

ISSN 1849-0700  
ISSN 1330-0083  
CODEN HMCAE7

Hrvatsko meteorološko društvo  
Croatian Meteorological Society

# HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL

**56**

Hrv. meteor. časopis	Vol. 56	p. 1-216	ZAGREB	2023
----------------------	---------	----------	--------	------

**HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS**  
**CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL**

*Izdaje*

**Hrvatsko meteorološko društvo**  
Ravnice 48, 10000 Zagreb  
Hrvatska

*Published by*

**Croatian Meteorological Society**  
Ravnice 48, 10000 Zagreb  
Croatia

*Glavna i odgovorna urednica / Chief Editor*

Tanja Likso, Zagreb hmc@meteohmd.hr

*Zamjenik glavne i odgovorne urednice / Assistant Editor*

Krešo Pandžić, Zagreb

*Tajnica / Secretary*

Ljilja Ivušić, Zagreb

ljiljaivusic@gmail.com

*Urednički odbor / Editorial board*

Tanja Likso, Zagreb

Goran Gašparac, Zagreb

Antun Marki, Zagreb

Vinko Šoljan, Split

Ljilja Ivušić, Zagreb

Krešo Pandžić, Zagreb

Branko Grisogono, Zagreb

Katarina Stanković, Zagreb

Ivan Toman, Zadar

*Recenzenti / Reviewers*

Simon Berkowicz, Izrael

Kristan Horvath, Hrvatska

Jadran Jurković, Hrvatska

Giora Kidron, Izrael

Tanja Likso, Hrvatska

Renata Sokol Jurković, Hrvatska

Ivana Tošić, Srbija

Ksenija Zaninović, Hrvatska

Vesna Đuričić, Hrvatska

Branka Ivančan-Picek, Hrvatska

Ján Kaňák, Slovačka

Gabin Koto N'Gobi, Bénin

Krešo Pandžić, Hrvatska

Lidija Srnec, Hrvatska

Josip Vuković, Hrvatska

*Lektura / Proofreading*

Neoplazam (hrv.), Alpha (eng.)

*Korektura / Corrections*

Vesna Đuričić, Hrvatska

*Časopis se referira u / Abstracted in*

Scopus

Geobase

Elsevier/Geoabstracts

Zugänge der Bibliothek des Deutschen Wetterdienstes

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Abstracts Journal VINITI

*Adrese za slanje radova / Addresses for papers acceptance*

hmc@meteohmd.hr

likso@cirus.dhz.hr

Časopis izlazi godišnje

Web izdanje: <http://hrcak.srce.hr/hmc>

Prijelom i tisak: ABS 95

Naklada: 150 primjeraka

Hrvatsko meteorološko društvo  
Croatian Meteorological Society

# **HRVATSKI METEOROLOŠKI ČASOPIS**

# **CROATIAN METEOROLOGICAL JOURNAL**

**56**

Hrv. meteor. časopis	Vol. 56	p. 1-216	ZAGREB	2023
----------------------	---------	----------	--------	------

Znanstveni časopis *Hrvatski meteorološki časopis* nastavak je znanstvenog časopisa *Rasprave* koji redovito izlazi od 1982. godine do kada je časopis bio stručni pod nazivom *Rasprave i prikazi* (osnovan 1957.). U časopisu se objavljuju znanstveni i stručni radovi iz područja meteorologije i srodnih znanosti. Objavom rada u Hrvatskom meteorološkom časopisu autori se slažu da se rad objavi na internetskim portalima znanstvenih časopisa, uz poštivanje autorskih prava

Scientific journal *Croatian Meteorological Journal* succeeds the scientific journal *Rasprave*, which has been published regularly since 1982. Before the year 1982 journal had been published as professional one under the title *Rasprave i prikazi* (established in 1957). The *Croatian Meteorological Journal* publishes scientific and professional papers in the field of meteorology and related sciences.

Authors agree that articles will be published on internet portals of scientific magazines with respect to author's rights.

Doktorska disertacija – Prošireni sažetak  
D.Sc Thesis – Abstract

## DALJINSKI UTJECAJI NA KLIMATSKU VARIJABILNOST PODRUČJA SJEVERNOG ATLANTIKA I EUROPE

**The effects of teleconnections on climate variability of the North Atlantic–European area**

SARA IVASIĆ

Datum obrane: 13. 10. 2022.

Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:767143>

### Prošireni sažetak:

#### 1. Uvod i ciljevi istraživanja

Atmosfera u umjerenim širinama karakterizirana je velikom unutarnjom varijabilnošću što otežava predviđanje stanja atmosfere na sezonskim i duljim vremenskim skalama. S druge strane, atmosfera je u stalnom kontaktu s ostalim komponentama klimatskog sustava te između njih dolazi do različitih vrsta međudjelovanja. Pod glavne sastavnice klimatskog sustava pripada i ocean te površinske temperature mora, posebno u tropskom području, svojim prinudnim djelovanjem mogu značajno utjecati na gibanja u atmosferi. Dakle, do povećanja potencijalne prediktabilnosti može doći uslijed dovoljno jakog prinudnog djelovanja na donjoj granici atmosfere ili smanjenja kaotične unutarnje varijabilnosti, tj. šuma.

Cijelo istraživanje predstavljeno u ovoj doktorskoj disertaciji usmjereno je na područje sjevernog Atlantika i Europe (eng. *North Atlantic-European region* – NAE) koje je karakterizirano velikom unutarnjom varijabilnosti atmosfere te se nalazi pod dominantnim utjecajem Sjevernoatlantske oscilacije (eng. *North Atlantic Oscillation* – NAO). Utjecaj NAO-a na sjeverni Atlantik i Europu prisutan je tijekom cijele godine, ali je najizraženiji tijekom zime.

Izmjereni podatci, reanalize te simulacije modela opće cirkulacije atmosfere srednje složenosti (ICTP AGCM, SPEEDY) korišteni su za proučavanje daljinskih utjecaja na odabrano područje. Promjene u daljinskoj vezi El Niño-južne oscilacije (eng. *El Niño-Southern Oscillation* – ENSO) prema promatranom području i veza sa Sjevernoatlantskom oscilacijom promatrane su pomoću mapa regresije, kliznih korelacija, analize kompozita i distribucija vjerojatnosti. Uz napredne statističke metode, kao što su metoda empirijskih ortogonalnih funkcija (EOF) te metoda optimalnih polja, razmatran je utjecaj površinskih temperatura mora u tropskom području na varijabilnost i prediktabilne komponente atmosferske cirkulacije nad sjevernim Atlantikom tijekom kasne zimske sezone. Ciljane numeričke simulacije osmišljene su kako bi se utvrdilo može li se prinudno djelovanje oceana ili tropskih pojasa odabranih oceana povezati s uspostavljanjem sezonske atmosferske cirkulacije na području sjevernog Atlantika i Europe te posljedično povećati potencijalnu prediktabilnost atmosferske cirkulacije na tom području.

Prvo se poglavlje disertacije sastoji od sažetog pregleda dosadašnjih istraživanja, teorijskih temelja i motivacije za provedeno istraživanje. U drugom su poglavlju opisani korišteni podatci, numerički model te metode analize podataka. Opis rezultata počinje u trećem poglavlju gdje su predstavljeni dokazi o nedavnom slabljenju daljinske veze El Niño-južne oscilacije prema području sjevernog Atlantika i Europe. U četvrtom poglavlju su opisani izlazni podatci integracije numeričkog modela na temelju kojih se procijenio utjecaj prinudnog djelovanja površinskih temperatura mora u pojedinim dijelovima oceana na varijabilnost i prediktabilne komponente atmosferske cirkulacije na području sjevernog Atlantika. Analiza varijance signala na mjesečnoj skali i usporedba s područjem Pacifika i sjeverne Amerike prezentirana je u petom poglavlju. Šesto poglavlje sadrži opis rezultata numeričkih simulacija u uvjetima toplije klime. Razmotren je utjecaj zagrijavanja atmosfere

re na varijabilnost i prediktabilne komponente zimske atmosferske cirkulacije na području sjevernog Atlantika i Europe. Najvažniji rezultati izdvojeni su i sažeti u posljednjem, sedmom poglavlju.

Glavni ciljevi ovog doktorskog rada su unaprjeđivanje razumijevanja daljinskih utjecaja na klimatsku varijabilnost područja sjevernog Atlantika i Europe. Također, jedan od ciljeva bio je istraživanje vremenske varijabilnosti daljinske veze El Niño-južne oscilacije s područjem sjevernog Atlantika i Europe te opis međudjelovanja ENSO događaja sa Sjevernoatlantskom oscilacijom. U drugom dijelu istraživanja naglasak je stavljen na analizu posebno postavljenih numeričkih simulacija modelom opće cirkulacije atmosfere. Cilj je bio procijeniti doprinos oceana u tropskom pojasu na varijabilnost atmosfere te istražiti povezanost tog prinudnog djelovanja na donjoj granici modela s uspostavom potencijalno prediktabilnih oblika sezonske atmosferske cirkulacije na području sjevernog Atlantika i Europe. Na kraju je uz pomoć istog numeričkog modela trebalo istražiti utjecaj povećanja koncentracije ugljikovog dioksida na atmosfersku cirkulaciju u kasnoj zimskoj sezoni.

## 2. Metode

Analiza empirijskim ortogonalnim funkcijama (EOF) smanjuje dimenzionalnost promatranog sustava te rješavajući problem svojstvenih vrijednosti pronalazi modove koji objašnjavaju najveći udio varijabilnosti (Kutzbach, 1967). Rezultat su polja EOF-a koja su ortogonalna u prostoru i pripadajući vremenski nizovi – glavne komponente, koje su ortogonalne u vremenu. U ovom je radu EOF analiza primijenjena na srednjake ansambla numeričkih simulacija, a zatim uzimajući u obzir sve pojedinačne simulacije unutar jednog ansambla.

Metoda optimalnih polja preuzeta je iz rada Straus i sur. (2003), a cilj joj je pronaći hijerarhiju polja koja optimiziraju omjer signala i šuma, tako prvo optimalno polje ima maksimalni pripadajući omjer signala i šuma, iduće optimalno polje drugi po veličini omjer signala i šuma itd. Kao ulazni podatci koriste se polja EOF-a, a rezultat metode su optimalna polja i pripadajući vremenski nizovi. Ova metoda pri računu uzima u obzir sve članove ansambla numeričkih simulacija te je nije moguće primijeniti na izmjerene podatke.

Pristup procjeni signala i šuma u ansamblu numeričkih simulacija temelji se na definicijama iz rada Branković i Molteni (2004), gdje je varijanca signala definirana preko srednjeg kvadratnog odstupanja srednjaka ansambla od klimatološkog srednjaka ansambla, dok je varijanca šuma definirana kao srednje kvadratno odstupanje pojedinih simulacija unutar ansambla od srednjaka ansambla.

Numeričke simulacije dobivene su pomoću modela opće cirkulacije atmosfere Međunarodnog centra za teorijsku fiziku Abdus Salam u Trstu, Italija (ICTP AGCM, SPEEDY). Model SPEEDY (T30, L8) ima spektralno-dinamičku jezgru, osam vertikalnih nivoa, te ekvivalentnu horizontalnu rezoluciju od  $3,75^\circ$  geografske širine  $\times$   $3,75^\circ$  geografske duljine. Unutar modela uključene su parametrizacijske sheme za konvekciju, naoblaku, kondenzaciju na velikoj skali, kratkovalno i dugovalno zračenje, površinske tokove energije i količine gibanja te vertikalnu difuziju. Model je dosada korišten u brojnim istraživanjima te se pokazao uspješnim u simuliranju glavnih karakteristika atmosferskih daljinskih veza između tropskog područja i umjerenih širina.

## 3. Rezultati i zaključak

Predstavljeni rezultati pokazali su kako daljinska veza između El Niño-južne oscilacije i područja sjeverni Atlantik–Europa nije stacionarna, te da se prostorno polje odziva promijenilo od prizmog polja nalik na negativnu fazu Sjevernoatlantske oscilacije do odziva drugačijeg oblika i smanjene amplitude nakon 1970-ih godina. Promjena je zabilježena pri tlu te u višim slojevima atmosfere u poljima različitih varijabli (tlak na srednjoj razini mora, geopotencijalna visina pri plohi od 200 hPa, 500 hPa i 850 hPa, temperatura, zonalni vjetar) i nekoliko skupova podataka (HadSLP i

NOAA-CIRES-DOE reanaliza za 20. stoljeće). Analiza kompozita na temelju tlaka zraka na srednjoj razini mora (HadSLP) pokazala je da je uočeno slabljenje daljinske veze ENSO događaja s područjem sjevernog Atlantika i Europe. Uočeno slabljenje može se povezati pretežno sa smanjenjem frekvencije istovremenog nastupa El Niño događaja s negativnom fazom NAO-a.

Osmišljene su numeričke simulacije u kojima su modelu opće cirkulacije atmosfere SPEEDY zadane različite kombinacije smanjene i povećane koncentracije morskog leda, tj. klimatologije površinskih temperatura mora u odabranom ranijem (1979. – 1999.) i kasnijem razdoblju (2005. – 2015.) kako bi se istražila uloga ta dva faktora na promjene ENSO-NAE daljinske veze. Simulacije su ukazale na suprotan učinak odabranih faktora. Smanjenje koncentracije morskog leda na području Arktika djeluje u smjeru jačanja promatrane daljinske veze, s prostornim poljem nalik na Sjevernoatlantsku oscilaciju. S druge strane, nedavne promjene klimatoloških vrijednosti površinske temperature mora, posebice na području Arktika i Atlantskog oceana, doprinose slabljenju povezanosti ENSO događaja sa sjevernim Atlantikom i Europom.

Pomoću istog numeričkog modela opće cirkulacije atmosfere (SPEEDY) provedene su numeričke simulacije u razdoblju od 1854. do 2010. godine u kojima je zadano ograničeno područje djelovanja anomalija površinskih temperatura mora na donju granicu atmosfere, dok su u ostatku domene korištene samo klimatološke vrijednosti SST-a. Provedeno je šest različitih numeričkih eksperimenata, s prinudnim djelovanjem anomalija SST-a u tropskom području Atlantika ( $30^{\circ}$  S –  $30^{\circ}$  N,  $100^{\circ}$  W –  $20^{\circ}$  E), tropskom Pacifiku ( $30^{\circ}$  S –  $30^{\circ}$  N,  $120^{\circ}$  E –  $60^{\circ}$  W), tropskom Indijskom oceanu ( $30^{\circ}$  S –  $30^{\circ}$  N,  $30^{\circ}$  –  $120^{\circ}$  E), cijeloj tropskoj zoni ( $30^{\circ}$  S –  $30^{\circ}$  N,  $0^{\circ}$  –  $360^{\circ}$  E) te uz globalno zadane anomalije SST-a ( $90^{\circ}$  S –  $90^{\circ}$  N,  $0^{\circ}$  –  $360^{\circ}$  E). Unutar svakog od opisanih numeričkih eksperimenata provedeno je 35 simulacija koje se međusobno razlikuju po početnim uvjetima u prvoj godini integracije modela koja je odbačena iz daljnje analize. Dodatno je proveden eksperiment bez prinudnog djelovanja na donjoj granici atmosfere, tj. samo uz klimatološke vrijednosti SST-a.

Simulacije su pokazale da prinudno djelovanje mora u tropskom području, posebice u tropskom Pacifiku, dovodi do uspostave određenih oblika polja geopotencijalne visine pri izobarnoj plohi od 200 hPa (GH200) te se može posredno iskoristiti u svrhu poboljšanja potencijalne prediktabilnosti zimske atmosferske cirkulacije na području sjevernog Atlantika i Europe. Odziv prinudnog djelovanja površinskih temperatura mora na atmosferu uočen je u polju EOF-a izračunatih na temelju srednjaka ansambla te prvom polju dobivenom metodom optimalnih polja. Relativno visoka razina korelacije vremenskog niza prve glavne komponente izmjerenih površinskih temperatura mora s prvom glavnom komponentom GH200 te vremenskim nizom prvog optimalnog polja, dodatno su potvrdili povezanost prinudnog djelovanja SST-a u tropskom području i potencijalno prediktabilnih oblika sezonske atmosferske cirkulacije nad područjem sjevernog Atlantika i Europe u kasnoj zimskoj sezoni.

Analiza mjesečnih vrijednosti varijance signala GH200 nad područjem sjevernog Atlantika i Europe provedena je za već opisane eksperimente modela SPEEDY sa zadanim prinudnim djelovanjem površinskih temperatura mora na ograničenim područjima u razdoblju od 1855. do 2010. godine. Prostorno polje varijance signala razlikuje se od polja Sjevernoatlantske oscilacije koje objašnjava najveći udio varijabilnosti atmosferske cirkulacije područja sjevernog Atlantika i Europe zimi. Prostorno polje varijance signala nad NAE područjem ima maksimum nad sjevernim Atlantikom koji je najjače izražen kada se pri analizi u obzir uzmu samo ENSO godine, koje su izdvojene na temelju jačine Niño3.4 indeksa u kasnoj zimskoj sezoni. Međutim, sličan prostorni oblik varijance signala, ali slabije izražen, zadržava se i unutar ne-ENSO kompozita (tj. godinama bez ENSO događaja). Najveća razlika između ENSO i ne-ENSO kompozita dobivena je u slučaju eksperimenta s prinudnim djelovanjem anomalija površinskih temperatura mora zadanim samo u tropskom Pacifiku.

Naposljetku, koristeći rezultate modela SPEEDY, napravljena je usporedba kontrolnog ansambla numeričkih simulacija sa simulacijama sa zadanom dvostrukom koncentracijom ugljikovog dioksi-

da, ali uz iste rubne uvjete. Sve simulacije provedene su i analizirane za razdoblje između 1855. i 2010. godine. Zabilježeno je povećanje varijance signala u veljači i ožujku za ENSO kompozit u ansamblu s povećanom koncentracijom CO<sub>2</sub>, što ukazuje na značajnu ulogu ENSO događaja na klimatsku varijabilnost područja sjevernog Atlantika i Europe u uvjetima toplije klime

**Abstract:** Observed data, reanalysis and an intermediately complex general circulation model of the atmosphere (ICTP AGCM) have been employed to study the effects of teleconnections on the North Atlantic-European region as a part of this thesis. Modulation of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) teleconnection to the North Atlantic-European (NAE) region and its relationship with the North Atlantic Oscillation (NAO) have been tested via regression maps, running correlation, composite analysis and probability distributions. The impact of tropical ocean sea surface temperatures (SSTs) on the variability and predictable components of the late winter atmospheric circulation over the NAE area has been investigated by employing advanced analysis techniques, such as the Empirical Orthogonal Functions (EOF) analysis and the signal-to-noise optimal patterns method. Targeted model simulations were designed to detect which ocean areas are the most important for establishing potentially predictable modes of atmospheric circulation in the NAE area. Finally, specific numerical model simulations were used to assess the impact of the warmer climate conditions on the variability and predictable components of the late winter circulation in the area of interest. Results have shown that the ENSO teleconnection to the NAE region is not stationary. Its spatial pattern has changed from resembling the negative NAO at the surface to a different pattern with weak, statistically non-significant values after the 1970s. Meanwhile, targeted ICTP AGCM simulations confirmed the importance of sea-ice concentration and the background state of the sea surface temperatures in the modulation of the ENSO-NAE teleconnection. The change was detected at the surface and upper levels of the atmosphere in several variables and different datasets. Regarding the impact of tropical SSTs, it is suggested that the lower-boundary forcing originating from the tropics, especially the tropical Pacific, is essential for establishing the potentially predictable modes of atmospheric circulation over the North Atlantic on the seasonal and sub-seasonal scale.



# SADRŽAJ CONTENTS

	<i>Izvorni znanstveni rad Original scientific paper</i>	
<b>Petrov, A. Grisogono, B.</b>	Detection of climatic fluctuations by Hilbert-Huang method in the data of Zagreb-Grič Centennial Observatory, Croatia Detekcija klimatskih kolebanja Hilbert-Huangovom metodom na podacima stoljetnog opservatorija Zagreb-Grič, Hrvatska	3
	<i>Izvorni znanstveni rad Original scientific paper</i>	
<b>Viher, M. Krulić Mutavčić, B. Kerbavčić Degač, V.</b>	Development of bi-normalized burn ratio method on the catastrophic forest fire event 14 <sup>th</sup> July 2022 near Vodice, Croatia Razvoj metode bi-normaliziranog omjera požarenosti na događaju katastrofalnog šumskog požara 14. srpnja 2022. godine kod Vodica, Hrvatska	17
	<i>Izvorni znanstveni rad Original scientific paper</i>	
<b>Muselli, M. Beysens, D.</b>	Dew and rain water potential in North Matabeleland (Zimbabwe) Vodni potencijal rose i kiše u sjevernom Matabelelandu (Zimbabwe)	31
	<i>Izvorni znanstveni rad Original scientific paper</i>	
<b>Lukšić, I.</b>	Identifikacija vjetrova obalne i planinske cirkulacije na otoku Braču Identification of coastal and mountain circulation winds on the island of Brač	47
	<i>Prethodno priopćenje Preliminary contribution</i>	
<b>Toman, I. Grisogono, B.</b>	A preliminary case study of the possible Adriatic tropical-like cyclone from the 21 <sup>st</sup> of January 2023 Preliminarna analiza mogućeg slučaja jadranske ciklone tropskih karakteristika od 21. siječnja 2023.	77
	<i>Stručni rad Professional paper</i>	
<b>Cvitan, L.</b>	Klimatski potencijal turizma Malog Lošinja u dva preklapajuća klimatska razdoblja Climate potential of tourism in Mali Lošinj in two overlapping climate periods	83
	<i>Doktorska disertacija-sažetak D.Sc. Thesis-Summary</i>	
<b>Keresturi, E.</b>	Initial condition perturbations in a convective scale ensemble prediction system	105
<b>Stanešić, A.</b>	Mezoskalna asimilacija podataka u regionalnom atmosferskom numeričkom modelu	115
<b>Radilović, S.</b>	Opažanja i modeliranje klimatskih trendova temperature zraka i mora za jadransko područje	123
<b>Nimac, I.</b>	Obilježja i modeliranje urbanog toplinskog otoka	129
<b>Ivasić, S.</b>	The effects of teleconnections on climate variability of the North Atlantic–European area	135
<b>Čavlina Tomašević, I.</b>	Analysis of extreme fire weather during catastrophic wildfires in Croatia and Australia	139
<b>Jelić, D.</b>	Obilježja tuče u sadašnjim i budućim klimatskim uvjetima na području Hrvatske	151
<b>Lepri, P.</b>	Značajke bure u prizemnom sloju atmosfere iznad brdovitog terena	157
	<i>Otvoreni stupci</i>	
	Znanstveno-stručni skup Meteorološki izazovi 8 – sažeci	163
	In memoriam: Marina Mileta (10. 10. 1944. – 17. 1. 2021.)	209
	In memoriam: Vjera Juras (29. 7. 1936. – 10. 5. 2021.)	210
	In memoriam: Andrija Bratanić (9. 4. 1940. – 14. 7. 2021.)	211
	In memoriam: Ivan Lukšić (27. 9. 1931. – 17. 11. 2021.)	212
	In memoriam: Alen Sajko (19. 9. 1969. – 18. 1. 2023.)	213