

Utjecaj dominantnih polja klimatske varijabilnosti na ekstremne temperature u Hrvatskoj

Hrvojević, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:732485>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

Domagoj Hrvojević

UTJECAJ DOMINANTNIH POLJA KLIMATSKE
VARIJABILNOSTI NA EKSTREMNE
TEMPERATURE U HRVATSKOJ

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ FIZIKA-GEOFIZIKA

SMJER: METEOROLOGIJA I FIZIČKA OCEANOLOGIJA

Domagoj Hrvojević

Diplomski rad

**Utjecaj dominantnih polja klimatske
varijabilnosti na ekstremne temperature
u Hrvatskoj**

Voditeljica diplomskog rada: izv. prof. dr. sc. Ivana Herceg Bulić

Zagreb, 2024.

John 3:16 For God so loved the world that he gave his one and only Son, that whoever believes in him shall not perish but have eternal life.

Ivan 3:16 Jer, Bog je toliko ljubio svijet da je dao svoga Sina jedinca da ne umre nitko tko u njega vjeruje, nego da ima vječni život.

Izražavam duboku zahvalnost mentorici, izv. prof. dr. sc. Ivani Heceg Bulić, na mentorstvu, strpljivosti i podršci tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Također bih želio zahvaliti svim asistentima, profesorima i kolegama s Fizičkog i Geofizičkog odsjeka PMF-a u Zagrebu na pruženoj pomoći i potpori tijekom studija.

Posebno hvala prijateljima i obitelji koji su me stalno ohrabivali i podržavali.

Na kraju, hvala svim institucijama i znanstvenicima čiji resursi su korišteni u ovom radu.

Ovaj je rad napravljen u sklopu aktivnosti projekta „Klima i ekstremni vremenski uvjeti u prirodnom i urbanom okolišu Hrvatske – CroClimExtremes“ (HRZZ IP-2022-10-4144).

Sažetak

Rad je usmjeren na proučavanje utjecaja dominantnih modova klimatske varijabilnosti na ekstremne temperature i klimatske indekse na području Republike Hrvatske u razdoblju od 1950. do 2022. godine. Razmotreni su utjecaji dvaju modova: Sjeverno-atlantske oscilacije (NAO, engl. *North Atlantic Oscillation*) i Istočno-atlantskog polja (EA, engl. *East Atlantic pattern*). Klimatski indeksi izvedeni su iz T_{min}-a i T_{max}-a: broj ljetnih dana (SU), broj tropskih noći (TR), broj ledenih dana (ID), broj mraznih dana (FD) i dnevni raspon temperature (DTR). Utjecaji su ispitani uz pomoć analize po skupovima događaja (tzv. kompozitna analiza) i korelacijskih mapa.

Primarni mod klimatske varijabilnosti, NAO, predstavlja dipol u polju tlaka zraka, koji se opisuje kao meridionalno kolebanje atmosferske zračne mase između subtropskog područja visokog tlaka zraka u blizini Azora i subpolarnog sustava niskog tlaka zraka u blizini Islanda (Wanner et al., 2001). Sekundarni mod klimatske varijabilnosti, EA, također je dipol u polju tlaka zraka i ima centre varijabilnosti koji su pomaknuti jugoistočno u odnosu na one kod NAO-a (CPC, 2012b).

Kompozitna analiza anomalija ukazuje na dominantan utjecaj moda NAO na zimsko polje SLP-a, dok mod EA snažnije utječe na ljetne i zimske anomalije T_{max}-a i T_{min}-a. U svim hrvatskim gradovima mjesečni i sezonski trendovi T_{max}-a i T_{min}-a su pozitivni, što ukazuje na njihovo zatopljenje. Pearsonove korelacije T_{max}-a i T_{min}-a s EA-om su pozitivne tijekom cijele godine za hrvatsko područje, dok su s NAO-om pozitivne samo zimi. Negativni trendovi indeksa FD i ID zimi te pozitivni trendovi indeksa SU i TR ljeti upućuju na zagrijavanje hrvatskog područja. Iz Pearsonovih koeficijenata korelacije klimatskih indeksa s NAO-om i EA-om slijede negativne ovisnosti indeksa FD i ID o NAO-u zimi te pozitivne (negativne) ovisnosti indeksa SU i TR (ID i FD) o EA-u ljeti (zimi). EA ima značajniji cjelogodišnji utjecaj od NAO-a na ekstremne temperature hrvatskog područja. Jačanjem EA-ja rastu T_{max} i T_{min}.

Ključne riječi: Sjeverno-atlantska oscilacija (NAO), Istočno-atlantsko polje (EA), minimalna i maksimalna temperatura, korelacijska mapa, kompozitna analiza, linearna regresija, klimatski indeksi, Pearsonova korelacija, Mann-Kendallov test

Influences of dominant fields of climate variability on extreme temperatures in Croatia

Abstract

This study examines the impact of dominant modes of climate variability on extreme temperatures and climate indices in Croatia from 1950 to 2022. It focuses on two modes: the North Atlantic Oscillation (NAO) and the East Atlantic pattern (EA). Climate indices are derived from T_{min} and T_{max}: summer days (SU), tropical nights (TR), ice days (ID), frost days (FD) and daily temperature range (DTR). The impacts were assessed using composite analysis and correlation maps.

The NAO mode, a dipole in the air pressure field, involves meridional oscillation between the subtropical high pressure center near the Azores and the subpolar low pressure center near Iceland (Wanner et al., 2001). The EA mode, also a pressure dipole, has its centers of variability shifted southeast compared to the NAO (CPC, 2012b).

A composite anomaly analysis indicates that the NAO mainly affects winter SLP, while the EA has a stronger impact on T_{max} and T_{min} anomalies in both summer and winter. In all Croatian cities, monthly and seasonal trends of T_{max} and T_{min} are positive, indicating warming. Pearson correlations of T_{max} and T_{min} with the EA are positive throughout the year, whereas they are positive with the NAO only in winter. Negative trends of FD and ID indices in winter and positive trends of SU and TR indices in summer indicate warming in Croatia. Pearson correlation coefficients show that FD and ID depend negatively on NAO in winter, while SU and TR (FD and ID) depend positively (negatively) on EA in summer (winter). Overall, EA affects extreme temperatures in Croatia more than NAO throughout the year. As the EA increases, both T_{max} and T_{min} also increase.

Keywords: North Atlantic Oscillation (NAO), East Atlantic pattern (EA), minimum and maximum temperature, correlation map, composite anomaly analysis, linear regression, climate indices, Pearson correlation, Mann-Kendall test

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1 Teorijska pozadina.....	1
1.2 Dosadašnja istraživanja.....	3
1.3 Motivacija i cilj istraživanja.....	4
2. Podaci i metode.....	5
2.1 Domena istraživanja.....	5
2.2 Podaci.....	6
2.3 Metode.....	7
3. Rezultati i diskusija.....	15
3.1 Nizovi ekstremnih temperatura.....	15
3.2 Nizovi indeksa modova klimatske varijabilnosti.....	17
3.3 Sezonske korelacijske mape za SLP.....	19
3.4 Kompozitna analiza anomalija za NAOI i EAI.....	21
3.5 Kompozitna analiza anomalija za kombinacije NAOI/EAI.....	25
3.6 Trendovi mjesečnih i sezonskih ekstremnih temperatura.....	27
3.7 Korelacije ekstremnih temperatura s NAOI-om i EAI-om.....	28
3.8 Trendovi mjesečnih i sezonskih klimatskih indeksa.....	32
3.9 Korelacije klimatskih indeksa s NAOI-om i EAI-om.....	33
4. Zaključak.....	39
Literatura.....	42
Popis kratica.....	44
Dodatak A.....	45
Dodatak B.....	46
Dodatak C.....	48
Dodatak D.....	52
Dodatak E.....	54

1. Uvod

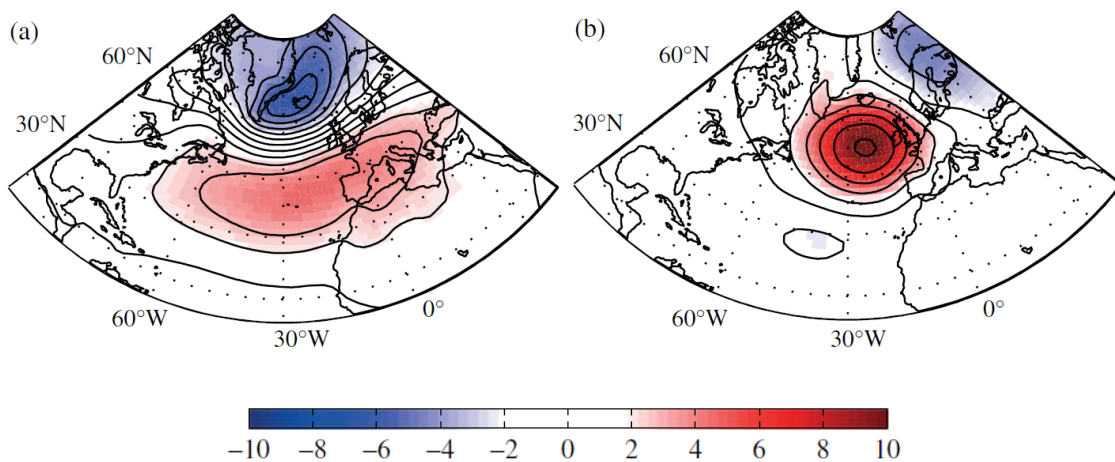
1.1 Teorijska pozadina

Vodeći mod varijabilnosti atmosferske cirkulacije na europsko-atlantskom području je Sjeverno-atlantska oscilacija (NAO, engl. *North Atlantic Oscillation*), koja je prisutna tokom cijele godine, ali je najizraženija tijekom zime (Pinto i Raible, 2012). NAO se manifestira kao dipolni sustav u polju tlaka s aktivnim centrima nad područjem Azora (Azorski maksimum) i Islanda (Islandski minimum) (Mellado-Cano et al., 2019;). Jakost pojave NAO-a tradicionalno se iskazuje putem indeksa (NAOI), koji ukazuje na iznos gradijenta tlaka zraka između dipolnih centara. Taj gradijent tlaka zraka povezan je sa strujanjem zapadnih vjetrova (Hurrell i Van Loon, 1997). U recentnijem računanju NAOI-a koristi se linearni pristup putem određivanja glavne komponente (engl. *principal component*) vodeće empirijske ortogonalne funkcije (EOF, engl. *empirical orthogonal function*) polja tlaka na morskoj razini (SLP, engl. *Sea Level Pressure*) (Moore, Renfrew i Pickart, 2012). Pozitivna faza NAO-a ukazuje na tople i vlažne uvjete u središnjoj i sjevernoj Europi s nedostatkom oborina i često ispodprosječnim temperaturama u južnoj Europi. Tijekom negativne faze prevladavaju suprotni uvjeti, suho i hladno na sjeveru, a vlažno i toplo na jugu Europe (*Climate Prediction Center (CPC)*, 2012a). Comas-Bru i McDermott (2014) objašnjavaju da je NAO signal nestacionaran i da akcijska središta migriraju ovisno o kombinaciji predznaka NAOI-a i indeksa Istočno-atlantskog polja (EAI) te NAOI-a i indeksa Skandinavskog polja.

Istočno-atlantsko polje (EA, engl. *East Atlantic pattern*) je sekundarni mod dugoperiodične klimatske varijabilnosti koji je opisan kao dipol u polju tlaka koji je zonalno orijentiran i južno pomaknut u odnosu na NAO (CPC, 2012b; Barnston i Livezey, 1987). Jakost moda EA izražena je indeksom (EAI) koji se opisuje u radu Moore, Renfrew i Pickart (2012) kao druga vodeća EOF od SLP-a. Prema Moore i Renfrew (2012), EA modulira akcijske centre NAO-a što može utjecati na intenzitet i lokaciju NAO-a. EA ima usporedivu važnost s NAO-om, ali suprotan učinak na putanje oluja i položaj mlazne struje iznad sjevernog Atlantika, čime se kontrolira transport vlage po Europi; To je posebno izraženo zimi i kada su NAO i EA u suprotnim fazama (Mellado-Cano et al., 2019). Pozitivnu fazu moda EA karakteriziraju natprosječne temperature u Europi, iznadprosječne količine oborina na sjeveru Europe te ispodprosječne količine oborina na

jugu Europe, dok negativna faza ima suprotna obilježja (CPC, 2012b). Također, prema Mikhailova i Yurovsky (2016), zimska pozitivna (negativna) faza moda EA je karakterizirana negativnim (pozitivnim) anomalijama u kompozitnom polju SLP-a u srednjim geografskim širinama sjevernog Atlantika i anomalno pojačanim zonalnim vjetrom na 500 hPa južno od 42° (sjeverno od 57°) sjeverne geografske širine, što upućuje na jačanje mlazne struje u srednjim (polarnim) i slabljenje iste u polarnim (srednjim) geografskim širinama.

Prostorni prikaz prva dva svojstvena vektora EOF analize zimskih mjesečnih anomalija SLP-a za dvadeseto stoljeće prikazan je na slici 1.1 (Comas-Bru i McDermott, 2014). Vodeći EOF (NAO) prikazan je na slici 1.1(a), s negativnim anomalijama u blizini Islanda i pozitivnim anomalijama iznad te zapadno od Pirenejskog poluotoka. Drugi mod (EA) prikazan je na slici 1.1(b) kao dipol s izraženim pozitivnim anomalijama na 50° sjeverne geografske širine i 25° zapadne geografske dužine, te negativnim anomalijama koje se protežu od Barentsovog mora do Crnog mora.



Slika 1.1 Prvi (a) i drugi (b) svojstveni vektor EOF analize zimskih mjesečnih anomalija SLP-a (hPa) za dvadeseto stoljeće (Comas-Bru i McDermott, 2014).

1.2 Dosadašnja istraživanja

U istraživanju Knežević et al. (2014) utjecaj moda EA na klimatske indekse izvedene iz minimalne temperature (T_{min}) ispitan je Pearsonovom korelacijom za osam postaja u razdoblju od 1950. do 2009. godine. Zaključeno je da trendovi klimatskih indeksa upućuju na zagrijavanje klime na srpskom području te da, zbog snažnih korelacija EAI-a i klimatskih indeksa, EA može objasniti oko 50% ukupne varijabilnosti T_{min} -a.

Prema rezultatima koje navodi Mladen (2023), pozitivni trendovi zabilježeni su za minimalnu, srednju i maksimalnu (T_{max}) temperaturu u svim promatranim sezonama razdoblja od 1991. do 2020. godine na cijelom području Europe s žarištima u Turskoj, Italiji, Balkanskom poluotoku i području Kavkaza. Također je uočeno da EA i Skandinavsko polje (SCA) imaju najizraženiji učinak na područje Hrvatske. Pozitivna faza moda EA tijekom ljeta, zime i jeseni utječe na povećanje temperature, a negativna (pozitivna) korelacija uočena je s NAOI-om u ljetnim (zimskim) mjesecima. Najznačajniji mod za iznimni toplinski stres i pojavu toplinskih valova u Hrvatskoj pokazao se EA, čija pozitivna faza podržava iznimno visoke minimalne, srednje i maksimalne temperature.

Rodrigo (2021) je proveo istraživanje u kojem se ispituje utjecaj kombinacija sezonskih faza NAO-a i EA-ja na temperature i oborine na Pirenejskom poluotoku koristeći kompozitnu analizu. Zimi utjecaj NAO-a na oborinu i T_{min} jača kada je u suprotnoj fazi u odnosu na EA, a slabi ako su oba moda u istim fazama. Također zimi, T_{max} raste (pada) kada su dva moda u istoj (različitoj) fazi. U proljeće i ljeto, T_{min} i T_{max} rastu (padaju) kada je faza moda EA pozitivna (negativna), uz varijacije u prostornoj raspodjeli ovisno o različitim fazama NAO-a. Također, u ljeto i proljeće, kada su oba moda u pozitivnoj (negativnoj) fazi, javljaju se topli i suhi (hladni i vlažni) uvjeti.

Korištenjem podataka reanalize Nacionalnog centra za prognozu okoliša (engl. *National Centers for Environmental Prediction*), koji pokrivaju cijelu Europu za razdoblje od 1958. do 1997. godine, objašnjeno je kako pozitivna faza moda NAO doprinosi jačanju zapadnih vjetrova i advekciji vlažnog zraka prema sjeveroistoku, što rezultira anomalno toplim uvjetima u Skandinaviji, sjevernoj Rusiji, centralnoj Europi, sjevernoj Italiji, Pirenejskom i Balkanskom poluotoku (Trigo, Osborn i Corte-Real, 2002). Te anomalije su zabilježene u dnevnoj T_{max} , ali ne i u noćnoj T_{min} . Tijekom negativne faze NAO-a, meridionalni gradijent tlaka slabi. Hladan vjetar struji iz Arktika prema sjevernoj Europi,

utječući jače na T_{min} u odnosu na T_{max} . Asimetrija u tom utjecaju može se pripisati, kako navode Trigo, Osborn i Corte-Real (2002), nedostatku naoblake u sjevernoj Europi. Tijekom dana, sunčevo kratkovalno zračenje može djelomično reducirati advekciju hladnog polarnog zraka, što rezultira slabim anomalijama T_{max} -a. Dok tijekom noći bez naoblake, snažna emisija dugovalnog zračenja zemlje dodatno ohlađuje troposferu, uzrokujući snažnije anomalije T_{min} -a, objašnjavaju Trigo, Osborn i Corte-Real (2002). Na europskom području, razlike u polju T_{min} između mjeseca s pozitivnom i negativnom fazom NAO-a veće su nego u polju T_{max} .

1.3 Motivacija i cilj istraživanja

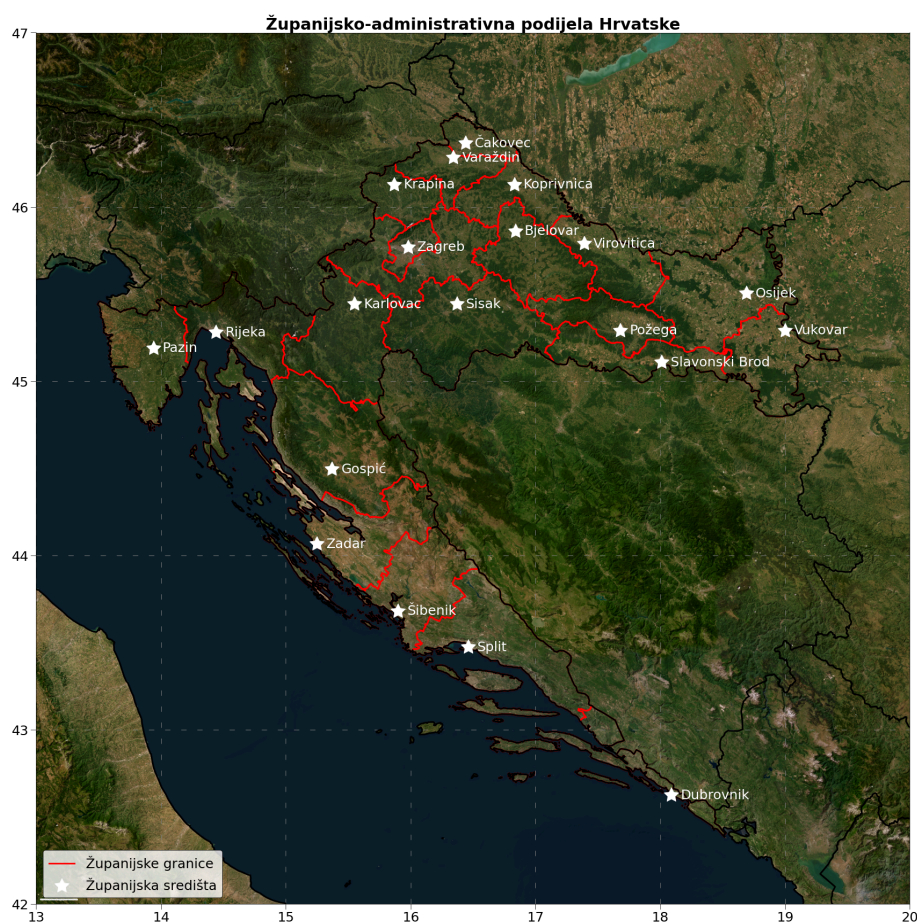
Prošla 2023. godina bila je druga najtoplija godina za Europski kontinent, s porastom temperature od $1.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ u odnosu na prosjek tridesetogodišnjeg klimatološkog razdoblja definiranog od 1991. do 2020. godine (Copernicus, 2024). Svjetska meteorološka organizacija u svom sažetku Europskog stanja klime navodi da je 2023. godina imala najveći broj dana s ekstremnim toplinskim stresom (World Meteorological Organization, 2024). U skladu s tim izvještajima, Hrvatska se nalazi na području i u vremenu kada su sve češći izraziti toplinski stresovi i sve izraženiji temperaturni ekstremi, koji negativno utječu na zdravlje, infrastrukturu, poljoprivredu i ekonomiju (World Health Organization, 2024). Budući da atmosferska cirkulacija utječe na klimatske elemente, važno je ispitati i utvrdi kako utječu niskofrekventna polja klimatske varijabilnosti na ekstremne temperature u Hrvatskoj.

Istraživanje koje su proveli Knežević et al. (2014) bilo je fokusirano na područje Srbije i obuhvatilo je ispitivanje mjesečnih i sezonskih utjecaja moda EA na klimatske indekse temeljene na T_{min} , za osam postaja, koristeći Pearsonovu korelaciju. Mladen (2023) također koristi Pearsonovu linearnu korelaciju za ispitivanje sezonske povezanosti klimatskih varijabilnosti: NAO, EA, SCA, istočno - atlantske/zapadno - ruske oscilacije i El Nino - Južne oscilacije s T_{min} , srednjom dnevnom temperaturom i T_{max} na području cijele Europe, dok Rodrigo (2021) koristi kompozitnu analizu. Cilj ovog rada je implementirati Pearsonovu linearnu korelaciju i kompozitnu analizu anomalija kako bi se ispitali mjesečni i sezonski utjecaji modova NAO i EA na ekstremne temperature i klimatske indekse, s fokusom na područje Republike Hrvatske (RH).

2. Podaci i metode

2.1 Domena istraživanja

Domena ovog rada prikazana je na slici 2.1. Riječ je o području RH koje se nalazi u jugoistočnoj Europi. Na slici 2.1 označene su promatrane lokacije (bijele zvjezdice) unutar RH (crna linija) s pripadajućom županijsko - administrativnom podjelom (crvene linije). Slika je izrađena u Pythonu uz pomoć kvantnog geografskog softvera otvorenog koda, engl. *Quantum Geographic Information System*, koristeći podatke s internetske stranice Eurostata¹. Promatranih dvadeset gradova su županijska središta RH. Dva grada su u Sjevernom hrvatskom primorju (10%), jedan je u Gorskoj RH (5%), četiri su u Južnom hrvatskom primorju (20%), osam je u Središnjoj RH (40%) i pet u Istočnoj RH (25%). Postoci uz regionalne cjeline RH predstavljaju udio izabranih gradova u pojedinom području.



Slika 2.1 Geografski prikaz Republike Hrvatske (crna granica) sa županijsko-administrativnim granicama (crvene granice) i županijskim središtima (bijele zvjezdice).

¹ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco>

2.2 Podaci

Podaci ekstremnih temperatura i SLP-a, koji se koriste u analizi, preuzeti su s web stranice Copernicus², na kojoj se nalaze objašnjenja samih podataka i varijabla dostupnih u odabranom podatkovnom setu. Korišteni su dnevni europski mrežasti podaci (E-OBS) dobiveni mjerenjima na meteorološkim postajama, koji su interpolirani i svedeni na kontinuiranu mrežu s horizontalnom rezolucijom $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. E-OBS podaci pokrivaju vremensko razdoblje od 1. siječnja 1950. do 31. prosinca 2022. Podaci su preuzeti u obliku NetCDF-4 (engl. *Network Common Data Form-4*), čija domena obuhvaća cijelu Europu. Preuzeta su dnevna polja Tmin i Tmax na 2 m visine od tla te dnevno polje SLP-a. Temperature su izražene u Celzijus stupnjevima ($^\circ\text{C}$), a tlak u hektopaskalima (hPa). Za one lokacije koje su iznad razine mora koristi se korekcija tlaka zraka na morsku razinu, uz pretpostavku konstantne temperature. Programska sučelja koja su se koristila pri izradi i analizi podataka su Python i Bash.

Mjesečni podaci *CPC* NAOI i *CPC* EAI preuzeti su iz baze podataka CPC na internetskim stranicama Climate Explorer-a³ u obliku NetCDF-4 podataka za razdoblje od 1. siječnja 1950. do 31. prosinca 2022. godine. Indeksi NAOI i EAI mogu se izračunati na različite načine, od kojih su neki navedeni u teorijskoj pozadini. Nacionalna Oceanska i Atmosferska administracija (engl. *National Oceanic and Atmospheric Administration*) koristi analizu rotiranih glavnih komponenti (RPCA, engl. *Rotated Principal Component Analysis*), primijenjenu na mjesečne standardizirane anomalije geopotencijala na 500 hPa za područje od 20° do 90° sjeverne geografske širine u razdoblju od siječnja 1950. do prosinca 2000. godine (CPC, 2008). Sama RPCA provodi se ukratko tako da se najprije pronađu EOF-ovi mjesečnih anomalnih polja geopotencijala, na koja se zatim primjeni rotacija Varimax. Dobiveni indeksi objašnjavaju većinu prostorne varijance mjesečnih polja standardiziranih anomalija geopotencijala (CPC, 2008).

² <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/insitu-gridded-observations-europe?tab=overview>

³ <https://climexp.knmi.nl/selectindex.cgi>

2.3 Metode

U analizi se koriste mjesečna i sezonska polja ekstremnih temperatura te nizovi vrijednosti indeksa modova klimatske varijabilnosti. Za izračun mjesečnih i sezonskih polja ekstremnih temperatura koristiti se operator za klimatske podatke (CDO, engl. *Climate Data Operator*). CDO sadrži funkcije za usrednjavanje dnevnih polja ekstremnih temperatura za svaki mjesec i sezonu. Svako dobiveno polje vrijednosti pospremi se u zasebnu NetCDF-4 datoteku. Svaka sezona obuhvaća tri mjeseca: zima (DJF, engl. *December, January, February*) uključuje prosinac, siječanj i veljaču, proljeće (MAM, engl. *March, April, May*) ožujak, travanj i svibanj, ljeto (JJA, engl. *June, July, August*) lipanj, srpanj i kolovoz te jesen (SON, engl. *September, October, November*) rujanj, listopad i studeni. Vrlo je važno naglasiti da se mjesečni podaci računaju za razdoblje od 1. siječnja 1950. do 31. prosinca 2022. godine, dok se sezonski podaci računaju za razdoblje od 1. prosinca 1950. do 30. studenog 2022. godine. Razlog ovog pristupa je postojanje podataka za prvu i zadnju sezonu DJF, koje obuhvaćaju prijelaze iz 1950. u 1951. godinu te iz 2021. u 2022. godinu. Zbog nedostatka podataka za 1949. i 2023. godinu nije moguće uzeti u obzir sezone DJF na prijelazima iz 1949. u 1950. te iz 2022. u 2023. godinu. Ekstremne temperature su pohranjene u obliku polja ili se ekstrahiraju putem CDO naredbe za svaki promatrani grad. Prema tome, mjesečni podaci za svaki mjesec čine niz ili polje vrijednosti koji obuhvaća 73 godine, dok sezonski podaci za svaku sezonu čine niz ili polje vrijednosti koji obuhvaća 72 godine.

Prvo se provodi analiza i prikaz preuzetih dugogodišnjih ekstremnih temperatura, NAOI-a i EAI-a. Napravi se isječak dnevnih polja ekstremnih temperatura s granicom RH u Pythonu pomoću biblioteke *'rioxarray'*, kako bi se dobila polja Tmax i Tmin koja prekrivaju samo teritorij RH. Potom se usrednjuju polja Tmax i Tmin za cijelo područje RH u dva niza dnevnih vrijednosti koristeći CDO naredbu *'fldmean'*. Ti dugogodišnji nizovi dnevnih vrijednosti usrednjuju se putem CDO funkcija *'monmean'* i *'yearmean'* po mjesecima i godinama. Kako bi analiza bila potpuna, provodi se dodatno usrednjavanje po sezonama koristeći CDO funkciju *'seasmean'* u sučelju Bash. Iz sezonski usrednjenih podataka izdvoje se nizovi za svaku pojedinu sezonu. Mjesečni nizovi NAOI i EAI usrednjuju se samo po sezonama i godinama putem prethodno spomenutih CDO operacija. Iz sezonskih nizova NAOI-a i EAI-a, koji obuhvaćaju sve četiri sezone, izdvajaju se pojedini nizovi vrijednosti za svaku sezonu kako bi se svaki niz mogao posebno

prikazati na grafu. Dnevni, mjesečni, sezonski i godišnji nizovi prikazuju se grafički uz pripadne linearne trendove, koji se izračunavaju pomoću linearne regresije.

Metoda koja se koristi za određivanje statističke značajnosti trendova linearne regresije vremenskih nizova srednjih dnevnih, mjesečnih, sezonskih i godišnjih ekstremnih temperatura, klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti je Mann-Kendallov test. Mann-Kendall test je neparametarska metoda koja govori o linearnom porastu ili padu vrijednosti vremenskog niza tokom vremena (Statistics How To, 2016). Kada se želi statistički provjeriti trend nekog niza podataka, prvo se provodi linearna regresija, a zatim se primjenjuje Mann-Kendallov test. Putem linearne regresije dobiva se iznos trenda niza podataka, dok Mann-Kendallov test služi za određivanje statističke značajnosti tog trenda. Mann-Kendallov test odgovara na pitanje postoji li trend i koliko je taj trend statistički značajan. Mann-Kendallov test analizira porast, odnosno pad u vrijednostima između ranijih i kasnijih točaka (Statistics How To, 2016). Važno je navesti nultu hipotezu: *ne postoji monoton trend u seriji podataka* te alternativnu hipotezu: *postoji trend koji može biti pozitivan ili negativan*. Ako je p -vrijednost manja od 0.05, zanemaruje se nulta hipoteza i prihvaća se alternativna hipoteza. U slučaju da je p -vrijednost veća od 0.05, nulta hipoteza se ne odbacuje i ostaje valjana. Za izvođenje Mann-Kendallovog testa koristi se Python biblioteka 'pymannkendall'.

Za određivanje povezanosti između dviju varijabli koristi se Pearsonova korelacija, koja ukazuje na međutjecaj promatranih varijabli (Wikipedia, 2024). Pearsonova korelacija je statistička tehnika koja mjeri stupanj linearne ovisnosti između dvije varijable. Izraz za izračun Pearsonovog koeficijenta korelacije sastoji se od omjera kovarijance varijabli i njihovih standardnih devijacija:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}},$$

gdje je iznos N veličina uzorka, x_i i y_i individualne vrijednosti nizova, a \bar{x} i \bar{y} srednje vrijednosti promatranih uzoraka (Wikipedia, 2024). Pearsonov koeficijent je kontinuiran i može poprimiti vrijednosti u intervalu od -1 (savršena negativna korelacija) do +1

(savršena pozitivna korelacija). Ako ne postoji linearna korelacija između varijabli, Pearsonov koeficijent korelacije bit će jednak nuli. Ovisno o predznaku koeficijenta korelacije, može se zaključiti da obje varijable istovremeno rastu (pozitivan predznak) ili da jedna raste, a druga pada (negativan predznak). Python funkcija `'scipy.stats.pearsonr'` koristi se za računanje Pearsonovog koeficijenta korelacije između nizova podataka. Ona vraća iznos koeficijenta korelacije i pripadnu p-vrijednost. Iznos p-vrijednosti koristi se za određivanje statističke značajnosti korelacijske analize. U slučaju da je p-vrijednost niža od granične, može se zaključiti da je koeficijent korelacije statistički značajan. S druge strane, ako je p-vrijednost veća od granične vrijednosti, koeficijent korelacije nije statistički značajan. P-vrijednost predstavlja vjerojatnost da dvije varijable koje su potpuno linearno nekorelirane mogu proizvesti Pearsonov koeficijent korelacije koji je jednak ili ekstremniji od izračunate vrijednosti. U računanju uzimaju se granične vrijednosti 0.05 za statističko značajnu korelaciju i 0.01 za statistički izrazito značajnu korelaciju.

S obzirom na to da su modovi klimatske varijabilnosti definirani kao posebni oblici u polju tlaka zraka, napraviti će se kratak pregled sezonskih korelacija SLP-a s indeksima NAOI i EAI. Cilj je utvrditi u kojoj sezoni postoji najveća korelacija između tlaka i indeksa kako bi se odredila sezona s najjačim utjecajem određenog moda klimatske varijabilnosti za izradu kompozitne analize anomalija. Za svaku sezonu, u Pythonu se koristi Pearsonova korelacija za svaki čvor mreže polja SLP s NAOI-om i EAI-om. Također se izračunava pripadajuća p-vrijednost za svaki čvor mreže. To se sve napravi samo za područje RH, definirano od 13° do 20° istočne geografske dužine i od 42° do 47° sjeverne geografske širine (slika 2.1). To će područje biti korišteno u daljnjoj analizi za prostorni prikaz podataka. Rezultati sezonskih korelacijskih mapa prikazuju se na definiranoj domeni, s označenim p-vrijednostima.

Kompozitna analiza anomalija izrađuje se koristeći sezonske anomalije ekstremnih temperatura i polja tlaka. Kako bi se izračunale sezonske anomalije (a_t) za svaku godinu, potrebno je oduzeti podatke dobivene usrednjavanjem svih sezona u jedno polje pomoću CDO naredbe `'yseasmean'` (\bar{x}) od podataka koji su dobiveni usrednjavanjem dnevnih podataka po sezonama, koristeći CDO naredbu `'seasmean'` (x_t), za razdoblje definirano od 1. prosinca 1950. do 30. studenog 2022. godine:

$$a_i = x_i - \bar{x}$$

U ovom radu, kompoziti se posebno definiraju u ovisnosti o vrijednostima indeksa NAOI i EAI. Također, kompoziti se izračunavaju za tri različita slučaja, temeljena na vrijednosti promatranog indeksa: veći od nula, manji od nula i blizu nule, dok su vrijednosti drugog indeksa oko nule. Godine sa sezonama kada se javljaju jake pozitivne vrijednosti promatranog indeksa ($index_1$) izabrane su zadovoljenjem sljedećeg uvjeta:

$$\Delta_+ = \max(index_1 - |index_2|), \quad index_1 > 0, \quad index_1 > index_2,$$

gdje je vrijednost prvog indeksa veća od nule i veća od vrijednosti drugog indeksa. Traži se najveća razlika realne vrijednosti prvog indeksa i apsolutne vrijednosti drugog indeksa. Tako se dobivaju godine sa sezonama kada promatrani indeks ima velike pozitivne vrijednosti, dok su vrijednosti drugog indeksa zanemarive i bliske nuli. Jaka negativna faza promatranog moda klimatske varijabilnosti definirana je zadovoljenjem sljedećih uvjeta: vrijednost promatranog indeksa mora biti manja od nule i manja od vrijednosti drugog indeksa, a razlika između apsolutne vrijednosti promatranog indeksa i apsolutne vrijednosti drugog indeksa mora biti najveća moguća:

$$\Delta_- = \max(|index_1| - |index_2|), \quad index_1 < 0, \quad index_1 < index_2.$$

Ova metodologija je nužna upravo zbog činjenice da NAO i EA istovremeno utječu na vrijeme u Europi, a ovim se načinom dobivaju samo one sezone s prevladavajućim utjecajem jednog moda klimatske varijabilnosti (Nesterov, 2009). Osim toga, izdvajaju se takozvani neutralni događaji, tj. oni kada su NAOI i EAI malih iznosa. Sezone u kojima su vrijednosti NAOI i EAI približno jednaki nuli izdvajaju se putem sortiranja i odabira najmanjih vrijednosti iz niza koji se dobiva zbrajanjem apsolutnih vrijednosti obaju sezonskih indeksa:

$$\Delta_{slab} = \min(|index_1| + |index_2|).$$

Odabranih sedam godina sa sezonskim anomalijama Tmax, Tmin i SLP izdvajaju se putem Bash skripte s naredbom 'selyear', a potom se usrednjavaju kroz svih sedam godina naredbom 'timmean', posebno za svaku varijablu. Na kraju, dobiveni kompoziti anomalija SLP-a se prikazuju na mapi Europe, dok se kompoziti anomalija ekstremnih temperatura prikazuju na području Hrvatske.

U realnosti nije moguće u potpunosti odvojiti utjecaje modova NAO i EA na klimu Europe jer se javljaju istovremeno s drugim modovima klimatske varijabilnosti. U drugom dijelu kompozitne analize anomalija promatra se kombinirani utjecaj NAOI-a i EAI-a na anomalna polja Tmax, Tmin i SLP u sezoni DJF, kada je interakcija atmosfere i oceana najaktivnija te su NAO i EA dinamički najaktivniji, objašnjavajući najveću varijancu atmosferske cirkulacije (Trigo et al., 2008). Oba rada, Nesterov (2009) i Rodrigo (2021), koriste četiri kombinacije indeksa NAOI i EAI u kompozitnoj analizi: NAOI+/EAI+, NAOI+/EAI-, NAOI-/EAI+ i NAOI-/EAI-. Slijed rada je identičan onome u kompozitnoj analizi anomalija za pojedinačne modove klimatske varijabilnosti, ali uz različit uvjet za odabir zimskih anomalnih podataka temperatura i tlaka. Potrebno je pronaći deset sezona DJF za svaku od četiriju navedenih kombinacija indeksa: za NAOI+/EAI+ traže se zime s najvećim zbrojem oba pozitivna indeksa:

$$\Delta_{++} = \max(index_1 + index_2), index_1 > 0, index_2 > 0,$$

za NAOI+/EAI- traže se zime s najvećim zbrojem pozitivnog NAOI-a i apsolutne vrijednosti negativnog EAI-a:

$$\Delta_{+-} = \max(index_1 + |index_2|), index_1 > 0, index_2 < 0,$$

za NAOI-/EAI+ traže se zime s najvećim zbrojem apsolutne vrijednosti negativnog NAOI-a i pozitivnog EAI-a:

$$\Delta_{-+} = \max(|index_1| + index_2), index_1 < 0, index_2 > 0$$

i za NAOI-/EAI- traže se zime s najvećim zbrojem apsolutnih vrijednosti oba negativna indeksa:

$$\Delta_{--} = \max(|index_1| + |index_2|), index_1 < 0, index_2 < 0.$$

Čitava procedura izdvajanja i provjere sezona DJF u kojima su zadovoljeni navedeni uvjeti odvija se u Pythonu. Zatim se izrađuju kompoziti tako što se podaci za odabrane sezone DJF izdvajaju naredbom 'selyear' iz sezonskih anomalnih polja tlaka i ekstremnih temperatura. Izdvojenih deset zima za svaku kombinaciju indeksa usrednji se CDO naredbom 'timmean' kako bi se izračunala polja kompozitnih anomalija SLP, Tmax i Tmin. Kompozitne anomalije tlaka prikazane su na mapi Europe, a anomalije ekstremnih temperatura na mapi Hrvatske.

Kompozitna analiza nije potpuna bez testa statističke značajnosti za procjenu vjerojatnosti pojave određenih kompozita. Ovdje se koristi dvostrani t-test jednog

uzorka za procjenu odstupanja sezonskih kompozitnih anomalija T_{max} i T_{min} od srednje vrijednosti prosjeka 72 sezonske anomalije na području Hrvatske. Kada se sve 72 sezonske anomalije usrednje u jednu vrijednost, ta vrijednost iznosi nula. Pitanje na koje t-test zapravo odgovara jest: odstupaju li značajno kompoziti od nulte vrijednosti? T-test se računa putem jednadžbe za t-vrijednost:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}},$$

gdje je \bar{x} izračunata srednja vrijednost svih sezonskih anomalija koja iznosi nula, μ je vrijednost kompozita, n je broj sezona u promatranom razdoblju i σ je standardna devijacija niza svih sezonskih anomalija. Iz izračunate t-vrijednosti može se izračunati p-vrijednost putem Python funkcije '*scipy.stats.sf*', koja koristi apsolutnu vrijednost t-vrijednosti i broj stupnjeva slobode ($n - 1$). Izračunata p-vrijednost mora se pomnožiti s dva jer se provodi dvostrani t-test, koji testira odstupanje vrijednosti kompozita od srednje vrijednosti svih sezonskih anomalija u oba smjera, bilo da je manje ili veće od nule (GraphPad, 2024). Prema GraphPad-u (2024), kada je p-vrijednost veća od odabrane granične vrijednosti, može se zaključiti da nema značajne razlike između vrijednosti kompozita i srednje vrijednosti svih sezonskih anomalija. Međutim, kada je p-vrijednost manja od granične vrijednosti, to sugerira da odstupanje između kompozita i srednje vrijednosti svih sezonskih anomalija nije posljedica slučajnog uzorkovanja. U računanju se koriste granične vrijednosti od 0.05 za značajno odstupanje i 0.01 za izrazito značajno odstupanje kompozita od srednje vrijednosti svih sezonskih anomalija.

Ispitivanje utjecaja modova klimatske varijabilnosti na ekstremne temperature u Hrvatskoj provodi se računanjem mjesečnih i sezonskih Pearsonovih korelacija između ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti. Za analizu ekstremnih temperatura izrađuju se trendovi dugogodišnjih nizova srednjih mjesečnih i sezonskih vrijednosti T_{max} i T_{min} . Mann-Kendallov test koristi se za utvrđivanje statističke značajnosti trendova vremenskih nizova ekstremnih temperatura. Trendovi i korelacije izrađuju se za sve odabrane gradove u Hrvatskoj (slika 2.1), a dobivene vrijednosti se pohranjuju u tablicama s označenim statističkim značajnostima. U svrhu ovog rada, za svaki mjesec i svaku sezonu izrađene su korelacijske mape između ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti s pripadnim

statističkim značajnostima iskazanim u obliku kontura. Korelacijske mape izrađuju se tako da se izdvoje mjesečna i sezonska polja Tmax i Tmin, za koja se zatim računa Pearsonova korelacija s nizovima NAOI i EAI za svaku točku polja ekstremnih temperatura. Uz to, Python funkcija za korelaciju, *'scipy.stats.pearsonr'*, ujedno računa i statističku značajnost u obliku p-vrijednosti za svaku točku polja. Korelacijske mape prikazane su na karti Hrvatske.

Računanje trendova izabranih klimatskih indeksa te korelacija istih s NAOI-om i EAI-om odrađuje se na mjesečnoj i sezonskoj vremenskoj skali. Sama metodologija je vrlo slična onoj u prethodnom odlomku, s tim da se umjesto Tmax i Tmin koriste klimatski indeksi. Za potrebe ovog istraživanja odabrani su sljedeći klimatski indeksi: broj mraznih dana (FD, engl. *number of frost days*), broj ljetnih dana (SU, engl. *number of summer days*), broj ledenih dana (ID, engl. *number of icing days*), broj tropskih noći (TR, engl. *number of tropical nights*) i dnevni raspon temperature (DTR, engl. *daily temperature range*). Odabrani klimatski indeksi izračunati su koristeći Tmax i Tmin. Metodologija za izračun klimatskih indeksa preuzeta je s internetske stranice stručnog tima za detekciju klimatskih promjena i indeksa (ETCCDI, engl. *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) (ETCCDI, 2013). Broj ljetnih dana (SU) je broj dana u godini kada je dnevna maksimalna temperatura viša od 25 °C. Broj tropskih noći (TR) je broj dana u godini kada je dnevna minimalna temperatura viša od 20 °C. Broj ledenih dana (ID) je broj dana u godini kada je dnevna maksimalna temperatura niža od 0 °C. Broj mraznih dana (FD) je broj dana u godini kada je dnevna minimalna temperatura niža od 0 °C. Dnevni raspon temperature (DTR) je zadan kao razlika dnevnih Tmax i Tmin usrednjenih kroz promatrani vremenski period:

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (Tmax_{ij} - Tmin_{ij})}{I}.$$

Navedeni indeksi računaju se za svih dvadeset Hrvatskih gradova za svaki mjesec i svaku sezonu koristeći CDO naredbe. Trendovi klimatskih indeksa za svaki odabrani grad izračunavaju se korištenjem linearne regresije u Pythonu, a njihova statistička značajnost testira se Mann-Kendallovim testom. Korelacije klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti računaju se korištenjem Pearsonove korelacije za svih dvadeset odabranih gradova RH. Iznosi trendova i koeficijenta korelacije ispisuju se u tabličnom obliku s označenim statističkim značajnostima i predznacima vrijednosti.

Zbog velike količine mogućih korelacijskih mapa između klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti, koriste se p-vrijednosti izračunate iz Pearsonovih korelacija za dvadeset gradova kako bi se odabralo po jedan mjesec i jedna sezona za svaku korelaciju između svakog klimatskog indeksa i NAOI-a, kao i između svakog klimatskog indeksa i EAI-a. U odabranim mjesecima i sezonama za dvadeset gradova, korelacija između klimatskih indeksa i NAOI-a, kao i između klimatskih indeksa i EAI-a, statistički je najznačajnija u odnosu na ostale mjesece i sezone. Taj odabir mjeseca i sezona provodi se pomoću sljedećeg izraza:

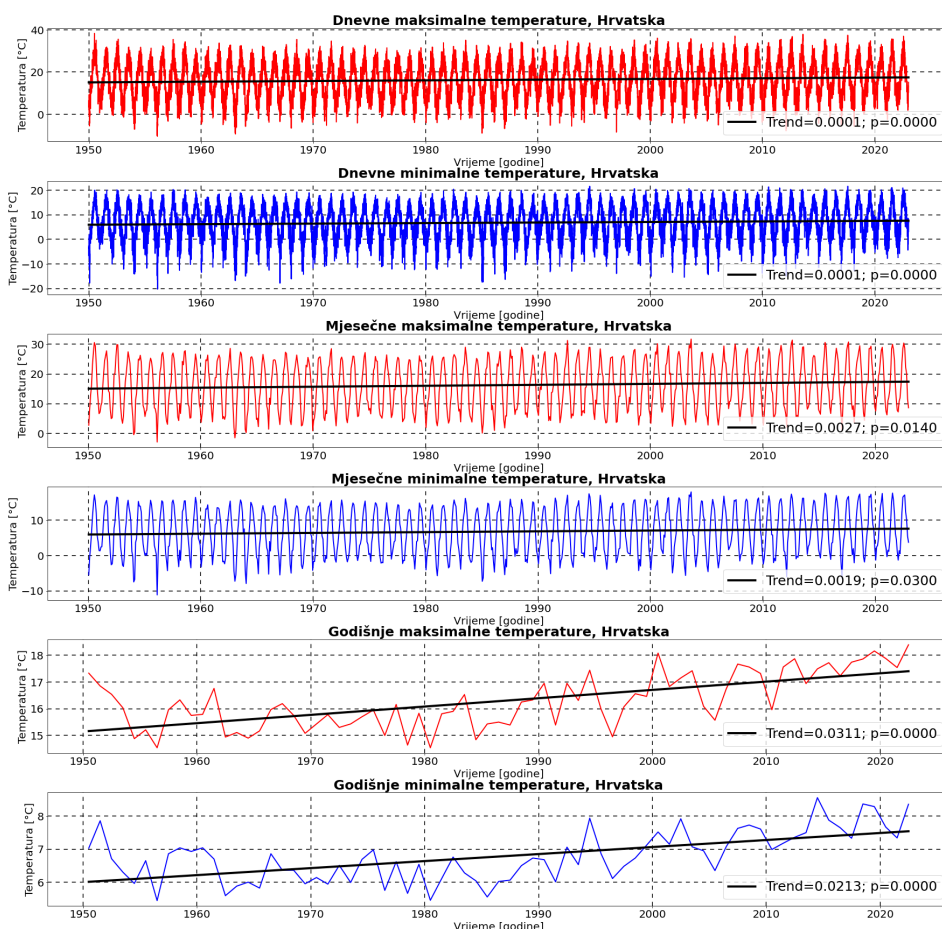
$$K = \min \left(\frac{\sum_i^N p_i}{\sum_i^N \mathbb{I}(p_i < 0.05)} \right),$$

gdje je K parametar na temelju kojeg se bira mjesec ili sezona za koji će se nacrtati korelacijska mapa pojedinog klimatskog indeksa i indeksa moda klimatske varijabilnosti, p_i je mjesečna ili sezonska p-vrijednost za svaki grad, N je broj gradova (dvadeset), a $\mathbb{I}(p_i < 0.05)$ je indikatorska funkcija koja je jednaka jedinici za gradove sa statistički značajnom korelacijom, a inače je nula. S parametrom K postiže se mjera koja odražava generalnu statističku značajnost korelacija za 20 hrvatskih gradova, temeljen na omjeru sume p-vrijednosti po svim gradovima i broja gradova koji imaju statistički značajnu korelaciju za pojedini mjesec ili sezonu. Mala suma p-vrijednosti u brojniku i velik broj gradova sa statistički značajnim korelacijama u nazivniku upućuje na mali parametar K , što indicira potencijalno statistički značajnu korelaciju između klimatskog indeksa i indeksa moda klimatske varijabilnosti na području Hrvatske. Za svaki klimatski indeks izrađuje se po jedna korelacijska mapa, što rezultira ukupno s deset mjesečnih i deset sezonskih mapa (pet klimatskih indeksa korelira se s dva indeksa modova klimatske varijabilnosti).

3. Rezultati i diskusija

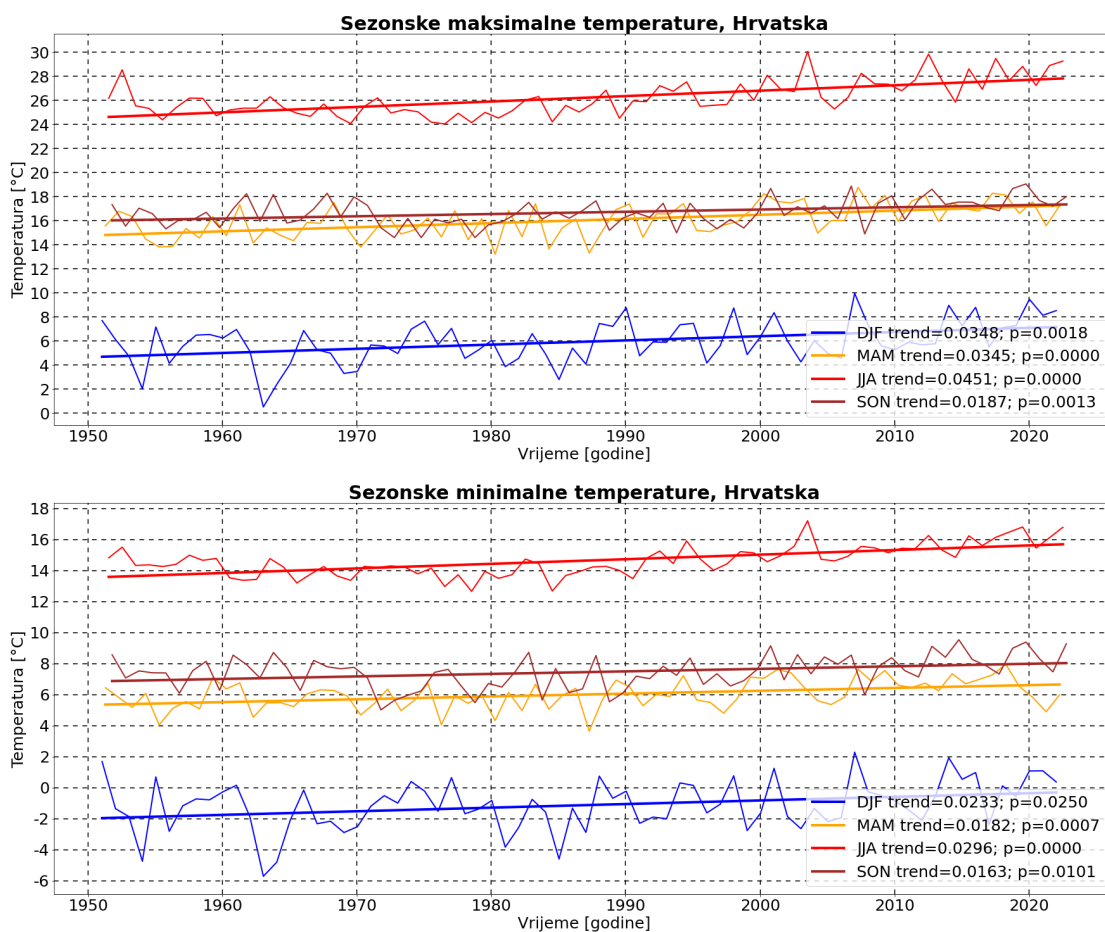
3.1 Nizovi ekstremnih temperatura

U ovom poglavlju analiziraju se i prikazuju E-OBS podaci za Tmax i Tmin koji se koriste u istraživanju. Slika 3.1 prikazuje grafove dugogodišnjih nizova dnevnih, mjesečnih i godišnjih Tmax (crvena linija) i Tmin (plava linija), usrednjenih na cijelom području Hrvatske. Dnevna polja Tmax i Tmin su površinski i vremenski usrednjena u nizove pomoću CDO funkcija za hrvatsko područje, definirano kopnenom granicom RH. Trendovi dnevnih i godišnjih podataka, dobiveni linearnom regresijom (crni pravac), su statistički značajni i postojani prema Mann-Kendallovom testu na razini 0.01, dok su mjesečni trendovi značajni na razini od 0.05. Pozitivni trendovi su slični za dnevne Tmax i Tmin, dok su izraženiji za mjesečne i godišnje nizove Tmax, s vrijednošću od 0.3 °C u deset godina. Trendovi Tmax-a i Tmin-a ukazuju na porast usrednjenih ekstremnih temperatura na hrvatskom području u razdoblju od 1950. do 2022. godine.



Slika 3.1 Nizovi dnevnih, mjesečnih i godišnjih Tmax (crveno) i Tmin (plavo), usrednjenih za hrvatsko područje, s linearnim regresijama (crno) i p-vrijednostima za razdoblje 1950.-2022.

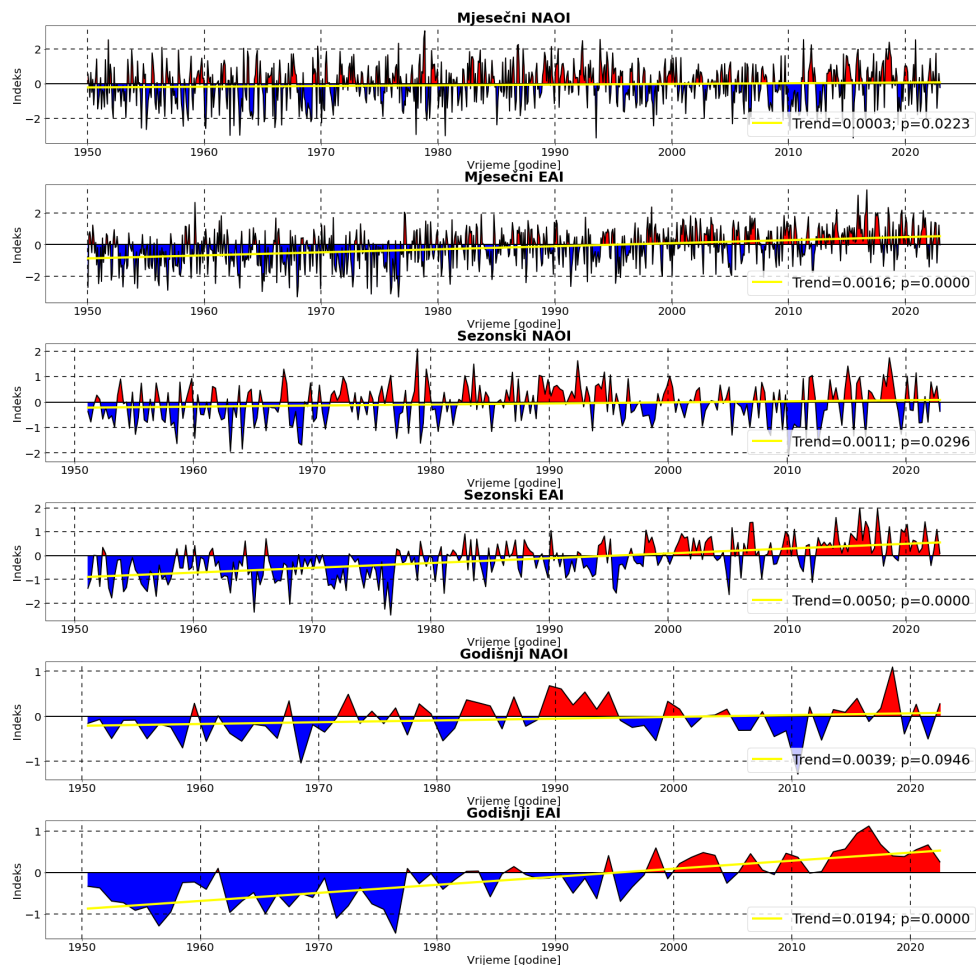
Sljedeći korak je prikaz i analiza sezonskih E-OBS ekstremnih temperatura za promatrano razdoblje od 1. prosinca 1950. do 30. studenog 2022. (od 1951. do 2022. godine). Korišteni sezonski podaci za Tmax i Tmin su površinski usrednjeni za područje Hrvatske putem CDO naredbi. Iz sezonskih podataka izdvoji se niz vrijednosti za svaku od četiri sezone. Slika 3.2 prikazuje pozitivan trend rasta vrijednosti ekstremnih temperatura u svim sezonama, pri čemu je rast izraženiji kod sezonskih Tmax u odnosu na Tmin. Ljetni trend najveći je za obje temperature, dok je jesenski trend najmanji. Prema Mann-Kendallovom testu, svi sezonski trendovi Tmax-a su postojani i značajni na razini 0.01. Ljetni i proljetni trendovi Tmin-a značajni su na razini 0.01, dok su zimski i jesenski trendovi značajni na razini 0.05. Kod sezonskih Tmin, jesenska linearna regresija je vrlo blizu proljetnoj, ali je nešto iznad nje, sa sličnim trendovima. S druge strane, kod sezonskih Tmax, uočava se značajniji porast proljetnog trenda u odnosu na jesenski. Nakon izračuna u Pythonu, zaključeno je da su zimi standardne devijacije Tmax-a i Tmin-a najveće, dok su u jesen najmanje, što je vidljivo na grafovima.



Slika 3.2 Nizovi sezonskih Tmax i Tmin, usrednjenih za hrvatsko područje s linearnim regresijama i p-vrijednostima za razdoblje 1951.-2022. Svaki sezonski niz je drugačije boje.

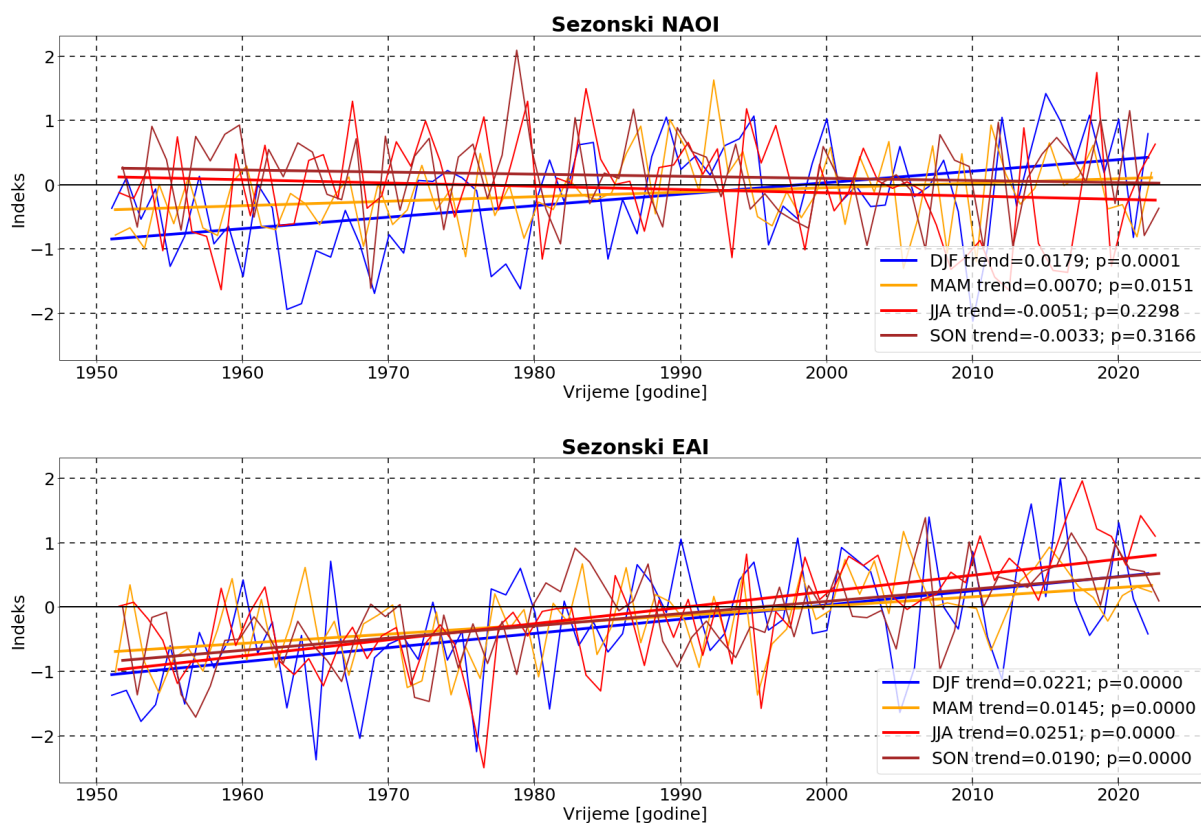
3.2 Nizovi indeksa modova klimatske varijabilnosti

Preuzeti mjesečni podaci indeksa modova klimatske varijabilnosti sezonski i godišnje se usrednjavaju koristeći naredbe paketa CDO. Na slici 3.3 prikazani su mjesečni, sezonski i godišnji nizovi, označeni crveno za pozitivne vrijednosti i plavo za negativne, s pripadajućim trendovima izračunatim pomoću linearne regresije (žuti pravci) te p-vrijednostima dobivenim pomoću Mann-Kendallovog testa. Izraženi pozitivni trendovi niza EAI su značajni na razini 0.01 na svim vremenskim skalama, a sam trend ukazuje na rast vrijednosti indeksa za 0.2 svakih deset godina. Mjesečni i sezonski trend niza NAOI značajan je na razini 0.05 s vrlo blagim porastom oko 0.04, dok godišnji niz NAOI nema monotonog trenda zbog iznosa p-vrijednosti koji je veći od 0.05. Neki od razloga za pet puta veći rast EAI-a od NAOI-a: topla (hladna) faza moda ENSO potiče pozitivnu (negativnu) fazu moda EA (Nesterov, 2000), utjecaj oceana (uglavnom putem latentnih tokova topline) na atmosfersku cirkulaciju i temperaturu zraka (Nesterov, 2009).



Slika 3.3 Mjesečni, sezonski i godišnji NAOI i EAI s linearnim regresijama (žuti pravci) i p-vrijednostima za razdoblje 1950.-2022. Pozitivne vrijednosti su crvene, a negativne plave.

Koristi se isti način za izdvajanje nizova NAOI i EAI za svaku sezonu iz sezonskih podataka NAOI i EAI, kao što je već napravljeno u poglavlju 3.1 za ekstremne temperature i pojašnjeno u poglavlju 2.3 "Metode". Slika 3.4 prikazuje sezonske indekse kroz 72 godine za svaku pojedinu sezonu. Linearne regresije su obojane istim bojama kao i pripadajući nizovi sezonskih vrijednosti indeksa, a u legendi su navedeni iznosi trendova i p-vrijednosti. Jasno se vidi pozitivan trend EAI-a u svim sezonama, dok NAOI ima značajan rast zimi na razini 0.01 i u proljeće na razini 0.05 te beznačajan blagi pad ljeti i u jesen. Što se tiče EAI-a, ljetni trend je najveći s porastom od 0.25 u deset godina, dok je proljetni trend najmanji s porastom od 0.15 u deset godina. Zimski trend NAOI-a iskazuje porast indeksa u iznosu od 0.18 u deset godina, a proljetni od 0.07. Sa slika 3.3 i 3.4, može se primjetiti da NAOI pokazuje značajnu sezonsku i međugodišnju varijabilnost s uobičajenim produljenim periodima pozitivne ili negativne faze (CPC, 2012a). EAI iskazuje multi-dekadnu varijabilnost sa prevladavajućom negativnom fazom u razdoblju 1950. - 1976. te pozitivnom fazom u razdoblju 1977. - 2022. (CPC, 2012b).



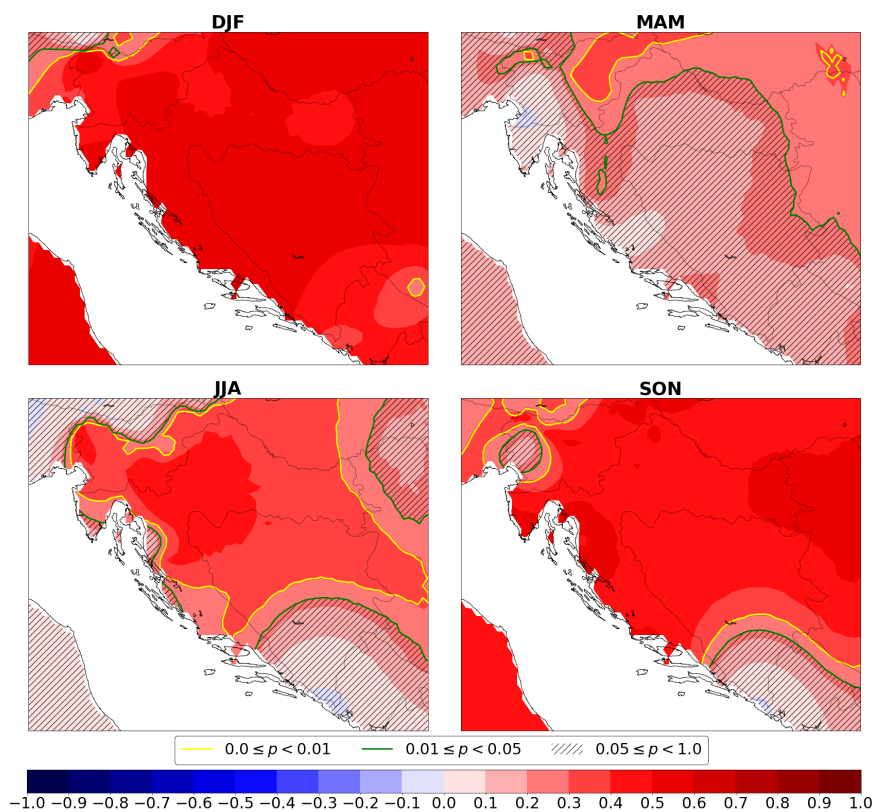
Slika 3.4 Zimski, proljetni, ljetni i jesenski NAOI i EAI s linearnim regresijama (u istim bojama kao pripadni sezonski nizovi vrijednosti indeksa) i p-vrijednostima za razdoblje 1951.-2022.

3.3 Sezonske korelacijske mape za SLP

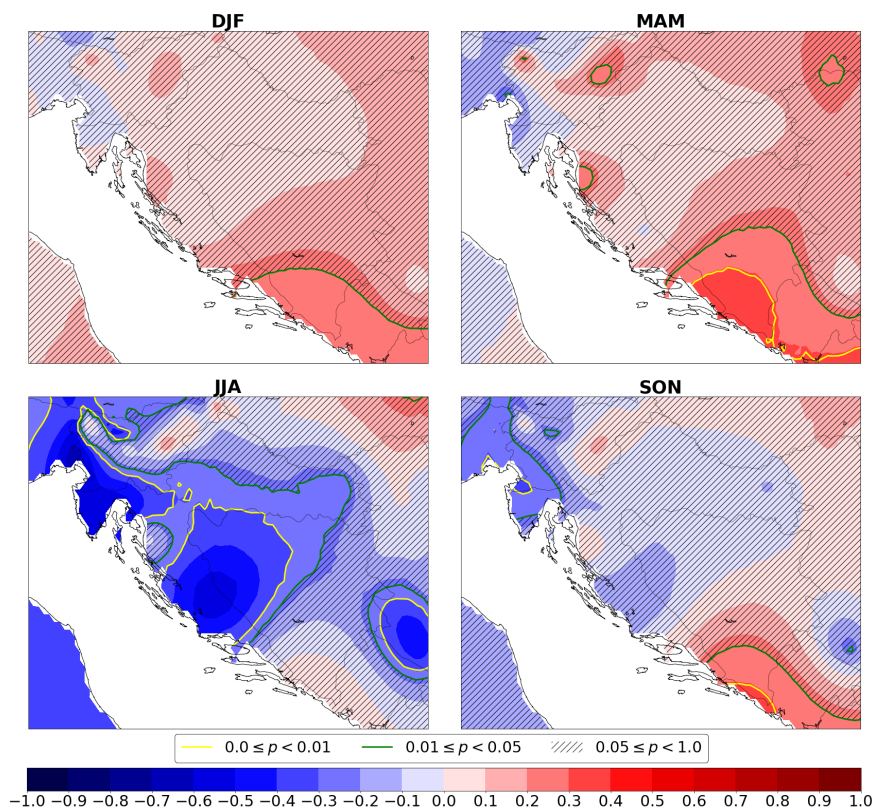
S obzirom na to da su modovi klimatske varijabilnosti definirani kao karakteristični oblici polja tlaka zraka, vrijedilo bi razmotriti njihovu korelaciju s poljem tlaka zraka na području Hrvatske kako bi se utvrdile sezone s najjačom ovisnošću polja tlaka o modovima klimatske varijabilnosti. Odabrane sezone koristit će se u kompozitnoj analizi. U ovom poglavlju daje se pregled sezonskih korelacija između SLP-a i indeksa modova klimatske varijabilnosti. Osim prikaza kontura vrijednosti korelacija na mapama, prikazane su i izolinije jednakih p-vrijednosti koje označavaju statističku značajnost korelacija: p-vrijednosti veće od 0.05 označavaju područja na kojima korelacije nisu značajne (kose linije), p-vrijednosti od 0.05 do 0.01 predstavljaju područja sa značajnim korelacijama (zelena izolinija), a područja s p-vrijednostima nižim od 0.01 pokrivena su izrazito značajnim korelacijama (žuta izolinija).

Na slici 3.5 prikazano je polje vrijednosti sezonskih korelacija SLP-a i NAOI-a na području RH. Zimi su najveće pozitivne korelacije od 0.5 do 0.6, koje su izrazito značajne na cijelom području RH. Proljetne korelacije nisu značajne na velikom području RH, osim na sjeveru Središnje RH, gdje postoje vrlo blage pozitivne korelacije od 0.2 do 0.3. Ljetne korelacije su izrazito značajne u većem dijelu RH, s vrijednostima od 0.4 do 0.5 u Središnjoj Hrvatskoj, od 0.3 do 0.4 u Istočnoj RH i od 0.3 do 0.5 u Gorskoj RH. Također, ljetne korelacije su značajne u Sjevernom i Južnom hrvatskom primorju s vrijednostima od 0.2 do 0.3, dok na samoj obali i na jugu hrvatskog primorja nisu značajne. Tijekom jeseni prevladavaju statistički značajne pozitivne korelacije od 0.4 do 0.5 u cijeloj Hrvatskoj, a na istoku Istočne Hrvatske, jugu Istre, u Gorskoj Hrvatskoj i na području oko Splita te korelacije dosežu još veće vrijednosti (između 0.5 i 0.6). Ovisnost polja SLP o NAO-u na području RH najizraženija je u sezoni DJF, zatim redom u sezonama SON, JJA i MAM.

Na slici 3.6 prikazane su sezonske korelacijske mape SLP-a i EAI-a na području RH. U sezonama DJF, MAM i SON, na cijelom području RH nisu zabilježene značajne korelacije između SLP-a i EAI-a. Ljeti se javlja značajna negativna korelacija s vrijednostima od -0.3 do -0.2 na jugu Središnje i Istočne RH, dok su najjače i izrazito značajne negativne korelacije između -0.6 i -0.5 u Istri i srednjoj Dalmaciji. Prema ovim rezultatima, najveća ovisnost SLP-a o EA-u zapažena je u sezoni JJA.



Slika 3.5 Sezonske korelacijske mape SLP-a i NAOI-a za svaku sezonu s izolinijama p-vrijednosti koje označavaju statističku značajnost polja korelacijskih vrijednosti.



Slika 3.6 Sezonske korelacijske mape SLP-a i EAI-a za svaku sezonu s izolinijama p-vrijednosti koje označavaju statističku značajnost polja korelacijskih vrijednosti.

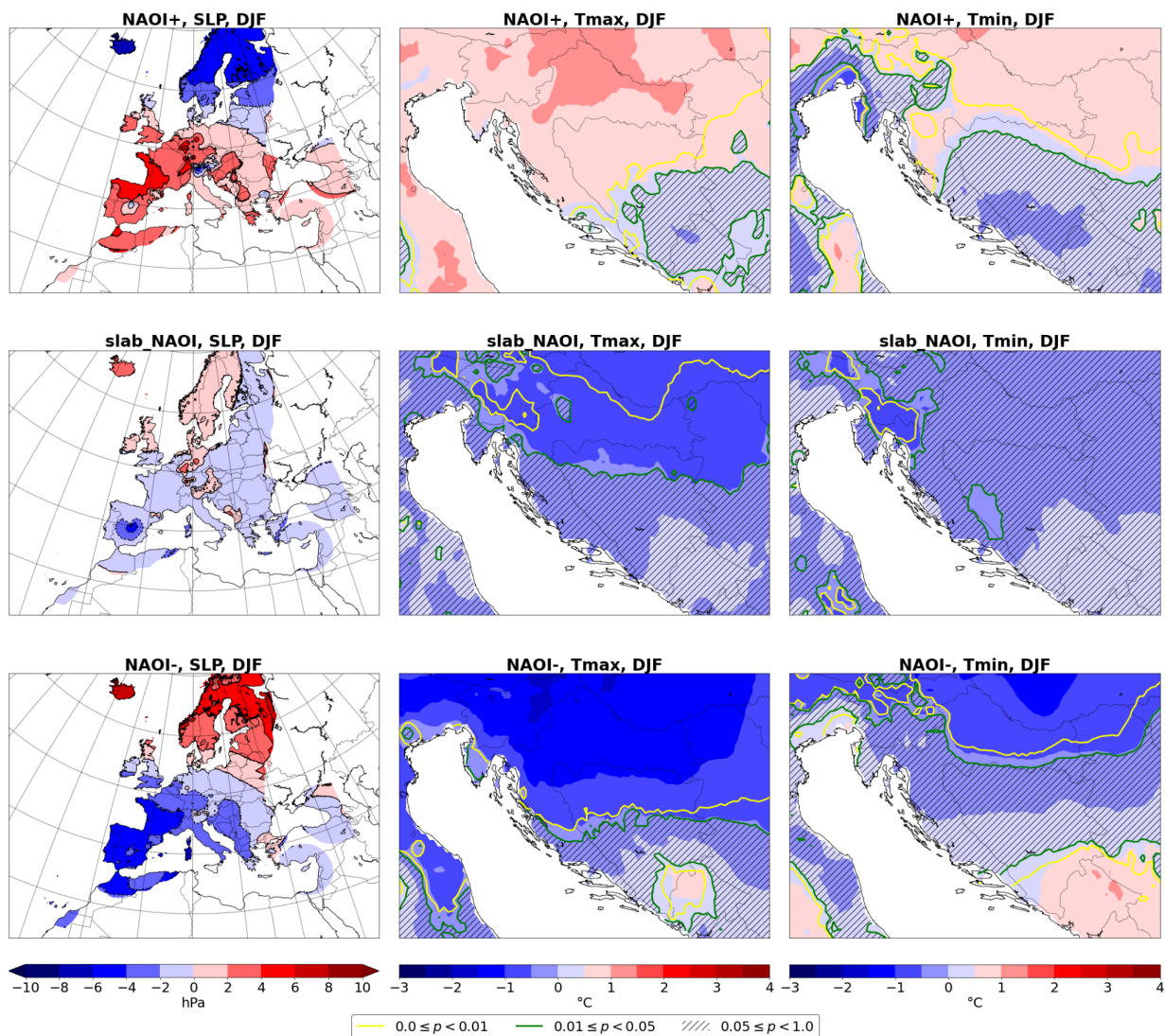
3.4 Kompozitna analiza anomalija za NAOI i EAI

Nakon što se izračunaju zimske i ljetne anomalije za polja SLP, Tmax i Tmin te se izdvoje i usrednje sve sezonske anomalije za sezone kada su NAOI i EAI zadovoljili zadane uvjete koji su navedeni u poglavlju 2.3 "Metode", dobivene kompozitne anomalije SLP-a prikazuju se na području Europe, a Tmax-a i Tmin-a na području RH. Izolinije na kompozitnim mapama anomalija Tmax-a i Tmin-a izračunate su korištenjem dvostranog t-testa jednog uzorka, koji provjerava odstupaju li značajno dobiveni kompoziti anomalija od nulte vrijednosti. Statistička značajnost kompozitnih vrijednosti ovisi o intervalu u kojem se njihova izračunata p-vrijednost nalazi: p-vrijednosti veće od 0.05 označavaju područja na kojima kompoziti ne odstupaju značajno od nule (kose linije), p-vrijednosti od 0.05 do 0.01 označavaju značajno odstupanje kompozita od nule (zeleno izolirana) i p-vrijednosti niže od 0.01 označavaju izrazito značajno odstupanje kompozita od nule (žuta izolirana).

Prvo se izrade kompoziti zimskih anomalnih polja SLP, Tmax i Tmin, koji su povezani s pozitivnom (NAOI+), negativnom (NAOI-) i slabom (slab NAOI) fazom NAO-a, uz kriterij da je vrijednost EAI-a oko nule. Dobiveni zimski kompoziti obuhvaćaju sezone DJF kada je NAO imao dominantan utjecaj na klimatske elemente. Slika 1A (Dodatak A) prikazuje nizove NAOI i EAI za sezonu DJF. Isprekidane vertikalne linije na slici 1A označavaju godine sa sezonom DJF u kojoj vrijednosti NAOI-a i EAI-a zadovoljavaju jedan od tri navedena slučaja. Za svaki promatrani slučaj uzeto je sedam sezona DJF iz ukupno 72 dostupne sezone DJF u razdoblju od 1. prosinca 1950. do 30. studenog 2022. godine.

Slika 3.7 prikazuje kompozite izrađene usrednjavanjem zimskih anomalnih polja SLP, Tmax i Tmin. Kompoziti su izrađeni za tri različita slučaja NAOI-a, od vrha prema dnu: NAOI+, slab NAOI i NAOI-. Zimski kompozit anomalija SLP-a za NAOI+ (NAOI-) jasno prikazuje zonalnu razdiobu tlaka s negativnim anomalijama SLP-a na sjeveru (jugu) Europe i pozitivnim anomalijama SLP-a na jugu (sjeveru) Europe, što vrlo dobro opisuje karakterističan NAO fenomen. Kompozit SLP-a za slab NAOI nema distinktivno definirana područja izraženih anomalija. Kompozit anomalija Tmax-a za NAOI+ ukazuje na izrazito značajne anomalije u cijeloj RH s najvećim pozitivnim vrijednostima od 1.0 do 1.5 °C u Središnjoj i na sjeveru Istočne RH. Kompozit anomalija Tmin-a za NAOI+ izrazito je značajan na području Gorske, Središnje i Istočne RH na kojima se pozitivne

usrednjene anomalije kreću od 0.5 do 1.0 °C. Vrijednosti Tmax kompozita anomalija za slab NAOI su značajne u dijelovima Gorske, Središnje i Istočne RH, u rasponu od -1.0 do -0.5 °C. S druge strane, kompoziti anomalija Tmin-a za slab NAOI ne pokazuju značajna odstupanja od nule na području RH. Kompozitne anomalije Tmax-a za NAOI- su izrazito značajne za cijelo područje RH sjeverno od Dinare, s negativnim vrijednostima koje se kreću od -1.5 do -1.0 °C. Kompozitne anomalije Tmin-a za NAOI- su izrazito značajne u Središnjoj i Istočnoj RH, s vrijednostima od -1.0 do -0.5 °C.



Slika 3.7 Zimski kompoziti anomalija polja SLP, Tmax i Tmin za NAOI+, slab NAOI i NAOI- s izolinijama p-vrijednosti koje određuju statističku značajnost odstupanja kompozita od nule.

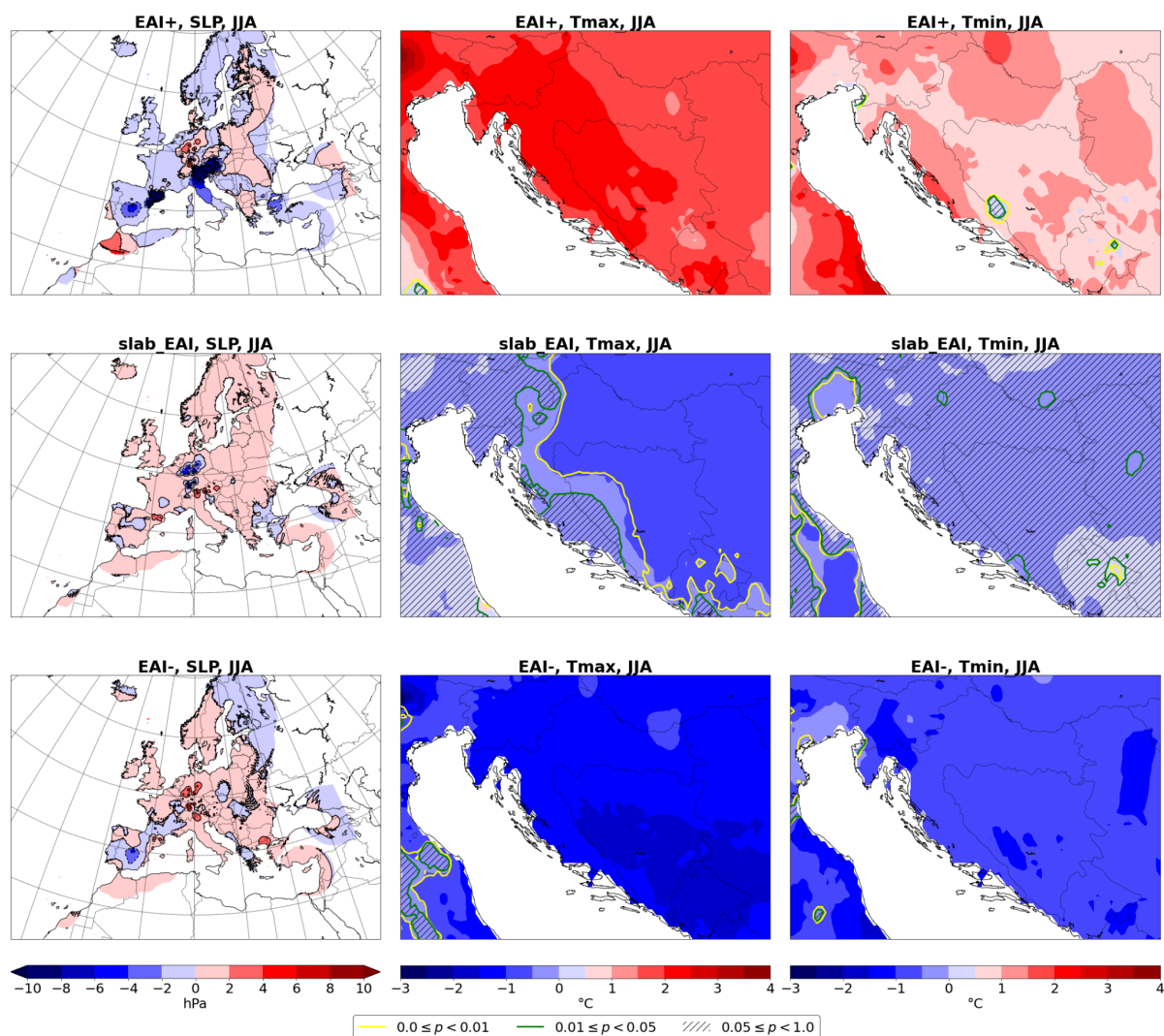
Iz ove kompozitne analize može se zaključiti da NAO ima snažniji utjecaj na zimsko polje Tmax u odnosu na polje Tmin, što je očito iz vrijednosti kompozitnih anomalija i prostorne zastupljenosti izrazito značajnih odstupanja kompozita od nulte

vrijednosti. Utjecaj NAOI-a na zimska anomalna polja ekstremnih temperatura izrazito je značajan na područjima Gorske, Središnje i Istočne RH. Također, pojava pozitivne (negativne) faze moda NAO je karakterizirana pozitivnim (negativnim) anomalijama polja T_{max} i T_{min} u sezoni DJF na području RH. Slab NAOI jedino utječe na polje T_{max} , što je na mapi prikazano značajnim negativnim anomalijama u Središnjoj i Istočnoj RH. To se potencijalno može objasniti prisustvom različitih klimatskih forsiranja i drugih modova klimatske varijabilnosti.

Iduća kompozitna analiza anomalija je provedena za pozitivan (EAI+), slab (slab EAI) i negativan (EAI-) sezonski mod EA u sezoni JJA, zadržavajući vrijednosti NAOI-a oko nule. Slab EAI odnosi se na vrijednosti EAI-a koje su oko nule. Slika 2A (Dodatak A) prikazuje ljetni EAI i NAOI s odabranim sezonama JJA, pri čemu su izabrane sezone označene isprekidanim vertikalnim linijama distinktivnih boja. U tim sezonama vrijednosti EAI-a i NAOI-a zadovoljavaju uvjete definirane u poglavlju 2.3 "Metode" za EAI+, slab EAI i EAI-.

Slika 3.8 prikazuje kompozitne anomalije za tri slučaja, odozgo prema dolje: EAI+, slab EAI i EAI- te za polja vrijednosti, s lijeva na desno: SLP, T_{max} i T_{min} . Kompozitne anomalije SLP-a na makro razini, za sva tri slučaja EAI-a, ukazuju na vrlo slab utjecaj moda EA na europski SLP, s obzirom na izrazito niske vrijednosti kompozitnih anomalija. Lokalne depresije u polju SLP najizraženije su oko Alpa i Pireneja u slučaju EAI+, dok se kod Alpa pokazuju blago pozitivne i u unutrašnjosti Njemačke blago negativne (pozitivne) anomalije SLP-a za slab EAI (EAI-). Može se zaključiti da je utjecaj moda EA na ljetno polje SLP vrlo slab te da kompoziti anomalija ne prikazuju karakteristično dipolno polje opisano u teorijskoj pozadini. Kompozitno polje T_{max} ima izrazito značajne i najveće pozitivne anomalije u RH za EAI+ s vrijednostima od 2.0 do 2.5 °C. Kompoziti anomalija T_{min} -a za EAI+ imaju izrazito značajne anomalije u cijeloj RH s najvećim vrijednostima u području Zadra od 1.5 do 2.0 °C, dok su u ostatku RH od 1.0 do 1.5 °C. Kompoziti anomalija T_{max} -a za slab EAI izrazito su značajni na području Središnje i Istočne RH, s vrijednostima od -1.0 do -0.5 °C, dok kompoziti anomalija T_{min} -a za slab EAI nisu značajni na području RH. Kompoziti anomalija T_{max} -a (T_{min} -a) za EAI- izrazito su značajni u cijeloj Hrvatskoj, s vrijednostima od -1.5 do -1.0 (-1.0 do -0.5) °C.

Ukratko, rezultat kompozitne analize anomalija za EAI ukazuje na to da EA ima relativno slab utjecaj na ljetno polje SLP. Dva moguća razloga za slab utjecaj su: mod EA ima akcijske centre izvan domene podataka (slika 1.1(b)) i veliki intervali kontura koji su jednaki onima za NAOI. Što se ekstremnih temperatura tiče, EA izraženije utječe na ljetno polje Tmax u odnosu na ljetno polje Tmin s kompozitima koji su pozitivni (negativni) kada je EAI pozitivan (negativan). U odnosu na kompozite anomalija za NAOI, može se zaključiti da EAI ima slab utjecaj na ljetno polje SLP te pokazuje izraženije i statistički značajnije vrijednosti kompozitnih anomalija u ljetnim poljima Tmax i Tmin. Kompozitne anomalije Tmax-a i Tmin-a slične su za slabe NAOI i EAI.



Slika 3.8 Ljetni kompoziti anomalija polja SLP, Tmax i Tmin za EAI+, slab EAI i EAI- s izolinijama p-vrijednosti koje određuju statističku značajnost odstupanja kompozita od nule.

3.5 Kompozitna analiza anomalija za kombinacije NAOI/EAI

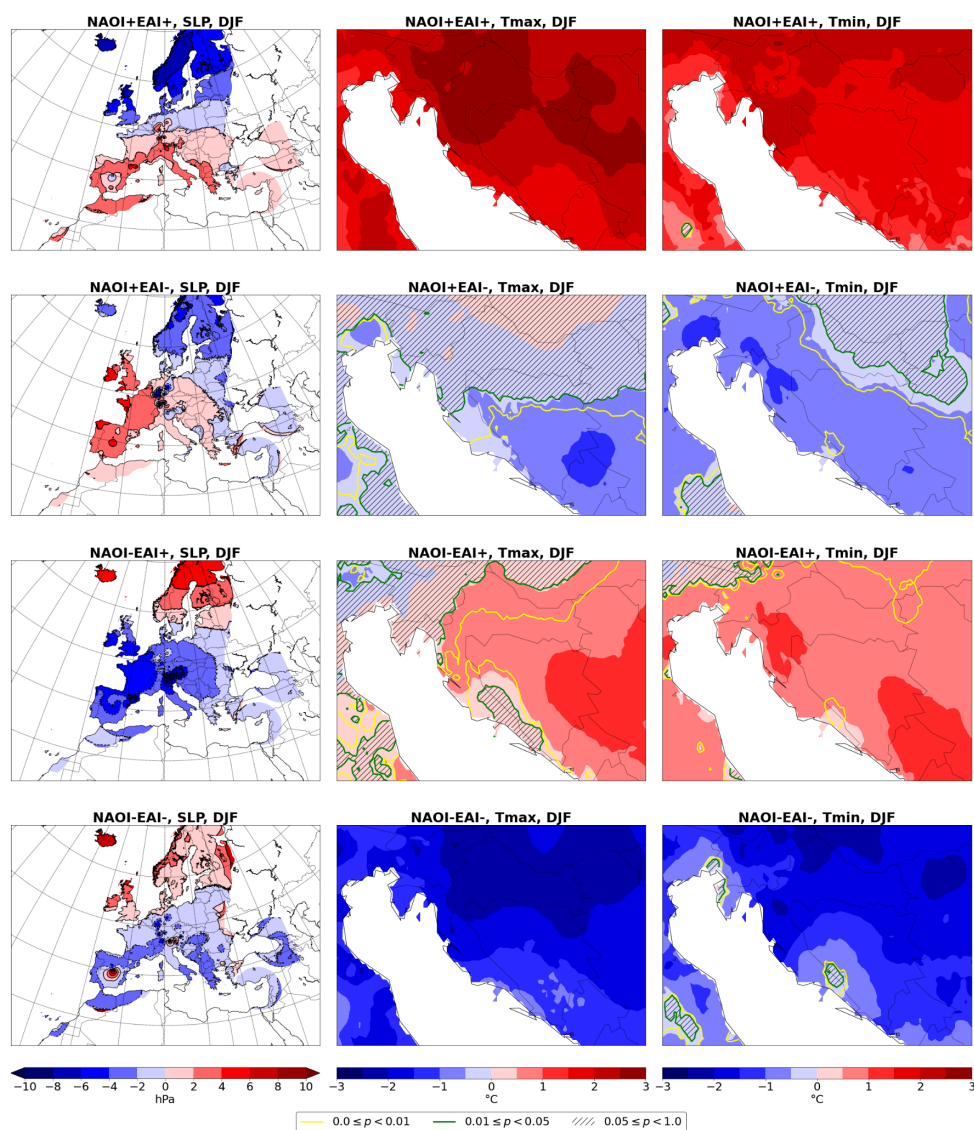
U ovoj kompozitnoj analizi anomalija promatra se kombinirani utjecaj NAOI-a i EAI-a na usrednjena anomalna polja SLP, Tmax i Tmin u sezoni DJF, kada su NAO i EA dinamički najaktivniji (Trigo et al., 2008). Slika 3A (Dodatak A) prikazuje godine sa sezonama DJF, izdvojene vertikalnim linijama, u kojima su zadovoljeni navedeni uvjeti iz poglavlja 2.3 "Metode" za četiri kombinacije NAOI-a i EAI-a: NAOI+/EAI+, NAOI+/EAI-, NAOI-/EAI+ i NAOI-/EAI-.

Slika 3.9 prikazuje kompozite anomalija polja SLP, Tmax i Tmin za četiri spomenute kombinacije indeksa. Za sve kombinacije indeksa, kompozitna polja SLP-a ukazuju na jasnu povezanost s modom NAO u pozicioniranju i intenzitetu pozitivnih i negativnih anomalija. Za NAOI+/EAI+ i NAOI+/EAI- pozitivne (negativne) anomalije SLP-a su na jugu (sjeveru) Europe, a za NAOI-/EAI+ i NAOI-/EAI- su na sjeveru (jugu) Europe. Iz kompozitnih anomalija SLP-a prikazanih na slici 3.9 može se zaključiti da predznak NAOI-a jasno utječe na orijentaciju i jakost dipolnog anomalnog polja SLP-a, dok EA modulira akcijske centre NAO-a. U zaključku, Moore i Renfrew (2012) navode da EA utječe na strukturu NAO-a, rezultirajući promjenama u lokaciji i snazi akcijskih centara.

Kompozitne anomalije za NAOI+/EAI+ i NAOI-/EAI- izrazito su značajne na području cijele RH, s većim iznosima Tmax-a u odnosu na vrijednosti Tmin-a. Za NAOI+/EAI+, Središnja i Gorska RH prekrivene su kompozitnim anomalijama Tmax-a (Tmin-a) od 2.5 do 3.0 (2.0 do 2.5) °C. Kombinacija NAOI-/EAI- iskazana je kompozitnim anomalijama Tmax-a (Tmin-a), koje prekrivaju Središnju i Istočnu RH s vrijednostima od -2.5 do -2.0 (-2.0 do -1.5) °C. Kada su indeksi suprotnih predznaka, vrijednosti kompozitnih anomalija su slabije i manje značajnosti u odnosu na anomalije za indekse istih predznaka. Za kombinacije indeksa suprotnih predznaka, kompozitne anomalije Tmin-a su izraženije na u odnosu na kompozitne anomalije Tmax-a. Kombinacija NAOI+/EAI- rezultira kompozitnim anomalijama Tmax-a koje su izrazito značajne i negativne, oko -0.5 °C, u Južnom hrvatskom primorju, dok su kompozitne anomalije Tmin-a značajne svugdje u RH osim na sjeveru Istočne RH, s vrijednostima od -1.0 do -0.5 °C i snažnijim vrijednostima od -1.5 do -1.0 °C u Gorskoj RH. Posljednja kombinacija NAOI-/EAI+ prikazana je kompozitnim anomalijama Tmax-a sa značajnim pozitivnim

vrijednostima od 0.5 do 1.0 °C u Gorskoj, Središnjoj i Istočnoj RH, te kompozitnim anomalijama Tmin-a s izrazito značajnim pozitivnim vrijednostima u intervalu od 0.5 do 1.0 °C u cijeloj RH i od 1.0 do 1.5 °C u Gorskoj RH.

Iz kompozitnih anomalija Tmax-a i Tmin-a zaključuje se da kombinacije indeksa istih predznaka (slika 3.9) imaju izraženiji utjecaj na ekstremne temperature u odnosu na pojedine promatrane indekse (slike 3.6 i 3.7). Također, iz kompozitnih anomalija Tmax-a i Tmin-a (slika 3.9) jasno se može zaključiti usporedbom NAOI+/EAI+ i NAOI+/EAI- s NAOI+/EAI+ i NAOI-/EAI+ da mod EA ima snažniji utjecaj na zimska anomalna polja ekstremnih temperatura u odnosu na NAO. Analogan zaključak vrijedi kod usporedbe kompozita NAOI-/EAI- i NAOI+/EAI- s NAOI-/EAI- i NAOI-/EAI+.



Slika 3.9 Zimski kompoziti anomalija SLP-a, Tmax-a i Tmin-a za NAOI+/EAI+, NAOI+/EAI-, NAOI-/EAI+ i NAOI-/EAI- s izolinijama statističke značajnosti odstupanja kompozita od nule.

3.6 Trendovi mjesečnih i sezonskih ekstremnih temperatura

Ovdje ćemo se osvrnuti posebno na trendove ekstremnih temperatura u određenim gradovima u Hrvatskoj. Kako je već navedeno u poglavlju 2.3 “Metode”, posebno su izdvojeni mjesečni i sezonski podaci ekstremnih temperatura za dvadeset odabranih gradova na području RH (slika 2.1). Izdvojeni podaci, za svaki mjesec i svaku sezonu, koriste se u izračunu linearnih regresija i Mann-Kendallovim testovima. Linearnom regresijom određuju se trendovi, a Mann-Kendallovim testom procjenjuje se statistička značajnost izračunatih trendova. Trendovi su prikazani u tablicama s mjesečnim (Dodatak B, tablica 1B) i sezonskim (tablica 2B) vrijednostima. Gradovi u tablicama raspoređeni su u smjeru obrnutom od kazaljke na satu, od Istočne RH do Južnog hrvatskog primorja. Svaka tablica ima nekoliko važnih prepoznatljivih oznaka: vrijednosti trendova koji su statistički značajni na razini 0.05 (0.01) su označeni crnom bojom (crnom bojom i zadebljani), te vrijednosti trendova koji nisu značajni (p-vrijednosti veće od 0.05) su označeni crvenom bojom. Svaka ćelija u tablici sa značajnim pozitivnim trendom obojana je zeleno, a sa značajnim negativnim crveno.

Svi značajni mjesečni trendovi su pozitivni što upućuje na zatopljenje u svim županijskim središtima RH u razdoblju od 1950. do 2022. godine. Trendovi Tmax-a i Tmin-a su u većini gradova izrazito značajni u toplijem dijelu godine, posebice u ljetnim mjesecima, s najvećim porastom Tmax-a (Tmin-a) svakih deset godina od 0.55 (0.68) °C u kolovozu u Rijeci (Zadru). Desetogodišnji siječanjski trendovi Tmax-a (Tmin-a) izrazito su značajni u svim gradovima s najvećim vrijednostima od 0.54 (0.6) °C u Čakovcu (Zadru). Rezultati upućuju na to da je u Istočnoj RH manji broj gradova sa značajnim zimskim trendovima od ostataka RH. U Zadru, Šibeniku i Dubrovniku trendovi Tmin-a su veći od Tmax-a, dok obratno vrijedi za ostatak RH. Od svih promatranih gradova, Pazin pokazuje dva jedinstvena obrasca: jedanaest mjeseci s trendovima Tmin-a koji nisu značajni te značajan negativan trend Tmin-a u rujnu. Sezonski trendovi Tmax-a i Tmin-a izrazito su značajni i pozitivni u svim sezonama kod svih županijskih središta RH, uz neke iznimke. Trend Tmax-a u sezoni SON u Osijeku nije značajan. Trend Tmin-a u Karlovcu, Rijeci i Splitu nije značajan u hladnijim sezonama, a u Pazinu nije značajan ni u jednoj sezoni. Najveći sezonski trendovi Tmax-a (Tmin-a) javljaju se uglavnom ljeti s najvećim desetogodišnjim vrijednostima od 0.56 (0.65) °C za Zagreb (Zadar).

3.7 Korelacije ekstremnih temperatura s NAOI-om i EAI-om

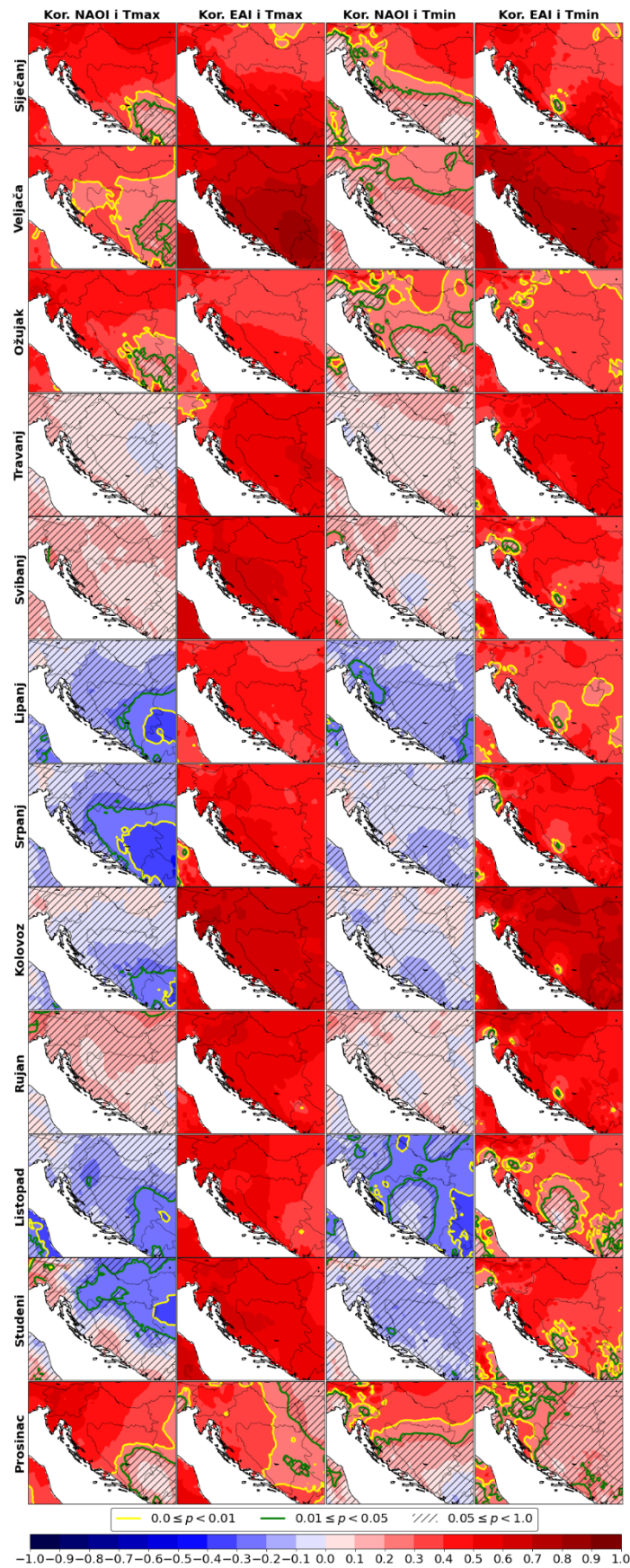
Linearna veza između ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti izračunata je koristeći Pearsonovu korelaciju. Dobiveni mjesečni (sezonski) Pearsonovi koeficijenti korelacije za dvadeset hrvatskih gradova u razdoblju od 1. siječnja 1950. do 31. prosinca 2022. (1. prosinca 1950. do 30. studenog 2022.) nalaze se u dodatku C u tablicama 1C i 2C (3C i 4C). Vrijednost koeficijenta korelacije u tablici je crvena (crna) ako je p-vrijednost veća (manja) od 0.05. U slučaju izrazito značajne korelacije, kada je p-vrijednost manja od 0.01, iznos koeficijenta korelacije u tablici je podebljan. Čelije obojane u crveno (zeleno) označavaju statistički značajne koeficijente korelacije koji su negativni (pozitivni). Korelacijske mape (slike 3.10 i 3.11) koriste iste intervale statističke značajnosti kao i tablice, samo što se označavaju konturama: p-vrijednosti veće od 0.05 prikazane su kosim linijama, p-vrijednosti od 0.05 do 0.01 označene su zelenim izolinijama, dok p-vrijednosti niže od 0.01 predstavljaju žute izolinije.

Mjesečni koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i NAOI-a u tablici 1C su statistički značajni u zimskim mjesecima, uključujući i ožujak. Kontinentalni gradovi imaju više zimskih mjeseci sa statistički značajnim korelacijama Tmin-a i NAOI-a od maritimnih gradova. Značajni negativni koeficijenti korelacije javljaju se u gradovima u Istočnoj i Središnjoj RH u studenom za Tmax i u listopadu za Tmin. Najjači koeficijenti korelacije Tmax-a (Tmin-a) i NAOI-a javljaju se u siječnju, ožujku i prosincu u svim promatranim gradovima RH, s vrijednostima u intervalu od 0.3 do 0.5. Pazin i Rijeka imaju najveće koeficijente korelacije Tmax-a i NAOI-a u prosincu, s vrijednostima oko 0.57, dok Vukovar i Osijek imaju najveće koeficijente korelacije Tmin-a i NAOI-a u siječnju, s vrijednostima oko 0.45. Mjesečni koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i EAI-a u tablici 2C su statistički izrazito značajni, a i pozitivni u svim mjesecima za sve promatrane gradove u RH. Prosinački koeficijenti korelacije Tmax-a i EAI-a nisu značajni samo za Vukovar i Osijek, dok su koeficijenti korelacije Tmin-a i EAI-a značajni samo kod promatranih gradova u Gorskoj i primorskoj RH. Najveći koeficijenti korelacije Tmax-a (Tmin-a) i EAI-a u svim promatranim gradovima RH zabilježeni su u veljači i kolovožu, s vrijednostima u intervalu od 0.6 do 0.8.

Slika 3.10 prikazuje mjesečne korelacijske mape ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti. Polja koeficijenta korelacije Tmax-a (Tmin-a) i NAOI-a statistički su značajna i pozitivna u zimskim mjesecima, pokrivajući najveći dio RH (djelomično Središnju i Istočnu RH), s vrijednostima od 0.4 do 0.5 (0.3 do 0.4) u siječnju, ožujku i prosincu. Mjesečne korelacijske mape Tmax-a (Tmin-a) i EAI-a su izrazito statistički značajne i pozitivne u svim mjesecima na cijelom području RH, osim u prosincu, s najvećim vrijednostima od 0.6 do 0.8 u veljači i kolovozu.

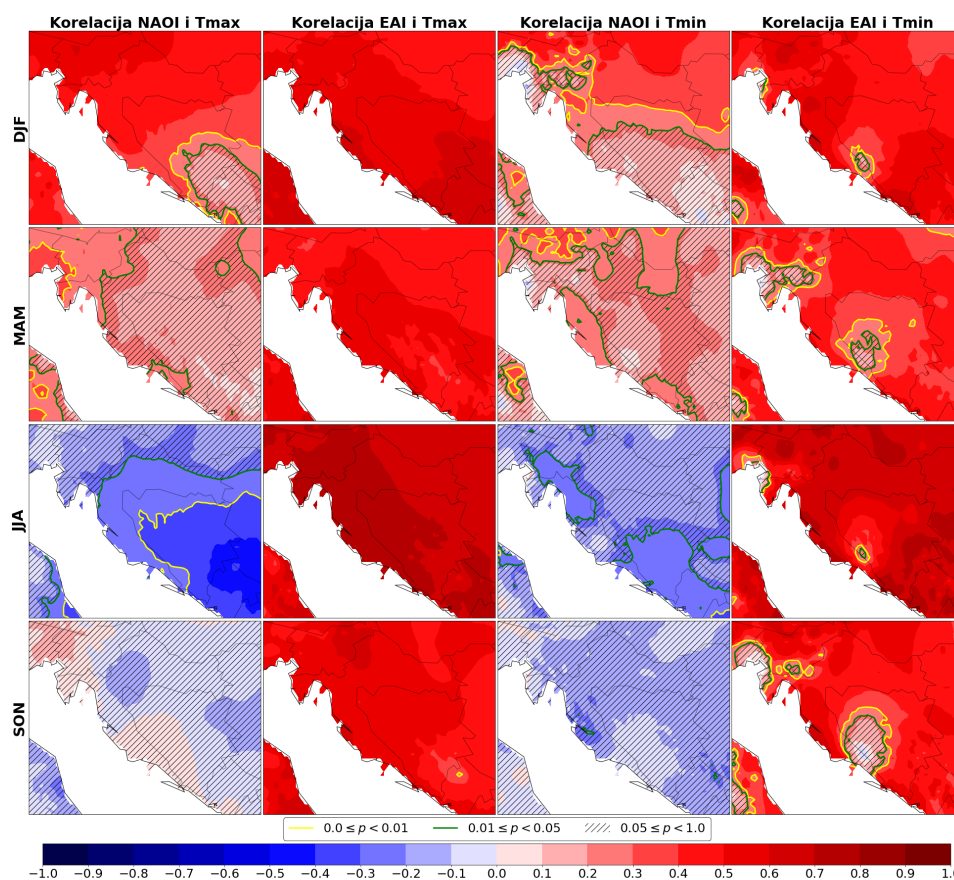
Sezonski koeficijenti korelacije u tablicama 3C i 4C pokazuju sličnu raspodjelu statističke značajnosti i vrijednosti koeficijenta kao i mjesečni koeficijenti korelacije. U svim promatranim gradovima RH, statistički značajni sezonski koeficijenti korelacije Tmax-a (Tmin-a) i NAOI-a zastupljeni su u sezoni DJF, dok su korelacije Tmax-a (Tmin-a) i EAI-a zastupljene u svim sezonama. Dakle, može se zaključiti da je pozitivna linearna ovisnost Tmax-a (Tmin-a) o NAOI-u ostvarena u sezoni DJF, s najvećim vrijednostima 0.51 (0.42) u Čakovcu i Varaždinu, dok je s druge strane ovisnost Tmax-a (Tmin-a) o EAI-u ostvarena u svim sezonama, s naglaskom na sezonu JJA u kojoj su najveće vrijednosti od 0.74 (0.72) u gradovima Središnje RH i Dalmacije. Negativne značajne sezonske korelacije između Tmax-a i NAOI-a javljaju se u nekolicini gradova u sezoni JJA.

Sezonske korelacijske mape (slika 3.11) prikazuju prostornu ovisnost ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti u svakoj sezoni na hrvatskom području. Prostorne korelacije Tmax-a (Tmin-a) i NAOI-a statistički su izrazito značajne i pozitivne u sezoni DJF, s vrijednostima od 0.4 do 0.5 (0.3 do 0.4) na području Istočne, Središnje i Gorske RH. Izrazito značajne i negativne korelacije, u vrijednosti od -0.3 do -0.2, javljaju se između Tmax-a (Tmin-a) i NAOI-a u sezoni JJA na području južnog hrvatskog primorja, Gorske, Središnje i Istočne (Gorske) RH, što sugerira da pozitivna faza moda NAO snižava Tmax i Tmin. Korelacijske mape Tmax-a (Tmin-a) i EAI-a izrazito su značajne i pozitivne u svim sezonama u cijeloj RH, a najveća ovisnost Tmax-a (Tmin-a) i EAI-a uočava se u sezoni JJA, s najvećom pokrivenošću RH i vrijednostima od 0.7 do 0.8 (0.6 do 0.7).



Slika 3.10 Mjesečne korelacijske mape ekstremnih temperatura i modova klimatske varijabilnosti s izolinijama koje prikazuju statističku značajnost koeficijenata korelacije.

Iz mjesečnih i sezonskih korelacijskih mapa ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatskih varijabilnosti (slike 3.10 i 3.11) može se zaključiti da polja ekstremnih temperatura u većoj mjeri ovise o EAI-u nego o NAOI-u. Veća ovisnost Tmax-a (Tmin-a) o NAOI-u, u odnosu na EAI, ostvarena je u siječnju, ožujku i prosincu (prosincu) za kontinentalnu RH i sjeverno hrvatsko primorje. U svim ostalim mjesecima izraženija i značajnija je ovisnost Tmax-a (Tmin-a) o EAI-u, s najvećim vrijednostima u veljači i kolovozu. Svaka statistički značajna mjesečna korelacijska mapa ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti je pozitivna, što upućuje na porast Tmax-a i Tmin-a s porastom NAOI-a ili EAI-a. Na sezonskim korelacijskim mapama ekstremnih temperatura i EAI-a uočava se veća ovisnost u svim sezonama u usporedbi s NAOI-om. Najveća ovisnost ekstremnih temperatura o NAOI-u uočava se zimi, dok je o EAI-u najizraženija ljeti. Može se zaključiti da sezonske Tmax i Tmin izrazito značajno ovise o jakosti faze moda EA, što indicira da pozitivni trendovi dugogodišnjih sezonskih nizova EAI-a (slika 3.4) ukazuju na porast sezonskih Tmax i Tmin u Hrvatskoj.



Slika 3.11 Sezonske korelacijske mape ekstremnih temperatura i modova klimatske varijabilnosti s izolinijama koje prikazuju statističku značajnost koeficijenata korelacije.

3.8 Trendovi mjesečnih i sezonskih klimatskih indeksa

Mjesečni i sezonski klimatski indeksi: SU, TR, ID, FD i DTR izračunati su za svaki od dvadeset odabranih gradova. Trendovi klimatskih indeksa izračunati su pomoću linearne regresije, dok se njihova statistička značajnost procjenjuje Mann-Kendallovim testom. Vrijednosti trendova prikazane su u tablicama u dodatku D: mjesečni trendovi nalaze se u tablici D1, dok su sezonski u tablici D2. Sve oznake u tablicama su analogne onima koje su definirane u poglavlju 3.6 "Trendovi mjesečnih i sezonskih ekstremnih temperatura".

Značajni mjesečni trendovi klimatskih indeksa su pozitivni (negativni) u ljetnim (zimskim) mjesecima za indekse SU i TR (ID i FD). To govori kako će biti sve više ljetnih dana i tropskih noći u ljetnim mjesecima, a sve manje ledenih i mraznih dana u zimskim mjesecima, što upućuje na zatopljenje hrvatskih gradova. Po iznosu, trendovi SU-a su veći od trendova TR-a, osim u gradovima Južnog hrvatskog primorja, što se potencijalno može pripisati utjecaju zagrijanog mora na T_{min}. Zagreb prednjači s gubitkom 0.11 ledenih dana, a Zadar s 0.16 mraznih dana u siječnju po godini. Značajan trend DTR-a je pozitivan u većini mjeseci kroz godinu, s najvećim vrijednostima u ožujku (travnju) za Zagreb, Karlovac i Krapinu (Pazin i Rijeku). Zadar je jedini grad u kojem je značajan negativan trend DTR-a prisutan u većini mjeseci, s najizraženijom vrijednošću od -0.0425 °C u rujnu. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se otkrio razlog izrazito većeg trenda T_{min}-a u odnosu na T_{max} (tablica 1B) u Zadru, s obzirom na to da ostali primorski gradovi nemaju slične trendove DTR-a.

Statistički značajni sezonski trendovi FD-a i ID-a najčešće su negativni u sezoni DJF, dok su trendovi SU-a i TR-a najčešće pozitivni u sezoni JJA. Trendovi SU-a su veći od TR-a, osim u gradovima u Južnog hrvatskog primorja. Najveći trend SU-a (TR-a) zabilježen je u Rijeci (Zadru), s porastom od 0.44 (0.78) dana u godini tijekom ljeta. Trendovi FD-a su malo veći od ID-a, osim u Varaždinu, Zagrebu, Krapini i Gospiću. Najveći trend ID-a (FD-a) ima Zagreb (Zadar) sa smanjenjem od -0.24 (-0.45) dana u godini tijekom zime. Trendovi DTR-a su pozitivni u svim gradovima, osobito u Karlovcu, Rijeci, Krapini i Pazinu, dok su u Zadru trendovi DTR-a negativni u svakoj sezoni.

3.9 Korelacije klimatskih indeksa s NAOI-om i EAI-om

Mjesečne i sezonske Pearsonove korelacije između klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti izračunate su za dvadeset izabranih gradova u Hrvatskoj. Iznosi koeficijenata korelacije upisani su u tablice u dodatku E. Mjesečni (sezonski) koeficijenti korelacije klimatskih indeksa s NAOI-om nalaze se u tablici 1E (3E), a s EAI-om u 2E (4E). U tablicama, crveni iznosi koeficijenata korelacije nisu statistički značajni, crni su značajni na razini 0.05, a podebljani crni su izrazito značajni na razini 0.01. Zelene (crvene) ćelije u tablicama obilježavaju značajne koeficijente koji su pozitivni (negativni). Mjesečne i sezonske korelacijske mape prikazane su na slikama 3.12 i 3.13.

Mjesečni Pearsonovi koeficijenti korelacije između klimatskih indeksa i NAOI-a za dvadeset hrvatskih gradova (tablica 1E) pokazuju određene karakteristike. Kod nijednog od dvadeset gradova nije zabilježena značajna korelacija između NAOI-a i SU-a. Također, nema značajnih korelacija između NAOI-a i TR-a, osim u nekim kontinentalnim gradovima u srpnju, gdje su vrijednosti oko -0.3. Značajna korelacija između NAOI-a i ID-a je negativna u zimskim mjesecima kod svih gradova, osim u Dubrovniku i Zadru, s najvećim vrijednostima oko -0.5 u kontinentalnim gradovima tijekom siječnja i prosinca. Značajna korelacija između NAOI-a i FD-a uvijek je negativna u prosincu, siječnju, ožujku ili travnju, s najvećom vrijednosti od -0.48 zabilježenom u Zagrebu u ožujku. Korelacije između NAOI-a i DTR-a značajne su u zimskim mjesecima, s najvećim vrijednostima oko 0.5 kod Pazina, Rijeke i Karlovca tijekom ožujka. Na temelju izračunatih mjesečnih koeficijenata korelacije klimatskih indeksa i NAOI-a može se zaključiti da su ovisnosti indeksa FD, ID i DTR o NAOI-u izraženije u zimskim mjesecima. Tijekom zimskih mjeseci brojevi ledenih i mraznih dana se smanjuju, a usrednjene razlike ekstremnih temperatura se povećavaju s porastom NAOI-a.

Sezonski koeficijenti korelacije klimatskih indeksa i NAOI-a za dvadeset hrvatskih gradova nalaze se u tablici 3E. Iz njih je vidljivo da su gotovo svi značajni Pearsonovi koeficijenti korelacije prisutni u sezoni DJF, kada je NAO dinamički najaktivniji. Značajni koeficijenti korelacije SU-a i NAOI-a pojavljuju se u nekoliko gradova tijekom sezone JJA s negativnim vrijednostima oko -0.25, dok Rijeka u sezoni MAM jedina bilježi pozitivnu vrijednost od 0.27. To ukazuje na to da broj ljetnih dana blago opada s porastom NAOI-a, što je u skladu s negativnim ljetnim korelacijama NAOI-a i Tmax-a (slika 3.11 i tablica

3C). Koeficijenti korelacije TR-a i NAOI-a uglavnom su vrlo maleni i beznačajni, osim u Dubrovniku i Rijeci, gdje se tijekom sezone JJA javljaju značajne negativne vrijednosti oko -0.24, što je u skladu sa negativnim ljetnim korelacijama NAOI-a i T_{min}-a u navedenim gradovima (slika 3.11 i tablica 3C). Koeficijenti korelacije ID-a i NAOI-a su negativni u sezoni DJF, s najvećim vrijednostima od -0.44 do -0.54 u kontinentalnim gradovima, dok u maritimnim nema značajnih korelacija. Koeficijenti korelacije FD-a i NAOI-a su negativni i značajni u sezoni DJF, s najvećom vrijednošću od -0.36 u Zagrebu. Negativne korelacije ID-a i FD-a s NAOI-om upućuju na zimsko zatopljenje, što se očituje smanjenjem broja ledenih i mraznih dana s porastom NAOI-a. Značajni koeficijenti korelacije DTR-a i NAOI-a najčešće se pojavljuju u sezoni DJF s pozitivnim vrijednostima (najveća 0.57 u Karlovcu), a ponekad se pojavljuju i u sezoni JJA (SON) s negativnim (pozitivnim) vrijednostima, od kojih je najveća -0.37 (0.39) u Šibeniku. Ovi rezultati jasno pokazuju da FD i ID ovise negativno, a DTR pozitivno o NAOI-u u sezoni DJF, dok SU i TR izrazito slabo ovise o NAOI-u.

Na prvi pogled, iz mjesečnih koeficijenata korelacije klimatskih indeksa i EAI-a (tablica 2E) jasno se može uočiti da klimatski indeksi u značajnijoj mjeri ovise o EAI-u nego o NAOI-u. Značajni koeficijenti korelacije SU-a i EAI-a su pozitivni od travnja do rujna za sve gradove, pri čemu su najveće vrijednosti zabilježene u kolovozu. Linearne ovisnosti SU-a o EAI-u su izraženije u svim kontinentalnim gradovima nego u primorskim, s vrijednostima koje variraju od 0.56 do 0.74. Značajni koeficijenti korelacije TR-a i EAI-a su pozitivni u lipnju, srpnju i kolovozu u svim kontinentalnim gradovima, a u navedena tri mjeseca, uključujući rujna, i u maritimnim gradovima. Gospić je jedini grad koji nema značajnih koeficijenata korelacije TR-a i EAI-a. Najveće vrijednosti korelacije TR-a i EAI-a javljaju se u kolovozu u većini gradova, s vrijednostima koje se kreću od 0.28 do 0.68 (Split i Dubrovnik imaju najveće iznose). Koeficijenti korelacije ID-a i EAI-a su negativni i značajni u veljači, ožujku i studenom u kontinentalnim gradovima, te u siječnju i veljači u maritimnim gradovima. Najveći koeficijenti korelacije ID-a i EAI-a zabilježeni su u veljači, s vrijednostima od -0.3 do -0.56 (u Gospiću su najveći iznosi koeficijenta). Značajni koeficijenti korelacije FD-a i EAI-a su negativni kod svih gradova u zimskim i jesenskim mjesecima. Najveći koeficijenti korelacije FD-a i EAI-a zabilježeni su u veljači, a kreću se od -0.60 do -0.74. Mjesečni koeficijenti korelacije DTR-a i EAI-a su pozitivni i značajni tijekom većine

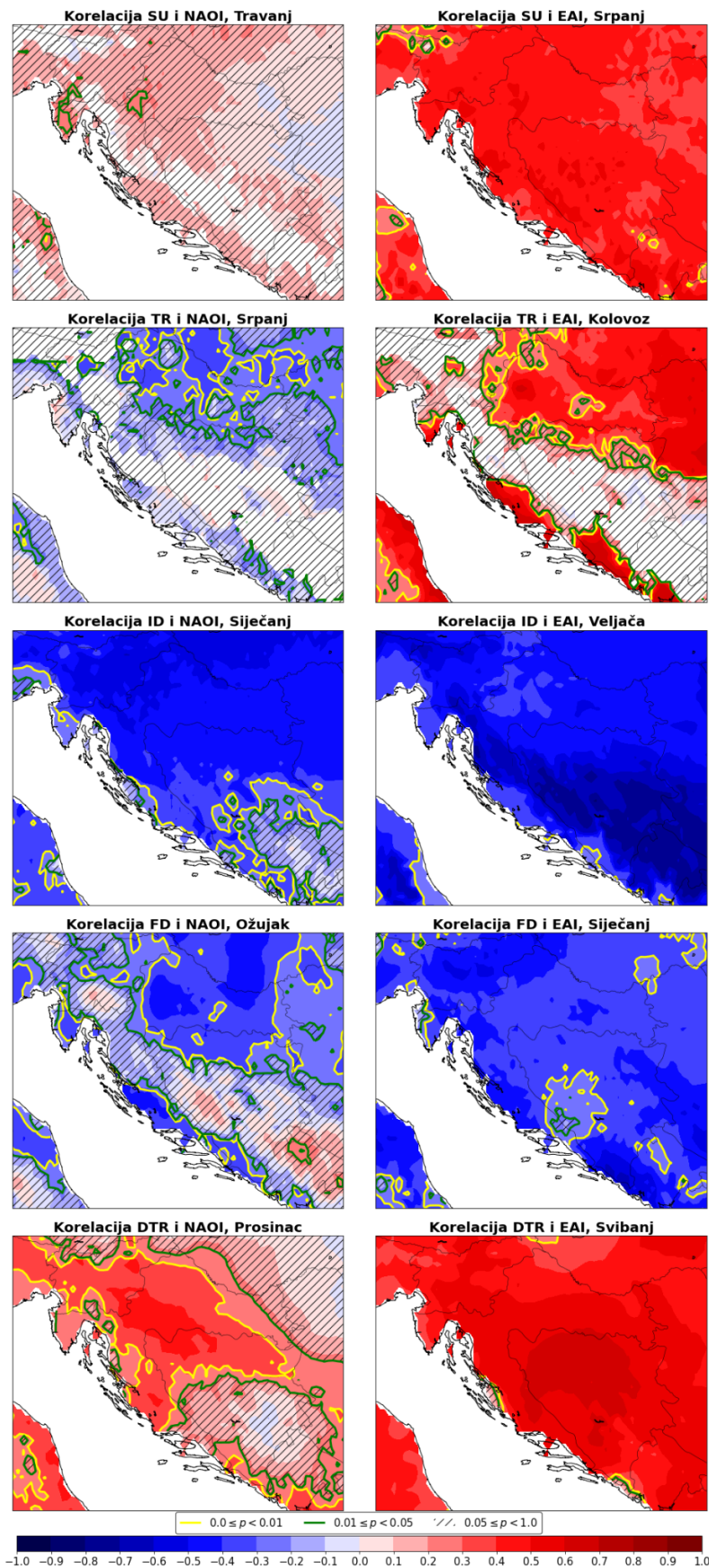
godine kod svih gradova, s najvećim vrijednostima u svibnju i kolovozu. Dubrovnik ne pokazuje značajne korelacije između DTR-a i EAI-a, dok Zadar jedini ima statistički značajnu negativnu korelaciju u veljači. Može se zaključiti da smanjenje broja ledenih i mraznih dana u hladnim mjesecima, kao i porast broja ljetnih dana i tropskih noći u toplim mjesecima, ovisi o porastu EAI-a.

Sezonske korelacije klimatskih indeksa i EAI-a znatno su značajnije i izraženije od korelacija s NAOI-om (tablica 4E). Sezonski koeficijenti korelacije SU-a i EAI-a pozitivni su kod svih gradova u sezonama MAM, JJA i SON, s maksimumom u sezoni JJA, koji može poprimiti vrijednosti od 0.60 do 0.74. Koeficijenti korelacije TR-a i EAI-a pozitivni su u sezoni JJA u svim gradovima, s najvećim vrijednostima od 0.71 u Zadru. Koeficijenti korelacije ID-a i EAI-a negativni su u sezoni DJF, s najvećom vrijednošću -0.38 u Gospiću. Koeficijenti korelacije FD-a i EAI-a negativni su u sezonama DJF i SON, s najizraženijim vrijednostima u sezoni DJF, dosežući -0.5 u Varaždinu i Čakovcu. Koeficijenti korelacije DTR-a i EAI-a najčešće su značajni u sezonama MAM i JJA, a ponekad i u sezonama DJF i SON. Najveće značajne vrijednosti korelacije između DTR-a i EAI-a postižu se u sezoni JJA kod svih gradova, s maksimumom od 0.63 u Pazinu. Dubrovnik i Koprivnica nemaju značajnih korelacija DTR-a i EAI-a, dok Zadar jedini ima značajne negativne korelacije u sezonama DJF i SON. Porast EAI-a utječe na povećanje broja ljetnih dana i tropskih noći u sezoni JJA te na smanjenje broja ledenih i mraznih dana u sezoni DJF. EAI pozitivno utječe na DTR kod svih gradova osim Zadra, s maksimumima koji se javljaju u sezoni JJA.

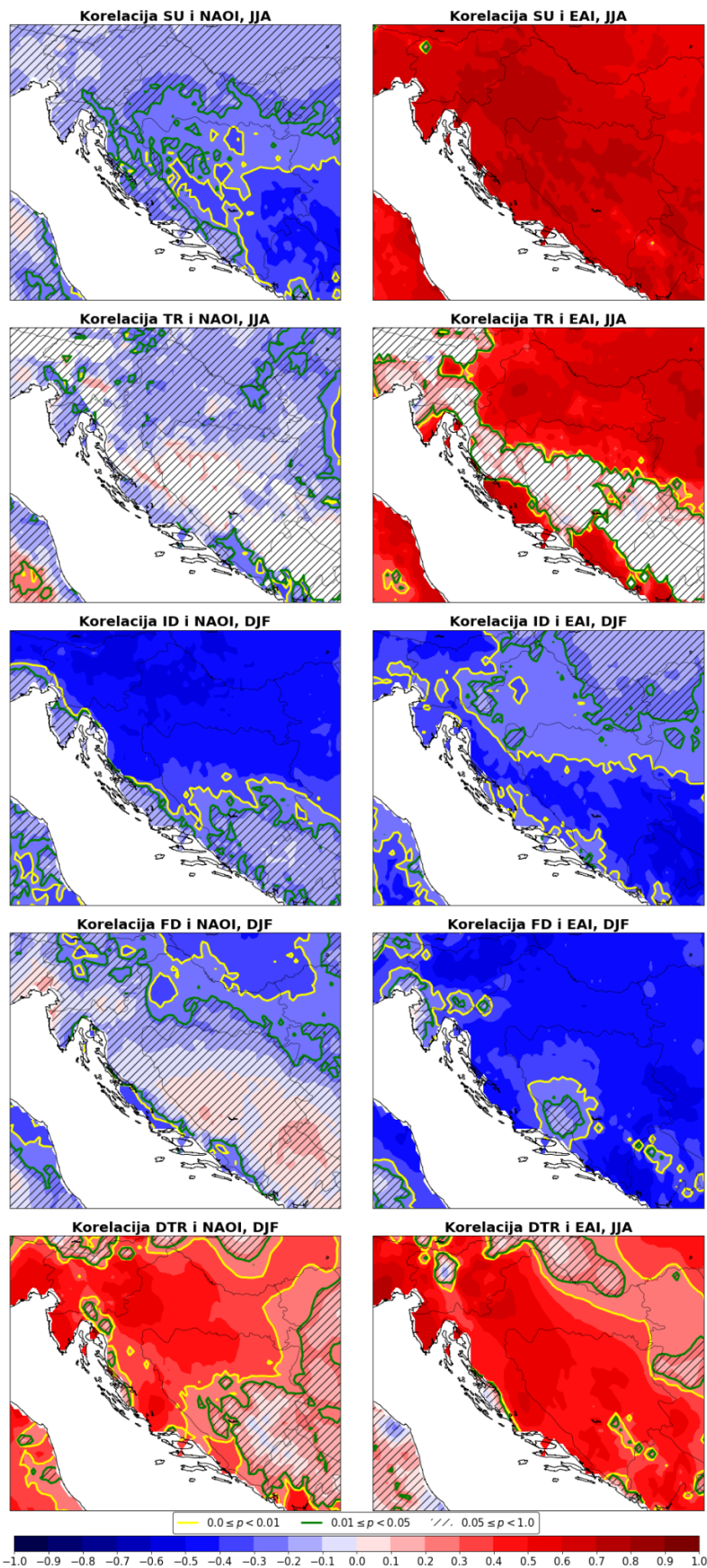
Mjesečne korelacijske mape prikazuju prostorne korelacije u mjesecima kada su statistički značajne na najvećem području RH (slika 3.12). Mjesečne korelacijske mape za SU i NAOI u travnju pokazuju pozitivne vrijednosti u Istri i Karlovcu. Srpanjske korelacijske mape za TR i NAOI pokazuju negativnu ovisnost u dijelovima Središnje i Istočne RH. Pozitivan NAOI ima ohlađujući učinak na srpanjsku noćnu temperaturu (T_{min}), što se očituje u smanjenju broja tropskih noći s porastom NAOI-a. Siječanjska korelacijska mapa za ID i NAOI pokazuje negativne vrijednosti u svim dijelovima RH, osim u priobalju. Ožujaska korelacijska mapa FD-a i NAOI-a prikazuje negativne vrijednosti u Istočnoj RH i dijelovima Južnog hrvatskog primorja. Porastom NAOI-a smanjuje se broj ožujskih mraznih dana i siječanjskih ledenih dana. Prosinačka korelacijska mapa za DTR i NAOI ukazuje na porast srednje mjesečne razlike T_{max} -a i

Tmin-a s porastom NAOI-a. Korelacijska mapa za SU (TR) i EAI ima pozitivne vrijednosti u cijeloj RH (Središnjoj i Istočnoj RH), što jasno ukazuje na porast broja ljetnih dana i tropskih noći u srpnju (kolovozu) s porastom EAI-a. Korelacijska mapa za ID (FD) i EAI ima negativne vrijednosti u cijeloj RH, ukazujući na zatopljenje putem smanjenja broja ledenih (mraznih) dana u veljači (siječnju) s porastom EAI-a. Svibanjska korelacijska mapa DTR-a i EAI-a je pozitivna u cijeloj RH. Prosječne svibanjske razlike Tmax-a i Tmin-a povećavaju se s rastom EAI-a.

Sezonske korelacijske mape (slika 3.13) prikazuju vrlo slične odnose između klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti kao i mjesečne mape, pri čemu su korelacije SU-a i TR-a s NAOI-om i EAI-om izražene u sezoni JJA, dok su korelacije ID-a i FD-a s NAOI-om i EAI-om izražene u sezoni DJF. Jedina razlika između mjesečnih i sezonskih korelacijskih mapa odnosi se na korelaciju između SU-a i NAOI-a, gdje ljetne korelacije pokazuju negativnu ovisnost indeksa SU o NAOI-u u dijelovima Istočne i Gorske RH, dok travanjske korelacije to ne pokazuju. Teško je s pouzdanjem govoriti o ovisnosti indeksa SU i TR o NAOI-u zbog vrlo lokaliziranih značajnih korelacija koje se ne rasprostiru po cijeloj ili većim dijelovima RH. Potrebna su daljnja istraživanja na ovu temu. Korelacijske mape pokazuju pozitivne korelacije DTR-a i NAOI-a u sezoni DJF, te DTR-a i EAI-a u sezoni JJA. To upućuje na veću ovisnost prosječnih sezonskih razlika Tmax-a i Tmin-a o NAOI-u u sezoni DJF, kada je mod NAO najaktivniji (slika 3.5), te o EAI-u u sezoni JJA, kada su sezonske korelacije SLP-a i EAI-a najznačajnije (slika 3.6).



Slika 3.12 Mjesečne korelacijske mape klimatskih indeksa s NAOI-om (lijevo) i s EAI-om (desno). Žute, zelene i kose konture označavaju statističku značajnost koeficijenata korelacije.



Slika 3.13 Sezonske korelacijske mape klimatskih indeksa s NAOI-om (lijevo) i s EAI-om (desno). Žute, zelene i kose konture označavaju statističku značajnost koeficijenata korelacije.

4. Zaključak

U istraživanju su analizirani utjecaji modova klimatske varijabilnosti na ekstremne temperature i klimatske indekse za cijelo područje Hrvatske te izdvojeno za dvadeset hrvatskih gradova. Iz sezonskih korelacijskih mapa SLP-a i indeksa modova klimatske varijabilnosti (slike 3.5 i 3.6) jasno se vidi da su najznačajnije ovisnosti SLP-a o NAOI-u u sezoni DJF te SLP-a o EAI-u u sezoni JJA. Stoga su za kompozitnu analizu anomalija izabrane sezona DJF za NAOI, sezona JJA za EAI te sezona DJF za kombinacije NAOI-a i EAI-a, kada su modovi NAO i EA dinamički najaktivniji.

Kompoziti anomalija SLP-a za NAOI, prikazani na slici 3.7, pokazuju karakteristično zonalno dipolno polje tlaka koje odgovara NAO-u. Kompoziti anomalija SLP-a za EAI (slika 3.8) ne pokazuju zamjetne promjene u polju tlaka na domeni podataka s promjenom faza moda EA, ali anomalije Tmax-a i Tmin-a su izraženije kod EAI-a u odnosu na NAOI. Kompoziti anomalija Tmax-a i Tmin-a su negativni (pozitivni) za negativne (pozitivne) vrijednosti NAOI-a i EAI-a. Slika 3.9, koja prikazuje kompozitne anomalije za četiri kombinacije NAOI-a i EAI-a, pokazuje da NAO i EA u istim fazama imaju jači utjecaj na anomalije ekstremnih temperatura u odnosu na kompozitne anomalije samo za NAOI ili EAI. Utjecaj moda NAO dominira u zimskom polju tlaka, dok mod EA snažnije utječe na ljetne i zimske anomalije Tmax-a i Tmin-a u Hrvatskoj u usporedbi sa zimskim modom NAO.

Mjesečni i sezonski trendovi ekstremnih temperatura, navedeni u tablicama 1B i 2B, statistički su značajni prema Mann-Kendallovom testu u većini mjeseci i sezona tijekom godine za sve hrvatske gradove. Svi gradovi pokazuju pozitivne mjesečne i sezonske trendove rasta Tmax-a i Tmin-a, što ukazuje na zatopljenje kroz porast maksimalne dnevne i minimalne noćne temperature. Trendovi Tmax-a su veći od trendova Tmin-a, osim kod Zadra, Šibenika i Dubrovnika.

Iz tablica i korelacijskih mapa s Pearsonovim koeficijentima korelacije ekstremnih temperatura i indeksa modova klimatske varijabilnosti (tablice u dodatku C te slike 3.10 i 3.11) može se zaključiti da su korelacije između ekstremnih temperatura i EAI-a znatno izraženije i značajnije u svim mjesecima i sezonama, osim u siječnju, ožujku i prosincu, u usporedbi s korelacijama između ekstremnih temperatura i NAOI-a. U svim

gradovima koeficijenti korelacije između ekstremnih temperatura i EAI-a su pozitivni, pri čemu najveće vrijednosti iznose oko 0.7 u veljači, kolovozu i sezoni JJA . S druge strane, koeficijenti korelacije između ekstremnih temperatura i NAOI-a su pozitivni samo u zimskim mjesecima i sezoni DJF, s najvećim vrijednostima od oko 0.4. Ljeti se samo u nekim dijelovima RH javljaju negativne korelacije između ekstremnih temperatura i NAOI-a.

Korištenjem ekstremnih temperatura izračunato je pet klimatskih indeksa: SU, TR, ID, FD i DTR. Iz mjesečnih i sezonskih trendova indeksa FD i ID, uz pomoć Mann-Kendallove testa, može se zaključiti da su statistički značajni u hladnom dijelu godine, dok su trendovi indeksa SU i TR statistički značajni u toplom dijelu godine. Trendovi indeksa DTR su statistički značajni u nekim gradovima tijekom većeg dijela godine, a u nekima tijekom manjeg dijela godine. Indeksi FD i ID imaju negativne, a SU i TR pozitivne trendove u dvadeset hrvatskih gradova. Trend indeksa DTR je u većini gradova pozitivan, s izraženim pozitivnim vrijednostima u Krapini, Karlovcu, Rijeci i Pazinu, a negativnim u Zadru. Negativni trendovi indeksa FD i ID upućuju na smanjenje broja mraznih i ledenih dana zimi, dok pozitivni trendovi indeksa SU i TR upućuju na povećanje broja ljetnih dana i tropskih noći ljeti. Pozitivan (negativan) trend indeksa DTR upućuje na porast (pad) vremenski usrednjene razlike Tmax-a i Tmin-a. Izračunati trendovi klimatskih indeksa ukazuju na zatopljenje u hrvatskim gradovima.

Mjesečne i sezonske Pearsonove korelacije između klimatskih indeksa i indeksa modova klimatske varijabilnosti (tablice u dodatku E te slike 3.12 i 3.13) jasno ukazuju na statistički značajnije i snažnije korelacije klimatskih indeksa i EAI-a u odnosu na NAOI. Značajna negativna (pozitivna) ovisnost indeksa FD i ID (DTR) o NAOI-u javlja se u zimskim mjesecima i sezoni DJF. Zimski broj mraznih i ledenih dana opada s porastom NAOI-a, što upućuje na zagrijavanje RH zimi. Prosječna zimska razlika Tmax-a i Tmin-a raste s porastom NAOI-a, a budući da su trendovi Tmax-a i Tmin-a pozitivni, snažniji pozitivni trend Tmax-a u odnosu na Tmin ovisi o NAOI-u. Koeficijenti korelacije indeksa SU i TR (ID i FD) i EAI-a su pozitivni (negativni) u ljetnom (zimskom) dijelu godine. Korelacije indeksa DTR i EAI-a su pozitivne u većini gradova kroz cijelu godinu. Porast EAI-a smanjuje broj mraznih i ledenih dana zimi, povećava broj ljetnih dana i tropskih

noći ljeti, te potiče veći rast T_{max} -a u odnosu na T_{min} tijekom godine. EAI ima značajan cjelogodišnji utjecaj na klimatske indekse na području Hrvatske.

Ovo je istraživanje pokazalo da je važan kombinirani utjecaj NAO-a i EA-ja u zimskoj sezoni. Naime, iznimno tople zime se mogu očekivati kad su obje pojave u pozitivnoj fazi. Što se ljetne sezone tiče, tu je najizraženiji utjecaj moda EA i to tako da je s pozitivnom fazom povezano povećanje temperature. Takvi uvjeti podržavaju razvoj ljetnih toplinskih valova, a s time i pojačavaju s time povezane negativne posljedice (npr. neželjen utjecaj na ljudsko zdravlje i s time pojačan pritisak na zdravstveni sustav, povećan rizik od šumskih požara, povećane potrebe za vodom i električnom energijom). Stoga EA predstavlja značajan mod s aspekta sezonskih prognoza, ali također za pripremu i ublažavanje negativnih posljedica povezanih s iznimno visokim ljetnim temperaturama.

Literatura

Barnston, A. G. i Livezey, R. E. (1987) Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Monthly Weather Review*, 115(6), 1083–1126.

Comas-Bru, L. i McDermott, F. (2014) Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(679), 354–363.

CPC: *Teleconnection Index Calculations* (2008) Dostupno na: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/teleindcalc.shtml> [11. srpnja 2024.]

CPC: *North Atlantic Oscillation (NAO)* (2012a) Dostupno na: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml> [12. lipnja 2024.]

CPC: *East Atlantic (EA)* (2012b) Dostupno na: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ea.shtml> [12. lipnja 2024.]

Copernicus: 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit (2024) Dostupno na: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record> [12. srpnja 2024.]

ETCCDI: *Climate Change Indices* (2013) Dostupno na: https://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml [18. srpnja 2024.]

GraphPad: *One sample t test* (2024) Dostupno na: <https://www.graphpad.com/quickcalcs/oneSampleT1> [17. srpnja 2024.]

Hurrell, J. W. i Van Loon, H. (1997) Decadal variations in climate associated with the north atlantic oscillation. *Climatic Change*, 36(3), 301–326.

Mladen, K. (2023) *Ekstremne temperature na području Europe i njihova povezanost s modovima klimatske varijabilnosti*. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.

Knežević, S., Tošić, I., Unkašević, M. i Pejanović, G. (2014) The influence of the East Atlantic Oscillation to climate indices based on the daily minimum temperatures in Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 116(3–4), 435–446.

Mellado-Cano, J., Barriopedro, D., García-Herrera, R., Trigo, R. i Hernández, A. (2019) Examining the North Atlantic Oscillation, East Atlantic Pattern, and Jet Variability since 1685. *Journal of Climate*, 32(19), 6285–6298.

Mikhailova, N. V. i Yurovsky, A. V. (2016) The East Atlantic Oscillation: Mechanism and Impact on the European Climate in Winter. *Physical Oceanography*, 4, 25–33.

Moore, G. W. K. i Renfrew, I. A. (2012) Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode. *Atmospheric Science Letters*, 13(1), 1–8.

Moore, G. W. K., Renfrew, I. A. i Pickart, R. S. (2012) Multidecadal Mobility of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate*, 26, 2453–2466.

Nesterov, E. S. (2000) Variability of atmospheric and oceanic characteristics in the European Atlantic region in the El Nina and La Nina years. *Russian Meteorology and Hydrology*, 8, 43–50.

Nesterov, E. S. (2009) East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation. *Russian Meteorology and Hydrology*, 34(12), 794–800.

Pinto, J. G. i Raible, C. C. (2012) Past and recent changes in the North Atlantic oscillation. *WIREs Climate Change*, 3(1), 79–90.

Rodrigo, F. S. (2021) Exploring Combined Influences of Seasonal East Atlantic (EA) and North Atlantic Oscillation (NAO) on the Temperature-Precipitation Relationship in the Iberian Peninsula. *Geosciences*, 11(5), 211.

Statistics How To: Mann Kendall Trend Test: Definition, Running the Test (2016) Dostupno na: <https://www.statisticshowto.com/mann-kendall-trend-test> [16. srpnja 2024.]

Trigo, R., Osborn, T. i Corte-Real, J. (2002) The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms. *Climate Research*, 20(1), 9–17.

Trigo, R. M., Valente, M. A., Trigo, I. F., Miranda, P. M. A., Ramos, A. M., Paredes, D. i García-Herrera, R. (2008) The Impact of North Atlantic Wind and Cyclone Trends on European Precipitation and Significant Wave Height in the Atlantic. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), 212–234.

Wanner, H., Brönnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C., Stephenson, D. B. i Xoplaki, E. (2001) North Atlantic Oscillation – Concepts And Studies. *Surveys in Geophysics*, 22(4), 321–381.

Wikipedia: Pearson correlation coefficient (2024) Dostupno na: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pearson correlation coefficient](https://en.wikipedia.org/wiki/Pearson_correlation_coefficient) [16. srpnja 2024.]

World Health Organization: Heat and health (2024) Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health> [15. srpnja 2024.]

World Meteorological Organization (2024) *European State of the Climate 2023: Summary [online]*. United Nations. Dostupno na: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789213589823/read> [12. srpnja 2024.]

Popis kratica

NAO: Sjeverno-atlantska oscilacija (engl. *North Atlantic Oscillation*)

NAOI: indeks Sjeverno-atlantske oscilacije (engl. *North Atlantic Oscillation index*)

EA: Istočno-atlantsko polje (engl. *East Atlantic pattern*)

EAI: indeks Istočno-atlantskog polja (engl. *East Atlantic pattern index*)

SCA: Skandinavsko polje (engl. *Scandinavia pattern*)

EOF: empirijska ortogonalna funkcija (engl. *empirical orthogonal function*)

CPC: Centar za klimatska predviđanja (engl. *Climate Prediction Center*)

SLP: tlak zraka na morskoj razini (engl. *Sea Level Pressure*)

Tmax: maksimalna temperatura

Tmin: minimalna temperatura

RH: Republika Hrvatska

E-OBS: europski mrežasti podaci (engl. *European Observational Database*)

NetCDF-4: Mrežni obični oblik podataka - 4 (engl. *Network Common Data Form-4*)

RPCA: analiza rotiranih glavnih komponenti(engl. *Rotated Principal Component Analysis*)

CDO: Operator klimatskih podataka (engl. *Climate Data Operator*)

DJF: zima (engl. *December, January, February*)

MAM: proljeće (engl. *March, April, May*)

JJA: ljeto (engl. *June, July, August*)

SON: jesen (engl. *September, October, November*)

FD: broj mraznih dana (engl. *number of frost days*)

SU: broj ljetnih dana (engl. *number of summer days*)

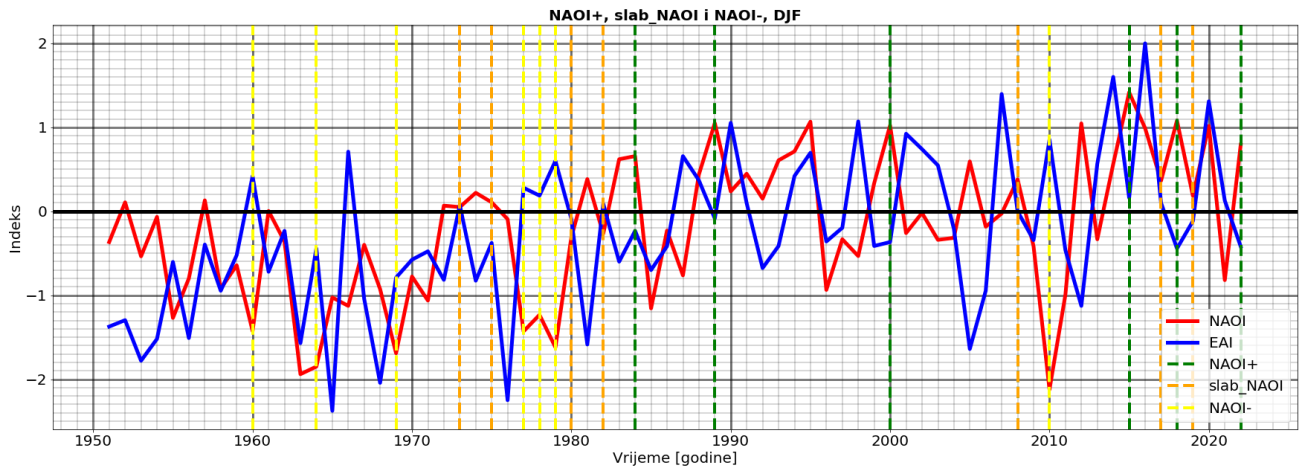
ID: broj ledenih dana (engl. *number of icing days*)

TR: broj tropskih noći (engl. *number of tropical nights*)

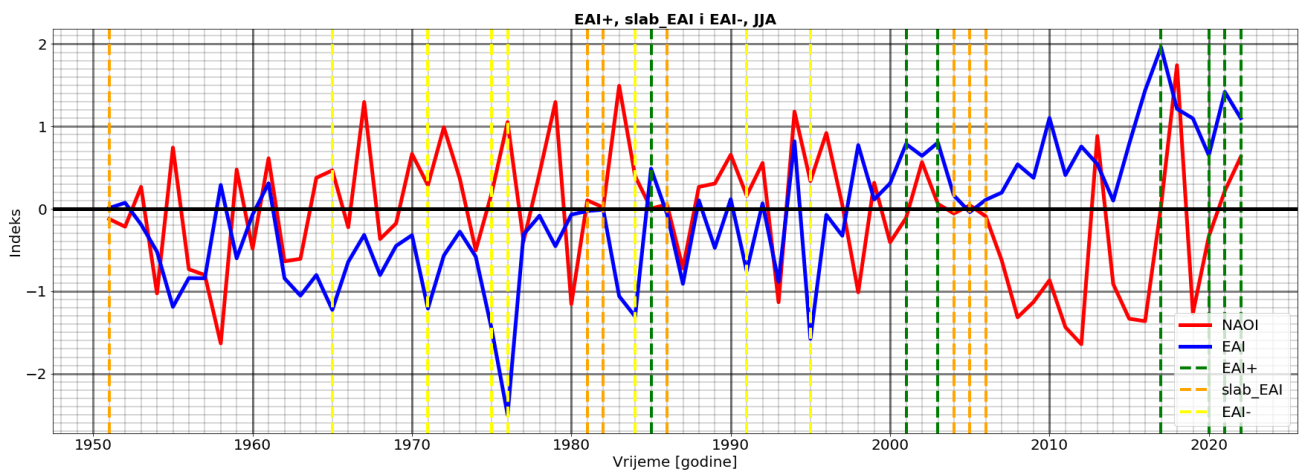
DTR: dnevni raspon temperature (engl. *daily temperature range*)

ETCCDI: Stručni tim za detekciju klimatskih promjena i indeksa (engl. *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*)

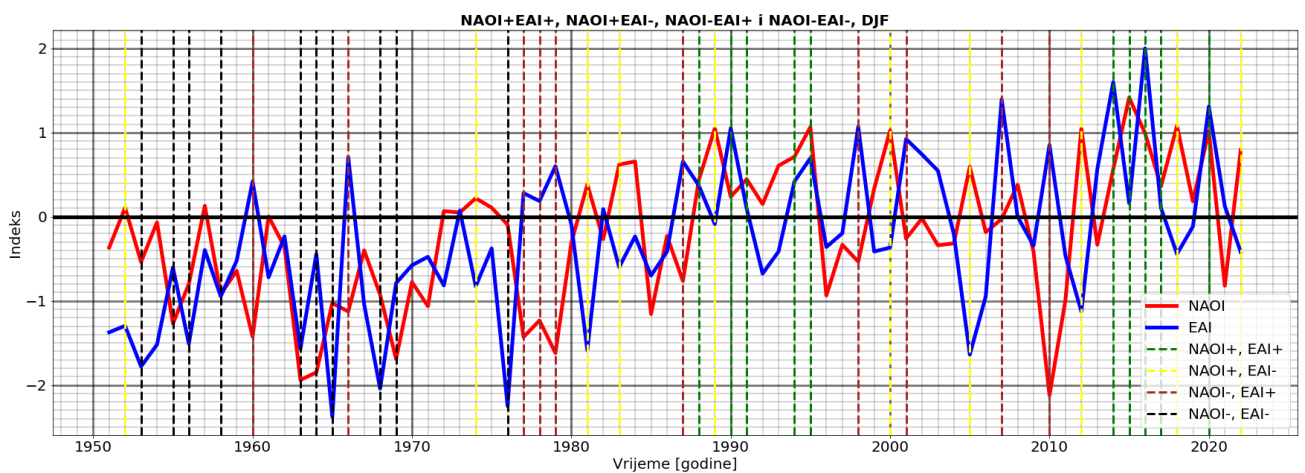
Dodatak A



Slika 1A Zimski NAOI i EAI. Isprekidane vertikalne linije označavaju godine sa sezonom DJF kada je NAOI pozitivan, oko nule i negativan, dok je EAI oko nule.



Slika 2A Ljetni NAOI i EAI. Isprekidane vertikalne linije označavaju godine sa sezonom JJA kada je EAI pozitivan, oko nule i negativan, dok je NAOI oko nule.



Slika 3A Zimski NAOI i EAI. Isprekidane vertikalne linije označavaju godine sa sezonom DJF kada su modovi NAO i EA u istim i suprotnim fazama.

Dodatak B

Tablica 1B Mjesečni trendovi Tmax-a i Tmin-a za 20 hrvatskih gradova. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Čelije sa značajnim pozitivnim (negativnim) trendom obojane su zelenom (crvenom) bojom.

		Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro
Vukovar	tmax	0.0480	0.0492	0.0373	0.0291	0.0242	0.0310	0.0355	0.0362	0.0031	0.0163	0.0247	0.0149
	tmin	0.0492	0.0394	0.0246	0.0142	0.0234	0.0258	0.0261	0.0342	0.0189	0.0259	0.0186	0.0151
Osijek	tmax	0.0483	0.0470	0.0341	0.0237	0.0186	0.0276	0.0328	0.0339	-0.0011	0.0114	0.0221	0.0134
	tmin	0.0525	0.0426	0.0273	0.0159	0.0239	0.0253	0.0257	0.0343	0.0193	0.0291	0.0206	0.0158
Slavonski Brod	tmax	0.0440	0.0430	0.0331	0.0276	0.0234	0.0320	0.0380	0.0374	0.0034	0.0164	0.0220	0.0174
	tmin	0.0374	0.0311	0.0210	0.0121	0.0170	0.0200	0.0214	0.0305	0.0116	0.0171	0.0136	0.0087
Požega	tmax	0.0438	0.0410	0.0333	0.0272	0.0223	0.0326	0.0374	0.0374	0.0028	0.0154	0.0215	0.0177
	tmin	0.0376	0.0312	0.0221	0.0145	0.0185	0.0217	0.0239	0.0331	0.0127	0.0179	0.0149	0.0093
Virovitica	tmax	0.0470	0.0438	0.0370	0.0278	0.0210	0.0330	0.0362	0.0375	0.0041	0.0157	0.0211	0.0215
	tmin	0.0434	0.0350	0.0260	0.0206	0.0252	0.0272	0.0304	0.0397	0.0200	0.0235	0.0187	0.0138
Bjelovar	tmax	0.0512	0.0480	0.0409	0.0315	0.0239	0.0371	0.0389	0.0410	0.0072	0.0205	0.0231	0.0280
	tmin	0.0490	0.0365	0.0257	0.0191	0.0261	0.0289	0.0322	0.0402	0.0217	0.0261	0.0216	0.0171
Koprivnica	tmax	0.0519	0.0491	0.0416	0.0315	0.0231	0.0363	0.0381	0.0400	0.0077	0.0213	0.0239	0.0289
	tmin	0.0526	0.0389	0.0276	0.0225	0.0300	0.0320	0.0362	0.0436	0.0265	0.0303	0.0236	0.0190
Čakovec	tmax	0.0538	0.0516	0.0441	0.0343	0.0250	0.0383	0.0398	0.0417	0.0093	0.0243	0.0253	0.0307
	tmin	0.0581	0.0415	0.0248	0.0202	0.0324	0.0338	0.0361	0.0431	0.0257	0.0307	0.0255	0.0196
Sisak	tmax	0.0512	0.0483	0.0451	0.0359	0.0292	0.0439	0.0437	0.0460	0.0099	0.0241	0.0250	0.0286
	tmin	0.0448	0.0326	0.0215	0.0127	0.0189	0.0241	0.0260	0.0346	0.0125	0.0203	0.0199	0.0170
Varaždin	tmax	0.0534	0.0503	0.0428	0.0329	0.0236	0.0376	0.0382	0.0411	0.0076	0.0230	0.0233	0.0301
	tmin	0.0568	0.0367	0.0198	0.0151	0.0268	0.0290	0.0312	0.0376	0.0208	0.0269	0.0225	0.0166
Zagreb	tmax	0.0573	0.0549	0.0519	0.0417	0.0346	0.0506	0.0488	0.0516	0.0185	0.0299	0.0309	0.0337
	tmin	0.0471	0.0363	0.0253	0.0163	0.0227	0.0306	0.0349	0.0411	0.0151	0.0237	0.0250	0.0196
Krapina	tmax	0.0505	0.0496	0.0479	0.0400	0.0331	0.0491	0.0476	0.0507	0.0185	0.0292	0.0273	0.0279
	tmin	0.0417	0.0238	0.0122	0.0074	0.0182	0.0242	0.0253	0.0308	0.0089	0.0168	0.0174	0.0088
Karlovac	tmax	0.0455	0.0470	0.0502	0.0408	0.0333	0.0482	0.0440	0.0490	0.0127	0.0259	0.0212	0.0226
	tmin	0.0317	0.0173	0.0043	-0.0015	0.0087	0.0150	0.0173	0.0237	-0.0016	0.0075	0.0091	0.0050
Gospić	tmax	0.0519	0.0500	0.0455	0.0409	0.0325	0.0461	0.0451	0.0476	0.0070	0.0322	0.0304	0.0270
	tmin	0.0471	0.0409	0.0256	0.0187	0.0296	0.0328	0.0412	0.0470	0.0230	0.0291	0.0286	0.0214
Pazin	tmax	0.0343	0.0324	0.0374	0.0337	0.0261	0.0423	0.0375	0.0458	0.0149	0.0252	0.0318	0.0260
	tmin	0.0029	-0.0005	-0.0012	-0.0073	-0.0033	0.0025	0.0002	0.0038	-0.0177	-0.0030	0.0058	-0.0052
Rijeka	tmax	0.0317	0.0306	0.0387	0.0376	0.0309	0.0498	0.0477	0.0546	0.0148	0.0223	0.0262	0.0217
	tmin	0.0167	0.0116	0.0126	0.0065	0.0107	0.0188	0.0206	0.0244	-0.0016	0.0102	0.0160	0.0055
Zadar	tmax	0.0470	0.0382	0.0292	0.0141	0.0136	0.0254	0.0244	0.0256	0.0043	0.0204	0.0349	0.0355
	tmin	0.0599	0.0556	0.0475	0.0385	0.0471	0.0573	0.0640	0.0675	0.0468	0.0529	0.0518	0.0446
Šibenik	tmax	0.0336	0.0324	0.0306	0.0214	0.0177	0.0304	0.0336	0.0361	0.0075	0.0193	0.0291	0.0232
	tmin	0.0291	0.0285	0.0294	0.0194	0.0240	0.0340	0.0370	0.0410	0.0216	0.0252	0.0301	0.0187
Split	tmax	0.0176	0.0220	0.0233	0.0223	0.0214	0.0332	0.0346	0.0354	0.0096	0.0175	0.0210	0.0092
	tmin	0.0148	0.0155	0.0187	0.0149	0.0168	0.0267	0.0257	0.0292	0.0055	0.0137	0.0196	0.0061
Dubrovnik	tmax	0.0325	0.0330	0.0202	0.0176	0.0187	0.0262	0.0280	0.0273	0.0129	0.0237	0.0319	0.0187
	tmin	0.0351	0.0365	0.0331	0.0292	0.0321	0.0402	0.0412	0.0470	0.0265	0.0289	0.0345	0.0230

Tablica 2B Sezonski trendovi Tmax-a i Tmin-a za 20 hrvatskih gradova. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Čelije sa značajnim pozitivnim (negativnim) trendom obojane su zelenom (crvenom) bojom.

		DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	tmax	0.0361	0.0333	0.0387	0.0152
	tmin	0.0319	0.0223	0.0297	0.0214
Osijek	tmax	0.0353	0.0285	0.0358	0.0109
	tmin	0.0341	0.0235	0.0290	0.0229
Slavonski Brod	tmax	0.0341	0.0310	0.0409	0.0145
	tmin	0.0235	0.0183	0.0259	0.0145
Požega	tmax	0.0337	0.0307	0.0410	0.0139
	tmin	0.0239	0.0200	0.0284	0.0156
Virovitica	tmax	0.0374	0.0317	0.0407	0.0142
	tmin	0.0288	0.0255	0.0348	0.0214
Bjelovar	tmax	0.0427	0.0350	0.0438	0.0175
	tmin	0.0324	0.0250	0.0362	0.0238
Koprivnica	tmax	0.0436	0.0350	0.0426	0.0180
	tmin	0.0351	0.0280	0.0395	0.0276
Čakovec	tmax	0.0458	0.0373	0.0438	0.0199
	tmin	0.0378	0.0264	0.0391	0.0279
Sisak	tmax	0.0430	0.0397	0.0499	0.0205
	tmin	0.0300	0.0192	0.0310	0.0179
Varaždin	tmax	0.0451	0.0359	0.0428	0.0182
	tmin	0.0349	0.0213	0.0340	0.0239
Zagreb	tmax	0.0491	0.0457	0.0558	0.0272
	tmin	0.0332	0.0230	0.0385	0.0214
Krapina	tmax	0.0431	0.0434	0.0539	0.0256
	tmin	0.0236	0.0141	0.0293	0.0148
Karlovac	tmax	0.0389	0.0444	0.0526	0.0209
	tmin	0.0166	0.0050	0.0210	0.0049
Gospić	tmax	0.0434	0.0420	0.0521	0.0239
	tmin	0.0347	0.0256	0.0421	0.0275
Pazin	tmax	0.0313	0.0352	0.0464	0.0242
	tmin	-0.0025	-0.0029	0.0045	-0.0058
Rijeka	tmax	0.0285	0.0384	0.0554	0.0215
	tmin	0.0107	0.0123	0.0253	0.0090
Zadar	tmax	0.0403	0.0217	0.0309	0.0205
	tmin	0.0514	0.0455	0.0647	0.0499
Šibenik	tmax	0.0295	0.0257	0.0385	0.0197
	tmin	0.0233	0.0261	0.0402	0.0258
Split	tmax	0.0159	0.0247	0.0386	0.0173
	tmin	0.0109	0.0191	0.0310	0.0139
Dubrovnik	tmax	0.0280	0.0218	0.0326	0.0239
	tmin	0.0304	0.0327	0.0454	0.0304

Dodatak C

Tablica 1C Mjesečni koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i NAOI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.1.1950.-31.12.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije imaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro
Vukovar	Tmax_NAOI	0.4717	0.2867	0.4092	-0.0109	0.1143	-0.1493	-0.1961	-0.0219	0.1554	-0.1318	-0.2721	0.3609
	Tmin_NAOI	0.4470	0.2463	0.2627	0.0770	0.0424	-0.0885	-0.0145	0.0207	0.0039	-0.2745	-0.0850	0.3117
Osijek	Tmax_NAOI	0.4930	0.3029	0.4247	-0.0113	0.1357	-0.1024	-0.1588	-0.0116	0.1886	-0.0781	-0.2599	0.3729
	Tmin_NAOI	0.4481	0.2716	0.2964	0.0986	0.0605	-0.0665	-0.0145	0.0078	0.0314	-0.2826	-0.0757	0.3165
Slavonski Brod	Tmax_NAOI	0.4739	0.2930	0.4049	-0.0045	0.1055	-0.1607	-0.2218	-0.0519	0.1501	-0.1381	-0.2561	0.3804
	Tmin_NAOI	0.3856	0.2385	0.3009	0.0662	0.0382	-0.1117	-0.0528	-0.0125	0.0454	-0.2480	-0.1267	0.2756
Požega	Tmax_NAOI	0.4847	0.2979	0.4112	0.0045	0.1010	-0.1501	-0.2154	-0.0524	0.1464	-0.1237	-0.2384	0.3983
	Tmin_NAOI	0.3900	0.2454	0.3083	0.0707	0.0320	-0.1055	-0.0573	-0.0107	0.0483	-0.2319	-0.1259	0.3004
Virovitica	Tmax_NAOI	0.4993	0.3117	0.4261	0.0139	0.1047	-0.1098	-0.1855	-0.0172	0.1558	-0.1064	-0.2444	0.4340
	Tmin_NAOI	0.4068	0.2512	0.3195	0.1076	0.0347	-0.0972	-0.0726	-0.0054	0.0395	-0.2595	-0.1109	0.3567
Bjelovar	Tmax_NAOI	0.4846	0.3175	0.4359	0.0163	0.1022	-0.1144	-0.1818	-0.0216	0.1500	-0.1492	-0.2402	0.4574
	Tmin_NAOI	0.3804	0.2427	0.2927	0.0983	0.0436	-0.1024	-0.0655	-0.0197	0.0276	-0.2856	-0.1129	0.3586
Koprivnica	Tmax_NAOI	0.4899	0.3247	0.4429	0.0215	0.1018	-0.0914	-0.1576	-0.0043	0.1626	-0.1325	-0.2337	0.4701
	Tmin_NAOI	0.3773	0.2488	0.2887	0.1208	0.0403	-0.0972	-0.0818	-0.0408	0.0113	-0.2974	-0.0810	0.3802
Čakovec	Tmax_NAOI	0.4809	0.3226	0.4502	0.0220	0.1071	-0.0767	-0.1045	0.0269	0.1662	-0.1364	-0.2333	0.4917
	Tmin_NAOI	0.3741	0.2813	0.2995	0.1080	0.0938	-0.0851	-0.0360	0.0331	0.0023	-0.3083	-0.0823	0.4024
Sisak	Tmax_NAOI	0.4665	0.3055	0.4401	0.0144	0.0987	-0.1644	-0.2149	-0.0421	0.1073	-0.2026	-0.2447	0.4603
	Tmin_NAOI	0.3548	0.2276	0.2992	0.0554	0.0701	-0.1211	-0.0277	0.0254	0.0680	-0.2637	-0.1740	0.3289
Varaždin	Tmax_NAOI	0.4755	0.3190	0.4445	0.0172	0.1094	-0.0935	-0.1107	0.0096	0.1635	-0.1415	-0.2329	0.4984
	Tmin_NAOI	0.3712	0.2717	0.2681	0.0956	0.1162	-0.0941	-0.0259	0.0163	0.0148	-0.2974	-0.0989	0.3814
Zagreb	Tmax_NAOI	0.4732	0.3267	0.4623	0.0408	0.1017	-0.1560	-0.1867	-0.0230	0.1076	-0.2051	-0.2215	0.4780
	Tmin_NAOI	0.3715	0.2648	0.3519	0.0860	0.1009	-0.0899	-0.0368	0.0530	0.1186	-0.2132	-0.1345	0.3789
Krapina	Tmax_NAOI	0.4682	0.3278	0.4617	0.0490	0.1009	-0.1128	-0.1234	0.0069	0.1509	-0.1516	-0.2003	0.5119
	Tmin_NAOI	0.3449	0.2375	0.2496	0.0893	0.1317	-0.0845	-0.0503	-0.0343	0.0636	-0.2136	-0.0999	0.3539
Karlovac	Tmax_NAOI	0.4670	0.3064	0.4590	0.0439	0.0977	-0.1448	-0.1546	-0.0275	0.0921	-0.2061	-0.2625	0.4989
	Tmin_NAOI	0.2773	0.1703	0.2037	-0.0034	0.1156	-0.1325	-0.0172	-0.0227	0.0781	-0.2052	-0.1903	0.3073
Gospić	Tmax_NAOI	0.4224	0.2861	0.4126	0.0480	0.1413	-0.1693	-0.1896	-0.0785	0.1151	-0.2110	-0.1532	0.3536
	Tmin_NAOI	0.1940	0.1504	0.1856	0.0492	0.0104	-0.2518	-0.0517	-0.0948	0.0585	-0.3048	-0.2230	0.1719
Pazin	Tmax_NAOI	0.4620	0.3755	0.5049	0.1240	0.2143	-0.0621	-0.0981	-0.0126	0.1394	-0.1117	0.1541	0.5600
	Tmin_NAOI	0.1832	0.1049	0.1806	-0.0199	0.1902	-0.1221	0.0503	-0.0710	0.0502	-0.1010	-0.0646	0.2903
Rijeka	Tmax_NAOI	0.4874	0.3671	0.5091	0.1115	0.1920	-0.0583	-0.0989	0.0016	0.1720	-0.0683	0.0979	0.5793
	Tmin_NAOI	0.2770	0.1843	0.2799	0.0570	0.1471	-0.1630	-0.0591	-0.0630	0.0560	-0.1707	-0.0919	0.3361
Zadar	Tmax_NAOI	0.3585	0.2859	0.4115	0.1246	0.1751	-0.1394	-0.1698	-0.0887	0.1307	-0.1910	-0.0304	0.4084
	Tmin_NAOI	0.2151	0.2184	0.3519	0.0483	0.0797	-0.1088	-0.0956	0.0617	0.1212	-0.3694	-0.0759	0.2515
Šibenik	Tmax_NAOI	0.3792	0.3254	0.4211	0.1092	0.1644	-0.1526	-0.1495	-0.0906	0.1240	-0.1000	0.0513	0.3986
	Tmin_NAOI	0.1639	0.1579	0.2898	0.0931	0.1246	-0.1261	-0.0019	-0.0165	0.1053	-0.2635	-0.1328	0.1549
Split	Tmax_NAOI	0.3150	0.3041	0.3876	0.1182	0.1388	-0.1432	-0.1419	-0.1061	0.1219	-0.0717	0.1008	0.3012
	Tmin_NAOI	0.2200	0.1867	0.2909	0.1159	0.1048	-0.1617	-0.1005	-0.1084	0.0541	-0.1593	-0.0149	0.2023
Dubrovnik	Tmax_NAOI	0.2953	0.3213	0.3399	0.1033	0.1303	-0.1780	-0.2347	-0.2193	0.0496	-0.2455	0.0958	0.2536
	Tmin_NAOI	0.1547	0.2053	0.3234	0.1495	0.1080	-0.1379	-0.1232	-0.1191	0.1310	-0.2916	-0.0582	0.1047

Tablica 2C Mjesečni koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i EAI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.1.1950.-31.12.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije imaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		Sij	Velj	Ožu	Tra	Svi	Lip	Srp	Kol	Ruj	Lis	Stu	Pro
Vukovar	Tmax_EAI	0.3523	0.6993	0.3314	0.5563	0.5542	0.4136	0.4044	0.6114	0.5107	0.4422	0.5167	0.2210
	Tmin_EAI	0.3472	0.6062	0.3431	0.5547	0.4096	0.3005	0.4767	0.6611	0.4514	0.3542	0.3632	0.1447
Osijek	Tmax_EAI	0.3257	0.6795	0.3249	0.5293	0.5520	0.4010	0.3788	0.6100	0.4956	0.4436	0.5180	0.2126
	Tmin_EAI	0.3424	0.6035	0.3482	0.5561	0.4338	0.3223	0.4346	0.6531	0.4580	0.3686	0.3855	0.1568
Slavonski Brod	Tmax_EAI	0.3638	0.7148	0.3474	0.5650	0.5814	0.4266	0.4395	0.6279	0.5290	0.4769	0.5413	0.2736
	Tmin_EAI	0.3597	0.6574	0.3453	0.5396	0.4170	0.3407	0.4433	0.6885	0.5016	0.3306	0.3783	0.1529
Požega	Tmax_EAI	0.3635	0.7025	0.3548	0.5548	0.5826	0.4163	0.4536	0.6417	0.5390	0.4898	0.5560	0.2992
	Tmin_EAI	0.3702	0.6674	0.3548	0.5503	0.4305	0.3720	0.4600	0.6985	0.5243	0.3436	0.4063	0.1728
Virovitica	Tmax_EAI	0.3303	0.6710	0.3466	0.5485	0.5669	0.3965	0.4514	0.6491	0.5587	0.4987	0.5443	0.2986
	Tmin_EAI	0.3723	0.6438	0.3333	0.5496	0.4415	0.3949	0.5100	0.7134	0.5322	0.3625	0.4286	0.1994
Bjelovar	Tmax_EAI	0.3381	0.6649	0.3574	0.5522	0.5721	0.4039	0.4728	0.6653	0.5772	0.5147	0.5509	0.3263
	Tmin_EAI	0.3976	0.6512	0.3308	0.5494	0.4605	0.3828	0.5124	0.7065	0.5264	0.3583	0.4313	0.2254
Koprivnica	Tmax_EAI	0.3286	0.6564	0.3567	0.5422	0.5661	0.3996	0.4627	0.6550	0.5793	0.5212	0.5534	0.3141
	Tmin_EAI	0.4018	0.6337	0.3165	0.5471	0.4551	0.3779	0.5248	0.6946	0.5108	0.3573	0.4243	0.2270
Čakovec	Tmax_EAI	0.3179	0.6439	0.3603	0.5271	0.5586	0.3934	0.4657	0.6465	0.5866	0.5436	0.5637	0.3088
	Tmin_EAI	0.4314	0.6314	0.2850	0.5628	0.4589	0.3622	0.4734	0.6427	0.4782	0.3898	0.4405	0.2169
Sisak	Tmax_EAI	0.3572	0.6709	0.3727	0.5670	0.5799	0.4171	0.5066	0.6872	0.5859	0.5107	0.5471	0.3527
	Tmin_EAI	0.4098	0.6889	0.3364	0.5344	0.4639	0.3740	0.4851	0.6930	0.5316	0.3438	0.4379	0.2418
Varaždin	Tmax_EAI	0.3206	0.6440	0.3610	0.5342	0.5588	0.3971	0.4679	0.6544	0.5867	0.5412	0.5599	0.3118
	Tmin_EAI	0.4299	0.6275	0.2797	0.5648	0.4433	0.3798	0.4450	0.6210	0.4686	0.3786	0.4331	0.2060
Zagreb	Tmax_EAI	0.3612	0.6581	0.3813	0.5588	0.5571	0.4147	0.5253	0.7103	0.6132	0.5313	0.5643	0.3669
	Tmin_EAI	0.4260	0.7008	0.3707	0.4935	0.4562	0.3949	0.5084	0.7226	0.6034	0.4416	0.4878	0.2781
Krapina	Tmax_EAI	0.3394	0.6440	0.3821	0.5323	0.5663	0.4125	0.5131	0.6915	0.6257	0.5628	0.5822	0.3408
	Tmin_EAI	0.4314	0.6677	0.3064	0.5155	0.4385	0.3953	0.4823	0.6612	0.5357	0.3693	0.4191	0.2081
Karlovac	Tmax_EAI	0.3217	0.6446	0.3763	0.5433	0.5872	0.4306	0.5161	0.6859	0.5965	0.5008	0.5359	0.3329
	Tmin_EAI	0.4237	0.7005	0.2832	0.4855	0.4213	0.3702	0.4382	0.6325	0.4949	0.2904	0.3867	0.2109
Gospić	Tmax_EAI	0.4472	0.7317	0.4206	0.5388	0.6332	0.4380	0.5239	0.6617	0.5554	0.5163	0.6066	0.3495
	Tmin_EAI	0.4419	0.7265	0.2630	0.5846	0.4176	0.3365	0.5294	0.6628	0.4547	0.2694	0.3930	0.2731
Pazin	Tmax_EAI	0.5499	0.6509	0.4049	0.3809	0.5335	0.4104	0.5107	0.7102	0.6592	0.5338	0.5341	0.3780
	Tmin_EAI	0.4395	0.7180	0.3484	0.3527	0.3780	0.3704	0.2745	0.4751	0.4503	0.3713	0.4363	0.2263
Rijeka	Tmax_EAI	0.5104	0.6457	0.4079	0.3733	0.5370	0.4032	0.5193	0.7280	0.6402	0.5445	0.5462	0.3524
	Tmin_EAI	0.4736	0.7382	0.3888	0.4434	0.3651	0.3983	0.4784	0.6641	0.5570	0.3978	0.4481	0.2623
Zadar	Tmax_EAI	0.6271	0.7007	0.4420	0.4805	0.4954	0.4168	0.4997	0.6430	0.6013	0.4969	0.5865	0.4449
	Tmin_EAI	0.5811	0.7348	0.3343	0.5485	0.4955	0.3566	0.5375	0.6511	0.5161	0.4627	0.5204	0.4056
Šibenik	Tmax_EAI	0.6035	0.7492	0.4437	0.4927	0.5800	0.4493	0.5127	0.6786	0.6085	0.4923	0.5590	0.3937
	Tmin_EAI	0.5341	0.7680	0.3527	0.5229	0.4914	0.4132	0.5559	0.6943	0.6050	0.4084	0.4374	0.2419
Split	Tmax_EAI	0.6001	0.7796	0.4455	0.4772	0.5795	0.4469	0.5229	0.6845	0.5952	0.4586	0.5147	0.3155
	Tmin_EAI	0.5171	0.7815	0.4046	0.5242	0.5044	0.4268	0.5146	0.6832	0.5614	0.3726	0.4433	0.2405
Dubrovnik	Tmax_EAI	0.7054	0.7719	0.4240	0.4694	0.5430	0.3889	0.5496	0.6569	0.5479	0.4222	0.5005	0.3544
	Tmin_EAI	0.6755	0.7810	0.3797	0.5099	0.5703	0.3991	0.5333	0.7268	0.5637	0.3738	0.4075	0.2847

Tablica 3C Sezonski koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i NAOI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.12.1950.-30.11.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije imaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	Tmax_NAOI	0.4306	0.2087	-0.2469	-0.0630
	Tmin_NAOI	0.3686	0.2081	-0.1484	-0.1309
Osijek	Tmax_NAOI	0.4565	0.2091	-0.2227	-0.0251
	Tmin_NAOI	0.3834	0.2296	-0.1505	-0.1210
Slavonski Brod	Tmax_NAOI	0.4318	0.1974	-0.2755	-0.0549
	Tmin_NAOI	0.3346	0.2322	-0.1773	-0.1317
Požega	Tmax_NAOI	0.4479	0.1885	-0.2702	-0.0483
	Tmin_NAOI	0.3575	0.2314	-0.1785	-0.1174
Virovitica	Tmax_NAOI	0.4835	0.1842	-0.2328	-0.0492
	Tmin_NAOI	0.3926	0.2218	-0.1803	-0.1167
Bjelovar	Tmax_NAOI	0.4933	0.1926	-0.2331	-0.0797
	Tmin_NAOI	0.3860	0.2051	-0.1809	-0.1301
Koprivnica	Tmax_NAOI	0.5048	0.1935	-0.2098	-0.0668
	Tmin_NAOI	0.3910	0.1966	-0.1905	-0.1232
Čakovec	Tmax_NAOI	0.5091	0.2016	-0.1645	-0.0720
	Tmin_NAOI	0.4216	0.2599	-0.1308	-0.1508
Sisak	Tmax_NAOI	0.4762	0.2034	-0.2650	-0.1325
	Tmin_NAOI	0.3551	0.2231	-0.1619	-0.1584
Varaždin	Tmax_NAOI	0.5082	0.1986	-0.1853	-0.0708
	Tmin_NAOI	0.4119	0.2300	-0.1361	-0.1539
Zagreb	Tmax_NAOI	0.5035	0.2395	-0.2489	-0.1376
	Tmin_NAOI	0.3938	0.2773	-0.1518	-0.1197
Krapina	Tmax_NAOI	0.5071	0.2302	-0.2067	-0.0740
	Tmin_NAOI	0.3425	0.2059	-0.1791	-0.1161
Karlovac	Tmax_NAOI	0.4807	0.2252	-0.2365	-0.1579
	Tmin_NAOI	0.2376	0.1365	-0.1982	-0.1444
Gospić	Tmax_NAOI	0.4096	0.2205	-0.2577	-0.0792
	Tmin_NAOI	0.2279	0.2271	-0.2277	-0.2321
Pazin	Tmax_NAOI	0.4918	0.2971	-0.1857	0.0377
	Tmin_NAOI	0.1245	0.1015	-0.1508	-0.0696
Rijeka	Tmax_NAOI	0.4960	0.2875	-0.1749	0.0624
	Tmin_NAOI	0.2619	0.2167	-0.2119	-0.1350
Zadar	Tmax_NAOI	0.3758	0.2073	-0.2604	0.0025
	Tmin_NAOI	0.2927	0.2708	-0.1072	-0.2043
Šibenik	Tmax_NAOI	0.3811	0.2096	-0.2459	0.0543
	Tmin_NAOI	0.1924	0.2535	-0.1227	-0.1754
Split	Tmax_NAOI	0.2996	0.2106	-0.2358	0.0668
	Tmin_NAOI	0.2033	0.2333	-0.2287	-0.0728
Dubrovnik	Tmax_NAOI	0.3185	0.1712	-0.3222	0.0112
	Tmin_NAOI	0.1947	0.2991	-0.2350	-0.1128

Tablica 4C Sezonski koeficijenti korelacije ekstremnih temperatura i EAI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.12.1950.-30.11.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije imaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	Tmax_EAI	0.4803	0.4606	0.6357	0.5040
	Tmin_EAI	0.4293	0.4237	0.6487	0.4792
Osijek	Tmax_EAI	0.4568	0.4295	0.6165	0.4784
	Tmin_EAI	0.4394	0.4374	0.6443	0.4975
Slavonski Brod	Tmax_EAI	0.5057	0.4805	0.6668	0.5264
	Tmin_EAI	0.4454	0.4045	0.6398	0.4367
Požega	Tmax_EAI	0.5053	0.4764	0.6745	0.5286
	Tmin_EAI	0.4558	0.4218	0.6596	0.4492
Virovitica	Tmax_EAI	0.4834	0.4667	0.6666	0.5250
	Tmin_EAI	0.4589	0.4484	0.6914	0.4764
Bjelovar	Tmax_EAI	0.5062	0.4831	0.6845	0.5495
	Tmin_EAI	0.4856	0.4573	0.6835	0.4845
Koprivnica	Tmax_EAI	0.4959	0.4721	0.6710	0.5504
	Tmin_EAI	0.4789	0.4663	0.6791	0.4836
Čakovec	Tmax_EAI	0.4965	0.4717	0.6685	0.5717
	Tmin_EAI	0.4953	0.4539	0.6599	0.5290
Sisak	Tmax_EAI	0.5337	0.5222	0.7190	0.5743
	Tmin_EAI	0.5268	0.4252	0.6717	0.4881
Varaždin	Tmax_EAI	0.4951	0.4735	0.6755	0.5697
	Tmin_EAI	0.4873	0.4312	0.6495	0.5029
Zagreb	Tmax_EAI	0.5454	0.5274	0.7314	0.6173
	Tmin_EAI	0.5492	0.4341	0.7116	0.5680
Krapina	Tmax_EAI	0.5184	0.5094	0.7253	0.6388
	Tmin_EAI	0.4880	0.3796	0.6774	0.4502
Karlovac	Tmax_EAI	0.5072	0.5271	0.7304	0.5760
	Tmin_EAI	0.5028	0.3055	0.6352	0.3859
Gospić	Tmax_EAI	0.5956	0.5506	0.7374	0.5852
	Tmin_EAI	0.5513	0.4257	0.6973	0.5354
Pazin	Tmax_EAI	0.5811	0.4822	0.7209	0.5717
	Tmin_EAI	0.4107	0.2165	0.4413	0.3162
Rijeka	Tmax_EAI	0.5425	0.4732	0.7254	0.5563
	Tmin_EAI	0.5012	0.3563	0.6588	0.4571
Zadar	Tmax_EAI	0.6243	0.5197	0.7017	0.6278
	Tmin_EAI	0.6207	0.5085	0.6629	0.6302
Šibenik	Tmax_EAI	0.6198	0.5308	0.7387	0.5677
	Tmin_EAI	0.5707	0.4759	0.7249	0.6112
Split	Tmax_EAI	0.5935	0.5112	0.7389	0.5228
	Tmin_EAI	0.5208	0.4627	0.7081	0.4640
Dubrovnik	Tmax_EAI	0.6626	0.4640	0.6945	0.5390
	Tmin_EAI	0.6494	0.5119	0.7040	0.5499

Tablica 2D Sezonski trendovi klimatskih indeksa za 20 hrvatskih gradova u razdoblju od 1.12.1950. do 30.11.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije sadržavaju pozitivan (negativan) trend.

		DJF	MAM	JJA	SON			DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	SU	0.0000	0.0797	0.2541	0.0402	Zagreb	SU	0.0000	0.1120	0.4148	0.0713
	TR	0.0000	0.0000	0.0453	0.0000		TR	0.0000	0.0005	0.2485	0.0038
	ID	-0.1461	-0.0137	0.0000	-0.0011		ID	-0.2364	-0.0161	0.0000	-0.0006
	FD	-0.2204	-0.0684	0.0000	-0.0665		FD	-0.2335	-0.0593	0.0000	-0.0467
	DTR	0.0041	0.0110	0.0090	-0.0061		DTR	0.0159	0.0228	0.0173	0.0059
Osijek	SU	0.0000	0.0574	0.2390	0.0074	Krapina	SU	0.0000	0.0911	0.4313	0.0590
	TR	0.0000	0.0000	0.0550	0.0011		TR	0.0000	0.0000	0.0366	0.0000
	ID	-0.1285	-0.0106	0.0000	0.0008		ID	-0.1902	-0.0152	0.0000	-0.0045
	FD	-0.2534	-0.0772	0.0000	-0.0666		FD	-0.1368	-0.0520	0.0000	-0.0356
	DTR	0.0012	0.0050	0.0068	-0.0120		DTR	0.0194	0.0294	0.0247	0.0108
Slavonski Brod	SU	0.0000	0.0871	0.2318	0.0445	Karlovac	SU	0.0000	0.1200	0.3672	0.0835
	TR	0.0000	0.0000	0.0514	0.0000		TR	0.0000	0.0002	0.0570	0.0000
	ID	-0.1239	-0.0041	0.0000	0.0003		ID	-0.1566	-0.0060	0.0000	0.0071
	FD	-0.1512	-0.0569	0.0000	-0.0291		FD	-0.0517	-0.0013	0.0000	0.0020
	DTR	0.0106	0.0127	0.0150	-0.0000		DTR	0.0223	0.0395	0.0316	0.0160
Požega	SU	0.0000	0.0658	0.2840	0.0374	Gospić	SU	0.0000	0.0558	0.4284	0.0231
	TR	0.0000	0.0000	0.0286	0.0000		TR	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000
	ID	-0.1396	-0.0079	0.0000	-0.0011		ID	-0.2358	-0.0273	0.0000	-0.0128
	FD	-0.1562	-0.0553	0.0000	-0.0221		FD	-0.1131	-0.1414	-0.0010	-0.1590
	DTR	0.0098	0.0107	0.0126	-0.0017		DTR	0.0088	0.0164	0.0100	-0.0035
Virovitica	SU	0.0000	0.0710	0.2989	0.0362	Pazin	SU	0.0000	0.0532	0.4206	0.0534
	TR	0.0000	0.0000	0.0780	0.0000		TR	0.0000	0.0000	-0.0025	-0.0023
	ID	-0.1628	-0.0077	0.0000	0.0007		ID	-0.0450	-0.0039	0.0000	0.0002
	FD	-0.1856	-0.0821	0.0000	-0.0363		FD	0.0446	0.0065	0.0000	0.0096
	DTR	0.0086	0.0062	0.0059	-0.0071		DTR	0.0337	0.0381	0.0419	0.0300
Bjelovar	SU	0.0000	0.0806	0.3325	0.0472	Rijeka	SU	0.0000	0.0815	0.4427	0.0691
	TR	0.0000	0.0000	0.0726	0.0000		TR	0.0000	0.0000	0.2204	-0.0023
	ID	-0.1824	-0.0106	0.0000	0.0028		ID	-0.0448	-0.0034	0.0000	0.0003
	FD	-0.1921	-0.0814	0.0000	-0.0409		FD	-0.0958	-0.0354	0.0000	-0.0075
	DTR	0.0102	0.0100	0.0077	-0.0063		DTR	0.0178	0.0261	0.0302	0.0124
Koprivnica	SU	0.0000	0.0755	0.3320	0.0467	Zadar	SU	0.0000	0.0290	0.2222	0.0277
	TR	0.0000	0.0000	0.0589	0.0000		TR	0.0000	0.0028	0.7792	0.0473
	ID	-0.1886	-0.0134	0.0000	-0.0017		ID	-0.0390	-0.0013	0.0000	0.0000
	FD	-0.2115	-0.0888	0.0000	-0.0690		FD	-0.3487	-0.0851	0.0000	-0.0280
	DTR	0.0086	0.0069	0.0032	-0.0096		DTR	-0.0111	-0.0238	-0.0338	-0.0293
Čakovec	SU	0.0000	0.0717	0.3470	0.0539	Šibenik	SU	0.0000	0.0692	0.1348	0.0660
	TR	0.0000	0.0000	0.0297	0.0000		TR	0.0000	0.0035	0.5680	0.0524
	ID	-0.1828	-0.0134	0.0000	0.0022		ID	-0.0109	-0.0008	0.0000	0.0000
	FD	-0.1910	-0.0942	0.0000	-0.0834		FD	-0.1940	-0.0458	0.0000	-0.0100
	DTR	0.0080	0.0109	0.0048	-0.0080		DTR	0.0062	-0.0004	-0.0017	-0.0061
Sisak	SU	0.0000	0.0990	0.3194	0.0589	Split	SU	0.0000	0.0903	0.1594	0.0402
	TR	0.0000	0.0000	0.1307	0.0028		TR	0.0000	0.0076	0.4019	0.0212
	ID	-0.1670	-0.0052	0.0000	0.0029		ID	-0.0095	-0.0020	0.0000	0.0000
	FD	-0.1911	-0.0592	0.0000	-0.0256		FD	-0.0522	-0.0259	0.0000	-0.0030
	DTR	0.0131	0.0204	0.0190	0.0025		DTR	0.0049	0.0056	0.0076	0.0033
Varaždin	SU	0.0000	0.0716	0.3484	0.0417	Dubrovnik	SU	0.0000	0.0401	0.2520	0.0719
	TR	0.0000	0.0000	0.0261	0.0000		TR	0.0000	0.0040	0.6482	0.0736
	ID	-0.1858	-0.0136	0.0000	0.0000		ID	-0.0155	-0.0007	0.0000	0.0000
	FD	-0.1746	-0.0712	0.0000	-0.0713		FD	-0.1742	-0.0384	0.0000	-0.0050
	DTR	0.0102	0.0146	0.0088	-0.0057		DTR	-0.0024	-0.0109	-0.0128	-0.0065

Tablica 3E Sezonski koeficijenti korelacije klimatskih indeksa i NAOI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.12.1950.-30.11.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije sadržavaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		DJF	MAM	JJA	SON			DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	SU i NAOI	nan	0.1083	-0.2235	0.1325	Zagreb	SU i NAOI	nan	0.1501	-0.2154	0.0396
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1045	nan		TR i NAOI	nan	-0.0984	-0.2143	-0.1204
	ID i NAOI	-0.4564	0.0499	nan	0.0308		ID i NAOI	-0.5411	0.0430	nan	0.1100
	FD i NAOI	-0.2444	-0.1707	nan	0.0965		FD i NAOI	-0.3623	-0.2779	nan	0.0844
	DTR i NAOI	0.2785	0.1164	-0.2104	0.0646		DTR i NAOI	0.5041	0.0812	-0.3209	-0.0533
Osijek	SU i NAOI	nan	0.1233	-0.2018	0.1884	Krapina	SU i NAOI	nan	0.1190	-0.1817	0.1318
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1666	-0.0906		TR i NAOI	nan	nan	-0.1475	nan
	ID i NAOI	-0.4391	0.0826	nan	0.0063		ID i NAOI	-0.5057	0.0745	nan	0.1788
	FD i NAOI	-0.2815	-0.2173	nan	0.0851		FD i NAOI	-0.2046	-0.1997	nan	-0.0052
	DTR i NAOI	0.2853	0.0882	-0.1723	0.1053		DTR i NAOI	0.4782	0.1384	-0.1731	0.0644
Slavonski Brod	SU i NAOI	nan	0.1227	-0.2667	0.1235	Karlovac	SU i NAOI	nan	0.2235	-0.2018	0.0633
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1828	nan		TR i NAOI	nan	0.0659	-0.0848	nan
	ID i NAOI	-0.4733	0.1293	nan	0.0036		ID i NAOI	-0.4782	0.1414	nan	0.1944
	FD i NAOI	-0.1940	-0.2061	nan	0.0545		FD i NAOI	-0.0885	-0.1842	nan	0.0487
	DTR i NAOI	0.3931	0.0890	-0.2453	0.0754		DTR i NAOI	0.5706	0.1830	-0.2041	-0.0238
Požega	SU i NAOI	nan	0.0687	-0.2335	0.1541	Gospić	SU i NAOI	nan	0.0653	-0.1623	0.1140
	TR i NAOI	nan	nan	-0.2067	nan		TR i NAOI	nan	nan	0.1154	nan
	ID i NAOI	-0.4944	0.0695	nan	0.0487		ID i NAOI	-0.5010	-0.0748	nan	0.1549
	FD i NAOI	-0.1866	-0.2449	nan	0.0632		FD i NAOI	-0.0629	-0.2689	0.1218	0.1709
	DTR i NAOI	0.3999	0.0639	-0.2455	0.0784		DTR i NAOI	0.3401	0.0685	-0.1653	0.2005
Virovitica	SU i NAOI	nan	0.0555	-0.1926	0.1875	Pazin	SU i NAOI	nan	0.1599	-0.1017	0.1520
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1463	nan		TR i NAOI	nan	nan	-0.1760	0.0909
	ID i NAOI	-0.5097	0.1030	nan	0.0505		ID i NAOI	-0.1831	-0.0657	nan	0.0878
	FD i NAOI	-0.2602	-0.2277	nan	0.0543		FD i NAOI	-0.1356	-0.2152	nan	-0.0543
	DTR i NAOI	0.4153	0.0462	-0.1748	0.0877		DTR i NAOI	0.5087	0.2789	-0.1288	0.1156
Bjelovar	SU i NAOI	nan	0.0857	-0.1939	0.1777	Rijeka	SU i NAOI	nan	0.2733	-0.1055	0.1355
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1269	nan		TR i NAOI	nan	nan	-0.2378	0.0183
	ID i NAOI	-0.5098	0.0825	nan	0.1209		ID i NAOI	-0.1868	-0.0665	nan	-0.0389
	FD i NAOI	-0.2542	-0.2359	nan	0.0330		FD i NAOI	-0.3330	-0.2696	nan	-0.1130
	DTR i NAOI	0.4369	0.0759	-0.1776	0.0744		DTR i NAOI	0.4222	0.2127	-0.0592	0.2466
Koprivnica	SU i NAOI	nan	0.0714	-0.1861	0.1717	Zadar	SU i NAOI	nan	0.1619	-0.2336	0.1280
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1535	nan		TR i NAOI	nan	0.1080	-0.1692	0.0695
	ID i NAOI	-0.5114	0.0818	nan	0.0639		ID i NAOI	-0.1053	-0.0368	nan	nan
	FD i NAOI	-0.2822	-0.1762	nan	0.0236		FD i NAOI	-0.3471	-0.1770	nan	0.0295
	DTR i NAOI	0.4124	0.0756	-0.0944	0.0880		DTR i NAOI	0.0450	-0.1368	-0.1391	0.3251
Čakovec	SU i NAOI	nan	0.0353	-0.1411	0.1949	Šibenik	SU i NAOI	nan	0.2113	-0.2056	0.1189
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1671	nan		TR i NAOI	nan	0.1500	-0.1211	0.1435
	ID i NAOI	-0.4849	0.0500	nan	0.1055		ID i NAOI	-0.1884	0.0006	nan	nan
	FD i NAOI	-0.2983	-0.2435	nan	0.0452		FD i NAOI	-0.3458	-0.0806	nan	-0.0095
	DTR i NAOI	0.3402	0.0228	-0.1201	0.1142		DTR i NAOI	0.4618	-0.0108	-0.3561	0.3928
Sisak	SU i NAOI	nan	0.1168	-0.2582	0.1530	Split	SU i NAOI	nan	0.2046	-0.2256	0.0774
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1908	0.0519		TR i NAOI	nan	-0.1151	-0.1664	0.1609
	ID i NAOI	-0.4945	0.1243	nan	0.0475		ID i NAOI	-0.1514	0.1023	nan	nan
	FD i NAOI	-0.2680	-0.2107	nan	0.0758		FD i NAOI	-0.3149	-0.1179	nan	-0.1491
	DTR i NAOI	0.4943	0.0885	-0.2976	0.0293		DTR i NAOI	0.2164	0.0291	-0.1162	0.2732
Varaždin	SU i NAOI	nan	0.0615	-0.1691	0.1970	Dubrovnik	SU i NAOI	nan	0.0685	-0.2601	0.0666
	TR i NAOI	nan	nan	-0.1174	nan		TR i NAOI	nan	0.1656	-0.2399	0.0874
	ID i NAOI	-0.4758	0.0362	nan	0.1109		ID i NAOI	-0.1437	0.1950	nan	nan
	FD i NAOI	-0.2827	-0.2188	nan	0.0071		FD i NAOI	-0.2496	-0.2018	nan	-0.1839
	DTR i NAOI	0.3510	0.0542	-0.1553	0.1170		DTR i NAOI	0.2599	-0.1881	-0.1767	0.2481

Tablica 4E Sezonski koeficijenti korelacije klimatskih indeksa i EAI-a za 20 hrvatskih gradova u razdoblju: 1.12.1950.-30.11.2022. Crne (zadebljane crne) vrijednosti su značajne na razini 0.05 (0.01), dok crvene nisu. Zelene (crvene) ćelije sadržavaju pozitivan (negativan) koeficijent.

		DJF	MAM	JJA	SON			DJF	MAM	JJA	SON
Vukovar	SU i EAI	nan	0.3304	0.6315	0.3614	Zagreb	SU i EAI	nan	0.3528	0.7378	0.3336
	TR i EAI	nan	nan	0.5589	nan		TR i EAI	nan	0.1788	0.6897	0.2750
	ID i EAI	-0.2419	-0.1533	nan	-0.1926		ID i EAI	-0.3364	-0.1738	nan	-0.1699
	FD i EAI	-0.4245	-0.1207	nan	-0.3021		FD i EAI	-0.4406	-0.1037	nan	-0.3257
	DTR i EAI	0.2670	0.2929	0.2994	0.1296		DTR i EAI	0.2710	0.3991	0.5711	0.1846
Osijek	SU i EAI	nan	0.3051	0.5970	0.2884	Krapina	SU i EAI	nan	0.3200	0.7172	0.3893
	TR i EAI	nan	nan	0.5573	0.0440		TR i EAI	nan	nan	0.5305	nan
	ID i EAI	-0.2295	-0.0926	nan	-0.1634		ID i EAI	-0.2340	-0.2193	nan	-0.2154
	FD i EAI	-0.4858	-0.1580	nan	-0.3390		FD i EAI	-0.4562	-0.0917	nan	-0.2674
	DTR i EAI	0.1475	0.2170	0.2707	0.0308		DTR i EAI	0.2378	0.3785	0.5507	0.2223
Slavonski Brod	SU i EAI	nan	0.3668	0.6603	0.3477	Karlovac	SU i EAI	nan	0.3514	0.7276	0.3992
	TR i EAI	nan	nan	0.6262	nan		TR i EAI	nan	-0.0814	0.5910	nan
	ID i EAI	-0.2280	-0.1616	nan	-0.1418		ID i EAI	-0.2378	-0.1516	nan	-0.0860
	FD i EAI	-0.4451	-0.0834	nan	-0.2735		FD i EAI	-0.3477	-0.0275	nan	-0.1927
	DTR i EAI	0.3384	0.3760	0.4004	0.2162		DTR i EAI	0.2068	0.4372	0.6123	0.2679
Požeга	SU i EAI	nan	0.3125	0.6873	0.3652	Gospić	SU i EAI	nan	0.3374	0.6947	0.2265
	TR i EAI	nan	nan	0.5563	nan		TR i EAI	nan	nan	0.1302	nan
	ID i EAI	-0.2251	-0.1583	nan	-0.1984		ID i EAI	-0.3856	-0.2330	nan	-0.2750
	FD i EAI	-0.4488	-0.0791	nan	-0.2774		FD i EAI	-0.4398	-0.2948	-0.1637	-0.4752
	DTR i EAI	0.3255	0.3486	0.3856	0.1909		DTR i EAI	0.0665	0.3237	0.4196	-0.0291
Virovitica	SU i EAI	nan	0.3234	0.6614	0.3246	Pazin	SU i EAI	nan	0.2090	0.6774	0.2831
	TR i EAI	nan	nan	0.6355	nan		TR i EAI	nan	nan	0.2872	0.0797
	ID i EAI	-0.2449	-0.1328	nan	-0.1757		ID i EAI	-0.3310	-0.2018	nan	-0.1113
	FD i EAI	-0.4233	-0.0930	nan	-0.3019		FD i EAI	-0.2537	-0.0372	nan	-0.1362
	DTR i EAI	0.2569	0.2613	0.2770	0.0996		DTR i EAI	0.2358	0.4053	0.6343	0.3222
Bjelovar	SU i EAI	nan	0.3097	0.6894	0.3355	Rijeka	SU i EAI	nan	0.2477	0.6865	0.3122
	TR i EAI	nan	nan	0.5891	nan		TR i EAI	nan	nan	0.6116	0.1323
	ID i EAI	-0.2521	-0.1342	nan	-0.1516		ID i EAI	-0.3035	-0.1909	nan	-0.1267
	FD i EAI	-0.4327	-0.1520	nan	-0.2734		FD i EAI	-0.3466	-0.1100	nan	-0.1408
	DTR i EAI	0.2437	0.2596	0.3228	0.0723		DTR i EAI	0.0561	0.3520	0.5449	0.1414
Koprivnica	SU i EAI	nan	0.2981	0.6742	0.3343	Zadar	SU i EAI	nan	0.2205	0.6855	0.3208
	TR i EAI	nan	nan	0.5786	nan		TR i EAI	nan	0.0702	0.7108	0.3792
	ID i EAI	-0.2418	-0.1734	nan	-0.2100		ID i EAI	-0.2662	-0.1618	nan	nan
	FD i EAI	-0.4601	-0.1534	nan	-0.3036		FD i EAI	-0.4741	-0.3145	nan	-0.2720
	DTR i EAI	0.2003	0.1987	0.2039	0.0257		DTR i EAI	-0.2993	-0.1148	-0.1098	-0.3668
Čakovec	SU i EAI	nan	0.2621	0.6666	0.3712	Šibenik	SU i EAI	nan	0.3048	0.6475	0.3411
	TR i EAI	nan	nan	0.5017	nan		TR i EAI	nan	0.0721	0.6809	0.3652
	ID i EAI	-0.2091	-0.1392	nan	-0.1705		ID i EAI	-0.2978	-0.0177	nan	nan
	FD i EAI	-0.5006	-0.1451	nan	-0.3314		FD i EAI	-0.4393	-0.2343	nan	-0.1625
	DTR i EAI	0.1416	0.2227	0.3224	0.0058		DTR i EAI	0.1775	0.2406	0.2989	-0.0825
Sisak	SU i EAI	nan	0.3631	0.7334	0.3810	Split	SU i EAI	nan	0.2889	0.6925	0.3328
	TR i EAI	nan	nan	0.6416	0.2195		TR i EAI	nan	0.2587	0.6694	0.2054
	ID i EAI	-0.2605	-0.1291	nan	-0.1049		ID i EAI	-0.2533	-0.2016	nan	nan
	FD i EAI	-0.4239	-0.1141	nan	-0.2850		FD i EAI	-0.3636	-0.1909	nan	-0.0977
	DTR i EAI	0.2701	0.3918	0.5465	0.1750		DTR i EAI	0.0617	0.2947	0.3919	0.1534
Varaždin	SU i EAI	nan	0.2706	0.6862	0.3357	Dubrovnik	SU i EAI	nan	0.2995	0.6593	0.2829
	TR i EAI	nan	nan	0.4185	nan		TR i EAI	nan	0.0988	0.6701	0.4293
	ID i EAI	-0.2274	-0.1721	nan	-0.1641		ID i EAI	-0.2566	-0.0742	nan	nan
	FD i EAI	-0.5001	-0.1394	nan	-0.2898		FD i EAI	-0.4836	-0.1613	nan	-0.2238
	DTR i EAI	0.1527	0.2501	0.3944	0.0444		DTR i EAI	-0.1246	-0.0692	0.1337	-0.0709