



# PRIKAZI br. 35

PRAĆENJE I OCJENA KLIME U 2023. GODINI



DRŽAVNI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD  
CROATIAN METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL SERVICE

[www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)

Fotografiju na naslovnici snimila Tatjana Vučnović, Preljev Jankomir, 6. kolovoza 2023.

UDK 551.582  
HS 97-0331

ISSN 1331-775X

# PRIKAZI br. 35

PRAĆENJE I OCJENA KLIME U 2023. GODINI

Zagreb, prosinac 2024.

Izdavač Državni hidrometeorološki zavod

Za izdavača dr. sc. Ivan Gütter

Urednice mr. sc. Melita Perčec Tadić  
dr. sc. Tanja Likso

Grafičko-tehnički urednik Ivan Lukac

Suradnici dr. sc. Ksenija Cindrić Kalin (pog. 5.2 i 5.3)  
mr. sc. Lidija Cvitan (pog. 6)  
dr. sc. Sara Ivasić (pog. 5.5)  
Ivana Havrle Kozarić (pog. 5.5)  
Tomislava Hojsak (pog. 2)  
Ana-Marija Keliš (pog. 5.2, 5.4)  
Tomislav Kozarić (pog. 5.1, 5.2)  
Ena Kožul (pog. 5.3)  
dr. sc. Tanja Likso (pog. 3 i 4)  
Ivan Lončar-Petrinjak (pog. 5.2)  
Krunoslav Mikec (pog. 2, 5.2)  
dr. sc. Iris Odak (pog. 5.3)  
dr. sc. Petra Mikuš Jurković (pog. 5.3)  
Leonardo Patalen (pog. 5.2, 5.3)  
Izidor Pelajić (pog. 5.3)  
mr. sc. Melita Perčec Tadić (pog. 1.1-1.4)  
Dunja Plačko-Vršnak (pog. 2)  
Oliver Rajković (pog. 5.2, 5.4)  
dr. sc. Tanja Renko (pog. 5.3)  
mr. sc. Lidija Srnec (pog. 5.5)  
dr. sc. Tatjana Vujnović (pog. 5.2, 5.4)

Lektorica za hrvatski jezik Martina Pavić

## PREDGOVOR

Globalna srednja temperatura zraka za 2023. godinu bila je  $1,45 \pm 0,12$  °C viša od prosjeka za predindustrijsko referentno razdoblje 1850. – 1900. Analiza šest skupova podataka o globalnoj temperaturi pokazala je da je 2023. bila najtoplja godina otkad postoje sustavna mjerena, tj. u raspoloživom 174-godišnjem nizu, i to u svakom od šest skupova podataka. Prethodne dvije najtoplje godine bile su 2016. s anomalijom od  $1,29 \pm 0,12$  °C i 2020. s anomalijom od  $1,27 \pm 0,13$  °C. Proteklih devet godina – od 2015. do 2023. – bilo je devet najtopljih godina, a desetogodišnje razdoblje od 2014. do 2023. bilo je najtoplje desetljeće u povijesti mjerena.

Uz dugoročno povećanje globalne temperature zraka kao posljedice povećane koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi uslijed gorenja ugljena, nafte i zemnog plina te promjena u korištenju zemljišta, u 2023. godini kao kratkoročni klimatski pokretač porasta temperature bio je izražen prijelaz s La Niňe, koja je trajala od sredine 2020. do početka 2023., na potpuno razvijene uvjete El Niňa do rujna 2023. Tijekom 2023. godine u raznim dijelovima svijeta pojavili su se značajni toplinski valovi. Neki od najznačajnijih bili su u južnoj Europi i Sjevernoj Africi, osobito u drugoj polovini srpnja. Posebno je pogodena Italija, s temperaturom koja je u srpnju na Sardiniji dosegnula  $48,2$  °C, samo  $0,6$  °C ispod europskog rekorda postavljenog na Siciliji 2021. Krajem srpnja ekstremne vrućine zabilježene su u jugoistočnoj Europi, a daljnji toplinski valovi zahvatili su zapadni dio središnje Europe krajem kolovoza i početkom rujna. Brojne lokacije u južnoj Francuskoj, sjevernoj Španjolskoj i zapadnoj Švicarskoj postigle su rekorde tijekom tih dogadaja.

Uz ostale dijelove svijeta, o čemu detalje donosi poglavje 6.2, ukupne godišnje količine oborine u 2023. godini bile su iznad dugogodišnjeg prosjeka u dijelovima zapadne, srednje i jugoistočne Europe, dok je područje zapadnog Mediterana i jugozapadne Europe imalo izrazit deficit oborine. Sloveniju je 4. kolovoza 2023. pogodilo nevrijeme praćeno ekstremnim količinama oborine koje je odnijelo četiri života, a tisuće ih je evakuirano. Zatvorene su i brojne ceste, aktivirala su se klizišta. Neke od najopasnijih velikih količina oborine i poplava bile su povezane s tropskim ciklonima. Među najopasnijima po broju ljudskih žrtava bio je mediteranski ciklon („medican“), lokalno nazvan oluja Daniel, koji je u rujnu prouzročio ekstremne količine kiše u južnoj Bugarskoj, Grčkoj i dijelovima Turske, dok je istodobno drugi olujni sustav uzrokovao značajne bujične poplave u Španjolskoj. Najveća dnevna količina oborine zabilježena je u Tesaliji u Grčkoj, gdje je Zagora Pelion 5. rujna primila  $760$  mm oborine, čime je premašen dotadašnji rekord dnevne količine oborine iz rujna 2020. ( $644,7$  mm, Paliki Kefalonija). Tisuće ljudi stradalo je u rujnu u Libiji nakon što je oluja Daniel donijela obilnu oborinu sjeveroistoku zemlje i izazvala bujične poplave u nekoliko gradova te kolaps dviju brana.

Godina 2023. bila je ekstremno topla na 73 % teritorija Republike Hrvatske i vrlo topla na 27 % teritorija. Oborinske prilike bile su kišne na 59,9 % teritorija, normalne na 20,2 % teritorija, vrlo kišne na 19 %, dok je sušno bilo na 0,9 % teritorija (poglavlje 1).

Na području Hrvatske 2023. godinu obilježile su i ekstremne vremenske prilike (poglavlje 5). Najobiljniji snijeg prošle zime i olujnu buru donijela je snažna sre-

dozemna ciklona 25. i 26. veljače. Taj je vikend obilježio prometni kolaps i prekidi u opskrbi električnom energijom u sjevernoj Dalmaciji te južnoj Lici. Obilne snježne oborine i jaki udari vjetra prouzročili su rušenje stabala na prometnice, električne i telefonske vodove te parkirana vozila diljem Hrvatske. U ožujku su se smirili zimski uvjeti, kao i sve češća grmljavinska nevremena karakteristična za topli dio godine. Početak svibnja na gotovo svim hidrološkim postajama prošao je uz male oscilacije u kretanjima vodostaja, nakon čega je uslijedio veliki vodni val u drugoj polovini svibnja koji su pratile i poplave na mnogim područjima (Obrovac, Gračac, Karlovac, Duga Resa, Hrvatska Kostajnica). Uslijed izljevanja Zrmanje, Mrežnice, Kupe i Une poplavljeni su mnogi objekti, a došlo je i do zagađenja pitke vode, oštećene su prometnice i mostovi te uništeni poljoprivredni nasad. Obilne kiše u svibnju pogodile su i Varaždinsku županiju gdje se također bilježe poplave, a aktivirala su se klizišta i odroni. Glavnina svibanjske oborine na KMP Gračac pala je tijekom druge dekade mjeseca u kojoj je sedam uzastopnih dana (11. – 17. svibnja 2023.) izmjerena količina oborine bila veća od  $20$  mm dnevno. Nezapamćene poplave pogodile su Gračac i Obrovac uslijed naglog podizanja vodostaja Zrmanje, Otuče i Une. Evakuirani su stanovnici čije su kuće bile najugroženije (poglavlje 5.2). U poslijepodnevnim satima 19. srpnja grmljavinsko nevrijeme većih prostornih dimenzija iz Slovenije je ušlo u Hrvatsku i već oko 16 sati po lokalnom vremenu stiglo do zagrebačkog područja (poglavlje 5.3). Udari vjetra na zagrebačkom području bili su olujni na granici orkanских, što ih svrstava među najjače zabilježene na ovom području. Nakon središnje Hrvatske grmljavinsko nevrijeme nastavilo je svoj put prema istoku te zahvatilo još brojne gradove, među njima Lipik, Slavonski Brod, Županju i Gradište, u kojem su izmjerene brzine vjetra i do  $180$  km/h do trenutka kada je vjetar slomio stup s osjetnicima za brzinu i smjer vjetra. Zahvaćeno je 14 županija i Grad Zagreb, a nastala je iznimno velika materijalna šteta na objektima, vozilima, infrastrukturni i šumama. Deseci tisuća ljudi ostali su bez struje, mnogi su ozlijedjeni. Nažlost, ovo nezapamćeno razorno nevrijeme odnijelo je i tri ljudska života. Na karlovačkom području padala je tuča veličine teniske loptice. Već 21. srpnja nova jaka oluja s tučom i jakim vjetrom pogodila je Istru, Kvarner, gospicko, karlovačko i zagrebačko područje te Slavoniju. U kolovozu se na području Mure i Drave dogodila najveća poplava 2023. i jedna od značajnijih epizoda velikih voda na tom području s novodosegnutim ekstremnim vodama (poglavlje 5.4). Tri toplinska vala zabilježena su tijekom ljata (poglavlje 5.5). Visoka morska plima u listopadu prouzročena niskim tlakom zraka u cikloni, jakim i olujnim jugozapadnim vjetrom i jugom te velikim valovima poplavila je rive i ceste u gradovima na sjevernom Jadranu. Na mareografskoj postaji u Bakru 27. listopada zabilježen je vodostaj koji za  $107$  cm premašuje srednju morsku razinu, što je jedan od najvećih vodostaja zabilježenih od utemeljenja postaje 1929. Već 3. studenoga nova snažna ciklona s orkanskim jugom i oštrom prouzročila je najjači plimni val u 2023. U 2023. godini zabilježene su četiri morske poplave u nizu, 27. i 31. listopada te 3. i 5. studenoga, pri čemu je ova posljednja bila jedna od rekordnih. Tipično su se takve poplave javljale jednom godišnje ili jednom u nekoliko godina. Pojava uzastopnih morskih poplava u devet dana i pojавa rekordne

poplave upućuje na efekt klimatskih promjena i potrebu nastavka jačanja operativnih i istraživačkih mogućnosti hrvatske zajednice meteorologa, klimatologa i oceanografa.

U 2023. godini Državni hidrometeorološki zavod ostvario je značajan napredak u provedbi projekta METMONIC. Nova mreža automatskih kišomjernih i klima-

toloških postaja te modernizacija većine naših glavnih meteoroloških postaja omogućit će nam jačanje klimatskih servisa sljedećih desetljeća. U aktualnoj tranziciji s klasične na automatsku mrežu treba osigurati sljedivost i homogenost nizova kako bi publikacije kao što je ova zadržale kontinuitet u redovnoj ocjeni temperaturnih i oborinskih anomalija na području Republike Hrvatske.

dr. sc. Ivan Gütler

## SADRŽAJ

1.	PRAĆENJE KLIME U HRVATSKOJ	9
	mr. sc. Melita Perčec Tadić .....	
1.1	Kartografski prikaz mjesečnih, sezonskih i godišnjih klasa anomalija temperature zraka i količine oborine za 2023. godinu .....	11
1.2	Ocjena temperaturnih i oborinskih prilika za 2023. godinu .....	20
1.3	Ekstremna klimatska razdoblja u 2023. godini .....	22
1.4	Rangovi temperature i oborine u 2023. godini .....	22
2.	ANALIZA SREDNJEG MJESEČNOG VISINSKOG STRUJANJA IZNAD HRVATSKE U 2023. GODINI	
	Dunja Plačko-Vršnak, Tomislava Hojsak, Krunoslav Mikec .....	32
3.	ANALIZA RANGOVA I TREDOVA SREDNJIH GODIŠNJIH TEMPERATURA ZRAKA I GODIŠNJIH KOLIČINA OBORINE ZA POSTAJE ZAGREB-MAKSIMIR I SPLIT-MARJAN U 2023. GODINI	
	dr. sc. Tanja Likso .....	37
4.	ANALIZA DNEVNIH ANOMALIJA TEMPERATURE ZRAKA I KOLIČINE OBORINE ZA POSTAJE ZAGREB-MAKSIMIR I SPLIT-MARJAN U 2023. GODINI	
	dr. sc. Tanja Likso .....	40
5.	IZVANREDNI METEOROLOŠKI DOGAĐAJI U HRVATSKOJ U 2023. GODINI .....	42
5.1	Sažetak izvanrednih događaja	
	Tomislav Kozarić .....	42
5.2	Uzroci i analiza poplave na području Gračaca u svibnju 2023.	
	<i>Sinoptička analiza</i>	
	Tomislav Kozarić, Krunoslav Mikec .....	44
	<i>Klimatološka analiza</i>	
	dr. sc. Ksenija Cindrić Kalin, Ivan Lončar-Petrinjak, Leonardo Patalen .....	44
	<i>Hidrogeološka i hidrološka slika sliva Zrmanje</i>	
	dr. sc. Tatjana Vujnović, Oliver Rajković, Ana-Marija Keliš .....	46
5.3	Olujno nevrijeme u kontinentalnoj Hrvatskoj 19. srpnja 2023.	
	<i>Uvod, sinoptička analiza, mezoskalna analiza</i>	
	dr. sc. Petra Mikuš Jurković, Izidor Pelajić, dr. sc. Tanja Renko .....	46
	<i>Klimatološka analiza oborine</i>	
	dr. sc. Ksenija Cindrić Kalin, Leonardo Patalen .....	52
	<i>Klimatološka analiza smjera i brzine vjetra</i>	
	dr. sc. Iris Odak, Ena Kožul .....	54
5.4	Velike vode Mure, Drave i gornje Save tijekom kolovoza 2023.	
	dr. sc. Tatjana Vujnović, Oliver Rajković, Ana-Marija Keliš .....	56
5.5	Toplinski valovi tijekom ljeta 2023.	
	mr. sc. Lidija Srnec, dr. sc. Sara Ivasić, Ivana Havrle Kozarić .....	60
6.	OCJENA KLIME NA GLOBALNOJ LJESTVICI ZA 2023. GODINU	
	(sažetak prema WMO Provisional State of the Global Climate 2023)	
	mr. sc. Lidija Cvitan .....	63
6.1	Površinska temperatura zraka .....	63
6.2	Oborina .....	64
6.3	Koncentracije stakleničkih plinova .....	65
6.4	Pohrana topline u oceane i porast morske razine .....	66
6.5	Arktik i Antarktika u 2023. godini .....	66
6.6	Literatura .....	67



## 1. PRAĆENJE KLIME U HRVATSKOJ

U okviru mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj djeluje sustav za praćenje klime temeljen na svakodnevnom prikupljanju klimatoloških podataka (termini 7, 14 i 21 h) s 30 glavnih meteoroloških postaja (slika 1.1).

Operativni sustav praćenja klime u Hrvatskoj ima sljedeće sastavnice:

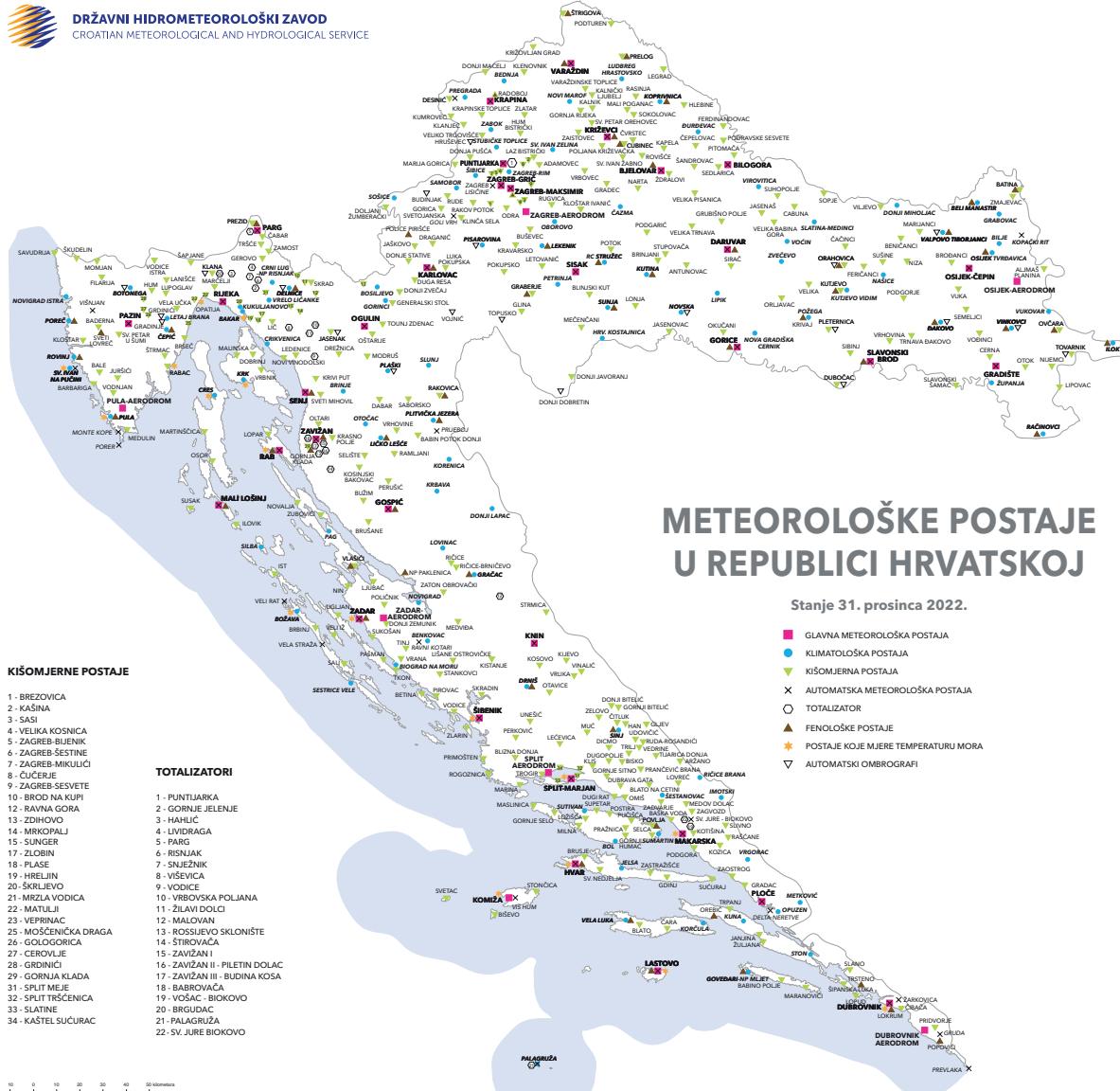
- meteorološka motrenja (opažanja i mjerjenja) na 30 glavnih meteoroloških postaja
- dnevno slanje podataka obavlja se s pomoću programa za unos podataka i zadatak je dežurnog motritelja svaki dan nakon motrenja obavljenog u 7 SEV poslati podatke najkasnije do 8 SEV
- kontrola podataka u DHMZ-u

<sup>1</sup> <http://meteo.hr/klima.php>

<sup>2</sup> @DHMZ\_HR

Melita Perčec Tadić

- pohranjivanje podataka na računalnom sustavu DHMZ-a u obliku privremenih mjesečnih izvješća
- mjesečne analize klimatoloških podataka s izradom ocjene za svaki mjesec usporedbom klimatoloških podataka određenog mjeseca s višegodišnjim prosjekom za razdoblje 1991. – 2020.
- ocjene klimatskih anomalija na razini godišnjih doba i godine kao cjeline
- redovito mjesečno, sezonsko i godišnje izvješćivanje javnosti, korisnika i stručnih krugova o ocjeni klime putem javnih glasila i stručnih biltena te internetske stranice DHMZ-a<sup>1</sup> i na službenom profilu<sup>2</sup>.



Slika 1.1. Mreža meteoroloških postaja u Hrvatskoj

Za klimatsku ocjenu primjenjuje se klasifikacijska skala s granicama određenim prema vrijednostima 2., 9., 25., 75., 91. i 98. percentila dobivenih iz teorijskih razdoba koje na najbolji način aproksimiraju osnovna obilježja svih podataka referentnog razdoblja (tablica 1.1).

Za ocjenu temperaturnih prilika upotrijebljena je aproksimacija podataka temperature normalnom razdiobom, a za ocjenu oborinskih prilika primjenjena je normalna razdioba drugim korijenom (Cindrić i sur. 2019). Na osnovi tako dobivenih razdioba svakoj izmjerenoj vrijednosti može se pridružiti odgovarajuća teorijska kumulativna čestina ili percentil koji možemo interpretirati kao rang (ili redni broj mesta) koji bi ta vrijednost imala u hipotetskom nizu od sto vrijednosti skupa koje ta razdioba opisuje. Percentilom P može se procijeniti povratni period T (izražen u godinama) iz relacije:

$$T = 100 / P \quad \text{ako je } P < 50$$

$$T = 100 / (100 - P) \quad \text{ako je } P > 50$$

Primjerice, 98. percentil upućuje na onu vrijednost koja je u višegodišnjem razdoblju premašena u 2 % slučajeva i može se očekivati prosječno jednom u 50 godina.

Osim prikaza percentila na lokacijama meteoroloških postaja važno je procijeniti vrijednosti na cijelom teritoriju, pa i na lokacijama na kojima nema mjerjenja. Procjena percentila na lokaciji na kojoj nema mjerjenja računa se kao otežani srednjak percentila okolnih postaja. Utjecaj percentila pojedine postaje definiran je težinskim faktorima, koji su u pravilu slabiji što je veća udaljenost mjerjenja od lokacije za koju se izrađuje procjena. Kao i kod svake druge statističke metode procjene mogu

biti izvan raspona vrijednosti mjerjenja, što se katkad opaža na kartama, posebno kada je na pojedinoj postaji percentil vrlo blizu granične vrijednosti pojedine klase, a procjena može biti neznatno niža ili viša, čime ulazi u nižu ili višu klasu. Karte su izrađene kao rasteri prostorne rezolucije od jednog kilometra, a dopunjene su granicama županija (Državna geodetska uprava) i mjerilom.

Na kartama anomalija postaje su označene simbolom u boji klase anomalije kojoj pripada određena temperatura ili količina oborine. Pokraj simbola nalazi se ime postaje i dvije brojčane vrijednosti.

Gornji broj označava odstupanje meteorološkog elementa od višegodišnjeg prosjeka: za temperaturu zraka izraženo u Celzijevim stupnjevima ( $^{\circ}\text{C}$ ) te za količinu oborine u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka. Primjerice, u klasi normalno mogu se pojaviti pozitivna ( $> 0 ^{\circ}\text{C}$ ) ili negativna ( $< 0 ^{\circ}\text{C}$ ) odstupanja temperature zraka od prosjeka ili odstupanja količine oborine iznad prosjeka ( $> 100 \%$ ) ili ispod prosjeka ( $< 100 \%$ ). Donji broj uz postaju na kartama označava percentil prema kojem se postaja svrstava u odgovarajuću klasu.

Rang meteorološke veličine poredak je te veličine u silaznom ili uzlaznom slijedu. Poredaju li se srednje temperature zraka uzlazno ili silazno, dobivaju se rangovi počevši od najhladnjeg ili najtoplijeg mjeseca, sezone ili godine. Poredaju li se količine oborine uzlazno ili silazno, dobivaju se rangovi od najsušnijeg ili najvlažnijeg mjeseca, sezone ili godine. Rang koji promatrana vrijednost ima u skupu svih višegodišnjih vrijednosti mjerjenja omogućuje uvid u to je li ta vrijednost uobičajena ili označuje rijedak događaj. U poglavlju 1 detaljno ćemo opisati rangove za one mjesecе odnosno sezone za koje je na većini postaja neki rang manji ili jednak pet, odno-

Tablica 1.1. Klasifikacija klimatskih anomalija u razrede (klase) prema razdiobi percentila.

klase anomalija temperature zraka	percentili
ekstremno hladno	< 2
vrlo hladno	2 – 9
hladno	9 – 25
normalno	25 – 75
toplo	75 – 91
vrlo toplo	91 – 98
ekstremno toplo	> 98

klase anomalija količine oborine	percentili
ekstremno sušno	< 2
vrlo sušno	2 – 9
sušno	9 – 25
normalno	25 – 75
kišno	75 – 91
vrlo kišno	91 – 98
ekstremno kišno	> 98

sno promatrano je razdoblje među pet najhladnijih, najtoplijih ili po količini oborine među pet najsušnijih ili najvlažnijih u nizu podataka od 1981. do analizirane godine. Rangovi godišnjih temperatura zraka i količina oborine prikazuju se u ocjeni svake godine počevši s 2021.

U poglavlju 3 rangovi su analizirani za meteorološke postaje Zagreb-Maksimir i Split-Marjan za kompletну duljinu povijesnih nizova na tim postajama pa se mogu razlikovati od analize na kraćim vremenskim nizovima u poglavlju 1.

Ondje su prikazane i dnevne temperature zraka analizirane godine uz srednje vrijednosti dnevnih temperatura zraka za razdoblje počevši od 1926. godine za Zagreb-Maksimir, odnosno 1948. za Split-Marjan do završno, godine koja prethodi godini analize. Ocjena izuzetnosti srednjih dnevnih temperatura zraka za svaki mjesec u godini temelji se na Chapmanovu kriteriju uz pretpostavku da se srednje dnevne temperature zraka za pojedini datum pokoravaju Gaussovoj razdiobi (Penzar i Makjanić, 1980.). Prema Chapmanovu kriteriju izvanredno toplim smatra se dan u kojem pozitivna anomalija srednje dnevne temperature zraka premaši dvije standardne devijacije, dok se izvanredno hladnim smatra dan u kojem negativna anomalija premaši dvije standardne devijacije. Vjerovatnost pojave izvanredno toplih odnosno izvanredno hladnih dana jest oko 2 %, to jest takvi događaji pojavljuju se u prosjeku dva puta u razdoblju od 100 godina.

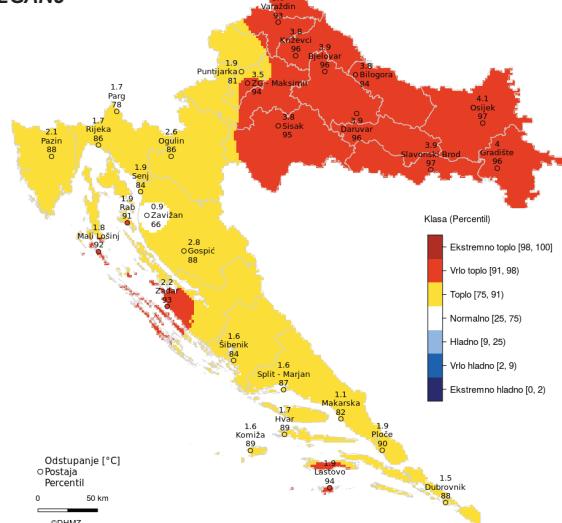
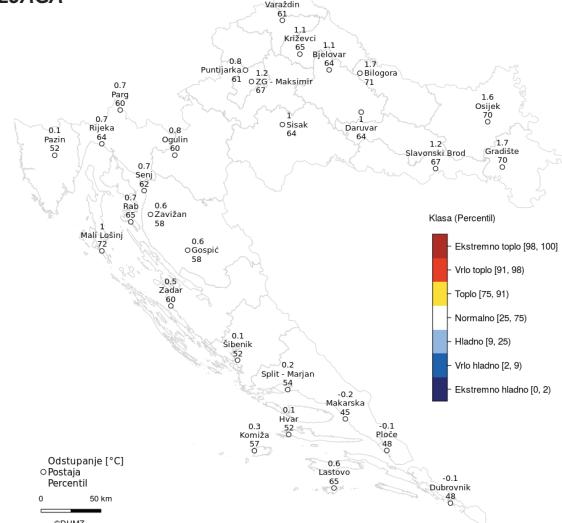
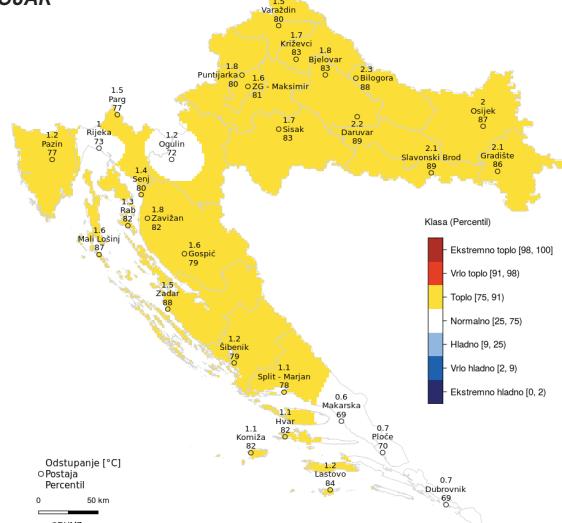
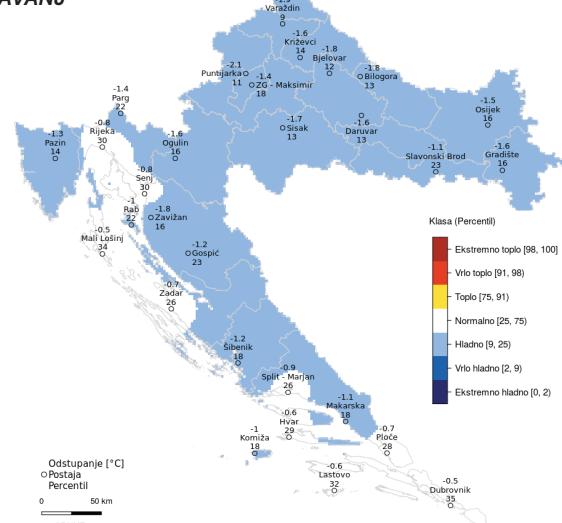
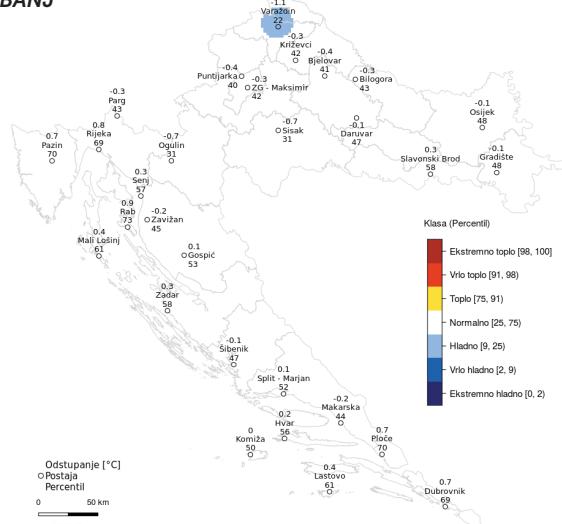
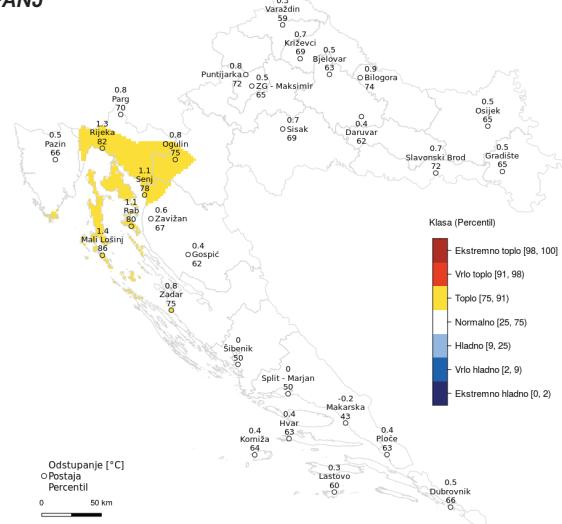
## Literatura

Cindrić, K., Juras, J., Pasarić, Z. (2019) On precipitation monitoring with theoretical statistical distributions. *Theor Appl Climatol* 136, 145–156. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2477-6>

Penzar, B., Makjanić, B. (1980) Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

### 1.1 Kartografski prikaz mjesечnih, sezonskih i godišnjih klasa anomalija temperature zraka i količine oborine za 2023. godinu

Mjesečne, sezonske i godišnje karte sadržavaju brojčane vrijednosti anomalija i percentila na meteorološkim postajama, dok su simboli na lokacijama meteoroloških postaja u boji koja odgovara klasi anomalije kojoj pripada izmjerena temperatura ili količina oborine. Anomalije temperature zraka izražene su u °C, a anomalije količine oborine u postotcima višegodišnjeg prosjeka za odabранo referentno razdoblje 1991. – 2020. Na karti su bojama prikazane klase anomalija interpolirane prema vrijednostima klasa na meteorološkim postajama.

**Siječanj****VELJAČA****OŽUJAK****TRAVANJ****SVIBANJ****LIPANJ**

ekstremno hladno      vrlo hladno      hladno

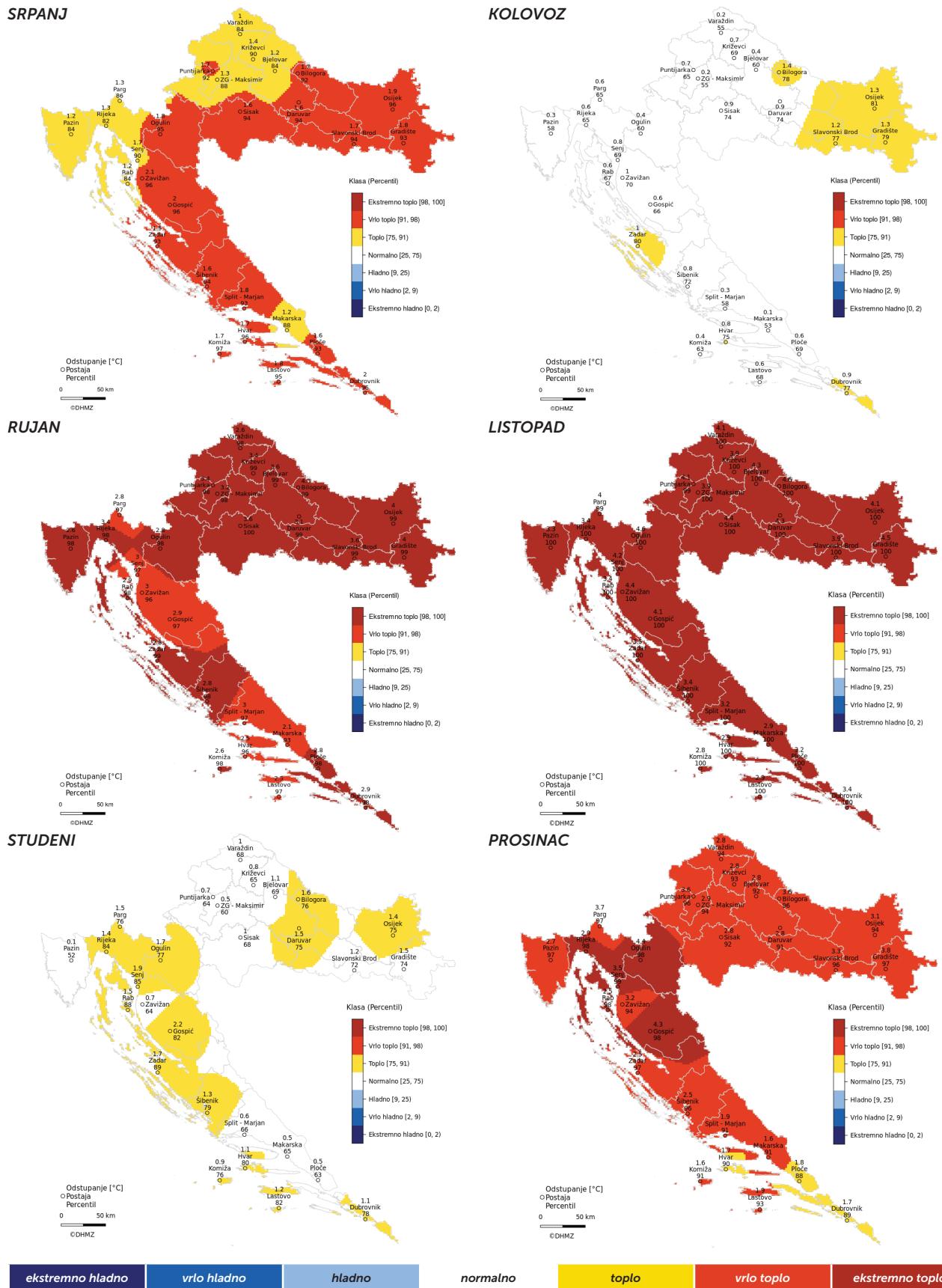
normalno

toplo

vrlo toplo

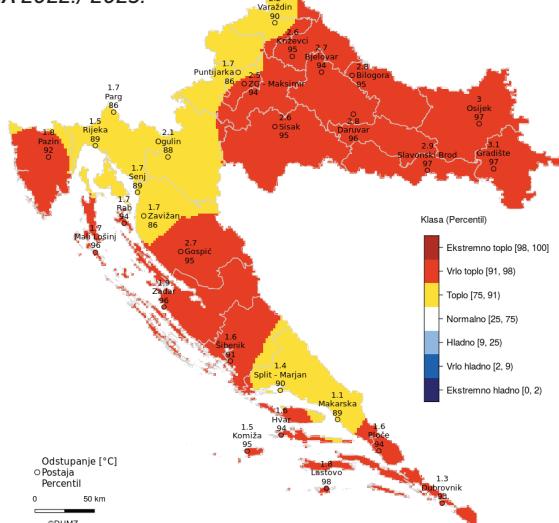
ekstremno toplo

*Slika 1.1.1.a Odstupanje srednje mjesečne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.*

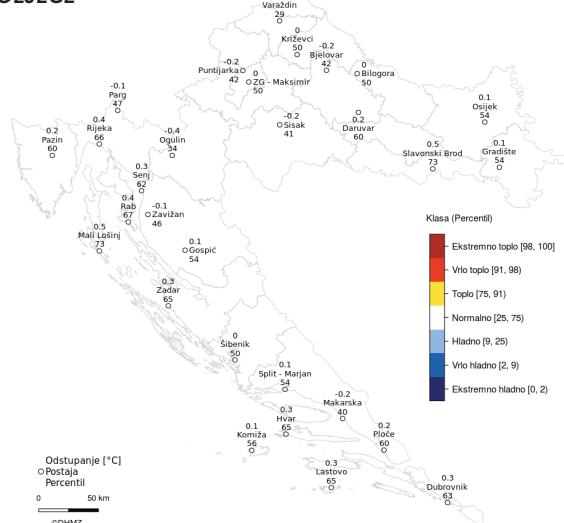


Slika 1.1.1.b Odstupanje srednje mjesecne temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.

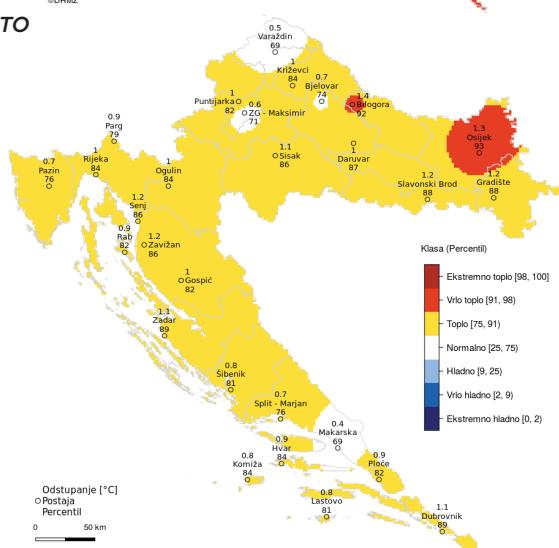
## ZIMA 2022./2023.



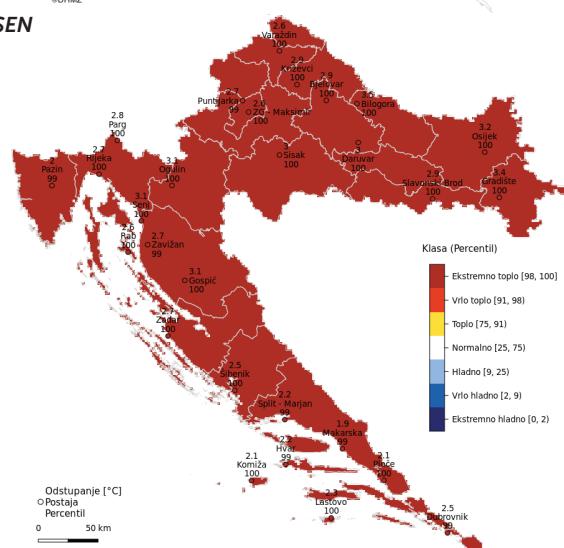
## PROLJEĆE



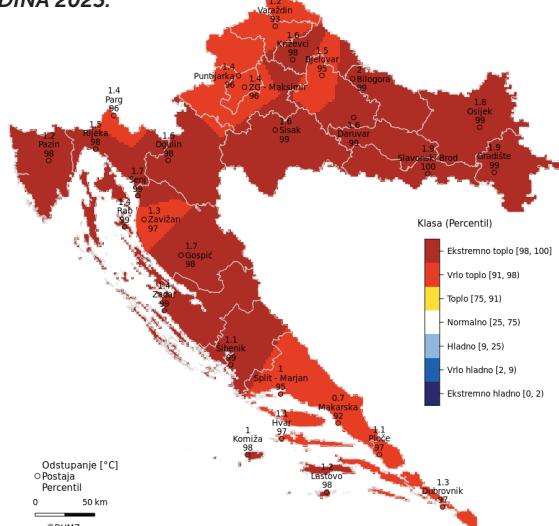
## LJETO



## JESEN



## GODINA 2023.



normalno

toplo

vrlo toplo

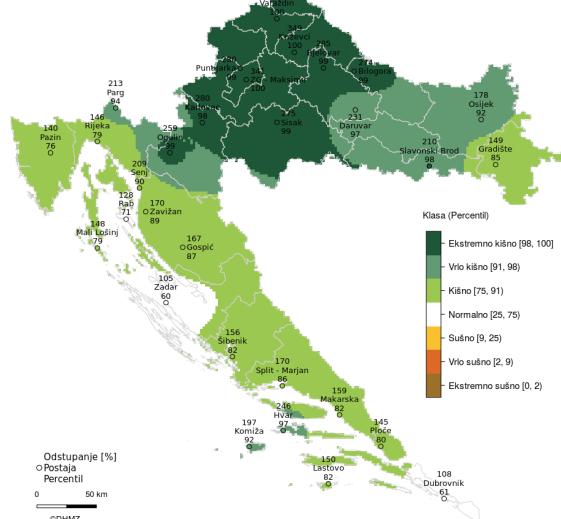
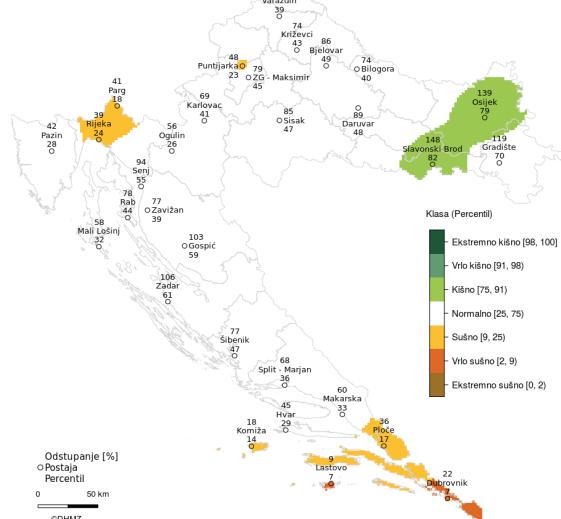
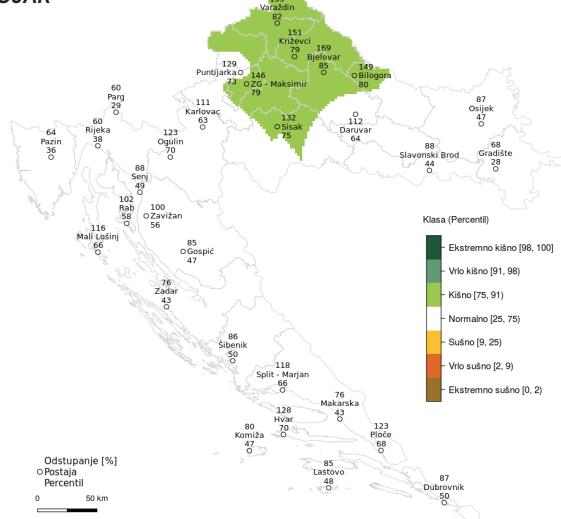
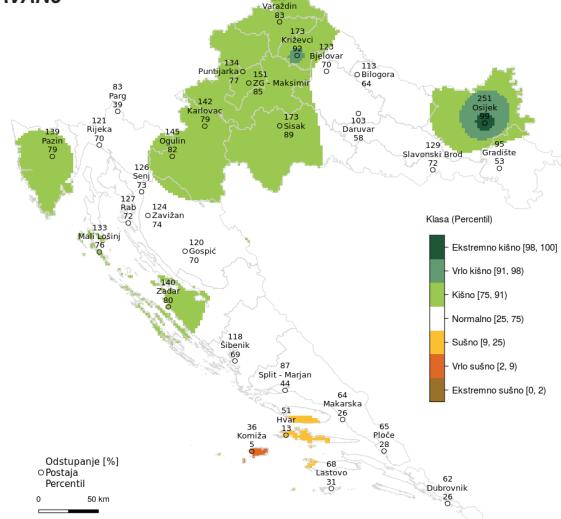
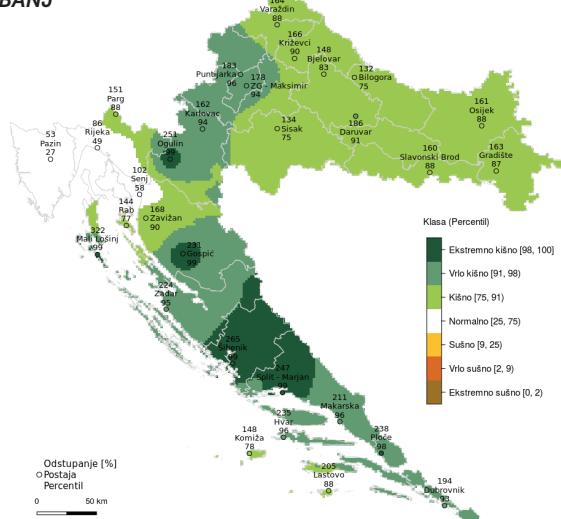
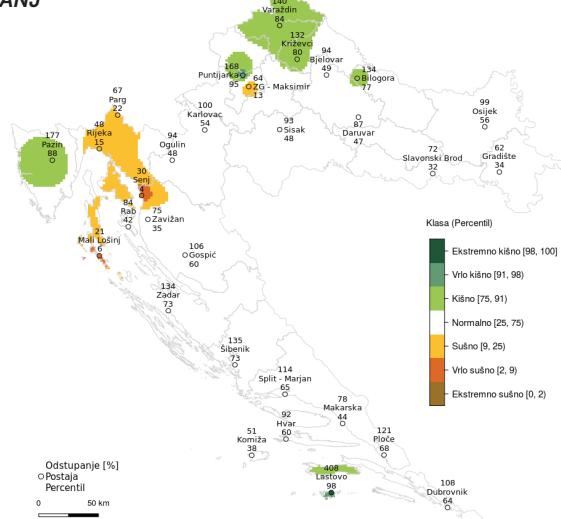
ekstremno toplo

ekstremno hladno

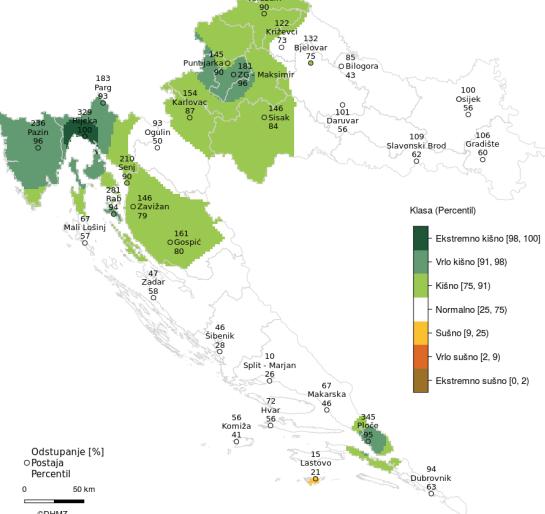
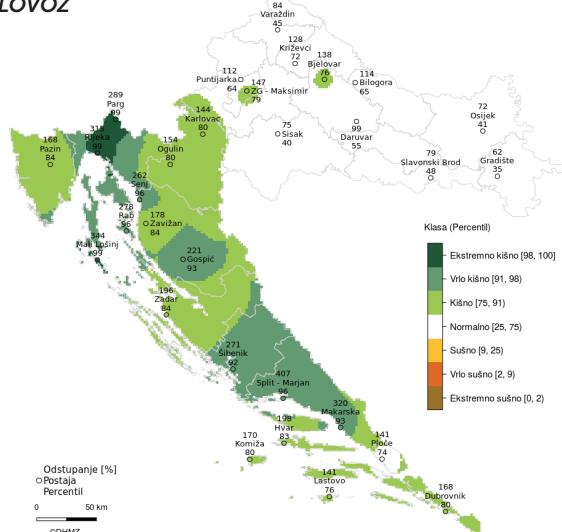
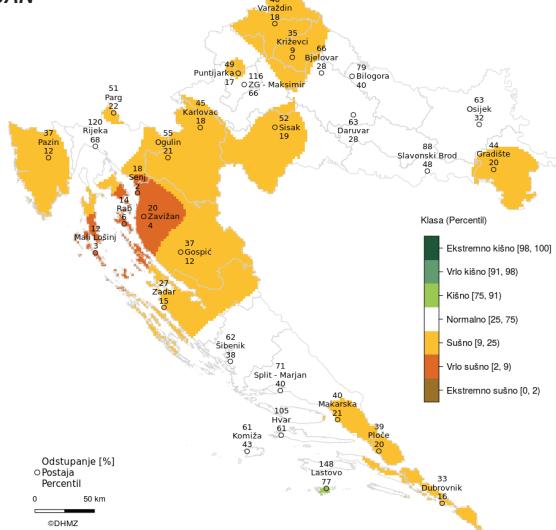
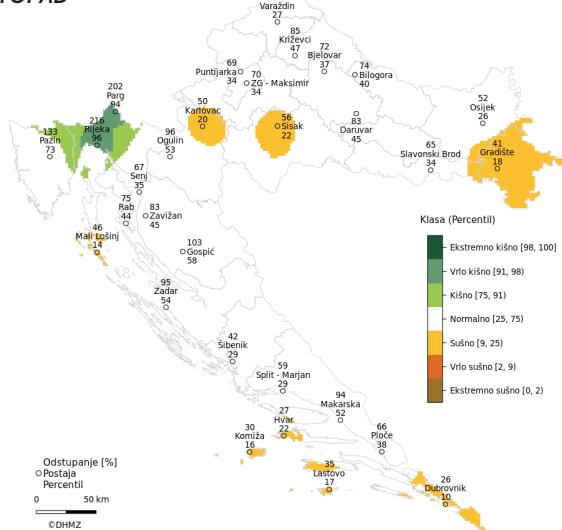
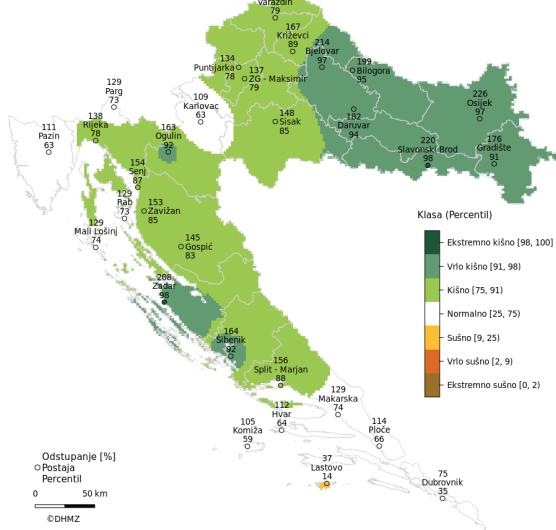
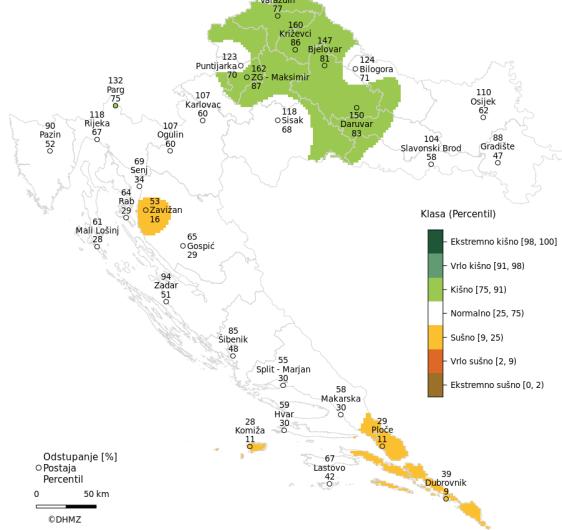
vrlo hladno

hladno

Slika 1.1.2. Odstupanje srednje sezonske i godišnje temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.

**Siječanj****VELJAČA****Ožujak****TRAVANJ****SVIBANJ****LIPANJ**

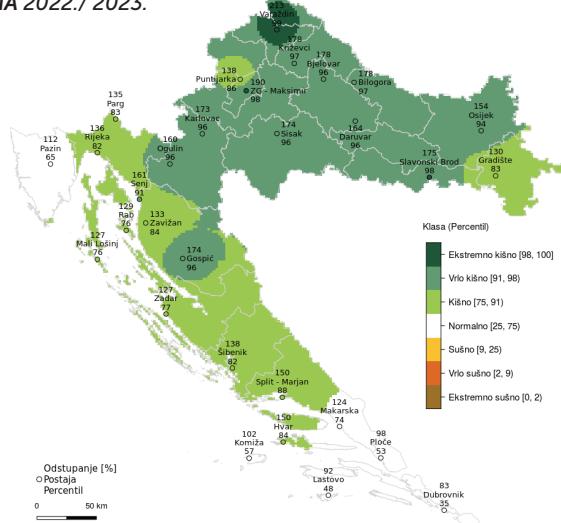
*Slika 1.1.3.a Mjesečne količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.*

**SRPANJ****KOLOVOZ****RUJAN****LISTOPAD****STUDENI****PROSINAC**

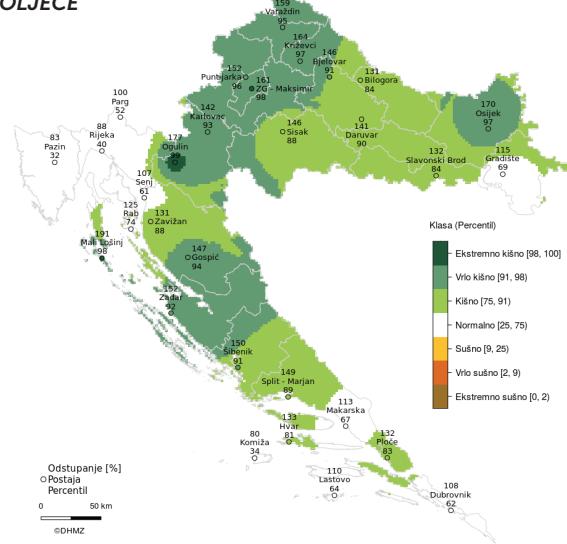
**ekstremno sušno**   **vrlo sušno**   **sušno**   **normalno**   **kišno**   **vrlo kišno**   **ekstremno kišno**

Slika 1.1.3.b Mjesečne količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.

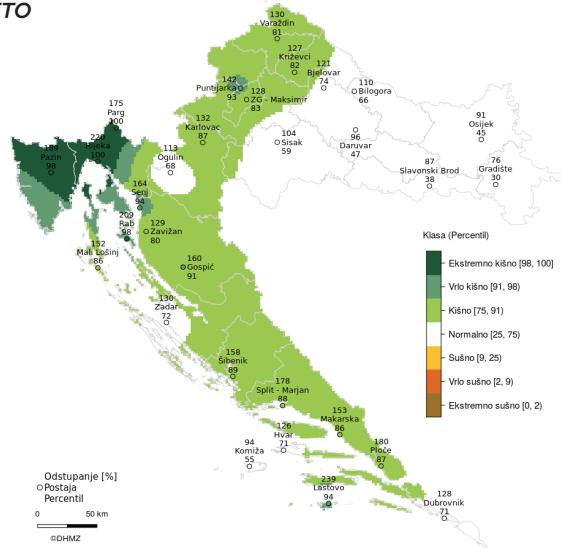
ZIMA 2022./2023.



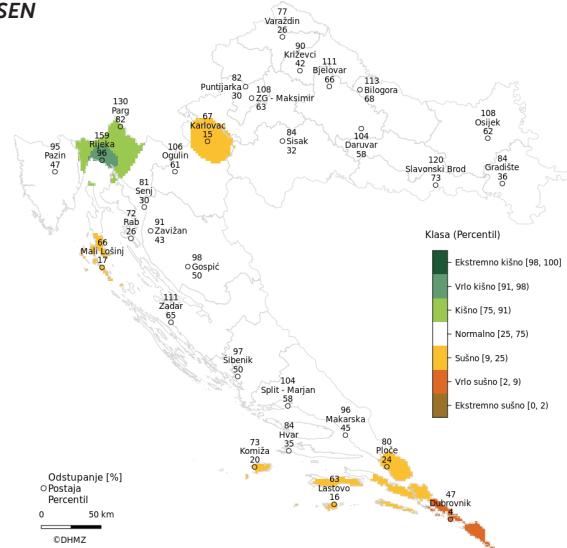
PROLJEĆE



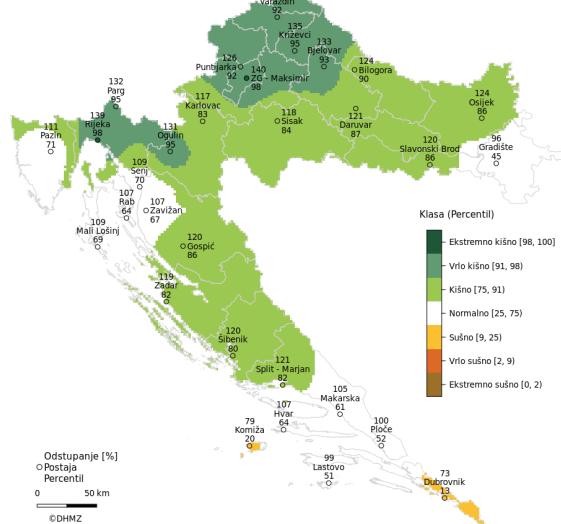
LJETO



JESEN



GODINA 2023.



normalno

kišno

vrlo kišno

ekstremno kišno

Slika 1.1.4. Sezonske i godišnje količine oborine, u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. godina za Hrvatsku za 2023. godinu.

Tablica 1.1.1. Odstupanja srednje mjesecne, sezonske i godišnje temperature zraka za 2023. godinu od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. i percentili.

postaja	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovož	rujan	listopad	studenji	prosinac	zima	projecije	ljeto	jesen	godina
Bilogora	3,8	1,7	2,3	-1,8	-0,3	0,9	1,7	1,4	4,3	4,6	1,6	3,6	2,8	0,0	1,4	3,5	2,0
	94	71	88	13	43	74	92	78	99	100	76	96	95	50	92	100	99
Bjelovar	3,9	1,1	1,8	-1,8	-0,4	0,5	1,2	0,4	3,6	4,3	1,1	2,8	2,7	-0,2	0,7	2,9	1,5
	96	64	83	12	41	63	86	60	99	100	69	92	94	42	74	100	95
Daruvar	3,9	1,0	2,2	-1,6	-0,1	0,4	1,6	0,9	3,1	4,3	1,5	2,8	2,8	0,2	1,0	3,0	1,6
	96	64	89	13	47	62	94	74	99	100	75	91	96	60	87	100	99
Dubrovnik	1,5	-0,1	0,7	-0,5	0,7	0,5	2,0	0,9	2,9	3,4	1,1	1,7	1,3	0,3	1,1	2,5	1,3
	88	48	69	35	69	66	96	77	98	100	78	89	93	63	89	99	97
Gospic	2,8	0,6	1,6	-1,2	0,1	0,4	2,0	0,6	2,9	4,1	2,2	4,3	2,7	0,1	1,0	3,1	1,7
	88	58	79	23	53	62	96	66	97	100	82	98	95	54	82	100	98
Gradište	4,0	1,7	2,1	-1,6	-0,2	0,5	1,8	1,3	4,1	4,5	1,5	3,9	3,1	0,1	1,2	3,4	1,9
	96	70	86	16	45	65	93	79	100	100	74	97	97	54	86	100	99
Hvar	1,7	0,1	1,1	-0,6	0,2	0,4	1,7	0,8	2,5	2,9	1,1	1,7	1,6	0,3	0,9	2,2	1,1
	89	52	82	29	56	63	96	75	96	100	80	90	94	65	84	99	97
Komiža	1,6	0,3	1,1	-1,0	0,0	0,4	1,7	0,4	2,6	2,8	0,9	1,5	1,5	0,1	0,8	2,1	1,0
	89	57	82	18	50	64	97	63	98	100	76	89	95	56	84	100	98
Križevci	3,8	1,1	1,7	-1,6	-0,3	0,8	1,4	0,7	3,4	3,9	0,8	2,8	2,6	0,0	1,0	2,7	1,5
	96	65	83	14	42	72	90	69	99	100	65	93	95	50	84	100	97
Lastovo	1,9	0,6	1,2	-0,6	0,4	0,3	1,8	0,6	2,5	2,9	1,2	1,9	1,8	0,3	0,8	2,3	1,2
	94	65	84	32	61	60	95	68	97	100	82	93	98	65	81	100	98
Makarska	1,1	-0,2	0,6	-1,1	-0,2	-0,2	1,2	0,1	2,1	2,9	0,5	1,6	1,1	-0,2	0,4	1,9	0,8
	82	45	69	18	44	43	88	53	93	100	65	91	89	40	69	99	94
Mali Lošinj	1,8	1,0	1,6	-0,5	0,4	1,4	1,9						1,7	0,5			
	92	72	87	34	61	88	94						96	73			
Ogulin	2,7	0,8	1,2	-1,6	-0,8	0,8	1,8	0,4	2,8	4,6	1,7	4,4	2,1	-0,4	1,0	3,1	1,6
	87	60	72	16	28	75	95	60	98	100	77	98	88	34	84	100	98
Osijek	4,1	1,6	2,0	-1,5	-0,1	0,5	1,9	1,3	4,0	4,1	1,4	3,1	3,0	0,1	1,3	3,2	1,8
	97	70	87	16	48	65	96	81	99	100	75	94	97	54	90	100	99
Parg	1,7	0,7	1,5	-1,4	-0,3	0,8	1,3	0,6	2,8	4,0	1,5	3,7	1,7	-0,1	0,9	2,8	1,4
	78	60	77	22	43	70	86	65	97	99	76	97	86	47	79	100	96
Pazin	2,1	0,1	1,2	-1,3	0,7	0,5	1,2	0,3	2,6	3,3	0,3	2,7	1,8	0,2	0,7	2,1	1,2
	88	52	77	14	70	66	84	58	98	100	57	97	92	60	76	99	98
Ploče	1,9	-0,1	0,7	-0,7	0,7	0,4	1,6	0,6	2,8	3,2	0,5	1,9	1,6	0,2	0,9	2,1	1,1
	90	48	70	28	70	63	93	69	98	100	63	90	94	60	82	100	97
Puntijarka	1,9	0,7	1,8	-2,1	-0,4	0,8	1,7	0,7	3,4	4,1	0,7	3,6	1,7	-0,2	1,0	2,7	1,4
	81	60	80	11	40	72	92	65	98	99	64	96	86	42	82	99	96
Rab	1,9	0,7	1,3	-1,0	0,9	1,1	1,2	0,6	2,9	3,4	1,5	2,5	1,7	0,4	0,9	2,6	1,4
	91	65	82	22	73	80	84	67	98	100	88	98	94	67	82	100	99
Rijeka	1,7	0,7	1,0	-0,8	0,8	1,3	1,3	0,6	3,4	3,4	1,4	2,9	1,5	0,4	1,0	2,7	1,5
	86	64	73	30	69	82	82	65	98	100	84	98	89	66	84	100	98
Senj	1,9	0,7	1,4	-0,8	0,3	1,1	1,7	0,8	3,0	4,2	1,9	3,5	1,7	0,3	1,2	3,1	1,7
	84	62	80	30	57	78	90	69	97	100	85	99	89	62	86	100	99
Šibenik	1,6	0,1	1,2	-1,2	-0,1	0,0	1,6	0,8	2,8	3,4	1,3	2,5	1,6	0,0	0,8	2,5	1,1
	84	52	79	18	47	50	94	72	98	100	79	96	91	50	81	100	99
Sisak	3,8	1,0	1,7	-1,7	-0,7	0,7	1,6	0,9	3,6	4,4	1,0	2,8	2,6	-0,2	1,1	3,0	1,6
	95	64	83	13	31	69	94	74	100	100	68	92	95	41	86	100	99
Slavonski Brod	3,9	1,2	2,1	-1,1	0,3	0,7	1,7	1,2	3,6	3,9	1,2	3,3	2,9	0,5	1,2	2,9	1,9
	97	67	89	23	58	72	94	77	99	100	72	96	98	73	88	100	100
Split-Marjan	1,6	0,2	1,1	-0,9	0,1	0,0	1,8	0,3	3,0	3,2	0,6	1,9	1,4	0,1	0,7	2,2	1,0
	86	54	78	26	52	50	93	58	97	100	66	91	90	54	76	99	95
Varaždin	3,7	0,9	1,5	-1,9	-1,1	0,3	1,0	0,2	2,6	4,1	1,0	2,8	2,2	-0,5	0,5	2,6	1,2
	94	61	80	9	22	59	84	55	98	100	68	94	90	29	69	100	93
Zadar	2,2	0,5	1,5	-0,7	0,3	0,8	1,5	1,0	2,8	3,5	1,7	2,5	1,9	0,3	1,1	2,7	1,4
	93	60	88	26	58	75	93	80	99	100	89	97	96	65	89	100	99
Zagreb-Maksimir	3,5	1,2	1,6	-1,4	-0,3	0,5	1,3	0,2	3,2	3,9	0,5	2,9	2,5	0,0	0,6	2,6	1,4
	94	67	81	18	42	65	88	55	98	100	60	94	94	50	73	100	96
Zavižan	0,9	0,6	1,8	-1,8	-0,2	0,6	2,1	0,9	3,0	4,4	0,7	3,2	1,7	-0,1	1,2	2,7	1,3
	66	58	82	16	45	67	96	68	96	100	64	94	86	46	86	99	97

parametar

odstupanje

percentil

Tablica 1.1.2. Mjesečne, sezonske i godišnje količine oborine u postotcima višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. i percentili za 2023. godinu.

postaja	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	zima	projće	jeto	jesen	godina
Bilogora	274	74	149	113	132	134	83	114	79	75	199	124	178	131	110	113	125
	99	40	80	64	75	77	41	65	40	40	95	71	97	84	66	68	90
Bjelovar	285	86	169	123	148	94	132	138	66	72	214	147	178	146	121	111	133
	99	49	85	70	83	49	75	76	28	37	97	81	96	91	74	66	93
Daruvar	231	89	112	103	186	88	101	99	63	83	182	150	164	141	96	104	121
	97	48	64	58	91	48	56	55	28	45	94	83	96	90	47	58	87
Dubrovnik	108	23	87	62	194	108	94	168	33	26	83	39	83	108	128	50	74
	61	7	50	26	93	64	63	80	16	10	42	9	35	62	71	6	14
Gospic	167	103	85	120	231	106	161	221	37	105	145	65	174	147	160	99	120
	87	59	47	70	99	60	80	93	12	59	83	29	96	94	91	51	87
Gradište	149	119	68	95	163	62	106	61	44	41	176	88	130	115	76	84	96
	85	70	28	53	87	34	60	36	20	18	91	47	83	69	31	36	44
Hvar	246	45	128	51	235	92	72	198	108	27	112	59	150	133	126	84	107
	97	29	70	13	96	60	56	83	62	22	64	30	84	81	71	35	64
Komiža	197	18	80	36	148	51	56	170	61	30	105	28	102	80	94	73	79
	92	14	47	5	78	38	41	80	43	16	59	11	57	34	55	20	20
Križevci	349	74	151	173	166	132	122	128	35	85	168	160	178	164	127	91	135
	100	43	79	92	90	80	73	72	9	47	89	86	97	97	82	42	95
Lastovo	151	9	85	68	205	408	15	141	148	35	37	67	92	110	239	63	99
	82	7	48	31	88	98	21	76	77	17	14	42	48	64	94	16	51
Makarska	159	60	76	64	211	78	67	320	40	94	129	58	124	113	153	96	105
	82	33	43	26	96	44	46	93	21	52	74	30	74	67	86	45	61
Mali Lošinj	148	58	116	133	322	20	67	347	12	46	129	61	127	191	153	67	109
	79	32	66	76	99	6	57	99	3	14	74	28	76	98	86	17	69
Ogulin	259	56	123	145	251	94	93	154	55	96	163	107	160	177	113	106	131
	99	26	70	82	99	48	50	80	21	53	92	60	96	99	68	61	95
Osijek	178	139	87	251	161	99	100	72	63	52	226	110	154	170	91	108	124
	92	79	47	99	88	56	56	41	32	26	97	62	94	97	45	62	86
Parg	213	41	60	83	151	67	183	289	51	202	129	133	135	100	175	130	132
	94	18	29	39	88	22	93	99	22	94	73	75	83	52	100	82	95
Pazin	140	42	64	139	53	177	236	168	37	133	111	90	112	83	189	95	111
	76	28	36	79	27	88	96	84	12	73	63	52	65	32	98	47	71
Ploče	145	35	123	65	238	121	345	141	39	66	114	29	98	132	181	81	100
	80	17	68	28	98	68	95	74	20	38	66	11	53	83	87	24	52
Puntijarka	280	48	129	134	183	168	145	112	49	69	134	123	138	152	142	83	126
	99	23	73	77	96	95	90	64	17	34	79	70	86	96	93	30	92
Rab	128	78	102	127	144	84	281	278	14	75	129	64	129	125	209	73	107
	71	44	58	72	77	42	94	96	6	44	73	29	76	74	98	26	64
Rijeka	146	39	60	121	86	48	329	315	120	216	138	118	136	88	220	159	139
	79	24	38	70	49	15	100	99	68	96	78	67	82	40	100	96	98
Senj	209	94	88	126	102	30	210	262	18	67	155	69	161	107	164	81	109
	90	55	49	73	58	4	90	96	2	35	87	34	91	61	94	30	70
Šibenik	156	77	86	118	265	136	46	271	62	42	164	85	138	150	158	97	119
	82	47	50	69	99	73	28	92	38	29	92	48	82	91	89	50	80
Sisak	275	85	132	172	133	93	146	75	52	56	148	118	174	145	104	85	118
	99	47	75	89	75	48	84	40	19	22	85	68	96	88	59	32	84
Slavonski Brod	210	149	88	129	160	73	109	79	88	65	220	104	175	132	87	120	119
	98	82	44	72	88	32	62	48	48	34	98	58	98	84	38	73	86
Split-Marjan	170	68	117	87	247	114	10	407	71	59	156	55	150	149	178	104	121
	86	36	66	44	99	65	26	96	40	29	88	30	88	89	88	58	82
Varaždin	442	63	159	153	164	140	161	84	46	57	144	137	213	159	130	77	131
	100	39	82	83	88	84	90	45	18	27	79	77	99	95	81	26	92
Zadar	105	106	76	140	224	134	47	196	27	95	208	94	127	152	129	111	119
	60	61	43	80	95	73	58	84	15	54	98	51	77	92	72	65	82
Zagreb-Maksimir	341	79	146	151	178	64	181	147	116	70	137	162	191	161	128	108	140
	100	45	79	85	94	13	96	79	66	34	79	87	98	98	83	63	98
Zavižan	169	77	101	125	167	75	146	178	20	83	153	53	133	131	129	91	107
	89	39	56	74	90	35	79	84	4	45	85	16	84	88	80	43	67

parametar

odstupanje

percentil

## 1.2 Ocjena temperaturnih i oborinskih prilika za 2023. godinu

Ocjena je izrađena na temelju kartografskog prikaza anomalija srednje mjesечne temperature zraka i mjesечne količine oborine definiranih u odnosu na višegodišnji prosjek 1991. – 2020. kao i kartografskih prikaza odgovarajućih sezonskih i godišnjih anomalija za navedene meteorološke elemente. Kvantitativna kartografska ocjena temperaturnih i oborinskih prilika na području Hrvatske za 2023. godinu može se dopuniti sažetim opisom prikazanim u tablicama 1.2.1 do 1.2.4. U prvom stupcu tablica klase su odstupanja temperature zraka od standardnog višegodišnjeg prosjeka (tablice 1.2.1 za mjesec i 1.2.3 za sezone i godinu) kao i odgovarajuće klase količine oborine (tablice 1.2.2 za mjesec i 1.2.4 za sezone i godinu), a u ostalim je kolonama postotak u odnosu na ukupnu površinu Hrvatske za pojedinu klasu. U klasi *normalno* odstupanja mogu biti i pozitivna i negativna pa je u tablicama naveden broj postaja s pozitivnim anomalijama u klasi *normalno* (redci *pozitivno normalno*) i negativnim anomalijama u klasi *normalno* (redci *negativno normalno*). Anomalije jednake nuli uključene su u stupac *pozitivno normalno*.

Tijekom godine prevladavale su pozitivne mjesечne anomalije temperature zraka izuzev travnja koji je bio hladan na većem dijelu teritorija te svibnja kada su temperature bile uglavnom normalne, ali s negativnim anomalijama na polovini postaja, a klasa hladnih anomalija zahvatila je manje područje. I u veljači su anomalije temperatura bile negativne na tri postaje, a u lipnju na jednoj uz prevladavajuća pozitivna odstupanja na ostalim postajama u klasi *normalno* (tablica 1.2.1).

Prevladavale su i pozitivne anomalije temperature zraka u svim sezonomama izuzev proljeća koje je bilo u klasi *normalno*, ali s osam postaja s negativnim anomalijama temperature zraka (tablica 1.2.3).

Na području Hrvatske srednja godišnja temperatura zraka za 2023. godinu bila je viša od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) na svim postajama koje su uključene u praćenje klime. Odstupanja srednje godišnje temperature zraka u rasponu su od 0,7 °C (Makarska) do 2,0 °C (Bilogora).

Kategorizacija godišnjih temperaturnih anomalija zasnovana na razdiobi percentila pokazuje da je vrlo toplo bilo u dijelu središnje Hrvatske, okolici Parga i Zavižana, većem dijelu srednje i južne Dalmacije (27 % teritorija), dok je ekstremno toplo bilo u istočnoj i dijelovima središnje Hrvatske, gorskoj Hrvatskoj, sjevernom Hrvatskom primorju, sjevernoj Dalmaciji te na otocima Visu, Korčuli i Lastovu (73 % teritorija) (tablica 1.2.3).

Pozitivne mjesечne anomalije količina oborine prevladavale su na većini postaja u siječnju, travnju, svibnju, srpnju, kolovozu i studenom. Negativne anomalije prevladavale su na većini postaja u veljači, rujnu i listopadu, dok su u ožujku, lipnju i prosincu anomalije bile na dijelu postaja pozitivne, a na dijelu negativne (tablica 1.2.2).

Prevladavale su pozitivne anomalije sezonskih količina oborine izuzev u jesen, kada su na većem broju postaja anomalije bile negativne (tablica 1.2.4).

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) pokazuje da su u 2023. u Hrvatskoj količine oborine na većini analiziranih postaja bile iznad višegodišnjeg pro-

Tablica 1.2.1. Klase odstupanja srednjih mjesечnih temperatura zraka u 2023. godini od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) s udjelima površine u pojedinoj klasi u odnosu na ukupnu površinu RH (%).

klasa	SIJEĆANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
ekstremno toplo									78,8	100,0		20,6
vrlo toplo	46,2						69,8		21,2			75,9
toplo	52,9		90,3			7,1	30,2	21,3			32,0	3,5
normalno	0,9	100,0	9,7	10,4	99,0	92,9		78,7			68,0	
hladno				89,6	1,0							
vrlo hladno												
ekstremno hladno												
pozitivno normalno	1	26	5		14	22		21			13	
negativno normalno		3		9	14	1						

Tablica 1.2.2. Klase odstupanja mjesecnih količina oborine u 2023. godini od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) s udjelima površine u pojedinoj klasi u odnosu na ukupnu površinu RH (%).

klasa	SIJEĆANJ	VELJAČA	OŽUJAK	TRAVANJ	SVIBANJ	LIPANJ	SRPANJ	KOLOVOZ	RUJAN	LISTOPAD	STUDENI	PROSINAC
ekstremno kišno	30,0			0,3	10,2		0,8	1,6			0,2	
vrlo kišno	23,4			2,3	29,9	0,2	9,9	19,5		1,3	32,8	
kišno	42,3	7,6	17,9	39,7	50,6	8,8	30,0	29,6	0,1	2,2	49,9	20,7
normalno	4,3	86,7	82,1	56,7	9,3	85,7	59,2	49,3	51,0	86,1	17,0	74,9
sušno		4,9		0,8		5,0	0,1		44,5	10,4	0,1	4,4
vrlo sušno		0,8		0,2		0,3			4,4			
ekstremno sušno												
pozitivno normalno	3	3	10	10	1	7	4	4	3	2	9	8
negativno normalno		18	14	7	2	12	11	6	8	18	1	12

Tablica 1.2.3. Klase odstupanja srednjih sezonskih temperatura i godišnje temperature zraka u 2023. godini od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) s udjelima površine u pojedinoj klasi u odnosu na ukupnu površinu RH (%).

klasa	ZIMA	PROLJEĆE	LJETO	JESEN	GODINA
ekstremno toplo				100,0	73,0
vrlo toplo	70,3		4,9		27,0
toplo	29,7		88,8		
normalno		100,0	6,3		
hladno					
vrlo hladno					
ekstremno hladno					
pozitivno normalno		21	4		
negativno normalno		8			

Tablica 1.2.4. Klase odstupanja sezonskih količina i godišnje količine oborine u 2023. godini od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.) s udjelima površine u pojedinoj klasi u odnosu na ukupnu površinu RH (%).

klasa	ZIMA	PROLJEĆE	LJETO	JESEN	GODINA
ekstremno kišno	1,6	0,4	5,4		0,0*
vrlo kišno	52,8	38,3	4,6	0,4	19,0
kišno	35,0	43,6	50,2	1,9	59,9
normalno	10,6	17,7	39,8	92,9	20,2
sušno				4,1	0,9
vrlo sušno				0,7	
ekstremno sušno					
pozitivno normalno	3	7	7	9	7
negativno normalno	3	3	5	13	3

\* Zbog zaokruživanja na jednu decimalnu površinu koja je <=0.05 % prikazana je kao 0,0\*.

Zbog zaokruživanja je moguće da suma površina klasa neznatno odstupa od 100 %.

sjeka. Usporedba s navedenim višegodišnjim prosjekom pokazuje da se količine oborine za 2023. godinu nalaze u rasponu od 73 % višegodišnjeg prosjeka u Dubrovniku (818,1 mm) do 140 % u Zagrebu (1220,2 mm).

Oborinske prilike u Hrvatskoj u 2023. godini bile su sušne do ekstremno kišne. Sušno je bilo na otoku Visu i dubrovačkom području (0,9 % teritorija). Normalno je bilo na krajnjem istoku Hrvatske, u dijelu gorske Hrvatske, Istri, na kvarnerskim otocima, u dijelu srednje i južne Dalmacije (20,2 % teritorija). Kišno je bilo u dijelovima istočne, središnje i gorske Hrvatske te sjeverne Dalmacije (59,9 % teritorija). Vrlo kišan bio je sjeverni dio središnje Hrvatske, sjeverni dio gorske Hrvatske i šire riječko područje (19 % teritorija), dok je ekstremno kišno bilo u Zagrebu i Rijeci (tablica 1.2.4).

### 1.3 Ekstremna klimatska razdoblja u 2023. godini

Područja zahvaćena ekstremnim klasama temperaturnih i oborinskih anomalija koje mogu značajno utjecati na ljudе i različite gospodarske grane (energetika, poljoprivreda, turizam) izdvojena su u tablici 1.3.1 na mjesечноj, sezonskoj i godišnjoj razini.

### 1.4 Rangovi temperature i oborine u 2023. godini

Na većini postaja temperature zraka bile su među pet najtopljih u razdoblju 1961. – 2023. tijekom siječnja,

srpnja, rujna, listopada i prosinca, kao i tijekom jeseni i zime 2023. godine. Na većini postaja 2023. je bila najtoplja godina iz tog razdoblja.

Promatrajući detaljnije, siječanj 2023. bio je od drugog do petog najtoplijeg na 19 postaja (tablica 1.4.1). Najtoplji su i dalje siječanj iz 2007. ili 2014.

Srpanj 2023. bio je drugi do peti najtoplji na 24 postaje (tablica 1.4.2). I dalje kao najtoplji većinom ostaje srpanj 2015.

Rujan 2023. bio je najtoplji na devet postaja, drugi najtoplji na njih osamnaest, dok je na Zavižanu to bio četvrti najtoplji rujan (tablica 1.4.3). Na postajama na kojima rujan nije bio rekordno topao i dalje kao najtoplji ostaje većinom rujan 2011.

Listopad 2023. bio je najtoplji na 25 postaja, a tek na tri drugi najtoplji (tablica 1.4.4).

Prosinac 2023. bio je najtoplji na šest postaja, a drugi najtoplji na njih četrnaest (tablica 1.4.5).

Na 24 postaje zima 2023. bila je od druge do pете najtoplje, dok najtoplje i dalje ostaju zima 2007. ili 2014. (tablica 1.4.6).

Na svim postajama jesen 2023. bila je najtoplja u razdoblju 1961. – 2023. (tablica 1.4.7).

Na 25 postaja 2023. je bila najtoplja godina u razdoblju 1961. – 2023. ili jednako topla kao neka od prijašnjih godina, a druga najtoplja na njih tri (tablica 1.4.8).

U oborinskom režimu nije bilo rekordno suhih ili vlažnih mjeseci na značajnijem broju postaja.

Tablica 1.3.1. Područja zahvaćena ekstremnim klimatskim prilikama u 2023. godini.

Mjesečna razdoblja		
Ekstrem	Mjesec	Područje
ekstremno hladno		niti jedno područje
ekstremno toplo	rujan	istočna i središnja Hrvatska, dijelovi gorske Hrvatske, dijelovi Kvarnera, Istra, sjeverna Dalmacija, otok Vis i okolica Ploča u srednjoj Dalmaciji, južna Dalmacija izuzev otoka Korčule i Lastova
	listopad	cijela Hrvatska
	prosinac	veći dio gorske Hrvatske, Kvarner
ekstremno sušno		niti jedno područje
ekstremno kišno	siječanj	Slavonski Brod, središnja Hrvatska
	travanj	okolica Osijeka
	svibanj	okolica Oglulina, Mali Lošinj, dio Like, dio sjeverne Dalmacije i sjeverni dio srednje Dalmacije, Ploče
	lipanj	Lastovo
	srpanj	šire riječko područje
	kolovoz	šire riječko područje sa zaleđem, okolica Malog Lošinja
	studeni	Slavonski Brod, Zadar

Godišnja doba		
Ekstrem	Godišnje doba	Područje
ekstremno hladno		niti jedno područje
ekstremno toplo	zima	Lastovo
	jesen	cijela Hrvatska
ekstremno sušno		niti jedno područje
ekstremno kišno	zima	Slavonski Brod, Zagreb, šire varażdinsko područje
	proljeće	okolica Zagreba, šire ogulinsko područje, Mali Lošinj
	ljeto	šire riječko područje sa zaleđem, okolica Raba

Godina 2023.	
Ekstrem	Područje
ekstremno hladno	niti jedno područje
ekstremno toplo	istočna Hrvatska i dijelovi središnje Hrvatske, gorska Hrvatska, sjeverno Hrvatsko primorje, sjeverna Dalmacija, otoci Vis, Korčula i Lastovo
ekstremno sušno	niti jedno područje
ekstremno kišno	Zagreb i Rijeka

Tablica 1.4.1. Rangovi temperature zraka za TOPLI SIJEĆANJ 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtoplijim siječnjem u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Daruvar	5,0	3,9	96	2	2007.
Gradište	5,1	4,0	97	2	2007.
Osijek	4,7	4,1	97	2	2007.
Slavonski Brod	4,6	3,9	97	2	2007.
Bilogora	4,7	3,8	94	3	2007.
Bjelovar	4,8	3,9	96	3	2007.
Križevci	4,4	3,8	96	3	2007.
Lastovo	10,7	1,9	94	3	2014.
Varaždin	4,4	3,7	94	3	2007.
Zadar	9,9	2,2	93	3	2014.
Zagreb-Maksimir	4,9	3,5	94	3	2007.
Hvar	10,9	1,7	89	4	2014.
Ploče	8,9	1,9	90	4	2014.
Rab	9,8	1,9	91	4	2014.
Sisak	5,0	3,8	95	4	2007.
Dubrovnik	10,9	1,5	88	5	2014.
Komiža	11,4	1,6	89	5	2014.
Makarska	10,5	1,1	82	5	2014.
Mali Lošinj	10,0	1,8	92	5	2014.
Gospic	2,7	2,8	88	6	2014.
Ogulin	4,1	2,7	87	6	2007.
Split-Marjan	9,8	1,6	86	6	2014.
Pazin	5,3	2,1	88	7	2014.
Rijeka	7,9	1,7	86	7	2014.
Senj	8,6	1,9	84	7	2014.
Šibenik	8,8	1,6	84	7	2014.
Parg	1,0	1,7	78	9	2007.
Puntijarka	0,4	1,9	81	9	2007.
Zavižan	-2,6	0,9	66	12	2007.

Tablica 1.4.2. Rangovi temperature zraka za TOPLI SRPANJ 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtoplijim srpnjem u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Gospic	22,0	2,0	97	2	2015.
Komiža	27,7	1,7	97	2	2012., 2015.
Ogulin	22,6	1,8	95	2	2015.
Zavižan	15,7	2,1	96	2	2015.
Bilogora	23,6	1,7	92	3	2015.
Daruvar	23,2	1,6	95	3	2012., 2015., 2021.
Dubrovnik	27,8	2,0	97	3	2012.
Hvar	27,7	1,7	96	3	2015.
Lastovo	27,0	1,8	95	3	2015.
Osijek	24,3	1,9	96	3	2012.
Sisak	24,0	1,6	95	3	2015.
Šibenik	27,5	1,6	95	3	2015., 2022.
Puntijarka	18,5	1,7	92	4	2015.
Senj	27,3	1,7	91	4	2015.
Slavonski Brod	24,1	1,7	94	4	2012.
Split-Marjan	28,6	1,8	93	4	2015.
Zadar	26,6	1,5	93	4	2015.
Gradište	24,4	1,8	93	5	2012.
Križevci	22,7	1,4	90	5	2012.
Pazin	23,0	1,2	84	5	2015.
Ploče	27,4	1,6	93	5	2015.
Rab	26,8	1,2	84	5	2015.
Varaždin	22,4	1,0	84	5	2015., 2021.
Zagreb-Maksimir	23,5	1,3	88	5	2012.
Bjelovar	23,6	1,2	86	6	2015., 2021.
Makarska	27,8	1,2	89	6	2012.
Parg	19,1	1,3	86	6	2015.
Rijeka	25,8	1,3	82	6	2015.

Tablica 1.4.3. Rangovi temperature zraka za TOPLI RUJAN 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtoplijim rujnom u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Bilogora	20,9	4,3	99	1	2023.
Bjelovar	20,0	3,6	99	1	2023.
Gradište	21,2	4,1	100	1	2023.
Križevci	19,1	3,4	99	1	2023.
Osijek	20,8	4,0	99	1	2023.
Puntijarka	15,4	3,4	98	1	2011., 2023.
Sisak	20,0	3,6	100	1	2023.
Slavonski Brod	20,1	3,6	99	1	2023.
Varaždin	18,4	2,6	98	1	2011., 2023.
Daruvar	19,0	3,1	99	2	1982., 1987.
Dubrovnik	25,0	2,9	98	2	2011.
Gospić	17,1	2,9	97	2	2011.
Hvar	24,5	2,5	96	2	2011.
Komiža	24,4	2,6	99	2	2011.
Lastovo	23,6	2,5	97	2	2011.
Makarska	24,4	2,1	93	2	2011.
Ogulin	18,0	2,8	98	2	1987.
Parg	15,4	2,8	97	2	2011.
Pazin	18,8	2,6	98	2	1987.
Ploče	23,8	2,8	98	2	2011.
Rab	23,6	2,9	98	2	2011.
Rijeka	22,7	3,4	98	2	2011.
Senj	23,4	3,0	97	2	2011.
Split-Marjan	24,6	3,0	97	2	2011.
Šibenik	23,5	2,8	98	2	2011.
Zadar	23,3	2,8	99	2	2011.
Zagreb-Maksimir	19,9	3,2	98	2	2011.
Zavižan	11,8	3,0	96	4	2011.

Tablica 1.4.4. Rangovi temperature zraka za TOPLI LISTOPAD 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtoplijim listopadom u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Bilogora	16,3	4,6	100	1	2023.
Bjelovar	15,7	4,3	100	1	2023.
Daruvar	15,5	4,3	100	1	2023.
Dubrovnik	21,6	3,4	100	1	2023.
Gospic	14,1	4,1	100	1	2023.
Gradište	16,6	4,5	100	1	2023.
Hvar	21,0	2,9	100	1	2023.
Komiža	21,0	2,8	100	1	2023.
Križevci	14,7	3,9	100	1	2023.
Lastovo	20,3	2,9	100	1	2023.
Makarska	21,1	2,9	100	1	2023.
Ogulin	15,6	4,6	100	1	2023.
Osijek	15,9	4,1	100	1	2023.
Parg	12,5	4,0	99	1	2023.
Pazin	15,3	3,3	100	1	2023.
Ploče	19,6	3,2	100	1	2023.
Rab	20,0	3,4	100	1	2023.
Rijeka	18,3	3,4	100	1	2023.
Senj	20,2	4,2	100	1	2023.
Sisak	16,0	4,4	100	1	2023.
Split-Marjan	20,6	3,2	100	1	2023.
Šibenik	19,9	3,4	100	1	2023.
Varaždin	15,1	4,1	100	1	2023.
Zadar	20,0	3,5	100	1	2023.
Zagreb-Maksimir	15,6	3,9	100	1	2023.
Puntijarka	11,9	4,1	99	2	2022.
Slavonski Brod	15,4	3,9	100	2	1966.
Zavižan	9,8	4,4	100	2	2022.

Tablica 1.4.5. Rangovi temperature zraka za TOPLI PROSINAC 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtoplijim prosincem u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Gradište	5,9	3,9	97	1	2023.
Ogulin	6,5	4,4	98	1	2023.
Parg	3,9	3,7	97	1	2023.
Rab	11,7	2,5	98	1	2023.
Rijeka	10,2	2,9	98	1	2023.
Senj	11,4	3,5	99	1	2023.
Bilogora	5,2	3,6	96	2	1985.
Gospic	5,0	4,3	98	2	2022.
Hvar	12,2	1,7	91	2	2022.
Križevci	4,0	2,8	93	2	1985.
Lastovo	12,1	1,9	93	2	2022.
Makarska	12,2	1,6	91	2	2022.
Pazin	6,8	2,7	97	2	2022.
Puntijarka	3,0	3,6	96	2	2015.
Slavonski Brod	4,9	3,3	96	2	2022.
Split-Marjan	11,4	1,9	91	2	2022.
Šibenik	10,9	2,5	96	2	2022.
Zadar	11,4	2,5	97	2	2022.
Zagreb-Maksimir	4,8	2,9	94	2	1985.
Zavižan	0,7	3,2	95	2	2015.
Dubrovnik	12,4	1,7	89	3	2020., 2022.
Komiža	12,7	1,5	89	3	2022.
Osijek	4,6	3,1	94	3	1985.
Varaždin	4,2	2,8	94	3	1985.
Bjelovar	4,4	2,8	92	4	1985.
Daruvar	4,7	2,8	91	4	1985.
Ploče	9,9	1,9	90	4	2022.
Sisak	4,7	2,8	92	4	1982.

Tablica 1.4.6. Rangovi temperature zraka za TOPLU ZIMU 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtopljom zimom u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Bilogora	4,5	2,8	95	2	2007.
Bjelovar	4,4	2,7	94	2	2007.
Daruvar	4,6	2,8	96	2	2007.
Gradište	5,1	3,1	97	2	2007.
Križevci	4,0	2,6	95	2	2007.
Lastovo	11,0	1,8	98	2	2014.
Osijek	4,5	3,0	97	2	2007.
Ploče	9,2	1,6	95	2	2014.
Sisak	4,6	2,6	95	2	2007.
Slavonski Brod	4,5	2,9	98	2	2007.
Zagreb-Maksimir	4,6	2,5	94	2	2007.
Dubrovnik	11,2	1,3	93	3	2014.
Hvar	11,3	1,6	95	3	2014.
Zadar	10,0	1,9	96	3	2014.
Gospic	3,2	2,7	95	4	2014.
Komiža	11,7	1,5	95	4	2014.
Pazin	5,5	1,8	92	4	2014.
Rab	10,1	1,7	94	4	2014.
Rijeka	8,1	1,5	89	4	2014.
Šibenik	9,4	1,6	91	4	2014.
Varaždin	3,7	2,2	90	4	2007.
Makarska	10,9	1,1	89	5	2014.
Ogulin	4,0	2,1	88	5	2007.
Split-Marjan	10,2	1,4	90	5	2014.
Parg	1,5	1,7	86	6	2007.
Puntijarka	0,6	1,7	86	6	2007.
Senj	8,9	1,7	89	6	2014.
Zavižan	-1,7	1,7	86	7	2014.

Tablica 1.4.7. Rangovi temperature zraka za TOPLU JESEN 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperatura zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), godina s najtopljom jeseni u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Bilogora	15,1	3,5	100	1	2023.
Bjelovar	14,4	2,9	100	1	2023.
Daruvar	14,2	3,0	100	1	2023.
Dubrovnik	20,7	2,5	99	1	2023.
Gospic	13,0	3,1	100	1	2023.
Gradište	15,5	3,4	100	1	2023.
Hvar	20,3	2,2	99	1	2023.
Komiža	20,3	2,1	100	1	2023.
Križevci	13,6	2,7	100	1	2023.
Lastovo	19,6	2,3	100	1	2023.
Makarska	20,1	1,9	99	1	2023.
Ogulin	14,0	3,1	100	1	2023.
Osijek	14,9	3,2	100	1	2023.
Parg	11,2	2,8	100	1	2023.
Pazin	14,2	2,1	99	1	2023.
Ploče	18,6	2,1	100	1	2023.
Puntijarka	10,5	2,7	99	1	2023.
Rab	19,2	2,6	100	1	2023.
Rijeka	17,7	2,7	100	1	2023.
Senj	19,1	3,1	100	1	2023.
Sisak	14,6	3,0	100	1	2023.
Slavonski Brod	14,4	2,9	100	1	2023.
Split-Marjan	19,6	2,2	99	1	2023.
Šibenik	19,0	2,5	100	1	2023.
Varaždin	13,6	2,6	100	1	2023.
Zadar	19,2	2,7	100	1	2023.
Zagreb-Maksimir	14,3	2,6	100	1	2023.
Zavižan	7,8	2,7	99	1	2023.

Tablica 1.4.8. Rangovi temperature zraka za TOPLU 2023. Postaja, temperatura zraka (T), odstupanje u odnosu na normalu 1991. – 2020. (Tanom), percentil temperature zraka (Tperc), rang niza sortiranog silazno (Rang topli), najtoplja godina u razdoblju 1961. – 2023. (Najtoplja godina).

Postaja	T	Tanom	Tperc	Rang topli	Najtoplja godina
Bilogora	13,6	2,0	99	1	2023.
Bjelovar	13,3	1,5	95	1	2023.
Daruvar	13,0	1,6	99	1	2023.
Dubrovnik	18,4	1,3	97	1	2018., 2023.
Gospic	11,4	1,7	98	1	2023.
Gradište	14,1	1,9	99	1	2023.
Hvar	18,2	1,1	97	1	2018., 2023.
Komiža	18,2	1,0	98	1	2023.
Križevci	12,6	1,5	97	1	2023.
Lastovo	17,5	1,2	98	1	2022., 2023.
Makarska	18,1	0,8	95	1	2011., 2018., 2023.
Ogulin	12,5	1,6	98	1	2023.
Osijek	13,6	1,8	99	1	2023.
Parg	9,6	1,4	96	1	2022., 2023.
Pazin	13,1	1,2	98	1	2023
Ploče	17,0	1,1	97	1	2018., 2022., 2023.
Rab	17,5	1,4	99	1	2023.
Rijeka	16,2	1,5	98	1	2023.
Senj	17,3	1,7	99	1	2023.
Sisak	13,5	1,6	99	1	2023.
Slavonski Brod	13,6	1,9	100	1	2023.
Šibenik	17,1	1,1	99	1	2022., 2023.
Varaždin	12,4	1,2	93	1	2023.
Zadar	17,2	1,4	99	1	2023.
Zagreb-Maksimir	13,3	1,4	96	1	2023.
Puntijarka	8,8	1,4	96	2	2022.
Split-Marjan	17,9	1,0	95	2	2022.
Zavižan	5,7	1,3	97	2	2022.

## 2. ANALIZA SREDNJEG MJESEČNOG VISINSKOG STRUJANJA IZNAD HRVATSKE U 2023. GODINI

Dunja Plačko-Vršnak, Tomislava Hojsak, Krunoslav Mikec

Srednja mjeseca visinska situacija sinoptičkih razmjera na izobarnoj plohi AT 500 hPa može pokazati prevladavajuće visinsko strujanje nad određenim predjelima tijekom mjeseca te se njezinom analizom mogu u znatnoj mjeri objasniti mjesecne vrijednosti pojedinih meteoroloških elemenata, primjerice srednje mjesecne prizemne temperature zraka, a najčešće i mjesecne količine oborine.

Stoga je provedena meteorološka analiza 2023. godine pregledom srednjih mjesecnih situacija, odnosno strujanja i polja temperature nad širim područjem Europe i sjevernog Atlantika.

U siječnju je nad našom zemljom srednje mjesecno stanje na izobarnoj plohi AT 500 hPa bila dolina čija je os prolazila točno preko Hrvatske. Termobarički greben pružao se od Azora prema jugozapadu kontinenta, a drugi je, slabije izražen, bio iznad istočne Europe, Crnog mora i Male Azije. U takvim nam je okolnostima pritjecao relativno topao i vlagom bogat zrak. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m bila je viša od višegodišnjeg srednjaka (1991. – 2020.<sup>1</sup>), posebno u istočnim i središnjim predjelima. Mjesecna količina oborine pritom je gotovo posvuda bila veća od prosječne, a u središnjoj je Hrvatskoj bilo i ekstremno kišno. Količina oko klimatološkog srednjaka zabilježena je mjestimice u Dalmaciji, osobito na krajnjem jugu.

U veljači je srednje mjesecno visinsko stanje bila prednja strana grebena (uz srednje mjesecno strujanje sa sjeverozapada) koji se pružao iznad većeg dijela zapadne Europe. Kratkovalna je dolina bila iznad jugozapada kontinenta, a druga iznad krajnjeg sjeveroistoka. To je

značilo pritjecanje razmjerno hladnog i ne odveć vlažnog zraka u naše krajeve. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m i mjesecna količina oborine bile su oko prosjeka. Sušnije je bilo samo na krajnjem jugu Hrvatske.

U prva dva mjeseca vrijednosti NAO indeksa (tablica 2.1) bile su pozitivne, što upućuje na povećan gradijent u polju tlaka zraka između azorske anticiklone i islandske ciklone, posebice u siječnju, što je omogućilo dotok vlažnog oceanskog zraka do naših krajeva.

U ožujku je nad našom zemljom kao srednje mješeno stanje na izobarnoj plohi AT 500 hPa bio izražen greben koji se od jugozapada pružao nad većim dijelom južne i zapadne Europe. Naši su krajevi bili na prednjoj strani grebena. Dolina je bila iznad istočne Europe, Crnog mora i Male Azije. Pritjecao nam je pritom relativno topao i vlagom siromašan zrak sa zapada i sjeverozapada. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u ožujku je bila uglavnom malo viša od višegodišnjeg prosjeka (1991. – 2020.), a mjesecna količina oborine bila je oko klimatološkog srednjaka, u središnjim krajevima i malo veća.

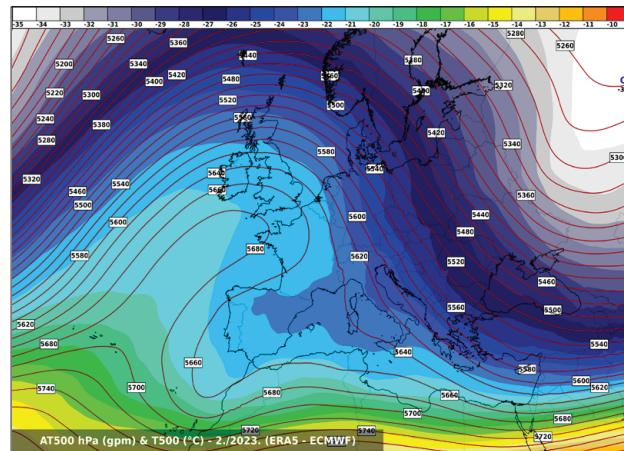
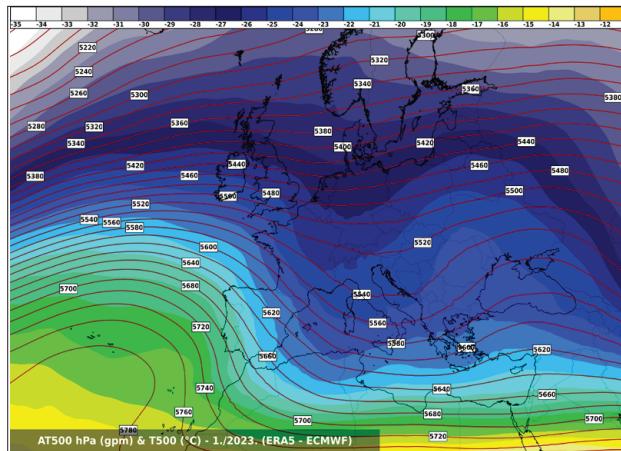
U travnju je prema srednjem mjesecnom stanju područje Hrvatske bilo između grebena koji je zahvaćao zapad kontinenta i doline koja je bila iznad istočnih i sjevernih krajeva Europe. Takva situacija upućuje na pritjecanje razmjerno hladnog i vlažnog zraka sa sjeverozapada. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u travnju je bila gotovo posvuda malo niža od višegodišnjeg srednjaka. Mjesecna količina oborine u većini je krajeva bila oko prosječne, ponegdje na sjeverozapadu i na istoku i veća od prosječne.

<sup>1</sup> Vidjeti kartografski prikaz s detaljnijim opisom mjesecnih anomalija temperature zraka i količine oborine za 2023. godinu na području Hrvatske u poglavljju 1 ove publikacije.

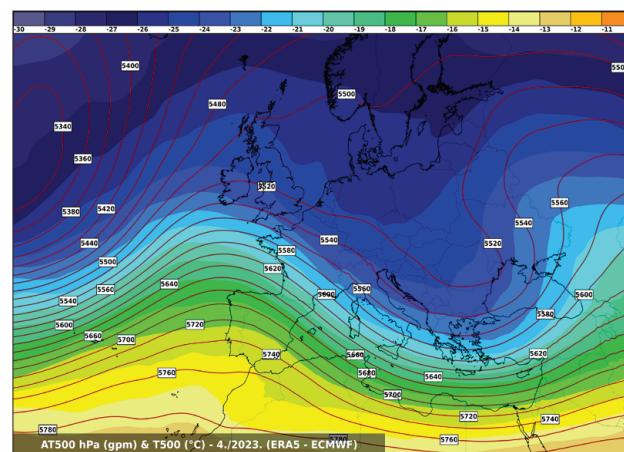
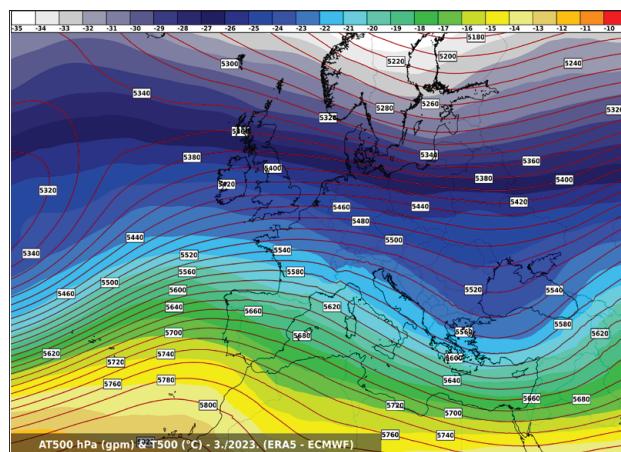
Tablica 2.1. Vrijednosti NAO (engl. Northern Atlantic Oscillation) indeksa u 2023. po mjesecima, izvor: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/nao/>

2023.	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac
NAO index	+1,25	+0,92	-1,11	-0,63	+0,39	-0,58	-2,17	-1,16	-0,44	-2,03	-0,32	+1,94

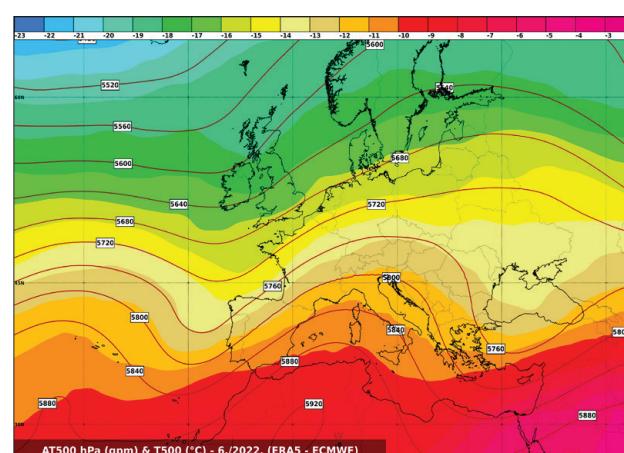
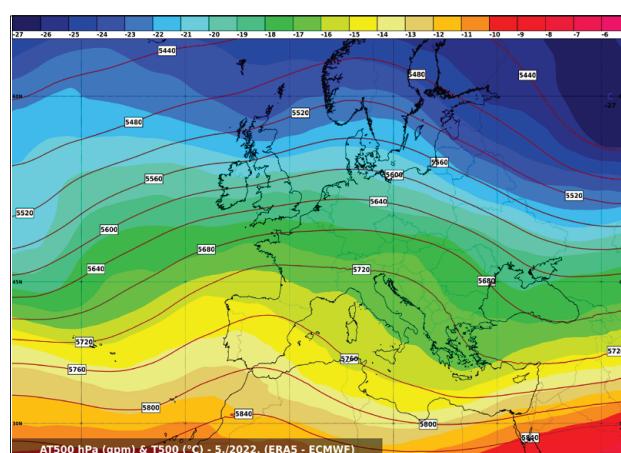
\* NAO indeks – indeks sjevernoatlantske oscilacije odnosi se na razliku u prizemnom tlaku zraka (engl. mean sea level pressure) između sumporskog područja visokog tlaka zraka – azorske anticiklone i subpolarnog područja niskog tlaka zraka – islandske ciklone (razlika u prizemnom tlaku zraka izmjerrenom na meteorološkoj postaji u Ponta Delgadi i Reykjaviku). Gradijent u tlaku zraka između tih dvaju sustava određuje smjer i jačinu strujanja s Atlantika nad europskim kopnom. Prosječna pozicija i jačina azorske anticiklone i islandske ciklone variraju iz mjeseca u mjesec, tijekom sezona, odnosno iz godine u godinu i upravo ta varijacija određuje NAO indeks, odnosno njegov predznak. Pokazalo se da velika razlika u tlaku zraka između tih dvaju sustava – izražena kao NAO+ – za posljedicu ima jako zapadno strujanje te indirektno blage i vlažnije zime u srednjoj Europi. Također može biti povezan s pozitivnom anomalijom temperature zraka iznad sjeverne Europe te katkad negativnom anomalijom iznad južne Europe i Bliskog istoka. Kad je riječ o oborini, NAO+ je najčešće povezan s količinom oborine većom od prosjeka iznad sjeverne Europe i Skandinavije te manjom oborine iznad srednje i južne Europe. S druge strane NAO– opisuje situaciju kada je gradijent između tih dvaju sustava slabu izražen, odnosno slabije je strujanje s Atlantika, pa sjeverna Europa često može imati hladnu i suhu zimu, a putanje ciklona pomaknute su južnije. To za posljedicu može imati pojačanu ciklonalnu aktivnost u Sredozemlju uz više oborina na području južne Europe i sjeverne Afrike. Veza između NAO indeksa i prevladavajućeg tipa vremena izraženija je u hladnom dijelu godine.



Slika 2.1. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ , boje) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) siječanj (lijevo) i b) veljaču (desno) za 00 UTC (izvor ECMWF ERA5 reanaliza).



Slika 2.2. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ , boje) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) ožujak (lijevo) i travanj (desno) za 00 UTC (izvor ECMWF ERA5 reanaliza).



Slika 2.3. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperature ( $^{\circ}\text{C}$ , obojeno) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno AT 500 hPa) za: a) svibanj (lijevo) i b) lipanj (desno) za 00 UTC (izvor: ECMWF ERA5 reanaliza).

U svibnju je nad našim dijelom Europe prema srednjem mjesecnom stanju bila dolina bez izraženih gradijentata u polju izohipsi. Greben je bio iznad Atlantskog oceana. K nama je stoga pritjecao i iznad nas se zadrža-

vao ne odveć topao i vlagom bogat zrak. Srednja mješecna temperatura zraka na 2 m bila je gotovo posvuda oko klimatološkog srednjaka. Mjesečna količina oborine bila je veća od višegodišnjeg srednjaka, posebno u Dal-

maciji gdje je bilo i ekstremno kišno, dok je mjesecna količina oborine oko prosječne zabilježena na sjevernom Jadranu.

U ožujku je vrijednost NAO indeksa bila negativnija (tablica 2.1) nego u travnju, odnosno gradijenti u polju tlaka zraka između islandske ciklone i azorske anticklone bili su u travnju manje izraženi. No zbog položaja izraženog grebena na Atlantskom oceanu i doline iznad kontinenta do nas je u travnju pritjecao hladniji i vlažniji zrak nego u ožujku. U svibnju je NAO indeks bio blago pozitivan, tj. gradijenti u polju tlaka zraka između azorske anticklone i islandske ciklone bili su povećani, što je omogućavalo pritjecanje toplijeg te vlagom razmjerno bogatog zraka s jugozapada, odnosno sa Sredozemljem.

Prema srednjem mjesecnom stanju na AT 500 hPa u lipnju je iznad nas bila prednja strana prostranog termobaričkog grebena čija je os bila iznad zapadne Europe. Doline, koje nisu jako izražene, bile su iznad sjeveroistoka i istoka kontinenta. U takvim okolnostima pritjecao nam je sa sjeverozapada relativno topao zrak povremeno bogat vlagom. U lipnju je stoga srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m bila uglavnom oko prosjeka (1991. – 2020.), kao i mjesecna količina oborine koja je bila veća od višegodišnjeg srednjaka mjestimice na sjeveru zemlje i u Istri, a manja na dijelu sjevernog Jadranu.

U srpnju je naša zemlja prema srednjem mjesecnom stanju na AT 500 hPa bila na gornjem, sjevernom rubu termobaričkog grebena, koji se pružao od sjevera Afrike preko Sredozemnog mora do središnjeg dijela Europe. Dolina je bila iznad Atlantskog oceana i Sjevernog mora te sjeverozapada kontinenta. U takvim nam je okolnostima pritjecao i iznad nas se zadržavao vrlo topao zrak sa zapada i jugozapada koji je povremeno sadržavao veću količinu vlage. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u srpnju bila je viša od prosječne, ponegdje i zamjetno viša, a mjesecna količina oborine bila je oko klimatološkog srednjaka, na zapadu zemlje i veća od njega.

Najveća negativna vrijednost indeksa sjevernoatlantske oscilacije bila je u srpnju, pa kako je riječ o ljetnom mjesecu gdje je korelacija između NAO indeksa i oborinskih prilika manje izražena, manji gradijenti u

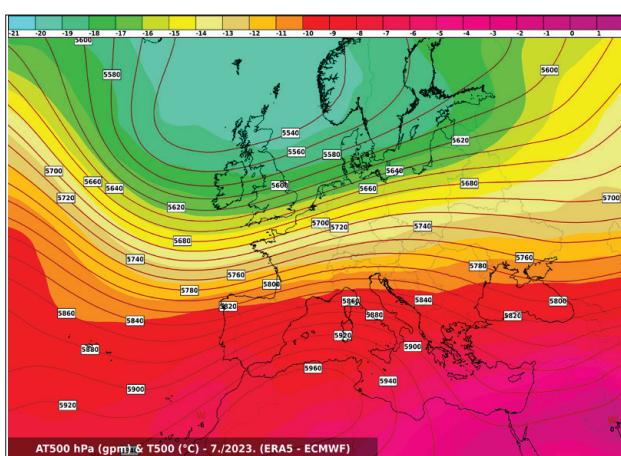
polju tlaka zraka omogućavali su prevladavajući utjecaj lokalnih faktora.

Prema srednjem mjesecnom stanju na AT 500 hPa u kolovozu se od sjeverozapada Afrike i zapadnog Sredozemlja pružao termobarički greben. Iznad našeg je dijela Europe bila dolina čija je os bila iznad Balkana. U takvim nam je okolnostima pritjecao topao i vlagom relativno bogat zrak. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u kolovozu je bila oko klimatoloških srednjih vrijednosti (1991. – 2020.), na istoku i jugu ponegdje malo viša. U središnjim i istočnim područjima mjesecna količina oborine bila je uglavnom oko prosječne, a na Jadranu i u predjelima uz Jadran veća od prosječne, mjestimice i zamjetno veća.

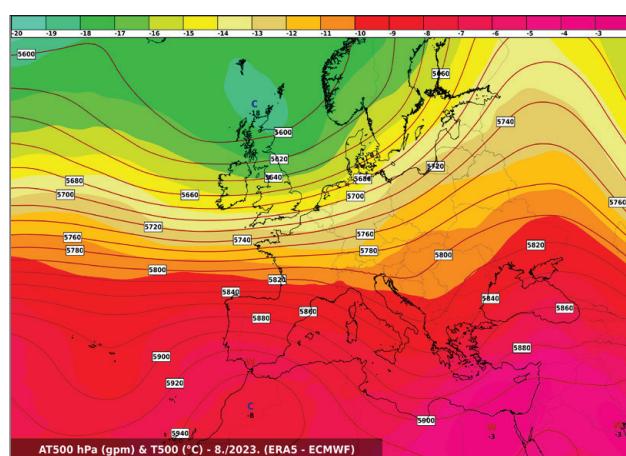
U rujnu je prema srednjem mjesecnom visinskom stanju nad našom zemljom bio termobarički greben čija je os bila malo zapadnije od Hrvatske, a u sjevernijim dijelovima Europe istočnije od Hrvatske. Visinska je dolina bila iznad Atlantskog oceana. Pritjecao nam je pritom te se iznad nas zadržavao topao i većinom suh zrak. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m bila je zamjetno viša od klimatološkog srednjaka (1991. – 2020.), a oborine je bilo uglavnom manje od prosjeka, mjestimice oko prosjeka.

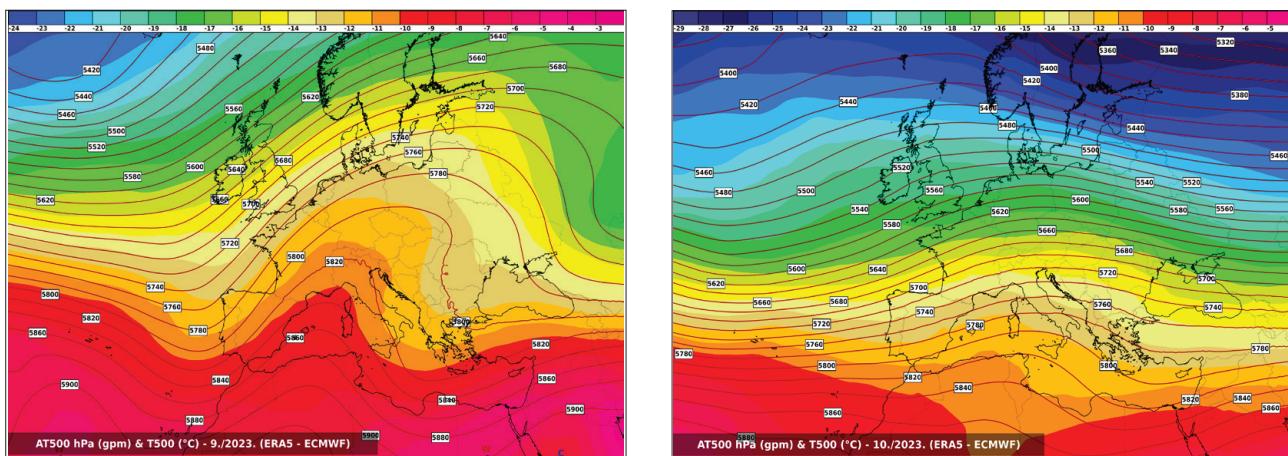
Vrijednost NAO indeksa bila je negativna u kolovozu, manje negativna u rujnu (tablica 2.1). Stoga je u situaciji sa smanjenim gradijentom u polju tlaka zraka između islandske ciklone i azorske anticklone u kolovozu k nama pritjecao i zadržavao se razmjerno vlažan i topao oceanski zrak. U rujnu je s povećanjem gradijenta u polju tlaka zraka između islandske ciklone i azorske anticklone nastavio pritjecati topao zrak, ali zamjetno siromašniji vlagom.

Srednje je mjesecno stanje u listopadu nad našom zemljom bilo određeno termobaričkim grebenom. On se od sjevera Afrike i središnjeg Sredozemlja pružao preko naših krajeva do sjevera kontinenta. Dolina je bila na jugoistoku Europe. U tim okolnostima pritjecao nam je topao zrak, uglavnom ne odveć vlažan. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u listopadu je bila zamjetno viša od klimatološkog srednjaka (1991. – 2020.). Mjesecna količina oborine bila je uglavnom oko prosječne,

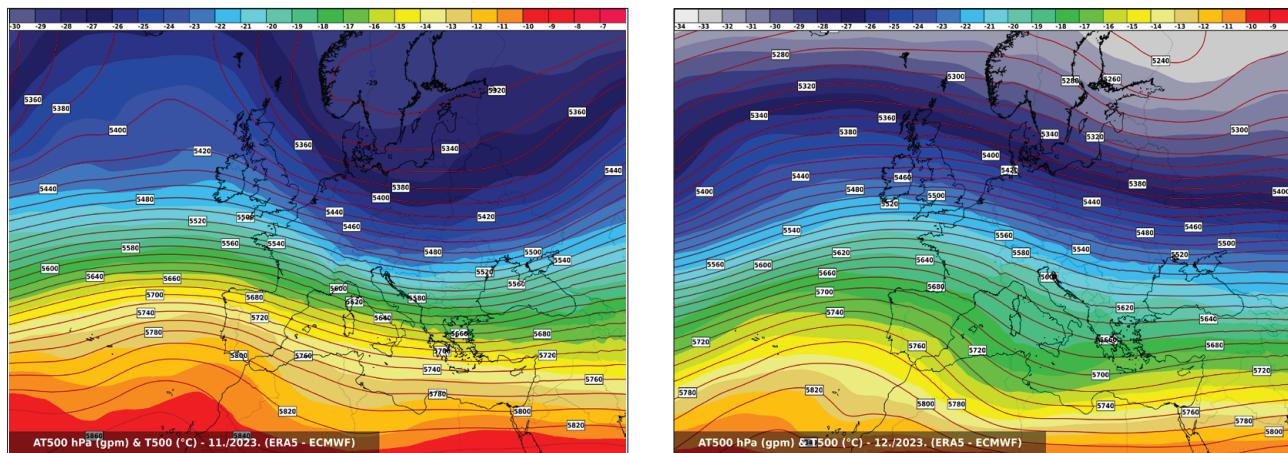


Slika 2.4. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperatura (°C, boje) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) srpanj (lijevo) i b) kolovoz (desno) za 00 UTC (izvor ECMWF ERA5 reanaliza).





Slika 2.5. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ , boje) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) rujan (lijevo) i b) listopad (desno) za 00 UTC (izvor ECMWF ERA5 reanaliza).



Slika 2.6. Srednje mjesecne geopotencijalne visine iznad morske razine (dam, izolinije) i temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ , boje) na izobarnoj plohi 500 hPa (skraćeno: AT 500 hPa) za: a) studeni (lijevo) i b) prosinac (desno) za 00 UTC (izvor ECMWF ERA5 reanaliza).

na krajnjem istoku i jugu manja od prosječne, a kišnije je bilo samo na širem riječkom području.

U studenom je prema srednjem mjesecnom stanju na AT 500 hPa iznad naše zemlje bila dolina koja nije bila previše izražena. Greben, također ne tako jako izražen, ali prostran, bio je iznad Atlantskog oceana i dijela zapadne i jugozapadne Europe. U takvim okolnostima pritjecao nam je vlažan i razmjerno topao zrak po visini. Srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m bila je malo viša od prosjeka ili najmanje oko prosjeka. Mjesecna količina oborine u najvećem je dijelu zemlje bila veća od višegodišnjeg prosjeka, uglavnom ponegdje na Jadranu oko prosjeka.

U prosincu je prema srednjem mjesecnom visinskom stanju iznad Atlantskog oceana i zapadne Europe bio greben. Iznad dijela Sredozemlja i jugoistoka Europe bila je ne tako jako izražena dolina. Naši su krajevi bili između grebena i doline te nam je stoga pritjecao razmjerno topao zrak, a ovisno o međusobnom položaju tih dvaju sustava i bogatiji ili siromašniji vlagom. I u prosincu je srednja mjesecna temperatura zraka na 2 m u cijeloj zemlji bila viša od prosjeka, a mjesecna količina oborine bila je oko prosječne u većini krajeva.

U listopadu je vrijednost NAO indeksa bila izraženo negativna, u studenom je bila bliže neutralnoj, a u prosincu je bila izraženo pozitivna (tablica 2.1). U situaciji sa smanjenim gradijentom u polju tlaka zraka između islandske ciklone i azorske anticiklone u listopadu je k nama pritjecao topao zrak. U studenom je, s povećanjem gradijenata u polju tlaka zraka između sjevera i juga, nastavio pritjecati topao zrak, ali s jugozapada te je bio bogatiji vlagom. U prosincu, pak, s velikim gradijentima u polju tlaka zraka između ciklone na sjeveru i anticiklone na jugu, nastavljen je dotok relativno toplog i povremeno vlažnijeg zraka.

## Zaključak

Tijekom 2023. godine najčešće srednje mjesecno stanje iznad naše zemlje bio je termobarički greben. Dolina je dominantno djelovala na vrijeme u siječnju, svibnju, kolovozu i studenom. Između doline, koja je glavninom bila istočnije od nas, i grebena, koji je bio na zapadu, naši su krajevi bili tijekom travnja i prosinca.

Os je grebena pritom većinom bila položena zapadnije od naših krajeva pa je naša zemlja bila na pred-

njoj strani grebena. U takvim nam je okolnostima osobito u ožujku i lipnju sa sjeverozapada pritjecao relativno topao oceanski zrak koji nije bio tako bogat vlagom kao u mjesecima kada je na vrijeme utjecala dolina. Naime, u siječnju, svibnju, kolovozu i studenom uz česte proliske ciklona, najčešće sa Sredozemlja, vladala je iznadprosječna toplina uz mjesecnu količinu oborine veću od prosječne, čak ponegdje i ekstremnu.

Indeks sjevernoatlantske oscilacije (NAO) pritom nije bio u uobičajenoj korelaciji s mjesecnim temperaturnim i oborinskim prilikama. U mjesecima kada je za-

bilježen višak oborine NAO indeks imao je i pozitivne i negativne vrijednosti, iako je ta situacija uobičajena za negativnu fazu NAO indeksa, kao što je to npr. bilo u kolovozu i studenom. To znači kako je tijekom siječnja i svibnja bilo čestih izmjena režima i brzih prolazaka fronti i ciklona preko Hrvatske od zapada prema istoku uz prolažno jačanje grebena i stabilizaciju vremena.

Usljed takvih srednjih mjesecnih strujanja 2023. godina bila je zamjetno toplija od prosjeka, pri čemu je godišnja količina oborine u većini područja bila veća od prosječne, posebice prema sjeveru i zapadu zemlje.

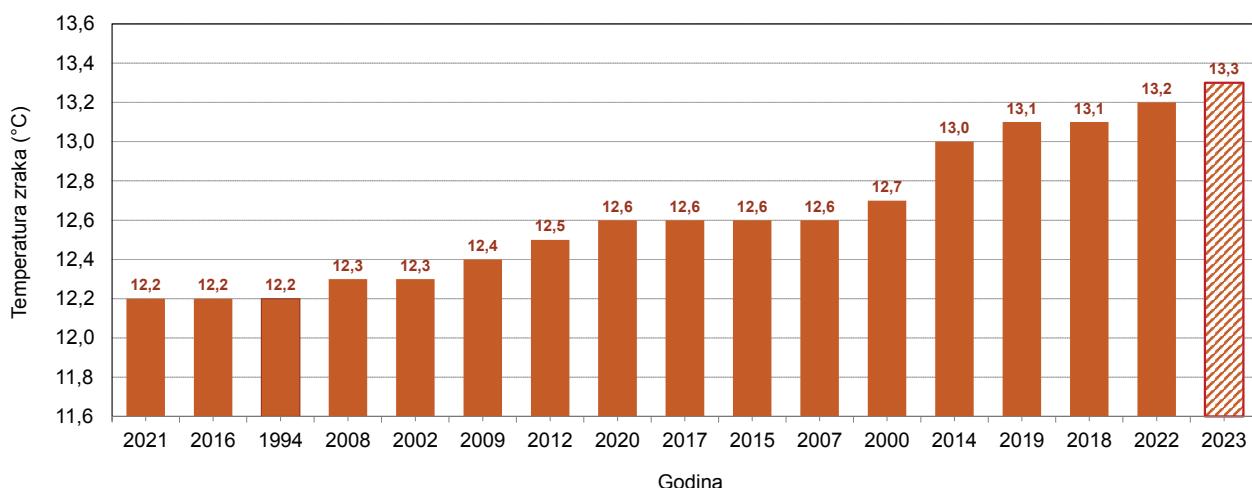
### 3. ANALIZA RANGOVA I TREDOVA SREDNJIH GODIŠNJIH TEMPERATURA ZRAKA I GODIŠNJIH KOLIČINA OBORINE ZA POSTAJE ZAGREB-MAKSIMIR I SPLIT-MARJAN U 2023. GODINI

Tanja Likso

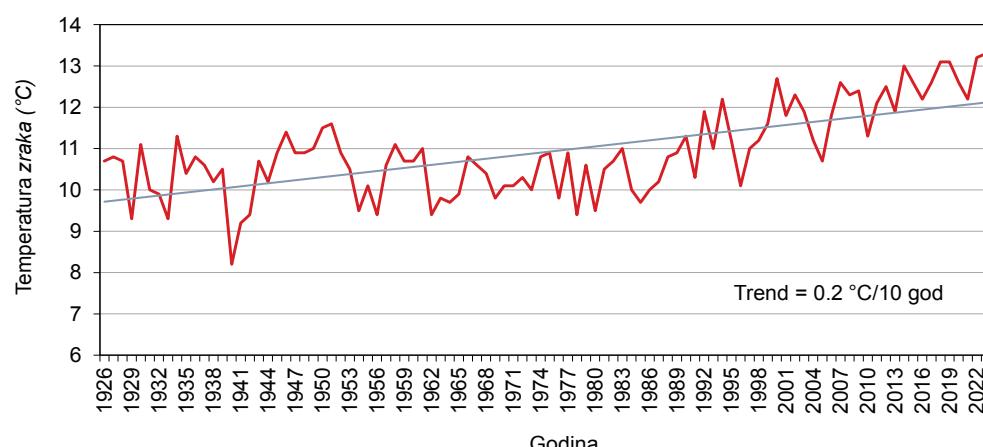
Za postaju Zagreb-Maksimir srednja godišnja temperatura zraka za 2023. godinu iznosi  $13,3^{\circ}\text{C}$ , zbog čega je 2023. najtoplja godina otkad postoje meteorološka mjerena na toj postaji (slika 3.1). Trend srednjih godišnjih temperatura zraka za Zagreb-Maksimir prikazan je na slici 3.2. Očigledan je daljnji pozitivan trend srednje godišnje temperature zraka ( $0,2^{\circ}\text{C}/10\text{ god}$ ) uz odgovarajuće međugodišnje varijacije. Primjetno je da je nakon sredine 80-ih godina prošlog stoljeća trend srednje godišnje temperature znatno naglašeniji nego u prethodnom razdoblju, što se pripisuje globalnom zatopljenju, a kao posljedica djelovanja čovjeka. Za razliku od trenda srednjih godišnjih temperatura zraka trend godišnjih količina oborine za Zagreb-Maksimir ( $-1,7\text{ mm}/10\text{ god}$ ),

prikazan na slici 3.3, nije signifikantan. I u ovom su slučaju znatne međugodišnje varijacije.

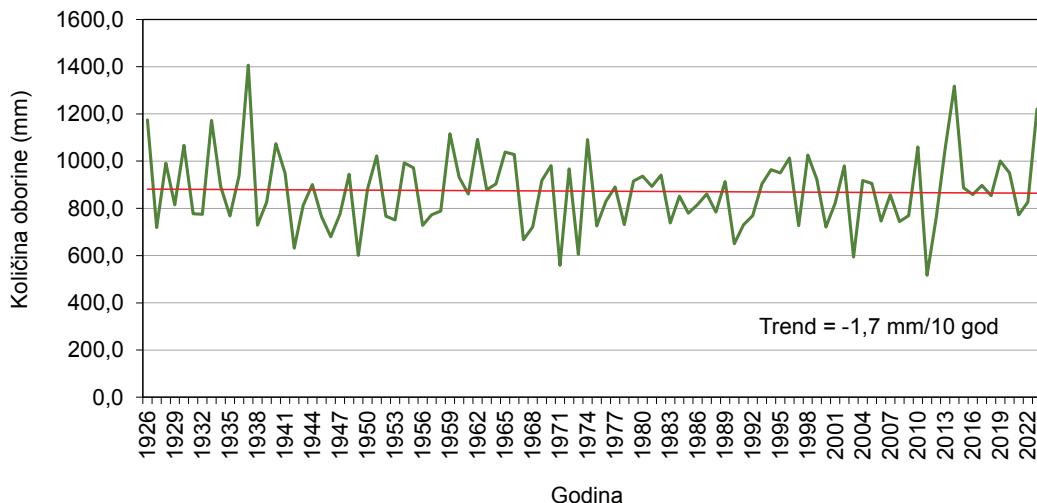
Za postaju Split-Marjan srednja godišnja temperatura zraka za 2023. iznosi  $17,9^{\circ}\text{C}$ , zbog čega je 2023. druga najtoplja godina otkad postoje meteorološka mjerena na toj postaji (slika 3.4). Trend srednjih godišnjih temperatura zraka za Split-Marjan prikazan je na slici 3.5. Slično kao za Zagreb-Maksimir izražen je pozitivan trend srednje godišnje temperature zraka ( $0,2^{\circ}\text{C}/10\text{ god}$ ) uz međugodišnje varijacije. Nakon sredine 80-ih godina prošlog stoljeća trend srednje godišnje temperature zraka naglašeniji je nego u prethodnom razdoblju, što se objašnjava globalnim zatopljenjem, a kao posljedica antropogenog utjecaja. Za razliku od trenda sred-



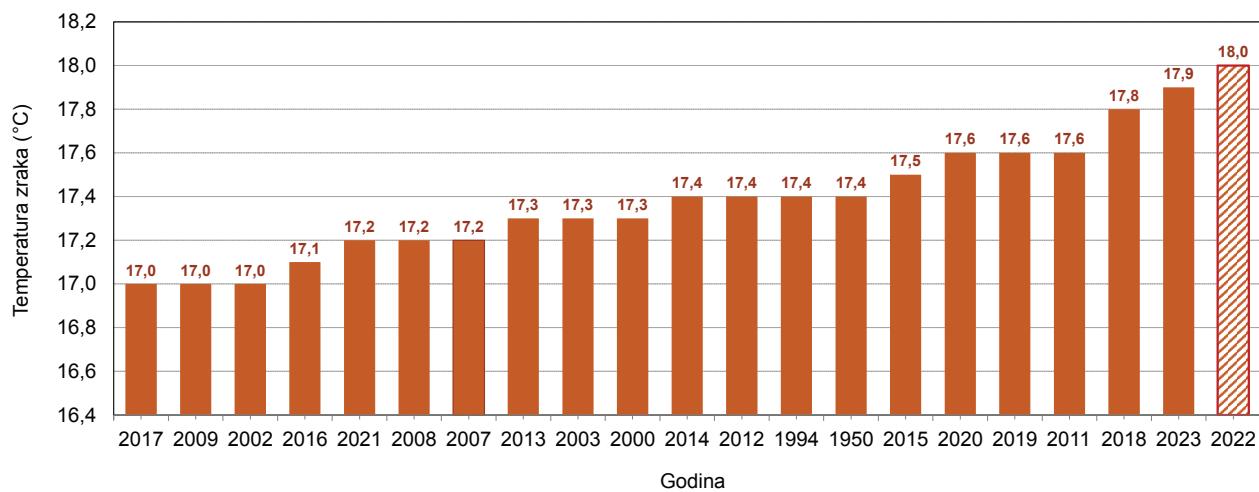
Slika 3.1. Deset skupina najtopljih godina od početka meteoroloških motrenja (1926. – 2023.) za Zagreb-Maksimir.



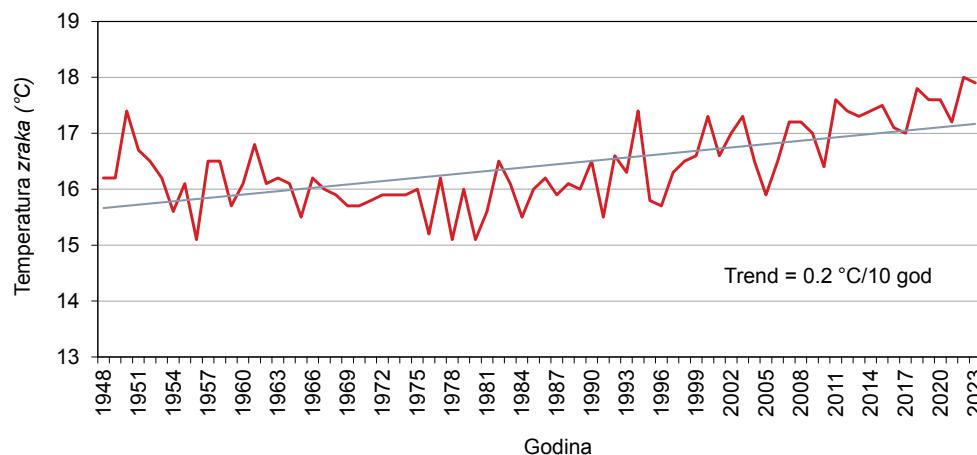
Slika 3.2. Srednje godišnje temperature zraka (crvena linija) za Zagreb-Maksimir za razdoblje 1926. – 2023. i linearni trend (siva linija).



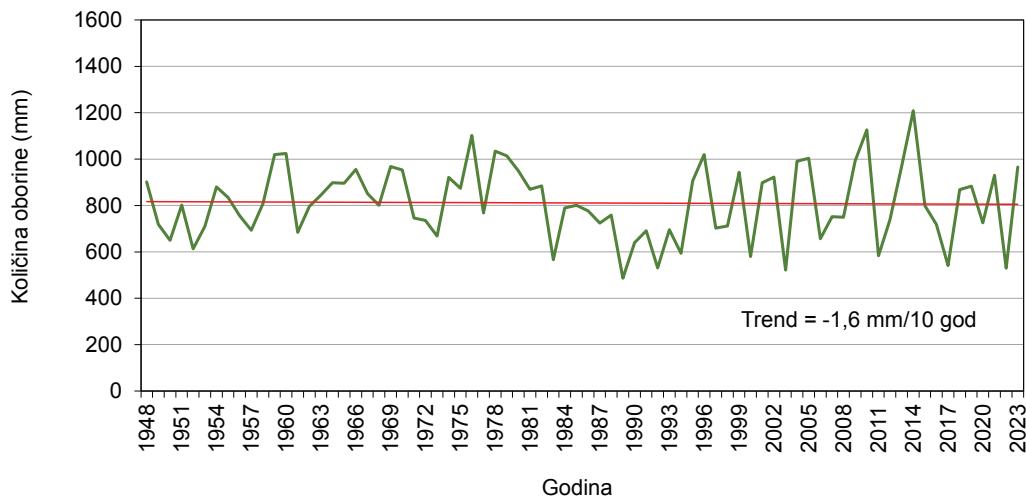
Slika 3.3. Godišnje količine oborine (zelena linija) za Zagreb-Maksimir za razdoblje 1926. – 2023. i linearni trend (crvena linija).



Slika 3.4. Deset skupina najtoplijih godina od početka meteoroloških motrenja (1948. – 2023.) za postaju Split-Marjan.



Slika 3.5. Srednje godišnje temperature zraka (crvena linija) za Split-Marjan za razdoblje 1948. – 2023. i linearni trend (siva linija).



Slika 3.6. Godišnje količine oborine (zelena linija) za Split-Marjan za razdoblje 1948. – 2023. i linearni trend (crvena linija).

njih godišnjih temperatura zraka trend godišnjih količina oborine za postaju Split-Marjan (-1,6 mm/10 god), prikazan na slici 3.6, nije signifikantan.

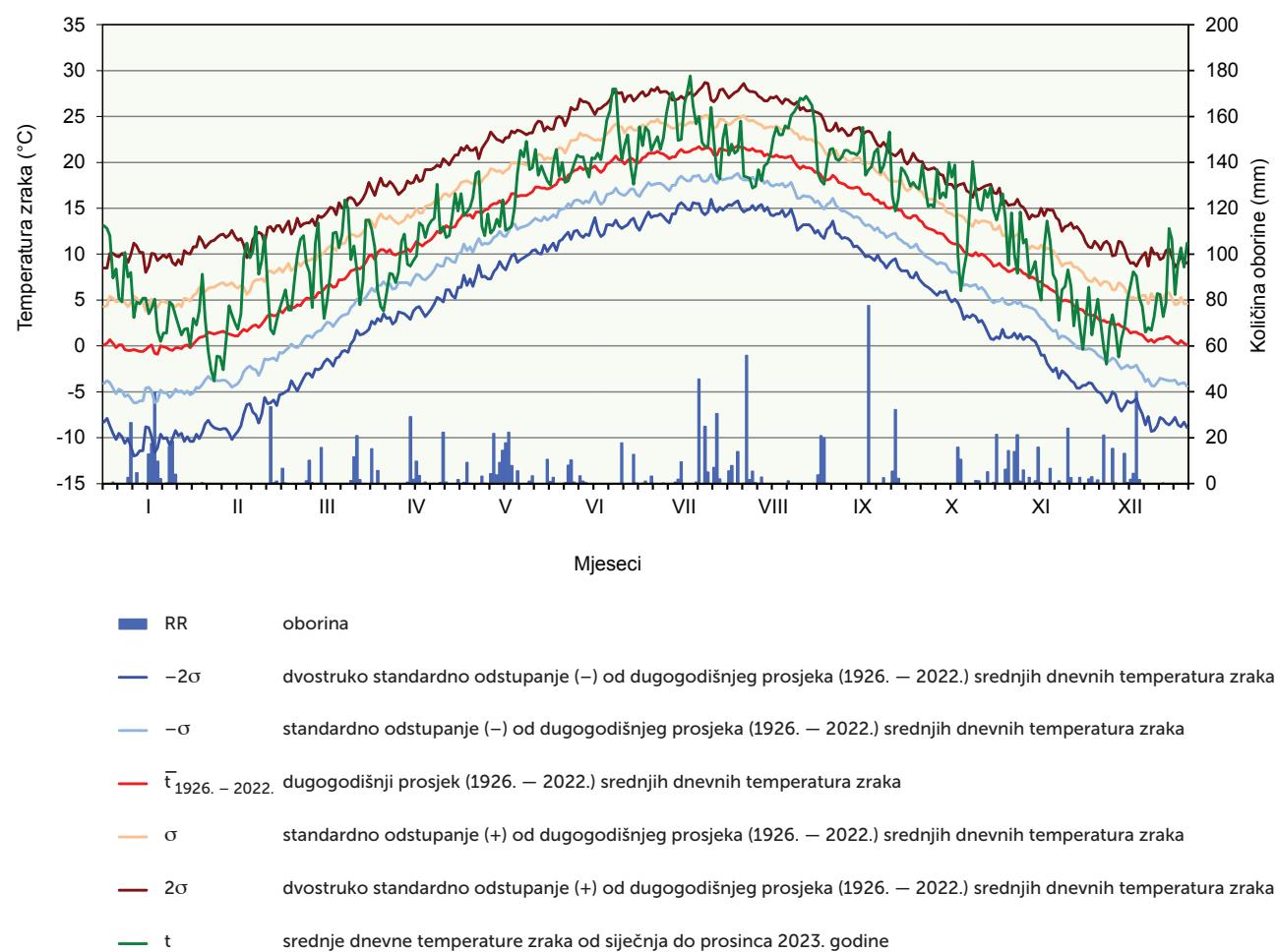
## 4. ANALIZA DNEVNIH ANOMALIJA TEMPERATURE ZRAKA I KOLIČINE OBORINE ZA POSTAJE ZAGREB-MAKSIMIR I SPLIT-MARJAN U 2023. GODINI

Tanja Likso

Prikazana analiza klimatskih anomalija u poglavlju 1 daje općenitu ocjenu klime u Hrvatskoj za 2023. godinu. Detaljniji uvid od prikazanog može omogućiti analiza vremenskih pojava na vremenskoj ljestvici koja nije unaprijed definirana, nego ovisi o trajanju klimatskog odnosno vremenskog događaja. Na slici 4.1 prikazane su srednje dnevne temperature zraka u 2023. godini (zelena linija) u odnosu na dugogodišnji prosjek (1926. – 2022.) (crvena linija) i dnevne količine oborine za 2023. godinu (plavi stupići) na postaji Zagreb-Maksimir<sup>3</sup>. Prevladavala su pozitivna odstupanja srednje dnevne temperature zraka u odnosu na navedeni dugogodišnji prosjek<sup>4</sup>. Na slici 4.2 prikazane su srednje dnevne temperature zraka za meteorološku postaju Split-Marjan u usporedbi s du-

gogodišnjim prosjekom (1948. – 2022.) i dnevne količine oborine za 2023. godinu.

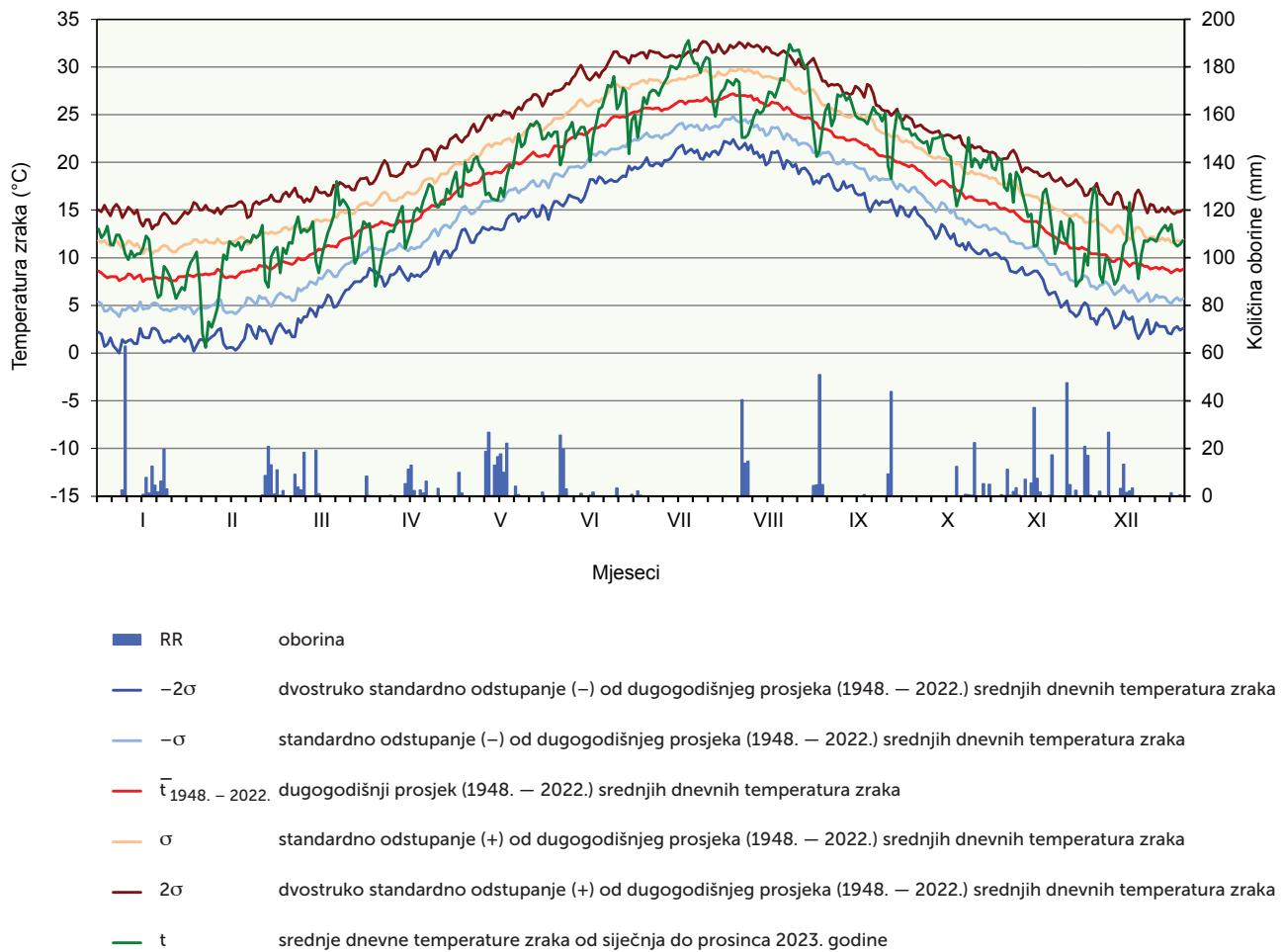
Prema Chapmanovu kriteriju izvanredno toplim smatra se dan u kojem pozitivna anomalija srednje dnevne temperature zraka premaši dvije standardne devijacije, dok se izvanredno hladnim smatra dan u kojem negativna anomalija premaši dvije standardne devijacije. Na slici 4.1 vidljivi su izvanredni dani tijekom 2023. godine za postaju Zagreb-Maksimir. Vizualnom ocjenom može se zaključiti da su prevladavala razdoblja s pozitivnim anomalijama srednje dnevne temperature zraka u odnosu na dugogodišnji prosjek, što je rezultiralo pozitivnim godišnjim anomalijama prikazanim u poglavlju 1. Tijekom 2023. godine na postaji Zagreb-Maksimir nije bilo izvan-



Slika 4.1. Srednje dnevne temperature zraka za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir u odnosu na dugogodišnji prosjek (1926. – 2022.)<sup>4</sup> i dnevne količine oborine za 2023. godinu.

<sup>3</sup> Počevši s Prikazima 32, analiziraju se podaci s postaje Zagreb-Maksimir umjesto Zagreb-Griča zbog prekida u radu postaje Zagreb-Grič nakon jakog potresa koji je pogodio Zagreb i šire zagrebačko područje 22. ožujka 2020. godine.

<sup>4</sup> Meteorološki podaci za razdoblje 1926. – 1960. nisu prošli postupak kontrole kvalitete prema današnjim standardima.



Slika 4.2. Srednje dnevne temperature zraka za meteorološku postaju Split-Marjan u odnosu na dugogodišnji prosjek (1948. – 2022.) i dnevne količine oborine za 2023. godinu.

redno hladnih dana, dok je broj izvanredno toplih dana bio u rasponu od jednog dana (23. ožujka) do šest dana (8., 12., 13., 14., 20. i 30. listopada). Na slici 4.1 također su prikazane dnevne količine oborine za Zagreb-Maksimir u 2023. godini. Kao što je vidljivo iz poglavlja 1, zbroj dnevnih količina oborine za 2023. bio je znatno veći od višegodišnjeg prosjeka. Znatniji manjak oborine zabilježen je tijekom lipnja, dok su siječanj, svibanj i srpanj bili izrazito kišoviti. Slika 4.2 prikazuje izvanredne dane tijekom 2023. godine za postaju Split-Marjan. Vizualnom

ocjenom može se zaključiti da su prevladavale pozitivne anomalije srednje dnevne temperature zraka u odnosu na dugogodišnji prosjek (1948. – 2022.). Tijekom 2023. na postaji Split-Marjan zabilježena su samo dva izvanredno hladna dana (6. veljače i 4. travnja), dok je broj izvanredno toplih dana bio u rasponu od jednog dana (27. rujna) do šest uzastopnih dana u posljednjoj dekadi kolovoza. Ukupna godišnja količina oborine bila je veća od prosjeka (poglavlje 1), pri čemu su svibanj i kolovoz bili izrazito kišoviti.

## 5. IZVANREDNI METEOROLOŠKI DOGAĐAJI U HRVATSKOJ U 2023. GODINI

### 5.1 Sažetak izvanrednih događaja u 2023.

Tomislav Kozarić

U prvim danima siječnja 2023. nastavlja se neuobičajena toplina, priroda se prerano budi, već cvatu ljeska i proljetnice, pčele nepoželjno izlaze iz košnica. Na samu Novu godinu najviša dnevna temperatura nerijetko prelazi  $15^{\circ}\text{C}$ , u Sisku doseže čak  $18,8^{\circ}\text{C}$ .

Stabilno, gotovo proljetno vrijeme ipak ne traje predugo, sredinom mjeseca slijede obilne kiše, rastu vodostaji rijeka, neke se i izljevaju, pri čemu je najgora situacija na imotskom i vrgorčkom području. Polja, vino-gradi i ceste su poplavljeni, izvori pitke vode zamućeni.

A naposljetku 20. siječnja dolazi zimsko vrijeme. Olujna bura povremeno prekida promet, snijeg zatrjava dijelove Dalmatinske zagore. Promet je otežan, štete su na elektroenergetskoj mreži. Obilan snijeg i zapusi i u gorskoj Hrvatskoj – u Delnicama je 23. siječnja palo 37 cm novog snijeg, tako da ga je sve do 4. veljače na tlu bilo od oko 50 do 100 cm. Na Žumberku sela bivaju odsjećena od civilizacije. Zabijelili su se i neki otoci. Na kraju siječnja imamo niske temperature i hladni val.

Od 4. do 6. veljače olujni i orkanski vjetar puše diljem Hrvatske, DHMZ izdaje crveno upozorenje. Brzina vjetra prelazi i  $100 \text{ km/h}$ , u Splitu udari bure veći od  $150 \text{ km/h}$ . Srušena su stabla, oštećeni objekti i automobili, prekidi su u opskrbi električnom energijom – štete su nastale u mnogim županijama.

Snažna sredozemna ciklona 25. i 26. veljače u dijelovima Hrvatske donosi najobiljniji snijeg protekle zime praćen olujnom burom. Taj će vikend ostati zapamćen po potpunom prometnom kolapsu na području južne Like, gdje je na tlu bilo i do 70 cm snijeg (Gospic), te južnog Velebita i sjeverne Dalmacije. Nema slobodnog cestovnog pravca od sjevera prema jugu zemlje jer je snijeg nemoguće čistiti, vozila su zaglavljena. HGSS izvlači ljudе i otvaraju se prihvatni centri.

Početak ožujka donosi smirivanje zimskih uvjeta, no vrijeme brzo poprima obilježja onog u topлом dijelu godine – pojavljuju se grmljavinska nevremena.

Jedno, praćeno obilnim pljuskovima i tučom, 10. ožujka zahvaća dijelove Dalmacije – poplavljene su ulice na splitskom području, nestalo je i struje uslijed udara groma, a 25. ožujka olujno nevrijeme zahvaća kvarner-sko područje. Dan poslije jako nevrijeme s olujnim vjetrom poharalo je zapadnu obalu Istre, uklanjaju se srušena stabla, isto kao i sljedećeg dana u dijelovima središnje Hrvatske. U Istri su poplavljene ulice Rovinja i Poreča.

Od tri jake marčane bure, koliko ih je obično u ožujku, ove se godine dogodila samo jedna, i to sredinom mjeseca, prouzročivši prometne probleme podno Velebita i prevrnuće kamionske prikolice u Ražancu.

Na samom početku travnja još je bilo nevremena s tučom, ali temperatura ubrzo pada ispod prosjeka.

Najprije, 3. i 4. travnja, stiže jak i olujni vjetar, na Jadranu i orkanska bura. Zatim je u unutrašnjosti ponegdje

bilo obilnije kiše, a u višim predjelima povremeno pada i snijeg.

Zbog travanjskog mraza i niskih temperatura stvaraju se štete na voćarskim kulturama u unutrašnjosti zemlje. Na području Velike Ludine proglašena je prirodna nepogoda zbog mraza.

I u iznadprosječno kišovitom svibnju proglašavane su prirodne nepogode, no sada zbog poplava i tuče.

Obilne kiše štete najprije stvaraju u središnjim predjelima – najgore prolazi Ivanec, a zatim na red dolaze Slavonija i Baranja. Potopljena su mnoga mjesta poput Orahovice, Požege te Čačinaca, gdje je potpuno uništen novi dječji vrtić. Srećom, sva su djeca već otišla kući kada su prostorije vrtića završile pod više od dva metra vode. Žurne službe i vatrogasci saniraju prve štete.

Bujaju i veće rijeke. 14. svibnja u nezapamćenim poplavama Zrmanje i Otuče stradavaju Gračac i Obrovac – dogodio se velik potop (poglavlje 5.2). Dana 15. svibnja 2023. dnevna količina oborine na KMP Gračac iznosi  $156,4 \text{ mm}$  i postaje novi rekord svibanjske količine oborine za tu postaju. Materijalna je šteta neizmjerna, uništen je i Visoki buk, najveći i najljepši slap na Zrmanji.

Vodostaji Kupe i njezinih pritoka također rastu, neki se od njih izljevaju. Kritično je na karlovačkom području, dok rijeka Una opet prijeti Hrvatskoj Kostajnici. Brojna klizišta aktiviraju se diljem zemlje.

Tijekom ljeta izmjenjivala su se česta grmljavinska nevremena, osobito u kopnenim krajevima. Krajem lipnja u velik dio Hrvatske stigao je prvi toplinski val (poglavlje 5.5).

Trećeg lipnja tuča uništava poljoprivredne kulture u dolini Neretve, a 6. lipnja velika je bujična poplava u Kutini i okolici. Šteta je u tom moslavačkom gradu golema. Dva dana poslije obilan pljusak sručio se na Medvednicu i poremetio život u podsljemenskom dijelu Zagreba. Ponovno stradavaju Požeština, sjever zemlje i mnogi drugi predjeli, uključujući glavni grad.

U drugoj dekadi srpnja drugi je toplinski val s različitim intenzitetom u pojedinim danima i trajanjem zahvatio cijelu Hrvatsku. U središnjoj Hrvatskoj prekinula ga je snažna oluja 19. srpnja (poglavlje 5.3). Ekstremno jak i brz mezoskalni konvektivni sustav poharao je mnoge kopnene krajeve Hrvatske – od zapadne do istočne granice. Zahvaćeno je 14 županija i Grad Zagreb, a materijalna je šteta na objektima, vozilima, infrastrukturni i šumama neizmjerna. Deseci tisuća ljudi ostali su bez struje. To nezapamćeno razorno nevrijeme odnijelo je, nažalost, i tri ljudska života, a mnogi su ozlijedjeni. Na zagrebačkom području udari vjetra dosezali su  $115 \text{ km/h}$  prema dostupnim mjerjenjima, na području Županje čak  $180 \text{ km/h}$ , prije nego što je vjetar slomio stup anemometra, dok je na karlovačkom području bilo tuče veličine teniske loptice.

Prvog dana kalendarског ljeta našu zemlju zahvatio je prvi toplinski val, a 10. srpnja drugi i intenzivniji te na Jadranu dugotrajniji. Izdana su upozorenja i preporuke za javnost za zaštitu od visoke temperature. Ljeto 2023. neće biti upamćeno po iznimnoj vrućini, no moglo

bi po iznadprosječno visokoj temperaturi Jadranskog mora koja je u srpnju dosezala tropskih 29 °C.

I u nastavku srpnja nevremena su pogoda Hrvatsku, a posebno je opasno bilo ono koje je 21. srpnja zahvatilo Istru te među ostalim uništilo i turističke kampove, pri čemu je nekoliko ljudi ozlijedeno pri padu drveća. Oluja je svoju putanju nastavila u unutrašnjost, gdje je također prouzročila znatne štete.

Olujna nevremena i obilne kiše nisu zaobišle ni susjednu Sloveniju, gdje su početkom kolovoza nezapamćene vodene bujice, nažalost, oduzele nekoliko ljudskih života. Posljedično su prouzročile velike vodne valove na Savi, Dravi i Muri koji su došli u Hrvatsku (poglavlje 5.4). Od poplava se brane dijelovi Međimurja, Podravine i Posavine, no rijeke se mjestimice izlijevaju i ugrožavaju naselja, prometnice i željezničke pruge. Najviše potopljenih kuća bilo je na Šoderici. U općini Legrad i još nekima uz rijeku Dravu proglašena je prirodna nepogoda od poplave zbog milijunskih šteta.

Osamnaestog kolovoza počinje treći i posljednji toplinski val ljeta. Na srednjem i južnom Jadranu bio je najizraženiji i prilično dugotrajan s vrlo toplim noćima i dnevnom temperaturom koja je dosegnula i 40 °C.

Velikih požara raslinja ovog je ljeta bilo malo, samo tri u srpnju – kod Grebaštice, Župe dubrovačke i na Čiovu, no nošeni jakim vjetrom bili su iznimno opasni za naselja, srećom bez ljudskih žrtava. Unatoč toplinskim valovima povremene kišne epizode tijekom ljeta nisu dopustile nastajanje suše ni u Dalmaciji te je stoga ovo-godišnja sezona požara bila relativno blaga i s mnogo manje požara nego uobičajeno.

Rujan kao da je htio nadoknaditi pravo ljetu mnogo sunčanjim, dugotrajnije suhim te iznadprosječno toplim vremenom, pa i vrućinom. Uživalo se i na kopnu i na moru, posezona je bila savršena, a stabilno vrijeme omogućilo je provođenje većine poljoprivrednih radova. Srednja temperatura zraka u rujnu bila je viša od prosječne za čak 3 do 4 °C i u većini Hrvatske rujan je bio među pet najtopljih u znanoj povijesti mjerena, u Osijeku čak i rekordno topao.

No nije prošao bez meteoroloških problema: olujne bure koja je početkom mjeseca harala srednjom Dalmacijom stvarajući štete i probleme u prometu te obilnih, ali lokalnih pljuskova koji su poplavili ulice Zagreba, Zadra, Splita i Rijeke.

Prva polovina listopada nastavlja meteorološkim stopama rujna – prilično suho, prevladavajuće sunčano i iznadprosječno toplo – pravo babilje ljetu. Pali su i neki apsolutni temperaturni rekordi, i to 8. listopada, kada je maksimalna dnevna temperatura zraka dosezala i 30,4 °C koliko je primjerice izmjereno u Ogulinu. Na postaji Zagreb-Maksimir bilo je 29,2 °C.

Dugotrajnju toplinu sredinom listopada nakratko prekida prodor hladnog zraka. Srmežljiva jesen tada je pokazala malo mraza, u gorju i snijega – za listopad, naravno, ništa neobično. No južina se vraća i mjesec završava kao ekstremno topao, u Zagrebu primjerice najtoplji otkad postoje mjerena.

Godini grmljavinskih nevremena doprinio je i listopad olujama 21. listopada na jugu Hrvatske, pogotovo na Braču i Mljetu, te nekoliko dana poslije na Kvarneru,

zatim i u unutrašnjosti. Vjetar je prevrtao kampere u Stonu, u Bjelovaru se na, srećom, prazan parkirani autobus na kolodvoru srušilo stablo. U Poreču je srušena velika dizalica na stambenu zgradu.

Pale su i veće količine kiše. Na području Jasenka i Vrela voda je ušla u mnoge kuće.

Visoka morska plima u listopadu prouzročena niskim tlakom zraka u cikloni, jakim i olujnim jugozapadnim vjetrom i jugom te velikim valovima poplavila je rive i ceste u gradovima na sjevernom Jadranu. U Fažani i Rovinju poplava je došlo do samih gradskih središta, poplavljeni su Vrsar i Umag, a u Rijeci je poplavljena tržnica. Pomorski promet u problemima je bio duž cijele obale. Na mareografskoj postaji u Bakru 27. listopada zabilježena je jedna od najvećih razina mora otkad je 1929., prije gotovo 100 godina, ta postaja utemeljena – morska razine bila je za čak 107 cm viša od srednjih vrijednosti.

Posljednjeg dana u listopadu olujni je vjetar zahvatio dijelove Hrvatskog zagorja te oštetio krovove tridesetak kuća na području Gornje i Donje Stubice te Marije Bistrice. Sedam je kuća u potpunosti ostalo bez krova. Vjetar, kiša i tuča napravili su velike štete na već uređenim grobljima pred blagdan Svih svetih.

Ni u studenom vrijeme se ne stabilizira, već trećeg dana počinje repriza – stigla je još jedna snažna ciklona, tlak zraka pada ispod 985 hPa. Orkansko jugo i oštvo na cijelom Jadranu prouzročili su niz problema i najjači plimni val ove godine. Poplavljivane su rive od Istre do Dubrovnika, silovit vjetar čupao je stabla, u Opatiji je more odronilo dio šetnice. Pomorski promet u potpunom je prekid, problemi su i u cestovnom prometu. Nevrijeme je oštetilo i dio kablova na Meteorološkom radarskom centru Uljenje na Pelješcu, zbog čega je bio privremeno onemogućen prijenos radarske slike.

Pojedinih dana bilo je grmljavinskih nevremena, tuče u Dalmatinskoj zagori, obilnih kiša u Zadru pa time i poplavljenih ulica i automobila.

Prema kraju studenog vrijeme poprima zimska obilježja i umjesto južine naposljetku bura i jači mraz, a bilo je i snijega. Na iznenadenje mnogih 27. studenog snijeg pada u Dalmaciji, kaotično je na prometnicama u splitskom zaleđu, događaju se zastoji i prometne nesreće.

Nakon rekordno tople i neujednačeno kišovite jeseni u prosincu se nastavlja razmjerno hladno vrijeme, premda je na samom početku mjeseca u mnogim krajevima prolazno bilo izražene južine. Temperaturne prilike tada su bile vrlo zanimljive, od hladnih 2 °C na sjeveru do gotovo rekordnih 24 °C na istoku, i to u istome danu.

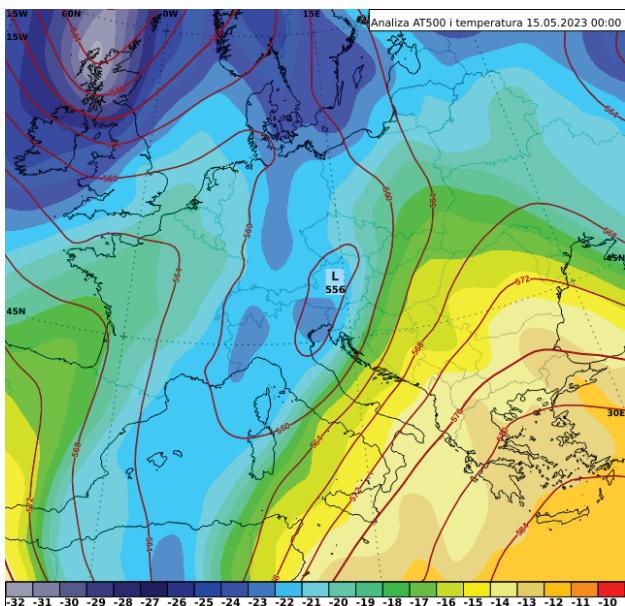
Uslijedili su izraženiji temperaturni minusi, 4. prosinca temperatura zraka na kopnu se ujutro spuštalila i do -10 °C, a izrazito je zahladilo i na obali. Zatim je pojedinih dana na kopnu bilo i malo snijega, barem za adventski ugodaj, kao i kiše koja se smrzavala na tlu i podlozi. Osim lijepih ledenih prizora u nekim krajevima, srećom nije prouzročila prometne probleme ni štete.

## 5.2 Uzroci i analiza poplave na području Gračaca u svibnju 2023.

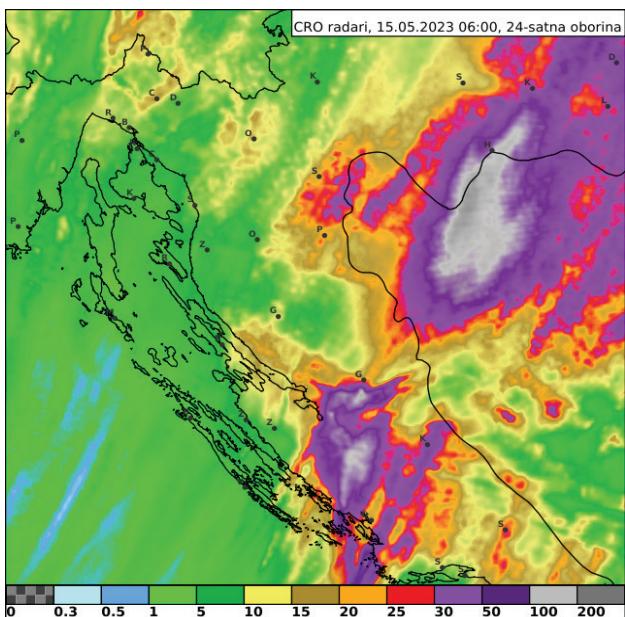
### Sinoptička analiza

Tomislav Kozarić, Krunoslav Mikec

Izražena ciklonalna aktivnost tijekom prve polovine svibnja prouzročila je nestabilno i promjenjivo vrijeme s čestom kišom diljem Hrvatske. Visinska sinoptička situacija omogućavala je stalni dotok vrlo vlažnog zraka



Slika 5.2.1. Sinoptička analiza geopotencijalne visine apsolutne topografije (AT) izobarne plohe 500 hPa i temperature zraka (°C) na izbaranoj plohi 500 hPa 15. svibnja 2023. u 00 UTC.



Slika 5.2.2. Procijenjena 24-satna akumulirana oborina prema radarskim podacima u razdoblju od 14. svibnja u 06:00 UTC do 15. svibnja u 06:00 UTC.

s juga, odnosno od sjevera Afrike, a iste putanje imale su i prizemne ciklone koje su se preko Sredozemnog mora premještale do našeg dijela Europe te dalje prema sjeveru i sjeveroistoku kontinenta.

Prema sinoptičkoj analizi na dan 15. svibnja u 00 UTC (slika 5.2.1) najintenzivniju kišu na području južnog Velebita uzrokovalo je južno-jugozapadno visinsko strujanje na prednjoj strani termobaričke doline s kojim je pritjecao vrlo vlažan i nestabilan zrak. Pritom je najviše oborine zabilježeno na širem području Gračaca i Obrovca (slika 5.2.2).

### Klimatološka analiza

Ksenija Cindrić Kalin, Ivan Lončar-Petrinjak, Leonardo Patalen

Tijekom svibnja 2023. na klimatološkoj postaji Gračac zabilježeno je ukupno 443,3 mm oborine, što je 3,5 puta veća količina od prosječne mjesecne količine oborine za svibanj (128,5 mm; razdoblje 1981. – 2010.), a 1,3 puta veća od dosadašnjeg mjesecnog maksimuma za svibanj 2016. (329,5 mm). Prosječno godišnje na području Gračaca najviše oborine padne u jesenskim i zimskim mjesecima, osobito u studenom i prosincu, što je karakteristika maritimnog oborinskog režima.

Glavnina svibanjske oborine (372,2 mm) pala je tijekom druge dekade mjeseca u kojoj je sedam uzastopnih dana (11. – 17. svibnja 2023.) izmjerena količina oborine bila veća od 20 mm (slika 5.2.3). Na dan **15. svibnja 2023.** u 8 sati izmjereno je **156,4 mm**, što je najveća dnevna količina oborine izmjerena u svibnju u Gračacu. Naime, dosadašnji svibanjski maksimum dnevne količine oborine iz 1984. iznosi je 110,0 mm. Prosječno se u svibnju javljaju dva dana s količinom oborine većom od 20 mm, a u dosadašnjem razdoblju mjerenja zabilježeno ih je u svibnju najviše pet (1984., 2007., 2016. i 2019.). Stoga je u svibnju 2023. zabilježeno najduže kišno razdoblje i može se smatrati najkišovitijem svibnjem otkad postoje mjerenja na toj postaji.

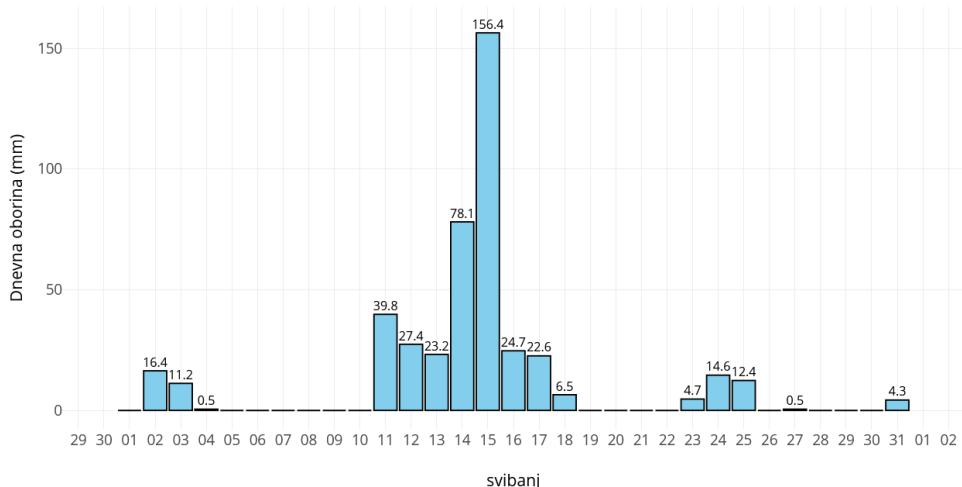
Statistička analiza godišnjih ekstrema na dnevnoj i višednevnoj skali provedena je prema dugogodišnjim podacima postaje Gračac (1960. – 2022.) (tablica 5.2.1). Procjena pripadnih povratnih razdoblja izmjerenih količina oborine u svibnju 2023. provedena je primjenom opće razdiobe ekstremnih vrijednosti. Kako je riječ o godišnjim maksimumima, rezultati pokazuju da dnevni i višednevni maksimumi do četiri dana zabilježeni u svibnju 2023. nisu premašili dotadašnje godišnje maksimume na toj postaji. Međutim, **petodnevni i šestodnevni maksimumi (324,9 mm i 349,6 mm)** premašili su dotadašnje rekordne godišnje vrijednosti. Prema procjeni ekstrema priпадna povratna razdoblja takvih događaja na postaji Gračac kreću se od 33 do 44 godine (tablica 5.2.1).

Relativno odstupanje oborine u svibnju 2023. u odnosu na dugogodišnji prosjek (1981. – 2020.) iznosi je više od 100 %. Zbog iznimno velike svibanjske količine oborine akumulirana oborina tijekom protekla dva mjeseca bila je također veća od 100 %. Suficit kumulativne oborine prevladavao je posljednjih 24 mjeseca (slika 5.2.4).

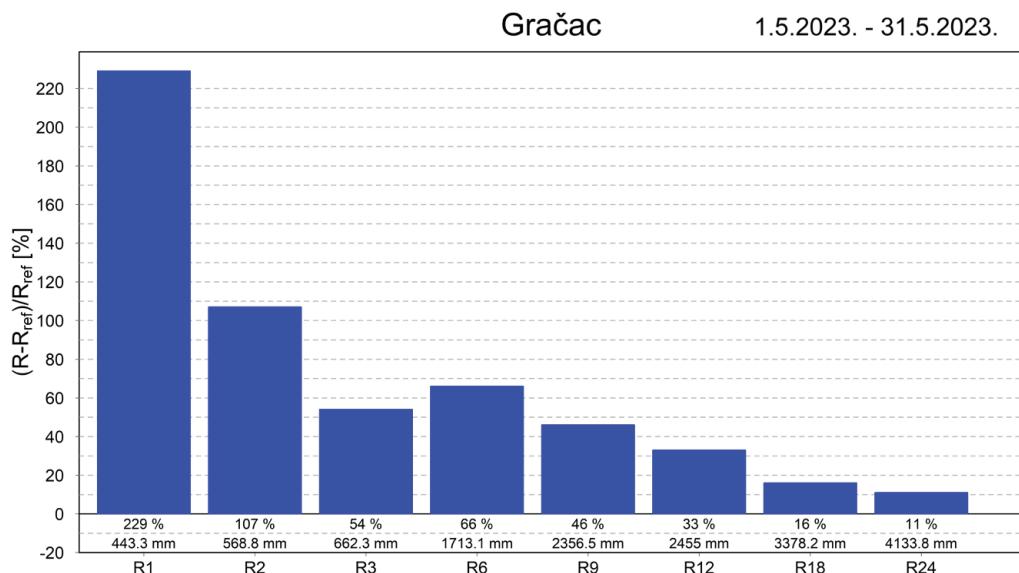
Tablica 5.2.1. Statistički parametri na postaji Gračac za različita dnevna trajanja (1 do 7 dana): prosječna vrijednost količine oborine (Rsred, u mm), standardna devijacija (StDev, u mm), koeficijent varijacije (CV) niza godišnjih maksimuma količina oborine, najveća vrijednost količine oborine (Rmaks, u mm) u dugogodišnjem razdoblju (1960. – 2022.), vrijednost iz svibnja 2023. (R2023, u mm) te pripadno povratno razdoblje (T2023, u godinama) prema podacima s postaje Gračac.

Trajanje (dani)	Rsred (mm)	StDev (mm)	CV	Rmaks (mm)	R2023 (mm)	T2023 (god)
1	115,3	33,2	0,29	246,4	156,4	9
2	153,3	42,1	0,27	268,8	234,5	23
3	175,8	45,7	0,26	298,9	259,2	19
4	193,1	49,6	0,26	307,0	285,1	20
5	212,1	53,4	0,25	319,1	324,9	44
6	227,3	59,7	0,26	343,9	349,6	33
7	240,2	62,6	0,26	384,5	372,2	30

Gračac, svibanj 2023.



Slika 5.2.3. Dnevne količine oborine izmjerene u svibnju 2023. na postaji Gračac.



Slika 5.2.4. Odstupanje količine oborine (R) u svibnju od srednje vrijednosti iz razdoblja 1981. – 2020. (Ref) za različite vremenske skale (1, 2, 3, 6, 9, 12, 18 i 24 mjeseca). Ispod svakog stupića navedeno je pripadno odstupanje (u %) i izmjerena kumulativna količina oborine (u mm) za pojedino trajanje.

## Hidrogeološka i hidrološka slika sliva Zrmanje

Tatjana Vujnović, Oliver Rajković, Ana-Marija Keliš

Sliv rijeke Zrmanje najvećim dijelom drenira područje južne Like, planinu Poštak i dio Ravnih kotara (Biondić i Biondić, 2014). Hidrogeologija dinarskog krša u Hrvatskoj). U gornjem ličkom dijelu taj prostor obuhvaća okolinu naselja Sv. Rok, Lovinac, Udbina, Bruvno i Gračac sa slivovima bujičnih rijeka Otuče, Opsenice i Ričice. Te rijeke teku od svojih izvora prema Gračacu, gdje se njihova voda zadržava u akumulacijama Štikada i Opsenica. U slučajevima obilnih oborina dio riječnih voda koji ne stane u umjetne akumulacije slijedi stare prirodne puteve do ponornih zona, gdje ulaze u velebitsko krško podzemlje i izviru na nižoj razini sliva – desnoj obali Zrmanje i priobalnim izvorima kod Rovanske. Uz gornji dio vodotoka Zrmanje postoji dokazana hidrogeološka veza s izvořem Miljacka u susjednom slivu Krke, s kojim je povezan do izlaska Zrmanje iz kanjona kod Ervenika. Susjedni su slivovi sliv priobalnih izvora (uz Jadransko more ispod Velebita), Like, Une, Krke i sliv Bokanjačkog blata.

Te karakteristike podzemnog i površinskog tečenja vode u samom slivu Zrmanje i susjednih slivova dovele su do poplavljivanja Gračaca s okolicom i Obrovca. Na slici 5.2.2. vidljivo je da je glavnina akumulirane oborine zabilježena na području slivova Zrmanje, što uključuje njegove gornje horizonte (Otuča, Ričica, Opsenica). Otuča se tijekom večeri i noći 14. na 15. svibnja 2023. izlila iz korita i poplavljivala okolinu uzrokujući brojne štete. Na hidrološkoj postaji Gračac 2 je 14. svibnja 2023. zabilježen novi maksimalni relativni vodostaj od +236 cm.

Direktna oborina na nižem horizontu sliva bila je pojačana podzemnim dotjecanjem s gornjeg horizonta,

što je pak naglo podiglo razinu same Zrmanje na donjem horizontu i prouzročilo poplave uz vodotok. Na rijeci Zrmanji 15. srpnja 2023. zabilježeni su novi maksimalni relativni vodostaji na hidrološkim postajama: Obrovac (+302 cm), Muškovci (+526 cm), Žegar nizvodni (+540 cm).

Dio vode podzemno se prelio u sliv rijeke Krke koja je također 15. svibnja 2023. narasla do novih najvećih zabilježenih relativnih vodostaja na hidrološkim postajama Roški slap (+201 cm, slika 5.2.5) i Nacionalni park (+254 cm).

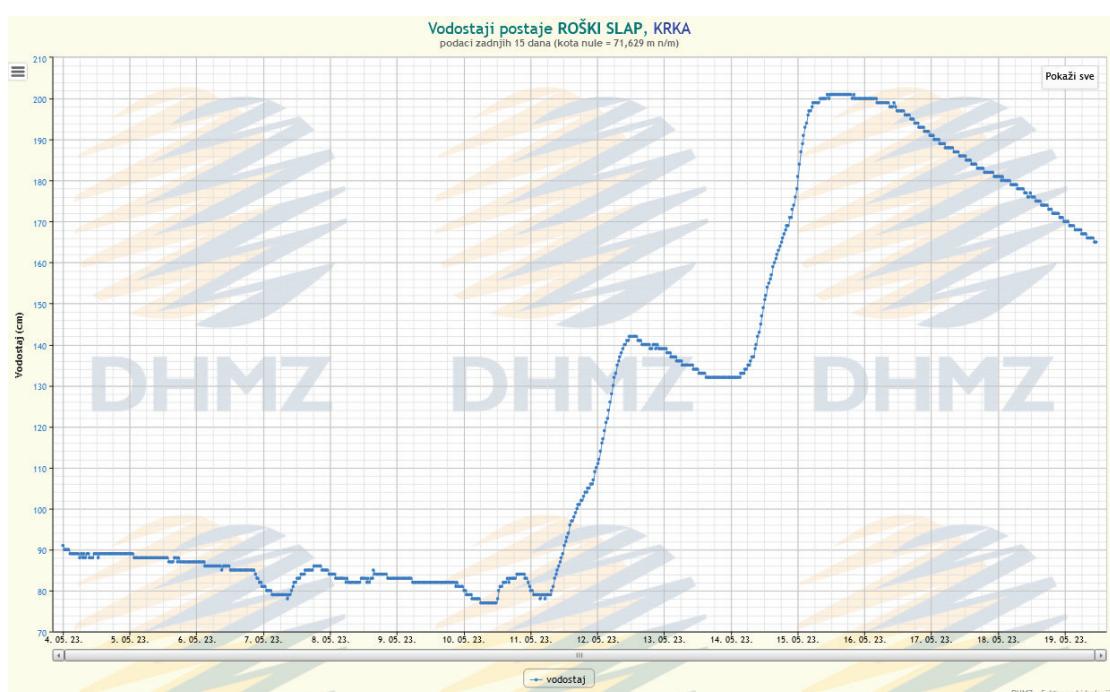
## 5.3 Olujno nevrijeme u kontinentalnoj Hrvatskoj 19. srpnja 2023.

Petra Mikuš Jurković, Izidor Pelajić, Tanja Renko

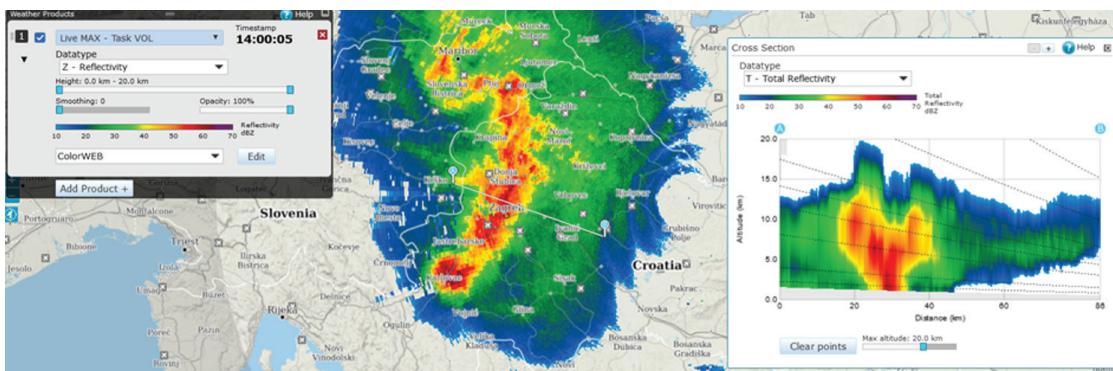
### Uvod

Razorno grmljavinsko nevrijeme zahvatilo je 19. srpnja 2023. veći dio središnjih i istočnih krajeva Hrvatske. Smrtno su stradale tri osobe, mnogo je ljudi ozlijedeno te je zabilježena velika šteta zbog olujnog, lokalno i na udare orkanskog vjetra te velike (promjer veći od 2 cm) i vrlo velike tuće (promjer veći od 5 cm). Olujni oblaci razvili su se u sjevernoj Italiji, ojačali i organizirali u Sloveniji, a snažno je grmljavinsko nevrijeme oslabjelo i završilo tek u Rumunjskoj. Cijelim putem za posljedicu je imalo opasne vremenske pojave na tlu. Budući da su udari vjetra veći od 25 m/s zabilježeni na području širem od 100 km i duljem od 650 km, grmljavinsko nevrijeme 19. srpnja 2023. okarakterizirano je kao tzv. derecho oluja.

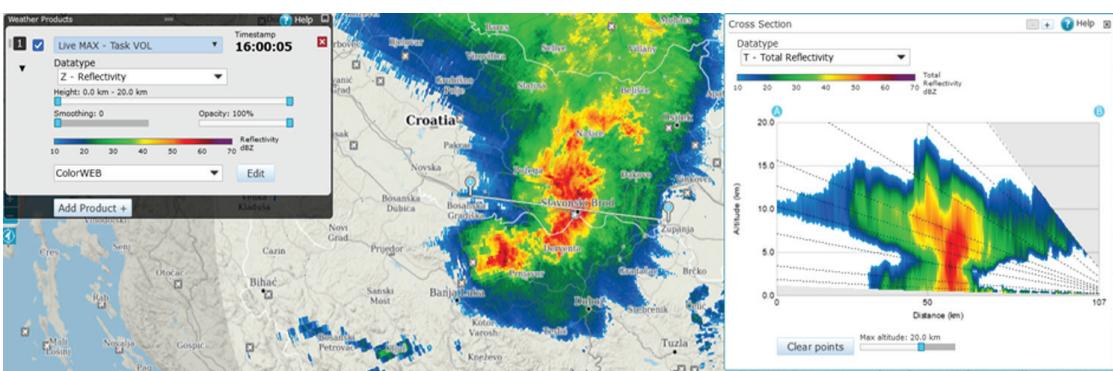
U poslijepodnevnim je satima, oko 15.30 po lokalnom vremenu grmljavinsko nevrijeme većih prostor-



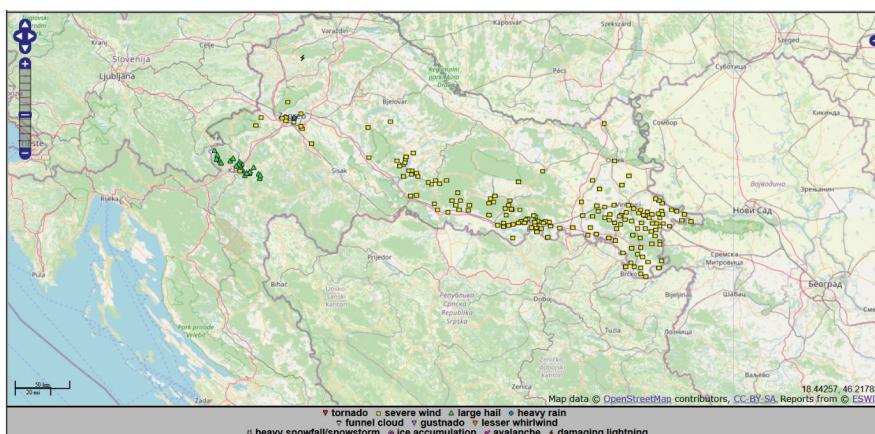
Slika 5.2.5. Nivogram rijeke Krke na hidrološkoj postaji Roški slap za razdoblje 4. – 19. svibnja 2023. Usljed takvih vodostaja onemogućen je posjet slapovima Skradinski buk i Roški slap u Nacionalnom parku Krka od 15. svibnja 2023.



Slika 5.3.1. Radarska odražajnost i vertikalni presjek maksimalnog radarskog odbora s MRC Bilogora na dan 19. srpnja 2023. u 14:00 UTC (16:00 sati po lokalnom vremenu) iznad Zagreba.



Slika 5.3.2. Radarska odražajnost i vertikalni presjek maksimalnog radarskog odbora s MRC Bilogora na dan 19. srpnja 2023. u 16:00 UTC (18:00 sati po lokalnom vremenu) iznad Gradišta.



Slika 5.3.3. Izvještaji o opasnom vremenu iz European Severe Weather Database (ESSD), zeleni trokuti – tuča, žuti kvadrati – vjetar, plavi kružići – obilna kiša, munja – munje koje su prouzročile štetu.

nih dimenzija (tzv. mezoskalni konvektivni sustav, engl. Mesoscale convective system, MCS) iz Slovenije ušlo u Hrvatsku, a već oko 16 sati stiglo je do Zagreba. MCS se kretao vrlo brzo, oko 80 km/h. Olujni konvektivni oblaci organizirali su se u liniju koju se u tom trenutku protezala od Hrvatskog zagorja do Karlovca (slika 5.3.1). Linijski organizirani MCS sastojao se od skupa konvektivnih ćelija, odnosno oblaka izraženog vertikalnog razvoja, a neke od njih bile su i superćelije, odnosno olujni oblaci koji imaju vrlo snažnu rotirajuću uzlaznu struju. Superćelijeske oluje

imaju i specifičan izgled na radarskim slikama, odnosno karakterističan vertikalni presjek radarske odražajnosti (slika 5.3.1 i 5.3.2.). Vertikalni presjek kroz superćeliju karakterizira lokalni minimum u radarskoj odražajnosti na nižim razine te više vrijednosti odražajnosti iznad nje, nalikujući na kuku (BWER područje, od engl. bounded weak echo region). Treba napomenuti kako je upravo ta vrlo jaka uzlazna rotirajuća struja odgovorna za povoljne uvjete unutar ćelije odgovorne za nastanak vrlo velike tuče te velikog broja munja. Superćelije također kao po-

sljedicu interakcije vrlo jakih rotirajućih uzlaznih struja i velikog vertikalnog smicanja vjetra u okruženju imaju i jako silazno strujanje (engl. downdraft). Stoga u pravilu kod prolaska supercelija nad određenim područjem prolazno puše olujni, čak i orkanski vjetar često uzrokujući velike štete, što je bio slučaj u mnogim mjestima preko kojih se premještao ovaj MCS 19. srpnja (slika 5.3.3).

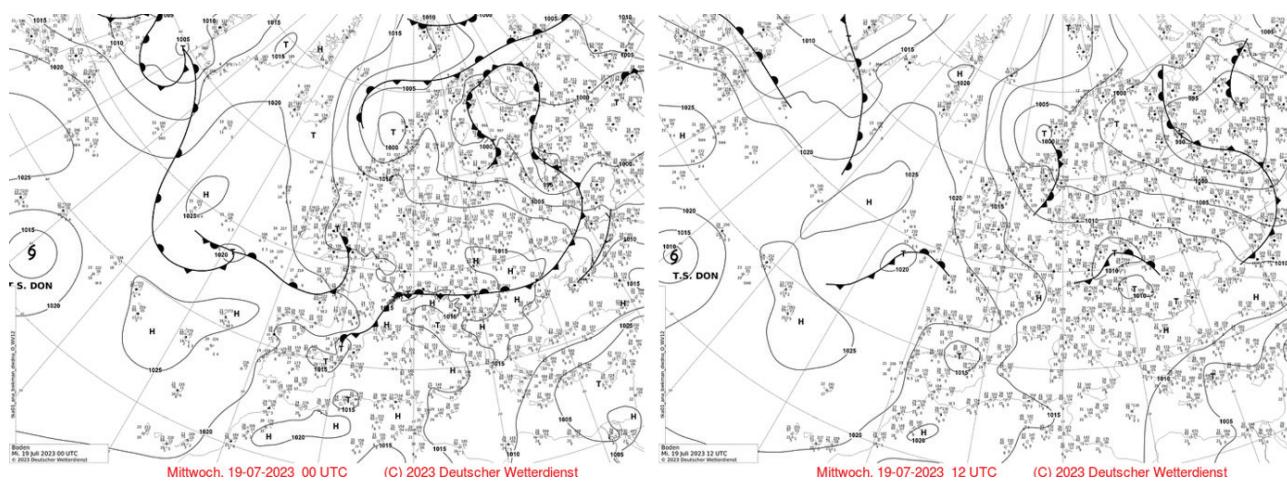
Dostupni podaci pokazuju kako su udari vjetra na zagrebačkom području bili olujni na granici orkanskih, što ih svrstava među najjače zabilježene na ovom području.

Nakon središnje Hrvatske grmljavinsko nevrijeme nastavilo je svoj put prema istoku te je sličnom žestinom zahvatilo još brojne gradove, među njima Lipik, Slavonski Brod i Županju (slika 5.3.3) gdje su izmjerene brzine vjetra i do 180 km/h prije nego što je vjetar slomio stup anemometra (uredaja za mjerjenje brzine vjetra). Na istoku zemlje linijski MSC oblikovao se u tzv. povijeni luk (engl. bow echo), odnosno kvazilinearni brzo propagira-

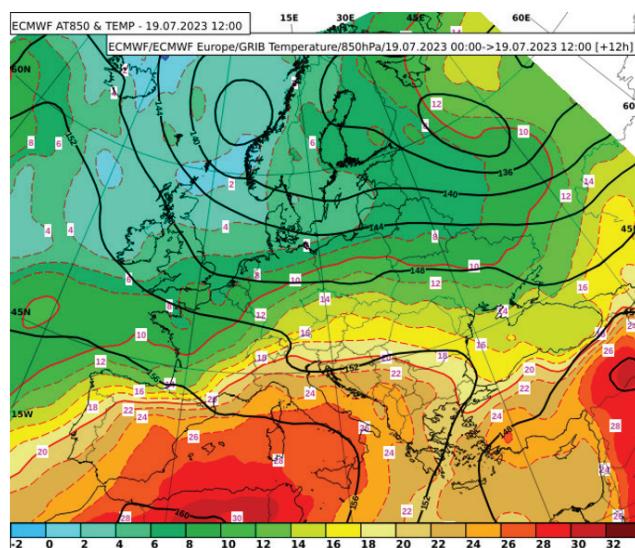
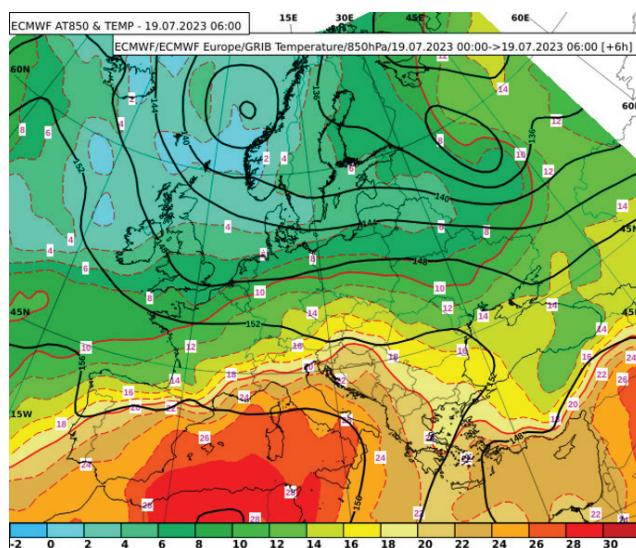
jući sustav kod kojeg se očekuju najjači udari vjetra (slika 5.3.2).

### Sinoptička analiza

Hrvatska se toga dana nalazila pod utjecajem prizemnog polja srednjeg ili malo sniženog tlaka zraka (slika 5.3.4), a frontalni su se sustavi svojom glavninom zadržavali malo sjevernije i zapadnije od naših krajeva. Dakle, ovaj dio Europe nalazio se na granici dviju zračnih masa prilično različitih karakteristika. Tropska topla zračna masa prostirala se južnom Europom, a polarna hladna zračna masa sjevernom Europom (slika 5.3.5) te je u sklopu zapadnog strujanja nad naše područje stizala i vлага. Granica hladnijeg i toplijeg zraka tijekom dana polako se spuštala prema jugu (slika 5.3.5), što je za posljedicu imalo povećanje vertikalnih stopa ohlađivanja (promjene temperature zraka po visini) u središnjim i istočnim predjelima, posljedično i povećanje nestabilnosti.



Slika 5.3.4. Analiza prizemne sinoptičke situacije 19. srpnja 2023. u 00 i 12 UTC (2 sata i 14 sati po lokalnom vremenu). Izvor: DWD.



Slika 5.3.5. ECMWF prognoza apsolutne topografije na 850 hPa (crne izolinije) i temperatura na 850 hPa (obojeno) za 19. srpnja 2023. u 06 i 12 UTC (8 i 14 sati po lokalnom vremenu).

REGIJE \ DANI	19. 07. 2023.	20. 07. 2023.	21. 07. 2023.	22. 07. 2023.
OSIJEK	ORANGE	YELLOW	GREEN	GREEN
ZAGREB	ORANGE	YELLOW	GREEN	GREEN
KARLOVAC	ORANGE	YELLOW	GREEN	GREEN
GOSPIĆ	ORANGE	YELLOW	GREEN	GREEN
KNIN	RED	ORANGE	YELLOW	YELLOW
RIJEKA	RED	ORANGE	ORANGE	YELLOW
SPLIT	RED	ORANGE	ORANGE	ORANGE
DUBROVNIK	RED	ORANGE	ORANGE	ORANGE

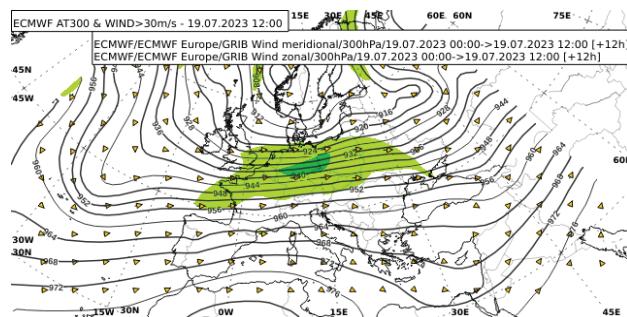
Slika 5.3.6. Prognoza razine opasnosti od toplinskog vala koji može djelovati na zdravlje izdana 18. srpnja 2023., umjerena opasnost – žuto, velika – narančasto, vrlo velika opasnost – crveno.

Te je srijede na snazi bilo i upozorenje na toplinski val koji može djelovati na zdravlje zbog očekivanih maksimalnih vrijednosti temperatura zraka između 32 i 37 °C (slika 5.3.6), dok je za sljedeći dan prognozirani stupanj upozorenja bio niži upravo zbog prognoziranog pritjecanja malo svježijeg zraka.

U višim slojevima atmosfere (iznad 9 km), na 300 hPa izobarnoj plohi također je prevladavalo zapadno strujanje nad Hrvatskom i okolnim zemljama, a jezgra mlazne struje bila je pozicionirana nad zemljama Beneluksa i sjevernom Njemačkom (slika 5.3.7).

#### Mezoskalna analiza

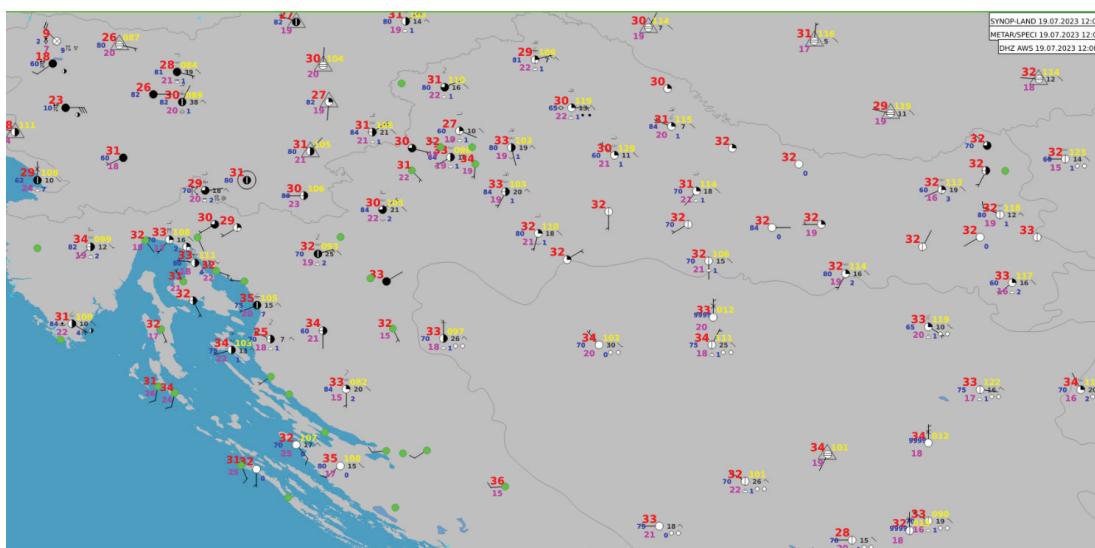
Za nastanak duboke mokre konvekcije potrebna su tri osnovna sastojka. Prvi je velika količina vlage u nižim slojevima troposfere, drugi vertikalne stope ohlađivanja uglavnom veće od 6,5 – 7 K/km, odnosna velika nestabilnost u atmosferi. Ta dva sastojka za posljedicu imaju velike količine konvektivne raspoložive potencijalne



Slika 5.3.7. Geopotencijalne visine (gpdam) apsolutne topografije izobarne plohe 300 hPa (crna linija) i brzina vjetra na izobarnoj plohi 300 hPa (strelice i zelena boja) 19. srpnja 2023. u 12 UTC (14 sati po lokalnom vremenu).

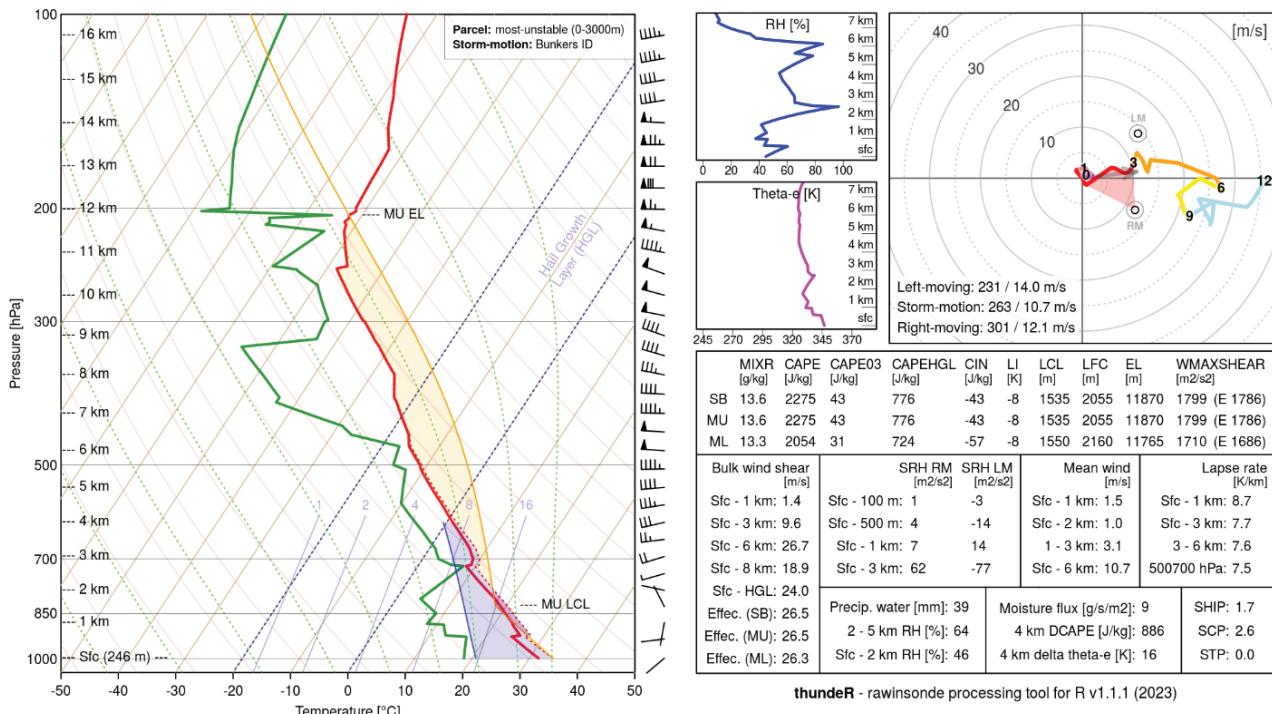
energije (engl. CAPE) u atmosferi. Treći sastojak jest mehanizam (uglavnom na mezoskalu) koji uzrokuje početno podizanje česti zraka i dopušta joj iskorištavanje velike količine CAPE-a. Uz navedene sastojke, da bi nastala organizirana konvekcija, tzv. multićelije, superćelije ili mezoskalni konvektivni sustavi kao najveće i intenzivnije konvektivne oluje, neophodno je vertikalno smicanje horizontalnog vjetra. U slučaju organizirane konvekcije smicanje vjetra, odnosno promjena smjera i brzine vjetra u dubljem sloju troposfere (0 – 6 km), mora većinom biti veće od 15 m/s, a kod superćelija često i od 20 m/s.

Tog 19. srpnja 2023. godine u prijepodnevnim satima u alpskom području razvili su se olujni oblaci koji su se uslijed vrlo povoljnih uvjeta brzo grupirali te u prevladavajućoj zapadno-jugozapadnoj struci nastavili svoj put prema Sloveniji, zatim i Hrvatskoj te kasnije Srbiji, Bugarskoj i Rumunjskoj. S dnevnim zagrijavanjem te zbog prisutnosti veće količine vlage u prizemnom sloju kao i postupnim pritjecanjem malo svježijeg zraka po visini atmosfera je na putu kojim se kretao olujni sustav obi-



Slika 5.3.8. Prizemna sinoptička karta sa SYNOP podacima glavnih i pojedinih klimatoloških postaja 19. srpnja 2023. u 12 UTC (14 sati po lokalnom vremenu). Temperatura zraka na dva metra visine prikazana je crveno, roštiće na dva metra ružičasto, tlak zraka sveden na srednju razinu mora žuto (oduzeta je tisuća), vidljivost je kodirana plavo, vjetar na 10 metara visine prikazan je kao zastavice, naoblaka kao osmine kruga, a prikazani su i simboli vrste oblaka i tendencije tlaka zraka. Zeleno su podaci automatskih meteoroloških postaja.

WMO ID: 14240 (16.03 E 45.82 N), 19 Jul 2023 (Wednesday) 1200 UTC



Slika 5.3.9. Visinsko radiosondažno mjerjenje (termodijagram) u Zagrebu na postaji u Maksimiru 19. srpnja 2023. u 12 UTC (14 sati po lokalnom vremenu). Debela crvena linija vertikalni je profil temperature zraka, zelena profil rosišta, a žuto sjenčano područje prikazuje konvektivnu raspoloživu potencijalnu energiju od 2275 J/kg. Vertikalni profil brzine i smjera vjetra prikazan je kao zastavice na desnoj strani termodijagrama. Promjena smjera i brzine vjetra s visinom prikazana je i kao hodograf u pravokutniku gore desno.

lovala CAPE-om, a i smicanje vjetra bilo je veće od 15 ili 20 m/s.

Neposredno prije pojave grmljavinskog nevremena u Hrvatskoj, u 14 sati po lokalnom vremenu (slika 5.3.8), nad kontinentalnom je Hrvatskom vrijeme bilo prevladavajuće sunčano, na zapadu zemlje bilo je većinom malo oblaka vrste kumulus, cirus i altokumulus.

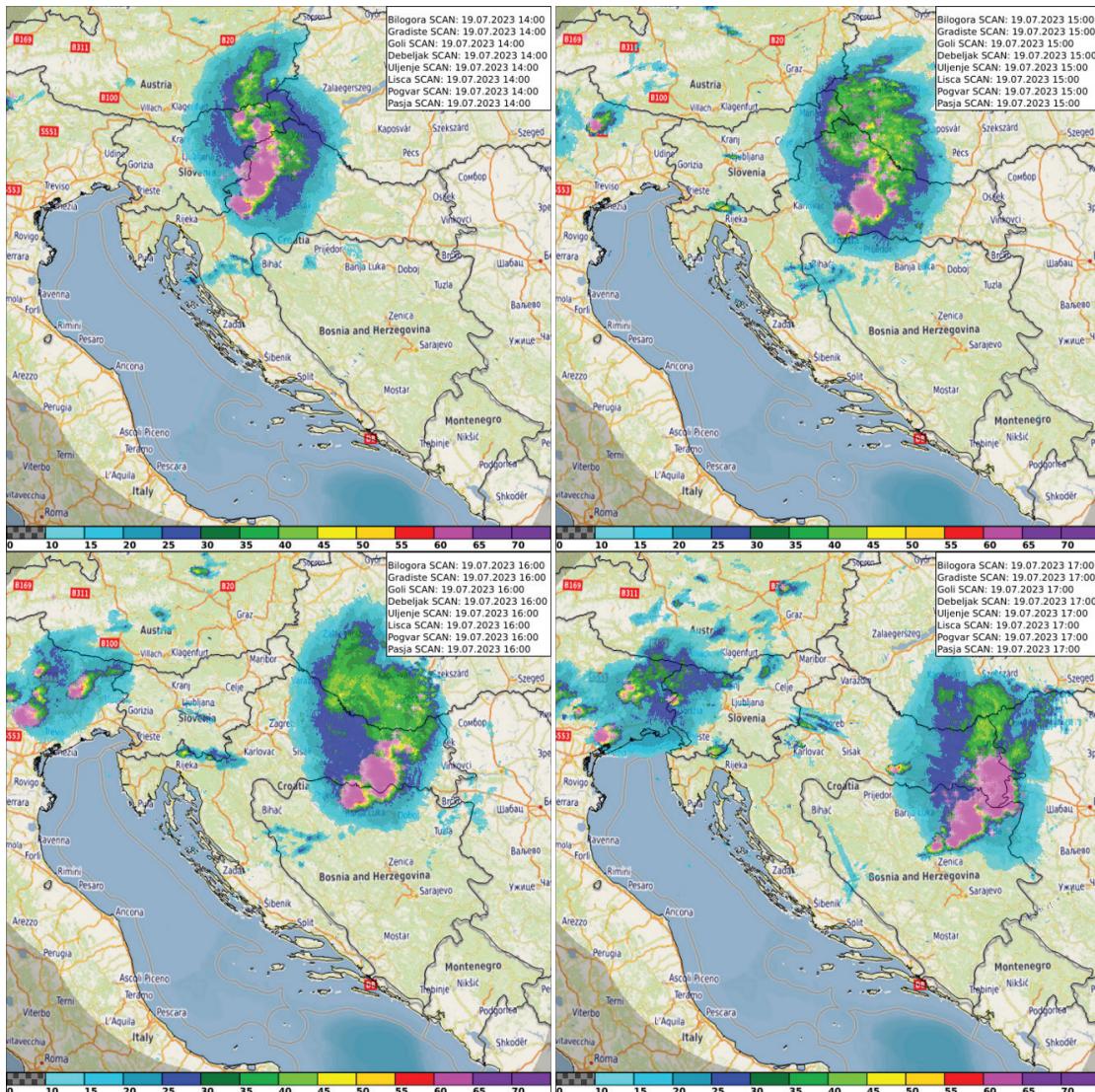
Izmjerena temperatura zraka u 14 sati bila je uglavnom viša od 30 °C, mjestimice i od 32 °C. Temperatura rosišta od 16 do čak 22 °C u središnjim predjelima upućuje na to da su ti krajevi imali mnogo prizemne vlage, a tako visoka prizemna količina vlage pogoduje nastanku snažnih olujnih oblaka. Prizemni tlak zraka bio je između 1010 i 1012 hPa, a vjetar slab.

Procijenjeni iznos CAPE-a koristeći najnestabilniju čest (tzv. MU CAPE, od engl. most unstable CAPE) iz visinskog radiosondažnog mjerjenja na postaji Zagreb-Maksimir bio je 2275 J/kg, što upućuje na veliku nestabilnost atmosfere tog dana na zagrebačkom području. Brzina uzlazne struje prema teoriji česti pri ova-kvim iznosima CAPE-a može u olujnom oblaku dosezati i vrijednosti oko 65 m/s (oko 230 km/h). Pri tako snažnim uzlaznim strujama i uz profil temperature kod kojeg je velik dio oblaka u tzv. zoni rasta tuče – što je područje u oblaku gdje je temperatura od -30 °C do -10 °C – vrlo je vjerojatno da će nastati barem velika tuča. Također, prema teoriji česti maksimalna moguća veličina zrna tuče proporcionalna je maksimalnim vertikalnim brzinama u uzlaznoj struci. Naime, snažna uzlazna struja može dovoljno dugo zadržati ledena zrna u području zaledivanja te ona postanu prilično velika i teška prije nego što po-

čnu padati kao krupna tuča. S područja Karlovačke županije stiglo je najviše dojava o štetama prouzročenim velikom tučom (promjer veći od 2 cm), a prema European Severe Weather Database (ESWD) promjer tuče bio je između 5 i čak 13 cm, koliko je zabilježeno na području



Slika 5.3.10. Tuča u Ribniku 19. srpnja 2023., izvor Facebook/ ESWD.



Slika 5.3.11. Pojava munja (ružičasto) i radarska refleksivnost 19. srpnja 2023. u terminima 14, 15, 16 i 17 UTC (16, 17, 18, i 19 sati po lokalnom vremenu).

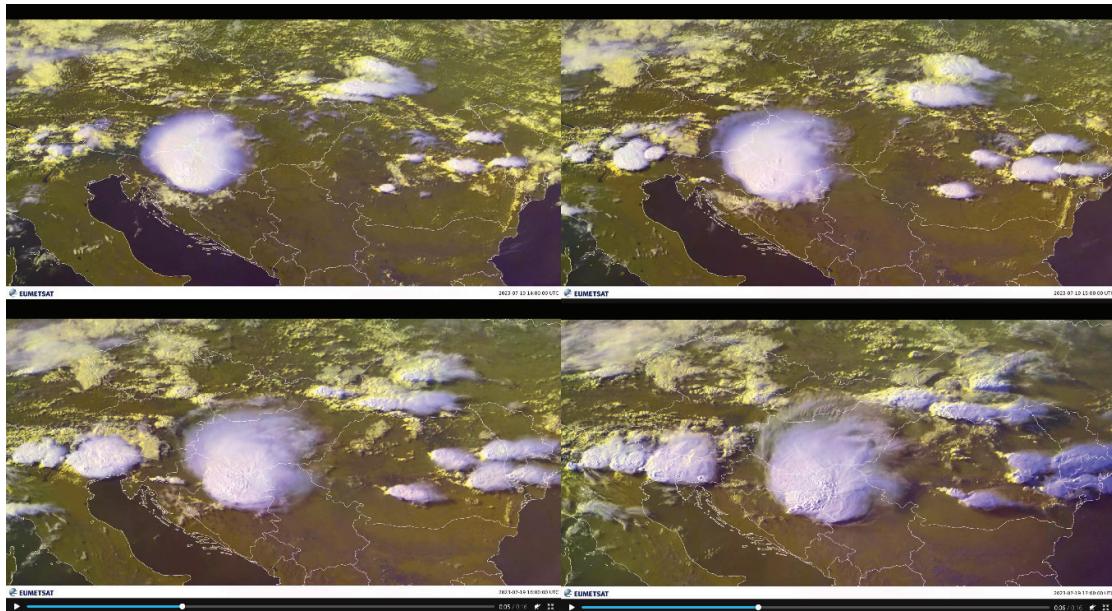
Ribnika (slika 5.3.10), što je ujedno rekordno veliko zrno tuče na području Hrvatske.

Najviše je dojava o šteti zaprimljeno zbog olujnog, mjestimice i orkanskog vjetra. Kao jedna od mjeru energije koju silazna čest zraka ima koristi se DCAPE (engl. Downdraft Convective Available Potential Energy). Prema radiosondažnom mjerenu s postaje Zagreb-Maksimir iznos DCAPE-a bio je 886 J/kg, što se smatra značajnim iznosom i upućuje na velike stope ohlađivanja u najnižim slojevima, procijenjeno na 9 °C u prvih kilometar visine. Analizirani profil (slika 5.3.9) ima oblik tzv. obrnutog V profila (engl. „inverted V“ profile) u kojem je prizemni sloj relativno suh te se relativna vлага povećava s visinom. Takav profil najčešće je povezan s olujnim oblacima čija je baza relativno visoka, u ovom slučaju i za taj je termin u danu iznad 1500 m i ima snažne silazne struje prouzročene isparavanjem oborine. Prema teoriji česti, dakle uz određene pretpostavke iznos DCAPE-a od 886 J/kg odgovarao bi silaznim brzinama vjetra od oko 40 m/s (144 km/h).

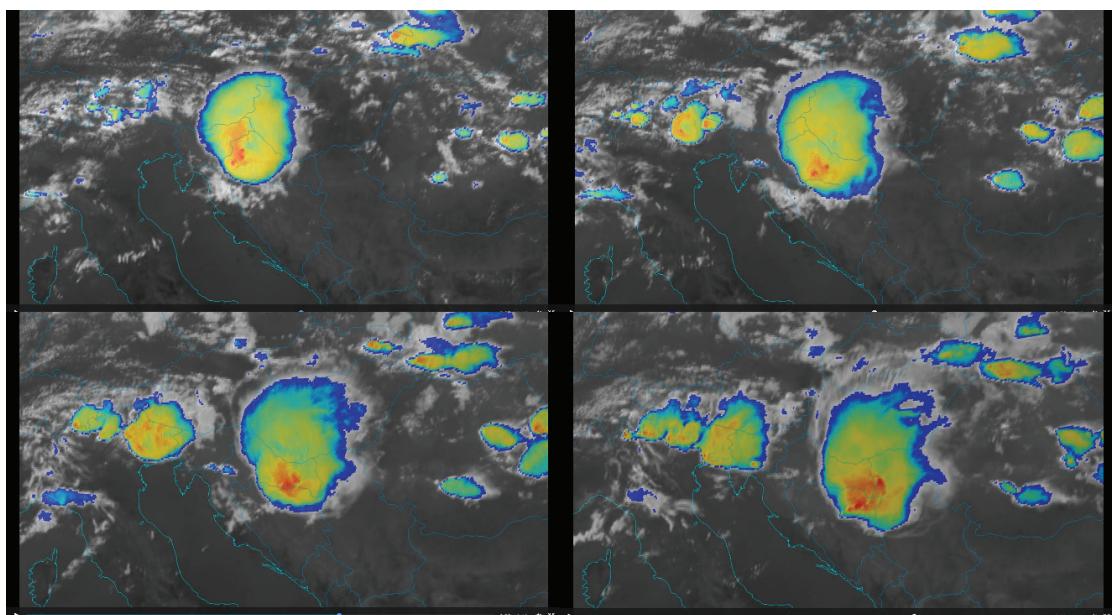
Vertikalno smicanje vjetra u sloju do 6 km visine na temelju radiosondažnog mjerena bilo je oko 26 m/s, što je prema teoriji dovoljno za organizirane multičelijske konvekcije kao i za nastanak superćelija.

Iznimnost je ovog slučaja i u činjenici da je olujno nevrijeme iznimno žestoko bilo duž cijelog svog puta, od zapadne Slovenije pa kroz cijelu središnju i istočnu Hrvatsku (slika 5.3.11) zahvaljujući tome što je na svom putu imalo na raspolaganju obilje energije za održavanje postojećih te rast i razvoj novih konvektivnih celija.

O jačini sustava osim radarskih odraza svjedoče i satelitski produkti (slike 5.3.12 i 5.3.13) na kojima se jasno vide strukture poput premašujućih vrhova, odnosno ku-pola iznad nakovnja (engl. overshooting top), perjanice visokih oblaka tipa cirrus iznad nakovnja kumulonimbusa (engl. above envil cirrus plumes) te težinski valovi (engl. gravity waves). Konvektivne celije na čijim vrhovima nastaju težinski valovi karakterizirane su intenzivnom uzlaznom strujom koja prodire kroz nivo tropopauze (prema radiosondažnom mjerenu na oko 12 km) u nižu stratosferu gdje se razvijaju cirusni oblaci, tzv. perjanice (slika



Slika 5.3.12. 19. srpnja 2023., 14:00, 15:00, 16:00 i 17:00 UTC (16, 17, 18, i 19 sati po lokalnom vremenu). EUMETSAT MSG HRV Clouds RGB – satelitski RGB produkt u vidljivom dijelu spektra visoke prostorne rezolucije.



Slika 5.3.13. 19. srpnja 2023., 14:00, 15:00, 16:00 i 17:00 UTC. EUMETSAT MSG Sandwich produkt – satelitska snimka u vidljivom dijelu spektra visoke prostorne rezolucije (HRV) preklopljena s poluprozirnom satelitskom snimkom u infracrvenom dijelu spektra (EN IRW 10,8  $\mu\text{m}$ ), gdje boje označavaju temperaturu (od 200 K (tamnocrveno) do 240 K (plavo)).

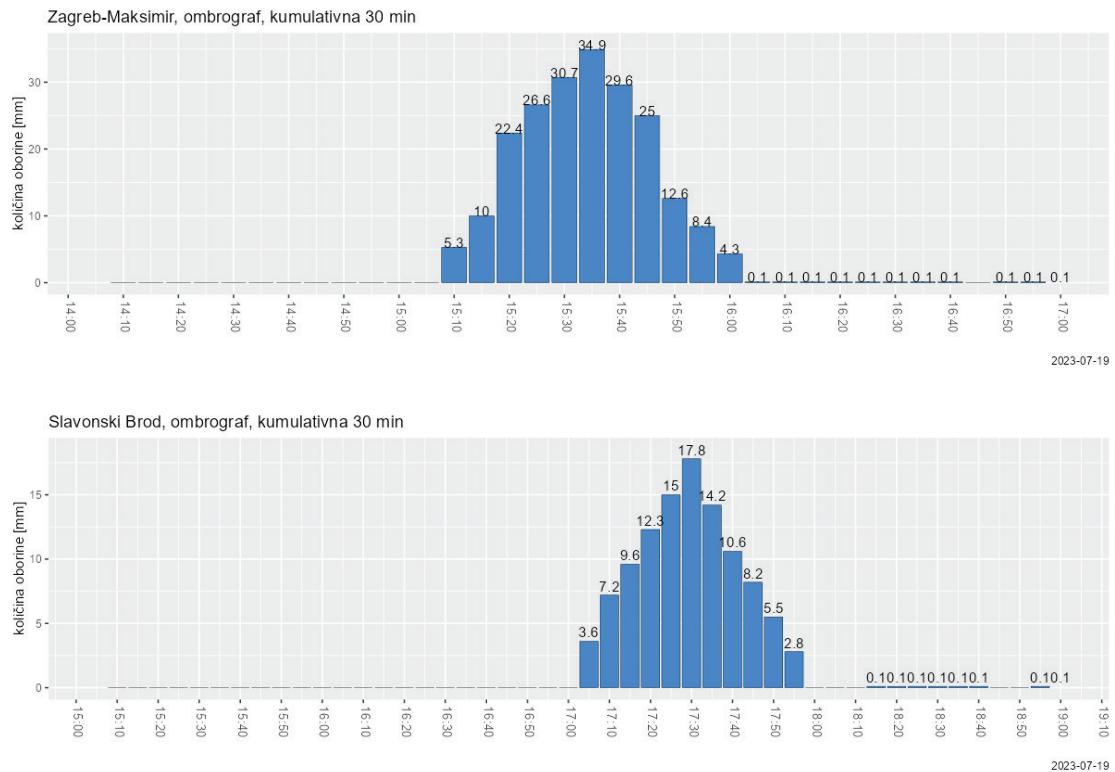
5.3.12). Takvi konvektivni oblaci najčešće su povezani s opasnim vremenskim pojавama na tlu.

#### Klimatološka analiza oborine

Ksenija Cindrić Kalin, Leonardo Patalen

Klimatološka analiza oborinskih prilika provedena je primjenom opće razdiobe ekstremne vrijednosti na podatke oborine u trajanju od 10 do 60 minuta na postajama Zagreb-Maksimir i Slavonski Brod. Naime, te postaje zahvaćene su putanjom grmljavinske oluje od zapada

prema istoku 19. srpnja 2023. U tablici 5.3.1 navedene su vrijednosti izmjerenе količine oborine na dan oluje (kolona R\_7/2023) za obje postaje te osnovni statistički parametri dobiveni iz dugogodišnjeg raspoloživog razdoblja (1961. – 2020.). Na postaji Zagreb-Maksimir u poslijepodnevnim je satima u 30 minuta zabilježeno 34,9 mm oborine (slika 5.3.14), a slične vrijednosti zabilježene su i za ostala trajanja do 60 minuta (tablica 5.3.1). Pripadno povratno razdoblje 30-minutnog maksimuma iznosi 17 godina, odnosno 12 do 13 godina za trajanja od 10 do 40 minuta. Za dulja trajanja povratno razdoblje iznosi sedam do devet godina. Na postaji Slavonski Brod izmjerene su količine kratkotrajne oborine bile znatno manje



Slika 5.3.14. Kumulativna 30-minutna količina oborine na postajama Zagreb-Maksimir i Slavonski Brod 19. srpnja 2023.

Tablica 5.3.1. Statistički parametri na postajama Zagreb-Maksimir i Slavonski Brod za različita trajanja (od 10 do 60 minuta): prosječna vrijednost količine oborine (Sred), standardna devijacija (StDev), koeficijent varijacije (CV) niza godišnjih maksimuma, najveća vrijednost količine oborine (Maks) u dugogodišnjem razdoblju (1961. – 2020.), pripadno povratno razdoblje najveće vrijednosti količine oborine u dugogodišnjem razdoblju (1961. – 2020.) (Tmaks), najveće vrijednosti izmjerene 19. srpnja 2023. (R\_7/2023) te pripadna povratna razdoblja (T\_7/2023).

Trajanje (min)	Sred (mm)	StDev (mm)	CV (%)	Maks mm)	Tmaks (god)	R_7/2023 (mm)	T_7/2023 (god)
<b>ZAGREB-MAKSIMIR</b>							
10	11,0	4,3	39	24,2	72	17,1	12
20	16,9	6,5	38	39,9	95	26,6	13
30	20,5	8,0	39	45,0	60	34,9	17
40	22,6	8,5	38	48,3	62	35,0	12
50	23,9	8,7	36	48,9	56	35,0	9
60	25,1	9,0	36	50,0	51	35,0	7
<b>SLAVONSKI BROD</b>							
10	8,9	4,1	46	24,0	94	7,2	2
20	14,1	5,8	41	30,6	43	12,3	2
30	17,6	6,6	37	33,7	30	17,8	3
40	19,8	7,5	38	40,4	38	17,8	2
50	21,6	8,7	4	48,2	46	17,8	2
60	22,9	9,5	41	51,8	46	17,8	2

(17,8 mm za trajanja od 30 do 60 minuta). Pripadna povrtna razdoblja procijenjena su na dvije do tri godine.

Iako zabilježena količina oborine na obje postaje ne označuje iznimani događaj, njezin kratkotrajni intenzitet u kombinaciji s olujnim vjetrom prouzročio je veliku materijalnu štetu. Stoga je potrebno analizirati i vjetar koji je obilježio ovo nevrijeme te kako se zabilježene vrijednosti uklapaju u obilježja vjetra pogodenog područja.

### Klimatološka analiza smjera i brzine vjetra

Iris Odak, Ena Kožul

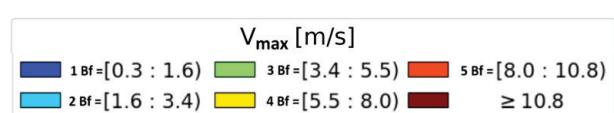
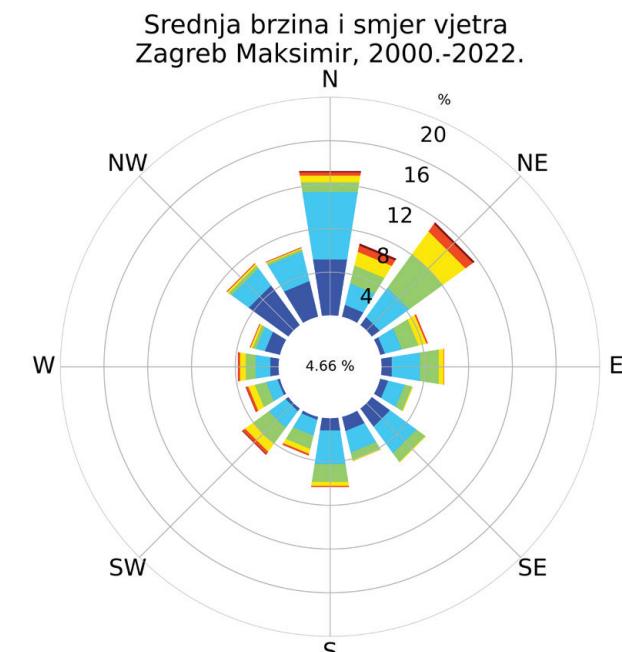
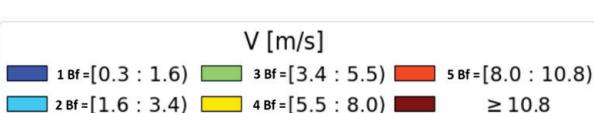
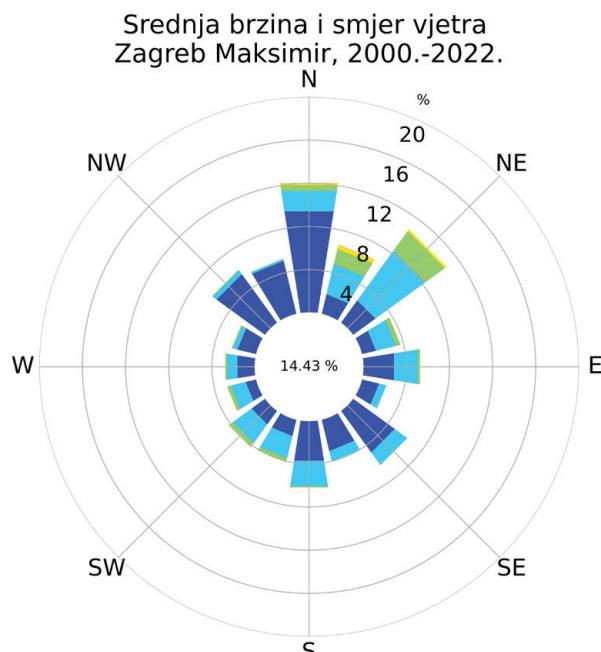
Vjetrovne prilike nekog područja određene su geografskim položajem, orografijom, razdiobom baričkih sustava opće cirkulacije, dobom dana i godine i dr. Šire područje grada Zagreba cijele godine nalazi se u cirkulacijskom pojusu umjerenih širina. Vjetrovne prilike u Zagrebu karakterizira u prosjeku relativno slab vjetar, osobito u jesen i ljeti kad dominiraju bezgradijentna polja tlaka zraka, dok su najveće srednje mjesecne brzine vjetra zabilježene u kasnu zimu i proljeće.

Na strujanje u području grada Zagreba utječe Medvednica. Osim što sama planinska prepreka modificira smjer i brzinu strujanja koje prevladava nad širim zagrebačkim područjem, termički gradijenți u sinoptički mirnim i statički stabilnim situacijama podržavaju stvaranje lokalnog vjetra obronka, što se može vidjeti kao

lagano strujanje na ruži vjetra u smjerovima NW-N (vjetar niz obronak, katabatički vjetar) i SE-S (vjetar uz obronak, anabatički vjetar) (slika 5.3.15 lijevo). Najučestaliji su smjerovi vjetra N i NE, kao što se može vidjeti na ruži brzine vjetra, no s vrlo različitim razdiobama srednjih brzina vjetra. Naime, dok je iz smjera sjevera najučestaliji vjetar klasificiran kao lahor (1 Bf), iz smjera NE češći je povjetarac (2 Bf). Povjetarac se čestinom većom od 2 % također javlja iz smjera NNE, E, S, SSW i SW. Slab vjetar (3 Bf) pokazuje sličnu razdiobu po smjerovima te se najčešće javlja iz prvog kvadranta, najviše iz smjera NE.

Hladno doba godine od studenog do ožujka karakteriziraju česte ciklonalne aktivnosti i prolasci hladnih fronti, koji su katkad praćeni jakim vjetrom. Umjeren do umjereni jak vjetar (4-5 Bf) na postaji Zagreb-Maksimir bilježi se uglavnom iz N, NNE i NE smjerova, s udarima većim od 10,8 m/s (slika 5.3.15 desno). Jugozapadni smjer vjetra dominantan je smjer vjetra na prednjoj strani ciklonalnih poremećaja na kontinentalnim postajama (na moru tada prevladava jugo), pa se olujni udar vjetra povremeno može motriti i iz tog smjera.

Iako su strujanja ljeti u prosjeku slabija nego u hladno doba godine, povremeno se razvija konvektivna naoblaka koja, osim pljuskova, može donijeti i jak vjetar. Jedan takav primjer zabilježen je upravo 19. srpnja 2023. godine. Kao što je prethodno objašnjeno, kada su zadovoljeni određeni uvjeti u atmosferi, ljetna strujanja mogu biti intenzivna zbog razvoja olujnih oblaka, uključujući i supercelije. Takve situacije katkad rezultiraju



Slika 5.3.15. Ruža vjetra za srednje desetominutne brzine (lijevo) te ruža udara vjetra (maksimalne sekundne brzine vjetra u 10-minutnom intervalu; desno) na GMP Zagreb-Maksimir u razdoblju 2000. – 2022. Brzinama manjim od 0,3 m/s pritom nije dodijeljen smjer, a njihov udio istaknut je u sredini prikaza.

maksimalnim godišnjim vrijednostima brzine vjetra, koje se definiraju prosjekom unutar 10-minutnog intervala. Te maksimalne vrijednosti znatno nadmašuju prosječne mjesecne ili godišnje vrijednosti.

Nadalje, maksimalni udari vjetra, odnosno sekundna brzina vjetra, često su dvostruko jači od te maksimalne brzine. S obzirom na to da su područja olujnih udara u grmljavinskim olujama malih horizontalnih dimenzija, očekivana je izraženija lokalna i godišnja promjenjivost nego što je zabilježeno za srednje mjesecne ili godišnje maksimalne brzine vjetra.

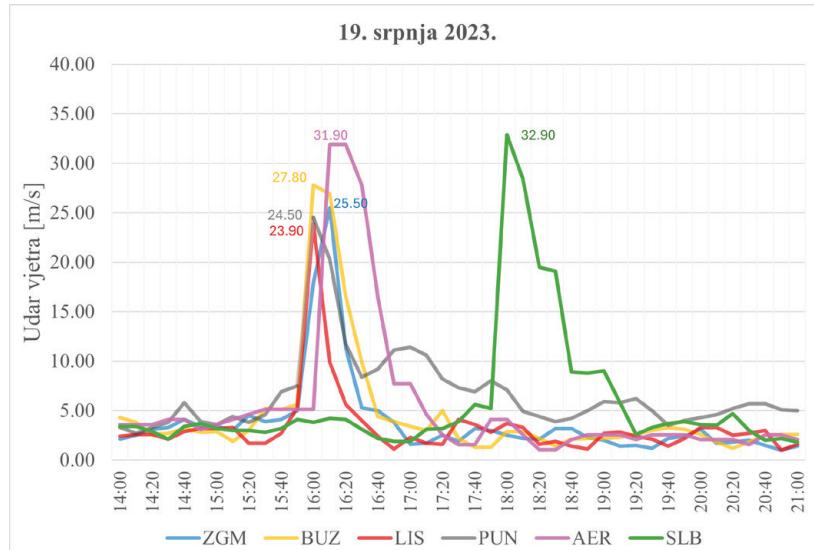
Konvektivni mezoskalni sustav kretao se brzinom od oko 22,2 m/s od alpskog područja preko Slovenije do Hrvatske u poslijepodnevnim satima 19. srpnja 2023., s linijski grupiranim konvektivnim ćelijama od koje su neke bile i superćelije. Mjerenja na lokaciji GMP Zagreb-Maksimir pokazuju da je maksimalni udar vjetra 19. srpnja 2023. zabilježen u 16:10 iz smjera sjeverozapada (NW) te je iznosio 25,5 m/s (slika 5.3.16), što se klasificira kao olujni, na granici orkanskog. Udar vjetra tog iznosa na toj

se lokaciji može očekivati prosječno jednom u dvadesetak godina, što ne znači da se ne može dogoditi i češće.

Iz dostupnih automatskih mjerenja na zagrebačkom području može se uočiti da su na južnjim lokacijama Buzin i Zagreb-aerodrom zabilježeni jači udari vjetra nego na lokaciji Zagreb-Maksimir. Na lokaciji Buzin u 16:00 sati zabilježen je udar vjetra od 27,8 m/s iz smjera zapada (W), dok je na lokaciji Zagreb-aerodrom u 16:10 zabilježen udar vjetra od čak 31,9 m/s (114,8 km/h) iz smjera sjeverozapada. Da je olujni vjetar koji je pooharao Zagreb nesvakidašnji događaj, svjedoče i izmjereni godišnji maksimumi udara vjetra za lokaciju GMP Zagreb-Maksimir (tablica 5.3.2). Najveća dosad zabilježena vrijednost maksimalnog udara vjetra izmjerena je u srpnju 2008. i iznosi 26,1 m/s, što neznatno nadmašuje događaj kojem smo nedavno svjedočili. Najjači udar vjetra na GMP Zagreb-Grič iznosi 30,3 m/s te je izmjerен 28. lipnja 2017., no na potonjoj lokaciji trenutačno nisu uspostavljena automatizirana mjerenja zbog moderni-

Tablica 5.3.2. Maksimalne godišnje (srednje 10-minutne) brzine vjetra ( $V_{10}$ ) te maksimalni godišnji udari vjetra ( $V_m$ ) s pripadnim smjerom na lokacijama GMP Zagreb-Maksimir i GMP Slavonski Brod u razdoblju 2000. – 2022. Iznos maksimalnog godišnjeg iznosa za brzinu vjetra dodatno je istaknut intenzitetom narančaste, a za maksimalni udar vjetra crvene boje.

	GMP Zagreb Maksimir			GMP Slavonski Brod		
	Max $V_{10}$ (m/s)	Max $V_m$ (m/s)	Smjer Max $V_m$	Max $V_{10}$ (m/s)	Max $V_m$ (m/s)	Smjer Max $V_m$
2000	9,0	20,2	WNW	12,5	20,9	NE
2001	10,4	19,3	NNE	10,6	21,5	SW
2002	9,8	22,4	SW	10,9	18,5	NW
2003	9,8	18,9	WNW	11,0	26,0	SW
2004	11,0	20,9	NE	14,1	24,1	WSW
2005	9,5	19,1	NNE	11,9	21,1	NNW
2006	10,2	22,5	NW	14,4	27,1	SW
2007	8,6	17,6	NNE	12,0	23,2	NNW
2008	8,6	26,1	SW	12,2	23,0	NW
2009	8,8	20,2	ESE	11,9	22,5	NNW
2010	8,0	16,7	N	13,9	25,5	N
2011	9,1	16,7	NNE	14,0	25,1	N
2012	8,2	14,9	S	12,5	26,4	W
2013	10,4	23,1	NE	11,0	21,8	NW
2014	11,4	24,5	S	13,1	25,7	NW
2015	9,7	21,2	N	11,7	20,1	N
2016	10,5	18,2	W	14,2	24,0	SW
2017	10,9	22,3	W	14,1	25,9	NNW
2018	8,7	16,3	W	12,5	21,1	S
2019	11,0	21,8	N	16,3	23,2	NW
2020	10,3	22,1	NNE	15,1	30,4	ENE
2021	8,2	18,8	NNE	11,8	26,1	ENE
2022	9,4	22,2	NE	12,9	22,6	NNW



Slika 5.3.16. Izmjereni udari vjetra na postajama Zagreb-Maksimir, Buzin, Lisičine, Puntijarka, Zagreb-aerodrom i Slavonski Brod 19. srpnja 2023. u poslijepodnevnim i večernjim satima. Maksimalni iznos za pojedinu lokaciju u prikazanom razdoblju isписан je u odgovarajućoj boji za pojedinu lokaciju.

zacije meteorološke postaje pa se maksimalni iznos ne može usporediti s nedavnim događajem.

Nakon što je na zagrebačkom području uzrokovalo materijalne štete, a na žalost odnio i ljudske živote, mezoskalni konvektivni sustav premještao se na istok te je, povremeno mijenjajući intenzitet, sličnom žestinom zahvatio još brojne gradove poput Gradišta i Slavonskog Broda. Dok je na GMP Gradište vjetar srušio stup s osjetnicima brzine i smjera vjetra, pa je došlo do prekida u mjerjenjima, na lokaciji GMP Slavonski Brod zabilježen je udar vjetra u 18:00 od čak 32,9 m/s (slika 5.3.16). Radi se o apsolutnom maksimumu udara vjetra za ovu lokaciju. Dotadašnji maksimalni udar na postaji Slavonski Brod za razdoblje 2000. – 2022. iznosio je 30,4 m/s.

## 5.4 Velike vode Mure, Drave i gornje Save tijekom kolovoza 2023.

Tatjana Vujnović, Oliver Rajković,  
Ana-Marija Keliš

Početkom kolovoza 2023. godine u Austriji i Sloveniji te sjevernoj, središnjoj i zapadnoj Hrvatskoj nastalo se nestabilno i oborinama bogato razdoblje koje je prouzročilo visoke vodostaje rijeka Mure, Drave i Save u gornjem dijelu. Intenzivna i obilna oborinska epizoda u Austriji i Sloveniji na terenima koji su već bili zasićeni vodom prouzročila je poplave u tim zemljama koje su poslijedno stigle nizvodno u Hrvatsku, gdje su naglo i značajno porasli vodostaji. Bila je to najveća poplava 2023. i jedna od značajnijih epizoda velikih voda na području Mure i Drave s novodosegnutim ekstremnim vodama.

Iako smo prognozirali da će se spomenuta situacija dogoditi, bilo je teško predvidjeti točne vrijednosti događaja. Ekstremni dotoci Mure, Drave i Save iz uzvodne Slovenije donijeli su povjesno visoke vodostaje u RH. Prognoziranje s detaljnom točnošću u području ekstremnih vodostaja moguće je jedino u gotovo stvarnom

vremenu ili nekoliko sati unaprijed na temelju asimilacije podataka i mjerena uzvodno. Treba napomenuti da su neke hidrološke postaje uzvodno bile poplavljene ili oštećene od plutajućeg otpada te su prestale raditi, da su nasipi na Muri uzvodno od nas bili oštećeni pa se i zbog toga „izgubio“ dio vode iz rijeke, što je otežavalo točnu prognozu.

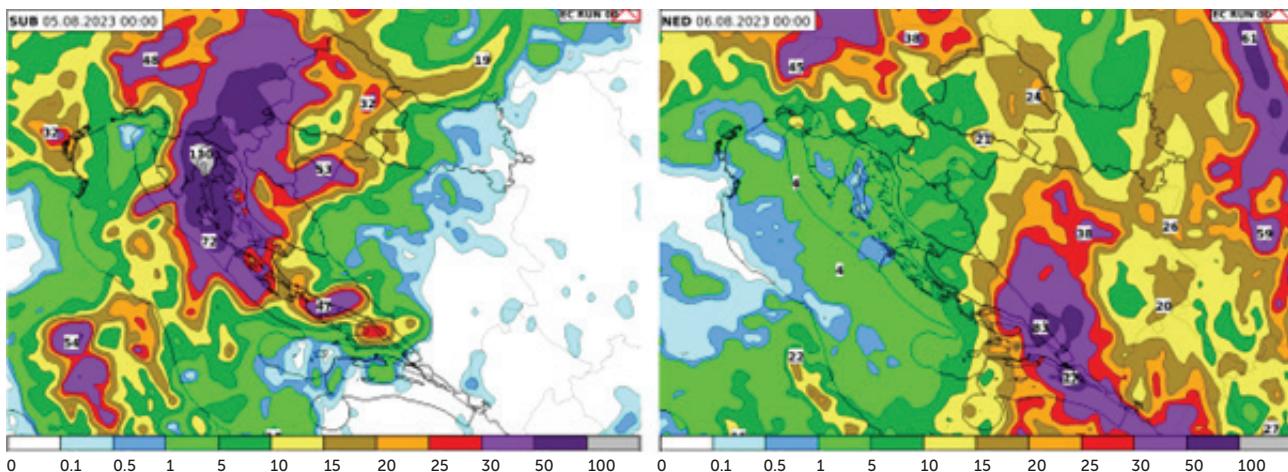
### Prognoze i opis događaja

Meteorološki prognostički modeli danima ranije konzistentno su predviđali razvoj događaja koji je uključivao lokalna intenzivna nevremena i moguću veliku količinu oborine u Hrvatskoj, ali i sjeverozapadno od nas (slika 5.4.1). Na osnovi meteoroloških prognostičkih modела i analize situacije te hidroloških modela DHMZ je 3. kolovoza 2023. izdao priopćenje\* u kojem je opisana navedena situacija i očekivani skri razvoj događaja.

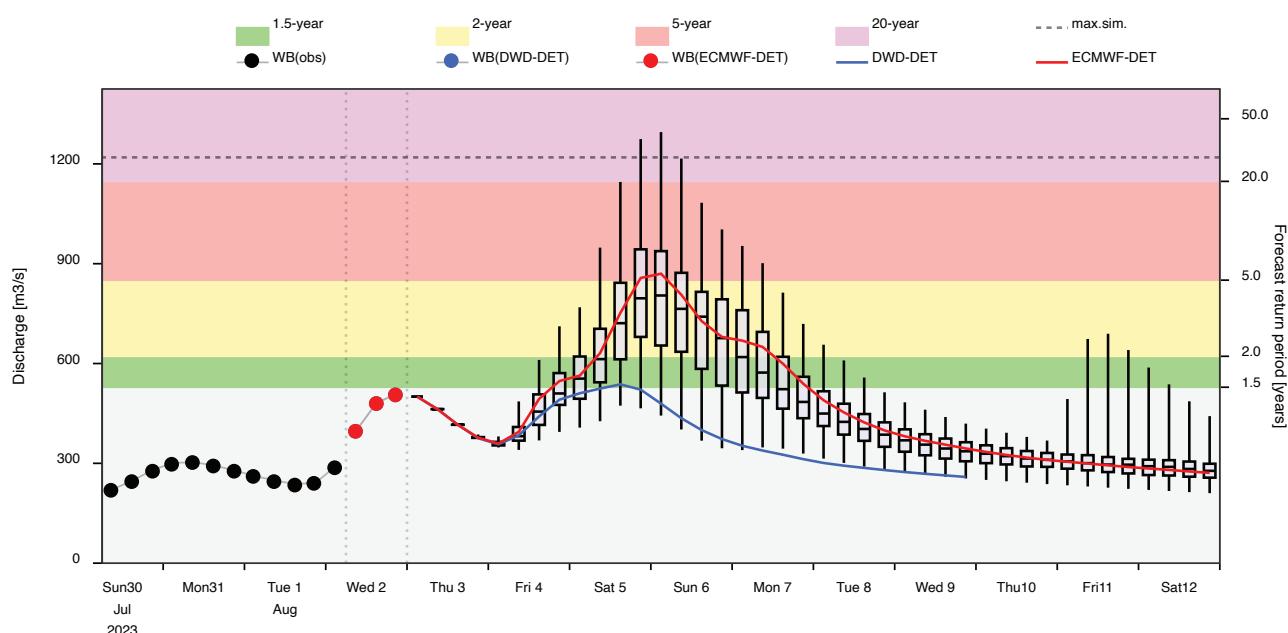
U sklopu hidrološke prognoze u suradnji s EFAS-om (European Flood Awareness System) na snazi su bila formalna upozorenja na mogućnost riječnih i bujičnih poplava u našem dijelu Europe. Izračuni prognostičkih modela upućivali su na veliku vjerojatnost pojave ekstremnih vodostaja na rijekama Muri i Dravi sljedećih dana. Slika 5.4.2 prikazuje prognozirane hidrograme Mure na našoj hidrološkoj postaji Mursko Središće na temelju determinističkih DWD (plava linija) i ECMWF (crvena linija) modela, ali i probabilističkog ECMWF modela (rasap stupica na grafikonu). Linije i stupići prikazuju prognozirane protoke, a boje u podlozi upućuju na povratno razdoblje za ove prognozirane vrijednosti.

Istovremeno su očekivane oborine uzvodno u Sloveniji i Austriji povećale vjerojatnosti EFAS upozorenja na bujične poplave izračunom indeksa ERIC (European Runoff Index based on Climatology) koji su prikazani slikom 5.4.3. Navedeni produkt ERIC prikazuje admini-

\* [https://meteo.hr/objave\\_najave\\_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr03082023](https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn&param=objave&el=priopcenja&daj=pr03082023)



Slika 5.4.1. Prognoza 24-satne akumulirane količine oborine prognostičkog modela ECMWF tijekom petka, 4. kolovoza 2024. (lijevo) i tijekom subote, 5. kolovoza 2024. (desno).



Slika 5.4.2. Prognozirani hidrogrami (EFAS) Mure u Murskom Središću, prognoza 3. kolovoza 2023. u 00:00 h.  
(Discharge – protok, Forecast return period – povratno razdoblje)

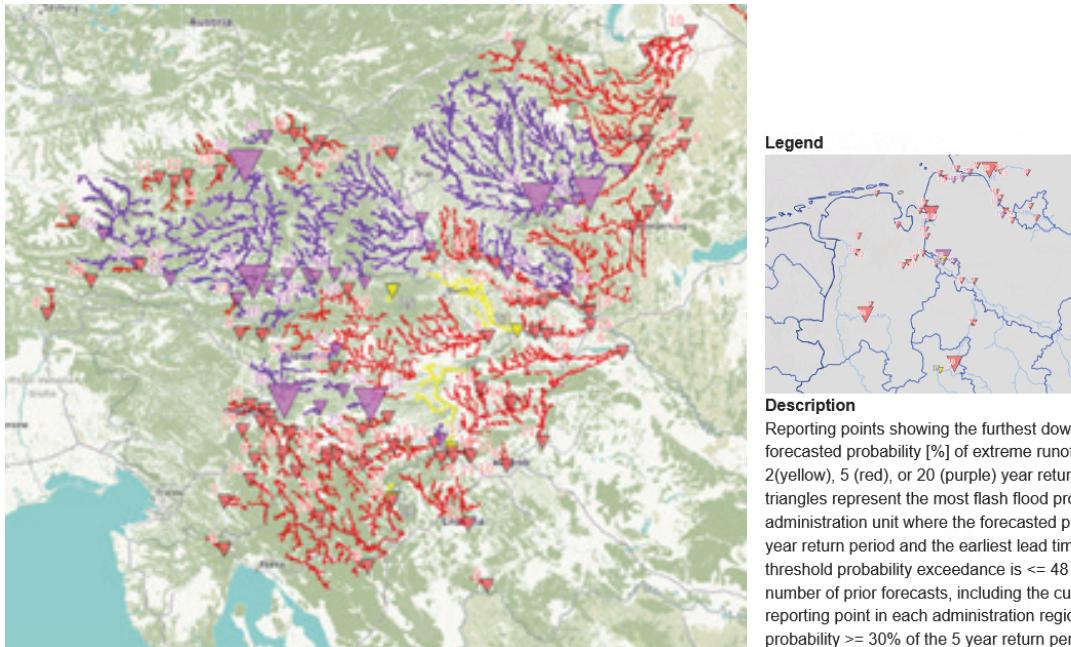
strativne jedinice s povećanom vjerojatnošću za bujične poplave i pripadni hidrogram akumuliranog površinskog otjecanja izražen povratnim periodima.

Ekstremni vodostaji nastaju najčešće kao bujične odnosno riječne poplave. U slučaju bujičnih poplava, što je bilo glavno obilježe situacije uzvodno od nas u Sloveniji, dominantan utjecaj ima velik intenzitet oborine, tj. velika količina u relativno kratkom razdoblju. Posebno je problematično ako stanje intenzivne oborine potraje dulje ili nastupi nakon duljeg oborinom bogatog razdoblja kada je tlo već zasićeno vodom kao što je bilo u Sloveniji i Austriji. U slučaju riječnih poplava, što je bilo glavno obilježe situacije u Hrvatskoj, dominantan utjecaj ima velika količina otjecanja koje se generira na širem uzvodnom slivnom području. Karakteristika je riječnih poplava da ih je znatno lakše predvidjeti, nastaju polaganje i dulje traju, a samim time postoji mogućnost pripre-

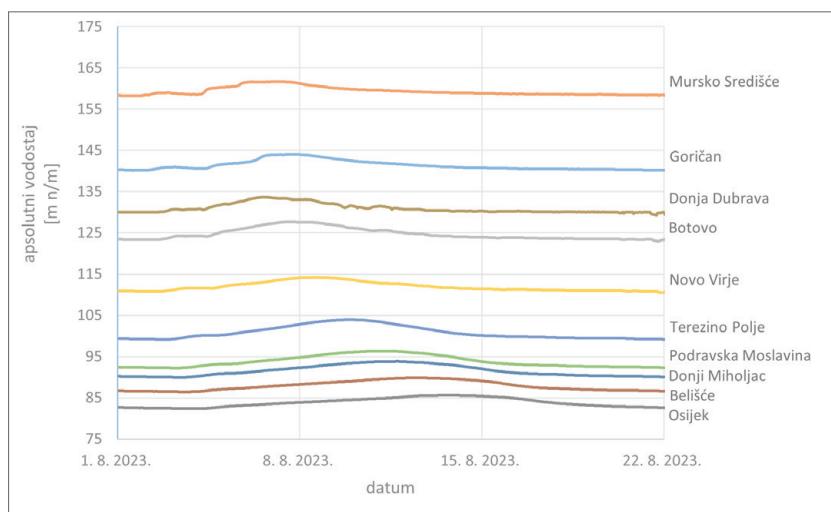
me i poduzimanja dodatnih potrebnih mjer za obranu ljudi i imovine.

Kako je glavnina oborine pala uzvodno na području Slovenije i Austrije, a količine su bile ekstremne, to je generiralo ekstremne protoke naših velikih rijeka. Vodni valovi koji su nastali prolazili su kroz više akumulacija hidroelektrana koje su svojim djelovanjem pomogle u njihovoj transformaciji. Time su smanjeni vršni protoci odnosno vodostaji, a produljeno je njihovo trajanje kako bi se ublažili ekstremni vodostaji u svrhu obrane od poplava.

U gornjem toku Mure i Drave početak tog događaja bio je 3. kolovoza 2023., a vodni val trajao je do 22. kolovoza 2023. u donjem dijelu toka Drave (slika 5.4.4), što je bilo u skladu s prognozama i izdanim upozorenjima. Dostignuti vodostaji jednim su dijelom i premašili dotad zabilježene ekstreme.



Slika 5.4.3. EFAS prognoza bujičnih poplava (ERIC) na slivovima Mure, Drave i Save, prognoza 3. kolovoza 2023. u 00:00 . Boje označavaju povratno razdoblje dogadaja: dvije godine - žuto, pet godina – crveno i 20 godina – ljubičasto.



Slika 5.4.4. Grafički prikaz transformacije vodnog vala na Muri i Dravi.

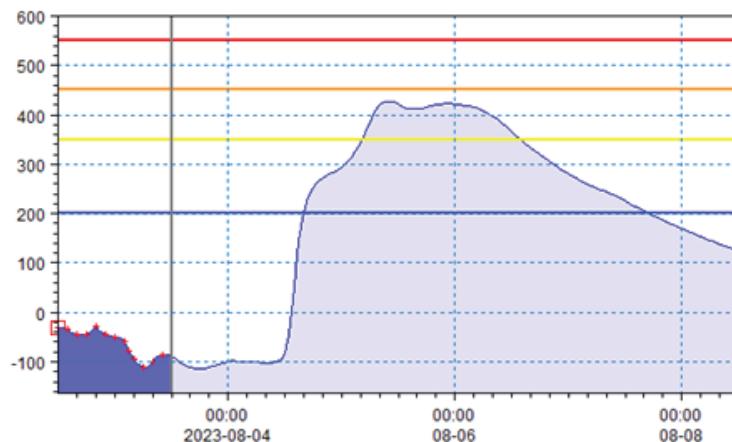
Istovremena situacija velikih voda na gornjoj Savi također je prouzročena ekstremnim oborinama i bujićama u uzvodnom dijelu u Sloveniji gdje su prouzročile goleme štete. Naš vlastiti operativni hidroprognostički model sliva rijeke Save jasno je upućivao na moguće dolazne velike vode iz Slovenije. Na slici 5.4.5 prikazana je prognoza vodostaja Save na hidrološkoj postaji Zagreb 3. kolovoza 2023. u 12:00 h koja ukazuje na moguć iznimno nagli porast vodostaja s ulaskom u znatne mjere obrane od poplave.

Zbog iznimno velike vode Save na ulazu u Hrvatsku prvi je put aktiviran Sustav za rano upozoravanje i upravljanje krizama (SRUUK) putem kojeg su u subotu 5. kolovoza 2023. stanovnici potencijalno ugroženog područja općine Brdovec u 00:58 dobili SMS upozorenje zbog opasnosti od poplavljivanja na području općine uz rijeku Savu.

Na slivu Save je na njezinu ulasku u Hrvatsku na hidrološkoj postaji Drenje Brdovečko 5. kolovoza 2023. dosegnut maksimalni relativni vodostaj od 550 cm. Jedinji viši vodostaj na toj postaji zabilježen je 19. travnja 2010. kada je iznosio 580 cm. Događaj iz kolovoza 2023. druga je najveća voda od početka rada te hidrološke postaje 1999. godine.

O ozbiljnosti situacije na Savi govori i to da se aktivirao preljev Jankomir šesti put od 1979. godine otkad je u funkciji. Preko preljeva Jankomir (slika 5.4.6) i ustave Prevlaka preusmjeravao se višak vode kroz oteretni kanal Sava-Odra odnosno Lonjsko polje te se tako rasteretio protok Save kroz Zagreb sve do Lonjskog polja. Zajedničkim rasterećenjem iznimno visokih voda u Odransko i Lonjsko polje rijeka Sava imala je tek neznatan porast u srednjem i donjem dijelu toka u RH.

[ cm ] 3121 SAVA (ZAGREB)



Slika 5.4.5. Prognoza vodostaja Save na hidrološkoj postaji Zagreb kao rezultat izračuna savskog modela 3. kolovoza 2023. u 12:00 h.



Slika 5.4.6. Preljev Jankomir 6. kolovoza 2023. u večernim satima. Na slici u desnom dijelu jest visoka Sava koja se preko preljeva Jankomir dužine 1 km (na sredini slike) u iznimno visokim vodama slobodno preljeva u oteretni kanal Sava-Odra. Foto: Tatjana Vujnović.

Zbog aktivacije preljeva Jankomir i otvaranja usta-ve Prevlaka rijeka Sava je bila visoka do Lijevog Dubrovčaka te su na toj dionici i zabilježeni novi maksimumi vodostaja.

#### Ozbiljni novi maksimumi

Poplave početkom kolovoza 2023. posebne su po tome što su se dogodile istovremeno na Savi, Muri i Dravi te zahvatile velik dio naše zemlje uz novodosegnute ekstreme. Izabrani relativni vršni vodostaji Mure, Drave i Save tijekom kolovoza 2023. i povjesni relativni maksimalni vodostaji na hidrološkim postajama prikazani su u tablici 5.4.1.

Vidljivo je da su maksimalni vodostaji na Muri, gornjoj Dravi i Savi zabilježeni istog dana, točnije 7. kolovoza 2023., što upućuje na istovremenost poplava na velikom području. Novi maksimumi na Savi zabilježeni su samo kod ustave Prevlaka i obližnjem Dubrovčaku Lijevom unatoč tomu što je ustava Prevlaka odvodila dio Save u Lonjsko Polje od 4. do 9. kolovoza 2023. Iako su rela-

tivni vodostaji premašili povijesne za nekoliko desetaka centimetara, o intenzitetu poplavnog događaja iz kolovoza 2023. najbolje govore postignuta relativno visoka povratna razdoblja (PR) maksimalnih protoka izražena u godinama:

- Mursko Središće – izmjereno  $1220 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
20<sub>god</sub> PR =  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$
- Donja Dubrava – izmjereno  $1939 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
25<sub>god</sub> PR =  $1904 \text{ m}^3/\text{s}$ , 50 PR =  $2106 \text{ m}^3/\text{s}$
- Botovo – izmjereno  $2611 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
100<sub>god</sub> PR =  $2636 \text{ m}^3/\text{s}$
- Drenje Brdovečko  $3510 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
25<sub>god</sub> PR =  $3293 \text{ m}^3/\text{s}$ , 50 PR =  $3742 \text{ m}^3/\text{s}$

Činjenice su da smo imali višednevne visoke vodostaje rijeke Drave cijelim tokom u RH. Istovremenost poplavnog događaja na tri velike rijeke označilo je izvanredno stanje obrana od poplava s uloženo mnogo truda u aktivnosti na zaštiti od poplava na velikom dijelu naše zemlje.

Ovaj poplavni događaj obilježile su i prve dvije aktivacije SRUUK-a u Republici Hrvatskoj s ciljem zaštite stanovništva i imovine tako što je Uprava civilne zaštite slala SMS poruke upozorenja na poplave:

- \* 5. kolovoza 2023. u 00:58 h za stanovnike područja općine Brdovec – opasnost od poplavljivanja na području općine uz rijeku Savu
- \* 7. kolovoza 2023. oko 20:30 h za stanovnike područja općine Hlebine – upozorenje na opasnost probijanja nasipa na Dravi.

#### Međunarodna suradnja sa susjednim zemljama tijekom poplava iz kolovoza 2023.

Sektor za hidrologiju DHMZ-a tradicionalno surađuje s hidrološkim stručnjacima susjednih zemalja u okviru međudržavnih komisija / stručnih grupa razmjenom i uskladištanjem hidroloških podataka na zajedničkim vodotocima. Time se poboljšava točnost vodomjerenja, vodne bilance, zaštita od poplava, ali i hidrološke prognoze.

Tijekom ekstremnih voda na Muri, Dravi i gornjoj Savi intenzivno smo surađivali u stvarnom vremenu s

Tablica 5.4.1. Novozabilježeni maksimalni relativni vodostaji obilježeni crvenom bojom na hidrološkim postajama Mure, Drave i Save tijekom poplavnog događaja iz kolovoza 2023.

Vodotok	ID	Hidrološka postaja	Vršni relativni vodostaj 8/2023 (cm)	Datum	Povijesni maksimalni relativni vodostaj (cm)	Datum
Mura	5044	Mursko Središće	543	7. 8. 2023.	528	15. 9. 2014.
Mura	5035	Goričan	550	7. 8. 2023.	551	15. 9. 2014.
Drava	5008	Botovo	616	7. 8. 2023.	577	16. 9. 2014.
Drava	5098	Novo Virje Skela	532	8. 8. 2023.	502	16. 9. 2014.
Drava	5164	Vrbovka	704	10. 8. 2023.	689	19. 9. 2014.
Sava	2569	Ustava Prevlaka	705	7. 8. 2023.	633	15. 9. 2014.
Sava	3373	Dubrovčak Lijevi	876	7. 8. 2023.	865	10. 11. 1948.

kolegama iz ARSO-a iz Slovenije koji su, unatoč iznimno lošoj hidrološkoj situaciji u svojoj državi, dostavljali najbolje moguće podatke za naše hidrološke prognoze i rad.

Istovremeno smo s kolegama iz Országos Vízügyi Föigazgatósága iz Mađarske u stvarnom vremenu dogovarali vodomjerjenja na Muri i Dravi kako bismo rasporедili njihovu i našu vodomjernu ekipu na različite vodomjerne postaje tijekom vrha vodnog vala diljem rijeka i time zajednički prikupili više iznimno vrijednih podataka. Iznimno je važna bila i komunikacija s Hrvatskim vodama koji su nam javljali prohodnost cesta, tj. dijelove koji su bili otvoreni za promet jer nisu bili poplavljeni, kako bi ekipe uopće mogle pristupiti rijekama.

U situaciji ovakvih poplava ova suradnja pridoni-jela je uspješnjim prognozama, sadašnjem i budućem radu ustlijed novih prikupljenih i izmjerenih podataka, ali i upravljanju u ovoj kriznoj situaciji.

tila lipanj i kolovoz bili su pretežno normalni i mjestimice topli, a srpanj je bio topao i vrlo topao na području cijele Hrvatske, od  $1,0^{\circ}\text{C}$  (Varaždin) do  $2,1^{\circ}\text{C}$  (Zavižan) u odnosu na 30-godišnji prosjek (poglavlje 1.2).

Protokol o postupanju i preporukama za zaštitu od vrućine Ministarstva zdravstva Republike Hrvatske određuje da razdoblje kada se izdaju upozorenja na toplinske valove koji mogu djelovati na zdravlje traje od svibnja do kraja listopada. Točan datum početka izdavanja upozorenja utvrđuje Državni hidrometeorološki zavod na temelju dugoročnije prognoze i izgleda za pojavu uvjeta opasnosti od toplinskih valova.

Prvi toplinski val u 2023. godini zabilježen početkom treće dekade lipnja bio je kratkog trajanja (slika 5.5.1). Temperatura zraka bila je viša od višegodišnjeg prosjeka, a uz visoke vrijednosti maksimalnih temperatura zraka uočene su i prve tople noći (minimalna temperatura zraka ne spušta se ispod 20 °C) u 2023. godini. Naznake da će temperatura zraka rasti i prvi put u ljetu 2023. zadovoljiti kriterije za izdavanje upozorenja od toplinskog vala uočene su 18. lipnja. Prema prognoziranim minimalnim i maksimalnim temperaturama zraka za četvrti dan prognoze, odnosno za 22. lipnja, izdano je upozorenje za umjerenu opasnost od toplinskog vala u cijeloj Hrvatskoj. Već sljedećeg dana, u prognozi za treći dan, razina opasnosti za 22. lipnja u središnjoj Hrvatskoj i Pokuplju podignuta je na veliku, što je i ostvareno prema podacima mjerjenja. Početak toplinskog vala u unutrašnjosti prognoziran je dva dana unaprijed, zajedno s

### 5.5 Toplinski valovi tijekom ljeta 2023.

Lidija Srnec, Sara Ivasić,  
Ivana Havrle Kozarić

Srednja temperatura zraka u ljetnoj sezoni 2023. godine u cijeloj Hrvatskoj bila je viša od višegodišnjeg prosjeka za razdoblje 1991. – 2020. u rasponu od  $0,4^{\circ}\text{C}$  (Makarska) do  $1,4^{\circ}\text{C}$  (Bilogora). Prema razdiobi percen-

Ispunjena 2023.	1.6.	2.6.	3.6.	4.6.	5.6.	6.6.	7.6.	8.6.	9.6.	10.6.	11.6.	12.6.	13.6.	14.6.	15.6.	16.6.	17.6.	18.6.	19.6.	20.6.	21.6.	22.6.	23.6.	24.6.	25.6.	26.6.	27.6.	28.6.	29.6.	30.6.	
Istočna Hrvatska (Osijek)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	
Središnja Hrvatska (Zagreb)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	
Pokuplje (Karlovac)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	
Unutrašnjost Dalmacije (Krin)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
Sjeverni Jadran (Rijeka)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Srednji Jadran (Split)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Južni Jadran (Dubrovnik)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
srpanj 2023.	1.7.	2.7.	3.7.	4.7.	5.7.	6.7.	7.7.	8.7.	9.7.	10.7.	11.7.	12.7.	13.7.	14.7.	15.7.	16.7.	17.7.	18.7.	19.7.	20.7.	21.7.	22.7.	23.7.	24.7.	25.7.	26.7.	27.7.	28.7.	29.7.	30.7.	31.7.
Istočna Hrvatska (Osijek)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Središnja Hrvatska (Zagreb)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pokuplje (Karlovac)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unutrašnjost Dalmacije (Krin)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Sjeverni Jadran (Rijeka)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Srednji Jadran (Split)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Južni Jadran (Dubrovnik)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	0	1
kolovoz	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.	15.8.	16.8.	17.8.	18.8.	19.8.	20.8.	21.8.	22.8.	23.8.	24.8.	25.8.	26.8.	27.8.	28.8.	29.8.	30.8.	31.8.
Istočna Hrvatska (Osijek)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Središnja Hrvatska (Zagreb)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pokuplje (Karlovac)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unutrašnjost Dalmacije (Krin)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sjeverni Jadran (Rijeka)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Srednji Jadran (Split)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	2	0
Južni Jadran (Dubrovnik)	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	3	3	3	3	2	1	0

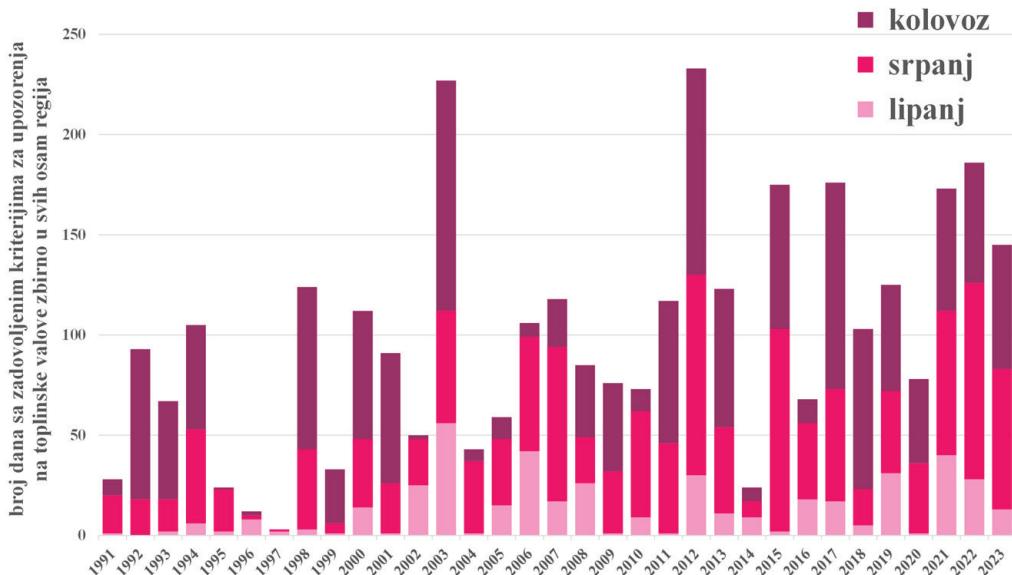
Slika 5.5.1. Toplinski valovi u razdoblju lipanj – kolovoz 2023. definirani prema mjerenim minimalnim i maksimalnim temperaturama zraka u osam regija Hrvatske. Podaci za kninsku regiju u kolovozu nisu potpuni (označeno sivo).

Pokupljem dan ranije. Može se reći da je prvi toplinski val u 2023. godini trajao od 21. do 23. lipnja, uz veliku opasnost za zdravlje u unutrašnjosti zemlje (na zagrebačkom području 21. lipnja, zagrebačkom i karlovačkom području 22. lipnja te osjećkom 23. lipnja). U ostalim dijelovima zemlje ako je postojao rizik za zdravlje bio je umjeren. Razvoju ovog toplinskog vala pogodovalo je dominantno djelovanje termobaričkog grebena s juga uz izražen dotok toplog i suhog zraka. 23. lipnja prekinula ga je termobarička dolina s prizemnim frontalnim poremećajem. S prolaskom hladne fronte preko područja Hrvatske došlo je do osvježenja i završetka prvog toplinskog vala.

Drugi toplinski val s različitim intenzitetom i trajanjem zahvatio je cijelu Hrvatsku u srpnju. Iako su prognozička upozorenja izdavana za cijelu zemlju i do tri dana unaprijed za razdoblje od 10. do 13. srpnja te uz viši stupanj opasnosti od toplinskog vala za kraći korak prognoze, ona se nisu posvuda realizirala, a opaženi stupanj opasnosti bio je niži od prognoziranog. Uz dugotrajnu advekciju toplog zraka s područja sjeverne Afrike unutar termobaričkog grebena uvjeti za umjerenu i veliku opasnost od toplinskog vala postignuti su na sjevernom Jadranu 9. i 10. srpnja, a zatim i u središnjoj Hrvatskoj i Pokuplju 10. i 11. srpnja. Dana 12. srpnja kriteriji za toplinski val bili su zadovoljeni u cijeloj unutrašnjosti i na području srednjeg Jadranu. Potom se sa sjeverozapada nad sjeverna područja premjestila hladnija i vlažnija zračna masa uzrokujući nestabilnosti i kratkotrajni pad temperature u većem dijelu unutrašnjosti Hrvatske, dok je duž obale, zbog kontinuirane tople advekcije s juga, toplinski val ojačao. Sljedećih je dana u jugozapadnom strujanju pritjecao sve topliji zrak po visini te je ubrzo prevladalo djelovanje termobaričkog grebena s juga. Intenzitet toplinskog vala postupno se povećavao duž obale i mjestimice u unutrašnjosti. 16. srpnja zadovoljeni su kriteriji za upozorenja u cijeloj zemlji izuzevši središnju Hrvatsku. Intenzitet rizika bio je niži u unutrašnjosti zemlje i na krajnjem jugu. Sljedećeg je dana stupanj ri-

zika u cijeloj zemlji bio velik, na srednjem Jadranu vrlo velik. Prognozirana upozorenja u razdoblju od 16. do 19. srpnja po trajanju i intenzitetu bila su znatno uspješnija uz Jadran i u gorskim krajevima nego u unutrašnjosti zemlje za sve vremenske korake prognoze. Uz približavanje hladnije zračne mase, a posebno nakon olujnog nevremena 19. srpnja koje je zahvatilo veći dio kontinentalnog dijela Hrvatske, sljedećih dana u unutrašnjosti i na sjevernom Jadranu više nije bilo dosegnutih kriterija za toplinski val. Kratkotrajni porast temperature zraka zbog tople advekcije u jugozapadnom strujanju netom prije dolaska termobaričke doline, uz umjerenu opasnost od toplinskog vala, zabilježen je u gorskoj Hrvatskoj i unutrašnjosti Dalmacije 24. srpnja te sljedećeg dana uz vrlo veliku opasnost u istim dijelovima zemlje, a umjerenu na istoku zemlje i u Pokuplju. Na Jadranu, osobito njegovu srednjem i južnom dijelu, toplinski val trajao je dulje i bio je jačeg intenziteta. Srpanjski toplinski val najdulje je trajao na srednjem Jadranu, od 12. do 25. srpnja, uz pet dana s uvjetima za vrlo veliku opasnost. Na južnom Jadranu kriterij za izdavanje upozorenja bio je ispunjen 13. i 14. srpnja te između 16. i 25. srpnja kada su u šest dana nastupili uvjeti za vrlo veliku opasnost od toplinskog vala na ljudsko zdravљe. Kraj ovog dugotrajnog toplinskog vala, 25. srpnja, u gotovo svim dijelovima Hrvatske obilježen je visokim minimalnim temperaturama zraka, koje su dodatno pojačale opasnost od toplinskog vala u odnosu na prethodni dan. Srpanjski toplinski val završio je prolaskom ciklone i frontalnog sustava preko Jadranu s kojim je stigla hladnija zračna masa uz veliku količinu vlage.

Krajem srpnja i početkom kolovoza samo su mještimočno postignuti uvjeti za pojedinu vrstu opasnosti od toplinskog vala. Zbog fenskog efekta bure minimalna temperatura od 23,5 °C u Kninu 31. kolovoza zadovoljila je uvjet za vrlo veliku opasnost od toplinskog vala. Isti je razlog umjerenoj opasnosti 31. srpnja i 2. kolovoza te velikoj 1. kolovoza u Dubrovniku. Zbog jačanja jugozapadnog strujanja u predfrontalnom dotoku toplog zra-



Slika 5.5.2. Ukupan broj upozorenja na opasnost od djelovanja toplinskog vala na zdravlje ljudi definiranih prema mjeranim minimalnim i maksimalnim temperaturama zraka u osam regija Hrvatske za razdoblje 1991. – 2023. (Podaci u 1995., 2022. i 2023. godini nisu potni zbog nedostajućih mjeranja na postaji Knin.)

Tablica 5.5.1. Srednji godišnji broj vrućih dana (dan u kojem je maksimalna dnevna temperatura  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) tijekom ljeta (razdoblje: lipanj – kolovoz) po desetljećima te za razdoblje 2021. – 2023. za meteorološke postaje Osijek, Zagreb Maksimir, Karlovac, Gospic, Knin, Rijeka, Split-Marjan i Dubrovnik. (Podaci u 1995., 2022. i 2023. godini nisu potpuni zbog nedostajućih mjerena na postaji Knin.)

vrući dani	1991. – 2000.	2001. – 2010.	2011. – 2020.	2021. – 2023.
istočna Hrvatska (Osijek)	26	32	37	44
središnja Hrvatska (Zagreb)	21	27	33	35
Pokuplje (Karlovac)	26	28	34	37
gorska Hrvatska (Gospic)	14	21	24	29
unutrašnjost Dalmacije (Knin)	46	53	57	50
sjeverni Jadran (Rijeka)	29	40	46	53
srednji Jadran (Split)	45	52	57	65
južni Jadran (Dubrovnik)	32	37	44	54

Tablica 5.5.2. Srednji godišnji broj toplih noći (dan u kojem je minimalna dnevna temperatura  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ) tijekom ljeta (razdoblje: lipanj – kolovoz) po desetljećima te za razdoblje 2021. – 2023. za meteorološke postaje Osijek, Zagreb Maksimir, Karlovac, Gospic, Knin, Rijeka, Split-Marjan i Dubrovnik. (Podaci u 1995., 2022. i 2023. godini nisu potpuni zbog nedostajućih mjerena na postaji Knin.)

tople noći	1991. – 2000.	2001. – 2010.	2011. – 2020.	2021. – 2023.
istočna Hrvatska (Osijek)	2	4	5	8
središnja Hrvatska (Zagreb)	2	5	9	12
Pokuplje (Karlovac)	2	1	2	3
gorska Hrvatska (Gospic)	0	0	0	1
unutrašnjost Dalmacije (Knin)	7	10	10	10
sjeverni Jadran (Rijeka)	30	38	40	50
srednji Jadran (Split)	66	70	73	79
južni Jadran (Dubrovnik)	66	70	78	81

ka kratkotrajno je 3. i 4. kolovoza zabilježena umjerena i velika opasnost od toplinskog vala u gorskoj Hrvatskoj te umjerena na srednjem Jadranu 4. kolovoza.

Intenzivan treći toplinski val u ljetu 2023. bio je prisutan u posljednjoj dekadi kolovoza zbog dugotrajne advekcijske toplog i suhog zraka s juga i jugozapada. Umjerena je opasnost 18. i 19. kolovoza bila prisutna uz područje Jadrana, 20. kolovoza opasnost se povećala, a sljedeća četiri dana duž cijelog Jadrana opasnost je bila vrlo velika. Od 23. kolovoza opasnost od toplinskog vala bila je prisutna i za unutrašnjost zemlje uz trajanje kao i na Jadranu sve do 27. odnosno 28. kolovoza. Razvoj i intenzitet posljednjeg toplinskog vala u Hrvatskoj u 2023. godini podržala je topla zračna masa iznad šireg područja južne i jugozapadne Europe. Prekinula ga je duboka termobarička dolina s hladnim zrakom unutar koje se prizemno formirala ciklona te donijela kišu i znatno zahladnjenje nad naše krajeve. Iako je maksimalni stupanj opasnosti od toplinskog vala zabilježen ranije u odnosu na prognozu, početak, intenzitet i trajanje trećeg toplinskog vala prilično su dobro prognozirani.

U 2023. godini bilo je ukupno 145 dana kada su zadovoljeni kriteriji za izdavanje upozorenja od utjecaja

toplinskog vala na zdravlje u svih osam hrvatskih regija (slika 5.5.2). U razdoblju od 1991. do 2023. godine zabilježen je porast dana s ispunjenim kriterijima za zdravstveni rizik od toplinskog vala u iznosu od 3,1 dan godišnje. U provedenoj analizi korišteni su podaci s postaje Knin, za koju od kolovoza 2023. godine nisu dostupni svi podaci. Na istoj postaji također nedostaju i podaci u 2022. te 1995. godini. Stoga je vjerojatno da su dobiveni rezultati malo nižih vrijednosti nego u slučaju da je niz potpun.

Budući da u proračun opasnosti od toplinskog vala ulaze vrijednosti minimalne i maksimalne temperaturе zraka, u dalnjem su radu prikazani dani definirani na osnovi fiksne granice ovih temperatura. Vrućim danima smatramo dane kada je maksimalna temperatura zraka 30 ili više stupnjeva. U posljednje tri dekade zabilježen je porast broja vrućih dana u svih osam hrvatskih regija (tablica 5.5.1). Posebno neugodne mogu biti tople noći, kada je minimalna temperatura zraka 20 ili više stupnjeva. Tijekom takvih noći onemogućeno je prijeko potrebljivo ohlađivanje organizma i kvalitetan odmor. Broj toplih noći također je u porastu u posljednje tri dekade u svim hrvatskim regijama osim gorske Hrvatske (tablica 5.5.2).

## 6. OCJENA KLIME NA GLOBALNOJ LJESTVICI ZA 2023. GODINU

Lidija Cvitan,  
sažetak prema *WMO Provisional State of the Global Climate in 2023*

U sljedećim poglavljima iznosi se sažet pregled stanja klimatskog sustava i koncentracija stakleničkih plinova na globalnoj ljestvici objavljen u publikaciji Svjetske meteorološke organizacije WMO State of the Global Climate in 2023.

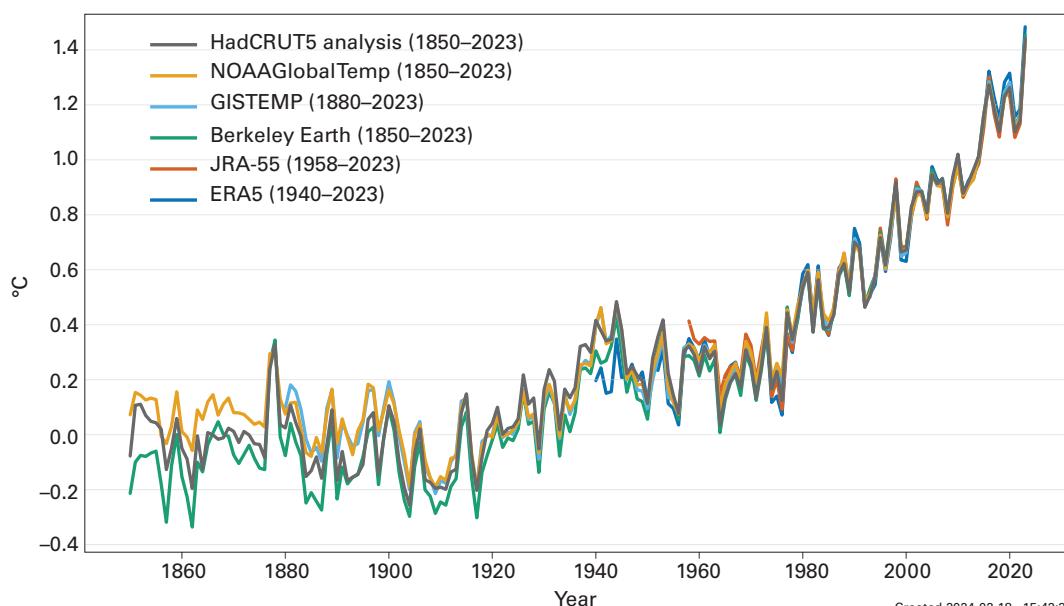
### 6.1 Površinska temperatura zraka

Globalna srednja temperatura zraka za 2023. godinu bila je  $1,45 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  viša od prosjeka za predindustrijsko referentno razdoblje 1850. – 1900. (slika 6.1). Analiza utemeljena na sintezi šest skupova podataka o globalnoj temperaturi pokazala je da je 2023. bila najtoplja godina u 174-godišnjem instrumentalnom zapisu u svakom od šest skupova podataka. Prethodne dvije najtoplje godine bile su 2016. s anomalijom od  $1,29 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$  i 2020. s anomalijom od  $1,27 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ . Proteklih devet godina – od 2015. do 2023. – bilo je devet najtopljih godina, a desetogodišnje razdoblje od 2014. do 2023. bilo je najtoplje desetljeće u povijesti mjerjenja.

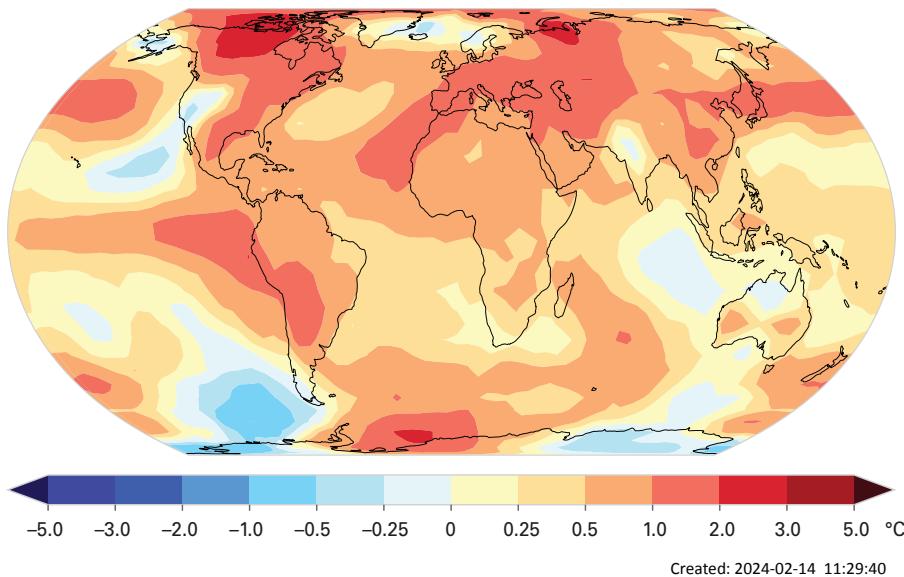
Globalno najtoplji mjesec u povijesti mjerjenja bio je svaki mjesec od lipnja do prosinca 2023. Rujan 2023. bio je posebno vrijedan pozornosti, najviše premašivši prethodni globalni rekord za rujan u svim skupovima podataka za  $0,46^{\circ}\text{C} – 0,54^{\circ}\text{C}$ . Drugi najveći raspon za koji je oboren rujanski rekord u posljednjih 60 godina (razdoblje obuhvaćeno svim skupovima podataka) bio je znatno manji, odnosno iznosio je  $0,03^{\circ}\text{C} – 0,17^{\circ}\text{C}$  i ostvaren je 1983. godine. Srpanj je najčešće najtoplji mjesec u godini na globalnoj razini, a srpanj 2023. postao je najtoplji mjesec dosad zabilježen.

Uz dugoročno povećanje globalne temperature zraka kao posljedice povećane koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi, u 2023. godini kao kratkoročni klimatski pokretač porasta temperature bio je izražen prijelaz s La Niňe, koja je trajala od sredine 2020. do početka 2023., na potpuno razvijene uvjete El Niňa do rujna 2023. Naime, pojavu La Niňe karakteriziraju ispodprosječne temperature površine mora u središnjem i istočnom tropskom Pacifiku i jačanje pasata, pa ta pojava najčešće utječe na privremeno smanjenje globalne temperature zraka. Nasuprot tomu za vrijeme El Niňa u ekvatorijalnom su području pozitivne anomalije površinske temperature Tihog oceana, pa on uglavnom utječe na privremeno povećanje globalne temperature zraka. Međutim, neka područja neuobičajenog zagrijavanja, poput sjeveroistočnog Atlantika (slika 6.2), ne odgovaraju tipičnim načinima zagrijavanja ili hlađenja povezanih s El Niňom. Drugi čimbenici, koji se još istražuju, također su mogli pridonijeti iznimnom zagrijavanju od 2022. do 2023., za koje je malo vjerojatno da su posljedica samo unutarnje varijabilnosti.

Između kasnog proljeća (na sjevernoj hemisferi) i kraja 2023. globalne prosječne temperature površine mora (SST) također su bile rekordno visoke. Rekordi za srpanj, kolovoz i rujan nadmašili su prethodne za  $0,21^{\circ}\text{C} – 0,27^{\circ}\text{C}$ . Iznimna toplina u odnosu na klimatsko razdoblje 1991.– 2020. zabilježena je u istočnom dijelu sjevernog Atlantika, Meksičkom zaljevu i Karibima, sjevernom Pacifiku koji se proteže istočno od Japanskog mora, Arapskom moru i velikim područjima Južnog oceana (nazvan i Južni polarni ocean ili Antarktički ocean, koji okružuje Antarktik).



Slika 6.1. Godišnje anomalije globalne srednje temperature zraka (u odnosu na 1850. – 1900.). Izvor: Podaci su iz šest skupova podataka navedenih u legendi.



Created: 2024-02-14 11:29:40

Slika 6.2. Srednje anomalije temperature blizu površine za 2023. (razlika od prosjeka za 1991. – 2020.). Izvor: Podaci su medijan šest skupova podataka navedenih u legendi slike 6.1.

Globalne anomalije temperature kopna dosegle su rekordne razine u srpnju i kolovozu, nešto kasnije nego globalne anomalije temperature površine mora (SST), ali je rujanski prosjek također bio rekordan, odnosno za  $0,53^{\circ}\text{C}$  –  $0,71^{\circ}\text{C}$  viši od prethodnog rekorda. Drugi najveći raspon za koji je oboren rekord u posljednjih 60 godina iznosi  $0,22^{\circ}\text{C}$  –  $0,27^{\circ}\text{C}$  u rujnu 2002. Godine 2023. većina kopnenih područja bila je toplija od prosjeka iz klimatskog razdoblja 1991. – 2020. (slika 6.2). Neuobičajena toplina uočena je na velikim područjima sjeverne Kanade, juga Sjedinjenih Američkih Država, Meksika i Srednje Amerike, kao i velikih područja Južne Amerike. Velika područja od središnje Azije do zapadne Europe uključujući dijelove sjeverne Afrike i Arapskog poluotoka također su bila neobično topla, kao i jugoistočna Azija i Japan.

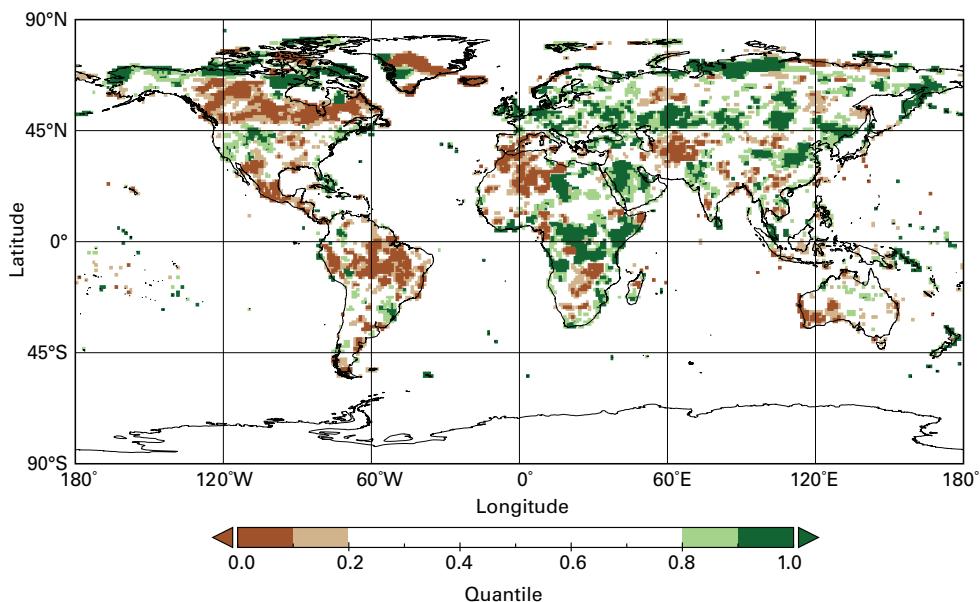
Tijekom 2023. godine u raznim dijelovima svijeta pojavili su se mnogi značajni toplinski valovi. Neki od najznačajnijih zahvatili su južnu Europu i Sjevernu Afriku, osobito u drugoj polovini srpnja, kada je nastupila jaka i iznimno postojana vrućina. Posebno je pogodena Italija, s temperaturom koja je 24. srpnja dosegnula  $48,2^{\circ}\text{C}$  u Lotzoraju i Jerzuu na Sardiniji, samo  $0,6^{\circ}\text{C}$  ispod europskog rekorda postavljenog na Siciliji 2021. U Milanu je 23. kolovoza zabilježena srednja dnevna temperatura od  $32,98^{\circ}\text{C}$ , što je najviša dnevna temperatura od 1763. godine. Među ostalim lokacijama s rekordno visokim temperaturama bili su Tunis ( $49,0^{\circ}\text{C}$  24. srpnja), Tirana ( $43,0^{\circ}\text{C}$  25. srpnja), Agadir (Maroko) ( $50,4^{\circ}\text{C}$  11. kolovoza) i Alžir ( $49,2^{\circ}\text{C}$  23. srpnja). Krajem srpnja ekstremne vrućine zabilježene su u jugoistočnoj Europi, a daljnji toplinski valovi zahvatili su zapadni dio središnje Europe krajem kolovoza i početkom rujna (vidjeti pog. 5.4). Brojne lokacije u južnoj Francuskoj, sjevernoj Španjolskoj i zapadnoj Švicarskoj postavile su rekorde tijekom tih događaja, primjerice  $42,4^{\circ}\text{C}$  23. kolovoza u Touloueu (Francuska).

## 6.2 Oborina

U usporedbi s temperaturom zraka oborinu karakterizira veća prostorna i vremenska varijabilnost.

Ukupne godišnje količine oborine u 2023. bile su iznad dugogodišnjeg prosjeka (slika 6.3) u istočnoj i središnjoj Aziji te dijelovima sjeverne Azije, zapadnoj indijskoj ljetnoj monsunskoj regiji, dijelovima Maritimnog kontinenta (klimatološki važno područje otoka i mora između kopna jugoistočne Azije i Australije te između Indijskog i Tihog oceana) sjevernom Novom Zelandu, dijelovima zapadne, središnje, južne i istočne Afrike, zapadne, srednje i jugoistočne Europe, južne Skandinavije, zapadnom Bliskom istoku, sjeverozapadnoj, jugozapadnoj i jugoistočnoj Sjevernoj Americi, Velikim Antilima i dijelovima jugoistočne Južne Amerike.

Neke najopasnije velike količine oborine i poplave bile su povezane s tropskim ciklonima. Među najopasnijima po broju ljudskih žrtava bio je mediteranski ciklon (ili „medican“), lokalno nazvan oluja Daniel, koji je u rujnu prouzročio ekstremne količine kiše u južnoj Bugarskoj, Grčkoj i dijelovima Turske, dok je drugi oljni sustav istodobno prouzročio velike bujične poplave u Španjolskoj. Najveće količine pale su u Tesaliji u Grčkoj, gdje je Zagora, Pelion, primila 760 mm 5. rujna, a ukupno 1096 mm od 4. do 8. rujna, dok je u Bugarskoj 329 mm oborine pala u 16 sati u Kosti 4. i 5. rujna. Velike „kišne trake“ te oluje 10. i 11. rujna pogodile su sjeveroistočnu Libiju. Ekstremne kiše zahvatile su obalu i obližnje planine, pri čemu je 414 mm pala u 24 sata u Al-Baydi. Intenzivne kiše rezultirale su ekstremnim poplavama u regiji, osobito gradu Derni (oko 50 km istočno od Al-Bayde). Tropski ciklon Freddy u veljači i ožujku bio je jedan od najdugotrajnijih tropskih ciklona na svijetu. Formirao se 6. veljače uz zapadnu obalu Australije te prešao u Madagaskar, Mozambik i Malavi. Prije nego što se preselio u unutrašnjost kontinenta, ciklon Freddy prouzročio je 11. ožujka poplavu u Malaviju i Mozambiku jer je pala iznimo jaka kiša (do 672 mm tijekom oluje u Mozambiku).



Slika 6.3. Ukupna količina oborine u 2023., izražena kao percentil referentnog razdoblja 1991. – 2020., za područja gdje bi 2023. pripadala među najsušnjih 20 % (smeđe) i najkišovitijih 20 % (zeleno) godina tijekom referentnog razdoblja, a s tamnjim nijansama smeđe i zelene boje koje označavaju pripadnost najsuših i najvlažnijih 10 % godina. Izvor: Globalni klimatološki centar za oborine (GPCC), Deutscher Wetterdienst (DWD), Njemačka.

Velike količine oborine donio je i ciklon Gabrielle, koji je 13. i 14. veljače prošao istočno od Sjevernog otoka Novog Zelanda. Dnevne količine oborine premašile su 500 mm u dijelovima istočnog dijela Sjevernog otoka.

Početak zapadnoafričkog monsuna bio je manje-više normalan. Područje Velikog afričkog roga, koje je iskusilo dugotrajnu sušu od 2020. do početka 2023., kada su uvelike bili prisutni uvjeti La Niňe i neutralni do negativni dipol Indijskog oceana (IOD), pretrpjelo je velike poplave u 2023. godini, osobito kasnije tijekom godine kada su padale obilne kiše povezane s El Niňom i pozitivnim IOD-om. Dipol Indijskog oceana (IOD), poznat i kao indijski Niňo, nepravilna je oscilacija temperature površine mora u kojoj zapadni Indijski ocean postaje naizmjenično topliji (pozitivna faza), a zatim hladniji (negativna faza) od istočnog dijela oceana.

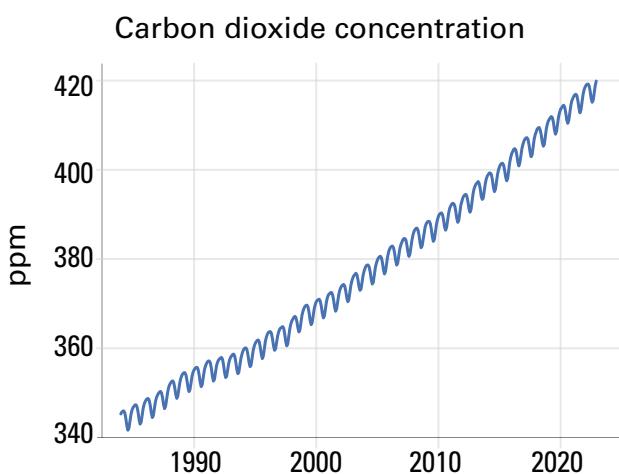
Regije s izraženim deficitom oborina uključivale su jugoistočnu Južnu Ameriku, sliv Amazone i veći dio Srednje Amerike, južnu Kanadu, područje zapadnog Mediterrana i jugozapadne Europe, dijelove sjeverozapadne, središnje i južne Afrike, dijelove srednje Azije, monsunko područje istočne Indije, dijelove jugoistočne Azije i Maritimnog kontinenta, jugozapadne i obalne sjeverne Australije i mnoge pacifičke otoke.

Među najznačajnijim područjima suše bilo je područje sumpotske Južne Amerike, osobito sjeverna Argentina i Urugvaj. Oborine su od siječnja do kolovoza 2023. godine bile 20 – 50 % ispod prosjeka u većem dijelu sjeverne i središnje Argentine, pri čemu je u nekim regijama 2023. bila četvrta uzastopna godina znatno ispodprosječnih oborina. Kasnije tijekom godine ublaženi su sušni uvjeti u sumpotskoj Južnoj Americi, no pojačali su se u mnogim dijelovima unutrašnjosti kontinenta, uključujući i velike dijelove amazonskog bazena. Osam brazilskih država zabilježilo je najniže oborine od srpnja do rujna u više od 40 godina. Rio Negro u Manausu

dosegao je rekordno nisku razinu (opažanja su započela 1902.) 26. listopada, odnosno 0,93 m ispod prethodnog rekorda postavljenog 2010. godine.

### 6.3 Koncentracije stakleničkih plinova

Atmosferske koncentracije stakleničkih plinova odražavaju ravnotežu među emisijama iz ljudskih aktivnosti, prirodnih izvora i ponora, odnosno pohrane stakleničkih plinova u biosferu i oceane. Povećanje razine stakleničkih plinova u atmosferi zbog ljudskih djelovanja glavni je pokretač klimatskih promjena od industrijske revolucije. Koncentracije stakleničkih plinova za globalnu ljestvicu izračunavaju se iz pojedinačnih mjerena



Slika 6.4. Prosjek mjesečne koncentracije  $\text{CO}_2$  u globalnim razmjerima u ppm (parts per million) od 1984. do 2022. godine. Izvor: Svjetski podatkovni centar za stakleničke plinove (WDCGG).

programa WMO-a GAW (Global Atmospheric Watch) i partnerskih opažačkih mreža.

U 2022., posljednjoj godini za koju su dostupni sredeni globalni podaci, atmosferske razine stakleničkih plinova dosegnele su nove zabilježene najviše razine (slika 6.4), pri čemu je globalni prosjek koncentracije ugljičnog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) iznosio  $417,9 \pm 0,2$  ppm, odnosno 150 % predindustrijske (1750) razine. Godišnja stopa povećanja  $\text{CO}_2$  od 2,2 ppm bila je malo ispod 10-godišnjeg prosjeka od 2,46 ppm  $\text{god}^{-1}$ . Stopa rasta  $\text{CO}_2$  uglavnom je niža u godinama koje počinju s La Niňom, kao što je to bilo u 2022., i viša u godinama koje počinju s El Niňom, kao što je to bilo u 2016. Podaci u stvarnom vremenu s određenih lokacija, uključujući Maunu Loa (Havaji, Sjedinjene Američke Države) i Kennaoak / Cape Grim (Tasmanija, Australija), pokazuju da su se razine  $\text{CO}_2$  nastavile povećavati u 2023. godini.

## 6.4 Pohrana topline u oceane i porast morske razine

Porast emisija  $\text{CO}_2$  i drugih stakleničkih plinova u atmosferi zbog ljudske aktivnosti uzrok je pozitivne radijacijske bilance na vrhu atmosfere (engl. Earth Energy Imbalance – EEI). To dovodi do rasta količine topline u Zemljinu sustavu i tako do globalnog zatopljenja. Oko 90 % te topline pohranjuje se u oceanima. U 2023. godini sadržaj topline oceana dosegao je najvišu razinu u posljednjih 65 godina u kojima postoje zapisi o toplini oceana.

Posljedično, globalne promjene srednje razine mora primarno su rezultat zagrijavanja oceana i toplinskog širenja morske vode te otapanja leda na kopnu. Odražavajući kontinuirano zagrijavanje oceana, kao i otapanje ledenjaka i ledenih pokrova, u 2023. godini globalna srednja razina mora dosegla je rekordnu razinu u satelitskom zapisu (od 1993. do danas). Stopa porasta razine mora više se nego udvostručila od početka satelitskog mjerjenja povećavši se od  $2,13 \text{ mm god}^{-1}$  između

1993. i 2002. do  $4,77 \text{ mm god}^{-1}$  između 2014. i 2023 (slika 6.5).

Brz porast globalne morske razine (GMSL), zabilježen 2023. godine, vjerojatno je djelomično posljedica i utjecaja El Niňa. Utjecaj La Niňe na morskou razinu je suprotan. No uvjeti La Niňe između sredine 2020. i početka 2023. imali su samo mali prividni učinak na GMSL, za razliku od La Niňe iz 2011. godine koja je dovela do privremenog smanjenja GMSL-a od nekoliko milimetara.

## 6.5 Arktik i Antarktika u 2023. godini

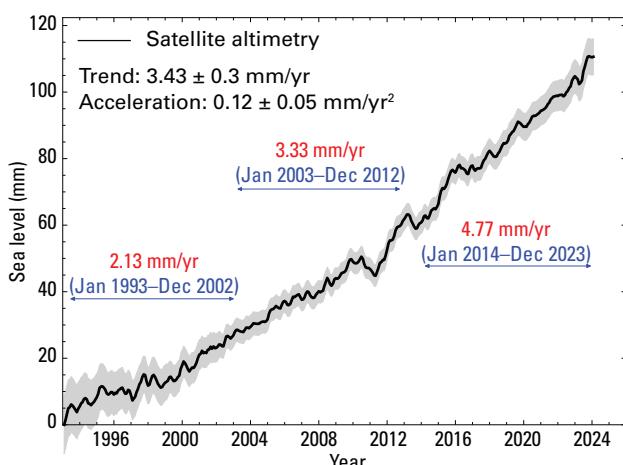
Površina arktičkog morskog leda ostala je prilično ispod klimatskog prosjeka i u 2023. godini. Godišnji maksimum za 2023. od 14,62 milijuna  $\text{km}^2$  postignut 6. ožujka bio je peti najniži, a godišnji minimum od 4,23 milijuna  $\text{km}^2$  postignut 19. rujna šesti najniži u 45-godišnjem satelitskom mjerjenju (1979. – 2023.) (slika 6.6). Velika negativna odstupanja od prosjeka uočena su u Beaufortovom, Čukotskom i Istočnosibirskom moru.

Površina morskog leda na Antarktici 21. veljače dosegla je apsolutno rekordno nisku razinu (1,79 milijuna  $\text{km}^2$ ) u eri satelitskih mjerjenja. Površina morskog leda bila je rekordno niska od lipnja do početka studenog, a godišnji maksimum u rujnu bio je oko 1 milijun  $\text{km}^2$  ispod prethodnog rekordno niskog maksimuma (slika 6.7).

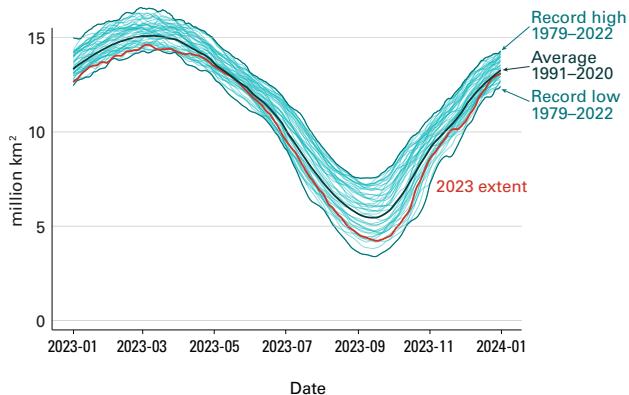
Ledeni pokrivač (ploča) ledeno je prostranstvo koje potječe s kopna i pokriva područje veće od 50 000  $\text{km}^2$ . Postoje dvije glavne ledene ploče u današnjem klimatskom sustavu, jedna na Grenlandu i jedna na Antarktici. Ukupna bilanca (ravnoteža) mase ledenog pokrivača zbroj je triju komponenata: bilance površinske mase, bilance morske mase i bazalne bilance mase. Ravnoteža površinske mase razlika je između nakupljanja snijega i otjecanja otopljene vode s ledenog pokrova. Bilanca morske mase gubitak je mase na rubu ledene ploče zbog cijepanja santi leda i otapanja leda koji je u kontaktu s oceanom. Bazalna ravnoteža mase sastoji se od topljenja na dnu ledene ploče zbog geotermalne topline i trenja dok led klizi po tlu ispod ploče. Negativna bilanca mase upućuje na gubitak mase leda, a pozitivna na prikupljanje nove količine leda.

Tijekom razdoblja satelitskog zapisa 1992. – 2020. utvrđeno je ubrzanje kombiniranog gubitka mase grenlandske i antarktičke ledene ploče. Prosječne ukupne bilance masa grenlandske i antarktičke ledene ploče u tom razdoblju bile su  $-169 \text{ Gt god}^{-1}$  i  $-92 \text{ Gt god}^{-1}$ , odnosno ukupno  $-261 \text{ Gt god}^{-1}$ . Sedam godina najvećeg ukupnog otapanja na spomenute dvije ledene ploče zabilježeno je od 2010. godine, a prosječne stope gubitka mase porasle su sa  $105 \text{ Gt godišnje}$  između 1992. i 1996. na  $372 \text{ Gt godišnje}$  između 2016. i 2020. Godišnje otapanje u razdoblju 2016. – 2020. prouzročilo je godišnji globalni porast razine mora za približno 1 mm.

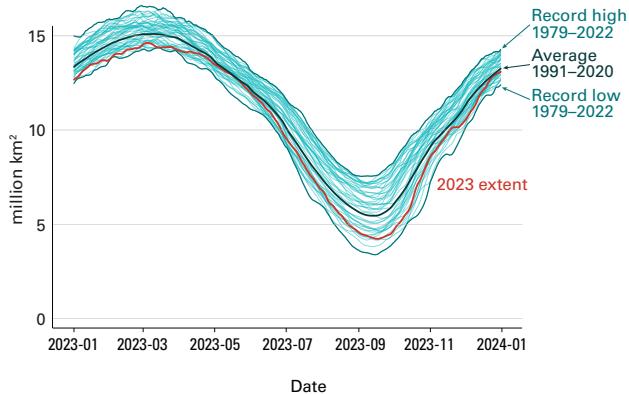
Na temelju procjena nekoliko regionalnih klimatskih modela grenlandski ledeni pokrivač nastavio je gubiti masu u hidrološkoj godini 2022./2023. (od 1. rujna 2022. do 31. kolovoza 2023.). Godišnje nakupljanje snijega na Grenlandu još uvijek premašuje površinsko otapanje u većini godina dajući pozitivnu ravnotežu površinske mase. Za razdoblje 2022. – 2023. to je procijenjeno na  $+317 \text{ Gt}$ , odnosno ispod dugoročnog prosjeka,



Slika 6.5. Globalna promjena srednje razine mora između siječnja 1993. i prosinca 2023. na temelju satelitskog mjerjenja. Crna linija najbolja je procjena, a sivo zasjenjeno područje upućuje na nesigurnost. Upisane napomene upućuju na prosječnu stopu porasta razine mora (crveno) tijekom tri desetljeća (plavo). Izvor: AVISO altimetry (<https://www.aviso.altimetry.fr>).



Slika 6.6. Dnevna količina arktičkog morskog leda od siječnja do prosinca: u 2023. godini (crvena linija), prosječna u klimatskom razdoblju 1991. – 2020. (tamnoplavo), rekordne najviše i najniže količine za svaki dan u razdoblju 1979. – 2023. (srednje plavo) i dnevne količine za svaku pojedinu godinu (svjetloplavo).



Slika 6.7. Dnevna količina antarktičkog morskog leda od siječnja do prosinca: u 2023. godini (crvena linija), prosječna u klimatskom razdoblju 1991. – 2020. (tamno plavo), rekordne najviše i najniže količine za svaki dan u razdoblju 1979. – 2023. (srednje plavo) i dnevne količine za svaku pojedinu godinu (svjetlo plavo).

ali znatno iznad iznosa u godinama ekstremnog taljenja 2011. – 2012. i 2018. – 2019. U kombinaciji s ravnotežom bazalne mase (-27 Gt) i ravnotežom morske mase (-504 Gt) procijenjena ukupna bilanca mase grenlandske ledene ploče u razdoblju od 2022. do 2023. bila je oko -217 Gt.

Grenlandska ljetna sezona otapanja 2023. bila je relativno intenzivna, isprekidana velikim toplinskim valovima u srpnju i kolovozu. Satelitski podaci o trajanju otapanja pokazuju da je grenlandska ploča imala treći najveći uzastopni broj dana s topnjnjem leda i prisutnošću tekuće vode na površini zabilježenih u razdoblju 1978. – 2023. Bilo je to najtoplje ljeto zabilježeno od 1987. do danas na postaji Summit (najviša točka na grenlandskom ledenom pokrivaču, na nadmorskoj visini od 3216 m), odnosno 3,4 °C toplije od prosjeka u razdoblju 1991. – 2020. i 1,0 °C toplije od prethodnog rekorda. Na postaji Summit bila je to peta godina u kojoj je zabilježeno topnjanje leda (2012., 2019., 2021., 2022. i 2023.). Na temelju ledenih jezgara utvrđeno je da su se značajni uvjeti otapanja ovdje posljednji put dogodili u kasnom devetnaestom stoljeću.

Podaci o ravnoteži gravitacijske mase iz satelitske misije Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) za hidrološku godinu 2022./2023. daju procijenjenu

promjenu mase od -196 Gt za Grenland, iznosom bližu dugoročne stope gubitka mase s ledenog pokrivača. Antarktičkom ledenom pokrivaču u istom je razdoblju masa porasla za 122 Gt zahvaljujući većem nakupljanju snijega od uobičajenog u posljednjih godinu i pol.

## 6.6 Literatura

WMO, 2024: State of the Global Climate in 2023, No. 1347.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Core Writing Team, H. Lee and J. Romero, Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2023. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.

National Snow and Ice Data Center (NSIDC): Late-season melt spike. <https://nsidc.org/ice-sheets-today/analyses/late-season-melt-spike>. Sudden shift to southern heat. <https://nsidc.org/ice-sheets-today/analyses/sudden-shift-southern-heat>