

Makroekonomija klimatskih promjena: Pregled klimatskih projekcija i utjecaja na gospodarstvo i financijski sustav Hrvatske

LEONARDA SRDELIĆ
Institut za javne financije
Smičiklasova 21, Zagreb
Hrvatska

leonarda.srdelic@ijf.hr
<https://orcid.org/0000-0002-4079-8198>

Izvorni znanstveni rad / *Original scientific paper*

UDK: 551.58 : 338(497.5)

Primljeno / Received: 06. svibnja 2024. / May 06th, 2024.

Prihvaćeno za objavu / Accepted for publishing: 17. svibnja 2024. / May 17th, 2024.

DOI: 10.15291/oec.4434

Sažetak: U radu se primjenjuje interdisciplinarni pristup, spajajući klimatologiju s ekonomskom i financijskom analizom, za dublje razumijevanje kako klimatske promjene utječu na gospodarstvo i financijski sustav Hrvatske. Koristeći geoprostornu analizu podataka IPCC-a i Copernicus programa, identificiraju se regije unutar Hrvatske različito izložene klimatskim rizicima, omogućujući precizniju procjenu rizika za gospodarstvo i financijski sustav Hrvatske. Rad također doprinosi teorijskom razumijevanju veza između klimatskih promjena i makroekonomskih varijabli te pruža okvir za analizu dugoročnih ekonomskih učinaka klimatskih promjena. Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao osnova za razvoj strategija prilagodbe i ublažavanja rizika od klimatskih promjena na nacionalnoj razini.

Ključne riječi: klimatske promjene, fizički rizici, makroekonomija, financijska stabilnost, Hrvatska.

JEL klasifikacija: Q54, G20, Q01.

1 Uvod

Klimatske promjene predstavljaju jedan od izvora strukturnih promjena koje značajno utječu na gospodarstvo i financijski sustav (Network for Greening the Financial System [NGFS], 2019). Ovisno o ročnosti i prirodi pojava, mogu se podijeliti na kronične i akutne klimatske promjene (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023). Kronične su one koje se razvijaju postupno kroz duži vremenski period, poput porasta srednje godišnje temperature i razine mora, a akutne su nagli i intenzivni događaji, kao što su ekstremni vremenski događaji i prirodne katastrofe poput ekstremnih temperatura, suša, šumskih požara, poplava i klizišta.

S obzirom na to da kronične i akutne klimatske promjene uzrokuju fizičke promjene u okolišu s izravnim i mjerljivim učincima na infrastrukturu, gospodarstvo, i svakodnevni život ljudi još ih zovemo i

Autorica izražava posebnu zahvalnost Mirni Dumičić Jemrić na podršci u privatnom i poslovnom životu, koja je omogućila nastanak ovog rada. Također, zahvaljuje se Ivani Sečanj i tvrtki ATD Solucije na dijeljenju shapefile datoteka Hrvatske, koje su korištene za izradu slika u ovom radu. Posebnu zahvalu upućuje i Ivanu Güttleru, čiji su komentari i prijedlozi značajno unaprijedili ovaj rad. Sve eventualne netočnosti i greške isključiva su odgovornost autora, a svi zaključci u radu odražavaju stavove autora i ne predstavljaju nužno stajališta institucije unutar koje autor djeluje

pokretačima fizičkih rizika. Rizik se u ovom kontekstu definira kao produkt tri ključna elementa. To su izloženost subjekta klimatskom događaju, osjetljivost subjekta na taj događaj, i kapacitet za prilagodbu i ublažavanje posljedica. Rizik je, stoga, funkcija ne samo pojave, nego i sposobnosti društva da predvidi, spriječi, i prilagodi se tim promjenama (IPCC, 2007, 2014). Na primjer, iako suša (izloženost klimatskom događaju) možda neće izravno utjecati na građevinske objekte ili proizvodne pogone, može imati značajan utjecaj na poljoprivredna područja (osjetljivost), uzrokujući velike gubitke u proizvodnji, ukoliko nisu razvijeni sistemi za pohranjivanje i ponovnu upotrebu vode (mjere prilagodbe). Stoga, učinkovitost mjera prilagodbe i zaštite od ključne je važnosti jer one mogu smanjiti rizike čak i u scenarijima u kojima se predviđa povećan broj i intenzitet ekstremnih vremenskih događaja u budućnosti. Ovaj rad koristi interdisciplinarni pristup koji povezuje klimatologiju s ekonomskom i financijskom analizom, omogućujući bolje razumijevanje složenih mehanizama preko kojih klimatske promjene utječu na gospodarstvo i financijski sustav. Rad je podijeljen u dva dijela.

U prvom dijelu, koristeći geoprostornu analizu podataka Međuvladinog panela za klimatske promjene (IPCC) i Copernicus programa, identificiramo regije unutar Hrvatske s različitom izloženošću klimatskim rizicima. Ovo je temelj za inovativnu primjenu IPCC klimatskih projekcija u Hrvatskoj, nudeći važne uvide koji su izravno primjenjivi u financijskom sektoru. Primjerice, geoprostornom analizom rizika te georeferenciranjem imovine, banke i druge financijske institucije mogu preciznije ocijeniti izloženost svoje imovine tim rizicima.

Drugi dio rada se fokusira na sintezu nalaza o klimatskim projekcijama za Hrvatsku, te razmatra mehanizme preko kojih klimatske promjene utječu na gospodarsku aktivnost i financijsku stabilnost. Rad doprinosi teorijskom razumijevanju veza između klimatskih promjena i makroekonomskih varijabli te pruža okvir za analizu dugoročnih ekonomskih učinaka klimatskih promjena. Teorija sugerira da promjene u klimatskim uvjetima utječu na gospodarsku stabilnost kroz izravne štete na infrastrukturi i neizravne učinke na proizvodnju i tržište rada. Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao osnova za razvoj strategija prilagodbe i ublažavanja rizika od klimatskih promjena na nacionalnoj razini. Specifično, rad također služi kao izvor podataka za formuliranje politika usmjerenih na smanjenje ranjivosti gospodarstva na klimatske promjene.

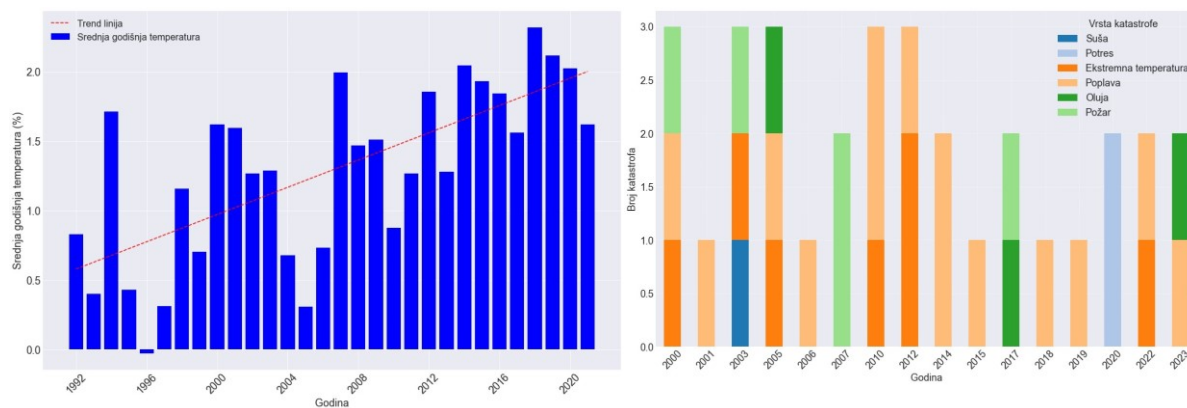
2 Pregled klimatskih projekcija i fizičkih rizika za Hrvatsku

Hrvatska se, zajedno s ostatkom Europe i svijeta, suočila sa značajnim promjenama u klimi u proteklom desetljećima, uključujući porast srednje godišnje temperature i veliki broj ekstremnih vremenskih događaja (Slika 1). Konkretno, tijekom posljednje 23 godine, Hrvatska se suočila s 32 prirodne katastrofe, pri čemu su poplave bile najčešće.

Dodatno, analize Svjetske banke (2021) i izvještaj IMF-a (2023) ukazuju na procjene prema kojima svaka prirodna katastrofa u Hrvatskoj prosječno rezultira godišnjim gubicima od 0,7 posto BDP-a. Ova saznanja pružaju važan uvid u posljedice klimatskih promjena i ekstremnih vremenskih događaja na nacionalno gospodarstvo.

Međutim, identifikacija najznačajnijih klimatskih događaja temeljena isključivo na povijesnim podacima o učestalosti i financijskim gubicima nije dovoljna za razumijevanje i ublažavanje budućih rizika povezanih s klimatskim promjenama. Ograničenje se javlja zbog nelinearnog karaktera klimatskih promjena i potencijalno nepredvidljivih učinaka koji nadilaze povijesne trendove. Primjerice, sve veća koncentracija stakleničkih plinova zagrijava Zemlju zbog čega se otapaju ledenjaci i permafrost. Otapanjem ledenjaka i ledenih ploča podiže se razina mora, dok se otapanjem permafrosta oslobađa metan koji potom dodatno ubrzava proces zagrijavanja i otapanja ledenjaka. Takvi procesi predstavljaju izazov za modeliranje klimatskih promjena i procjenu rizika. U tom kontekstu, implementacija sofisticiranih klimatskih modela i projekcija, kao što su oni razvijeni od IPCC-a, postaje ključna. Takvi modeli omogućavaju dublje razumijevanje mogućih budućih scenarija, što je neophodno za formuliranje

i prilagodbu strategija usmjerenih na smanjenje rizika i povećanje otpornosti na promjene koje klimatske promjene donose.



Slika 1: Promjena srednje godišnje temperature i pregled ekstremnih vremenskih događaja u Hrvatskoj po godinama

Izvor: Izrada autora prema FAOSTAT i EM-DAT podacima (2024.)

Slika 1. prikazuje promjene srednje godišnje temperature i pregled ekstremnih vremenskih događaja u Hrvatskoj po godinama.

2.1 Metodologija

Klimatske projekcije preuzete su s IPCC WGI Atlasa u obliku raster podataka¹ za dva različita klimatska scenarija koja predstavljaju različite buduće razine emisija stakleničkih plinova i njihove koncentracije (Putanje Reprezentativnih Koncentracija; RCPs), odražavajući potencijalne ishode temeljene na različitim globalnim strategijama smanjenja emisija. To su umjereni (RCP 4.5) i pesimistični (RCP 8.5) scenarij. RCP 4.5 se smatra umjerenim jer pretpostavlja značajne, ali ostvarive napore u smanjenju emisija, dok se RCP 8.5 smatra pesimističnim 'business as usual' scenarijem s visokim razinama emisija i ograničenim globalnim akcijama za ublažavanje, što rezultira znatno višim porastom globalne temperature (Gutiérrez et al., 2021). U analizi kroničnih klimatskih promjena, koje uključuju varijacije srednje godišnje temperature i razine mora, projekcije se temelje na dugoročnom razdoblju od 2081. do 2100. godine. Za istraživanje akutnih klimatskih promjena, koje obuhvaćaju ekstremne temperature, promjenu količine oborina, indeks požarne opasnosti i druge varijable (vidi tablicu 1) s izravnim utjecajem na gospodarstvo, primijenjena je analiza u kratkoročnom (2021.–2040.) i srednjoročnom (2041.–2060.) razdoblju. Referentno razdoblje za većinu klimatskih varijabli postavljeno je od 1981. do 2010. godine, što je u skladu s preporukama Svjetske meteorološke organizacije (WMO) koja preporučuje korištenje tridesetogodišnjih referentnih perioda za klimatske studije (Gutiérrez et al., 2021). Za analizu promjene razine mora koristi se specifično razdoblje od 1995. do 2014. godine, zbog ograničene dostupnosti podataka. Raster podaci korišteni u analizi potječu iz dva modela dostupna u IPCC WGI Atlasu: CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) i CORDEX Europe (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment). Gdje god je to moguće, koristimo raster podatke iz CORDEX Europe zato što CORDEX Europe ima više pravokutnih ćelija ili piksela te time i detaljnije informacije. Za varijable koje nisu pokrivena CORDEX-om, poput promjene razine mora i šestomjesečnog Standardiziranog indeksa oborina (SPI-6), koristimo CMIP6. Osim razlike u razini detaljnosti, CORDEX i CMIP6 također koriste različite skupove scenarija za modeliranje budućih klimatskih promjena. Dok CORDEX Europe primjenjuje Putanje Reprezentativnih Koncentracija (RCP)

koje su već ranije opisane, CMIP6 uvodi Putanje Zajedničkih Socioekonomskih Razvoja (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs), koje se kombiniraju s RCPs za stvaranje SSP-RCP scenarija (Gutiérrez et al., 2021). U kontekstu ovog istraživanja, za promjene razine mora i šestomjesečni Standardizirani indeks oborina (SPI-6) upotrebljavaju se SSP2-4.5, koji označava srednji socioekonomski razvoj uz umjerene emisije, i SSP5-8.5, koji pretpostavlja intenzivan gospodarski rast zasnovan na fosilnim gorivima, sličan RCP8.5 scenariju, sugerirajući minimalne globalne napore za smanjenje emisija (Riahi et al., 2017). Pored klimatskih projekcija IPCC-a, za regionalnu analizu specifičnih rizika poput požara, poplava i klizišta koristimo i dodatne izvore podataka. Za požare koristimo sezonske klimatske projekcije Indeksa požarne opasnosti (Seasonal Fire Weather Index; FWI) preuzete iz baze Copernicus Climate Change Service, dok se karta rizika od požara izrađuje pomoću podataka Europskog sustava za informacije o požarima (EFFIS). Za procjenu izloženosti riziku od riječnih poplava koristimo podatke iz dokumenta Hrvatske strategije za upravljanje vodnim područjem do 2027. godine, a u analizi rizika od klizišta oslanjamo se na karte podložnosti klizanju razvijene unutar projekta PRI-MJER. Za obradu i analizu raster podataka ekstremnih temperatura i oborina primjenjujemo statističku metodu koja uključuje uprosječavanje tih podataka za jedinice lokalne samouprave unutar Hrvatske. Podaci za rizik od požara uprosječeni su na razini katastarskih općina. Izloženost riječnim poplavama prikazuje se prema vodnim područjima, dok se rizik od klizišta određuje na temelju podložnosti tla klizanju. Za preostale klimatske varijable prikazani su sirovi raster podaci.

Tablica 1: Pregled korištenih varijabli, izvora podataka, modela i scenarija

Varijabla	Opis	Mjerna jedinica	Izvor podataka	Model	Scenarij emisija	Projekcijsko razdoblje (referentno razdoblje)
Srednja godišnja temperatura	Srednja g.t. i promjena srednje g.t.	°C i promjena °C	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2081.-2100. (1981.-2010.)
Porast razine mora (SLR)	Promjena u prosječnoj razini mora	Promjena u metrima	IPCC WGI Interactive Atlas	CMIP6	SSP2RCP4.5, SSP5RCP8.5	2081.-2100. (1995.-2014.)
Dani mraza (FD)	Promjena broja dana s minimalnom temperaturom ispod 0°C	Broj dana	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Najniže temperature (TnN)	Najniža godišnja temperatura	Promjena °C	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Stupnjevi dana grijanja (HDD)	Promjena ukupnog broja stupnjeva dana ispod 18°C	Promjena stupnjeva dana	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Prosjek najviših dnevnih temperatura (TX)	Prosjek najviših dnevnih temperatura	Promjena °C	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Dani s temperaturom iznad 35°C (TX35)	Promjena broja dana s maksimalnom temperaturom iznad 35°C	Broj dana	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Dani hlađenja (CDD)	Promjena ukupnog broja stupnjeva dana iznad 18°C	Promjena stupnjeva dana	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)

Šestomjesečni standardizirani indeks oborina (SPI-6)	Mjera intenziteta suše za period od šest mjeseci	Promjena u %	IPCC WGI Interactive Atlas	CMIP6	SSP2RCP4.5, SSP5RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Sezonski indeks opasnosti od požara (FWI JJAS)	Računa se kao zbroj dnevnih vrijednosti indeksa opasnosti od požara tijekom sezone požara (lipanj-rujan) podijeljen s ukupnim brojem dana unutar tog vremenskog raspona. Što je vrijednost indeksa viša, meteorološki uvjeti su povoljniji za izazivanje šumskog požara.	Indeks	Copernicus Climate Change Service	Multi-model mean case	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Promjena količine oborina (RX5)	Promjena u količini oborina koja pada u periodu od pet uzastopnih dana	Promjena u %	IPCC WGI Interactive Atlas	CORDEX Europe	RCP4.5, RCP8.5	2021.-2040., 2041.-2060. (1981.-2010.)
Karta rizika od požara	Kvalitativna kategorizacija vjerojatnosti pojavljivanja i potencijalni socio-ekonomski utjecaj	-	EFFIS	-	-	2024.
Izloženost poplavama	Kvalitativna kategorizacija vjerojatnosti pojavljivanja	-	Hrvatske Vode (2023.)	-	-	2022.-2027.
Podložnost na klizanje	Kvalitativna kategorizacija vjerojatnost pojavljivanja i potencijalni socio-ekonomski utjecaj	-	Gazibara, Krkač i Mihalić Arbanas (2023.)	-	-	2023.

Izvor: Izrada autora (2024.)

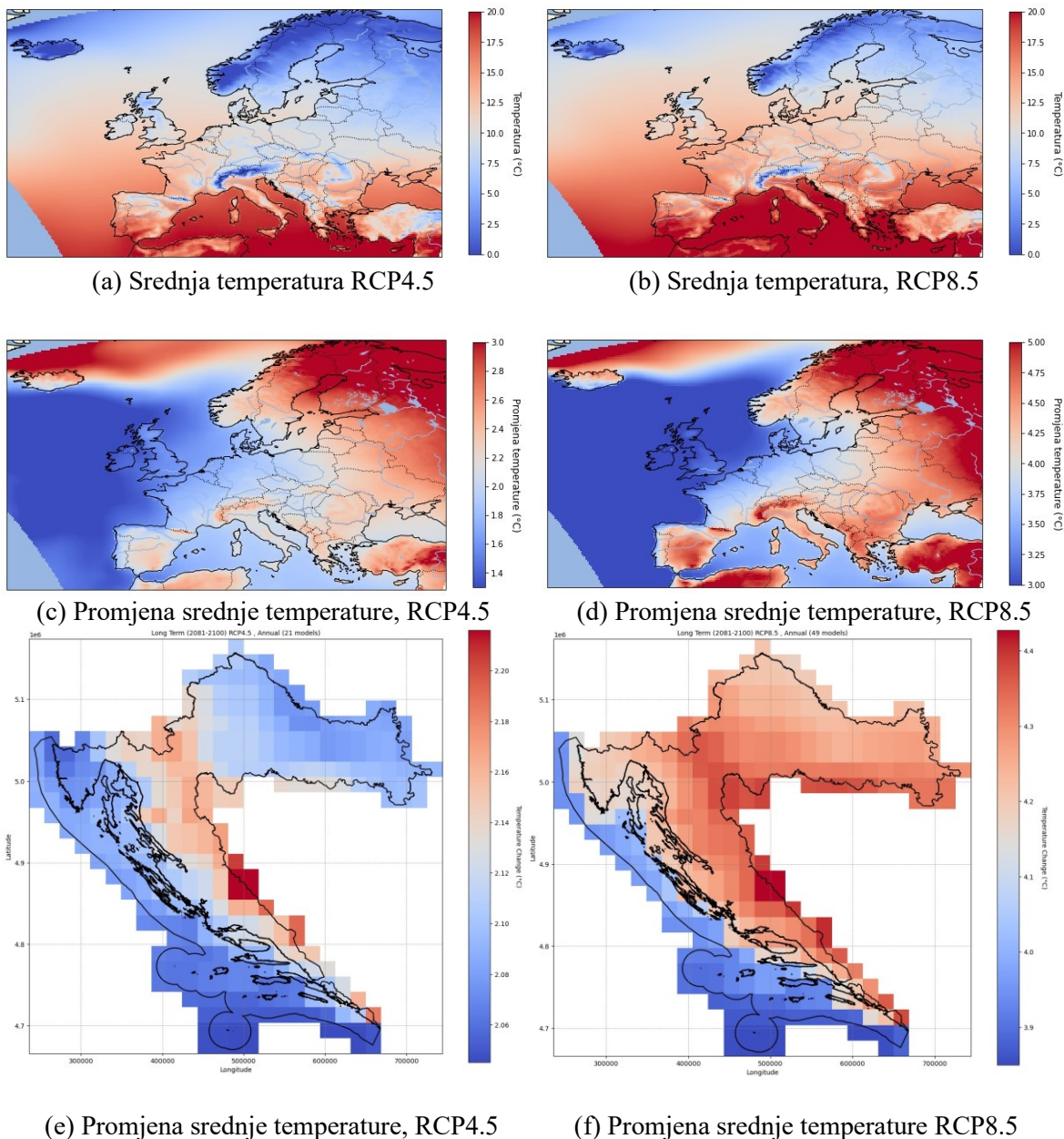
2.2 Kronične klimatske promjene

U ovom poglavlju predstavljene su projekcije koje se odnose na kronične klimatske promjene. One obuhvaćaju srednju godišnju temperaturu i njezine promjene te promjene razine mora za dva različita scenarija u Europi i u Hrvatskoj.

2.2.1 Srednja godišnja temperatura

Paneli a i b na slici 2 prikazuju srednju godišnju temperaturu u Europi, a paneli c i d zatim prikazuju promjenu srednje temperature u Europi u odnosu na referentno razdoblje (1981.-2010.). Analiza pokazuje da će regije s trenutno najnižim srednjim godišnjim temperaturama, poput planinskih područja Alpa, zabilježiti najveći porast temperature. To ukazuje na izraženu osjetljivost planinskih regija na globalno zagrijavanje, što rezultira snažnim porastom srednje godišnje temperature u tim područjima. Literatura, uključujući radove Mountain Research Initiative EDW Working Group (Mountain Research Initiative WG, 2015) i Giorgi et al. (1997), objašnjava ovaj fenomen bržim zagrijavanjem zraka na većim

nadmorskim visinama zbog njegove niže gustoće, dok povlačenje snježnog i ledenog pokrivača smanjuje albedo efekt, dodatno pojačavajući zagrijavanje.



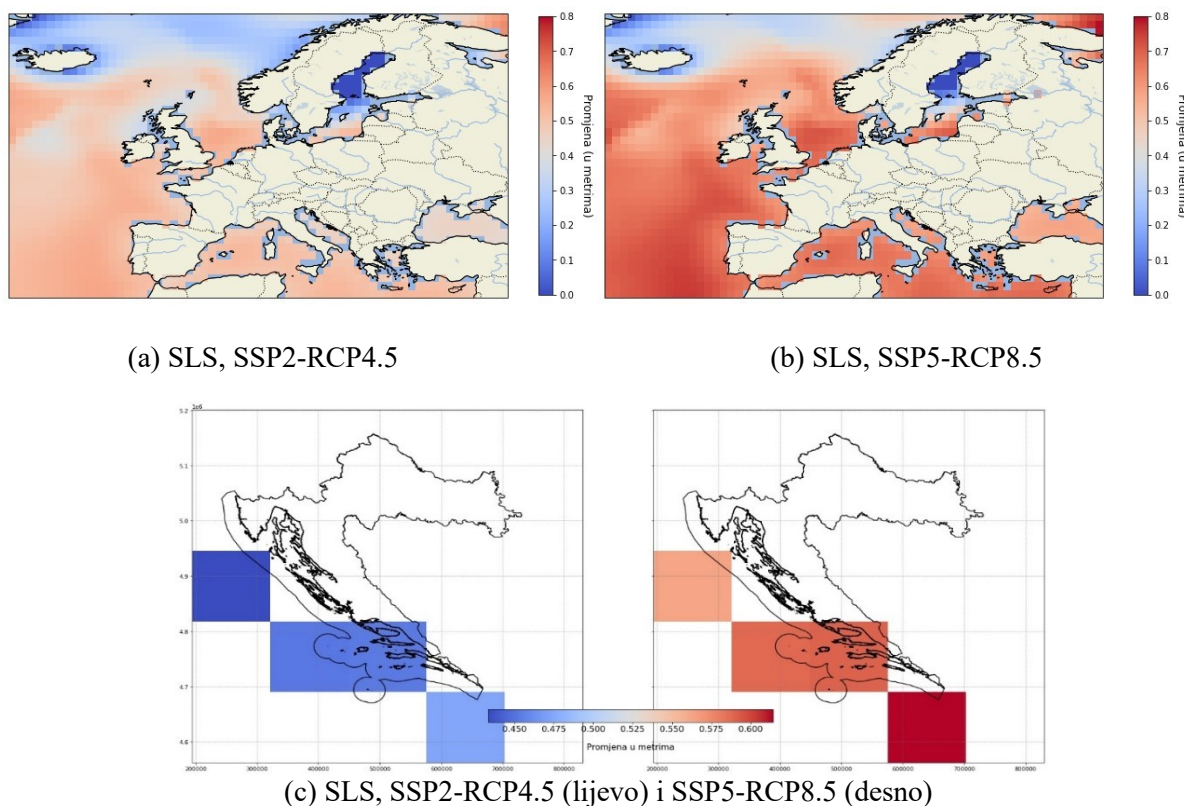
Slika 2: Srednja godišnja temperatura u Europi (a i b) i promjena srednje godišnje temperature u Europi (c i d) i Hrvatskoj (e i f) za dugoročno razdoblje (2081.-2100.) u odnosu na referentno razdoblje (1981.-2010.) Izvor: Izrada autora prema podacima IPCC WGI Interactive Atlas (2024.)

Što se tiče Hrvatske, paneli e i f prikazuju promjene srednje godišnje temperature, pri čemu se primjećuje sličan obrazac povećanja temperature kao u slučaju Europe. Najveće povećanje temperature predviđa se za planinska područja Dinare i Velebita.

2.2.2 Razina mora

Otapanje ledenjaka i ledenih ploča uslijed povećanja temperatura, rezultira širenjem morske vode što je ključni faktori koji doprinosi porastu razine mora. Međutim, distribucija ovog doprinosa nije uniformna

zbog gravitacijskih efekata, efekata saliniteta, utjecaja strujanja u moru i atmosferi te distribucije mase Zemlje (Church et al., 2011; Marzeion et al., 2018). Klimatske projekcije ukazuju na porast razine mora u većem dijelu Europe, s izuzetkom Baltičkog mora (Slika 3).



Slika 3: Projekcije porasta razine mora (SLS) za dugoročno razdoblje (2081.-2100.) u odnosu na referentno razdoblje (1995.-2014.) za Europu (a i b) i Hrvatsku (c)

Izvor: Izrada autora prema podacima IPCC WGI Interactive Atlas (2024.)

Specifično, plavi kvadratići označeni na karti (panel a) signaliziraju regije unutar ovog mora gdje modeli ne predviđaju porast razine mora. Jedan od ključnih faktora koji doprinosi relativnoj stabilnosti razine mora u određenim dijelovima Baltičkog mora, posebno na sjeveru blizu Švedske i Finske, je postglacijalno uzdizanje kopna. Ovaj geološki proces, karakteriziran postupnim uzdizanjem zemljišta kao rezultat otapanja ledenjaka iz posljednjeg ledenog doba, djeluje kao kompenzacija za globalni porast razine mora (Kapsi et al., 2023). U Hrvatskoj se, prema projekcijama, očekuje porast razine mora do 0.47 metara u umjerenom scenariju, dok intenzivniji scenariji sugeriraju veći porast, do 0.7 metara. Značajnije povećanje razine mora očekuje se na jugu Dalmacije, dok Istra i Kvarner mogu očekivati manji porast. Ova predviđanja stavljaju Hrvatsku, zemlju s dugom obalom i brojnim otocima, pred velik izazov, posebno uzevši u obzir ključnu ulogu turističkog sektora u gospodarstvu. Rizici uključuju povećanu opasnost od poplava u obalnim područjima, potencijalna oštećenja infrastrukture, ograničenja u korištenju zemljišta za turizam i gradnju, te potrebu za intenzivnijim ulaganjima u obranu od poplava. Osim toga, porast razine mora predstavlja opasnost od prodora slane vode u riječne tokove, što može dovesti do salinizacije pitke vode i poljoprivrednog zemljišta, naročito tijekom perioda niskog vodostaja. Ovaj problem posebno pogađa nizinska poljoprivredna područja, kao što je delta Neretve, gdje porast morske razine prijeti smanjenjem poljoprivredne produktivnosti zbog salinizacije tla (Reljić et al., 2023).

2.3 Akutne klimatske promjene i ekstremni vremenski događaji

U ovom dijelu analiziramo i detaljno opisujemo akutne klimatske promjene i ekstremne vremenske događaje, uključujući ekstremne temperature, suše, šumske požare, riječne poplave i klizišta.

2.3.1 Ekstremne temperature

IPCC karakterizira ekstremne temperature kao temperaturne pojave koje znatno odstupaju od prosječnih uvjeta, uključujući i izrazito visoke i niske temperature. Kako bi osigurao uvide u klimatske ekstreme, IPCC navodi podatke o najnižim temperaturama (TNn) i broju dana s mrazom (FD), koji odražavaju uvjete niskih temperatura. S druge strane, najviše temperature (TX) i broj dana kada temperatura premašuje 35°C (TX35) predstavljaju visoke temperaturne ekstreme. S porastom srednje godišnje temperature, očekuje se smanjenje broja dana s mrazom, odnosno dana s temperaturom ispod 0°C, što implicira blaže zime i manju učestalost ekstremno niskih temperatura (Slika 4a-h).

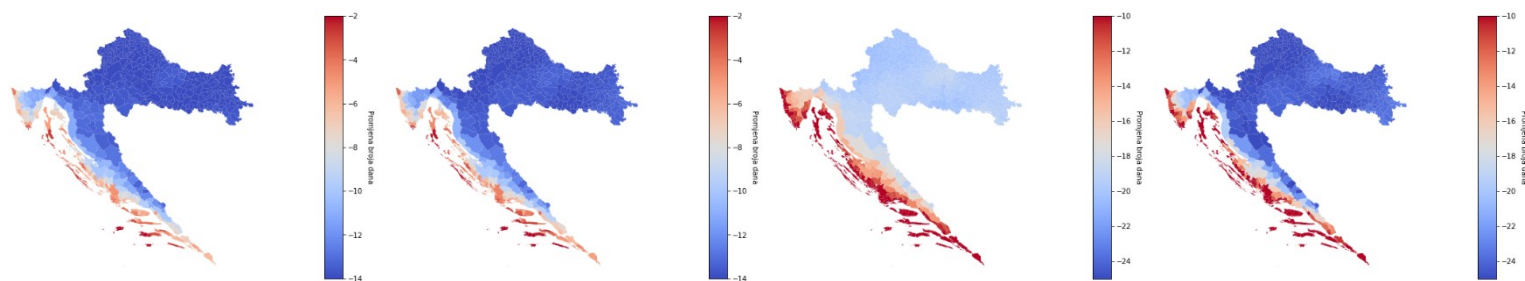
Ovaj trend upućuje i na mogućnost blažih najnižih zimskih temperatura. U kratkoročnom razdoblju, oba scenarija - umjereni i pesimistični - pokazuju sličan trend smanjenja broja dana s mrazom, što sugerira da će klimatske promjene u srednjoročnom razdoblju biti slične bez obzira na scenarij. Međutim, u srednjoročnom razdoblju, razlike postaju izraženije, pri čemu pesimistični scenarij ukazuje značajnije smanjenje broja dana s mrazom. Što se tiče minimalnih temperatura, kratkoročne projekcije za oba scenarija ponovno predviđaju sličan porast.

Međutim, srednjoročne projekcije razotkrivaju različite putove: umjereni scenarij predviđa manji porast minimalnih temperatura u većini zemlje, dok pesimistični scenarij sugerira veći porast u većem dijelu zemlje. Specifično, promjene u minimalnim temperaturama izravno utječu na stupnjeve dana grijanja (Heating degree days; HDD) ključni pokazatelj koji odražava potrebe za grijanjem (Slika 4 i-l). Manji broj stupnjeva-dana grijanja, kao rezultat povišenih minimalnih temperatura, implicira smanjenu potrebu za grijanjem.

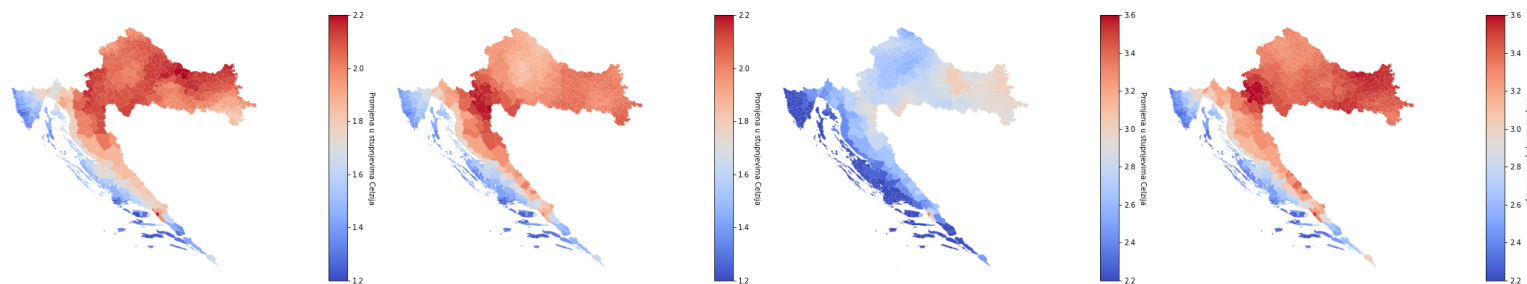
To ne samo da vodi nižim troškovima za potrošače i smanjenju potrošnje energije, već i naglašava važnost razumijevanja klimatskih promjena u kontekstu energetske efikasnosti i ekonomske održivosti (za detaljnije informacije o metodologiji HDD, pogledati IPCC (2021)). S obzirom na globalno povećanje srednje godišnje temperature, očekuje se i porast najviših dnevnih temperatura (TX), kao i broja dana kada temperatura nadmašuje prag od 35°C (TX35; Slika 5a-h).

U kratkom roku, predviđa se porast najviše temperature u danu za približno 1°C-1,1°C, ovisno o scenariju emisija. Za srednjoročni period, očekuje se još izraženiji rast: umjereni scenarij predviđa porast temperature između 1,4°C i 1,6°C, dok pesimistični scenarij ukazuje na mogućnost većeg povećanja, s posebnim naglaskom na planinske regije poput Like i Gorskog Kotara koje bi mogle očekivati povećanje od oko 2°C, a Dalmatinska zagora i više od toga. Također, primijećen je značajan rast broja dana kada temperature premašuju 35°C, posebno u središnjoj i istočnoj Hrvatskoj. U kratkoročnom periodu, u umjerenom scenariju, broj takvih dana na istoku zemlje mogao bi se povećati za do pet dodatnih dana godišnje, a u pesimističnom scenariju za do sedam dana. Srednjoročne projekcije su još izraženije, sugerirajući porast do devet dodatnih dana godišnje za umjereni scenarij i više od dvanaest dana za pesimistični scenarij.

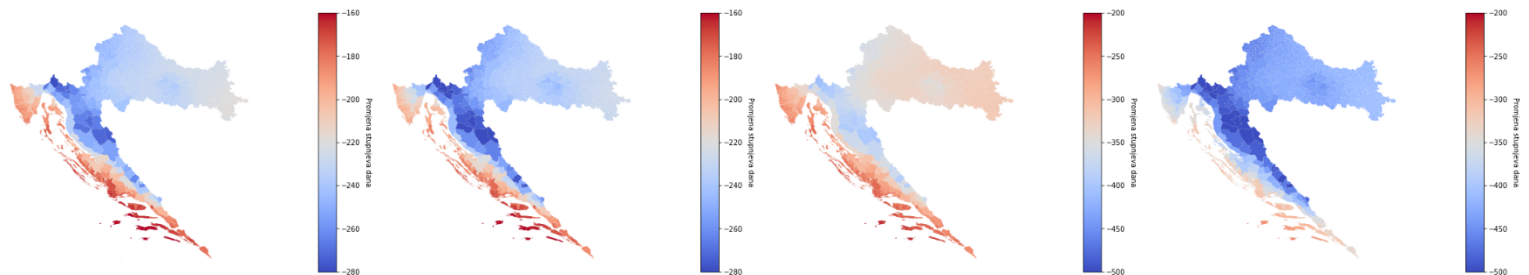
(a) FD - 2021.-2040. RCP4.5 (b) FD - 2021.-2040. RCP8.5 (c) FD - 2041.-2060. RCP4.5 (d) FD - 2041.-2060. RCP8.5



(e) TnN - 2021.-2040. RCP4.5 (f) TnN - 2021.-2040. RCP8.5 (g) TnN - 2041.-2060. RCP4.5 (h) TnN - 2041.-2060. RCP8.5

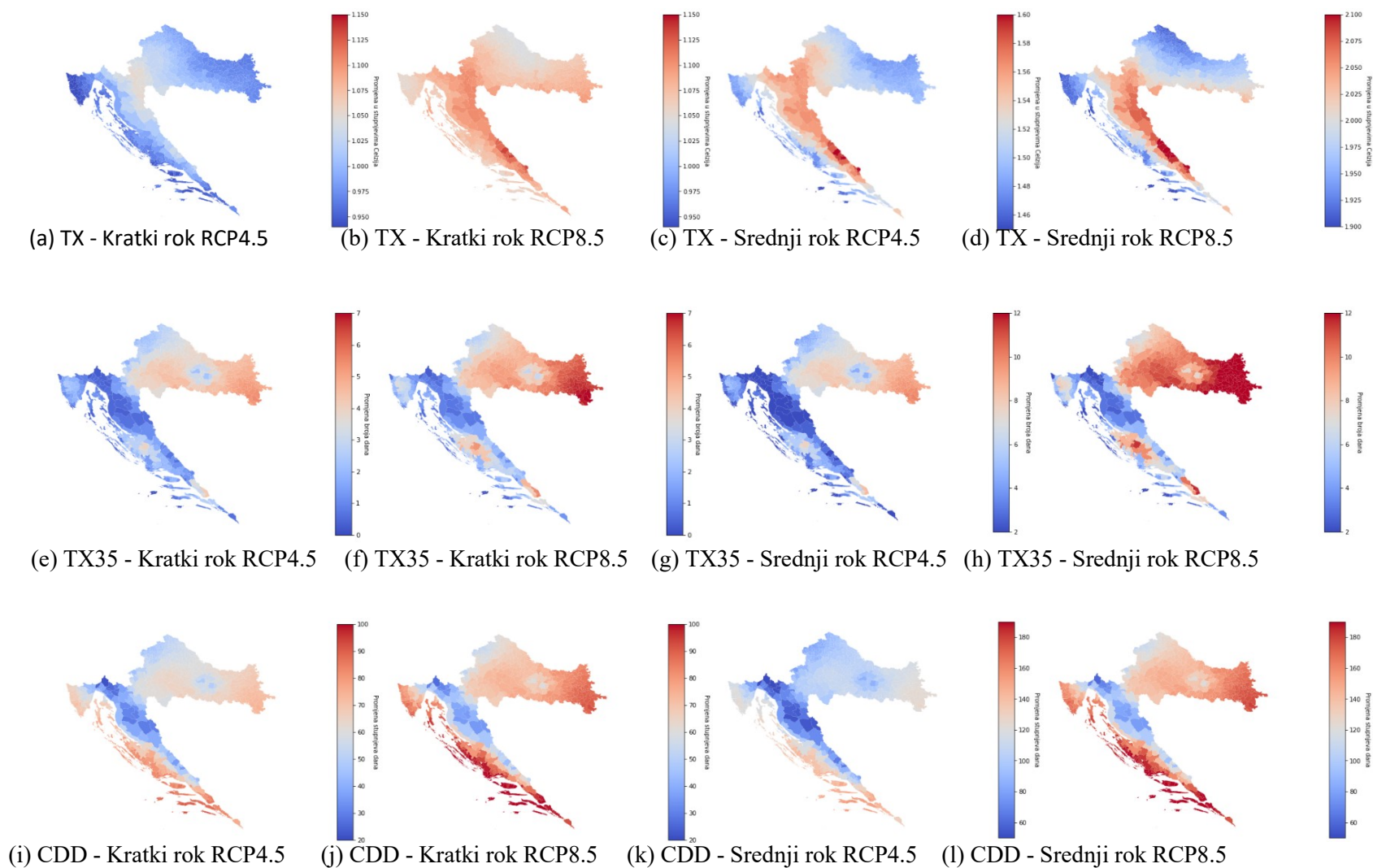


(i) HDD - 2021.-2040. RCP4.5 (j) HDD - 2021.-2040. RCP8.5 (k) HDD - 2041.-2060. RCP4.5 (l) HDD - 2041.-2060. RCP8.5



Slika 4: Dani mraza (FD), Dani s najnižom zabilježenom temperaturom (TnN) i Broj dana grijanja (HDD)

Izvor: Izračun autora prema podacima IPCC-a



Slika 5: Prosjek najviših dnevnih temperatura (TX), Dani s temperaturom iznad 35°C (TX35) i Dani hlađenja (CDD)

Izvor: Izračun autora prema IPCC podacima (2024.)

Veći porast broja dana s temperaturama iznad 35°C u istočnim dijelovima Hrvatske kao što su Slavonija, Baranja i Županja u odnosu na Dalmaciju, može se objasniti nekoliko ključnih faktora koji se odnose na geografske, klimatske i zemljopisne karakteristike ovih regija.

Prvi ključni faktor je geografski položaj. Slavonija, Baranja i Županja nalaze se unutar kontinentalne klime koja je, zbog svoje udaljenosti od utjecaja mora, sklonija ekstremnijim temperaturnim oscilacijama, uključujući veći broj vrućih dana tijekom ljeta. Drugi faktor je zemljopisna ravnica. Slavonija i Baranja su većinom nizinske regije, što znači da su manje sklone prirodnim ventilacijskim procesima koji bi mogli smanjiti temperaturu.

Treće, prisutnost poljoprivrednih površina također može utjecati na lokalne temperature. Poljoprivredna zemljišta apsorbiraju i zadržavaju toplinu, potencijalno povećavajući lokalne temperature.

Paralelno s ovim promjenama, projekcije stupnjeva dana hlađenja (cooling degree days; CDD) u Hrvatskoj pokazuju generalni porast potrebe za energetske troškovima hlađenja.

Ovaj pokazatelj, koji signalizira veću potrebu za korištenjem klimatizacijskih sustava, očekuje se da će rasti u svim scenarijima i razdobljima analize, a ponajviše u Dalmaciji i na otocima. Iako obalna područja i otoci imaju umjereniju klimu zbog blagotvornog utjecaja mora, globalno zagrijavanje dovodi do povećanja prosječnih temperatura i tijekom ljeta zbog čega raste i potreba za hlađenjem prostora kako bi se održala ugodna unutarnja klima, osobito tijekom turističke sezone kada je potražnja za smještajem visoka i kada je udobnost turista prioritet.

Visoka koncentracija ljudi tijekom ljetnih mjeseci značajno povećava potrebu za hlađenjem hotela, apartmana, restorana i drugih objekata. Stoga, iako možda apsolutne temperature ne dostižu ekstreme kao u kontinentalnim područjima, visoke temperature u kombinaciji s povećanom potražnjom za klimatiziranim prostorima tijekom ljeta dovode do značajnog povećanja CDD.

2.3.2 Suša

Suša predstavlja prirodni fenomen karakteriziran dugotrajnim nedostatkom oborina u odnosu na uobičajeni prosjek za određeno područje, gdje visoke temperature mogu pojačati njezine učinke (Mishra & Singh, 2010).

U kontekstu detekcije i kvantifikacije suša, šestomjesečni standardizirani indeks oborina (SPI-6) služi kao ključni alat. SPI-6 procjenjuje količinu oborina tijekom šestomjesečnog perioda u usporedbi s dugoročnim prosjekom, koristeći se principima standardne normalne distribucije za utvrđivanje anomalija u oborinama, bilo da je riječ o njihovom višku ili nedostatku (IPCC, 2021).

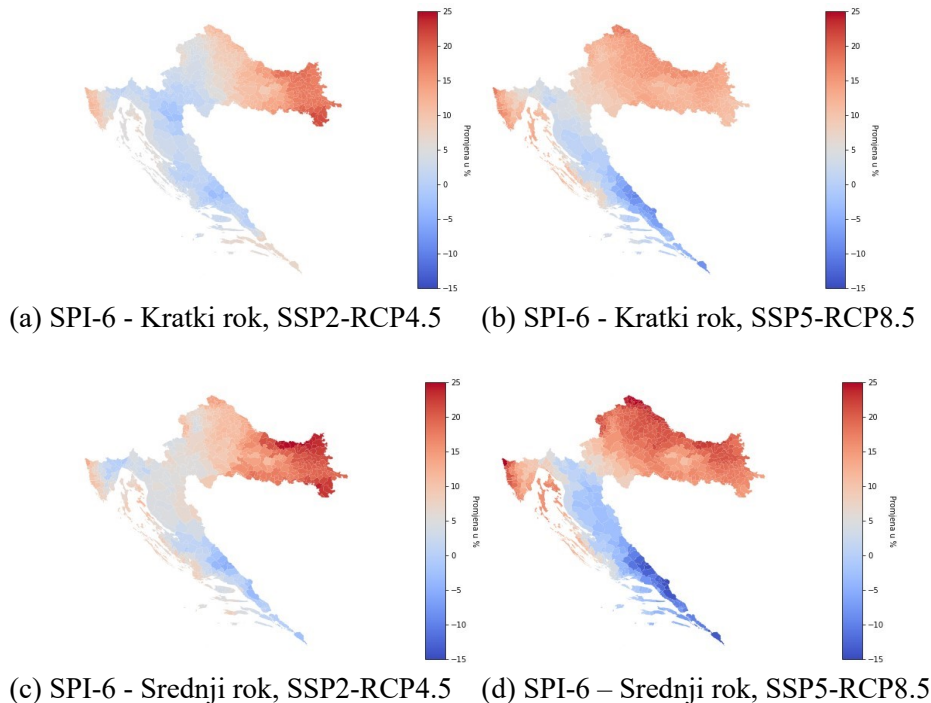
Analiza projekcija promjena oborina za Hrvatsku otkriva znatnu varijabilnost ovisno o scenariju klimatskih promjena i vremenskom okviru.

Kratkoročne projekcije za umjereni scenarij ukazuju na umjereni povećanje oborina u većini zemlje, s izraženijim povećanjem do 20% u istočnim dijelovima. S druge strane, pesimistični scenarij sugerira proširenje područja s povećanim oborinama na sjeverne dijelove, ali i potencijal za smanjenje oborina u Lici, Gorskom kotaru i dalmatinskom zaleđu. Ovo ukazuje na kompleksnost klimatskih promjena.

Za srednjoročni period, projekcije su još izraženije.

U umjerenom scenariju predviđa se blago do umjereni povećanje oborina za veći dio Hrvatske, uključujući istočne dijelove, zapadni dio Istre i otoke. Pesimistični scenarij ukazuje na potencijalno znatno smanjenje oborina u dalmatinskom zaleđu, dok se za istočne i sjeverne dijelove te zapadnu Istru predviđa povećanje oborina do 25%.

Sveukupno, istočni dijelovi Hrvatske mogu očekivati porast sezonske količine oborina u svim scenarijima klimatskih promjena i tijekom svih promatranih vremenskih razdoblja. Za razliku od istočne Hrvatske, u pesimističnom scenariju za srednjoročni period u većem dijelu Dalmacije predviđa se značajno smanjenje sezonske količine oborina i to do 15%.



Slika 6: Projekcije promjene sezonskog šestomjesečnog Standardiziranog indeksa oborina (SPI-6)

Izvor: Izračun autora prema IPCC podacima (2024.)

Vizualne reprezentacije promjena u SPI-6 pokazuju postotne razlike u odnosu na referentno razdoblje, gdje negativne vrijednosti označavaju sušnije uvjete uslijed smanjenja oborina, a pozitivne vrijednosti vlažnije uvjete uslijed povećanja oborina (Slika 6).

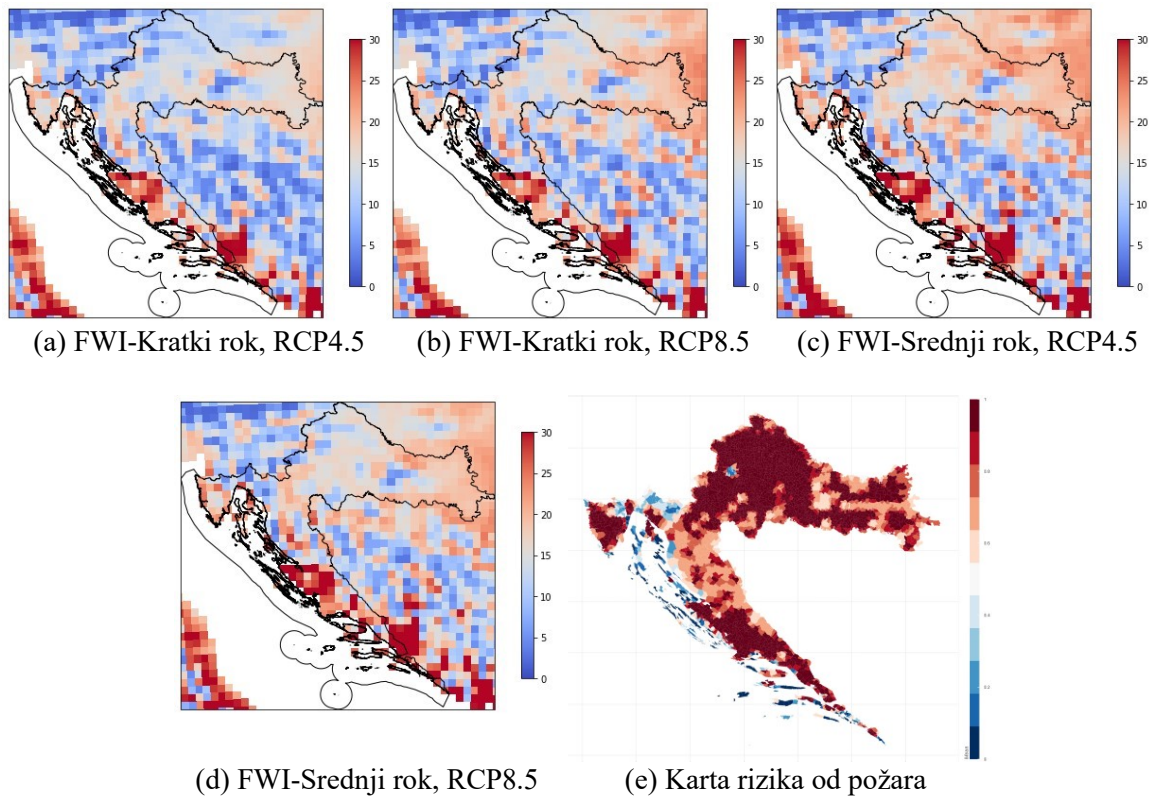
2.3.3 Šumski požar

Povećanje srednje godišnje temperature dovodi do većeg broja dana s ekstremnim vrućinama i sušama, čime raste i vjerojatnost pojave šumskih požara. Pri analizi rizika od šumskih požara, neophodno je uzeti u obzir više faktora osim temperature, uključujući vlažnost zraka, brzinu vjetra i količinu oborina. Indeks požarne opasnosti, poznat kao FireWeather Index (FWI), integrira ove i druge elemente i služi kao ključni alat u modeliranju rizika od šumskih požara (Giannakopoulos & Zancchi, 2020).

Vizualizacija prosječnih vrijednosti FWI tijekom sezone požara, koja traje od lipnja do listopada, ilustrira varijacije u broju dana s povećanom opasnošću od požara (Slika 7). Visoke vrijednosti FWI-a ukazuju na suhe i vjetrovite uvjete, koji su povoljni za nastanak i širenje požara. Analiza podataka za umjerene i pesimistične scenarije, kako u kratkoročnom tako i u srednjoročnom razdoblju, posebno naglašava regiju Dalmacije i otoka.

Osim FWI, u modeliranju rizika od šumskih požara neophodno je uzeti u obzir i druge faktore, uključujući vrstu vegetacije, topografiju, te blizinu ljudskih naselja i infrastrukture. Europski sustav informacija o šumskim požarima (EFFIS), ključan dio programa Copernicus, integrira ove i brojne druge čimbenike. Zahvaljujući tome, EFFIS omogućuje izradu detaljnog i slojevitog modela rizika od šumskih požara. Na temelju ovog modela, karta rizika od šumskih požara za Hrvatsku pokazuje značajne

regionalne varijacije: regije poput sjeverne Hrvatske, Istre i Dalmacije klasificirane su kao područja s visokim rizikom, Lika i Gorski Kotar kao područja srednjeg rizika, a određene zone Kvarnera i područje oko Učke kao niskog rizika.



Slika 7: Sezonski FireWeather Indeks (FWI JJAS;a-d) i karta rizika od požara (e)

Izvor: Copernicus Climate Change Service (2020) i izračun autora prema podacima EFFIS-a (2024.)

Slika 7 prikazuje vizualizacije prosječnih vrijednosti FWI tijekom sezone požara, koja traje od lipnja do listopada, te ilustrira varijacije u broju dana s povećanom opasnošću od požara.

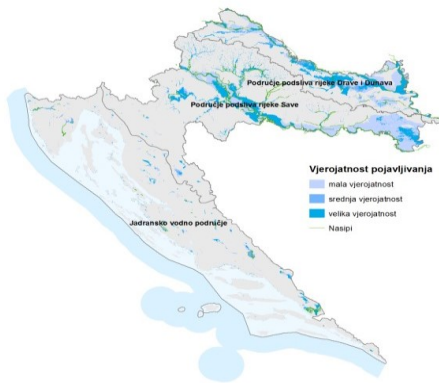
2.3.4 Poplave i klizišta

Poplave i klizišta spadaju među značajne prirodne opasnosti koje imaju duboke socioekonomske i ekološke posljedice. Definicija poplava, prema Europski parlament i Vijeće (EP i Vijeće, 2007), obuhvaća situacije kada voda premašuje kapacitet prirodnih ili umjetnih barijera, što rezultira privremenim potapanjem zemljišta.

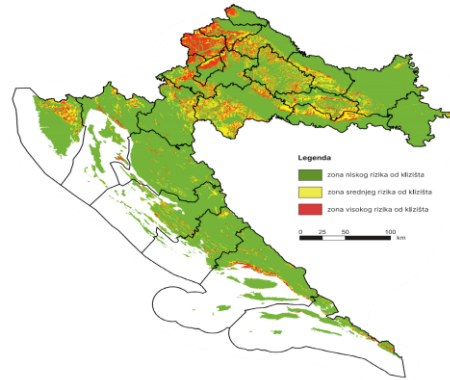
U skladu s ovom definicijom, Hrvatske vode razvile su Plan upravljanja vodnim područjima do 2027. koji uključuje karte izloženosti riziku od poplava. Ove karte kategoriziraju poplave prema vjerojatnosti, od događaja s niskom vjerojatnošću do onih s visokom vjerojatnošću pojave (Slika 8a). Pogledom na kartu, može se primijetiti da su uz Karlovac, koji je poznat po svojoj sklonosti ka poplavama zbog pozicije na ušću četiri rijeke, područja uz rijeke Savu, Dravu i Dunav, posebice u Posavini i dijelovima Slavonije, također sklona poplavama. Gradovi poput Vukovara i Osijeka te obalna nizinska područja Jadranskog mora također mogu biti izloženi riziku od poplava. Paralelno, klizišta se definiraju kao procesi u kojima tlo ili stijene pod utjecajem gravitacije klize niz padinu, predstavljajući značajnu opasnost za imovinu i ljudske živote.

Projekt PRI-MJER je omogućio izradu karte rizika od klizišta za Hrvatsku, zonirajući zemlju prema različitim stupnjevima ugroženosti. Krapinsko-zagorska županija se ističe visokom sklonosti klizanjima, dok Sisačko-moslavačka županija ima najveću apsolutnu površinu izloženu riziku (Slika 8b). Ključnu ulogu u predviđanju budućih učestalosti i intenziteta poplavnih i klizišnih događaja imaju projekcije ekstremnih oborina, poput maksimalnih petodnevnih količina oborina (RX5day).

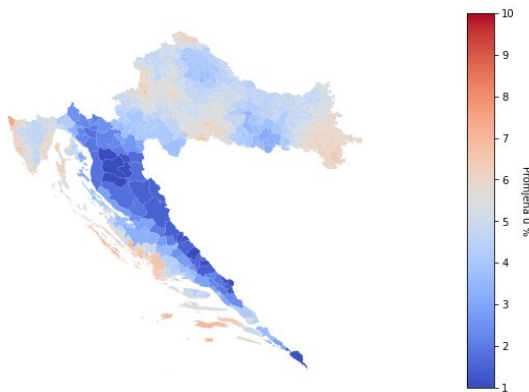
Priložene karte pokazuju umjereni rast RX5day za Hrvatsku u bliskoj budućnosti za oba scenarija, s izraženijim povećanjem u srednjem roku, osobito u Istri, Dalmaciji, te na istoku i sjeveru zemlje (Slika 8c-f).



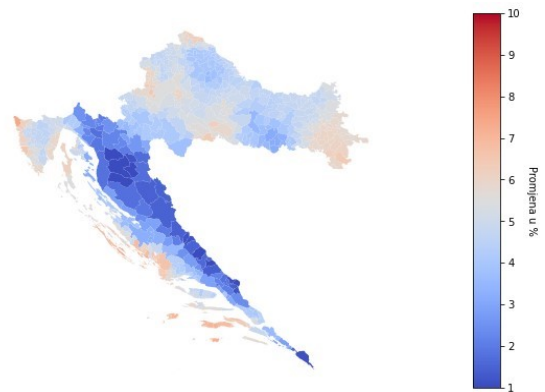
(a) Izloženost poplavama



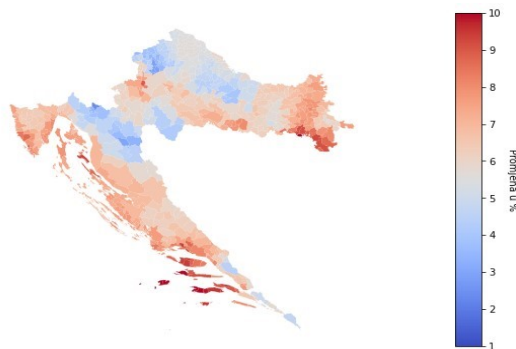
(b) Podložnost na klizanje



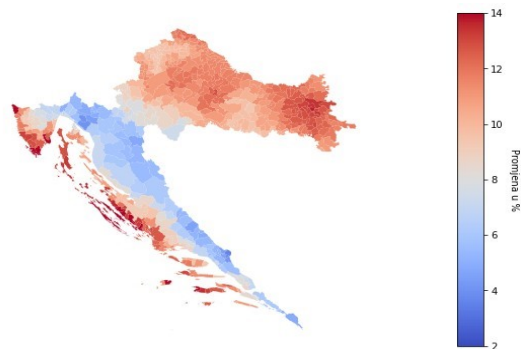
(c) RX5 - Kratki rok, RCP4.5



(d) RX5 - Kratki rok, RCP8.5



(e) RX5 - Srednji rok, RCP4.5



(f) RX5 - Srednji rok, RCP8.5

Slika 8: Karta izloženosti riziku od poplava (a) i klizišta (b) te projekcija promjene količine oborina koja pada u periodu od pet uzastopnih dana (RX5; c-f),

Izvori: Hrvatske Vode (2023) (a), Gazibara et al. (2023) (b) i Izrada autora prema podacima IPCC WGI Atlasa (c-f; 2024.)

3 Makroekonomija klimatskih promjena

U ovom poglavlju analiziramo glavne zaključke klimatskih projekcija za Hrvatsku i njihov utjecaj na šire gospodarske i financijske posljedice. Klimatske promjene ne dovode samo do fizičkih oštećenja prirodnih resursa, infrastrukture i kapitala, već i do poremećaja u poslovanju. To može dovesti do pogoršanja kreditne sposobnosti kućanstava i poduzeća, porasta cijena, smanjenja konkurentnosti i drugih posljedica (Breckenfelder et al., 2023).



Slika 9: Odnosi između fizičkog rizika, gospodarstva i financijskog sustava
Izvor: NGFS (2020)

Ovi mehanizmi detaljno su prikazani na Slici 9, koja ilustrira složene veze između fizičkih rizika te makroekonomskih i financijskih varijabli. Analiza počinje s identifikacijom glavnih pokretača fizičkog rizika: kroničnih i akutnih klimatskih promjena koje nisu izvor samo fizičke štete, već i katalizatori za niz poremećaja unutar gospodarstva. Odnosi prikazani na slici detaljno su objašnjeni u nastavku.

3.1 Kronične klimatske promjene

Ovaj pododjeljak istražuje kako kronične klimatske promjene poput porasta temperatura i razine mora utječu na gospodarstvo i financijski sustav, uzimajući u obzir izravne posljedice na resurse i neizravne učinke na radnu snagu, proizvodnju, tržište kredita i druge.

U prvom dijelu ovoga rada, vidjeli smo kako se s globalnim povećanjem srednje godišnje temperature, očekuje i rast prosječnih najviših dnevnih temperatura te broja dana kada temperatura premašuje 35°C. Takvi ekstremni toplotni valovi nose sa sobom visoki zdravstveni rizik, potencijalno dovodeći do ozbiljnih posljedica, pa čak i smrtnih ishoda. Osim neposrednih zdravstvenih učinaka, ekstremne temperature imaju značajne posljedice na radnu snagu, koja je temeljni pokretač ekonomije kroz svoju ulogu u proizvodnji, produktivnosti, potrošnji i funkcionalnosti tržišta. Visoke temperature smanjuju radnu efikasnost i dostupnost radne snage, uzrokujući fizičku i psihološku iscrpljenost, što izravno utječe na produktivnost. Promjene u klimatskim uvjetima također potiču migracije radne snage u potrazi za povoljnijim uvjetima, što dovodi do promjena u ponudi i potražnji za radom na specifičnim geografskim područjima. Te migracije mogu pojačati nejednakost, utjecati na cijene rada i, posljedično, na ekonomsku dinamiku povezanu s potrošnjom robe i usluga (Europska središnja banka [ECB], 2020). Porast temperatura i značajno smanjenje oborina, kako se očekuje u nekim dijelovima Dalmacije, mogu značajno utjecati na produktivnost ne samo radne snage već i ključnih resursa kao što su voda i energenti

koji se koriste u proizvodnji roba i usluga. Primjerice, uvjeti dugotrajno visokih temperatura i nedostatak oborina mogu smanjiti kapacitet proizvodnje električne energije u hidroelektranama, što bi moglo rezultirati redukcijom u opskrbi vodom i električnom energijom. Ovaj scenarij je posebno problematičan s obzirom na projekcije koje ukazuju na povećanu potrebu za energetske troškovima hlađenja tijekom ljetnih mjeseci. Preopterećenje i prekid u opskrbi energijom mogu imati daljnje negativne posljedice na poljoprivrednu produktivnost i kvalitetu proizvoda, čime se ugrožava lokalno gospodarstvo koje se oslanja na poljoprivredu i turizam. Takvi uvjeti povećavaju rizik od poremećaja u proizvodnji hrane i smanjenja prehrambene sigurnosti, što dovodi do izravnog oštećenja ili čak potpunog uništenja prirodnih resursa neophodnih za poljoprivrednu proizvodnju (ECB, 2020).

Nakon razmatranja temperaturnih promjena, važno je osvrnuti se i na povećanje razine mora, koje proizlazi iz postupnog globalnog zatopljenja i posljedičnog otapanja ledenjaka. Ovaj fenomen povećava rizik od obalnih poplava, što može uzrokovati značajnu štetu na infrastrukturi, smanjenje dostupnosti zemljišta za turizam i izgradnju, te povećanje potrebe za ulaganjima u zaštitne mjere protiv poplava (Reljić et al., 2023). Dodatno, studije pokazuju kako izloženost nekretnina riziku od poplava ili porasta razine mora vodi do smanjenja njihovih tržišnih vrijednosti (Baldauf et al., 2020; Keys and Mulder, 2020), što umanjuje vrijednost kolaterala i povećava percepciju rizika među ulagačima i regulatorima. Hrvatska, kao zemlja s dugom obalom i brojnim otocima, izuzetno je ranjiva na ovakve promjene. Porast razine mora posebno je zabrinjavajući u Dalmaciji gdje može dovesti i do salinizacije pitke vode i poljoprivrednog tla kao što su nizinska poljoprivredna područja delte Neretve, izravno prijeteći poljoprivrednoj proizvodnji.

3.2 Akutne klimatske promjene

Povećanje srednje godišnje temperature dovodi do učestalijih ekstremnih vrućina i suša, osobito tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci. Ovo stanje posebno je izraženo u Istri i Dalmaciji gdje suša, zajedno s nedostatkom oborina, značajno povećava vjerojatnost nastanka šumskih požara. S druge strane, vidjeli smo kako istočni dijelovi Hrvatske mogu očekivati porast ukupne količine i maksimalnih petodnevnih količina oborina u svim scenarijima klimatskih promjena čime se povećava rizik od riječnih poplava, osobito u područjima uz rijeke Savu, Dravu i Dunav, te u Posavini i dijelovima Slavonije koje su već sklone poplavama. Dodatni porast oborina značajno povećava i rizik od geoloških nestabilnosti i klizišta u Krapinsko-zagorskoj županiji, koja je već prepoznata kao područje posebno podložno klizanjima, te u Sisačko-moslavačkoj županiji, koja obuhvaća najveću površinu izloženu klizanjima.

Suše, požari, poplave i klizišta predstavljaju akutne pokretače fizičkih rizika koji izravno utječu na gospodarstvo kroz uništavanje prirodnih resursa i infrastrukture, kao što su obradiva zemljišta, tvornice i proizvodni pogoni. Uništavanje proizvodnih resursa može izazvati lančane reakcije u cijelom gospodarstvu, uključujući poremećaje u proizvodnji, otpis kapitala, smanjenje vrijednosti nekretnina i profitabilnosti. Opisana kretanja također mogu uzrokovati rast cijena robe i usluga (eng. *climateflation*; Schnabel, 2022).

Smanjenje proizvodnje i rast cijena mogu dovesti do gubitka tržišnog udjela na izvoznim tržištima, povećati uvoznu ovisnost, te negativno utjecati na saldo tekućeg računa platne bilance. U kontekstu globaliziranog tržišta, ovo smanjenje konkurentnosti i profitabilnosti može obeshrabriti strana ulaganja jer investitori često preferiraju stabilnija i manje rizična tržišta. Smanjeni priljev kapitala u gospodarstva koja su već osjetljiva na ekonomske poremećaje, mogao bi dodatno oslabiti gospodarski rast.

Ova dinamika sveukupno negativno utječe na cijelo gospodarstvo. Na mikrorazini, kućanstva i poduzeća suočavaju se sa smanjenjem vrijednosti svoje imovine, što dovodi do smanjenja bogatstva te posljedično, smanjenja potrošnje i ulaganja. Na makrorazini, takav pritisak dovodi do općeg pogoršanja gospodarskih uvjeta koji se očituju putem pada produktivnosti i proizvodnje, rasta cijena, smanjenja potražnje i konkurentnosti, usporavajući tako gospodarski rast.

Financijski sustav suočava se s izravnim i neizravnim posljedicama klimatskih promjena. Šteta ili potpuno uništenje imovine koja služi kao kolateral u financijskim transakcijama, povećava mogućnost neispunjavanja kreditnih obveza od strane klijenata pogođenih ovim teškoćama, izravno utječući na financijsku stabilnost banaka. Rastući kreditni rizici zahtijevaju od financijskih institucija da preispitaju svoje procjene rizika i prilagode strategije upravljanja rizicima, uključujući povećanje rezervacija za potencijalne gubitke i reevaluaciju politika kreditiranja. Takve prilagodbe mogu imati širok utjecaj na financijski sektor, potencijalno dovodeći do strožih uvjeta kreditiranja, što dodatno usporava gospodarsku aktivnost. Kada se zbroje, ovi financijski udarci stvaraju ciklični učinak 'financijske zaraze', gdje početni gospodarski šokovi mogu biti uvećani i prošireni kroz financijski sustav (Batten, 2018).

Takva kretanja mogu predstavljati izazov za Europsku središnju banku (ECB) i druge članice Eurosustava u njihovim naporima za očuvanje financijske stabilnosti i stabilnosti cijena. ECB koristi različite instrumente monetarne politike kako bi održala ove stabilnosti, koje mogu biti narušene na tri specifična načina. Prvo, klimatske promjene mogu ometati transmisijski mehanizam monetarne politike. Na primjer, smanjenje vrijednosti imovine u geografski ugroženim područjima može dovesti do trajnog gubitka bogatstva te smanjenja potrošnje i ulaganja. Ovo umanjuje sposobnost središnjih banaka da koriste kanal imovine za poticanje ekspanzivne monetarne politike. Drugo, klimatske promjene mogu utjecati na razinu prirodne kamatne stope, ograničavajući time sposobnost središnjih banaka da efektivno upravljaju gospodarskim rastom i inflacijom. Treće, klimatske promjene mogu otežati središnjim bankama procjenu trenutnog stanja gospodarstva i prirode ekonomskih šokova koji djeluju na gospodarstvo (Drudi, Moench, et al., 2021).

Ovi poremećaji zahtijevaju od banaka i ostalih financijskih institucija prilagodbu strategija upravljanja rizicima. Geoprostorne analize klimatskih projekcija su ključne za ocjenjivanje rizika unutar portfelja i razvijanje efikasnih strategija za njihovo upravljanje, osiguravajući otpornost financijskog sektora na klimatske promjene. Jedna od strategija može biti da banke na visoko rizičnim područjima revidiraju uvjete kreditiranja i traže dodatna osiguranja (Basel Committee on Banking Supervision [BCBS], 2022). Također, ove analize su vitalne za osiguratelje u preciznom određivanju rizika i cijenjenju premija (European Insurance and Occupational Pensions Authority [EIOPA], 2022).

Klimatske promjene predstavljaju rizik ne samo za monetarnu, već i za fiskalnu politiku, posebno zbog povećanih troškova sanacije šteta i potrebe za ulaganjima u prilagodbu (IMF, 2019). Zenios (2022) naglašava da su zemlje Europske unije općenito među najmanje ranjivima globalno, no unutar EU, postoje značajne razlike u pripremljenosti. Hrvatska, uz Rumunjsku, Bugarsku, Mađarsku, Cipar, Slovačku, Maltu, Grčku i Latviju, spada među manje spremne zemlje za suočavanje s izazovima klimatskih promjena. Stoga, Gallagher et al. (2022) ističu potrebu za reformom analize održivosti duga MMF-a kako bi se uključili klimatski rizici, naglašavajući važnost proaktivnog planiranja i integracije klimatskih rizika u fiskalnu politiku radi dugoročne ekonomske stabilnosti i smanjenja negativnih učinaka na javne financije.

4 Zaključak

Pregledom klimatskih projekcija ustanovljeno je značajno povećanje srednje godišnje temperature, posebno u planinskim područjima poput Alpa i Dinarida, te znatan porast razine mora osobito u Dalmaciji. Globalno zagrijavanje uzrokuje i ekstreme poput povećanja maksimalnih temperatura i broja dana toplinskih valova. Smanjenje oborina u Dalmaciji povećava rizik od suša i šumskih požara, a povećanja broja dana maksimalnih oborina povećava rizik od poplava i klizišta u unutrašnjosti Hrvatske. Ovi klimatski trendovi nose značajne implikacije za gospodarstvo, uključujući pritisak na energetske potrebe, poljoprivredu, turizam i infrastrukturu, stvarajući tako potrebu za razvojem sofisticiranih

metoda za procjenu i upravljanje rizicima povezanim s klimatskim promjenama. Implementacija efikasnih politika i praksi može pomoći Hrvatskoj da se prilagodi novim izazovima i iskoristi ekonomske prilike koje pruža globalna tranzicija prema održivoj ekonomiji.

Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao osnova za razvoj strategija prilagodbe i ublažavanja rizika od klimatskih promjena na nacionalnoj razini. Specifično, istraživanje pruža vrijedne informacije za financijski sektor u procjeni i upravljanju rizicima povezanim s klimatskim promjenama.

Kroz implementaciju efikasnih politika i praksi, Hrvatska može, ne samo umanjiti negativne utjecaje klimatskih promjena, već i iskoristiti nove ekonomske mogućnosti koje proizlaze iz globalne tranzicije prema zelenoj ekonomiji.

Literatura

Baldauf, M., Garlappi, L., & Yannelis, C. (2020). Does climate change affect real estate prices? only if you believe in it. *The Review of Financial Studies*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3240200>.

Basel Committee on Banking Supervision. (2022). *Principles for the effective management and supervision of climate-related financial risks* [<https://www.bis.org>].

Batten, S. (2018, January). Climate change and the macro-economy: A critical review (Staff Working Paper No. 706) (A). Bank of England. <https://www.bankofengland.co.uk/working-paper/2018/climate-change-and-the-macro-economy-a-critical-review>.

Breckenfelder, J., Mackowiak, B., Marques, D., Olovsson, C., Popov, A., & Porcellacchia, D. (2023). The climate and the economy (Discussion Paper Series No. No. 19) (Available from the European Central Bank). *European Central Bank*.

Church, J. A., White, N. J., & Konikow, L. F. (2011). Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise. *Nature*, 517(7535), 481–484.

Copernicus Climate Change Service. (2020). *Fire danger indicators for europe from 1970 to 2098 derived from climate projection* [Pristupljeno 21. veljače 2024.]. <https://doi.org/10.24381/cds.ca755de7>.

Drudi, F., Moench, E., et al. (2021, September). Climate change and monetary policy in the euro area (Occasional Paper Series No. 271). *European Central Bank*. <https://www.ecb.europa.eu>

European Insurance and Occupational Pensions Authority. (2022). *Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA*.

Europska središnja banka. (2020). *Guide on climate-related and environmental risks* [<https://www.ecb.europa.eu>].

Europski parlament i Vijeće. (2007). Direktiva 2007/60/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32007L0060>. *Službeni list Europske unije*, L 288. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32007L0060>

Gallagher, K. P., Stephenson, C., Monasterolo, I., & Ramos, L. (2022). Climate risk and imf surveillance policy: A baseline analysis. *Climate Policy*. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2016363>.

Gazibara, S., Krkač, M., & Mihalić Arbanas, S. (2023). *Karta zoniranja rizika od klizišta republike hrvatske m 1:100.000* [Skup podataka: karta_zoniranja_rizika_od_klizista_rh_m1_100.000.zip, 4.86 MB. Dokumentacija: alat_14_100000_rh_rizik.pdf, 4.53 MB. Pravo pristupa: Otvoren pristup]. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:282558>.

Giannakopoulos, C., & Znacchi, M. (2020). *European Fire Danger Application Product User Guide* [Issued by: National Observatory of Athens / ECMWF.].

Giorgi, F., Hurrell, J. W., Marinucci, M. R., & Beniston, M. (1997). Elevation dependency of the surface climate change signal: A model study. *Journal of Climate*, 10(2), 288–296.

Gutiérrez, J., Jones, R., Narisma, G., Alves, L., Amjad, M., Gorodetskaya, I., Grose, M., Klutse, N., Krakovska, S., Li, J., Martínez-Castro, D., Mearns, L., Mernild, S., Ngo-Duc, T., van den Hurk, B., & Yoon, J.-H. (2021). Atlas. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, T. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.). *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.021>.

Hrvatske Vode. (2023). *Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027*. Dostupno na: https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/Uprava_vodnoga_gospodarstva_i_zast_mora/PLAN%20UPR_AVLJANJA%20VODNIM%20PODRU%20C4%8CJIMA%20DO%202027..pdf

IMF. (2023, June). *Energy security and climate change: Challenges and opportunities for Croatia* (IMF Country Report No. No. 23/234) (Available from International Monetary Fund - Publication Services). International Monetary Fund. Washington D.C.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. *Cambridge University Press*.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Annex vi: Climatic impact-driver and extreme indices. in: Climate change 2021: The physical science basis. contribution of working group i to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, T. Maycock, Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou, Eds.).

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023* [<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>].

International Monetary Fund. (2019). *Fiscal Policies for Paris Climate Strategies— from Principle to Practice*. Policy Paper No. 2019/010. International Monetary Fund: Washington, DC.

Kapsi, I., Kall, T., & Liibus, A. (2023). Sea level rise and future projections in the baltic sea [Accessed on 21st February 2024]. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(8), 1514. <https://doi.org/10.3390/jmse11081514>.

Keys, B. J., & Mulder, P. (2020, October). Neglected no more: Housing markets, mortgage lending, and sea level rise (Working Paper No. 27930). *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w27930>.

- Marzeion, B., Hock, R., Anderson, B., Bliss, A., Champollion, N., Fujita, K., & Huss, M. (2018). Partitioning the uncertainty of ensemble projections of global glacier mass change. *Earth's Future*, 6(3), 230–239.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.
- Mountain Research Initiative EDW Working Group. (2015). Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Climate Change*, 5, 424–430. <https://doi.org/10.1038/nclimate2563>.
- Network for Greening the Financial System. (2020). *Climate change and monetary policy: Initial takeaways* (tech. rep.) (For more details visit www.ngfs.net). Network for Greening the Financial System. Chaired by Sabine Mauderer, Deutsche Bundesbank, Coordinated by the NGFS Secretariat/Banque de France. <https://www.ngfs.net/en>.
- NGFS. (2019, July). Macroeconomic and financial stability implications of climate change (tech. rep.) (Technical supplement to the First comprehensive report - Call for action). *Network for Greening the Financial System*. Paris, France. <https://www.banque-france.fr>.
- Reljić, M., Romić, M., Romić, D., Gilja, G., Mrnar, V., Ondrasek, G., Kovačić, M. B., & Zovko, M. (2023). Advanced continuous monitoring system—tools for water resource management and decision support system in salt affected delta [Published on 3 February 2023]. *Agriculture*, 13(2), 369. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020369>.
- Riahi, K., van Vuuren, D., Kriegler, E., O'Neill, B., & Rogelj, J. (2017). *The shared socio-economic pathways (ssps): An overview* [Poster presented by Joeri Rogelj. [Affiliations: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), National Center for Atmospheric Research (NCAR), and others]].
- Svjetska banka. (2021). *Climate risk country profile: Croatia* [Accessed: 05.04.2024.].
- Zenios, S. A. (2022). The risks from climate change to sovereign debt. *Climatic Change*, 172(30), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03373-4>.

Bilješke:

¹ Raster podaci su vrsta digitalnih podataka koji se koriste u kartografiji i geografskim informacijskim sustavima (GIS) za predstavljanje prostornih informacija. Oni se sastoje od mreže pravokutnih ćelija ili piksela, gdje svaka ćelija sadrži vrijednost koja predstavlja određenu informaciju za taj dio prostora, kao što su visina terena, temperatura, vlažnost i drugo. Svaka ćelija (piksel) u rasteru ima specifičnu lokaciju i vrijednost, a veličina ćelije određuje razlučivost (detaljnost) podataka.

Overview of Physical Climate Risks and Their Impact on the Economy and Financial System of Croatia

LEONARDA SRDELIĆ
Institute of Public Finance
Smičiklasova 21, Zagreb
Croatia

leonarda.srdelic@ijf.hr
<https://orcid.org/0000-0002-4079-8198>

Abstract: This paper employs an interdisciplinary approach, merging climatology with economic and financial analysis, to deepen understanding of how climate change affects the economy and financial system of Croatia. Using geospatial analysis of data from the IPCC and Copernicus programmes, we have identified regions within Croatia variably exposed to climate risks, enabling more precise risk assessments for banks and financial institutions. The work also contributes to the theoretical understanding of the relationships between climate change and macroeconomic variables and provides a framework for analysing the long-term economic effects of climate change. The research results can serve as a basis for developing adaptation and mitigation strategies to climate risks at the national level. Specifically, this paper also serves as a data source for formulating policies aimed at reducing the economy's vulnerability to climate change.

Keywords: climate risks, economic activity, financial stability, Croatia.

JEL classification: Q54, G20, Q01.