

# ANALIZA UTICAJA USPORA HIDROELEKTRANE „ĐERDAP 1“ NA MELIORATIVNA PODRUČJA U PRIOBALJU DUNAVA – PRIMER MELIORATIVNOG PODRUČJA „NERA-KANAL DTD“

## ANALYSIS OF THE HYDROPOWER PLANT “ĐERDAP 1” BACKWATER INFLUENCE ON MELIORATION AREAS OF DANUBE RIVERSIDE AREAS – THE EXAMPLE OF MELIORATION AREA „NERA-KANAL DTD“

**Predrag Pajić<sup>1</sup>; Uroš Urošević<sup>2</sup>; Dušan Polomčić<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11224 Beograd,

Email: predrag.pajic@jcerni.co.rs ;

<sup>2</sup>JKP Beogradski vodovod i kanalizacija, Deligradska 28, 11000 Beograd, Email: uros.urosevic@bvk.rs;

<sup>3</sup>Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Đušina 7, 11000 Beograd, Email: dupol2@gmail.com

**APSTRAKT:** U ovom radu prikazan je inoviran metodološki postupak procene i kvantifikovanja evidentiranog uticaja uspora hidroelektrane „Đerdap 1“ na primeru meliorativnog područja „Nera-kanal DTD“, formiranom na najnižvodnijem delu toka Dunava. Složenost uslova formiranja i izmene režima površinskih i podzemnih voda na predmetnom području, usled većeg broja uticajnih parametara, iziskuje da se za detaljnije sagledavanje i kvantifikovanje promena uzrokovanih usporom HE „Đerdap 1“ moraju sprovesti odgovarajući hidrodinamički proračuni. Za sprovođenje varijantnih proračuna su, pored različitih dostupnih (osmotrenih i računskih - prirodnih i projektovanih) podataka režima vodostaja i osmotrenih nivoa podzemnih voda, korišćeni i podaci registrovanog rada, stanja i efekata rada sistema zaštite u uslovima postojeće eksploatacije. Varijantni proračuni na etaloniranom matematičkom modelu, za različite uslove eksploatacije i režime vodostaja Dunava i rada sistema zaštite, predstavljali su osnovu za definisanje uticaja uspora HE „Đerdap 1“ na režim podzemnih voda na izabranom meliorativnom području. Sprovedenim proračunima sračunati su: granice prostiranja uticaja Dunava na formiranje režima podzemnih voda na meliorativnom području, povećanje doticaja podzemnih voda na crpnu stanicu i odgovarajuće povećanje utroška energije potrebne za rad crpnih stanica u sklopu postojećeg drenažnog sistema, kao osnove za ocenu učešća (udela) „HE Đerdap“ u troškovima eksploatacije i održavanja pomenutog sistema. Definisana metodologija proračuna može se primeniti i na ostala meliorativna područja u priobalju Dunava.

**Ključne reči:** uspor hidroelektrane „Đerdap 1“, meliorativno područje, režim podzemnih voda, hidrodinamički proračun, granica uticaja, utrošak energije, troškovi eksploatacije

**ABSTRACT:** This paper presents an innovated methodological process of estimation and quantifying of recorded impact of hydropower plant „Đerdap 1“ backwater on the example of melioration area „Nera-kanal DTD“, formed at the most downstream part of the Danube river. The conditions complexity of surface and groundwater regime forming and changing in the mentioned area, due to large number of influential parameters, requires that for more detailed consideration and quantifying of changes caused by HPP „Đerdap 1“ backwater appropriate hydrodynamic calculations have to be carried out. In order to carry out variance calculations, besides different available (monitored and calculated – natural and designed) data on backwater regime and monitored groundwater levels, registered work and work effects data and state of protection systems in the conditions of the current exploitation were also used. Variance calculations on calibrated mathematical model, for different conditions of exploitation and Danube water level regimes and protection system regime, made basis for defining of HPP „Đerdap 1“ backwater influence on groundwater regime at the chosen melioration area. In performed mathematical calculation were calculated: Danube impact boundary on forming of melioration area groundwater regime, increase of groundwater inflow to pumping station and suitable energy consumption increase necessary for pumping stations operation within the existing drainage system, as a basis for calculation of HPP „Đerdap“ cost share in exploitation and maintenance costs of the system. The defined calculation methodology may be applied on other melioration areas in the Danube riversides.

**Keywords:** HPP "Đerdap 1" backwater; melioration area; groundwater regime; hydrodynamic analysis; impact boundary, energy consumption; exploitation cost share.

### UVOD

Meliorativno područje Nera-Dubovac, nalazi se na levoj obali Dunava, na nizvodnom delu toka kroz Srbiju. Po lokaciji tj. položaju ono predstavlja meliorativno područje najbliže hidroelektrani „Đerdap 1“. Pre izgradnje HE „Đerdap 1“ i formiranja uspora Dunava, ovo celokupno područje nije bilo šticeeno od visokih nivoa



Dovodni kanali crpnih stanica „Karaš 1“ i „Karaš 2“ su međusobno povezani tako da se u njima održavaju isti nivoi. U dovodnim kanalima je projektovano održavanje nivoa vode od 65,6 mnm (projektovani radni minimum) do 66,3 mnm (projektovani radni maksimum). Nivoi vode se u osmotrenom periodu održavaju na 0,7-1,0 m višim kotama u odnosu na projektovane, uz angažovanost agregata 30-40 % od ukupnog vremena. Duž kanalske mreže, registrovani su značajni gubici između nivoa vode u kanalima i pijezometarskih pritiska u vodonosnom sloju, što je uzrokovalo filtracionu nestabilnost i rušenje kosina i dna kanala. Ovaj problem je rešen projektovanjem i izradom niza samoizlivnih drenažnih bunara uglavnom u zoni dovodnog kanala i pojedinih drenažnih kanala, kao i izmumljenjem postojeće kanalske mreže. Generalno, kanali prve drenažne linije su u dobrom stanju i održavaju se manje-više redovnim čišćenjem, povremenim uzmuljavanjima dna i sanacijom obrušenih kosina kanala. Sekundarna kanalska mreža je nešto slabije održavana, ali je zadržala funkciju prikupljanja unutrašnjih voda sa predmetnog područja.

## PRIMENJENA METODOLOGIJA

U ovom radu, na primeru meliorativnog područja Nera-kanal DTD prikazana je metodologija proračuna uticaja uspora Dunava. Ova inovirana metodologija se zasniva na hidrodinamičkoj analizi režima podzemnih voda i kvantifikovanju ugroženosti područja koja je izazvana radom HE „Đerdap 1“ u određenim eksploatacionim režimima (Pajic i dr., 2014).

Pod hidrodinamičkom analizom podrazumeva se izrada namenskih matematičkih modela strujanja podzemnih voda (u vidu kvazi 2D proračunskih profila formiranih još u fazi projektovanja i rekonstrukcije sistema, a sada inoviranim i verifikovanim) u nestacionarnim uslovima filtracije, za period 1985-2013. godina, za prirodne-neusporene i osmotrene-usporene, kao i projektovane-usporene vodostaje Dunava. Primenjena metodologija se bazira na numeričko-inženjerskom rešenju sistema parcijalnih diferencijalnih jednačina koje definišu strujanje podzemnih voda u dvoslojevitoj poroznoj sredini i određivanju parametara koji učestvuju u formiranju ovog režima. Inženjersko rešenje diferencijalnih jednačina nestacionarnog strujanja svodi se na aproksimaciju nestacionarnosti procesa strujanja serijom stacionarnih kretanja sa konačnim vremenskim intervalom  $\Delta t$ . Teorijske osnove su dobro poznate inženjerskoj javnosti (Dimkic i dr., 2008) i zbog ograničenog prostora neće biti dalje detaljno prikazivane u ovom radu.

Ulazne podatke za sprovođenje hidrodinamičkih analiza predstavljali su: osmotreni vodostaji Dunava, Nere i kanala DTD, simulirani za uslove pre izgradnje i puštanja u rad hidroelektrane, kao i računom dobijeni (projektovani) vodostaji Dunava i njegovih pritoka (Prohaska, 2003); nivoi voda (osmotreni i projektovani) u drenažnim sistemima crpnih stanica (Institute J,Cerni, 2014), osmotreni nivoi podzemnih voda u postojećoj pijezometarskoj mreži na razmatranom području; elementi vertikalnog bilansa (efektivna infiltracija i evapotranspiracija), kao i ostali rezultati prethodnih i novijih namenskih istraživanja. Rastrostranjenje i diskretizacija matematičkih modela definisani su na osnovu prirodnih i usvojenih hidrodinamičkih granica matematičkih modela. Podaci o rasprostiranju i hidrogeološkim karakteristikama osnovnog i površinskog slabijepropusnog sloja, dobijeni su interpretacijom podataka izvedenih strukturno-pijezometarskih bušotina, bunara i rezultata ostalih namenskih istraživanja (geometrija izdani (kota terena, povlate, podine, granice tj. debljine slojeva), koeficijenti filtracije, efektivna poroznost, specifična izdašnost, itd). U skladu sa raspoloživim podacima i karakterom formiranja režima podzemnih voda na predmetnom području, vremenska diskretizacija (proračunski korak) iznosi 30 dana, za period 1985-2013. godina.

Složenost uslova formiranja i izmene režima površinskih i podzemnih voda na predmetnom području, usled većeg broja uticajnih parametara, iziskuje da se za detaljnije sagledavanje i kvantifikovanje promena uzrokovanih usporom HE „Đerdap 1“ moraju sprovesti odgovarajući hidrodinamički proračuni (*Li i dr., 2009*). U tu svrhu, za ovo područje formirana su još ranije tri matematička modela za simulaciju kvazi 2D ravanskog strujanja – proračun po profilima upravnim na Dunav, koji su za potrebe ovog rada redefinisani i reetalonirani i na kojima su sprovedeni proračuni za sledeće granične uslove:

- za prirodne vodostaje Dunava, tj. za uslove koji bi se ostvarili da nije došlo do uspora HE „Đerdap 1“ i izgradnje sistema zaštite,
- za prirodne vodostaje Dunava, tj. za uslove koji bi se ostvarili da nije došlo do uspora HE „Đerdap 1“ sa simulacijom rada drenažnog sistema u projektovanom i osmotrenom režimu,
- za osmotrene vodostaje Dunava i vodostaje projektovane za režim uspora „do kote 70,30 mnm na ušću Nere“, bez rada drenažnog sistema,
- za projektovane vodostaje Dunava u režimu uspora „do kote 70,30 mnm na ušću Nere“ i rad drenažnog sistema prema projektu,
- za osmotrene vodostaje Dunava u režimu uspora „do kote 70,30 mnm na ušću Nere“ i osmotreni rad drenažnog sistema.

Na osnovu izvedenih hidrodinamičkih proračuna, (re)etaloniranja i verifikacije matematičkih modela (proračunskih profila), dobijeni su validni rezultati u vidu oscilacija i trajanja nivoa podzemnih voda, oscilacija i trajanja proticaja podzemnih voda kroz vodonosni sloj po deonicama za svaki od tri formirana proračunskih profila, za navedene uslove, kao i rezultati povećane eksploatacije drenažnog sistema usled uspora (u vidu doticaja podzemnih voda u drenažne kanale i odgovarajuće crpne stanice i potrošnje dodatne energije za prepumpavanje drenažnih voda na više kote u akumulaciji kao recipijentu).



Poređenjem dobijenih rezultata režima (oscilacija i trajanja nivoa i proticaja) podzemnih voda za navedene granične uslove (prirodne i osmotrene nivoa Dunava), određena je granica uticaja uspora HE „Đerdap 1“ na analizirana melioraciona područja. Ova granica uticaja uspora definisana je kao deo područja na kome se ostvareni i prirodni nivoi (i proticaji) podzemnih voda izjednačavaju, u analiziranim uslovima vodostaja Dunava (10% i 50% trajanja) i za iste (simulirane) uslove uređenja područja (sa ili bez sistema zaštite). Dalje, izvršena je analiza zona u okviru analiziranog područja u kojima su osmotreni nivoi podzemnih voda viši od projektom predviđenih, kako bi se definisala efikasnost postojećih drenažnih sistema za različita trajanja (10% i 50% trajanja vodostaja).

Takođe, određena je i veličina (procenat) uticaja uspora HE „Đerdap 1“ na analizirana meliorativna područja. Rad hidroelektrane i stvaranje uspora prouzrokovalo je povećanje dotoka podzemnih voda u razmatrana meliorativna područja. Ovo povećanje dotoka u razmatrana područja, unutar prethodno definisane granice zone uticaja uspora, izraženo u procentima u odnosu na prirodno stanje, definisano je proračunima na matematičkom modelu, za karakteristične nivoa uređenosti područja i različite granične uslove vodostaja Dunava. Koeficijent udela povećanog doticaja (za osmotreni i projektovani uslove u akumulaciji) jednak je:

$$K_Q^{osm} = \frac{Q_{osm.vod.} - Q_{prir.vod.}^{osm.rad.sistema}}{Q_{osm.vod.}} \quad 1) \quad K_Q^{proj.} = \frac{Q_{proj.vod.} - Q_{prir.vod.}^{proj.rad.sistema}}{Q_{proj.vod.}} \quad 2)$$

U uslovima uspora HE „Đerdap 1“, usled povećanog dotoka vode iz reke u vodonosnu sredinu i shodno tome povećanih visina dizanja kod prepumpavanja, u odnosu na prirodni režim ostvaruje se i povećano angažovanje pumpi u okviru crpnih stanica na razmatranim meliorativnim područjima. Rezultati proračuna doticaja podzemnih voda u navedenim uslovima poslužili su najpre za proračun snage, a zatim i energije potrebne za evakuaciju voda sa područja pri različitim režimima vodostaja reka i rada postojećih sistema. Uprošćena jednačina za snagu potrebnu za prepumpavanje voda koje dotiču na crpne stanice:

$$E = 15 \times Q \times (\Delta H + \xi) \times t \quad (3)$$

gde je: Q - proticaj ili količina crpljene vode (m<sup>3</sup>/s), ΔH - visinska razlika između nivoa vode u Dunavu i nivoa vode u kanalu kod crpne stanice (m), ξ - hidraulički gubici, t- vreme (s).

Potrebna energija je sračunata kao proizvod sračunate potrebne snage i ukupnog broja sati u proračunskom intervalu. Na kraju, definisano je i (procentualno) učešće HE „Đerdap 1“ u ukupnoj angažovanoj energiji za evakuaciju voda sa područja pri različitim režimima vodostaja reka i rada postojećih sistema. Koeficijent udela povećane potrošnje energije (za osmotreni i projektovani uslove u akumulaciji) jednak je:

$$K_E^{osm.} = \frac{E_{osm.vod.} - E_{prir.vod.}^{osm.rad.sistema}}{E_{osm.vod.}} \quad 4)$$

$$K_E^{proj.} = \frac{E_{proj.vod.} - E_{prir.vod.}^{proj.rad.sistema}}{E_{proj.vod.}} \quad 5)$$

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati matematičkog modeliranja strujanja (režima) podzemnih voda prikazani su za pijezometarske nivoa karakterističnih trajanja 10% i 50%, duž deonica sva tri reprezentativna proračunska profila, za period 1985-2013. godina, i dati su u **tabeli 1**.

**Tabela 1:** Vrednosti pijezometarskih nivoa u priobalnim delovima 3 reprezentativna profila u okviru meliorativnog područja Nera-kanal DTD, za različite režime Dunava, za period 1985-2013. godina.

**Table 1:** Piezometric groundwater levels in riverside parts of three representative profiles of the Nera-kanal DTD melioration area, for different Danube regimes, for the period 1985-2013

režim reke (river regime)			Nivo podzemnih voda – meliorativno područje „Nera-kanal DTD“ Groundwater level – melioration area „Nera-kanal DTD“		
			I profil (I profile)	II profil (II profile)	III profil (III profile)
Uslovi (conditions)	režim uspora (backwater regime)	trajanje (duration)	kota (mnm) elevation (masl)	kota (mnm) elevation (masl)	kota (mnm) elevation (masl)
Neusporeni (non retarded)	Prirodni (natural)	10%	68,1-68,2	68,2-68,5	68,0-68,1
		50%	66,2-66,5	66,8-68,0	66,2-66,5
Usporeni (retarded)	Osmotreni (monitored)	10%	68,2-69,2	68,5-70,0	67,7 -68,6
		50%	68,0-69,0	68,0-69,8	67,5-68,2
	Projektovani (designed)	10%	66,4-68,7	66,4-70,0	66,4 -68,0
		50%	66,4-67,6	66,4-69,8	66,4-67,6

Analizirajući osmotreni i računom dobijeni režim podzemnih voda sa promenama vodostaja Dunava, unutar izučavanih meliorativnih područja izdvajaju se celine sa karakterističnim uslovima formiranja režima podzemnih voda: priobalni deo područja, unutrašnji (branjeni) deo područja i deo područja uz zaleđe. U priobalnim delovima meliorativnih područja promene vodostaja u površinskim tokovima, imaju dominantan uticaj na promenu nivoa podzemnih voda, a zatim i efekti rada drenažnih sistema za zaštitu područja. U unutrašnjim (branjenim)

delovima meliorativnih područja najznačajniji uticaj na nivoe podzemnih voda imaju efekti rada drenažnih sistema i parametri vertikalnog bilansa. Radom drenažnih sistema u uslovima usporenih vodostaja Dunava, ne samo da se eliminiše štetni uticaj uspora, već se na većem delu područja ostvaruje povoljan režim podzemnih voda i smanjuje njihova ugroženost, a što se dalje reperkuje na smanjenje šteta i ostvarivanje boljih uslova za poljoprivrednu proizvodnju (Pajić i dr, 2012). Na delovima meliorativnih područja uz zaleđe dominantan uticaj preuzima podzemni doticaj iz pravca hipsometrijski viših terena.

Zbog ograničenosti samog rada, za sagledavanje rezultata ovde prezentovane inovirane metodologije proračuna uticaja uspora Dunava na meliorativnom području Nera-kanal DTD sa navedenih aspekata, odabran je kao reprezentativni proračunski profil II na kome su konstruisane računске linije pijezometarskih nivoa duž ovog profila karakterističnih trajanja 10% i 50 % za neusporeni-prirodni i usporeni – projektovani i osmotreni režim Dunava i simulirani stepen uređenja (slika 2). Takođe, na osnovu analize rezultata proračuna režima podzemnih voda (oscilacija nivoa podzemnih voda i njihovih proticaja kroz vodonosni sloj) definisan je položaja granice uticaja uspora za različite uslove vodostaja Dunava. Granica uticaja uspora na reprezentativnom profilu II područja Nera-kanal DTD je, u profilu, prikazana na slici 2. Generalno, na meliorativnom području Nera-kanal DTD granica uticaja uspora prostire se paralelno sa kanalom DTD, na rastojanju 0,8-1,5 km i paralelno sa rekom Dunav, na rastojanju 1,5-1,8 km, do Nere, gde na stacionaži oko km 1+500 uspor isklinjava.

Analizom rezultata proračuna može se uočiti da se u usporenim uslovima, za osmotreni i projektovani režim ostvaruje povećani doticaj podzemnih voda na crpne stanice, u odnosu na prirodni režim, što je posledica povišenih vodostaja Dunava i produžetka njihovog trajanja (Vukovic, 1967). Poređenjem rezultata doticaja podzemnih voda za navedene uslove u Dunavu i efekata rada sistema zaštite područja, sračunate su vrednosti učešća povećanih računskih doticaja usled uspora u ukupnom doticaju na crpne stanice odabranih meliorativnih područja. U tabeli 2 prikazan je koeficijent učešća povećanih računskih doticaja usled uspora u ukupnom doticaju na crpnu stanicu predmetnog meliorativnog područja (prema formulama 1 i 2), za period 1985-2011. godina.

Na osnovu rezultati matematičkog modela, sračunata je energija potrebna za evakuaciju podzemnih voda sa odabranih meliorativnih područja, za prirodne i usporene vodostaje Dunava i osmotreni i projektom predviđeni režim rada drenažnih sistema zaštite. Analizom rezultata proračuna može se uočiti da se u usporenim uslovima, za osmotreni i projektovani režim, usled povećanog doticaja podzemnih voda na crpnu stanicu, u odnosu na prirodni režim, ostvaruje povećana potrošnja energije za njihovo prepumpavanje u recipijent. U tabeli 3 prikazan je koeficijent učešća povećane potrošnje energije usled uspora u ukupnoj potrošnji za evakuaciju prikupljenih podzemnih voda crpnom stanicom predmetnog područja (prema formulama 4 i 5), za period 1985-2011. godina.

**Tabela 2:** Prosečni mesečni doticaji i koeficijent udela povećanih doticaja podzemnih voda u ukupnom doticaju na crpnoj stanici „Karaš 1“ meliorativnog područja Nera-kanal DTD.

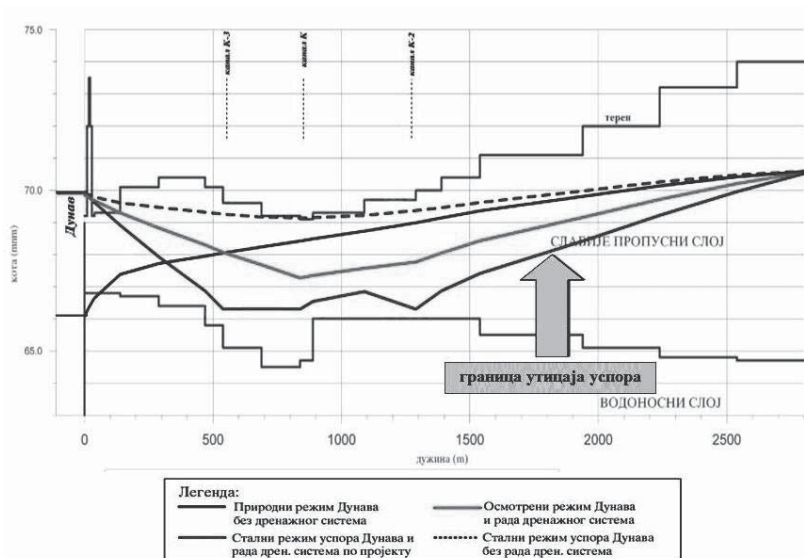
**Table 2:** Average monthly groundwater inflow and the share coefficient of the increased inflow in total groundwater inflow for the „Karaš 1“ melioration area pumping stations.

režim reke (river regime)	režim rada drenažnog sistema (drainage system operating regime)	doticaj podzemnih voda (groundwater inflow) Q (m <sup>3</sup> /s)	učešće povećanih doticaja usled uspora u ukupnom doticaju (participation of the increased backwater inflow in total inflow) (-)	
			(prema formuli 1)	(prema formuli 2)
prirodni (natural)	projektovani (designed)	0.52	0.74	0.91
	osmotreni (monitored)	0.08		
projektovani (designed)	projektovani (designed)	2.03		
osmotreni (monitored)	osmotreni (monitored)	0.94		

**Tabela 3 :** Prosečna mesečna potrošnja energije i koeficijent udela povećane potrošnje energije u ukupnoj potrošnji za evakuaciju podzemnih voda na crpnoj stanici „Karaš 1“ meliorativnih područja Nera kanal DTD.

**Table 3 :** Average monthly energy consumption and the share coefficient of the increased energy consumption in total consumption for groundwater evacuation for the „Karaš 1“ melioration area pumping stations.

režim reke (river regime)	režim rada drenažnog sistema (drainage system operating regime)	potrošnja energije (energy consumption) E (MWh)	učešće povećane potrošnje energije u ukupnoj potrošnji (participation of the increased backwater consumption in total consumption) (-)	
			(prema formuli 4)	(prema formuli 5)
prirodni (natural)	projektovani (designed)	13,9	0,87	0,94
	osmotreni (monitored)	3,0		
projektovani (designed)	projektovani (designed)	105,7		
osmotreni (monitored)	osmotreni (monitored)	48,5		



**Slika 2:** Linije nivoa podzemnih voda trajanja 50% za različite uslove u akumulaciji i zaštite područja i granica uticaja успора на профилу II meliorativnog područja Nera-kanal DTD

**Figure 2:** 50 % duration groundwater level lines, for different reservoir, area protection and backwater influence boundary conditions, calculated for the Nera-kanal DTD area profile

## ZAKLJUČAK

U ovom radu na primeru meliorativnog područja Nera-kanal DTD u najnižvodnijem delu toka Dunava, prikazana je inovirana metodologija proračuna uticaja успора HE „Đerdap 1“, koja se zasniva na hidrodinamičkoj analizi režima podzemnih voda i reonizaciji i kvantifikaciji ugroženosti razmatranih meliorativnih područja. Na osnovu uporedbe režima podzemnih voda, dobijenih kroz varijantne hidrodinamičke proračune na matematičkim modelima (3 reprezentativna proračunska profila) za prirodni, neusporeni i aktuelni (osmotreni i projektovani) režim успора, definisana je granica i veličina (udeo) uticaja успора akumulacije hidroelektrane na formiranje režima podzemnih voda u svojimbranjanim priobalnim područjima.

Prikazana metodologija, osim što definiše i kvantifikuje uticaj успора hidroelektrane „Đerdap 1“, može da posluži i za izbor i optimizaciju sistema zaštite priobalnih područja, ali i da pruži validan odgovor na veoma osetljivo pitanje objektivne procene udela relevantnih subjekata u troškovima zaštite svih meliorativnih područja pod uticajem успора pomenute hidroelektrane, prema procentualnom udelu definisanom prikazanom metodologijom evaluacije uticaja успора. Pri tome, prikazana metodologija je praktična i univerzalna, jer se može primeniti i za sva ostala meliorativna područja u priobalju Dunava, a uz (eventualno) manje prilagođavanje konkretnim uslovima, ali i na druga meliorativna područja gde su prisutni slični prirodni i/ili veštački uslovi bitni za formiranje успора na vodotoku.

## REFERENCES

- DIMKIĆ M., BRAUCH H. J., KAVANAUGH M., 2008: *Groundwater Management in Large River Basins*, Water Science And Technology, ISBN: 9781843391906
- Institute for the Development of Water Resources “Jaroslav Černi” Belgrade, 2014. *Expert consult on the building condition and the effects of coastal protection of HPP “Djerdap I”*; Vol 9: Protection against the impact of the HPP “Djerdap I” backwater on the groundwater regime
- LI R., CHEN Q., MYNETT A., WU S., WANG H., 2009. *Modeling of the Flow Changes Due to Reservoir Operations and the Impacts on Aquatic Ecosystem Downstream*, Advances in Water Resources and Hydraulic Engineering
- PAJIC P., ANDJELIC L., UROSEVIC U., POLOMCIC D., 2014: *Evaluation of Melioration Area Damage on the River Danube Caused by the HPP “Djerdap 1” Backwater*, Water Science and Technology, Vol 70, No 2, pp 376–385 © IWA Publishing 2014, doi:10.2166/wst.2014.230
- PAJIC P., ANDJELIC L., UROSEVIC U., RADOVANOVIC M., 2012. *Assessment of Vulnerability and Damage Caused to the Agricultural Production on the Area of Veliko Selo by the High Level of Groundwater on Account of the Performance of Hydroelectric Power Plant “Djerdap I”*, 5th Conference on Water, Climate and Environment- BALWOIS 2012, Ohrid, Republic of Macedonia, ISBN 978-608-4510-10-9.
- PROHASKA, S., 2003: *Hidrogeologija I deo*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Beograd, Rudarsko - geološki fakultet, Beograd i Republički hidrometeorološki zavod, Beograd, 1 – 428
- VUKOVIC M., 1967: *Determination of parameters of water - bearing media and the water balance factor for two - layer and multi - layer porous media through analysis of the natural regime*, Conference: Groundwater ballance, Yugoslav Committee for the International Hydrologic Decade, pp 204 -211, Belgrade