

# Utjecaj daljinskih meteoroloških indeksa na klimu Jadrana

---

Morožin, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:387126>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA**  
**DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO**

**Karla Morožin**

**UTJECAJ DALJINSKIH METEOROLOŠKIH**  
**INDEKSA NA KLIMU JADRANA**

**Diplomski rad**

**Split, rujan 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA**  
**DIPLOMSKI STUDIJ MORSKO RIBARSTVO**

**UTJECAJ DALJINSKIH METEOROLOŠKIH  
INDEKSA NA KLIMU JADRANA**

**Diplomski rad**

**Predmet:** Meteorologija

**Mentor:**

Doc. dr. sc. Frano Matić

**Student:**

Karla Morožin

**Split, rujan 2018.**

## UTJECAJ DALJINSKIH METEOROLOŠKIH INDEKSA NA KLIMU JADRANA

**Karla Morožin**

### Sažetak

U ovoj disertaciji predstavljeni su rezultati istraživanja utjecaja daljinskih meteoroloških indeksa na klimu Jadrana. Obradeni su dugogodišnji (> 50 godina) podatci oborine i temperature zraka mjereni na odabranim postajama na Jadranu, te daljinski meteorološki indeksi koji su preuzeti iz NCAR/NCEP baze podataka. Podaci su obrađeni odabranim statističkim metodama: metode za određivanje anomalija, prosjeka, kliznih srednjaka, standardne devijacije, te korelacije. Najveći utjecaj na Jadran je Sjeverno-atlantska oscilacija ili NAO, zatim Istočno-atlantska ili EA, Istočnoatlantska-zapadnoruska struktura ili EA-WR, Skandinavski struktura ili SCA i kao globalno važna struktura El Niño. Rezultati su prikazani grafovima i tablicama za svaku strukturu i njihove indekse posebno.

(32 stranice, 26 slika, 6 tablica, 12 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

**Ključne riječi:** Temperatura zraka, oborina, daljinski meteorološki indeksi, NAO, Jadransko more, klimatologija

**Mentor:** Doc. dr. sc. Frano Matić

**Ocjenjivači:** 1. Doc. dr. sc. Jure Brčić  
2. Doc. dr. sc. Frano Matić  
3. Doc. dr. sc. Jadranka Šepić

**TELECONNECTION OF HEMISPHERIC METEOROLOGICAL INDICES AND  
CLIMATE OF THE ADRIATIC SEA**

**Karla Morožin**

**Abstract**

In this dissertation, a study has been presented of how teleconnection hemispheric meteorological indexes indices affect the Adriatic climate. Long-term precipitation data and air temperature measured at selected stations in the Adriatic, and teleconnection meteorological indexes that are downloaded from the NCAR / NCEP database have been processed. Data were processed using selected statistical methods: methods for determining anomalies, averages, sliding averages, standard deviations, and correlations. The largest impact on the Adriatic is North Atlantic oscillation or NAO, followed by East Atlantic or EA, followed by East Atlantic / Western Russian structure or EA / WR, Scandinavian structure or SCA, and as a globally important structure El Niño. The results are presented graphs and tables for each structure and their indices in particular.

(32 pages, 26 figures, 6 tables, 12 references, original in: Croatian)

**Keywords:** Air temperature, precipitation, teleconnection indices, NAO, Adriatic Sea, climatology

**Supervisor:** Frano Matic, PhD / Assistant Professor

**Reviewers:**

1. Jure Brčić, PhD / Assistant Professor
2. Frano Matic, PhD / Assistant Professor
3. Jadranka Šepić, PhD / Assistant Professor

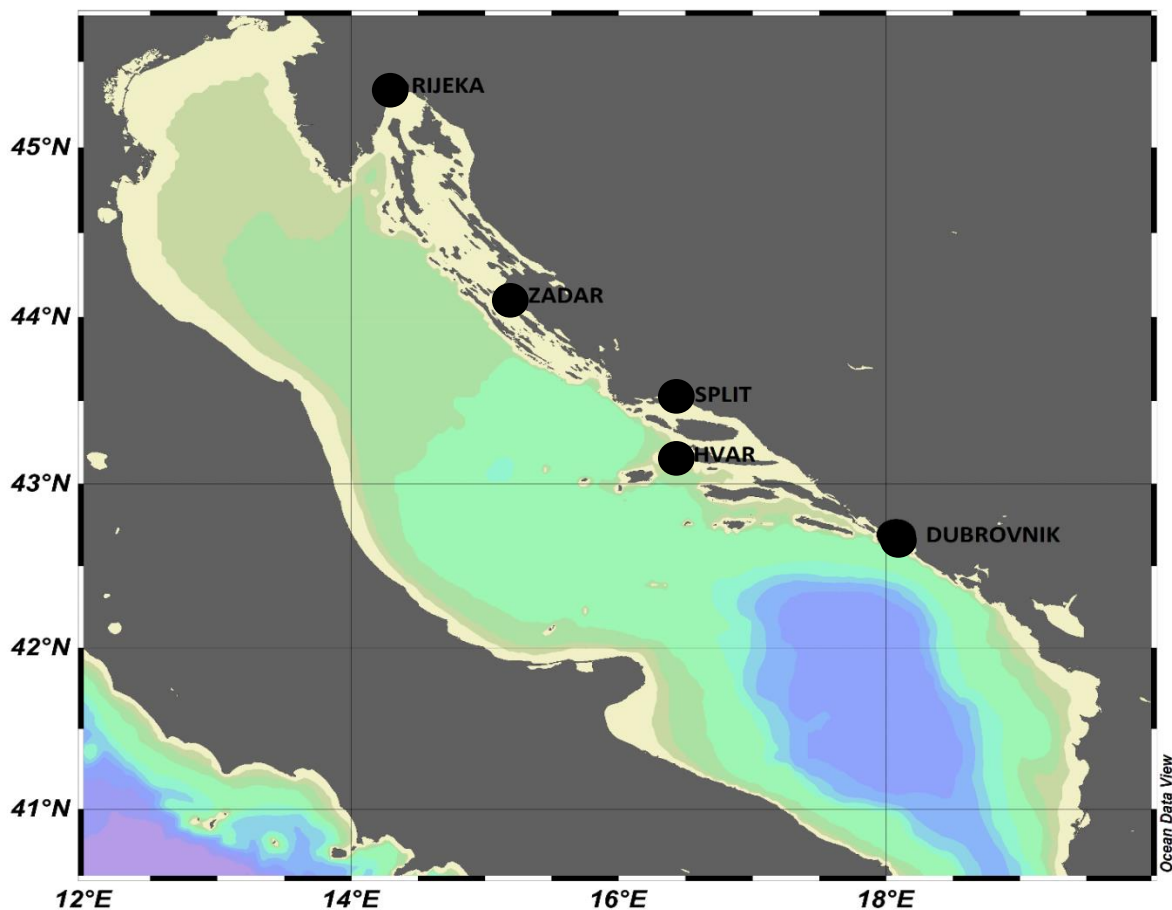
# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD.....  | 1  |
| 1.1. Dosadašnja istraživanja.....                                   | 4  |
| 1.2. Svrha i ciljevi rada .....                                     | 5  |
| 2. PODATCI I METODE.....  | 7  |
| 2.1. Podatci.....   | 7  |
| Meteorološki podatci .....  | 7  |
| Podatci meteoroloških hemisferskih indeksa .....                    | 8  |
| 2.2. Metode.....  | 8  |
| 3. REZULTATI I RASPRAVA.....  | 11 |
| 3.1. Temperatura i oborina .....                                    | 11 |
| 3.2. Daljinski meteorološki indeksi.....                            | 20 |
| 3.3. Veza između meteoroloških varijabli i daljinskih indeksa ..... | 27 |
| 4. ZAKLJUČCI .....  | 32 |
| 5. LITERATURA .....   | 33 |

## 1. UVOD

Kad kažemo Jadran onda to nisu samo plovidbeni putovi, pomorstvo, ribarstvo, to je mnogo više, to znači ljepotu, ali znači i opasnost, oluje, nevere i brodolome. Zbog toga je nužno poznavati sve tajne mora i primijeniti najbolja znanja i zaštitu, u prvom redu poznavanjem niza informacija o moru i meteorologiji, te oceanografiji. Sva ta ogromna znanja trebalo je kroz povijest iskusiti, prikupiti, obraditi, interpretirati i prikazati u knjigama i zapisima kroz tisućljeća u memoriji naroda i svijeta. Jadransko more je zaljev Sredozemnog mora koji se duboko uvukao u kopno i najviše približio srednjoj Europi. Leži između Balkanskog i Apeninskog poluotoka, okruženo je gorskim lancima Apenina, Alpi, Dinarida i Helenida. Nalazi u subtropskoj zoni južne polovice sjeverne hemisfere. Jadransko more, kao najsjevernije more Mediterana, je usko, poluzatvoreno more, najveće dužine 800 kilometara, dok mu je najveća širina oko 200 kilometara. Površina Jadrana iznosi 138.595 km<sup>2</sup>. Sa Sredozemnim morem povezano je uskim, širine oko 80 kilometara, i relativno plitkim, dubine 800 m, Otrantskim vratima. Otrantski prag odvaja dva duboka bazena, južnojadransku kotlinu (dubine veće od 1200 m) od Jonskog mora (dubine veće od 5200 m). Južno Jadranska kotlina zbog svog volumena i dubine dominantna je struktura Jadranskog mora. Pored južnojadranske kotline Jadransko more karakteriziraju još dvije geomorfološke tvorevine Jabučka kotlina i Palagruški prag. Sjeverno od spojnice poluotok Gargano - otok Lastovo, odnosno Palagruškog praga, dubine su manje od 130 metara s izuzetkom Jabučke udoline 243 metara (Slika 1). Od spojnice otoci Kornati - San Benedetto del Tronto dubine su manje od 100 metara, a od spojnice Pula Rimini prema sjeveru dno je najpliće, dubina je manja od 50 metara (Cushman-Roisin i sur., 2001, Penzar i sur., 2001, Sikora i sur. 2014).

Prema geomorfološkim karakteristikama Jadrana i okolnog područja, Jadransko more se može podijeliti u tri područja sjeverni, srednji i južni Jadran. Spomenuta tri područja nisu homogena obzirom na mjesečne anomalije i godišnje hodove temperature zraka (Pandžić 1990), količini i godišnjoj raspodjeli oborine. Jadransko more i područje uz njegovu obalu prema, Köppenovoj klasifikaciji, pripadaju različitim klimatskim područjima. Sjeverni Jadran spada u umjereno toplu kišnu klimu suhog i vrućeg ljeta dok se morski pojas srednjeg i južnog Jadrana klasificira sa umjereno toplu klimu suhog i vrućeg ljeta. Osim u temperaturi i oborini, podjela Jadrana vidi se u prostornoj raspodjeli vjetra nad morem. Na sjevernom Jadranu dominantan vjetar je bura, dok je na južnom jugo i sjeverozapadnjak. (Penzar i sur., 2001).



**Slika 1.** Grafički prikaz batimetrije Jadranskog mora. Crnim krugovima prikazane su lokacije meteoroloških postaja (Schlitzer, 2018.)

Daljinski meteorološki indeksi su obličja, tj. svojstveni vektori, u površinskom ili visinskom polju tlaka dobivena metodom glavnih komponenti (Wallace i Gutzler 1981). Ovisno o tipu vremena koje prevladava na sjevernoj hemisferi, dominantno je jedno obličje. Vodeći svojstveni vektor na sjevernoj hemisferi, odnosno obličje koje opisuje najveću varijabilnost je sjeverno-atlantska oscilacija (NAO) koja prikazuje vezu u površinskom polju tlaka između Azorskog maksimuma i Islandskog minimuma jer se NAO indeks može definirati i pomoću izmjerenih vrijednosti tlaka zraka u Reykjaviku i Lisabonu. Spomenuti dipol objašnjava 31% varijabilnosti tlaka zraka na sjevernoj hemisferi te kontrolira zapadno zonalno strujanje nad Atlantikom, a posredno temperaturu i vlagu zraka, odnosno klimu Europe (Hurel, 1995 ).

NAO obličje, kao uostalom svako daljinsko meteorološko obličje, može imati svoje dvije faze, tj. njegov indeks može biti pozitivan (NAO+) i negativan (NAO-). Za vrijeme



pozitivnog NAO indeksa zapadni zonalni vjetrovi se pojačavaju, što za posljedicu ima hladnija ljeta te blage i vlažne zime u središnjoj Europi. Nasuprot tome tijekom negativne faze NAO indeksa, zapadno zonalno strujanje je smanjeno, sjever Europe ima duge i hladne ali suhe zime, dok se ciklone iz sjevernog Atlantika češće premještaju preko toplijeg Sredozemlja. To donosi obilje vlage južnoj Europi i sjeveru Afrike. NAO svojim daljinskim vezama utječe na klimu Sredozemlja, te je njegov utjecaj značajan u zimskim mjesecima kada utječe na oborinu i temperature zraka (Krichak i Alpert, 2005a, Matić, 2011).

Istočno-atlantska struktura (EA) je drugi mod (drugi po važnosti svojstveni vektor) niskofrekventne varijabilnosti tlaka zraka u Sjevernom Atlantiku, te se pojavljuje kao vodeći mod u svim mjesecima. Jednako kao i u slučaju NAO, utjecaj EA na klimu Europskog kontinenta je u većoj ili manjoj mjeri vidljiv tijekom cijele godine. Utjecaj je osobito vidljiv u vezi između tlaka i površinske temperature zraka tako pozitivna faza EA oblička uzrokuje iznad prosječno toplo vrijeme nad Sredozemljem i u Europi. Pozitivna faza EA strukture povezana je s povećanom oborinom nad sjevernom Europom i Skandinavijom te smanjenom oborinom nad južnom Europom (Comas-Bru, McDermott, 2014)

NAO i EA strukture su položene meridionalno, dok naruprot njima, istočnoatlantska-zapadnoruska struktura (EA-WR) ima središta koja su položena zonalno, a nalaze se iznad središnje Europe i Rusije. EA-WR je, nakon NAO i EA, po svojoj značajnosti, treći mod varijabilnosti u polju tlaka zraka na sjevernoj hemisferi. Utjecaj ove strukture uvelike je vidljiv u polju oborine nad Sredozemljem, s negativnom korelacijom na sjeveru, i pozitivnom korelacijom nad Levantinskim bazenom. Pozitivna anomalija površinskog tlaka zraka iznad središnje Europe, uzrokovana negativnom fazom EA-WR strukture, smanjuje vertikalnu nestabilnost atmosfere te posljedično količinu oborine iznad središnje Europe. Anomalija uzrokuje pomicanje putanja ciklona iz zapadne Europe prema Mediteranu, što u kombinaciji s lokalnom ciklogenezom može uzrokovati natprosječnu količinu oborina nad Sredozemljem (Krichak i Alpert, 2005b; Matić, 2011).

Skandinavska struktura (SCA) se sastoji od jednog glavnog cirkulacijskog središta iznad Skandinavskog poluotoka. SCA oscilacija odgovara Euroazijskoj strukturi (Wallace i Gutzler 1981) koji svoj utjecaj na klimu Europe ima tokom cijele godine osim u mjesecima lipnju i srpnju. Pozitivna faza SCA blokira prolazak ciklona preko Skandinavskog poluotoka i zapadne Rusije te uzrokuje temperature niže od prosjeka iznad zapadne Europe i središnje Rusije.

Osim ove četiri glavne oscilacije koje utječu na klimu Jadrana, valjalo bi spomenuti i Arktičku oscilaciju, kao i El Niño, koje su i globalno veoma važne. Arktička oscilacija (AO) pokazuje stanje atmosfere nad Sjevernim polom (Thompson i Wallace, 1998). Kada je Arktička oscilacija pozitivna (AO+) onda znači da je nad Sjevernim polom ciklonalni vrtlog tj. polarni vrtlog zbog kojeg Arktik dobiva snijeg i niske temperature zraka, tj. akumulira se hladnoća ali i zadržava samo nad Sjevernim polom. Jaki zapadni vjetrovi u subpolarnim područjima sprječavaju da se hladni zrak sa Sjevernog pola spušta u umjerene geografske širine. AO je po svojoj definiciji vrlo slična NAO strukturi, a osnovna razlika među njima je činjenica da je NAO po svojoj definiciji lokalna, sjeverno-atlantska struktura, za razliku od AO koja se horizontalno proteže uz Tih ocean. Kada je Arktička oscilacija negativna (AO-) znači da slabi polarni vrtlog, a zbog stvaranja anticiklonalnih blokova (Atlantik) anticiklone probiju polarni vrtlog. Zrak s njihove zapadne strane ulazi u polarni krug, kupi hladnoću i po istočnoj strani bloka spušta se u umjerene zemljopisne širine. Takva hladnoća uzrokuje burna događanja na Sredozemlju, stvori se jaka ciklona koja dalje nastavlja povlačiti hladnoću, a sa sobom donosi oborine i snijeg. (Matić, 2011; Comas-Bru i McDermott, 2014.)

El Niño (ENSO, El Niño - Southern Oscillation) je skup pojava koje se odnose na područje u ekvatorijalnom i subtropskom pojasu Tihog oceana a manifestiraju se u promjenama u temperaturi mora kao posljedice promjene u oceanskoj cirkulaciji te promjenama u režimu vjetrova. Promjene u cirkulaciji posebno se manifestiraju u intenzitetu uviranja i poniranja mora u obalnom području južne Amerike. Promjene u oceanskoj cirkulaciji odraze se i na promjene u atmosferi i obrnuto. El Niño donosi vlažno i kišovito vrijeme u relativno suhim područjima Južne Amerike, a u područjima Indonezije suho vrijeme (Cai i sur., 2017). Promjene u oceanskoj/atmosferskoj cirkulaciji nisu samo lokalne, već i daljinskim vezama utječu i na Jadran. (Bice i sur, 2014)

### **1.1. Dosadašnja istraživanja**

Tijekom dvadesetog stoljeća, istraživale su se spektralne karakteristike klimatoloških fenomena koji predstavljaju potencijalne pokretače Hrvatske klime. Kao nastavak istraživanja u ovom radu smo istraživali oborinske i temperaturne zapise s ovih hrvatskih postaja kako bismo vidjeli postoje li značajne korelacije s gore spomenutim potencijalnim pokretačima tj. oscilacijama.

NAO je zastupljen kao vremenska serija mjesečnim, sezonskim ili godišnjim indeksima koji se temelje na podacima određenih postaja ili vodećim vremenskim serijama glavnih komponenti.

U Hrvatskoj, negativne vrijednosti NAO uzrokuju promjene u olujama na njenom južnom dijelu, što rezultira većom količinom oborina zimi, uključujući i pozitivne vrijednosti NAO-a, koje se podudaraju sa olujama u njenom sjevernom dijelu, dok južna područja ostaju relativno suha zimi. Indeks Sjeverno-atlantskih oscilacija (NAO) temelji se na površinskoj razlici tlaka između razine visokog subtropskog (Azori) i niskog subpolarnog tlaka zraka. Pozitivna faza NAO-a reflektira se ispod normalne visine i tlaka zraka preko visokih geografskih širina sjevernog Atlantika i iznad prosječnih visina i tlaka preko središnjeg Atlantika, što obuhvaća istočne dijelove SAD-a i zapadne dijelove Europe. Negativna faza reflektira suprotne vrijednosti visina i tlaka anomalija nad tim područjima. Obje faze NAO povezane su s promjenama intenziteta i same lokacije staze oluje, što rezultira promjenama u temperaturama i količini oborina diljem istočne Sjeverne Amerike preko zapadne i srednje Europe. Snažne pozitivne faze NAO-a obično su povezane s natprosječnim temperaturama u istočnim dijelovima Sjedinjenih Američkih Država i diljem sjeverne Europe te, ispod prosječnih temperaturama na Grenlandu, a često i diljem južne Europe i Bliskog istoka. Pozitivne faze NAO-a su također povezane s prekomjernim oborinama iznad sjeverne Europe i Skandinavije i ispod prosječnih oborinama u južnoj i središnjoj Europi i na Jadranu. Suprotne vrijednosti temperaturnih i oborinskih anomalija obično se uočavaju tijekom jakih negativnih faza NAO-a (Hurrell, 1995).

Pozitivna faza Istočnoatlantske strukture (EA) povezana je s natprosječnim površinskim temperaturama u Europi tijekom svih mjeseci, te ispod prosječnih temperaturama u južnom SAD-u tijekom siječnja i svibnja te u sjeveroistočnom SAD-u u razdoblju od srpnja do listopada. Također je povezana s natprosječnim oborinama u sjevernoj Europi i Skandinaviji, a ispod prosječnih u južnoj Europi i nad Jadranom.

## **1.2.Svrha i ciljevi rada**

U ovom radu analizirani su podatci temperature zraka i oborine s odabranih postaja na Jadranu (podaci su preuzeti iz NOAA (2018)), te podatci meteoroloških daljinskih indeksa preuzeti s NCAR/NCEP (2018). Svrha je bila napraviti temeljnu analizu vremenskih nizova,

te uvidjeti kako globalne klimatske strukture utječu na promjene meteoroloških parametara na Jadranu kao i na postajama.

Cilj ovog diplomskog rada je odgovoriti na važna pitanja, a to je kako EA, SCA EA/WR u kombinaciji sa glavnim NAO utječu na klimu Jadrana. Prikupljeni podatci su temperature i količina oborine za svaki od mjeseci od 1950.-e godine do današnjih dana, kao i sam utjecaj indeksa ovih struktura na postaje navedene u ovom radu, tj. kako indeksi ovih struktura utječu na promjenu klime Jadrana.

U cilju da se bolje shvati smisao ovoga rada, prikazane su mjesečne i godišnje promjene temperature i oborina nad odabranim postajama u obliku raznih grafova. Vršilo se računanje anomalija prosječnih temperaturnih i oborinskih nizova, kao i mjesečne i godišnje promjene hemisferskih indexa.

## 2. PODATCI I METODE

### 2.1. Podatci

Za izradu ove radnje korištena su dva skupa podataka, meteorološki podatci i podatci atmosferskih hemisferskih indeksa.

#### Meteorološki podatci

Meteorološki podatci uključuju srednje mjesečne vrijednosti oborine i temperature izmjerene na postajama Državnog hidrometeorološkog zavoda, i to na postajama u Rijeci, Zadru, Split-Marjan, Hvaru, te Dubrovniku u razdoblju od siječnja 1961. do prosinca 2014. godine (Tablica 1). Odabrane su baš te postaje jer predstavljaju tri različita klimatska područja nad Jadranom, Rijeka karakterizira sjeverni Jadran; Zadar, Hvar i Split srednji Jadran, a Dubrovnik južni Jadran. Združenom analizom podataka mjerenih na ovim postajama i meteoroloških indeksa, odredit ćemo prostorni utjecaj meteoroloških indeksa na klimu Jadrana.

**Tablica 1.** Meteorološke postaje Državnog hidrometeorološkog zavoda, njihova zemljopisna dužina i širina, nadmorska visina, razdoblje mjerenja te razdoblja kad nije bilo mjerenja.

Podatci su preuzeti s web stranice „National Weather Service; Climate Prediction Centre“, <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/teleindex.nh>, kao i s NOAA's National Centers for Environmental Information, Land-Based Datasets and Products (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data/land-based-datasets>).

| Postaja      | Zemljopisna širina | Zemljopisna dužina | Nadmorska visina | Period mjerenja | Razdoblja bez mjerenja |
|--------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------|------------------------|
| Rijeka       | 45° 21' 0" N       | 14° 26' 0" E       | 12 metara        | 1961-2014       | Nema                   |
| Zadar        | 44° 7' 10" N       | 15° 13' 59" E      | 2 metra          | 1961-2014       | Nema                   |
| Split-Marjan | 43° 30' 36" N      | 16° 27' 0" E       | 8 metara         | 1961-2014       | Nema                   |
| Hvar         | 43° 10' 23" N      | 16° 26' 28" E      | 128 metara       | 1961-2014       | Nema                   |
| Dubrovnik    | 42° 39' 2" N       | 18° 5' 40" E       | 34 metara        | 1961-2014       | 1978. i 1979.          |

Vremenski nizovi nisu neprekinuti, odnosno postoje razdoblja kad se mjerenja nisu obavljala. Za postaju Dubrovnik, podatci nisu dostupni između 1978. i 1979. godine za sve mjesece osim siječnja i rujna. Na postaji Dubrovnik vremenski nizovi za siječanj i rujna su potpuni. U ovom radu vremenski nizovi nisu se nadopunjavali.

Podatci meteoroloških hemisferskih indeksa

Podaci atmosferskih hemisferskih indeksa su preuzeti s web stranice „National Weather Service; Climate Prediction Centre“, te se ti podaci mogu naći na poveznici: <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/teleindex.nh>. Na sjevernoj hemisferi definirano je 10 karakterističnih indeksa, a u ovom radu korištena su četiri indeksa koja imaju najveći utjecaj na Sredozemlje i Jadran (Bice i sur., 2012). U ovom radu korišteni su NAO – Sjeverno-atlantska oscilacija, EA – Istočnoatlantska struktura, EA-WR – Istočnoatlantska – zapadnoruska struktura, te SCA – Skandinavska struktura.

## 2.2. Metode

U ovom radu korištene su metode izračunavanja srednjih vrijednosti, standardne devijacije, normalizacije, anomalija, kliznih srednjaka, te korelacije (Pavić, 1971).

Računanje se vršilo u programu Excel. Uz pomoć funkcije „Average“ odredila se srednja vrijednost, zbrajanjem vrijednosti članova grupe i dijeljenjem zbroja s brojem članova grupe. Formula za izračun **srednje vrijednosti** glasi:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} \quad (1)$$

Pri čemu su  $x_1 \dots x_N$  članovi niza, a  $N$  je broj članova niza.

Uz pomoć funkcije „Stdev“ računala se **standardna devijacija**, broj koji označava srednje kvadratno odstupanje numeričkih vrijednosti neke veličine  $x_1, x_2, \dots, x_N$  od njihove aritmetičke sredine. Standardna devijacija je statistički pojam koji označava mjeru

raspršenosti podataka u skupu. Ako je standardna devijacija mala, aritmetička sredina dobro predstavlja rezultate, odnosno mali je rasap podataka oko srednje vrijednosti. Formula koja se koristi za izračun standardne devijacije glasi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Pri čemu je  $N$  broj podataka,  $x_i$  pojedini podatak u nizu, a  $\bar{x}$  je srednja vrijednost promatranog niza.

**Anomalija**  $Y_i$  je odstupanje veličine ( $x_i$ ) od srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) podijeljene s standardnom devijacijom ( $\sigma$ ):

$$Y_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}, \quad i = 1..N \quad (3)$$

Ovako definiran vremenski niz  $Y_i, i = 1..N$  amonalija ima svojstvo da mu je srednja vrijednost nula, a standardna devijacija 1. Zbog toga je normalizacija korisna za analizu vremenskih nizova različitih tipova varijabli. Zbog činjenica da je poznat srednjak i varijanca vremenskog niza, moguće je definirati ekstremne vrijednosti, tako se u meteorologiji vrijednosti anomalije veće od  $\pm 3$  standardne devijacije, smatraju ekstremnima.

**Korelacija** predstavlja statističku vezu između dvije slučajne varijable odnosno dva vremenska niza. Ako promjena vrijednosti jednog vremenskog niza „utječe“ na promjenu vrijednosti drugog niza, kaže se da su ta dva niza međusobno zavisna. Međusoban odnos između dvije varijable/niza, grafički možemo prikazati tako da jednu varijablu predstavimo na x osi a drugu na y osi. Na dobivenom dijagramu raspršenja vidi se karakter veze između nizova, što su točke bliže pravcu, korelacija je veća. Što su točke bliže kružnici korelacija je manja. Ovisno o međusobnom odnosu dvaju varijabli, korelacija može biti linearna ili nelinearna. Kod linearne korelacije, točke su grupirane oko pravca. Kod nelinearne korelacije, točke su grupirane oko neke druge krivulje. Najčešće korištena mjera veze između dva niza je Pearsonov koeficijent korelacije. Vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije kreće se od +1, što označava savršenu pozitivnu korelaciju, do -1 što predstavlja savršenu negativnu korelaciju. Predznak koeficijenta nas upućuje na smjer korelacije, da li je pozitivna

ili negativna, dok nas na snagu korelacije upućuje apsolutna vrijednost koeficijenta. Pearsonov koeficijent korelacije između dva vremenska niza ( $x_i$  i  $y_i$ ,  $i = 1..N$ ) s njihovim očekivanim vrijednostima  $\mu_x$  i  $\mu_y$  kao i standardnim devijacijama  $\sigma_x$  i  $\sigma_y$  izračunava se kao:

$$\text{corr}(X, Y) = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \quad (4)$$

pri čemu je *corr* koeficijent korelacije.

**Klizni srednjak** je metoda vremenskog niza koja uklanja njegovu visoko-periodičku varijabilnost, odnosno klizni srednjak je vrsta nisko-propusnog filtera. Zbog toga se klizni srednjak koristi za eliminaciju kratkoperiodičkih oscilacija te za isticanje dugo periodičkih ciklusa i trendova. Neka je zadan vremenski niz  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i \dots, x_{N-2}, x_{N-1}, x_N$  duljine  $i = 1..N$ , klizni srednjak  $Y_i$  zadanog niza s korakom  $2M$  izračunava se po formuli:

$$Y_i = \frac{1}{2M} \cdot \sum_{j=i-M}^{i+M} x_j, i = M..(N - M) \quad (5)$$

Duljina novonastalog vremenskog niza kraća je za  $2M$  članova, nedostaje prvih i posljednjih  $M$ , jer se za njih ne može primijeniti formula za klizni srednjak.

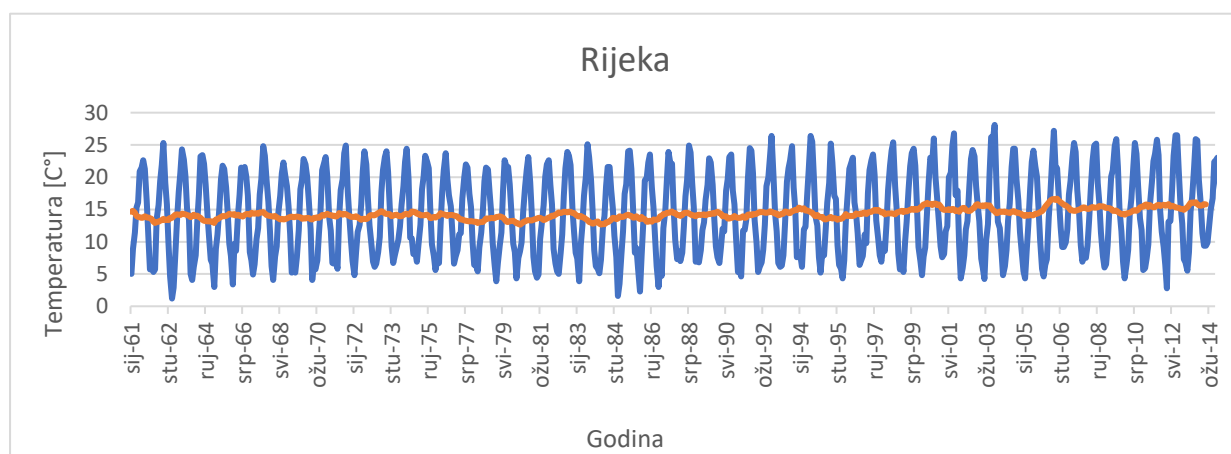


### 3. REZULTATI I RASPRAVA

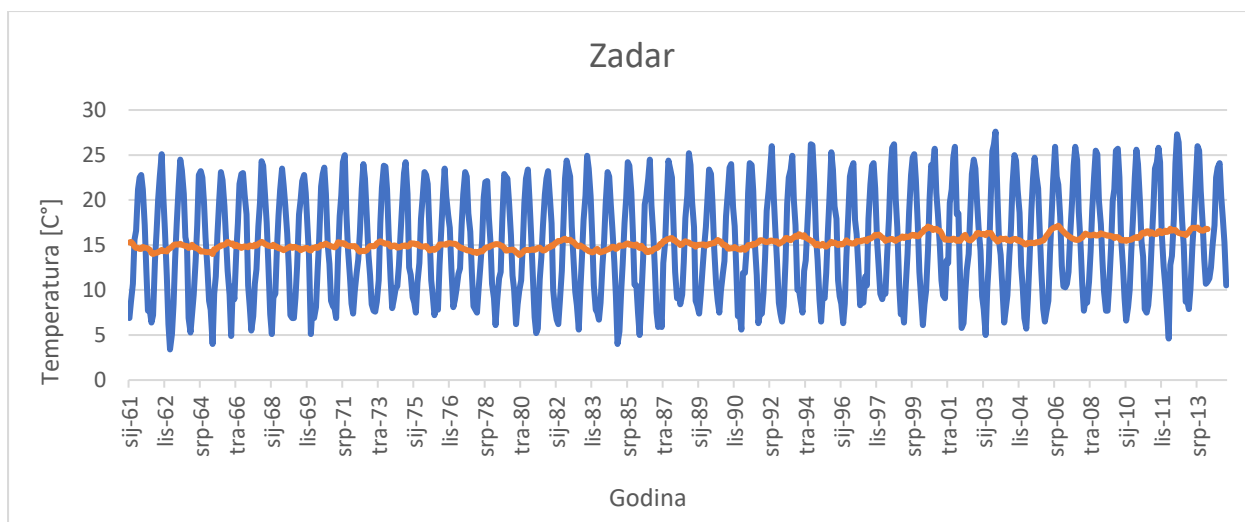
#### 3.1. Temperatura i oborina

Prikaz rezultata započet će se prikazom mjesečnog hoda temperature zraka za postaje redom od Rijeke do Dubrovnika (Slike 2 - 6). Na slikama je prikazan i vremenski hod filtriranih podataka. Kao filtar se koristio klizni srednjak s korakom od 12 mjeseci. Pomoću takvog kliznog srednjaka uklonjen je godišnji hod. Klizni srednjaci su se koristili kako bi se usporedila i provjerila točnost podataka te postojanje ekstremnih podataka u nizu temperature za svaki mjesec u razdoblju od 1961. do 2014. godine. U tablici 2. prikazane su srednje mjesečne vrijednosti i pripadajuće standardne devijacije temperature zraka za meteorološke postaje Dubrovnik, Hvar, Split-Marjan, Rijeka i Zadar za razdoblje od 1961. do 2014. godine.

Prikaz podataka na slikama 2-6 omogućuje nam provjeru ispravnosti podataka, te se vidi da među podacima nema ekstremnih vrijednosti. Dodatne vrijednosti u tablici 2. provjerene su s podacima iz literature i utvrđeno je da su točne (Bice i sur., 2012).

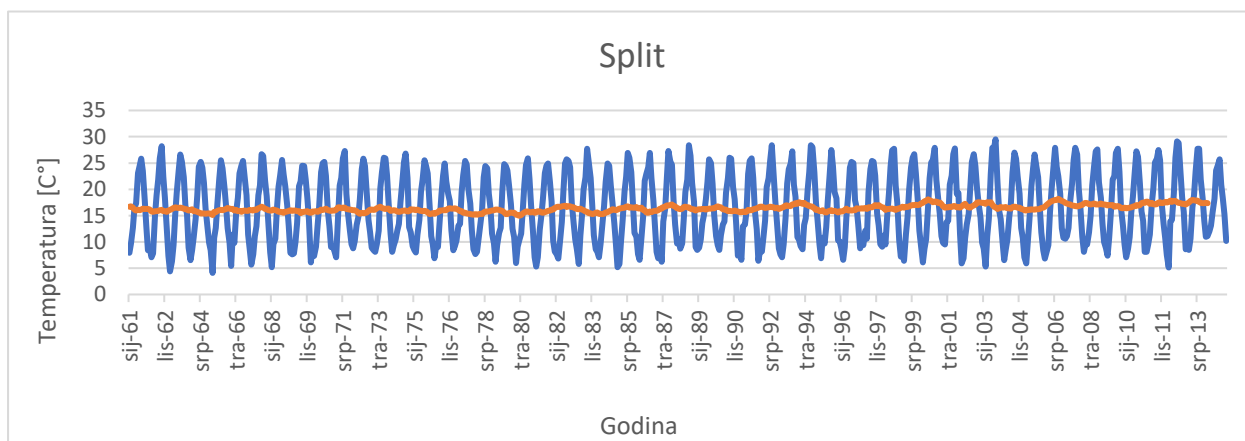


**Slika 2.** Vremenski niz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka (plava linija) te vremenski niz filtriranih (12-mjesečni klizni srednjak) srednjih mjesečnih vrijednost (crvena linija) za meteorološku postaju Rijeka.



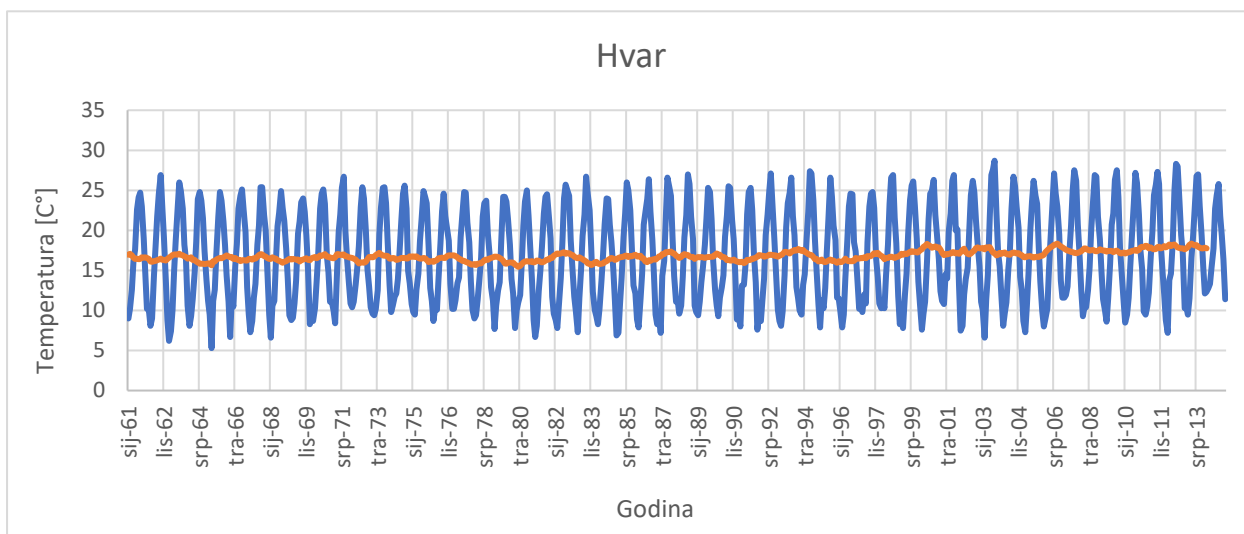
**Slika 3.** Vremenski niz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka (plava linija) te vremenski niz filtriranih (12-mjesečni klizni srednjak) srednjih mjesečnih vrijednost (crvena linija) za meteorološku postaju Zadar.

Očekivano, najniža srednja mjesečna temperatura zraka, na najsjevernijoj postaji Rijeka iznosila je 5.89°C te je za 3.41°C niža od temperature na najjužnijoj postaji Dubrovnik.

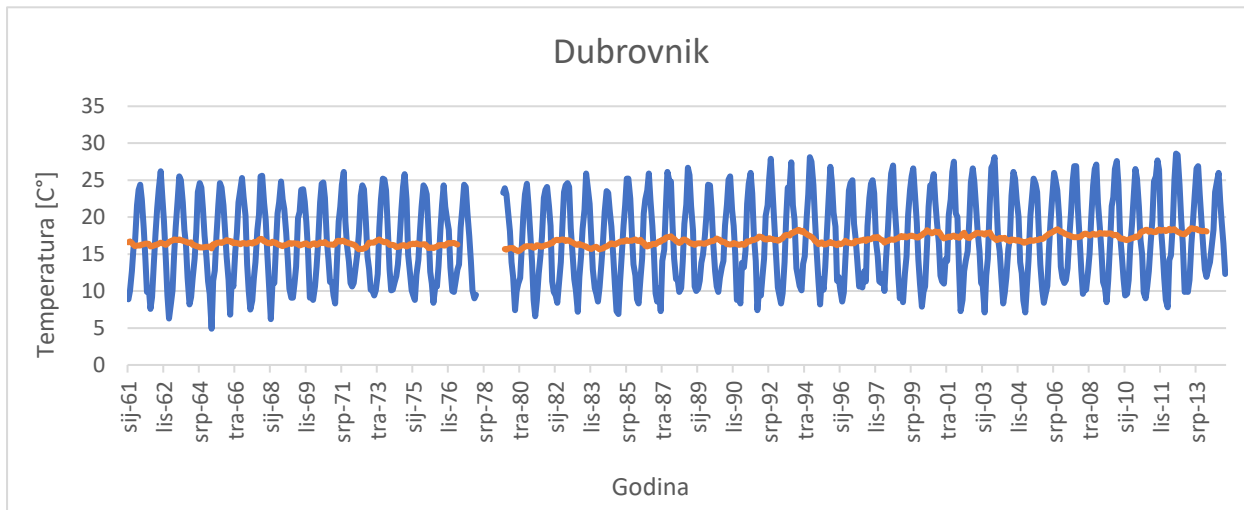


**Slika 4.** Vremenski niz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka (plava linija) te vremenski niz filtriranih (12-mjesečni klizni srednjak) srednjih mjesečnih vrijednost (crvena linija) za meteorološku postaju Split.

Filtrirani niz podataka omogućuje nam analizu trenda. Na svim postajama uočava se porast temperature zraka osobito nakon 1995. godine (Grbec i sur., 2007).



**Slika 5.** Vremenski niz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka (plava linija) te vremenski niz filtriranih (12-mjesečni klizni srednjak) srednjih mjesečnih vrijednost (crvena linija) za meteorološku postaju Hvar.



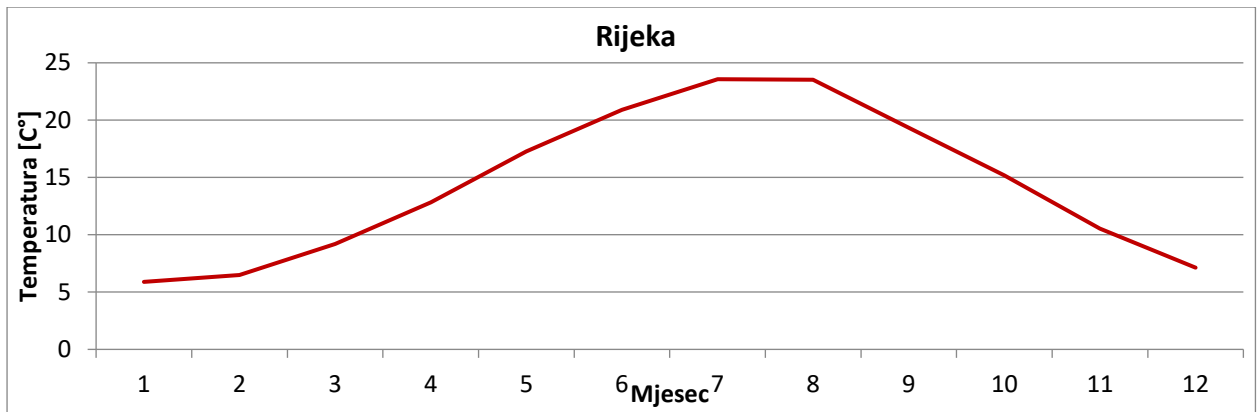
**Slika 6.** Vremenski niz srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka (plava linija) te vremenski niz filtriranih (12-mjesečni klizni srednjak) srednjih mjesečnih vrijednost (crvena linija) za meteorološku postaju Dubrovnik.

Koristeći podatke vremenskog niza izračunate temperature su mjesečni srednjaci za sve meteorološke postaje (Slike 7-12). Najhladniji je siječanj u svih pet gradova, a od svih

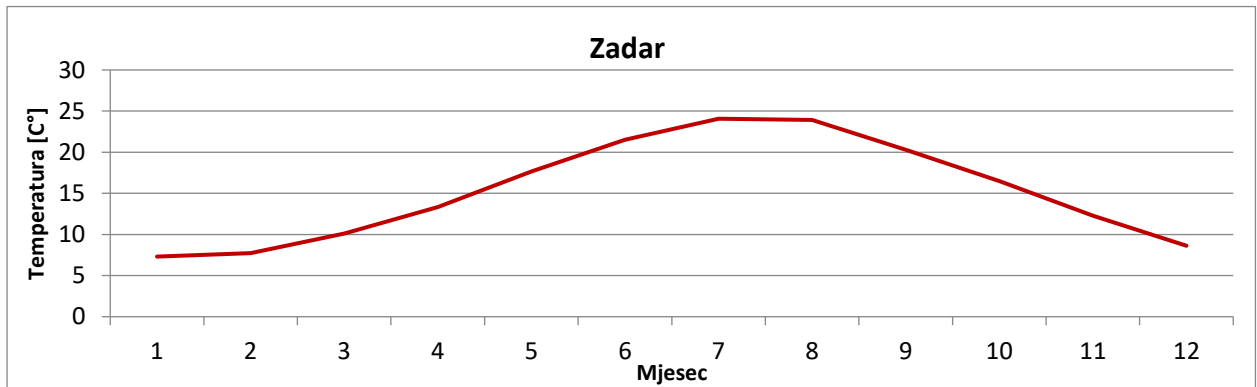
analiziranih postaja, Rijeka je najhladnija sa prosječnom temperaturom u siječnju od 5,89 °C, kao i sa najvećom standardnom devijacijom tj. međugodišnjom promjenjivosti temperature u siječnu od 1,7 °C.

**Tablica 2:** Srednje mjesečne vrijednosti i standardne devijacije temperature zraka za meteorološke postaje Dubrovnik, Hvar, Split-Marjan, Rijeka i Zadar za razdoblje od 1961. do 2014. godine.

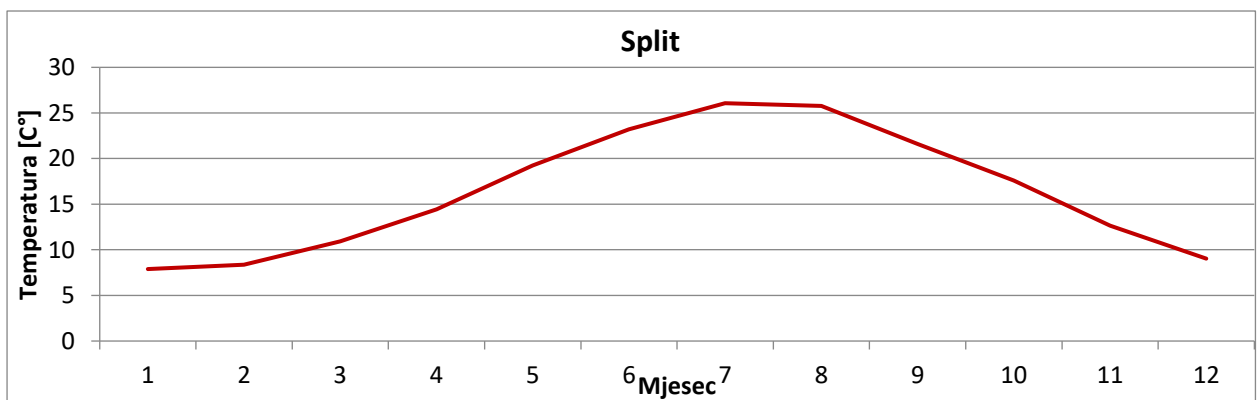
|                      | Dubrovnik<br>[°C] | Hvar<br>[°C] | Split<br>[°C] | Rijeka<br>[°C] | Zadar<br>[°C] |
|----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| Siječanj             | 9,30 ±1,46        | 9,16±1,35    | 7,89±1,49     | 5,89±1,70      | 7,31±1,54     |
| Veljača              | 9,59±1,62         | 9,42±1,59    | 8,38±1,80     | 6,50±1,94      | 7,72±1,71     |
| Ožujak               | 11,56±1,50        | 11,46±1,43   | 10,92±1,69    | 9,20±1,89      | 10,10±1,57    |
| Travanj              | 11,76±1,61        | 14,49±1,16   | 14,43±1,35    | 12,84±1,46     | 13,34±1,14    |
| Svibanj              | 18,73±1,47        | 18,77±1,32   | 19,23±1,58    | 17,26±1,57     | 17,64±1,35    |
| Lipanj               | 22,08±2,10        | 22,65±1,23   | 23,20±1,37    | 20,91±1,50     | 21,49±1,31    |
| Srpanj               | 25,16±1,23        | 25,47±1,19   | 26,07±1,24    | 23,57±1,49     | 24,07±1,23    |
| Kolovoz              | 25,37±1,50        | 25,36±1,35   | 25,78±1,65    | 23,52±1,75     | 23,93±1,40    |
| Rujan                | 22,14±1,45        | 22,39±1,56   | 21,60±1,53    | 19,34±1,59     | 20,32±1,30    |
| Listopad             | 18,30±1,21        | 18,31±1,14   | 17,58±1,58    | 15,18±1,46     | 16,49±1,19    |
| Studeni              | 14,21±1,40        | 13,02±2,29   | 12,65±1,40    | 10,54±1,46     | 12,30±1,48    |
| Prosinac             | 10,64±1,18        | 10,48±1,18   | 9,04±1,26     | 7,14±1,75      | 8,61±1,31     |
| Godišnji<br>prosjeak | 16,57±1,47        | 16,75±1,39   | 16,3975±1,50  | 14,324±1,64    | 15,277±1,38   |



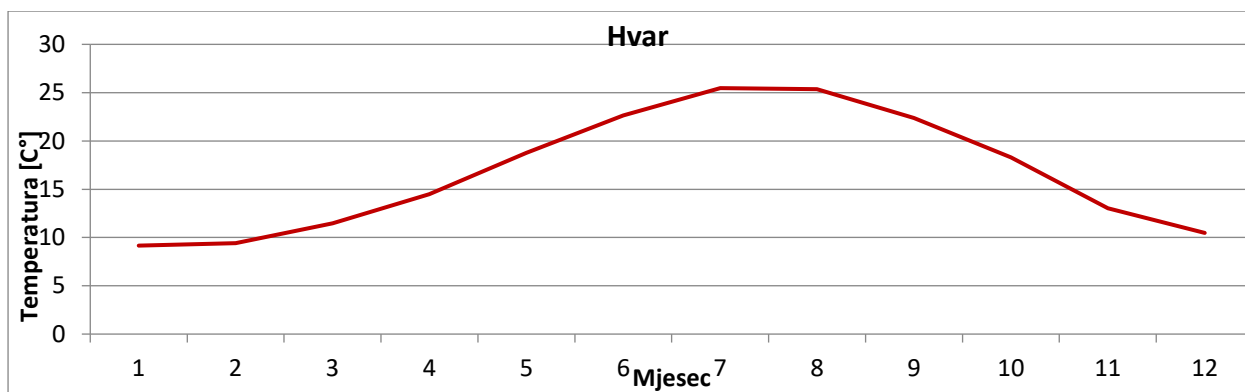
**Slika 7.** Godišnji hod temperature zraka za postaju Rijeka.



**Slika 8.** Godišnji hod temperature zraka za postaju Zadar.

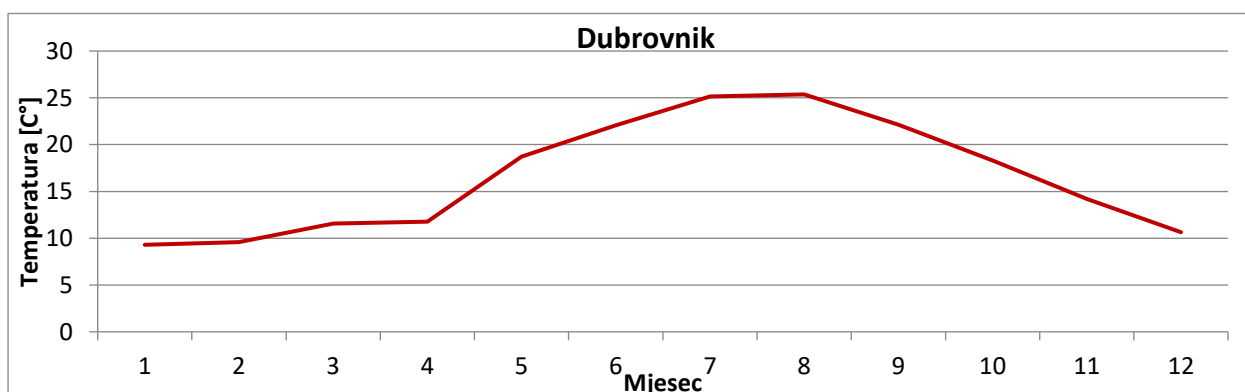


**Slika 9.** Godišnji hod temperature zraka za postaju Split.

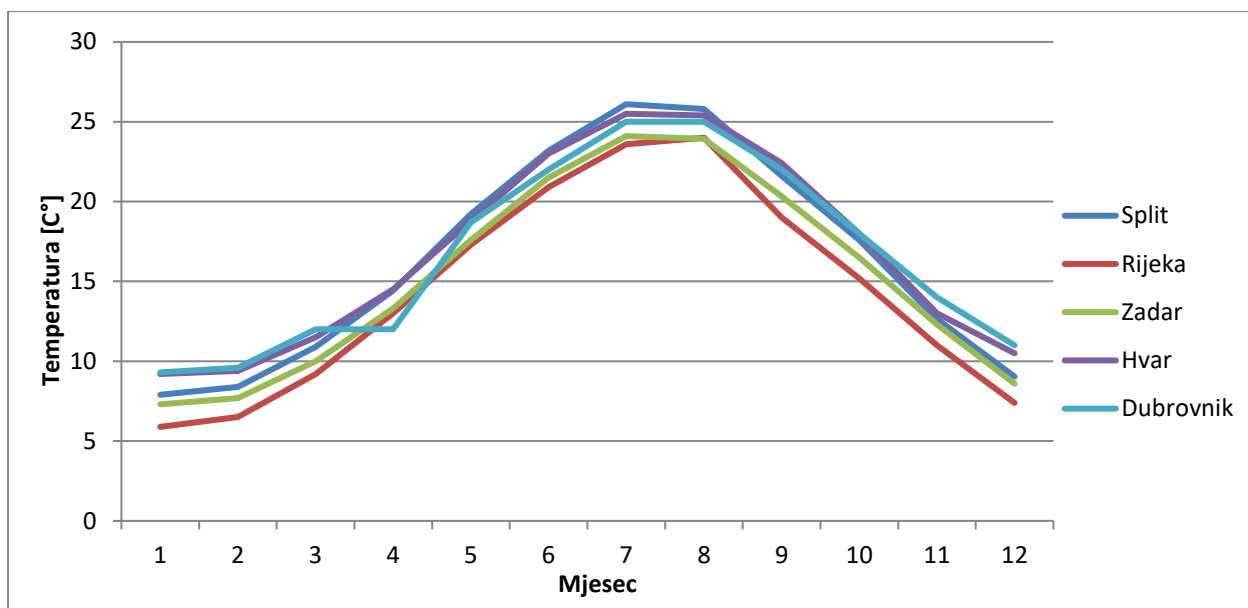


**Slika 10.** Godišnji hod temperature zraka za postaju Hvar.

Srednja godišnja temperatura raste od sjevera prema jugu pa je očekivano srednja godišnja temperatura zraka najveća u Dubrovniku, a najmanja u Rijeci. Ljeti je najtopliji grad Split, sa prosječnom temperaturom od 26,07 °C u sedmom mjesecu srpnju, sa relativno manjom standardnom devijacijom od 1,24 °C. Siječanj je u prosjeku najhladniji, kako na Jadranu, tako i u cijeloj Hrvatskoj, no nerijetko se javljaju najveće hladnoće i u veljači nakon kojih dolazi lagani porast temperature. Razlike u temperaturi zraka između sjevernog i srednjeg Jadrana u prosjeku su više izražene zimi, gdje razlika Rijeke i Splita iznosi 2 °C. Najhladnija je Rijeka zimi, te ljeti pokazuje nešto manje temperature nego ostale postaje smještene u srednjem i južnom Jadranu. U postaji „Dubrovnik“ je 1. srpnja 1994. godine zabilježena minimalna temperatura zraka od 30.8°C. Od početka osnivanja meteoroloških postaja sredinom 19.stoljeća to se nije dogodilo na području Hrvatske. Najbliži dubrovačkom rekordu je rekord postaje Hvar s izmjerenih 29.4°C izmjerenih 13.kolovoza 1955. godine (Vučetić, 2002)

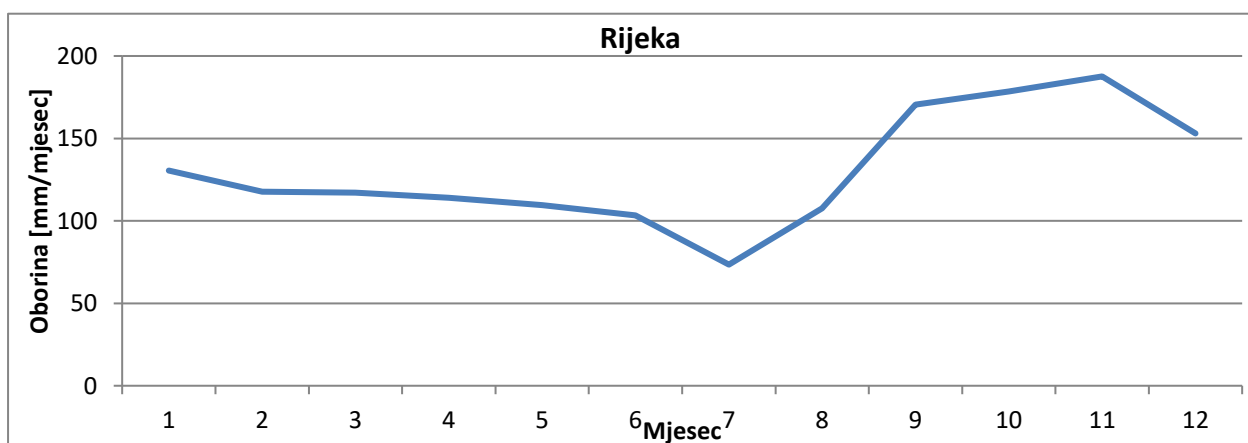


**Slika 11.** Godišnji hod temperature zraka za postaju Dubrovnik

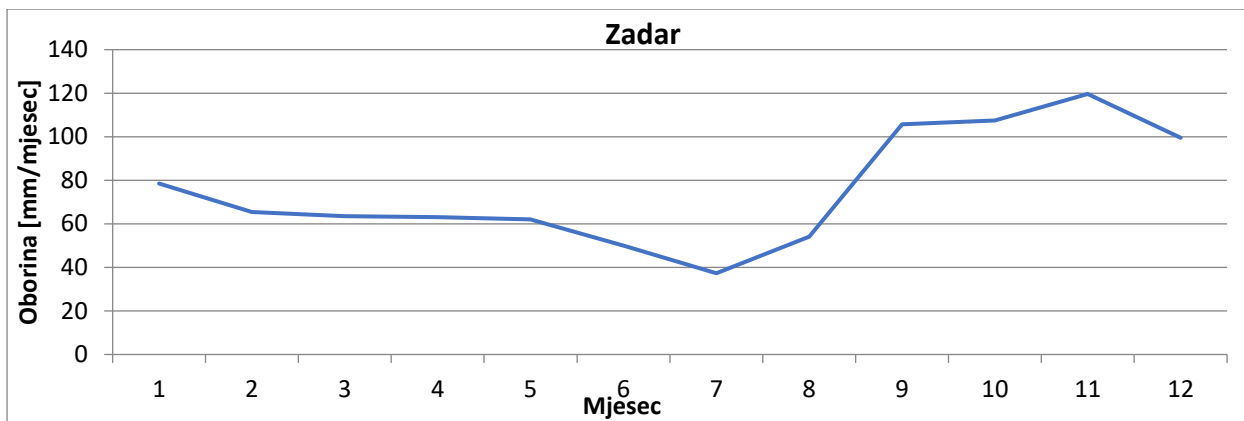


**Slika 12.** Godišnji hod temperature zraka za sve postaje.

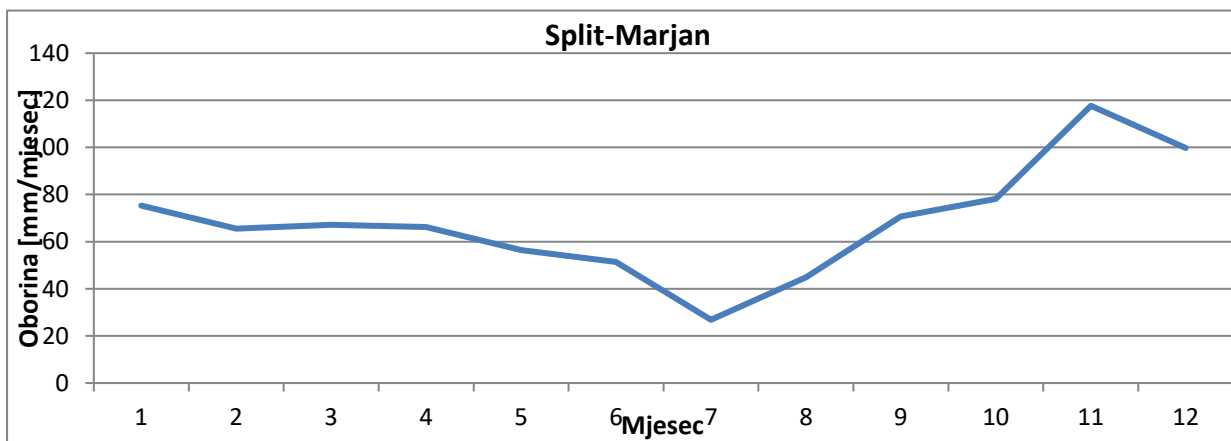
Osim temperature zraka, analizirana je i prostorna razdioba oborina. Iz sljedećih grafova (slika 13-18) primjećujemo da najviše oborina tijekom godina bilježe Rijeka (> 180 mm/mjesec u studenom) i Dubrovnik (> 150 mm/mjesec u studenom), tj. sjeverni i južni Jadran, dok se nad srednjim Jadranom bilježi nešto manje oborina (do 120 mm/mjesec u studenom u Zadru i Splitu, tj. do 100 mm/mjesec u studenom u Hvaru).



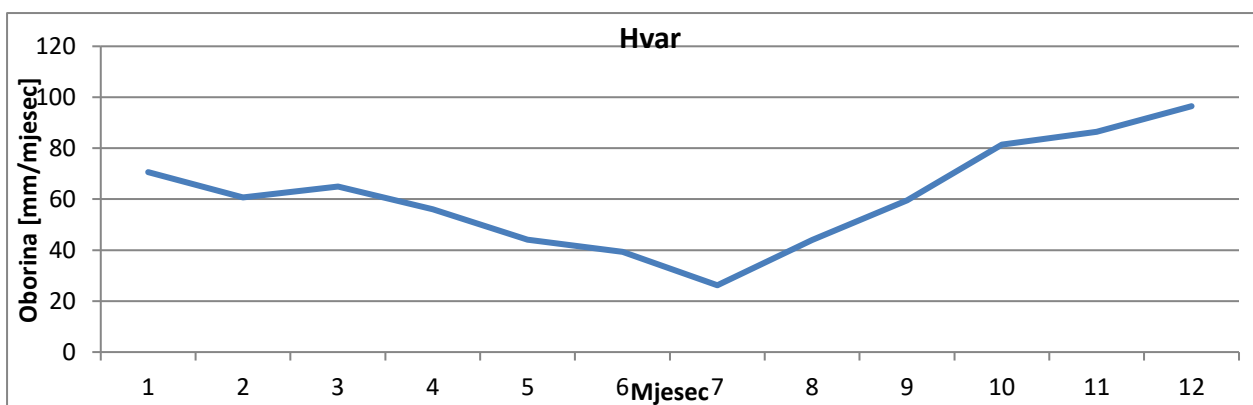
**Slika 13.** Godišnji hod oborine za postaju Rijeka.



**Slika 14.** Godišnji hod oborine za postaju Zadar.

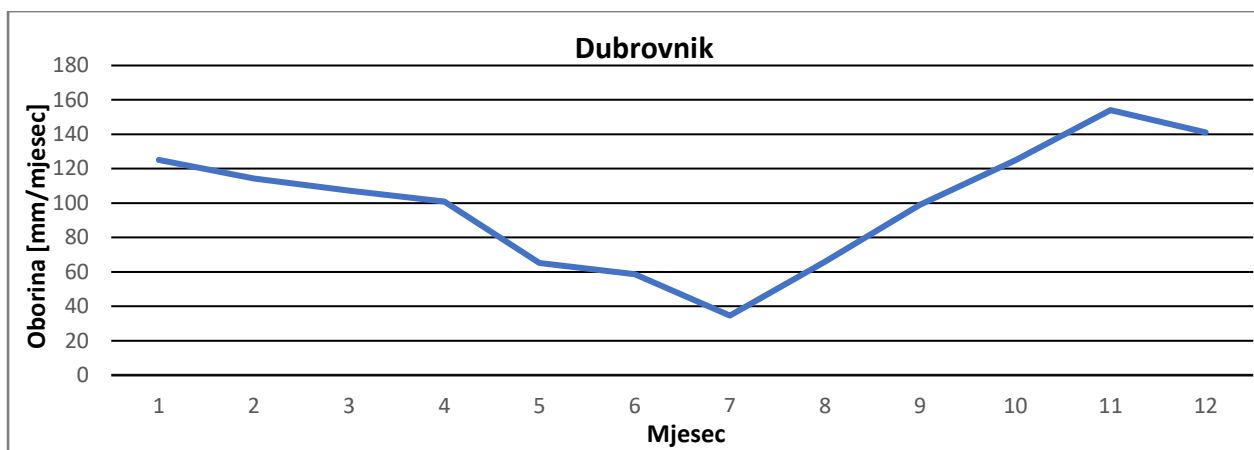


**Slika 15.** Godišnji hod oborine za postaju Split-Marjan.



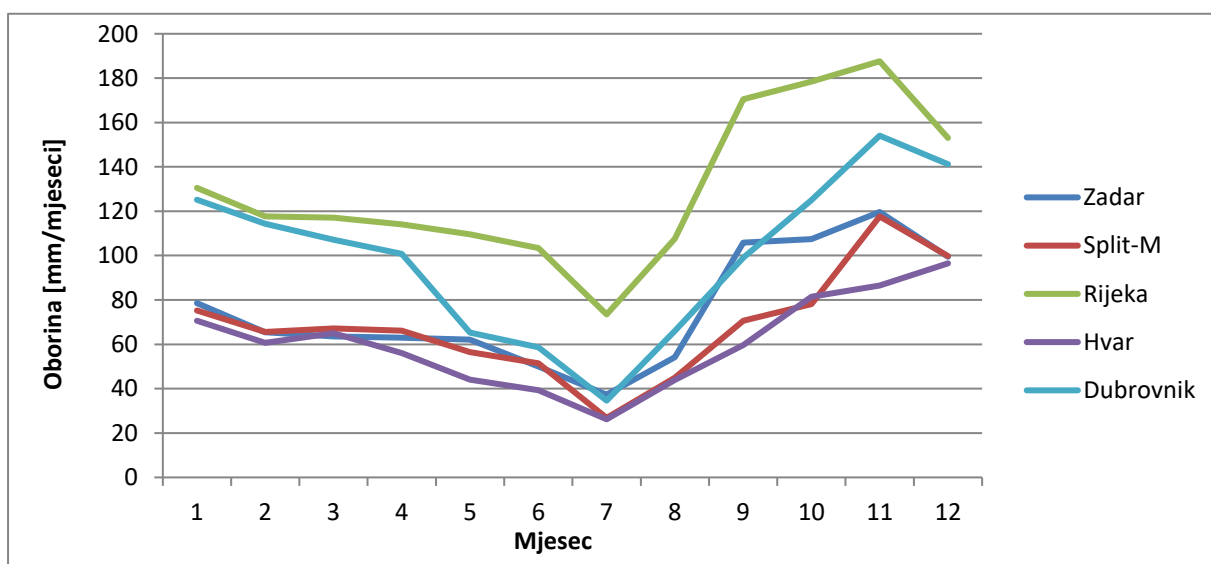
**Slika 16.** Godišnji hod oborine za postaju Hvar.





**Slika 17.** Godišnji hod oborine za postaju Dubrovnik.

Količine oborina izražavaju se u milimetrima (mm) odnosno litrama po četvornom metru ( $l/m^2$ ). Zbog samog položaja naše obale i Jadrana, te brojnih planinskih lanaca godišnje količine oborina su velike na primorskim stranama i vrhovima planina uz obalu zbog učestalog dizanja zraka. Dizanje zraka je intenzivno u području ciklona ili fronti, na kojima se susreću topao i hladan zrak (Penzar i sur., 2001). Najmanje oborina na svim postajama ima u srpnju, što je utjecaj pozitivne NAO oscilacije i visokog tlaka zraka na cijeli Jadran tokom ljeta. Ostale oscilacije tokom ljeta nemaju neki izraženi utjecaj na Jadran.



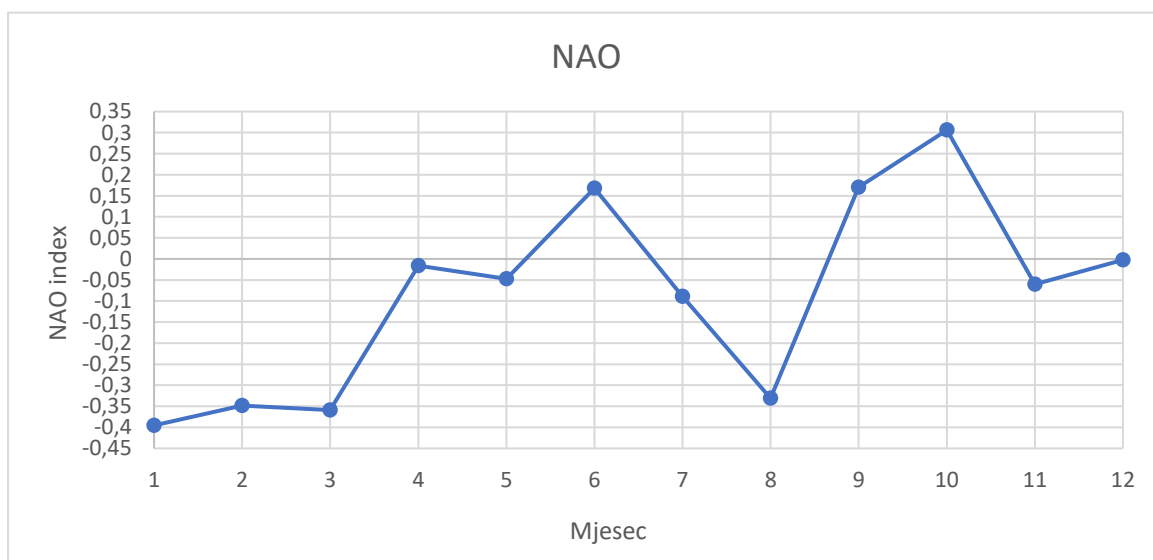
**Slika 18.** Godišnji hod oborina za sve postaje.

Klimu nad Jadranom u zimskim mjesecima određuje anticiklonalna aktivnost, pogotovo sibirski anticiklon. Zimi se, najčešće u siječnju i veljači, dio Sibirski anticiklone

proširi nad Jadranskim morem uzrokujući tako prodore hladnog i suhog polarnog zraka praćene anticiklonalnom burom. Zimi je, pored anticiklonalne aktivnosti, prisutna i ciklonalna aktivnost oko Genovskog zaljeva, koja uzrokuje prelaske ciklona preko Jadranskog mora, donoseći kišu, ali i obilan snijeg (Matić, 2011).

### 3.2. Daljinski meteorološki indeksi

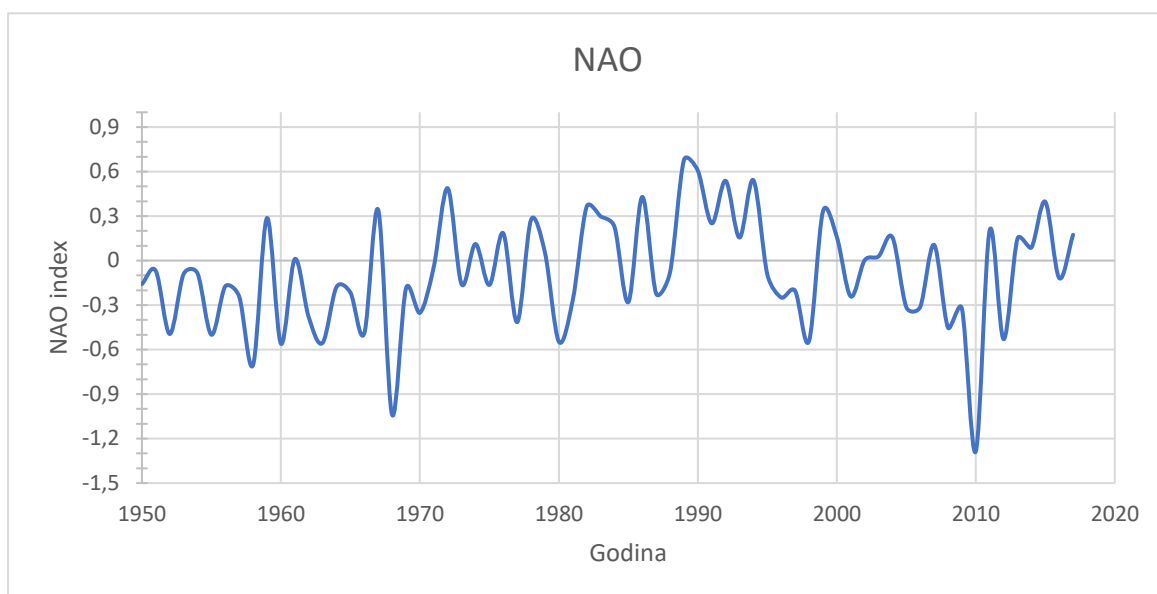
Prikaz meteoroloških indeksa započet će sa sjeverno-atlantskom oscilacijom, najčešće analiziranom daljinskom vezom (slika 19).



**Slika 19.** Sezonski hod NAO indeksa.

NAO indeks ima izražen nepravilan sezonski hod, njegove srednje mjesečne vrijednosti osciliraju između -0,5 i +0,35. NAO indeks ima najveću negativnu vrijednost u siječnju, veljači, ožujku i kolovozu, kada iznosi od -0,4 do -0,35, dok je najveća pozitivna vrijednost u lipnju i listopadu kada iznosi od +0,15 do +0,3. NAO je oko nule u travnju, svibnju, te studenom i prosincu.

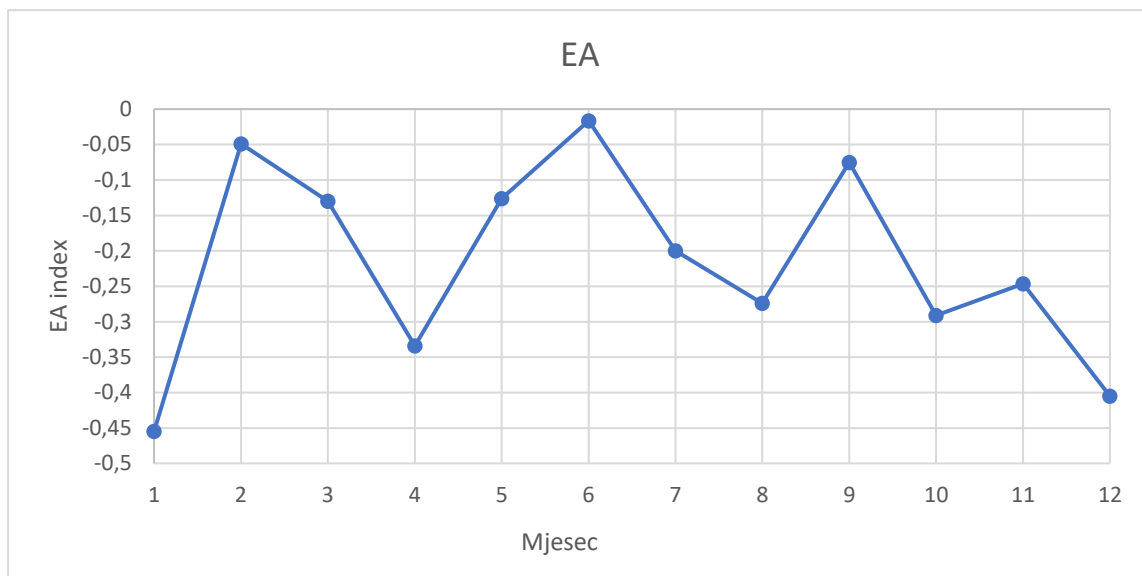
Vremenski niz NAO indeksa ima značajnu međugodišnju promjenjivosti (slika 20).



**Slika 20.** Vremenski niz srednjih godišnjih vrijednosti NAO indeksa.

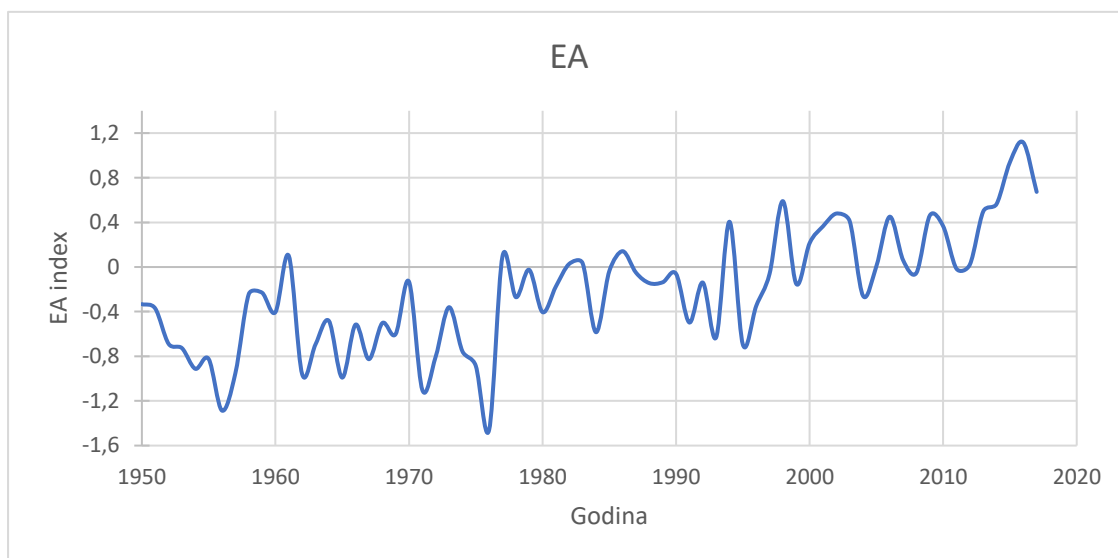
Uočavamo da je do 1970.godine NAO indeks u prosjeku bio dominantno negativan, da bi do kraja 2000.godine počeo poprimati i pozitivne vrijednosti, da bi nakon te godine ponovo postao dominantno negativan. Dvije najveće negativne vrijednosti kroz mjereno razdoblje bile su 1968. godine kada je vrijednost NAO indeksa iznosila -1,0, te 2010. godine s iznosom od -1,3. U godišnjem hodu NAO indeksa uočava se dugo-periodička oscilacija, najveće vrijednosti indeks je imao u razdoblju od 1985.-1995. godine, a najmanje u razdobljima 1950.-1970. te 2005.-2015. godine.

Pregled sezonskog hoda EA indexa kroz sve mjesece tokom godina prikazan je na slici 21. Za razliku od NAO indeksa, srednje mjesečne vrijednosti EA indeksa su uvijek negativne (slika 21). Najmanje vrijednosti EA indeksa zabilježene su u siječnju i prosincu (-0.45 i -0.4), dok su najveće vrijednosti zabilježene u veljači i lipnju ( $>-0.05$ ).



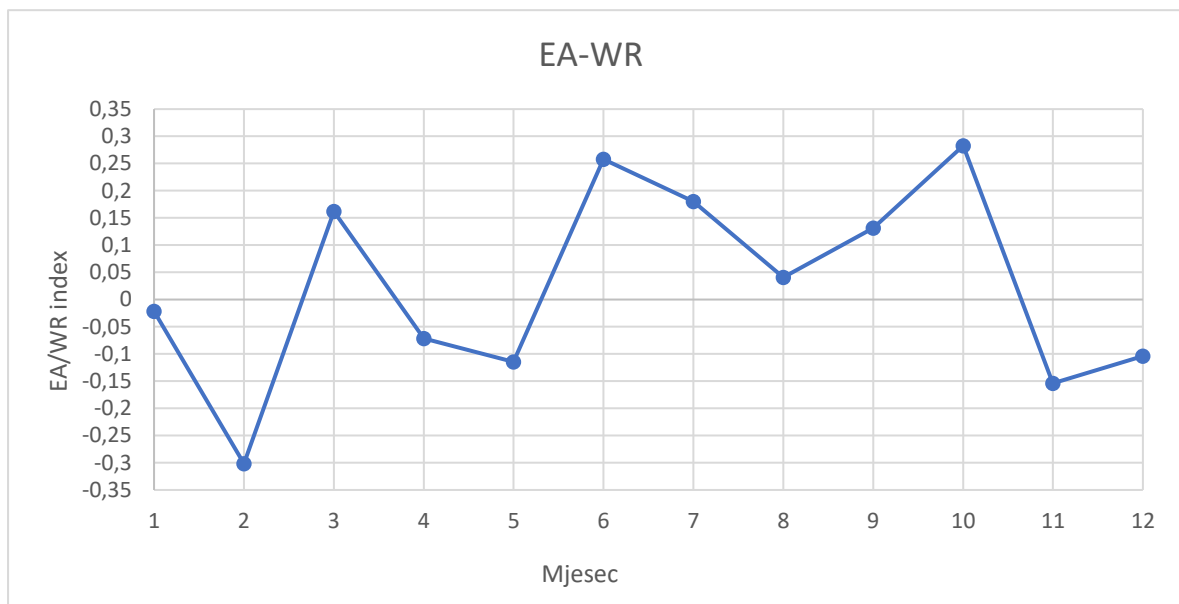
**Slika 21.** Sezonski hod EA indeksa.

Vremenski niz EA indexa pokazuje prijelaz u pozitivne vrijednosti od 1990.-te godine pa na dalje prikazan je na slici 22. Na vremenskom nizu EA indeksa vidi se da je EA do 1990. godine bio negativan uz izraženu međugodišnju promjenjivost. Nakon 1990. godine indeks oscilira oko nule, poprimajući i pozitivne i negativne vrijednosti. Nakon 2010. godine indeks je dominantno pozitivan i to s najvećom pozitivnom vrijednosti od +1,1. Do 1950. godine indeks je dominantno bio negativan, a nakon 1998. godine indeks je postao dominantno pozitivan.



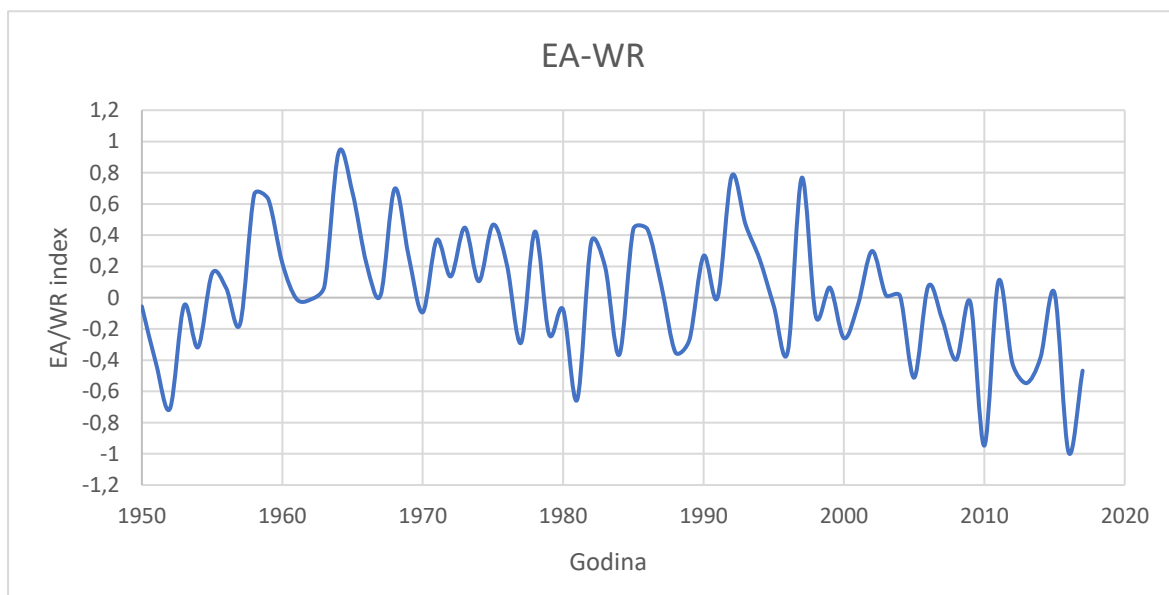
**Slika 22.** Vremenski niz srednjih godišnjih vrijednosti EA indeksa.

Ovisnost EA-WR indeksa o mjesecima prikazana je na slici 23. EA-WR indeks ima najmanju vrijednost u veljači, gdje iznosi od -0,3, dok je najveća vrijednost zabilježena u lipnju i listopadu, gdje iznosi od +0,25 do +0,3. Vrijednosti EA-WR indeksa su oko nule u siječnju, travnju te kolovozu.



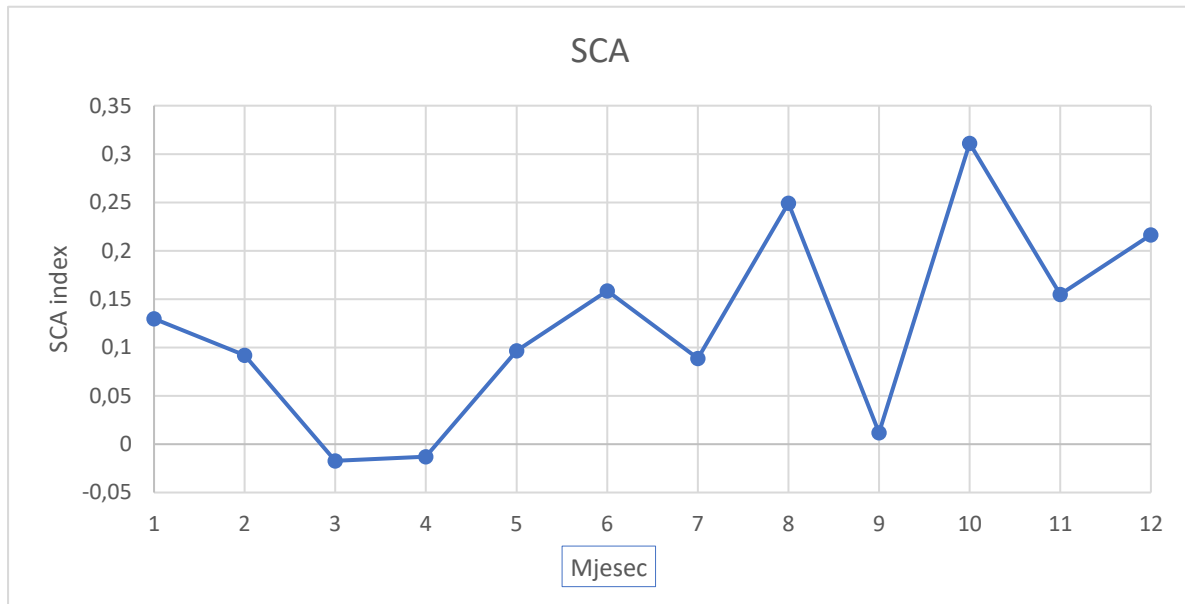
**Slika 23.** Sezonski hod EA-WR indeksa.

Na slici 24 prikazana je međugodišnja promjenjivost EA/WR indeksa. Uočavamo da je 50-ih godina indeks imao negativne vrijednosti od oko -0.7, da bi krajem tog desetljeća počeo poprimati pozitivne vrijednosti, primjerice 1960. godine vrijednost od oko 0,65. Vrijednosti indeksa naglo padaju 1980. godine, slično kao i 2010. i 2016 godine. Pri tome indeks doseže negativne vrijednosti do -1. U godišnjem hodu EA/WR indeksa vide se tri razdoblja, prvo razdoblje (od 1950. do 1970. godine) je razdoblje porasta vrijednosti od -0.7 do 0.9. Nakon 1970 uslijedilo je razdoblje stagnacije, tj razdoblje bez trenda, kad je vrijednost indeksa bila između  $\pm 0.6$ . Nakon 2002. godine uslijedilo je treće razdoblje kad se vrijednost indeksa počela smanjivati, tj. indeks je postao kontinuirano negativan.



**Slika 24.** Vremenski niz srednjih godišnjih vrijednosti EA-WR indeksa.

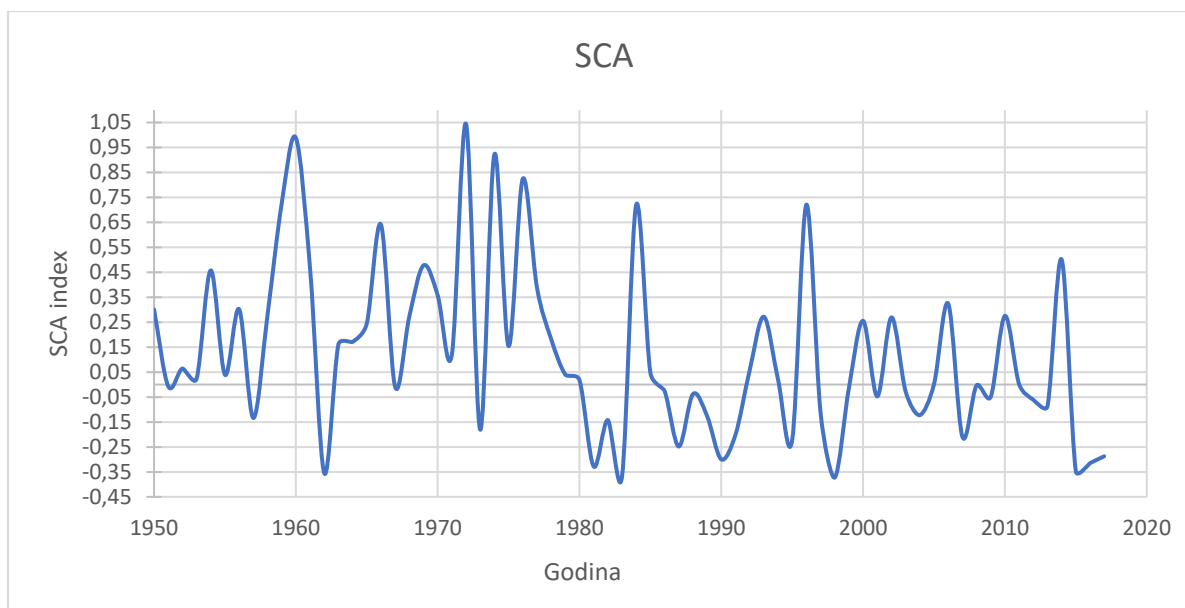
Na slici 25 vidi se promjenjivost SCA indeksa po mjesecima. SCA indeks je većinom pozitivan kroz sve mjesece, osim u ožujku i travnju kad poprima vrijednosti do -0.02.



**Slika 25.** Sezonski hod SCA indeksa.

Na slici 26. je prikazana je međugodišnja promjenjivost SCA indeksa. Indeks je dominantno pozitivan, sa blagim padom prema negativnim vrijednostima (do -0.35) 1962., 1981/83. godine, 1990., 2000., te 2015. godine.





**Slika 26.** Vremenski niz srednjih godišnjih vrijednosti SCA indeksa.

### 3.3. Veza između meteoroloških varijabli i daljinskih indeksa

Veza između meteoroloških varijabli (temperature i oborine) te daljinskih meteoroloških indeksa utvrđena je pomoću koeficijenta korelacije (4). Koeficijent korelacije je određen između anomalija vremenskih nizova jednog meteorološkog parametra i jednog indeksa. Svaki niz imao je 54 elementa, što predstavlja broj pojedinih mjeseci između 1961. i 2014. godine. Prije računanja korelacije, svi nizovi su normalizirani prema (3) u odnosu na pripadajuće mjesečne srednjake i standardne devijacije. Značajnost koeficijenta korelacije na nivou značajnosti od 0.01 je 0.35, što znači da su svi koeficijenti korelacije veći od 0.35 značajni sa sigurnošću od 99%. U tablici 3 takve su korelacije podebljane.

Između temperature zraka i EA indeksa tijekom cijele godine postoji statistički značajna pozitivna korelacija. Pozitivna anomalija EA indeksa uzrokuje pozitivnu anomaliju temperature zraka i obrnuto (tablica 3). EA indeks opisuje promjene na svim postajama tijekom cijele godine osim u Rijeci u ožujku, travnju, lipnju i srpnju i Dubrovniku u listopadu. Vrijednost koeficijenta korelacije raste od sjevera prema jugu. Promjene

temperature zraka u Dubrovniku su bolje opisane EA indeksom nego u Rijeci. Nasuprot temperaturi, ne postoji značajna korelacija između oborine i EA indeksa, osim za meteorološku postaju u Dubrovniku u svibnju, kolovozu i studenom.

**Tablica 3:** Koeficijenti korelacije između anomalija temperature zraka/oborine i EA indeksa. Podebljani i podcrtani koeficijenti su statistički značajni ( $p < 0.01$ ).

|          | Rijeka                   | Zadar              | Split              | Hvar               | Dubrovnik          | Rijeka             | Zadar | Split | Hvar  | Dubrovnik           |
|----------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|---------------------|
|          | <b>Temperatura zraka</b> |                    |                    |                    |                    | <b>Oborina</b>     |       |       |       |                     |
| Siječanj | <u><b>0.48</b></u>       | <u><b>0.53</b></u> | <u><b>0.56</b></u> | <u><b>0.58</b></u> | <u><b>0.65</b></u> | 0.01               | 0.02  | 0.8   | -0.07 | -0.02               |
| Veljača  | <u><b>0.63</b></u>       | <u><b>0.70</b></u> | <u><b>0.73</b></u> | <u><b>0.73</b></u> | <u><b>0.74</b></u> | 0.35               | 0.11  | 0.01  | -0.03 | -0.04               |
| Ožujak   | <u><b>0.36</b></u>       | <u><b>0.38</b></u> | <u><b>0.40</b></u> | <u><b>0.40</b></u> | <u><b>0.38</b></u> | -0.18              | -0.12 | -0.04 | -0.06 | -0.12               |
| Travanj  | 0.27                     | <u><b>0.51</b></u> | <u><b>0.49</b></u> | <u><b>0.50</b></u> | <u><b>0.45</b></u> | <u><b>0.37</b></u> | -0.05 | -0.21 | -0.36 | -0.11               |
| Svibanj  | <u><b>0.59</b></u>       | <u><b>0.61</b></u> | <u><b>0.62</b></u> | <u><b>0.62</b></u> | <u><b>0.63</b></u> | -0.05              | -0.29 | -0.29 | -0.32 | <u><b>-0.40</b></u> |
| Lipanj   | 0.34                     | <u><b>0.38</b></u> | <u><b>0.39</b></u> | <u><b>0.39</b></u> | <u><b>0.45</b></u> | -0.05              | -0.13 | -0.10 | -0.16 | -0.10               |
| Srpanj   | 0.34                     | <u><b>0.38</b></u> | <u><b>0.39</b></u> | 0.34               | <u><b>0.39</b></u> | -0.31              | -0.23 | -0.20 | -0.19 | -0.14               |
| Kolovoz  | <u><b>0.66</b></u>       | <u><b>0.64</b></u> | <u><b>0.66</b></u> | <u><b>0.66</b></u> | <u><b>0.71</b></u> | -0.28              | -0.28 | -0.29 | -0.28 | <u><b>-0.44</b></u> |
| Rujan    | <u><b>0.68</b></u>       | <u><b>0.68</b></u> | <u><b>0.63</b></u> | <u><b>0.63</b></u> | <u><b>0.62</b></u> | -0.24              | -0.36 | -0.23 | -0.23 | -0.35               |
| Listopad | <u><b>0.59</b></u>       | <u><b>0.54</b></u> | <u><b>0.45</b></u> | <u><b>0.41</b></u> | 0.35               | -0.04              | -0.31 | -0.20 | -0.15 | -0.14               |
| Studeni  | <u><b>0.49</b></u>       | <u><b>0.53</b></u> | <u><b>0.47</b></u> | <u><b>0.43</b></u> | <u><b>0.38</b></u> | 0.23               | -0.31 | -0.20 | -0.11 | <u><b>-0.37</b></u> |
| Prosinac | <u><b>0.48</b></u>       | <u><b>0.53</b></u> | <u><b>0.56</b></u> | <u><b>0.58</b></u> | <u><b>0.65</b></u> | 0.01               | 0.02  | 0.02  | -0.07 | -0.02               |

Vrijednosti koeficijenta korelacije između NAO indeksa i temperature zraka nisu toliko velike u usporedbi s koeficijentima korelacije između EA indeksa i temperature. U zimskim mjesecima, poglavito u prosincu i siječnju postoji pozitivna korelacija između NAO indeksa i temperature zraka za postaje Rijeka, Zadar i Šibenik (Tablica 4). Utjecaj NAO indeksa opada od sjevera prema jugu i može se reći da ga u Dubrovniku gotovo i nema. Korelacija NAO indeksa i oborine je negativna predznaka, što znači da veći NAO indeks uzrokuje manju oborinu. NAO indeks modificira oborinu u hladnom dijelu godine (od prosinca do ožujka) na način da pozitivan indeks izaziva pad oborine i obrnuto negativan indeks porast oborine. Djelovanje procesa opisanih NAO indeksom na oborinu najizraženije

je na najjužnijoj postaji, postaji Dubrovnik. Na postajama Rijeka i Hvar negativna korelacija postoji za veljaču, a u Zadru za ožujak.

**Tablica 4:** Koeficijent korelacije između anomalija temperature zraka/oborine i NAO indeksa. Podebljani i podcrtani koeficijenti su statistički značajni ( $p < 0.01$ )

|          | Rijeka             | Zadar              | Split | Hvar | Dubrovnik | Rijeka              | Zadar               | Split | Hvar                | Dubrovnik           |
|----------|--------------------|--------------------|-------|------|-----------|---------------------|---------------------|-------|---------------------|---------------------|
|          | Temperatura zraka  |                    |       |      |           | Oborina             |                     |       |                     |                     |
| Siječanj | <b><u>0.49</u></b> | <b><u>0.44</u></b> | 0.33  | 0.28 | 0.31      | -0.32               | -0.30               | -0.25 | -0.26               | <b><u>-0.52</u></b> |
| Veljača  | 0.23               | 0.14               | 0.11  | 0.09 | 0.16      | <b><u>-0.37</u></b> | -0.28               | 0.33  | <b><u>-0.40</u></b> | <b><u>-0.42</u></b> |
| Ožujak   | <b><u>0.37</u></b> | 0.29               | 0.27  | 0.21 | 0.22      | -0.21               | <b><u>-0.37</u></b> | 0.20  | -0.11               | <b><u>-0.47</u></b> |
| Travanj  | -0.07              | -0.04              | 0.06  | 0.06 | -0.07     | -0.12               | 0.04                | 0.06  | 0.05                | -0.03               |
| Svibanj  | 0.04               | 0.05               | 0.00  | 0.00 | 0.02      | 0.00                | 0.02                | 0.07  | 0.03                | 0.01                |
| Lipanj   | 0.10               | -0.06              | 0.06  | 0.06 | -0.01     | -0.26               | 0.10                | 0.14  | 0.21                | <b><u>0.38</u></b>  |
| Srpanj   | 0.28               | 0.15               | 0.18  | 0.18 | 0.15      | -0.16               | 0.07                | 0.01  | -0.08               | -0.07               |
| Kolovoz  | 0.06               | -0.04              | 0.05  | 0.10 | -0.13     | -0.19               | -0.21               | 0.04  | -0.02               | 0.08                |
| Rujan    | 0.16               | 0.07               | 0.09  | 0.07 | 0.01      | -0.30               | -0.32               | 0.20  | -0.22               | 0.19                |
| Listopad | -0.09              | -0.28              | 0.20  | 0.21 | -0.22     | -0.20               | -0.08               | 0.09  | -0.07               | -0.08               |
| Studeni  | -0.07              | -0.16              | 0.10  | 0.08 | -0.02     | -0.16               | -0.09               | 0.07  | -0.04               | -0.15               |
| Prosinac | <b><u>0.49</u></b> | <b><u>0.44</u></b> | 0.33  | 0.28 | 0.31      | -0.32               | -0.30               | 0.24  | -0.26               | <b><u>-0.52</u></b> |

Djelovanje EA-WR indeksa vidljivo je u negativnoj korelaciji s anomalijama oborine od listopada do veljače na sjevernom i srednjem Jadranu (tablica 5). Utjecaj EA-WR indeksa na anomalije temperature nije vidljiv, kao ni na anomalije oborine u toplom dijelu godine.

**Tablica 5:** Koeficijent korelacije između anomalija temperature zraka/oborine i EA-WR indeksa. Podebljani i podcrtani koeficijenti su statistički značajni ( $p < 0.01$ ).

|                 | Rijeka            | Zadar | Split     | Hvar      | Dubrovnik | Rijeka              | Zadar               | Split                   | Hvar                | Dubrovnik           |
|-----------------|-------------------|-------|-----------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
|                 | Temperatura zraka |       |           |           |           | Oborina             |                     |                         |                     |                     |
| <b>Siječanj</b> | -0.16             | -0.20 | -<br>0.20 | -<br>0.20 | -0.15     | <b><u>-0.51</u></b> | <b><u>-0.51</u></b> | -<br>0.33               | -0.32               | -0.17               |
| <b>Veljača</b>  | 0.01              | -0.09 | -<br>0.12 | -<br>0.14 | -0.15     | <b><u>-0.56</u></b> | <b><u>-0.52</u></b> | -<br><b><u>0.41</u></b> | <b><u>-0.46</u></b> | -0.13               |
| <b>Ožujak</b>   | 0.08              | 0.05  | 0.11      | 0.11      | 0.10      | -0.11               | -0.23               | -<br>0.11               | -0.01               | <b><u>-0.40</u></b> |
| <b>Travanj</b>  | 0.12              | 0.06  | -<br>0.02 | -<br>0.05 | -0.03     | -0.07               | -0.26               | -<br>0.16               | -0.06               | 0.36                |
| <b>Svibanj</b>  | 0.13              | 0.17  | 0.13      | 0.12      | 0.16      | -0.05               | -0.14               | -<br>0.14               | -0.17               | -0.18               |
| <b>Lipanj</b>   | 0.11              | 0.06  | 0.10      | 0.10      | 0.12      | -0.16               | 0.06                | 0.16                    | 0.06                | 0.01                |
| <b>Srpanj</b>   | 0.13              | -0.06 | -<br>0.12 | -<br>0.16 | -0.01     | -0.06               | -0.09               | 0.01                    | 0.08                | 0.11                |
| <b>Kolovoz</b>  | 0.08              | 0.08  | 0.08      | 0.04      | 0.04      | -0.34               | -0.01               | -<br>0.07               | -0.05               | -0.07               |
| <b>Rujan</b>    | -0.03             | -0.07 | 0.00      | 0.00      | -0.01     | 0.01                | -0.02               | 0.01                    | 0.06                | 0.26                |
| <b>Listopad</b> | 0.02              | -0.13 | -<br>0.01 | -<br>0.06 | -0.04     | <b><u>-0.42</u></b> | <b><u>-0.38</u></b> | -<br>0.33               | -0.36               | -0.06               |
| <b>Studeni</b>  | 0.00              | 0.00  | -<br>0.02 | -<br>0.07 | -0.05     | -0.23               | <b><u>-0.41</u></b> | -<br>0.31               | -0.20               | -0.06               |
| <b>Prosinac</b> | -0.16             | -0.20 | -<br>0.21 | -<br>0.20 | -0.15     | <b><u>-0.51</u></b> | <b><u>-0.51</u></b> | -<br>0.33               | -0.32               | -0.17               |

Utjecaj SCA indeksa na temperaturu i oborinu sličan je utjecaju EA-WR indeksa (Tablica 6). Postoji pozitivna korelacija s anomalijama oborine tijekom hladnijeg dijela godine duž cijelog Jadrana, a ne postoji značajna veza s anomalijama temperature zraka.

**Tablica 6:** Koeficijent korelacije između anomalija temperature zraka/oborine i SCA indeksa. Podebljani i podcrtani koeficijenti su statistički značajni ( $p < 0.01$ ).

|                 | Rijeka            | Zadar | Split              | Hvar               | Dubrovnik          | Rijeka             | Zadar              | Split              | Hvar               | Dubrovnik          |
|-----------------|-------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                 | Temperatura zraka |       |                    |                    |                    | Oborina            |                    |                    |                    |                    |
| <b>Siječanj</b> | -0.07             | 0.09  | 0.17               | 0.19               | 0.20               | <b><u>0.37</u></b> | <b><u>0.43</u></b> | <b><u>0.44</u></b> | <b><u>0.55</u></b> | 0.28               |
| <b>Veljača</b>  | -0.30             | -0.27 | -                  | -                  | -0.25              | 0.10               | 0.20               | <b><u>0.37</u></b> | <b><u>0.39</u></b> | <b><u>0.44</u></b> |
| <b>Ožujak</b>   | -0.40             | -0.28 | -                  | -                  | -0.23              | 0.13               | 0.34               | <b><u>0.48</u></b> | <b><u>0.41</u></b> | 0.31               |
| <b>Travanj</b>  | 0.19              | 0.27  | 0.27               | 0.25               | 0.23               | 0.36               | -0.09              | -                  | -0.14              | 0.05               |
| <b>Svibanj</b>  | 0.06              | 0.09  | 0.13               | 0.13               | 0.10               | 0.15               | 0.19               | 0.02               | 0.09               | 0.01               |
| <b>Lipanj</b>   | -0.34             | -0.30 | -                  | -                  | -0.31              | 0.16               | 0.32               | 0.12               | 0.10               | 0.19               |
| <b>Srpanj</b>   | -0.01             | 0.08  | 0.04               | 0.08               | 0.06               | 0.07               | 0.11               | 0.17               | 0.14               | 0.14               |
| <b>Kolovoz</b>  | -0.54             | -0.53 | -                  | -                  | -0.50              | <b><u>0.38</u></b> | <b><u>0.42</u></b> | <b><u>0.55</u></b> | <b><u>0.47</u></b> | <b><u>0.38</u></b> |
| <b>Rujan</b>    | -0.15             | -0.07 | -                  | -                  | -0.14              | 0.29               | 0.15               | 0.23               | 0.19               | 0.19               |
| <b>Listopad</b> | 0.26              | 0.24  | 0.24               | 0.21               | 0.12               | 0.12               | <b><u>0.38</u></b> | 0.30               | 0.30               | <b><u>0.46</u></b> |
| <b>Studeni</b>  | 0.28              | 0.33  | <b><u>0.41</u></b> | <b><u>0.45</u></b> | <b><u>0.44</u></b> | <b><u>0.50</u></b> | <b><u>0.51</u></b> | <b><u>0.38</u></b> | <b><u>0.39</u></b> | <b><u>0.37</u></b> |
| <b>Prosinac</b> | -0.07             | 0.09  | 0.15               | 0.19               | 0.20               | <b><u>0.37</u></b> | <b><u>0.43</u></b> | <b><u>0.45</u></b> | <b><u>0.55</u></b> | 0.28               |

## 4. ZAKLJUČCI

U ovom radu analizirane su anomalije srednjih mjesečnih vrijednosti vremenskih nizova oborine i temperature zraka izmjerenih na meteorološkim postajama duž istočne obale Jadranskog mora, te daljinski meteorološki indeksi. Utjecaj hemisferskih meteoroloških indeksa na stanična mjerenja meteoroloških parametara utvrđen je pomoću Pearsonovog koeficijenta korelacije. Pokazala sam da kolebanje temperature zraka najbolje opisuje istočno-atlanska oscilacija. Ta veza je pozitivna, vidljiva je tijekom cijele godine i raste od sjevera prema jugu. Temperaturu zraka modificira i sjevernoatlanska oscilacija. Utjecaj NAO indeksa je suprotan utjecaju EA, njegov utjecaj je najveći na sjevernom Jadranu i opada prema jugu tako da iščezava na postaji u Dubrovniku. Za ostala dva indeksa EA-WR i SCA nije utvrđeno djelovanje na promjenjivost temperature zraka. Spomenuti indeksi zato modificiraju režime oborine. Potvrđena je pozitivna korelacija između skandinavskog obličja i oborine na svim postajama tijekom hladnijeg dijela godine. Ostala tri indeksa (NAO, EA i EA-WR) imaju negativnu korelaciju s anomalijama oborine. EA-WR najznačajnije modificira oborinu od listopada do veljače na postajama sjevernije od Splita. NAO indeks je s oborinom drugačije povezan nego s temperaturom. Korelacija s oborinom je negativnog predznaka i značajna je samo na najjužnijoj postaji Dubrovniku. Za istočno-atlansku oscilaciju može se reći da nema utjecaja na promjene oborine.

## 5. LITERATURA

- Bice, D, Montanari A, Vučetić V, Vučetić M, 2012. The influence of regional and global climatic oscillations on Croatian climate. *International Journal of Climatology*, 32(10): 1537–1557.
- Cai, W, Wang, G, Santoso, A, Lin, X, Wu, L. 2017. Definition of extreme El Niño and its impact on projected increase in extreme El Niño frequency. *Geophysical Research Letters*, 44: 11184–11190.
- Comas Bru, L, McDermott, F. 2014). Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, 140: 354-363.
- Cushman-Roisin B., Gačić M., Poulain PM, Artegiani A. 2001 (ur.) *Physical oceanography of the Adriatic Sea*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 304 str.
- Grbec, B, Vilibić, I, Bajić, A, Morović, M, Beg Paklar, G, Matić, F, Dadić, V. 2007. Response of the Adriatic Sea to the atmospheric anomaly in 2003. *Annales Geophysicae - Atmospheres Hydrospheres & Space Sciences*, 25 (4): 835-846.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation, *Science*, 269 (5224): 676-679.
- Krichak, SO, Apler, P, 2005a. Decadal trends in the east Atlantic–west Russia pattern and Mediterranean precipitation. *International Journal of Climatology*, 25: 183–192.
- Krichak, S.O., Apler, P., 2005b. Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region. *Theoretical and Applied Climatology*, 82: 27–39.
- Matić, F. 2011. Utjecaj hemisferskih atmosferskih procesa na termohaline osobine Jadrana. *Doktorska disertacija*. Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet, 143 str.
- NCAR/NCEP. 2018. Physical Sciences Division, Earth System Research Laboratory, NOAA, Boulder, Colorado. Dostupno sa: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>, pristupljeno: svibanj, 2018.

- NOA. 2018. . Land-Based Datasets and Products. Dostupno sa: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data/land-based-datasets>, pristupljeno: svibanj, 2018.
- Pandžić, K, 1990. Principal component analysis of a local temperature field within the global circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 41: 177-200.
- Penzar, B, Penzar, I, Orlić, M. 2001. *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*. Zagreb-Koprivnica-Split, Dr. Feletar, Hrvatski hidrografski institut Split, Zagreb, 258 str.
- Pavić, I. 1971. *Statistička teorija i primjena*, Tehnička knjiga, Zagreb, 343 str.
- Schlitzer, R., *Ocean Data View*, odv.awi.de, 2018.
- Sikora, M, Mihanović, H, Vilibić, I. 2014. Paleo-coastline of the Central Eastern Adriatic Sea, and paleo-channels of the Cetina and Neretva rivers during the last glacial maximum. *Acta Adriatica*, 55 (1): 3-18.
- Thompson, D. W. J., Wallace, J. M., 1998. The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25 (9): 1297-1300.
- Vučetić, M., Vučetić, V. 2002. *Vrijeme na Jadranu - Meteorologija za nautičare*. Zagreb, Fabria, d.o.o., Biblioteka More, 172 str.
- Wallace, JM, Gutzler, DS. 1981. Teleconnections in the Geopotential Height Field during the Northern Hemisphere Winter. *Monthly Weather Review*, 109: 784–812.