denarja, ni sprejemljiva, kar ogroža varnost pregrad.

## Revizijske komisije

Za nevarnejše objekte, kar pregrade nedvomno so, je treba vpeljati državne revizijske komisije z velikimi pooblastili. Leta 1954 je bilo za hidroelektrarno Vuhred izvršenih 95 % geoloških raziskovalnih del. Za vrtino skozi prelomno cono nam niso odobrili sredstev. Prva obravnava na republiški revizijski komisiji je propadla, ker nismo mogli podati povsem pozitivnega geološkega mnenja brez te vrtine.

Za pregrado Vogeršček je bilo izvršenih okrog 10 % potrebnih geoloških raziskovalnih del. Revizija leta 1983, očitno opravljena z blago roko, je gradnjo odobrila. Na povsem zgrajeni pregradi so bila potrebna obsežna dodatna raziskovalna dela in sanacija z naknadno izgradnjo injekcijske zavese, globoke 110,5 m.

## Vpliv gradbenih strokovnjakov

Direktorji za izgradnjo hidroelektrarn v sosednji državi so bili vedno gradbeni inženirji, ker je zaradi stalnih "presenečenj" pri temeljenju mnogo gradbeniške problematike. Problematiko strojne in elektro opreme rešujejo v tovarnah. Francoska državna elektrarnaška družba EDF, ki je zgradila par sto velikih pregrad, je sporočila, da je bilo treba spremeniti 30 % načrtov, ker je izkop za temelje pregrad, kljub obsežnim predhodnim raziskavam, pokazal slabše lastnosti kamninske gmote kakor so jih pričakovali.

Pri nas so gradbišča in pozneje podjetja vedno vodili elektroinženirji. Posledica tega je, da je električni del hidroelektrarn bolj vzdrževan kot gradbeniški, ker je bilo zanj več denarja. To ni sprejemljivo, ker je stabilnost pregrad odvisna od vzdrževanja. Gradbeni strokovnjaki morajo dobiti večji vpliv v hidroelektrarnah.

Breznik, M., 1966. Primer povečanja stabilnosti brane sa prednapregnutim ankerima. Saop. sa VII kong. Jug. nac. kom. za visoke brane, Sarajevo, 171-175.

Breznik, M., 1979/1. Sigurnost i oštećenje "podzemnih brana" i drugih zaptivnih objekata u krasu. Saop. XI. Jug. kom. za visoke brane, Portorož, 34-43.

Breznik, M., 1979/2. The Reliability Of and Damage To Underground Dams and Other Cut-Off Structures in Karst Regions. Trans 13th Int. Cong. on Large Dams New Delhi, Vol IV 57-79.

Breznik, M., 1983. Večnamenska akumulacija Cerkniško jezero. Gradbeni vestnik, Ljubljana, 3-15.

Breznik, M., 1985. Explorations, Design and Construction of Cut Offs in Karstic Regions. Trans. 15th Int. Cong. on Large Dams Lausanne, Vol III, Q 58 R 67, 1111-1129.

Breznik, M., 1988. Ankerovanje brane Melje 155 – Doprinos našem tehničkom nasledstvu. Jug. simp. o injektiranju, Beograd, knj. II 84-86.

Japanese National Committee of the International Commission on Large Dams, 1978. Standards for Geological Investigation of Dam Foundations. Tokio, 1-38. Publication approved by the International Commission on Large Dams ICOLD, October 1978.

Jenček, L., Zajc, A., 1966. Katodna zaštita sider jezua Melje HE Srednja Drava 1. Saop sa VII kong. Jug. kom. za visoke brane, Sarajevo, 69-74.

Marko Breznik

## The risk of accumulations at large dams

Due to the possibility of a dam break wave, large dams can be considered to be potentially very hazardous structures. As many as one thousand are known to have collapsed. In Slovenia, relatively less attention has been paid to the question of their safety over recent decades. For instance, in the case of the weir built in 1965 at Melje on the River Drava, it was necessary, due to the poor geotechnical characteristics of the soil beneath the foundations (Miocene marl), to increase the stability of the structure using prestressed anchors. It is possible that the prestressing force – 6180 kN for one spillway opening – may have decreased with the consolidation of the marl. It was planned that, some time later, the actual tensile forces should be measured. However, these measurements have not been carried out. At the Fala hydro-electric power-station, measurements should have been made of the uplift pressure of the water under the foundations of the powerhouse, which had risen to a level equivalent to the height of containment of the dam and threatened its stability. The design of the Vogeršček dam was based on geological studies which were quite insufficient in scope. As a result, after the dam had been built, it had to be strengthened with a grout curtain reaching to a depth of 110.5 m into the limestone rock. Measurements using the piezometric head inside the new Klivnik dam were not performed during the last five years. A new spring and the moisture on the dam slope indicate a too high level of the percolation surface and a danger of the stability of the slope. It is proposed by the author of the paper that a special authority for the safety of large dams be established at a national level, and in addition to the State committee responsible for the review of designs for important structures. Since most dams in Slovenia are more than 30 years old, sufficient funds must be provided for their maintenance and renewal.