



OCENA SPREMEMB VODNIH KOLIČIN V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA

dr. MIRA KOBOLD¹, dr. PETER FRANTAR²

Povzetek

Agencija Republike Slovenije za okolje je v okviru projekta Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja izvedla ocene sprememb podnebnih spremenljivk ter vpliv teh sprememb na količinsko stanje površinskih in podzemnih voda. Spremembe so prikazane za letno raven za tri 30-letna obdobja v prihodnosti (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010. Projekcije sprememb kažejo smer sprememb in velikostno stopnjo sprememb za tri scenarije izpustov toplogrednih plinov: optimistični, zmerno optimistični in pesimistični scenarij. Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki pri zmerno optimističnem scenariju izpustov do konca stoletja lahko povečali do 30 odstotkov. Pri visokih vodah se kaže povečanje srednjih letnih konic povsod po državi. Povprečno letno napajanje podzemne vode se bo v primerjavi z referenčnim obdobjem do konca stoletja povečalo v povprečju do 20 odstotkov. Izstopa severovzhodna Slovenija, kjer lahko povečanje preseže 30 odstotkov.

Ključne besede: hidrološki model, napajanje podzemne vode, negotovost, podnebne spremembe, spremembe pretokov rek, vodnobilančni model mGROWA-SI.

Abstract

The Slovenian Environment Agency has carried out the assessment of climate change variables and the impact of these changes on the quantitative status of surface water and groundwater in the frame of project Assessment of climate change for Slovenia by the end of the 21st century. The changes are shown for the annual level for three 30-year periods in the future (2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100) compared to the reference period 1981–2010. The projections of change show the direction of change and the magnitude rate of change for the three representative concentration pathways scenarios: the optimistic scenario, the moderately optimistic scenario, and the pessimistic scenario. No major changes in average annual flows in Slovenia compared to the period 1981-2010 are expected, with the exception of the northeast, where flows in the moderately optimistic emission scenario

¹ Dr. Mira Kobold, univ. dipl. fiz., Agencija Republike Slovenije za okolje.

² Dr. Peter Frantar, univ. dipl. geog., Agencija Republike Slovenije za okolje.



could increase by up to 30 percent by the end of the century. High waters show an increase in mean annual peaks throughout the country. The average annual groundwater recharge will increase by an average of 20 percent by the end of the century compared to the reference period. The exception is northeastern Slovenia, where the increase may exceed 30 percent.

Keywords: changes in river flows, climate change, groundwater recharge, hydrological model, uncertainty, water balance model mGROWA-SI.

1. UVOD

Agencija Republike Slovenije za okolje od leta 2016 izvaja projekt priprave podnebnih projekcij za Slovenijo, poimenovan Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja – OPS21. Projekt finančno podpira Ministrstvo za okolje in prostor iz Sklada za podnebne spremembe. Leta 2018 so bili v sinteznem poročilu (Bertalanič et al., 2018) zbrani prvi rezultati projekta. Ti se nanašajo na oceno povprečne spremembe najpomembnejših podnebnih spremenljivk in vpliv teh sprememb na rastne razmere ter hidrološke spremenljivke, saj imajo podnebne spremembe vpliv na celoten vodni krog, ne nazadnje tudi na odtok površinskih voda.

Ocene predvidenih sprememb za posamezne spremenljivke so bile narejene za tri različne značilne poteke izpustov toplogrednih plinov (angl. *Representative Concentration Pathways* – RCP; Van Vuuren et al., 2011): optimistični (RCP2.6), zmerno optimistični (RCP4.5) in pesimistični scenarij (RCP8.5). Pri optimističnem scenariju izpustov se predvideva, da bo politika omejevanja izpustov zelo hitra in uspešna, pri zmerno optimističnem pa, da se bodo izpusti toplogrednih plinov sprva še počasi povečevali, nato pa sredi in proti koncu 21. stoletja zmanjševali. Pesimističen scenarij izpustov večjih uspehov pri omejevanju izpustov ne predvideva, zato se po tem scenariju izpusti skozi celotno 21. stoletje povečujejo (Bertalanič et al., 2018).

Rezultati projekta OPS21 so podani v obliki sprememb za tri 30-letna obdobja v prihodnosti (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) glede npr. jarno obdobje 1981–2010. To je obdobje, ki ga je za referenčno obdobje priporočila Svetovna meteorološka organizacija (WMO, 2017).

2. METODE IN PODATKI ZA OCENO PODNEBNIH SPREMOMB

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja je bila izvedena na podlagi dostopnih izračunov podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX (Bertalanič et al., 2018). Od 14 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov je bilo izbranih šest (Tabela 1), ki smo jih uporabili kot ansambel in na ta način tudi analizirali razpršenost rezultatov. Za scenarij RCP2.6 je bilo na voljo manj simulacij, glede na omenjeni izbor modelov samo dve (Tabela 1), zato so rezultati manj zanesljivi. Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake, zato so bili modelski rezultati za vsako podnebno spremenljivko za obdobje 1981–2100 glede na meritve primerjalnega obdobja 1981–2010 ustrezno popravljeni (Bertalanič et al., 2018).

Tabela 1: Podnebni modeli, katerih izračuni so bili uporabljeni v analizah.

Globalni podnebni model	Regionalni podnebni model	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CM5-LR	CCLM4-8-17		x	x
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17		x	x
EC-EARTH	HIRHAM5	x	x	x
IPSL-CM5A-MR	WRF331F		x	x
HadGEM2-ES	RACMO22E	x	x	x
MPI-ESM-LR	RCA4		x	x

Vir: Bertalanič et al., 2018.

Scenariji podnebnih sprememb za temperaturo zraka z visoko gotovostjo kažejo, da se bo naraščanje temperature zraka v Sloveniji do konca 21. stoletja nadaljevalo (Bertalanič et al., 2018). V primeru optimističnega scenarija izpustov RCP2.6 bo temperatura zraka do konca stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 zrasla za približno 1,3 °C, v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov RCP4.5 za približno 2 °C, v primeru pesimističnega scenarija izpustov RCP8.5 pa za približno 4,1 °C.

Za padavine podnebni scenariji kažejo večjo negotovost, se pa signali z odmikom v prihodnost stopnjujejo. Optimistični scenarij izpustov RCP2.6 na letni ravni v nobenem obdobju ne predvideva statistično značilnih sprememb. V primeru zmerno optimističnega in pesimističnega scenarija izpustov se bo višina padavin na letni ravni in pozimi znatno povečala (Bertalanič et al., 2018). V primeru obeh scenarijev izpustov bo povprečno povečanje letnih padavin konec stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do 20 odstotkov. Še bolj se bodo padavine povečale pozimi, nekoliko bolj na vzhodu države. Pri izjemnih padavinah se bosta povečali tako jakost kot pogostost izjemnih padavin.

3. SPREMEMBE HIDROLOŠKIH SPREMENLJIVK

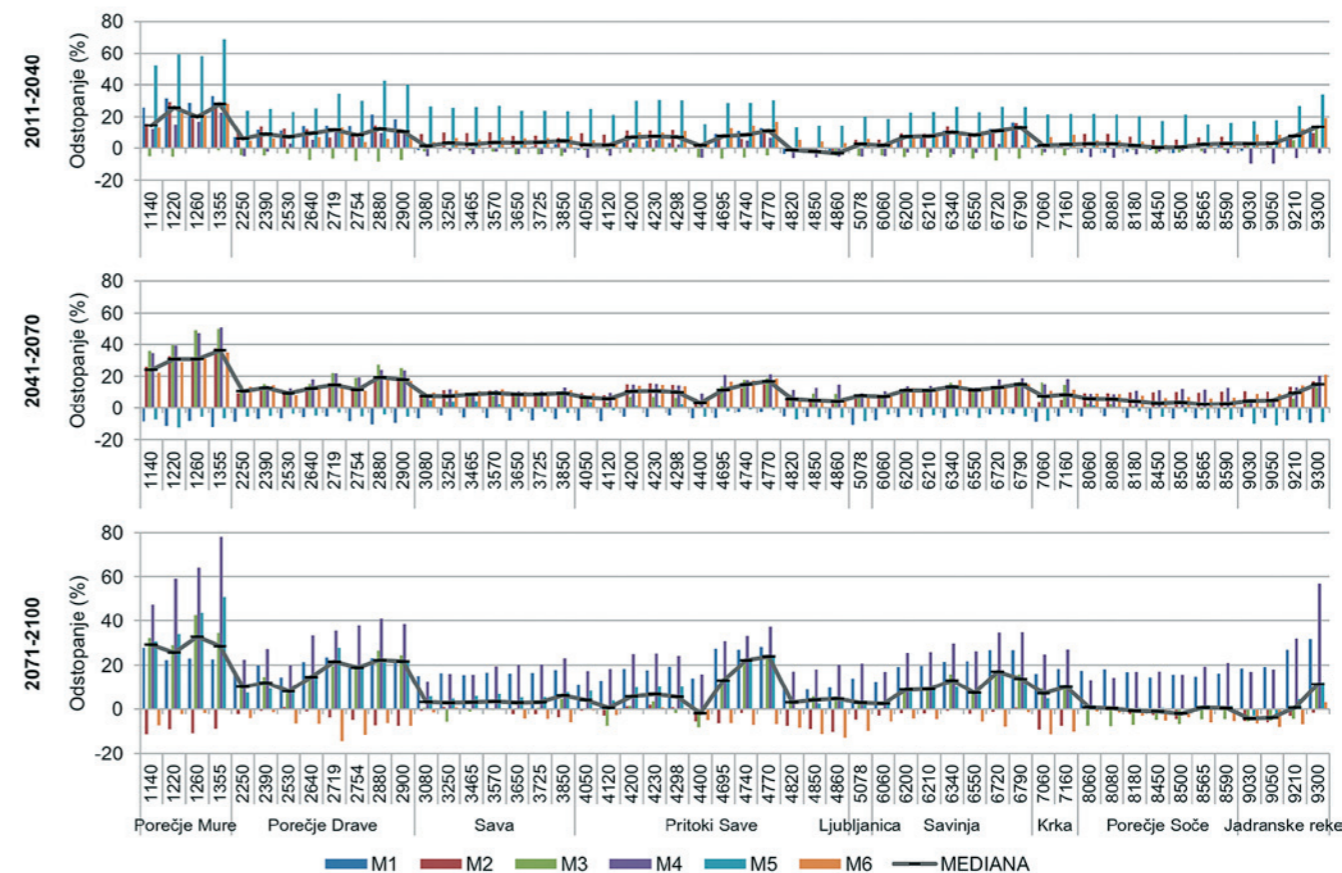
Za projekcije sprememb hidroloških spremenljivk na površinskih vodah smo izbrali letne statistike srednjih, malih in velikih pretokov, ki se najpogosteje uporabljajo v hidroloških analizah. Srednji letni pretok predstavlja povprečno letno količino vode, ki teče skozi določen profil vodotoka. Srednji pretok v določenem obdobju je povprečje srednjih letnih vrednosti pretoka v obdobju na določenem profilu vodotoka. Ob večji količini padavin začne pretok vode v vodotokih naraščati, precej hitro doseže maksimum in nato postopoma upada. Za kazalnik največjih letnih vrednosti, ki služi za analize poplavnih pretokov in poplav, se običajno vzame največji pretok v letu (visokovodna konica). Male pretoke zaznavamo v strugi vodotoka, ko dalj časa ni padavin ali taljenja snežne odeje in so odtoki posledica izcejanja podzemnih voda. S kazalniki malih pretokov opisujemo sušno obnašanje posameznih vodotokov. Srednji mali pretok v obdobju je večletno povprečje najnižjih vrednosti srednjega dnevnega pretoka v letu na določenem profilu vodotoka.

Za oceno sprememb hidroloških razmer do konca 21. stoletja smo uporabili hidrološke modele, ki jih ARSO uporablja v sklopu hidrološkega prognostičnega sistema (Petan et al., 2016) in so bili osnova za izgradnjo hidrološkega modela za oceno hidroloških razmer v prihodnosti.



V model je bilo vključenih 52 vodomernih postaj, za katere so bile narejene ocene sprememb pretokov do konca 21. stoletja. Vodomerne postaje so bile izbrane na podlagi reprezentativnosti, pokritosti porečij in vodotokov, čim manjšega človekovega vpliva na hidrološki režim ter popolnosti niza podatkov za primerjalno obdobje 1981–2010 (Gačnik in Plečko, 2018). Obdobje 1981–2010 je služilo tudi za umerjanje modela. Za to obdobje se je simulirane pretoke primerjalo z merjenimi. V postopku umerjanja modela je bilo treba za vsako podporečje določiti parametre fizikalnih in semiempiričnih enačb, ki so v modelu uporabljene za računanje hidrograma odtoka, spremljanje uskladiščene vode v snežni odeji, na površini tal, v koreninski coni in vodonosniku, da so se simulirani pretoki kar najbolje ujemali z merjenimi (Gačnik in Plečko, 2018). Vhodni podatki v hidrološki model so bili modelski podatki podnebnih modelov (Tabela 1) do leta 2100: časovni nizi padavin, temperature zraka in referenčne evapotranspiracije.

Spremembe hidroloških spremenljivk do konca 21. stoletja podajamo z odstopanjem od primerjalnega obdobja 1981–2010. Za vsak scenarij izpustov toplogrednih plinov smo za vsako točko vrednotenja (vodomerno postajo) izračunali modelsko odstopanje od primerjalnega obdobja 1981–2010 za vsak model iz Tabele 1. Primer za odstopanje srednjih pretokov za vseh šest modelov je prikazan na Sliki 1. Razlike med modeli so lahko velike in po predznaku spremembe celo nasprotujoče. Zato smo spremembe značilnih pretokov podali kot odstopanje srednjih vrednosti (mediane) modelskih simulacij za prihodnja 30-letna obdobja (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) od primerjalnega obdobja 1981–2010. Razpon modelskih rezultatov podaja negotovost, ki izhaja iz podnebnih modelov in razlik med njimi kot tudi iz hidrološkega modela. Hidrološki modeli so občutljivi na vhodne podatke padavin in je sprememba pri simuliranem odtoku zaradi nelinearnosti naravnih procesov večja kot pri padavinah (Kobold in Brilly, 2006).



Slika 1: Odstopanja modelskih srednjih pretokov od vrednosti obdobja 1981–2010 za obravnavane vodomerne postaje po scenariju izpustov RCP4.5.

Vpliv podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode smo ocenili na podlagi spremembe vodne bilance. Za izračun vodne bilance v Sloveniji do konca 21. stoletja smo uporabili vodno-bilančni model mGROWA-SI (Frantar et al., 2018). Za oceno sprememb smo z istim modelom na podlagi meteoroloških in hidroloških podatkov izračunali vrednost povprečnega letnega napajanja podzemne vode v Sloveniji v referenčnem obdobju. Referenčno obdobje napajanja podzemne vode zajema hidrološka leta 1982–2010 (Draksler, 2019; Frantar et al., 2019).

3.1 Spremembe srednjih pretokov

Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji za različne scenarije izpustov do konca 21. stoletja glede npr. obdobje 1981–2010 ni pričakovati, le za severovzhod države se kaže deloma znatno povečanje pretokov (Slika 2). Zanesljivost predvidenih sprememb pretokov je v največji meri odvisna od zanesljivosti spremembe padavin, ki imajo največji vpliv na odtok površinskih voda.

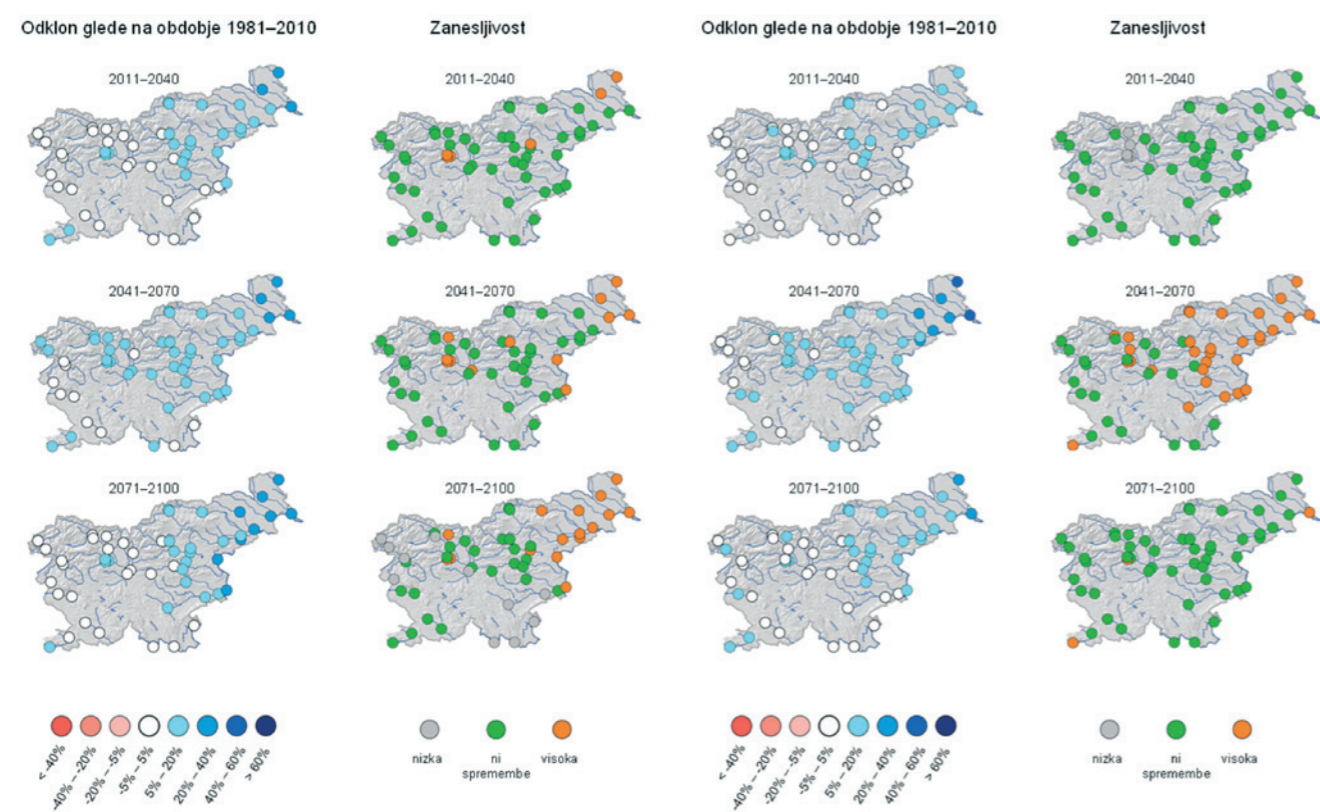
Po zmerno optimističnem scenariju izpustov RCP4.5 kažejo srednji pretoki v primerjavi s primerjalnim obdobjem 1981–2010 za bližnjo prihodnost na manjše povečanje predvsem za severovzhodni del države in na obalnem območju, drugje sprememb ni pričakovati (Slika 2). Za sredino 21. stoletja so povečanja predvidena za večji del države, z izjemo rek Notranjske,



Vipave, spodnjega dela Soče in Kolpe. Za konec stoletja pa ocenjujemo, da bo bilančno stanje srednjih pretokov rek podobno kot v bližnji prihodnosti. Pri vseh obdobjih z večjo vodnatostjo izstopa predvsem Pomurje, kjer je predvideno povečanje pretokov do 30 odstotkov. V vseh treh obdobjih so spremembe deloma zanesljive za severovzhod države in na posameznih postajah v severni Sloveniji (Slika 2).

Pesimistični scenarij izpustov RCP8.5 kaže podobno kot RCP4.5 (Slika 2). Za sredino stoletja so povečanja predvidena za večji del države, kjer se izrazito in zanesljivo povečanje kaže za večino vzhodnega dela Slovenije, celo do okoli 40 odstotkov, medtem ko za Posočje in v delih južne Slovenije sprememb ni pričakovati. Konec stoletja bo bilančno stanje srednjih pretokov podobno kot pri scenariju RCP4.5, le da je zanesljivost spremembe manjša.

Tudi optimistični scenarij RCP2.6 kaže v bližnji prihodnosti na manjše povečanje na skrajnem severovzhodu države, za sredino in konec stoletja pa kaže na bilančno bolj bogate srednje pretoke skoraj povsod po državi, z izrazitejšim povečanjem srednjih pretokov v Pomurju (Bertalančič et al., 2018).



Slika 2: Relativna sprememba srednjega pretoka v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

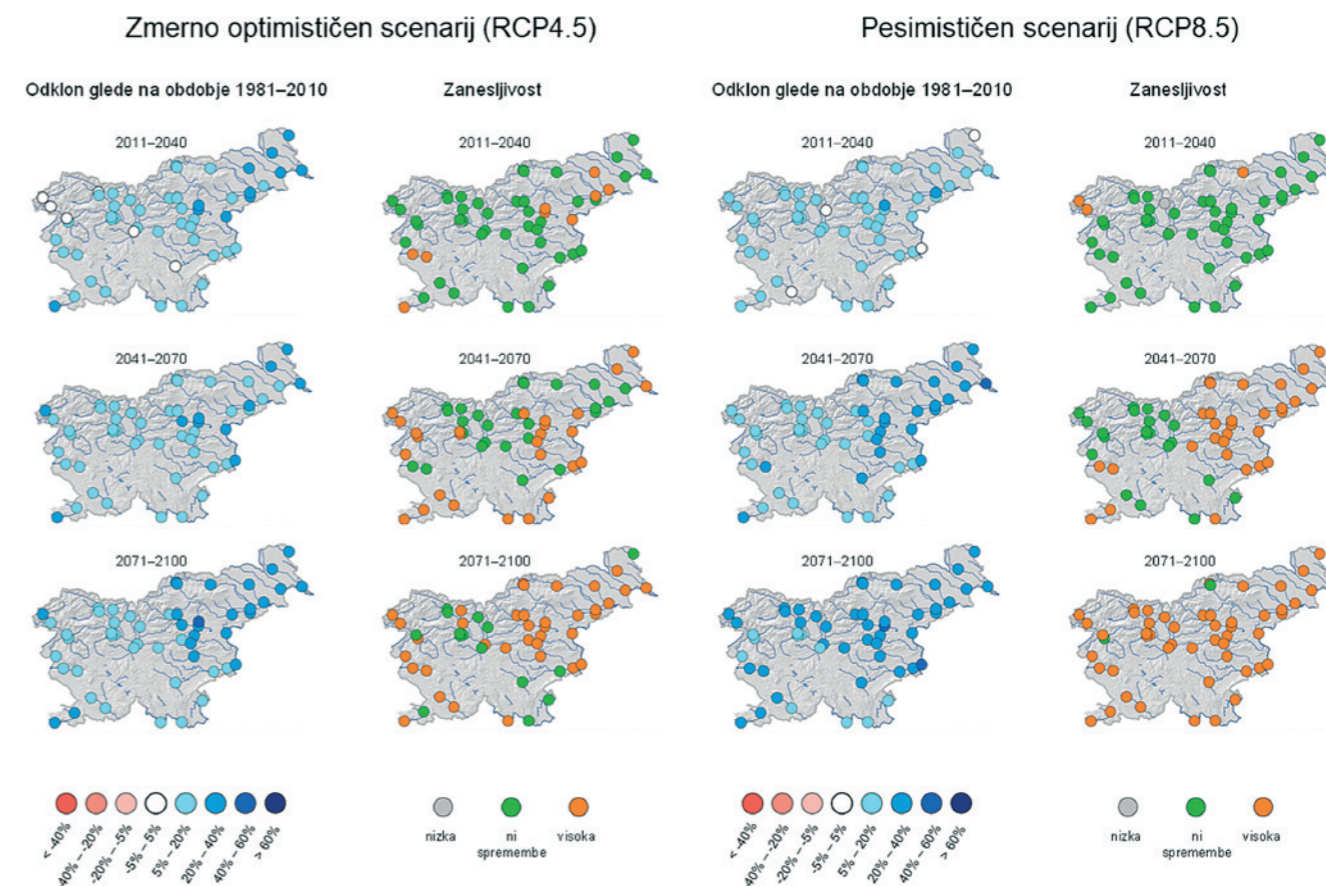
3.2 Spremembe velikih pretokov

Pri spremembi velikih pretokov (srednjih obdobjnih konic) kažejo vsi trije uporabljeni scenariji izpustov za vsa tri obravnavana obdobja v prihodnosti na povečanje srednjih konic po večini

države, pri čemer so, podobno kot pri srednjih pretokih, največja povečanja predvidena za severovzhod in deloma vzhod države (Slika 3).

V primeru scenarijev izpustov RCP4.5 in RCP8.5 se sprememba od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Za bližnjo prihodnost je v scenariju izpustov RCP4.5 za severovzhodni del predvideno večje povečanje kot v primeru scenarija izpustov RCP8.5, do okoli 30 odstotkov. V sredini stoletja je največji porast pričakovati v severovzhodni Sloveniji in na Obali. Proti koncu stoletja se pri scenariju izpustov RCP4.5 kaže podobna slika kot v sredini stoletja, pri scenariju izpustov RCP8.5 pa se kaže povečanje med 20 in 40 odstotki glede npr. jarno obdobje na skoraj vseh postajah. Zanesljivost sprememb oz. število postaj z visoko zanesljivostjo spremembe se z vsakim naslednjim obdobjem stopnjuje (Slika 3). Za oba scenarija izpustov so spremembe najbolj zanesljive v zadnjem obdobju, v primeru scenarija izpustov RCP8.5 so takrat zanesljive na skoraj vseh postajah.

Čeprav se tudi v primeru scenarija izpustov RCP2.6 kažejo povečanja velikih pretokov v vseh treh obravnavanih obdobjih, na vzhodu tudi do 30 odstotkov, pa so te spremembe nezanesljive oz. manjše od naravne spremenljivosti (Bertalančič et al., 2018).



Slika 3: Relativna sprememba velikih pretokov (srednjih obdobjnih konic) v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

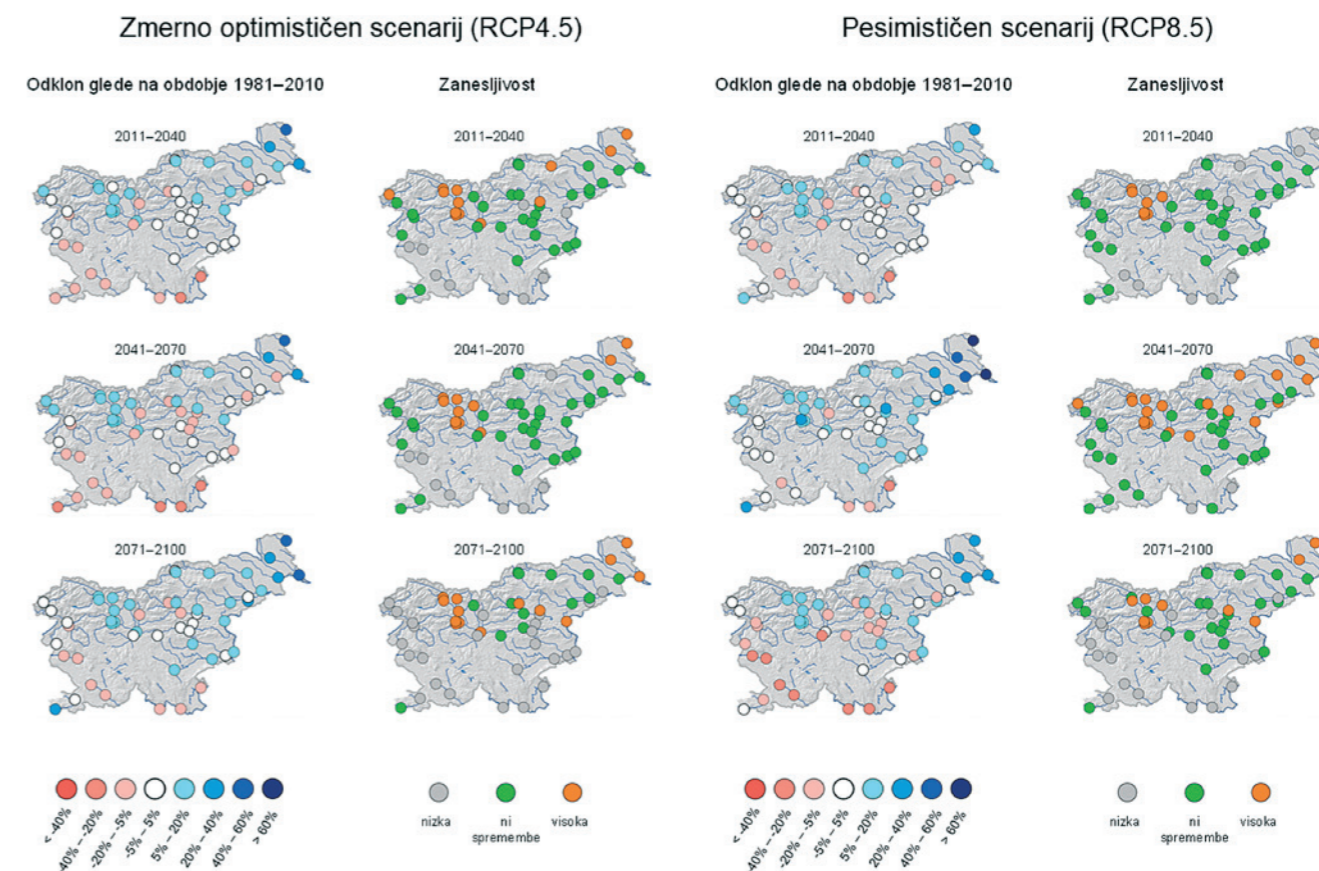


3.3 Spremembe malih pretokov

Pri srednjih malih pretokih lahko pričakujemo tako povečanje kot zmanjšanje v primeru vseh treh uporabljenih scenarijev izpustov. Scenarij izpustov RCP4.5 kaže v bližnji prihodnosti in v sredini 21. stoletja na povečanje za severno polovico države (Slika 4). Večja in zanesljiva povečanja se kažejo za Pomurje. V Pokolpju in jugozahodni Sloveniji je predvideno zmanjšanje srednjih malih pretokov, vendar je to zmanjšanje nezanesljivo, ker si modeli nasprotujejo v predznaku sprememb. Za zadnje obdobje se kažejo podobne spremembe kot v sredini stoletja, z razliko, da je za Krko in spodnjo Savo predviden porast srednjih malih pretokov. Je pa za vse postaje v južnem in jugozahodnem delu zanesljivost sprememb nizka (Slika 4).

V primeru scenarija izpustov RCP8.5 v bližnji prihodnosti pričakujemo podobno spremembo malih pretokov kot v scenariju izpustov RCP4.5, vendar je v tem primeru sprememba zanesljiva le v delu Gorenjske. Za sredino stoletja se kaže zanesljivo povečanje malih pretokov v severni in vzhodni Sloveniji. Za južni del države je signal spremembe podoben kot za bližnjo prihodnost in prav tako nezanesljiv. Za konec 21. stoletja se kaže podobna sprememba kot v bližnji prihodnosti, le da je signal zmanjšanja malih pretokov v južni Sloveniji nezanesljiv.

V primeru scenarija izpustov RCP2.6 so predvidene spremembe podobne kot v scenariju izpustov RCP4.5. Te spremembe so manjše od naravne spremenljivosti. Izjema je le občutno povečanje malih pretokov v Prekmurju ob koncu stoletja (Bertalanič et al., 2018).



Slika 4: Relativna sprememba srednjih malih pretokov v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

3.4 Sprememba napajanja podzemne vode

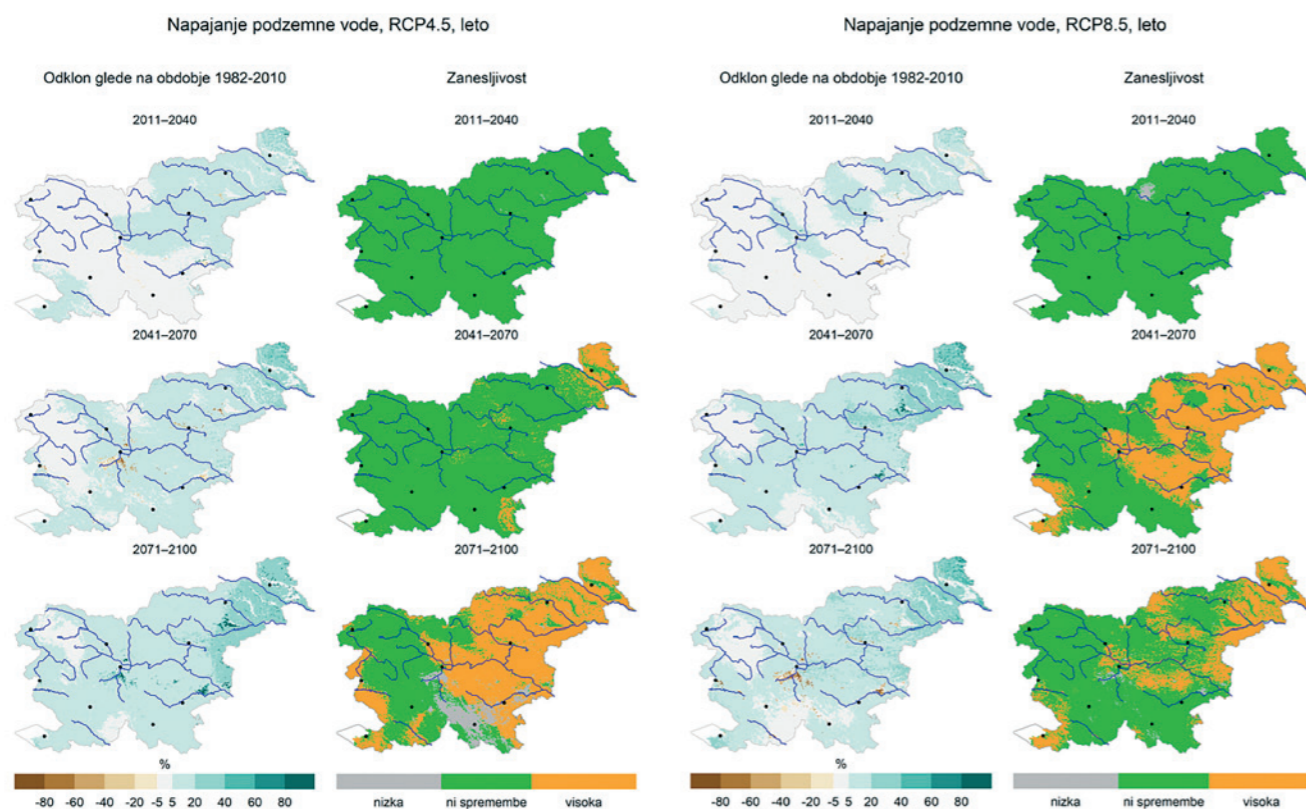
V prihodnjih obdobjih povprečno letno napajanje podzemne vode v Sloveniji ne kaže na večje spremembe v prostorski razporeditvi količine napajanja glede na hidrološka leta referenčnega obdobja 1982–2010 (Draksler, 2019; Frantar et al., 2019). V večini Slovenije scenarija izpustov toplogrednih plinov RCP4.5 in RCP8.5 kažeta na povečevanje napajanja podzemne vode v vseh projekcijskih obdobjih. V scenariju izpustov RCP4.5 se spremembe stopnjujejo v vseh treh obdobjih, v scenariju izpustov RCP8.5 pa so največje spremembe v drugem obdobju, v zadnjem nekoliko manj izrazite (Slika 5). Spremembe bodo glede npr.jalno obdobje največje na severovzhodu Slovenije. V prvem projekcijskem obdobju je v scenariju izpustov RCP4.5 predvideno povečano napajanje do 20 odstotkov na severovzhodu Slovenije in se proti zahodu države zmanjšuje (na 5 do 10 odstotkov). Na alpsko-dinarski pregradi bo sprememba manjša od 5 odstotkov, v Istri pa okoli 10 odstotkov. Prostorska porazdelitev sprememb je za vsa projekcijska obdobja podobna, stopnjuje se le velikost porasta napajanja, ki v zadnjem projekcijskem obdobju na posameznih območjih severovzhodne Slovenije preseže tudi 40 odstotkov.

Tudi v primeru scenarija izpustov RCP8.5 je prostorska porazdelitev sprememb podobna kot v scenariju izpustov RCP4.5 (Slika 5). Razlike so v velikosti spremembe. V prvem projekcijskem



obdobju so v scenariju RCP8.5 predvidene spremembe napajanja zelo majhne. V drugem projekcijskem obdobju so v primerjavi s scenarijem RCP4.5 precej večje, v zadnjem projekcijskem obdobju pa bo predvideno povečanje napajanja manjše kot v obdobju sredi stoletja.

V primeru scenarija izpustov RCP2.6 je geografska razporeditev sprememb podobna kot v drugih dveh scenarijih (Bertalanič et al., 2018). Povsod po državi se napajanje poveča, najbolj na severovzhodu države, intenziteta teh sprememb pa je manjša kot po drugih dveh scenarijih.



Slika 5: Spremembe povprečnega letnega napajanja podzemne vode za tri projekcijska obdobja, dva scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno) glede na referenčno obdobje ter pripadajoča zanesljivost.

4. ZAKLJUČEK

Za pripravo strokovnih podlag za prilagajanje na podnebne spremembe v Sloveniji sta ključna poznavanje pretekle podnebne spremenljivosti in ocenjevanje prihodnjih podnebnih razmer. Ocene sprememb pretokov do konca 21. stoletja kažejo, da večjih sprememb srednjih letnih pretokov kot tudi napajanja podzemne vode v Sloveniji glede npr. jarno obdobje po treh scenarijih izpustov toplogrednih plinov ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki v zmerno optimističnem scenariju izpustov do konca 21. stoletja lahko povečali do 30 odstotkov, napajanje podzemne vode pa do 40 odstotkov.

Pri visokih vodah se bodo srednje letne konice po vseh obravnavanih scenarijih izpustov v primerjavi z obdobjem 1981–2010 povečale povsod po državi, v povprečju od 20 do 30 odstotkov. Povečanje se od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Največje povečanje konic bo na severovzhodu države, kjer bo v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov povečanje znašalo do približno 30 odstotkov, v primeru pesimističnega scenarija pa med 20 in 40 odstotkov na skoraj vseh vodomernih postajah v Sloveniji.

Spremembe srednjih malih pretokov so po vseh scenarijih prostorsko neenotne in le ponekod v severni polovici Slovenije kažejo na značilno povečanje za približno 20 odstotkov.

Scenariji napajanja podzemne vode po vseh različicah kažejo na splošno povečanje neposrednega letnega napajanja podzemne vode. V večini države gre za povečanje med 5 in 20 odstotkov, povečanje napajanja pa bo največje na severovzhodu države. Zanesljivost sprememb je največja prav na severovzhodu Slovenije.

Negotovost modelskega ansambla je velika, zlasti pri rekah, kjer so razmerja med malimi, srednjimi in velikimi pretoki velika. Pri velikih pretokih je negotovost večja od negotovosti srednjih in malih pretokov. Pri vseh pa se negotovosti proti koncu stoletja povečujejo (Bertalanič et al., 2018). Negotovost pri oceni podnebnih sprememb se pojavlja na vseh stopnjah procesa priprave projekcij podnebnih sprememb. Izvira iz negotovosti scenarijev izpustov, negotovosti simulacij podnebnih modelov in naravne podnebne spremenljivosti.

LITERATURA IN VIRI

- Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokpošek, N., Medevd, A., Vertačnik, G., Vlahovič, Ž. in Žust, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf [3. 5. 2021].
- Draksler, A., 2019. Ocena količinskega stanja podzemne vode v spremenjenem podnebnju, Končno poročilo. Interno poročilo. Ljubljana.
- Frantar, P., Draksler, A., Herrmann, F. in Wendland, F., 2019. Climate change impact on groundwater recharge in Slovenia in the period 2011–2100. Groundwater management and governance. Coping with uncertainty: Proceedings of IAH2109, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain), str. 250.
- Frantar, P., Herrmann, F., Andjelov, M., Draksler, A. in Wendland, F., 2018. Vodnobilančni model mGROWA-SI. Zbornik. 29. Mišičev vodarski dan, Maribor, Vodnogospodarski biro, 199–205.
- Gačnik, N. in Plečko, J., 2018. Nadgradnja ocene izrednih meteoroloških in hidroloških razmer v Sloveniji do konca 21. stoletja – poročilo projekta za sklopa 4 in 5. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Kobold, M. in Brilly, M., 2006. The use of HBV model for flash flood forecasting. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 407–417.
- Petan, S., Golob, A. in Moderc, M., 2016. Hidrološki prognostični sistem Agencije Republike Slovenije za okolje. Ljubljana. Acta hydrotechnica 28/49 (2015): 119–131.
- van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. in Rose, S., 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, 109, 5–31.
- WMO, 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203, Geneva.