

ALI BO JEZ VZDRŽAL?

Zoran Stojič*

UDK 627.43

Članek odpira perečo problematiko varnosti pregrad. Grez za pregrade vodnih elektrarn, vodnogospodarske pregrade in ostale vrste pregradnih teles, ki po svojih tehničnih značilnostih spadajo v kategorijo pregrad.

Namen članka je predstaviti varnostni vidik pregrad v svetu in posledice nesreč, ki so vplivale na nadaljnji razvoj stroke o varnosti pregrad.

V članku so načelno razčlenjeni koncepti varnosti pregrad, ki so trenutno v uporabi, pri čemer je osnovni element visoke varnosti pregrad zanesljivost človeka in njegova osebna odgovornost.

V Sloveniji moramo v najbližji prihodnosti sprejeti lastno tehnično regulativo, ki bo urejala gradnjo pregrad od načrtovanja do obratovanja in vzdrževanja. Var-
nost pa bo urejeval poseben akt o varnosti pregrad. Pri tem je treba vključiti mednarodne izkušnje, ki jih ima organizacija ICOLD.

Javnost je postala glede vprašanj zdravlja in varnosti svojih življenj skrajno občutljiva. Sami smo ta čas priča obči zaskrbljenosti glede usode jedrske elektrarne in z njo tesno povezanega vprašanja lokacije odlagališča jedrskega goriva. Nič manj pa nas ne skrbi kemično, biološko ali toplotno onesnaženje naših rek niti katastrofalno slabšanje splošnih okoljevarstvenih razmer v Sloveniji.

Zlahka je moč predvideti, da bo v takem vzdušju tudi vprašanje varnosti obstoje-
čih in morebitnih bodočih pregrad prihajalo vedno bolj v ospredje. Sistematična presoja varnosti bo obvezna in veliko bolj podrobna ter natančna, kot je bila kdajkoli v preteklosti.

Kljub vsemu pa je strokovnjakom za visoke pregrade treba priznati, da so bili prav oni prvi, ki so se začeli sistematično ukvarjati s problemom odgovornosti in nujnosti poglobljanja znanja o varnosti pregrad.

Namen članka je prikazati stopnjo tveganja pri gradnji pregrad na naših vodotokih, zato ne bo obravnaval širšega pomena načrtovanja teh objektov ter vseh njihovih prednosti in pomanjkljivosti. Cena tveganja ter vsi pomisleki glede posegov v okolje so torej protiutež koristim, ki jih umetna jezera prinašajo. Med temi so: voda za potrebe namakanja ter preskrbo prebivalstva in industrije, proizvodnja ekološke energije in ne nezadnje večje možnosti rekreacije. Dodatno pa je prebivalstvo pod jezo obvarovano pred naravno vodno stihijo.

Poleg tega naj bi prispevek usmeril pozornost k strokovnemu odnosu do vprašanj varnosti pregrad, ki bi jih najkakovostneje lahko obravnavali v Nacionalnem komiteju za visoke pregrade, ki bi ga sčasoma včlanili v svetovno združenje za visoke pregrade ICOLD (International Commission on Large Dams). Za varnost pregrad bo treba poskrbeti tudi z ustrezno zakonodajo.

Članek prikazuje varnost pregrad kot strokovno dejavnost in obenem posega v okoliščine, ki trenutno prevladujejo v svetu. Te pa so naslednje:

- Nekatere nesreče v zadnjih desetletjih, ki so imele resne posledice, so

vzbudile pozornost tako laične kot strokovne javnosti, opozorile na pomanjkljivosti gradnje visokih pregrad ter s tem na njihov varnostni vidik. Zato je postalo očitno, da je nujno potrebno uvesti in uzakoniti varnostni postopek zasnovne pregrad.

- Višino in prostornino shranjene vode po celem svetu povečujejo. Starejše pregrade pa se približujejo stanju, ko je zaradi staranja materiala njihova obratovalna zanesljivost manjša, kar kaže na nujnost popravil in izboljšav. Obe dejstvi potrjujeta nujnost doslednega in strogega preverjanja varnosti.
- V razmerah, ko slovenska javnost o problematiki varnosti ni dovolj seznanjena in ko se generacija izkušenih graditeljev teh objektov pri nas počasi umika, je treba sistematično urediti domače in povzeti tuje izkušnje, regulirati zakonodajo in podpreti strokovnjake na tem področju. Javnost mora biti o vseh dogodkih objektivno obveščena.

Izkušnje iz preteklosti so nauk za bodoče načrtovanje

Tudi če si poizkusimo priklicati v spomin trpljenje in strah Armenije leta 1989, Ciudad Mexica leta 1985 in San Franciscu leta 1989 ter število vseh žrtev in škodo, ki so jo povzročili potresi, je jasno, da moramo vendarle živeti naprej in nadaljevati tam, kjer nas je nesreča zadela. Seveda ne moremo spremeniti niti koncepta naših objektov niti zato ne bomo menjali kraja bivanja, temveč bomo, kot je običajno, veljavne tehnične rešitve postopoma izboljševali.

V življenju se nenehno soočamo z nevarnostjo. Odgovornost naših dejanj pa je usmerjena k izogibanju nesreč. Zato se zgolj s statističnim pojmovanjem tvega-

nja nikakor ne moremo lotiti katastrofe rušenja in morebitnih nesreč inženirskih objektov. Če bi se v primeru nesreče morebitna škoda in izguba življenj nagibala k relativno visokim vrednostim, že na meji katastrofe, je potrebno zagotoviti verjetnost tveganja skoraj na ničelni ravni. Tveganje z ničelno stopnjo, praktično popolna varnost, pa je možna le, če načrte opustimo že pred njihovim uresničevanjem. Potemtakem bi bilo najbolje, da objekta sploh ne zgradimo.

Razumljiva je zaskrbljenost ljudi, s katero se soočajo načrtovalci pregrad, in ki izraža velik strah pred življenjem pod jezo. Gotovo pa je nerazumno oporekati varnost nekemu objektu, ki sicer dvomljivo ogroža neko večje ali manjše število ljudi, njihove dobrine, po drugi strani pa tolerirati nezadostno potresno varnost naših starejših zgradb, zaradi katere je lahko znatno več žrtev.

Nesreče pregrad niso neznanka

Ko se je pregrada Oros v Braziliji marca 1960 sesula, je življenje izgubilo 50 ljudi, 100 000 pa jih je bilo preseljenih. Tedaj se je v celoti sprostilo 730 milijonov kubičnih metrov vode s trenutnim največjim pretokom 9600 m³ na sekundo. Poplavni val je po koritu reke Jaguaribe v štirih dneh dosegel Atlantik, ki je od mesta nesreče oddaljen približno 340 km. Vrh poplavnega vala je prispel po 34 urah. Poplavni val je bilo konec po 13 dneh.

Poškodba pregrade se lahko konča s katastrofo. Rušenje jezusa, ki mu sledi poplavni val, pod pregrado v dolini podira pred seboj vse. Številni uporabniki vode so lahko življenjsko prizadeti, tudi če je obratovanje umetnega jezera samo delno oteženo. V določenih primerih pa je uničevalnemu delovanju izpostavljeno tudi okolje.

Varnost pregrade se kaže v odsotnosti vseh razmer, ki bi kakorkoli lahko vodile v poškodbe, ali v skrajnem primeru uničenje pregrade. Varnost je definirana kot odnos med dejanskimi razmerami, ki prevladujejo na pregradi, oz. razmerami, za katere je bila pregrada zasnovana, in tistimi razmerami, ki bi pripeljale do poškodbe in v skrajnem primeru do nesreče. Da je pregrada torej varna, mora v svojih prvinah vsebovati dovolj zaloge varnosti ob upoštevanju normalnih in izjemnih obratovalnih razmer, ki jih mora vzdržati vso uporabno dobo.

Pregrade so stara pridobitev civilizacije. Obstajajo poročila, ki pričajo o primeru pregrade Sadd-el-Kafra v Egiptu, ki se je

* Elektroprojekt Ljubljana, Hajdrihova 4, Ljubljana.

196 porušila med leti 2950 in 2750 pred našim štetjem.

V zadnjih 175 letih naše dobe je več kot 600 pregrad doživelo večje ali manjše poškodbe. O skoraj vseh obstajajo podrobna poročila. Čeprav to pomeni v povprečju tri nesreče na leto, se je treba zavedati, da število pregrad iz leta v leto raste, kar kaže na to, da se je v zadnjem času relativno število nesreč izredno znižalo.

Medtem ko so pri nas pregrade maloštevilne — nekaj jih še načrtujejo — v svetu njihovo število presega 12 000. So v vsaj stotih deželah sveta, v 18 so višje od 100 metrov.

Vzroki poškodb in porušitev pregrad so različni. So posledica tako neustreznega načrtovanja, problemov pri temeljenju, neakovostnega izvajanja gradbenih del, neustreznega obratovanja kot tudi vzdrževanja. Poleg teh so številni specifični vzroki poškodb, kot sta na primer potres ali vojna.

Nasute pregrade so ogrožene v naslednjih primerih:

- prelivanje pregrade zaradi neustreznega prelivnega objekta ali blokade zapornic,
- interna erozija materiala v temeljih ali na kontaktu s spremljajočimi objekti,

- poroznost temeljnih tal, ki lahko pripelje do sufozije ali izpiranja materiala,
- preveliko posedanje temeljnih tal,
- likvefakcija ali utekočinjanje materiala pregrade in temeljev.

Betonske pregrade so ogrožene v naslednjih primerih:

- pomanjkanje strižne odpornosti tal in bližina geoloških prelomov,
- prevelik vzgonski tlak,
- premajhen koeficient stabilnosti,
- nezadostna kompenzacija diferencialnih posredkov,
- erozija v tleh, ki jo povzroča precejnjenje vode.

Omenjene vzroke ponazarja preglednica 1.

Preglednica 1. Mesta nastanka porušitve (7).

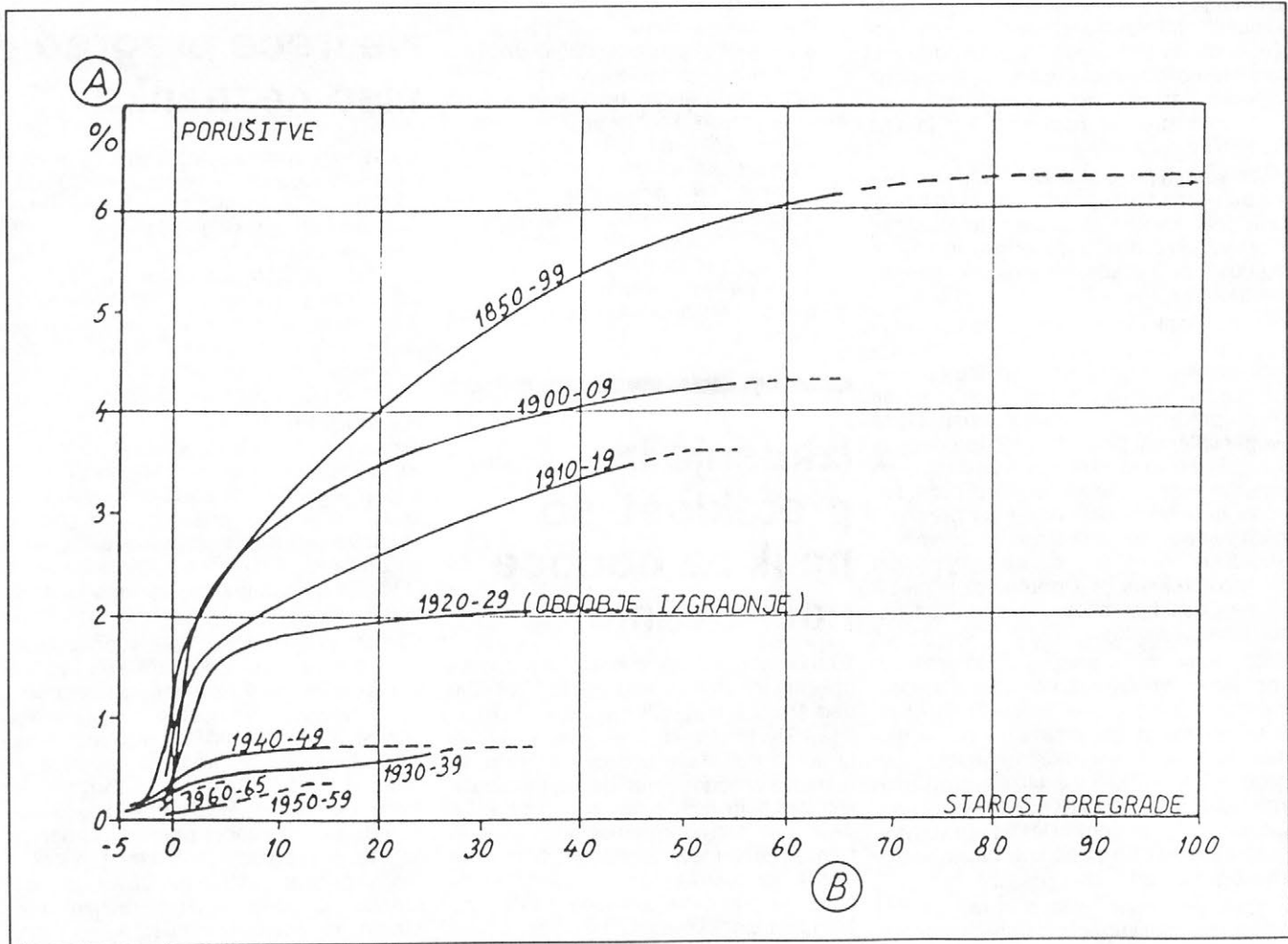
Mesto poškodbe	Nasute pregrade	Betonske pregrade
Temeljna tla	25%	57%
Telo pregrade	47%	30%
Prelivni objekt	23%	13%
Ostalo	5%	—

Očitno so problemi v temeljnih tleh vodilni vzrok pri porušitvah pregrad. Razlagamo si lahko, da je za razliko od ostalih konstrukcijskih elementov projekta pregrade razmere v tleh najtežje raziskati.

Svetovni registri nesreč zaenkrat ne dajejo popolnih in čisto zanesljivih podatkov o nesrečah s porušitvami ali poškodbami ter podatkov o škodi in številu izgubljenih življenj. Vendar pa so podatki, ki so na razpolago pri tej organizaciji, vseeno dovolj reprezentativni, da prikažejo dejanske razsežnosti nesreč s pregradami (preglednica 2).

Od skupnega števila 9248 pregrad, registriranih pri svetovni organizaciji, se je do leta 1965 zgodila nesreča na 202 pregradah, medtem ko je 264 pregrad prestalo poškodbe ne da bi bila pri tem ogrožena njihova varnost. S težavami na pregradah se ponavadi soočajo starejši objekti.

S časom je znanje o načrtovanju pregrad znatno napredovalo. To dokazuje grafični prikaz porušitev (slika 1) v odvisnosti od starosti pregrade. Največjo zaslugo pri napredku ima nedvomno svetovna organizacija, ki skrbi za prenašanje in publiciranje izkušenj v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, vplivi na okolje in obratovanjem pregrad.



Slika 1. Porušitve pregrad v odvisnosti od njihove starosti (7).

A — zbirno število porušitev v deležu vseh pregrad v svetovnem registru

B — starost pregrade v letih od zaključka gradnje do porušitve.

Preglednica 2. Nesreče pregrad v svetu glede na število žrtev (7).

Pregrada	Država	Leto nesreče	Št. žrtev
South Fork Vajont*	ZDA	1889	2142
Iruka	Italija	1963	1994
Puentes	Japonska	1868	1200
Malpasset	Španija	1802	608
Saint-Francis	Francija	1959	421
	ZDA	1928	400

* Prelivanje vala čez pregrado zaradi zdrsa zemeljskega plazu v jezero: pregrada je ostala praktično nepoškodovana.

Koncept varnosti pregrad

Dejstvo je, da je skrb za večjo varnost pogojena tudi z višjimi stroški. Zato je treba za vsak projekt pregrade poiskati pravi razmerje med varnostjo in stroški. Varnostne zahteve so seveda večje, če gre za človeška življenja. Zaradi takih okoliščin bo ugotavljanje stopnje tveganja obvezno vsebovalo določitev oziroma analizo celotne varnosti pregrade. Tovrstno ugotavljanje tveganja izhaja iz možnosti primerjave z ostalimi inženirskimi objekti, katerih tveganje smo sami pri sebi nekako že sprejeli. Takšne analize spodbujajo tudi zavarovalnice.

Pristop k obravnavanju varnosti se v različnih deželah nekoliko razlikuje, vendar imajo vse skupno osnovno izhodišče varnosti. Razlike v konceptu varnosti je moč pričakovati glede na naslednje dejavnike: gostota poselitve, stopnja razvisti gospodarstva na potencialno ogroženem območju, vrednost zemljišča in še dejavniki, povezani s terenskimi razmerami, skupaj s trenutnimi družbenoekonomskimi razmerami dežele.

Verjetnostne analize varnosti za celotno pregrado so zaenkrat neizvedljive, vendar pa so te metode koristne pri podsystemih. Tako je na primer možno verjetnostno analizirati prelivni objekt glede na verjetnost povodnji. Izbira projektnega potresa je ravno tako predmet verjetnostnih analiz.

V večini primerov bi analiza celotne varnosti zahtevala toliko različnih predpostavk, ki bi že same vsebovale preveč negotovosti, da bi bil na koncu rezultat take analize nerealen.

Težava pri verjetnostnem pristopu k analizi celotne pregrade je v tem, da je praktično nemogoče modelirati vzroke porušitve, ki se začenejo veliko časa pred njo. Tudi odločujoči vplivi, kot so opazovanje pregrade, opozorilni sistem in učinkovita organiziranost v primeru nesreč, se popolnoma umikajo ovrednotenju, kot se tudi človeški faktor. Najtežje pa je upoštevati vrednost človeškega življenja. Pomanjkanje izkušenj ter tehničnih in upravnih sposobnosti v organizaciji, od-

govorni za pregrado, kot tudi malomarnost pri vzdrževanju pregrade ali neustrezni postopki obratovanja so temeljni dejavniki varnosti pregrade in jih je nemogoče upoštevati pri verjetnostnih analizah.

Trenutno so spoznanja o uspešnih metodah presoje varnosti usmerjena od determinističnih proti polverjetnostnim metodam delnih faktorjev varnosti.

In čeravno smo še daleč od uporabne metode ocene varnosti celotne pregrade, ostaja le malo ali praktično nobene negotovosti, ko gre za doseganje največje možne varnosti. In tukaj je ključ uspeha: v ljudeh, ki so odločeni prevzemati odgovornost na vseh ravneh projekta, ki bodo torej delali skrajno pazljivo in skrbno ter odgovorno v vseh fazah izvrševanja — od načrta do izgradnje in uporabe ter vzdrževanja.

Pretekle izkušnje so namreč pokazale, da je nesrečam na pregradah najpogostejše botroval ravno človeški faktor ali celo gola nemarnost. Inženirika pregrad vključuje zato glede varnosti najvišjo raven osebne odgovornosti. Vsi koraki pri izvrševanju projekta morajo biti zaupani le odgovornim in izkušenim organizacijam ter strokovnjakom. Odgovornost za varnost pregrade naj bo zato poverjena le enemu subjektu. Ta odgovornost pa naj bo določena z zakonom.

Bistveni element varnosti pregrade je monitoring ali opazovanje. Nenehno sistematično opazovanje pregrad je potrebno predvsem iz dveh osnovnih razlogov, ki se medsebojno dopolnjujeta. Po eni strani je to strokovno proučevanje obnašanje pregrade, na osnovi katerega je možno ugotavljati morebitne napake in določiti način odpravljanja oz. sanacijo napak. Po drugi strani pa ugotavljajo vse mogoče napake, ki bi lahko privedle do katastrofe in so zato povezane s sistemom alarmiranja prebivalstva. Sistem opazovanja in nadzora, ki naj bi ga na pregradi predvideli (gre za tip in število instrumentov, njihovo razporeditev v telesu pregrade, številčnost odčitkov, režim obhodov ipd.), je odvisen od tipa in pomembnosti pregrade.

Kaj moramo sami storiti za varnost pregrad?

Varnost pregrad je zelo pomemben faktor, ki ga je treba obravnavati pred finančnimi, ekonomskimi, okoljevarstvenimi, kulturološkimi in vsemi ostalimi prizadevanji pri realizaciji teh objektov.

Zaradi zastarelosti sicer 15 let starih jugoslovanskih predpisov in novejših predpisov sosednjih držav moramo oblikovati lastno regulativo, ki bo urejala varnost pregrad. Te naj bi oblikovali glede na posebne domače, družbenoekonomske, tehnološke in psihološke zahteve, seve-

da ob hkratnem upoštevanju naravnih, institucionalnih in obratovnih pogojev ter individualnih značilnosti dežele.

Še tako popolni in sodobni predpisi, standardi in načrti, vzdrževanje in obratovna pravila v nobenem primeru ne morejo nadomestiti osebne odgovornosti in z izkušnjami podkrepljene osebne presoje. Zato moramo, če želimo aplicirati vsa znanja sodobne inženirske prakse o pregradah, mobilizirati osebno odgovornost in sposobnost ter storiti vse, da bomo izboljšali tako tehnično kot vodstveno odgovornost udeležencev pri realizaciji in kasnejšem obratovanju pregrade.

Svoj civilizacijski dolg bomo izpolnili, če nam bo uspelo urediti tehnična in varnostna vprašanja projektov pregrad. Pri tehničnih vprašanjih je pristop enostavnejši, saj lahko privzemamo standarde razvitih dežel. Drugačen pristop pa je potreben, ko gre za varnost. Kaj torej storiti? Najprimernejše bi bilo sprejeti akt o varnosti pregrad. Ta bi podajal konkretno osnovo za sprejemanje predpisov o varnosti. Okvir, ki bi ga podajal akt, bi dovoljeval spreminjati vsebino glede na nova spoznanja tehnike.

Varnostni ukrepi bodo imeli smisel in največji učinek, če bomo vse vidike obravnavali kot funkcionalno in s tem organsko soodvisno celoto. Ne nazadnje bomo poskrbeli za povezavo med načrtovalci, realizatorji in obratovalci skozi vso amortizacijsko dobo projekta.

Zoran Stojčič

Will the Dam Hold?

The article deals with the main issues related to the safety of dams in general. Attention is focused on dams for hydroelectric plants, water resource management, and other types of structures which can be technically classed as dams.

The purpose of the article is to present the issue of dam safety and the consequences of dam incidents which have induced scientists to pay special attention to the safety aspects of dam construction. The article concentrates on dam safety concepts currently in use. Ultimately, the basic factor in building safe dams is the reliability and personal responsibility of man himself.

It is imperative that the Republic of Slovenia adopt its own technical regulations in the immediate future to regulate the implementation of dam projects from their planning stages to operation and maintenance. Dam safety should be regulated by special legislation, and the international expertise of ICOLD should be considered.