

UTJECAJ GLOBALNIH KLIMATSKIH PROMJENA NA VODNE RESURSE – PRIMJER RIJEKE NERETVE

Marino Bebić, mag. ing. amb.

1. UVOD

Činjenica koju ne možemo zanemariti je da se naš planet zagrijava brže nego ikada u svojoj povijesti. Razlog tome jesu klimatske promjene. Utjecaj klimatskih promjena osjeća se u svakom kutku Zemlje, a predviđa se da će taj utjecaj u budućnosti biti sve veći. Prema definiciji, klimatskim promjenama nazivamo uzastopne promjene prosječnih vrijednosti za klimatska razdoblja, a mogu se odnositi na određene regije ili na cijelu Zemlju. Uglavnom se klimatske promjene odnose na promjene statističkih podataka klimatskog sustava, razmatrajući period od više desetljeća, s obzirom na njen uzrok. Kolebanja klime koja su kraća od nekoliko desetljeća, kao što je pojava El Nina, ne smatraju se klimatskim promjenama. Sam pojam klimatskih promjena sve se više odnosi na ljudski utjecaj na klimu, posebno na Zemljinu atmosferu, radi čega se klimatske promjene najčešće vezuju uz pojam globalnog zatopljenja. Efekt staklenika prirodni je proces koji regulira ugodnu i blagu klimu na Zemlji, međutim u posljednjem razdoblju uočavamo ozbiljan ljudski utjecaj na taj prirodni proces.

Kao što je prikazano na slici 1., staklenički plinovi u atmosferi propuštaju kratkovalno zračenje koje dopire sa Sunca, a zadržavaju dugovalno zračenje koje

se reflektira sa Zemljine površine. Posljedica toga je dodatno zagrijavanje Zemljine površine i atmosfere. Bez stakleničkih plinova u atmosferi prosječna temperatura bila bi za 30°C niža od današnje. Ljudske aktivnosti na Zemlji u posljednjem stoljeću, još od doba industrijske revolucije, jako su se intenzivirale. Među najznačajnijim utjecajima je izgaranje fosilnih goriva te povećane emisije stakleničkih plinova. Povećana koncentracija stakleničkih plinova uzrokuje povećanu apsorpciju topline u atmosferi, što dovodi do promjena temperature zraka, količine oborina i ostalih klimatoloških elemenata.

Što to znači za Hrvatsku? U 2019. godini, u organizaciji Hrvatske gospodarske komore, održan je stručni skup s temom: „Klimatske promjene u Hrvatskoj: Što možemo i moramo poduzeti?“ na kojemu se razmatrao utjecaj klimatskih promjena na cjelokupno gospodarstvo, a kao najznačajnija moguća posljedica navedeno je smanjenje prinosa u poljoprivredi i do čak 8%. Prema podatcima iz Izvješća Nordea banke o klimatskim rizicima za Republiku Hrvatsku, predstavljenom na skupu, Hrvatsku očekuje porast prosječne temperature zraka, smanjenje količine oborina i učestalost ekstremnih vremenskih uvjeta (iznenadne oluje, velike suše, požari...).

Kao posljedica navedenih čimbenika očekuje se i podizanje razine mora, što će direktno utjecati na gotovo sve predjele jadranske obale, uključujući i dolinu Neretve, gdje je već uočljivo intenziviranje problematike zaslanjenja. Naime, porast prosječne temperature zraka te smanjenje količine oborina definira probleme sa malim protocima. Ovdje moramo uzeti u obzir kako protoke za rijeku Neretvu značajno definira rad hidroenergetskih postrojenja koja se nalaze u susjednoj Bosni i Hercegovini. Kao što će u daljnjem tekstu biti detaljnije objašnjeno, prilikom malih protoka događa se prodor slanog klina vode duboko u korito rijeke. Podizanjem razine mora takve pojave mogu se samo intenzivirati.

Klimatske promjene sveobuhvatne su i utječu na sve gospodarske djelatnosti (poljoprivreda, ribarstvo, energetika, turizam...). Jedno od ključnih pitanja je i



Slika 1: Učinak efekta staklenika (<http://klima.mzoiip.hr/default.aspx?id=43>). Datum pristupa: 12. 01. 2021. 19:42

koliki je utjecaj klimatskih promjena na vodne resurse te postoji li način da ih se minimalizira?

2. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA VODNE SUSTAVE

Promjena temperature zraka utječe na toplinsko stanje zračnih masa i na kretanje vode u atmosferi, tlu i biljci, a time i na raspored oborina u prostoru i vremenu. Podatci dobiveni analizom meteoroloških i hidroloških podataka (DHMZ-a) prikazuju da negativna odstupanja u vodostaju prati pozitivan predznak odstupanja temperature, a sličan je odnos i u količini oborina i protoka. U Republici Hrvatskoj zbog geografskih i geoloških različitosti izdvajamo dva različita sliva. Jadranski sliv kojeg karakterizira iznimna okršenost te kratke rijeke bujičnog karaktera, dok Crnomorski sliv karakteriziraju veliki aluvijalni vodotoci kao što su Sava, Drava i Dunav. Na području Jadranskog sliva, to duboko okršavanje do 150 m ispod današnje razine mora i prirodno otvoreni slatkovodni krški vodonosnici utjecaju morske razine, i najmanji porast izaziva promjene ravnoteže slatke i morske vode, što znači promjenu uvjeta eksploatacije pitke vode u priobalju, naročito otocima. U Crnomorskom slivu situacija je potpuno drugačija. Rijeke povezuju različite vodonosnike duž svog korita, ali ih i prihranjuju vodom, čime nadopunjuju vodonosnike svježom vodom. Najveći problem stvaraju duga sušna

razdoblja kada se vodostaji rijeka bitno smanjuju, što ima za posljedicu sniženje razina podzemne vode i mijenja uvjete eksploatacije. Problem su i poplavni vodni valovi



Slika 2: Poplava rijeke Neretve u Metkoviću, 2010. godine. (<https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/katastrofa-u-metkovicu-neretva-na-rekordna-cetiri-metra-20101202/print>; Datum pristupa 16. 01. 2021., 19:10)

jer prenose onečišćenja na velike udaljenosti i ugrožavaju podzemne vode.

Klimatski parametri koji dominantno utječu na stanje, kao i moguće promjene u sektoru vodnih resursa i hidrologije, su oborine i temperature zraka. Na temelju njih izvedeni su klimatski i hidrološki parametri kao što su evapotranspiracija i otjecanje. Prognozirano povećanje

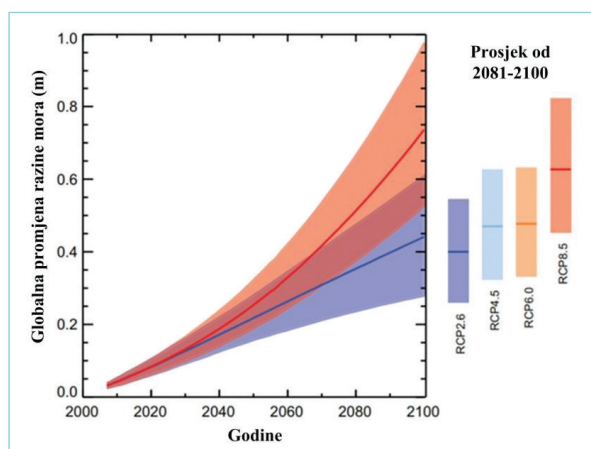
Potencijalni utjecaj	Mogućnost pojavljivanja ⁴⁹	Stupanj utjecaja ⁵⁰	Stupanj ranjivosti ⁵¹
Promjene karakteristike klime: Smanjenje protoka			
Smanjenje količina voda u vodotocima i na izvorištima	4	5	srednji
Smanjenje vodnih zaliha u podzemlju i snižavanje razina podzemnih voda	4	4	visok
Smanjenje razine vode u jezerima i drugim zajezerenim prirodnim ili izgrađenim sustavima	4	5	visok
Zaslanjivanje priobalnih vodonosnika i akvatičkih sustava	3	5	visok
Promjene karakteristike klime: Porast temperatura			
Porast temperatura vode praćen smanjenjem prihvatne sposobnosti akvatičkih prijemnika	4	4	visok
Promjene karakteristike klime: Povećanje ekstremnih vodnih valova			
Povećanje učestalosti i intenziteta poplava na ugroženim područjima	4	4	visok
Povećanje učestalosti i intenziteta pojava bujica	4	4	visok
Intenziviranje fluvijalnih erozijskih procesa	3	3	srednji
Povećanje učestalosti i intenziteta poplava od oborinskih voda na urbanim područjima	5	5	visok
Promjene karakteristike klime: Intenziviranje pojava dugotrajnijih vodnih razdoblja			
Povećanje rizika od pojava klizišta	3	3	srednji
Promjene karakteristike klime: Povećanje razine mora			
Povećanje rizika od pojava poplava na ušćima vodotoka	4	5	visok
Smanjenje učinkovitosti priobalne infrastrukture	5	5	visok
Intenziviranje zaslanjivanja riječnih ušća i priobalnih vodonosnika	4	5	visok
Erozija obala i prirodnih žala	3	4	srednji

Slika 3: prikaz mogućih važnijih posljedica klimatskih promjena na sektor hidrologije i s njom vezanih vodnih i morskih resursa za razdoblje do 2040. godine i s pogledom do 2070. godine (izvor: <http://prilagodba-klimi.hr/wp-content/uploads/2017/11/ZELENA-KNJIGA.pdf>; Datum pristupa 16. 01. 2021., 18:00)

temperatura zraka, kao i stagnacija ili minorno iskazani trendovi promjena u ukupnim količinama oborina imat će za posljedicu povećanje evapotranspiracije, smanjenje površinskih ili podzemnih otjecanja, a time i još naglašenije smanjenje vodnih zaliha.

Od negativnih utjecaja klimatskih promjena posebno su ugroženi priobalni krški vodonosnici i ostale vodne pojave u priobalju, iz razloga što se kod njih javlja kumulativni efekt mogućih promjena sa smanjenim protocima i razinama podzemnih voda, te intenzivnijim prodorima mora u krške priobalne vodonosnike i jezera. Uz smanjenje srednjih godišnjih, kao i minimalnih godišnjih protoka, te povećanje maksimalnih godišnjih protoka, očekuju se i vrlo naglašene promjene temperatura voda, što će se negativno odraziti kako na vodene ekosustave, njihovu raznolikost i prijemni kapacitet, tako i na mogućnosti njihova korištenja za ostale namjene, tu posebice mislimo na navodnjavanje. U budućnosti će se povećati i intenzitet kratkotrajnih jakih oborina, što stvara preduvjete i za učestalije pojave poplava na bujičnim vodotocima, urbanim područjima i riječnim slivovima (slika 2).

Sve ranije navedeno možemo iščitati iz slike 3 koja prikazuje moguće važne posljedice klimatskih promjena na sektor hidrologije za razdoblje od 2040. godine do 2070. godine.



Slika 4: Promjena razine mora (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf; Datum pristupa 16. 01. 2021., 19:05)

Nepovoljan utjecaj klimatskih promjena na vodne sustave uočava se u čitavom svijetu, a najjasniji pokazatelji vidljivi su na primjeru topljenja ledenjaka arktičkog pojasa, što izravno utječe i nepovoljno se odražava na vodne resurse priobalnih područja u ostatku svijeta.

Na petom po redu Međuvladinom panelu o klimatskim promjenama (IPCC) naznačeno je smanjenje količina oborina ljeti - tijekom najvećih potreba za navodnjavanjem, povećat će se potrebe za vodom, a dodamo li tome podizanje razine mora i zaslanjenje priobalnih vodnih resursa, jasno je da prognoze nisu

optimistične. U južnoj Europi sadržaj vlage u tlu će opadati, što će uvelike ovisiti o količini oborina u proljetnom i zimskom periodu vremena, odnosno količini snijega i intenzitetu njegovoga topljenja. Na području sjeverne i kontinentalne Europe povećat će se broj i intenzitet poplava, što izravno nepovoljno utječe na agronomiju i poljoprivredu.

Jedan od najzornijih primjera je Španjolska, koja već sada osjeća ozbiljan hidrološki stres izravno uzrokovan klimatskim promjenama. Smanjenje vodnih resursa povezano je s podizanjem razine mora, te dosadašnji rezultati pokazuju da će negativni učinci klimatskih promjena uglavnom utjecati na polusušna područja s nedostatkom vode i krhkom ravnotežom između vodnih resursa i potražnje. Sveukupno, smanjenje otjecanja iznosit će između 10 i 30% za cijelu zemlju kroz 21. stoljeće, što ima važne implikacije na upravljanje vodama u Španjolskoj. Kako bi se adekvatno procijenili ti učinci i dobili mogući scenariji, Španjolska posljednjih godina ulaže velike napore i resurse prvenstveno u polju hidrološkog modeliranja.

3. UTJECAJ KLIMATSKIH PRIMJERA RIJEKE NERETVE

Neretva je najveća rijeka jadranskog sliva, a posebna je po tome što se 90% njenog slivnog područja nalazi na području susjedne Bosne i Hercegovine gdje rijeka i izvire na nadmorskoj visini višoj od tisuću metara. Ta prekogranična rijeka svoja posljednja 22 kilometra teče kroz teritorij Republike Hrvatske, a ušće u obliku delte ima u južnoj Dalmaciji, u blizini grada Ploča. Delta rijeke Neretve jedno je od malobrojnih preostalih takvih područja u Europi. Jedina je prava delta i ujedno najveće riječno ušće u Republici Hrvatskoj. Sastoji se od ostataka rijetkih sredozemnih močvara s očuvanim obalnim lagunama i velikim površinama vlažnih staništa, a posebno se ističu tršćaci zato što u njima obitavaju mnogobrojne ugrožene vrste, posebno ptice.



Slika 5: Tršćaci na rijeci Neretvi i tradicionalna neretvanska trupa

Klima je Mediteranska s blagim kišnim zimama i toplim i relativno suhim ljetima. Prema istraživanju Bonaccia iz 2018. godine, prosječna godišnja temperatura iznosi 15,7° C, pri čemu se minimalna dnevna temperatura, u razdoblju prosinac-veljača, kreće oko 7°C. Rijetko pada ispod 0°C. Maksimum temperature se javlja u srpnju i/ili kolovozu i može prijeći 40° C. Prosječna godišnja oborina iznosi 1.250 mm, evapotranspiracija je procijenjena na oko 1000 mm. Izgradnjom hidroenergetskih građevina na slivu Neretve s pripadnim akumulacijama Jablanica, Rama, Grabovica, Salakovac i Mostar, te kompenzacijskim bazenima HE Čapljina u Popovom polju i području Svitave, došlo je do izravnavanja izrazito neravnomjernog prirodnog hidrološkog režima rijeke Neretve. Najveći godišnji protoci u donjem toku Neretve su od studenog do travnja. Protok Neretve u Metkoviću prije svega ovisi o radu HE Mostar. Za određivanje vodenih količina koje dolaze s ove HE koriste se podaci s limnigrafa u Žitomisliću. Nizvodno od Žitomislića pa sve do Metkovića Neretva prima tri veća pritoka (Trebižat, Bregava i Krupa). Količine vode koje one donose u Neretvu određuju se pomoću postojećih vodomjernih stanica smještenih blizu njihovih ušća. U kišnom razdoblju dotoci tih pritoka mogu biti značajni, a iznose i po nekoliko desetaka m³/s. U sušnom razdoblju njihovi dotoci su samo nekoliko m³/s. Protok Neretve od Metkovića do ušća znatno se mijenja duž toka i nije ga lako odrediti, budući da je ovaj dio vodotoka pod snažnim utjecajem mora. Najveći protok u Metkoviću procijenjen je na 2180 m³/s, a odgovara stanju prije izgradnje hidroelektrana na rijeci Neretvi. Srednji višegodišnji protok Neretve u profilu Metković procijenjen je na 355 m³/s.

Specifična konfiguracija terena te izrazito plodna zemljišta čine svjetski unikatan reljef. Način života lokalnog stanovništva u potpunosti je prilagođen specifičnostima delte. Poljoprivredno zemljište koje se dobiva kopanjem kanala i formiranjem manjih poljoprivrednih površina, kretanje lokalnog stanovništva tim kanalima u tradicionalnim trupama, prirodni pritoci Neretve, bare i mala jezera djeluju jedinstveno kao otisak prsta. Poljoprivreda čini najvažniju gospodarsku granu, pa je tako oduvijek područje delte bilo poznato po intenzivnoj proizvodnji voća i povrća, a posebno agruma i lubenica, koje postaju svojevrсни simbol cijelog područja. Nažalost, u posljednje vrijeme proizvodnja postaje ugrožena učestalim pojavama zaslanjenja površinskih i podzemnih voda nizvodno od grada Metkovića. Zbog toga dolazi do značajno smanjenih prinosa, ali i do uništavanja plodnog poljoprivrednog zemljišta.

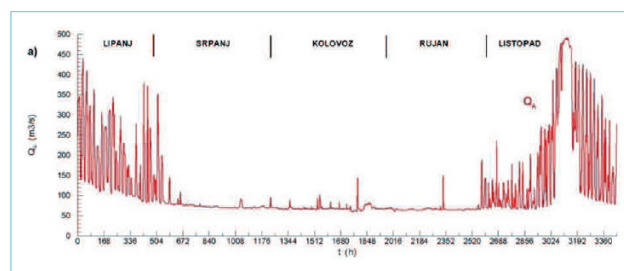
3.1. Utjecaj klimatskih promjena na rijeku Neretvu

Za početak pokušajmo razjasniti zašto je cijelo područje Mediterana posebno osjetljivo na podizanje razine mora te intruzije morske vode. Razlog trebamo tražiti u zemljinoj geološkoj prošlosti. Izmjene ledenih i međuledenih doba imale su veliki utjecaj na formiranje

današnjeg izgleda terena. Razina mora u Mediteranu bila je do 150 metara niža od današnje. Dakle, okršavanje terena seže i do 150 metara ispod današnje razine mora. Posljednje ledeno doba nestaje prije 15–20 tisuća godina, razina mora raste do današnje te "poplavljuje" okršeni teren koji je nastao. Opisani proces događao se i na području doline rijeke Neretve.

Klimatske promjene i globalno zatopljenje imaju velik utjecaj na ekosustav i općenito život ljudi u dolini Neretve. Kao što je ranije navedeno, najveći problem stvara smanjen dotok slatke vode, a more, koje je veće gustoće, prodire sve više u rijeku. Neki dijelovi Neretve postali su praktički neupotrebljivi za lokalno stanovništvo koje stoljećima unatrag površinsku vodu koristi za navodnjavanje. Primjena takve vode može uništiti usjev ili reducirati prinos u jednoj godini, čega smo svjedoci posljednjih godina.

Organizirana mjerenja slanosti u koritu Neretve provode stručnjaci s Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu od 1997. godine. Istraživanja su pokazala da se u Neretvi radi o uslojenom tipu tečenja slatke vode iznad klina slane vode (mora) koji se uvlači duboko uzvodno u korito rijeke. Pod utjecajem dotoka slatke vode s uzvodnog dijela sliva te morskih mijena klin se pomiče nizvodno. Prodor mora u korito Neretve počinje obično u proljeće kada se smanje dotoci slatke vode s uzvodnog dijela sliva. U ljetnim mjesecima klin morske vode prodire kroz ušće rijeke Neretve uzvodno sve do Gabele. Na slici 6 možemo vidjeti kako se najmanji protoci bilježe upravo u 3 ljetna mjeseca, lipnju, srpnju i kolovozu. U kasnom ljetnom ili jesenskom razdoblju, kada se povećaju dotoci slatke vode u područje, klin se potiskuje nizvodno sve dok se potpuno ne izbaci izvan korita rijeke. Zaslanjenje odnosno prisutnost slane vode u Metkoviću pojavljuje se pri protocima slatke vode 150 m³/s. Što su protoci veći više i slana voda izlazi iz korita, sve do protoka od 500 m³/s kada potpuno nestaje. Bitno je za napomenuti da se zaslanjivanje područja ne događa samo kroz površinske vodotoke, nego značajne količine soli dolaze iz dubokih podzemnih slojeva aluvija.

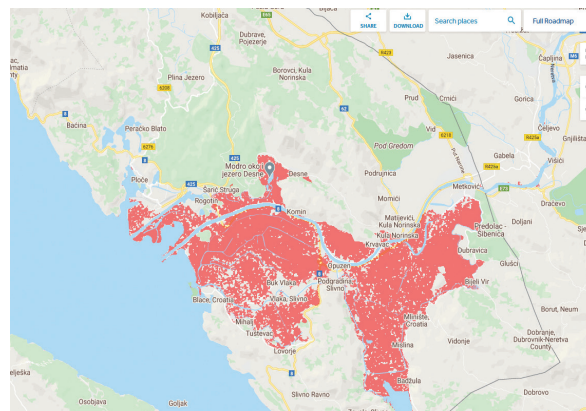


Slika 6: Protoci na mjernejoj postaji Metković, 2004. godine. (izvor: Numerički model uslojenog tečenja - primjer zaslanjivanja korita rijeke Neretve)

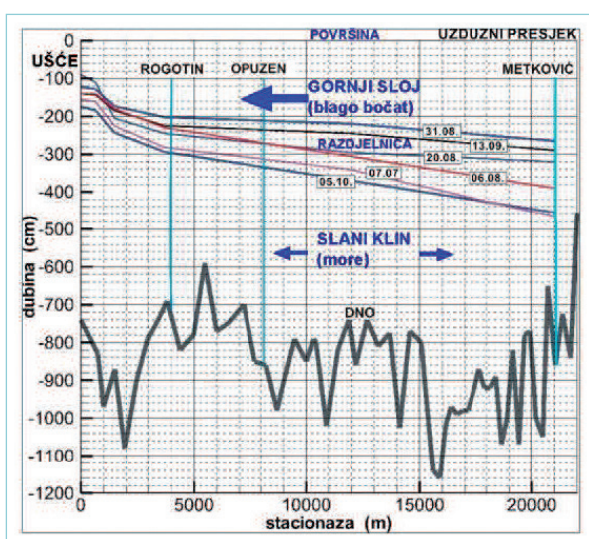
Prodor morske vode na područje Neretve prikazan je na slici 7, rozim strelicama na slici je prikazan smjer i mjesto prodora. Kao što smo ranije konstatali, more u korito rijeke kao slani klin, a iznad njega teče slatka



Slika 7: Prikaz prodora morske vode i zaslanjavanja u rijeci Neretvi (izvor: Numerički model uslojenog tečenja - primjer zaslanjavanja korita rijeke Neretve)



Slika 9: Prikaz poplavljenih područja u slučaju podizanja razine mora za 1 metar (izvor: <https://coastal.climatecentral.org>, Datum pristupa: 15. 01. 2021., 19:05)



Slika 8: Položaj slanog klina u rijeci Neretvi (izvor: Numerički model uslojenog tečenja - primjer zaslanjavanja korita rijeke Neretve)

ili bočata voda. Između je relativno uski prijelazni sloj debljine 30-50 cm (slika 8).

Činjenica jest kako su protoci većinom regulirani regulacijom gornjeg toka rijeke i brojnim hidroenergetskim objektima u susjednoj državi, međutim povećanjem temperature i podizanjem razine mora stanje na ovom području će se drastično pogoršati.

No, zaslanjenje nije jedina prijetnja ovom području u budućnosti pod utjecajem klimatskih promjena. Kvantitativnom analizom utjecaja porasta razine Jadranskog mora na hrvatsku obalu zaključeno je da pri porastu morske razine za 1 m u odnosu na današnju poplavne zone prekrivaju 152,6 km² hrvatske obale. Najugroženija je upravo Dubrovačko-neretvanska županija, gdje se po ugroženosti ističe dolina rijeke Neretve. Većina naselja na tom području, kao i veći dio prometne infrastrukture smješteni su unutar poplavne zone, zbog čega udjeli ugroženog stanovništva i infrastrukture prelaze čak 80%. Na slici 9, u nastavku crvenom bojom prikazana su područja koja bi u slučaju podizanja razine mora za 1 metar bila poplavljena.

Također, vrijedi napomenuti i utjecaj klimatskih promjena na postojeći i jedinstveni ekosustav u dolini. U posljednje vrijeme sve je više prijavljenih ulova morskih vrsta riba sve uzvodnije u toku Neretve. Ribe i drugi morski organizmi očito koriste klin morske vode te prodiru, kako je zabilježeno, sve do područja grada Čapljine! Nadalje, dolina Neretve je svjetski poznati i zaštićeni ornitološki rezervat, te kao takva stanište je preko 100 vrsta ptica. Naravno, prodorom slane vode nepovratno se uništava njihovo, ali i stanište brojnih drugih slatkovodnih organizama.

4. ZAKLJUČAK

Klimatske promjene u proteklom su desetljeću jedna od glavnih tema svih znanstvenih skupova, simpozija i seminara. Pozitivno je da se globalno svijest o njihovom razornom utjecaju podigla, kao i da velike zemlje sve više ulažu u prevenciju i sprječavanje utjecaja klimatskih promjena. Očekivani utjecaji na vodne resurse neće i ne mogu imati nikakvih značajnijih dugoročnih pozitivnih učinaka, radi čega je iznimno bitno biti svjestan mogućih posljedica. Vrijedi navesti i kako se EU bori protiv klimatskih promjena, pa je tako u prošlom financijskom razdoblju, do 2020. godine, svaki peti euro u europskom proračunu izdvojen za prilagodbu na klimatske promjene, što je 180 milijardi EUR-a godišnje, dok u aktualnom financijskom razdoblju od 2021. do 2027. svaki četvrti EUR-o u europskom proračunu će se izdvajati za prilagodbu na klimatske promjene, što je više od 280 milijardi eura godišnje.

Dakle, klimatske promjene svojim utjecajem na hidrološke značajke generirat će negativne utjecaje na socioekonomske prilike, te će trebati osigurati suradnju svih nadležnih institucija u Republici Hrvatskoj, kao i proaktivnu prekograničnu suradnju sa zemljama iz utjecajnih područja zajedničkih slivova kako bi se cjelovito upravljalo u kontekstu rizika od klimatskih promjena. Prema većini procjena u Republici Hrvatskoj najugroženija je upravo dolina

rijeke Neretve. Kao što je u ovom radu predstavljeno, Neretva već ima problema sa zaslanjenjem svojih površinskih i podzemnih tokova, kao i tla. Scenarij koji se predviđa tom području nije niti malo optimističan, obzirom da će podizanjem razine mora, porastom temperatura i redukcijom padalina, najviše nastradati upravo najrazvijenija gospodarska grana na tom području – poljoprivreda. Uzrok svim tim pojavama jasno su i nepobitno klimatske promjene.

S obzirom na tradicionalno korištenje voda za vodoopskrbu, proizvodnju električne energije te navodnjavanje, ove promjene imat će utjecaj i na

ostale grane gospodarstva. Mišljenja sam da u ovom trenutku treba najviše poraditi na informiranju javnosti o situaciji i problemu vezanom na klimatske promjene u dolini Neretve. Podizanje opće društvene svijesti o tom problemu zasigurno će ubrzati daljnja istraživanja i preventivne mjere. Paralelno s tim, sa znanstvenog aspekta utjecaj klimatskih promjena potrebno je detaljnije istražiti, kvantificirati i uključiti u daljnje procese planiranja uređenja i korištenja voda. Veliki je to izazov i zadatak za sve nas, a posebice za Hrvatske vode kao krovne institucije za upravljanje vodama u Republici Hrvatskoj. ■

LITERATURA

- Estrela, T.; Perez-Martin, M.A.; E. Vargas. (2012.): Impacts of climate change on water resources in Spain; Impacts du changement climatique sur les ressources en eau en Espagne, *Hydrological Sciences Journal*, 57:6, 1154-1167, DOI:10.1080/02626667.2012.702213
- Firth, P.; Fisher S.G. (1992.): *Global Climate change and freshwater ecosystems*. Springer-Verlag New York Inc.
- Bonacci O.; (2018.): Hidrologija delte Neretve – Neretva Delta river hydrology.
- Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema nacrtu Strategije prilagodbe klimatskim promjenama; Izveštaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima; Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Zagreb, 2017.
- Muhar A.; Đurin B. (2018.): Utjecaj klimatskih promjena na vodne resurse u svijetu;
- European Environment Agency (2017.): *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, an indicator based report*.
- Gotovac H.; Bojanić D.; Vranješ M.; Jović V.; Andričević R. (2003.): *Prodor mora u aluvij Donje Neretve*.
- Beraković M.; Beraković B.; (2011.): *Klimatske promjene i voda*.
- Vuković Ž.; Hakljević I.; (2011.): *Globalni izazovi klimatskih promjena i vodnogospodarska planiranja*.
- Romić D.; Zovko M.; Bubalo Kovačić M.; Ondrašek G.; Bakić Begić H.; Romić M.; (2019.): *Procesi, dinamika i trend zaslanjivanja voda i tla u poljoprivrednom području doline rijeke Neretve*.
- Vranješ M.; (2019.): *Uređenje područja Donje Neretve*.
- Domazetović F.; Lončar N.; Šiljeg A.; (2016.): *Kvantitativna analiza utjecaja porasta razine Jadranskog mora na hrvatsku obalu: GIS pristup*.
- Ljubenkov I.; Vranješ M.; (2012.): *Numerički model uslojenog tečenja – primjer zaslanjivanja korita rijeke Neretve*
- Nordea Group Sustainable Finance; (2019.): *Climate Risk Assessment Report: Croatia*. <https://www.hgk.hr/documents/official-croatia-report5cef87495aaec.pdf>