

UNIVERZITET CRNE GORE

Filozofski fakultet Nikšić

Arijana Pjevović

Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja

MASTER RAD

Nikšić, 2024.

UNIVERZITET CRNE GORE

Filozofski fakultet Nikšić

Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja

MASTER RAD

Naučna oblast: Fizička geografija

Mentor: prof. dr Dragan Burić

Student: Arijana Pjevović

Studijski program: Geografija

Matični broj: 2/22

Nikšić, 2024.

SAŽETAK

Klima se obično definiše kao prosječno stanje atmosferskih uslova ili režim tipova vremena koji vladaju u datom području za određeni vremenski period. Po pravilima Svjetske meteorološke organizacije (WMO), vremenski period na osnovu kojeg se definiše klima date prostorne jedinice ne bi trebalo da bude kraći od 30 godina. Klima je važan element geografske sredine, ima ogroman uticaj na ekosisteme i razvoj društva, generalno. U tom kontekstu, klima se može posmatrati i kao značajan prirodni resurs. Moglo bi se reći da je Crna Gora definisala turizam kao osnovnu granu razvoja privrede, upravo zahvaljujući klimatskim pogodnostima. Uviđajući opšti značaj klime, od kraja 20. vijeka pa do današnjih dana, problematika vezana za klimatske promjene je jedna od najaktuelnijih tema, koja sve više privlači pažnju kako naučne javnosti tako i javnog mnjenja.

Prosječna godišnja temperatura vazduha u Pljevljima iznosi $8,5^{\circ}\text{C}$, na osnovu čega se može zaključiti da Pljevlja imaju karakteristike umjereno tople klime. Prosječna godišnja oblačnost u Pljevljima iznosi 61%, dok je prosječna godišnja količina padavina svega 789,7 mm, tako da je, iako paradoksalno, istinito da su Pljevlja grad sa najvećom oblačnošću, ali najmanjom količinom padavina u Crnoj Gori. Najveći broj dana sa sniježnim pokrivačem javlja se u januru, prosječno 20 dana. Srednja mjesečna brzina vjetra rijetko prelazi 1 m/s. Kotlinski karakter mjesta, veliki broj tišina i preovlađujući vjetrovi sa malom brzinom, uzrokuju slabo provjetravanje vazduha. Ove činjenice, a kako u Pljevljima postoji termoelektrana i veliki broj domaćinstava koja se griju na ugalj, uzrokuju često zagađenje vazduha u ovom gradu, odnosno povećanu koncentraciju PM i drugih čestica.

Možemo zaključiti da je klima Pljevalja postala toplija, a da se kod količine padavina i osunčavanja ne uočavaju značajne promjene. Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti u posmatranom 66-godišnjem periodu (1951-2016) nije detektovan kod klime Pljevalja. Štaviše, broj sunčevih pjega se smanjuje po liniji trenda, pa bi trebalo očekivati i pad temperature. Međutim, temperatura u Pljevljima raste, a to znači da su neki drugi faktori ne samo anulirali već i preinačili smanjenje sunčeve aktivnosti. Zato buduća istraživanja treba usmjeriti na ispitivanje uticaja antropogenog efekta staklene bašte, ali i na varijacije atmosferskih i okeanskih oscilacija.

Ključne riječi: klimatski elementi, varijacije sunca, Pljevlja

ABSTRACT

Climate is usually defined as the average state of atmospheric conditions or the regime of weather types prevailing in a given area for a certain period of time. According to the rules of the World Meteorological Organization (WMO), the time period on the basis of which the climate of a given spatial unit is defined should not be shorter than 30 years. Climate is an important element of the geographical environment, it has a huge impact on ecosystems and the development of society in general. In this context, the climate can also be seen as a significant natural resource. Recognizing the general importance of climate, from the end of the 20th century to the present day, issues related to climate change are one of the most current topics, which increasingly attract the attention of both the scientific community and public opinion.

The average annual air temperature in Pljevlja is 8.5°C, based on which it can be concluded that Pljevlja has the characteristics of a moderately warm climate. The average annual cloudiness in Pljevlja is 61%, while the average annual amount of precipitation is only 789.7 mm, so, although paradoxically, it is true that Pljevlja is the city with the highest cloud cover, but the least amount of precipitation in Montenegro. The highest number of days with snow cover occurs in January, an average of 20 days. Average monthly wind speed rarely exceeds 1 m/s. The valley character of the place, the large number of silences and the prevailing winds with low speed, cause poor air ventilation. These facts, and the fact that there is a thermal power plant in Pljevlja and a large number of households that heat with coal, cause frequent air pollution in this city, i.e. an increased concentration of PM and other particles.

We can conclude that the climate of Pljevlja has become warmer, and that there are no significant changes in the amount of precipitation and sunshine. The influence of solar activity variation in the observed 66-year period (1951-2016) was not detected in the climate of Pljevlja. Moreover, the number of sunspots is decreasing along the trend line, so we should expect a drop in temperature. However, the temperature in Pljevlja is rising, which means that some other factors not only canceled but also changed the decrease in solar activity. That is why future research should be focused on examining the impact of the anthropogenic effect of the greenhouse, but also on variations in atmospheric and oceanic oscillations.

Keywords: climatic elements, sun variations, Pljevlja

Sadržaj

1.UVOD	8
1.1.Hipoteze istraživanja	8
1.2.Predmet istraživanja	9
1.3.Motiv i cilj istraživanja	9
2.PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	10
3.PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	13
3.1.Geografski položaj Pljevalja	13
3.2. Fizičko-geografske karakteristike Pljevaljske kotline	14
3.2.1. Geologija terena	14
3.2.2. Reljefne karakteristike	14
3.2.3. Osnovni faktori koji utiču na klimu Pljevalja	15
3.2.4. Hidrografija terena	16
3.2.5. Biogeografska obilježja	17
4.BAZA PODATAKA I METODI ISTRAŽIVANJA	18
5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA	20
5.1.Klima Pljevalja	20
5.1.1. Temperatura vazduha	21
5.1.2. Količina padavina	23
5.1.3. Sniježni pokrivač	26
5.1.4. Visina oticaja padavinske vode	27
5.1.5. Osunčavanje	29
5.1.6. Oblačnost	32
5.1.7. Vlažnost vazduha	34
5.1.8. Vjetar	36
5.1.9. Kepenova klasifikacija klime za Pljevlja	38
6.DETEKCIJA KLIMATSKIH PROMJENA U PLJEVLJIMA	40
6.1.Trend temperature vazduha	41
6.2.Trend količine padavina	45
6.3.Trend osunčavanja	49
7. SUNČEVA RADIJACIJA	53
7.1. Parametri praćenja sunčeve aktivnosti	53
7.2. Korelacija broja sunčevih pjega i AA indeksa sa temperaturom, padavinama i osunčavanjem u Pljevljima	54
8. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	57
LITERATURA	60

SPISAK SLIKA

Slika 1. Položaj opštine Pljevlja na administrativnoj karti Crne Gore	13
Slika 2. Granice opštine Pljevlja sa istaknutim planinama (dorađeno: http://documents.rec.org/).....	14
Slika 3. Otilovičko jezero (http://pvportal.me/).....	17
Slika 4. Prosječne temperature po godišnjim dobima u Pljevljima, period 1951-2016.....	23
Slika 5. Raspodjela padavina u Pljevljima tokom prosječne godine (period 1951-2016).....	25
Slika 6. Raspored količine padavina u Pljevljima po godišnjim dobima (1951-2016).....	26
Slika 7. Maksimalna dnevna visina snijega (cm) u Pljevljima (1951-2016).....	27
Slika 8. Osunčavanje po godišnjim dobima u Pljevljima, period 1954-2016.....	31
Slika 9. Prosječne, maksimalne i minimalne srednje sezonske vrijednosti oblačnosti (u 10-ma) u Pljevljima za period 1951-2016.....	33
Slika 10. Srednje vrijednosti relativne vlažnosti po godišnjim dobima u % za Pljevlja (1951-2016)...	35
Slika 11. Godišnja ruža učestalosti pravaca vjetrova za Pljevlja (period 1993-2003).....	37
Slika 12. Srednja brzina (gore) i maksimalni udari (dolje) vjetra u Pljevljima za period 1981-2016.....	38
Slika 13. Klimagram Pljevalja za period 1951-2016.....	39
Slika 14. Kolebanje i trend srednjih mjesečnih temperatura u Pljevljima za period januar-jun (1951-2016).....	42
Slika 15. Kolebanje i trend srednjih mjesečnih temperatura u Pljevljima za period jul-decembar (1951-2016).....	43
Slika 16. Kolebanje i trend srednjih sezonskih i godišnjih temperatura u Pljevljima (1951-2016).....	44
Slika 17. Kolebanje i trend mjesečnih padavina u Pljevljima za period januar-jun (1951-2016).....	46
Slika 18. Kolebanje i trend mjesečnih padavina u Pljevljima za period jul-decembar (1951-2016).....	47
Slika 19. Kolebanje i trend sezonskih i godišnjih padavina u Pljevljima (1951-2016).....	48
Slika 20. Kolebanje i trend mjesečnih suma osunčavanja u Pljevljima za period januar-jun (1954-2016).....	50
Slika 21. Kolebanje i trend mjesečnih suma osunčavanja u Pljevljima za period jul-decembar (1954-2016).....	51
Slika 22. Kolebanje i trend sezonskih i godišnjih suma osunčavanja u Pljevljima (1954-2016)....	52
Slika 23. Trend prosječnog sezonskog broja sunčevih pjega u periodu 1951-2016.....	56
Slika 24. Promjene koncentracije radioaktivnog ugljenika ^{14}C koji se koristi za rekonstrukciju solarne aktivnosti (preuzeto: Sharp, 2013).....	59

SPISAK TABELA

Tabela 1. Srednje mjesečne i godišnje temperature vazduha u Pljevljima, period 1951-2016.	22
Tabela 2. Mjesečne i godišnje sume padavina u mm za Pljevlja (1951-2016).....	24
Tabela 3. Broj dana sa sniježnim pokrivačem ≥ 1 cm, u Pljevljima (1951-2016).....	27
Tabela 4. Dnevni maksimum padavina i prosječni intenzitet padavina po padavinskom danu u Pljevljima za period 1951-2016.	28
Tabela 5. Visina oticaja (Y) sa površine od 1 hektara za maksimalnu dnevnu visinu padavina (X, mm) po mjesecima i na godišnjem nivou za date koeficijente oticaja (C), procijenjene za lokaciju Pljevalja (1951-2016).	28
Tabela 6. Mjesečne i godišnje sume osunčavanja u Pljevljima za period 1954-2016.	31
Tabela 7. Prosječne, maksimalne i minimalne srednje mjesečne i godišnje vrijednosti oblačnosti (u 10-ma) u Pljevljima za period 1951-2016.....	33
Tabela 8. Srednje vrijednosti (mjesečne i godišnje) relativne vlažnosti u % za Pljevlja (1951-2016).....	35
Tabela 9. Trend srednje temperature u Pljevljima (1951-2016).....	41
Tabela 10. Trend padavina u Pljevljima (1951-2016)	45
Tabela 11. Trend osunčavanja u Pljevljima (1954-2018).....	49
Tabela 12. Korišćeni parametri varijacija sunčeve aktivnosti, izvori sa kojih su prikupljeni podaci i razmatrani period	54
Tabela 13. Koeficijenti korelacije između srednjih mjesečnih, sezonskih i godišnjih vrijednosti broja sunčevih pjega i temperature vazduha u Pljevljima.....	55

1.UVOD

Sunce je glavni izvor energije za našu planetu. Gotovo svi procesi i sve pojave u atmosferi Zemlje i na njenoj površini, dešavaju se pod uticajem energije Sunca. Od ukupne količine energije koju emituje Sunce, Zemljina površina dobija svega dvomilijarditi dio, ali je to dovoljna količina toplote za život na našoj planeti. Zbog astronomskih faktora (Zemljinih kretanja), poznato je da se intenzitet Sunčeve energije na površini Zemlje mijenja u toku dana i godine, što se jasno uočava na vrijednosti meteoroloških elemenata, u prvom redu temperature vazduha. Međutim, ono o čemu se manje zna je da energija koju emituje Sunce nije konstantna i da te promjene utiču na temperaturu, a samim tim i na druge klimatske elemente. Jedna od najpoznatijih varijacija Sunčeve aktivnosti je 11-godišnji ciklus Sunčevih pjega. Naime, kada na površini Sunca postoji veći broj pjega, tada je pojačana njegova energija, i obratno. Novija istraživanja ukazuju da postoje i drugi ciklusi, kraći i duži. Polazeći od prethodno iznijetog, ovaj master rad ima za cilj da istraži uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja.

1.1.Hipoteze istraživanja

S obzirom na to da se Pljevlja nalaze na krajnjem sjeveru Crne Gore, jasno je da se uticaj Mediterana na klimu slabije osjeća u odnosu na ostale krajeve države. Kotlinski karakter Pljevalja je bitan klimatski faktor, a važna je i činjenica da je ovaj kraj Crne Gore najudaljeniji od ciklogenetskih područja zapadnog Sredozemlja. Uzimajući u obzir pomenute i druge činjenice, ***opravdano se može pretpostaviti da će master rad otkriti niz klimatskih specifičnosti Pljevaljskog kraja.***

Pojam "klima" je grčkog porijekla i u izvornom značenju se odnosi na upadni ugao sunčevih zraka. Što je ugao sunčevih zraka veći na površinu naše planete, to je i stepen zagrijanosti podloge veći, a od podloge se zagrijava prizemni sloj vazduha. Ovo ukazuje koliki je značaj sunčevog zračenja na klimu svakog mjesta i da varijacije solarne aktivnosti mogu usloviti određene vremenske i klimatske promjene. Stoga je ***radna hipoteza da varijacija sunčeve aktivnosti ima uticaja na kolebanje klime u Pljevljima, prevashodo na temperaturu vazduha i osunčavanje.***

1.2.Predmet istraživanja

Predmet istraživanja su Pljevlja, odnosno uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu pomenutog naselja. Postoji nekoliko pokazatelja (indeksa) koji ukazuju na varijabilnost Sunčeve radijacije, a u ovom radu biće korištena dva parametra: broj Sunčevih pjega (Sunspot Number) i AA indeks (indeks magnetne aktivnosti). Uticaj ciklusa broja Sunčevih pjega na klimu Pljevalja, prevashodno na temperaturu vazduha, razmatraće se za period od 56. godina (1951-2016), a s obzirom na dostupnost podataka za AA indeks, koristiće se period od 53 godine (1951-2003).

1.3.Motiv i cilj istraživanja

Dva su osnovna motiva za izradu ovog rada. Prvo, klimatske promjene su aktuelna i izazovna tema, koja sve više postaje sastavni dio obrazovanja svakog čovjeka. Drugo, Pljevlja su moj rodni grad u kojem namjeravam da provedem život. Shodno tome glavni cilj master rada je da, kroz naučno-istraživačku komponentu, egzaktno ukaže na klimu Pljevalja, njenu promjenljivost i uticaj varijacija sunčeve aktivnosti, pa time dam svoj doprinos, odnosno pomognem donosiocima odluka u budućim strategijama i planovima razvoja ovog mjesta.

2.PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Pljevlja su grad i opština na krajnjem sjeveru Crne Gore, smještena u prostranoj istoimenoj kotlini. Raskršće puteva i povoljni geografski uslovi, između ostalih i klimatski, usloveli su naseljenost pljevaljskog kraja još u Rimskom periodu. Danas su Pljevlja rudarski kraj, bogat prirodnim resursima i energetska su centar Crne Gore. Dno Pljevaljske kotline leži na nadmorskoj visini od oko 750-800 m i ima umjereno toplu i vlažnu klimu. U klimatskom pogledu, Pljevlja se po mnogo čemu razlikuju u odnosu na ostali dio Crne Gore. Primjera radi, Pljevlja su grad sa najmanjom količinom padavina u Crnoj Gori, ali su one najpravnomjernije raspoređene u toku godine. Pljevaljska kotlina se ističe i po najvećem godišnjem broju dana bez vjetra u Crnoj Gori (Burić i dr., 2011), a kao posledica toga česte su magle i nerijetko je vazduh zagađen u ovom gradu.

Prethodno pomenute i mnoge druge klimatske specifičnosti i karakteristike Pljevalja predočiće se u master radu. Svakako, biće riječi i o klimatskim promjenama, jer svjedočimo da se sa klimom Pljevalja, generalno Crne Gore, nešto dešava. Klimatske promjene su svrstane među najznačajnijim ekološkim problemima današnjice (IPCC, 2021). Kada se govori o ovoj problematici, treba istaći da je klimatski sistem veoma složen i dinamičan. Glavne komponente klimatskog sistema, a to su atmosfera, hidrosfera, kriosfera, litosfera i biosfera, usko su povezane i isprepletane, neprestano su u interakciji, tako da promjene jednog elementa ili njegovog dijela, odražavaju se na druge komponente sistema (Goosse, 2015). Bez obzira na to što je čovjek dio biosfere, u poslednje vrijeme se često kao posebna sfera izdvaja antroposfera, jer ljudski uticaj na životnu sredinu i klimatski sistem sve više dobija globalne dimenzije (Gottelman & Rood, 2016).

Postoji nekoliko globalnih faktora koji utiču na promjene u klimatskom sistemu, a najznačajniji je varijacija Sunčevog zračenja. U suštini, glavni inicijator praktično svih procesa i pojava u atmosferi i okeanima je Sunčeva radijacija. Intenzitet energije koja dolazi sa Sunca se mijenja i utvrđeno je da se te varijacije dešavaju u ciklusima. Međutim, utvrđeno je da se količina energije koja dolazi sa Sunca do površine naše planete mijenja i uslijed varijacija Zemljine orbite, ali i zbog povećane ili smanjene koncentracije atmosferske prašine, koja može biti eolskog, vulkanskog ili drugog porijekla (Webb, 2019). U svakom slučaju, klimatske promjene, globalno zagrijavanje ili pak zahlađenje, nijesu nepoznanica. Tokom duge istorije naše planete bilo je nekoliko promjena klime, drastičnijih nego u bližoj prošlosti. Nauci su najpoznatije klimatske

promjene koje su se dešavale u pleistocenu, a u tom 2-milionskom periodu bilo je nekoliko ledenih doba (glacijala), koja su razdvajali topli periodi (interglacijali). Čuveni srpski akademik i profesor Beogradskog univerziteta, Milutin Milanković, objasnio je u svom kapitalnom djelu „Kanon osunčavanja” nastanak ledenih doba u prethodnih 650 000 godina. Naime, Milanković je dokazao da osunčanost Zemlje zavisi od tri elementa: ekscentricetata ekliptike (orbite Zemlje), nagiba ose rotacije i precesije ekvinokcijskih tačaka. Utvrdio je da se ova tri elementa ciklično mijenjaju (čuveni Milankovićevi ciklusi), a kada se poklope u određenoj fazi uzrokuju promjene u količini Sunčeve energije koju dobija površina naše planete (Cvijanović et al., 2020). Dakle, jasno je da varijacije Sunčeve aktivnosti mogu uzrokovati pad ili porast globalne temperature. Utvrđeno je da postoje kraći i duži solarni ciklusi, koji se mjere i desetinama pa i stotinama hiljada godina. Svakako, najpoznatiji i najpravičniji mijenja se ciklus Sunčevih pjega. Taj 11-godišnji ciklus pojačane i smanjene aktivnosti Sunca uzrokovan je promjenom magnetnih polova na ovoj zvijezdi. Tokom pomenutog ciklusa razlika između maksimalne i minimalne solarne aktivnosti je oko 0,1%. Istraživanja su pokazala da se periodi viših temperatura na Zemlji poklapaju sa većim brojem Sunčevih pjega, kao što su, npr. klimatskog optimuma Srednjeg vijeka (otopljenje 10-13. vijeka) i globalno zagrijavanje u prvoj polovini 20. vijeka (1910-1945. (IPCC, 2014). „Takode, dokazano je da se periodi nižih temperatura na planeti u proteklih 1000 godina poklapaju sa malim brojem Sunčevih pjega: Ortov minimum (1000-1050. god), Wolfov minimum (1280-1340), Sprerov minimum (1420-1530), Maunderov minimum (period od 70 godina u 17. i početkom 18. vijeka), kao i gotovo cio period 15-18. vijeka (Malo ledeno doba) i Daltonov minimum u periodu 1790-1820 (Kopp et al., 2016; Lean, 2018). Potrebno je istaći da trajanje solarnih ciklusa, kako kraćih tako i dužih, često varira (Karak, 2023), a to je vjerovatno posledica međusobnog preklapanja pojedinih ciklusa. Promjene solarne aktivnosti utiču i na varijabilnost globalne atmosferske cirkulacije“ (Teng et al., 2021).

Kao pokazatelj varijacije solarne aktivnosti koristi se nekoliko indeksa, a najpoznatiji su broj Sunčevih pjega i indeksi magnetne aktivnosti Sunca, kao npr. AA indeks (Ducić & Stanojević, 2010; Ducić i dr., 2010). AA indeks se koristi i kao pokazatelj Sunčevog vjetra. Neka istraživanja pokazuju da Sunčev vjetar može usloviti i obrazovanje ciklona (ciklogenezu), pa tako Todorović & Vujović (2020) nalaze vezu između indeksa geomagnetne aktivnosti i hladnih frontova u Srbiji (iznad Beograda). Kod utvrđivanja uzroka savremenih klimatskih promjena potrebno je razmatrati ne samo uticaj antropogenog elementa, već i drugih spoljašnjih i unutrašnjih faktora (Luković &

Burić, 2023), a nezaobilazan faktor je upravo varijabilnost sunčeve aktivnosti. U svakom slučaju, uticaj varijacija sunčeve aktivnosti na vremenske prilike i klimu bazira se na ispitivanju korelacije između solarnih i meteoroloških parametara, prije svega temperature vazduha. Za potrebe ovog master rada, ispitaće se povezanost varijacije sunčeve aktivnosti preko broja pjega i AA indeksa sa nekoliko klimatskih parametara koja se odnose na Pljevlja.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Geografski položaj Pljevalja

Pljevlja su najsjevernije gradsko naselje u Crnoj Gori. Regionalno, Pljevlja pripadaju, sjevernoj Crnoj Gori (slika 1). Sjeverna i sjeveroistočna granica opštine je ujedno i dio državne granice sa Bosnom i Hercegovinom i Srbijom. Površina opštine iznosi 1346 km² i druga je po veličini u Crnoj Gori, poslije Nikšića (izvor: <https://pljevlja.me/>). Pljevaljski kraj je najvećim dijelom smješten u slivu rijeke Čehotine, koja protiče kroz Pljevaljsku kotlinu od jugoistoka ka sjeverozapadu. U suštini, kotlina i cio pljevaljski kraj ima dinarski pravac pružanja (jugoistok - sjeverozapad).



Slika 1. Položaj opštine Pljevlja na administrativnoj karti Crne Gore
(dorađeno. <https://sr.wikipedia.org/>)

Koordinate meteorološke stanice Pljevlja su: 43°21'N i 19°21'E, a nadmorska visina 784 m (Burić i dr., 2007). Vazdušno rastojanje između Pljevalja i najbliže tačke Jadranskog mora je u prosjeku oko 125 km. Ova činjenica, kao i geografski položaj i reljefne karakteristike (kotlinski karakter), određuju glavne karakteristike klime Pljevalja.

3.2. Fizičko-geografske karakteristike Pljevaljske kotline

3.2.1. Geologija terena

U građi terena opštine Pljevlja učestvuju klastični i karbonatni sedimenti perma, klastični i karbonatni sedimenti i vulkanske stijene trijasa, sedimentne i magmatske stijene jure, flišni sedimenti jursko-kredne starosti (laporci, gline, ugalj, ugljevit gline neogena) i tvorevine kvartara.

3.2.2. Reljefne karakteristike

Pljevlja su smještene u prostranoj kotlini, čije dno leži na prosječnoj nadmorskoj visini od 770 m. Pljevaljska kotlina je sa svih strana okružena planinskim vijencima: Kovača, Ljubišnje i Lisca na sjeveru i zapadu, Gradinom, Kamenom Gorom i Crnim vrhom na sjeveroistoku i istoku, Stožerom na jugoistoku i drugim planinama čiji vrhovi prelaze 1500 m (slika 2). Najviša tačka je vrh planine Ljubišnje (2238 m). Na planini Stožer je izvor rijeke Čehotine, koja protiče kroz Pljevaljsku kotlinu, a u Bukovici napušta Crnu Goru i kod Foče se uliva u Drinu.



Slika 2. Granice opštine Pljevlja sa istaknutim planinama
(dorađeno: <http://documents.rec.org/>)

Planinski reljef, posebno zatvorenost kotline, značajan je faktor klime Pljevalja, koji uslovljava i prilično izraženu mikroklimatsku raznolikost. Niže djelove reljefa predstavljaju Kosanica, Jabuka i polja (Maočko, Mataruško, Otilovićko, Pljevaljsko, Brveničko, Glisničko i Rađevićko), potom doline Čehotine i njenih pritoka. Najveći dio pljevaljskog kraja pripada slivu rijeke Čehotine (994,6 km²), a manjim dijelom i slivovima Tare (318,8 km²) i Lima (33,6 km²).

3.2.3. Osnovni faktori koji utiču na klimu Pljevalja

Osnovne karakteristike klime Pljevalja određuju geografska širina, udaljenost od velikih akvatorija Atlantika i Sredozemnog mora, vazdušne mase u sklopu ciklona i anticiklona, reljef i opšti karakter podloge. Drugi modifikatori, kao što su mikroreljef, vrsta podloge, tip vegetacije i tip zemljišta, uslovljavaju formiranje mikroklima u okviru mezoklime ili opšteg tipa klime. Sama činjenica da kroz Pljevlja prolazi 43. paralela sjeverne geografske širine, ukazuje da klima ima karakteristike umjerenog tipa. Međutim, uočljiv je uticaj drugih modifikatora, prije svega reljefnih karakteristika, stepena kontinentalnosti i različitih vazdušnih masa.

Kako je već pomenuto, Pljevaljska kotlina se nalazi na 770-800 m nadmorske visine, a okružena je planinskim vijencima čiji vrhovi dostižu i do 2238 m (Ljubišnja). Ova izrazita vertikalna diseciranost reljefa uslovljava i razlike u vrijednostima meteoroloških elemenata. Poznato je da sa porastom nadmorske visine temperatura vazduha opada, raste vlažnost, brzina vjetra, a sve to povlači promjene i drugih elemenata. S druge strane, Pljevaljska kotlina je zatvorena, a to znači da je "provjetravanje" vazduha jako slabo, pa se u hladnijem dijelu godine za vrijeme vedrih noći i bez vjetra često formira temperaturna inverzija, odnosno tzv. jezero hladnog vazduha. Tada je u kotlini mnogo hladnije nego na većim nadmorskim visinama. Ta zatvorenost kotline uzrokuje veliki broj tišina i nerijetku pojavu prizemnih radijacionih magli u Pljevljima, odnosno po dnu depresije, dok je na padinama planina bez magle i često sa vjetrom, slabijeg ili jačeg intenziteta.

U Pljevljima je više nego bilo gdje drugo u Crnoj Gori izražen stepen kontinentalnosti. To je posledica udaljenosti od mora, pa vazdušne mase koje dolaze sa juga i zapada, odnosno koje donose padavine, sve su siromašnije vodenom parom sa udaljavanjem od izvora vlage. Tu uticaja ima i reljef, jer pri prelazu vlažnih maritimnih struja preko planinskih predjela znatno više

padavina se izlučuje na navjetrenim stranama planina, a to znači da Pljevlja imaju karakter tzv. kišnih sjenki.

Specifičnost Pljevalja i krajnjih sjevernih djelova Crne Gore je i u pogledu uticaja ciklona. Naime, Pljevlja su često van domašaja ciklona koji se formiraju u Ligurskom, Jadranskom i Jonskom moru ili čije su putanje preko pomenutih akvatorija (Burić i dr., 2011). Nijesu rijetki slučajevi da se u južnim i centralnim djelovima Crne Gore izluči nekada i velika količina padavina, a da tada Pljevlja ne registruju ni jedan litar kiše. Sa druge strane, vazdušne mase u sklopu ciklona, čija je putanja sjevernije od Crne Gore, često donose kišu Pljevljima u toplijem dijelu godine, posebno u proljeće i ljeto, dok južni i centralni predjeli tada dobijaju najmanje padavina. Sve ovo govori da Pljevlja imaju drugi režim padavina u odnosu na veći dio Crne Gore.

Na osnovu prethodnog izlaganja može se zaključiti da Pljevlja imaju karakteristike umjerene klime, ali sa elementima prilično izražene kontinentalnosti, kao i specifičan pluviometrijski režim.

3.2.4. Hidrografija terena

Za pljevaljski kraj najznačajnije rijeke su: Ćehotina, Breznica i Vezišnica. Rijeka Ćehotina izvire ispod planine Stožer i teče pravcem jugoistok-sjeverozapad sve do ušća u Drinu. Dužina Ćehotine u opštini Pljevlja iznosi 64,9 km. Dužina Tare u pljevaljskoj opštini iznosi 40,5 km, a Lima je 5,1 km. „Sa aspekta vodosnabdijevanja značajne zone su sliv rijeke Tare i zona ležišta izdanskih voda sliva Ćehotine. Među karstnim vrelima najpoznatiji su: Kutlovača, Breznica, Jugoštica, Vrelo, Zmajevac i Tvrdaš”. Pljevaljskoj opštini pripada i vještačko Otilovičko jezero (slika 3), koje se nalazi na putu preko Otilovića ka Bijelom Polju. Nastalo je za potrebe TE Pljevlja, a zanimljiv ambijent ovog jezera, okruženog drvećem i bujnom vegetacijom, privlači pažnju turista.



Slika 3. Otilovičko jezero (<http://pvportal.me/>)

3.2.5. Biogeografska obilježja

Šumsko bogatstvo je najznačajnija prirodna karakteristika ovog područja. Ukupna površina državnih šuma i šumskih zemljišta iznosi nešto više od 72 000 ha. Od drveća ističu se: smrča, jela, crni bor, bijeli bor, bukva, hrast, crni i obični grab. Za grad Pljevlja su od velike važnosti zelene površine, koje zauzimaju više od 33 ha površine. Najveće zelene površine su: Vojni logor, Stražica, i Gradski park. U gradu je i veći broj drvoreda, u kojima je oko 300 lipa i više od 100 kestena (Radojičić, 2008).

„Što se tiče životinjskog svijeta, najznačajni predstavnici su razne vrste riba u rijekama. Registrovano je 11 vrsta iz 4 familije. U srednjem toku Čehotine najviše dominira potočna pastrmka, a lipljen i mladica su sporadični. Vodena staništa za ptice su srazmjerno malo zastupljena i atipična. Jedino stanište, sa većom vodenom površinom, je akumulaciono jezero Otilovići. Tu se nalaze karakteristične vrste ptica: vodomar, vodeni kos, bijela i planinska pliska” (izvori: <https://pljevlja.me/>, LEAP za Opštinu Pljevlja).

4.BAZA PODATAKA I METODI ISTRAŽIVANJA

Za izradu ovog rada iskorišćeni su podaci glavne meteorološke stanice (MS) u Pljevljima, koja je locirana u gradu. Kontinuirana mjerenja i osmatranja meteoroloških elemenata i pojava na MS u Pljevljima počela su 1949. godine, a za procjenu je uzet period od 1951. do 2016. godine. Dakle, posmatran je 66-godišnji niz, odnosno gotovo čitav period instrumentalnih mjerenja i osmatranja.

Od Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (ZHMSCG) dobijeni su nizovi podataka koji su prošli test relativne homogenosti. Nedostajućih podataka bilo je vrlo malo - do 1%. Ekstrapolacija nedostajućih podataka urađena je metodom diferencija, korišćenjem 1-2 najbliže MS za koje je dobijena visoka vrijednost koeficijenta korelacije, oko 0.9. Na taj način su kompletirani nizovi podataka, kako bi bili kompaktibilni po dužini, odnosno međusobno uporedivi.

Analiza je obuhvatila sljedeće klimatske elemente grada Pljevalja: temperaturu, padavine, osunčavanje, oblačnost, vlažnost, vjetar i sniježni pokrivač. Kako je već pomenuto, analiziran je period 1951-2016. godine, a jedino je za vjetar interval kraći. Naime, zbog složenosti sistematizovanja i obrade podataka za vjetar, kao i čestih prekida u radu anemografa, ruža vjetrova je urađena za period 1993-2003, a na mjesečnom nivou srednja brzina i maksimalni udari vjetra, bez čestine pravaca, razmatrani su za period 1981-2016.

Za potrebe rada korišćene su uobičajene statističke metode. Date su prosječne i ekstremne vrijednosti klimatskih elemenata, odstupanja u odnosu na klimatsku normalu. U klimatološkoj praksi, klimatska normala je prosjek standardnog posljednjeg klimatskog perioda 1961-1990. Korišćen je i metod diferencija, kliznih srednjaka i linearni trend. S obzirom na to da se radi o statističkim podacima, rad sadrži dosta tabela i grafikona. Na taj način se egzaktno prikazuju (tabele), odnosno jasno uočavaju osnovne karakteristike klimatskih elemenata.

Istraživanje u okviru teme master rada realizovaće se primjenom sljedećih metoda:

- Metod trenda pokazaće opšti pravac kretanja klimatskih elemenata u posmatranom periodu: temperature, količine padavina, osunčavanja, količine oblačnosti i drugih.
- Metod 10-godišnjih kliznih srednjaka ukazaće na dekadnu varijabilnost temperature i količine padavina.
- Metod diferencija koristiće se za uporedni prikaz dva istodobna 30-godišnja perioda, kako bi se vidjele njihove kvantitativne razlike.
- Metodom normalizovanih odstupanja izdvojiće se ekstremni slučajevi temperature i padavina, a u cilju utvrđivanja njihovog povećanja ili pak smanjenja.
- Metodom korelacije ispitaće se veza između pokazatelja varijacije solarne aktivnosti i pojedinih klimatskih elemenata u Pljeviljima.

5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1.Klima Pljevalja

Osnovne karakteristike klime Pljevalja određuju geografska širina, udaljenost od velikih akvatorija Atlantika i Sredozemnog mora, vazdušne mase u sklopu ciklona i anticiklona, reljef i opšti karakter podloge. Drugi modifikatori, kao što su mikroreljef, vrsta podloge, tip vegetacije i tip zemljišta, uslovljavaju formiranje mikroklima u okviru mezoklime ili opšteg tipa klime. Sama činjenica da kroz Pljevlja prolazi 43 paralela sjeverne geografske širine, ukazuje da klima ima karakteristike umjerenog tipa. Međutim, uočljiv je uticaj drugih modifikatora, prije svega reljefnih karakteristika, stepena kontinentalnosti i različitih vazdušnih masa.

Kako je već pomenuto, Pljevaljska kotlina se nalazi na 770-800 m nadmorske visine, a okružena je planinskim vijencima čiji vrhovi dostižu i do 2238 m (Ljubišnja). Ova izrazita vertikalna diseciranost reljefa uslovljava i razlike u vrijednostima meteoroloških elemenata. Poznato je da sa porastom nadmorske visine temperatura vazduha opada, raste vlažnost, brzina vjetra, a sve to povlači promjene i drugih elemenata. S druge strane, Pljevaljska kotlina je zatvorena, a to znači da je "provjetravanje" vazduha jako slabo, pa se u hladnijem dijelu godine za vrijeme vedrih noći i bez vjetra često formira temperaturna inverzija, odnosno tzv. jezero hladnog vazduha. Tada je u kotlini mnogo hladnije nego na većim nadmorskim visinama. Ta zatvorenost kotline uzrokuje veliki broj tišina i nerijetku pojavu prizemnih radijacionih magli u Pljevljima, odnosno po dnu depresije, dok je na padinama planina bez magle i često sa vjetrom, slabijeg ili jačeg intenziteta.

U Pljevljima je više nego bilo gdje drugo u Crnoj Gori izražen stepen kontinentalnosti. To je posljedica udaljenosti od mora, pa vazdušne mase koje dolaze sa juga i zapada, odnosno koje donose padavine, sve su siromašnije vodenom parom sa udaljavanjem od izvora vlage. Tu uticaja ima i reljef, jer pri prelazu vlažnih maritimnih struja preko planinskih predjela znatno više padavina se izlučuje na navjetrenim stranama planina, a to znači da Pljevlja imaju karakter tzv. kišnih sjenki.

Specifičnost Pljevalja i krajnjih sjevernih djelova Crne Gore je i u pogledu uticaja ciklona. Naime, Pljevlja su često van domašaja ciklona koji se formiraju u Ligurskom, Jadranskom i

Jonskom moru ili čije su putanje preko pomenutih akvatorija (Burić i dr., 2011). Nijesu rijetki slučajevi da se u južnim i centralnim djelovima Crne Gore izluči nekada i velika količina padavina, a da tada Pljevlja ne registruju ni jedan litar kiše. Sa druge strane, vazdušne mase u sklopu ciklona čija je putanja sjevernije od Crne Gore često donose kišu Pljevljima u toplijem dijelu godine, posebno u proljeće i ljeto, dok južni i centralni predjeli tada dobijaju najmanje padavina. Sve ovo govori da Pljevlja imaju drugi režim padavina u odnosu na veći dio Crne Gore.

Na osnovu prethodnog izlaganja može se zaključiti da Pljevlja imaju karakteristike umjerene klime, ali sa elementima prilično izražene kontinentalnosti, kao i specifičan pluviometrijski režim. Kakva je tačno klima Pljevalja, pokazaće analiza koja slijedi.

5.1.1. Temperatura vazduha

Temperatura vazduha ubraja se u najbitnije meteorološke elemente, jer njene oscilacije modifikuju ostale meteorološke elemente i pojave. “Temperatura vazduha se odnosi na temperaturu mjerenu u termometarskom zaklonu i na 2 m visine iznad tla. Time su termometar i termograf zaštićeni od direktnog zračenja Sunca, a istovremeno i izloženi slobodnoj cirkulaciji vazduha” (Dukić, 1998).

Prosječna godišnja temperatura vazduha u Pljevljima iznosi 8,5°C, na osnovu čega se može zaključiti da Pljevlja imaju karakteristike umjereno kontinentalne klime. Sa porastom nadmorske visine temperature su sve oštrije, pa viši planinski predjeli koji okružuju kotlinu dobijaju karakteristike planinskog podneblja. U Pljevljima je prosječno najhladnija godina bila 1976., sa srednjom temperaturom od 7,0°C, a najtoplija 2014 (10,1°C). Najtopliji mjesec je jul, sa prosječnom temperaturom od 18,2°C. U periodu 1951-2016, srednja julska temperatura koleba u iznosu od 5,7°C, jer je jul 1969. godine imao najnižu srednju temperaturu, 15,8°C, dok je najtopliji bio jul 2012. sa 21,5°C. Januar je najhladniji mjesec, sa prosječnom temperaturom od -2,1°C. Tokom posmatranog 66-godišnjeg perioda, najtopliji januar bio je 2014. godine, sa srednjom temperaturom od 2,8°C, dok je najhladniji januar, u srednjoj vrijednosti, registrovan 1967., sa srednjom temperaturom od -8,3°C (tabela 1).

Tabela 1. Srednje mjesečne i godišnje temperature vazduha u Pljevljima, period 1951-2016.

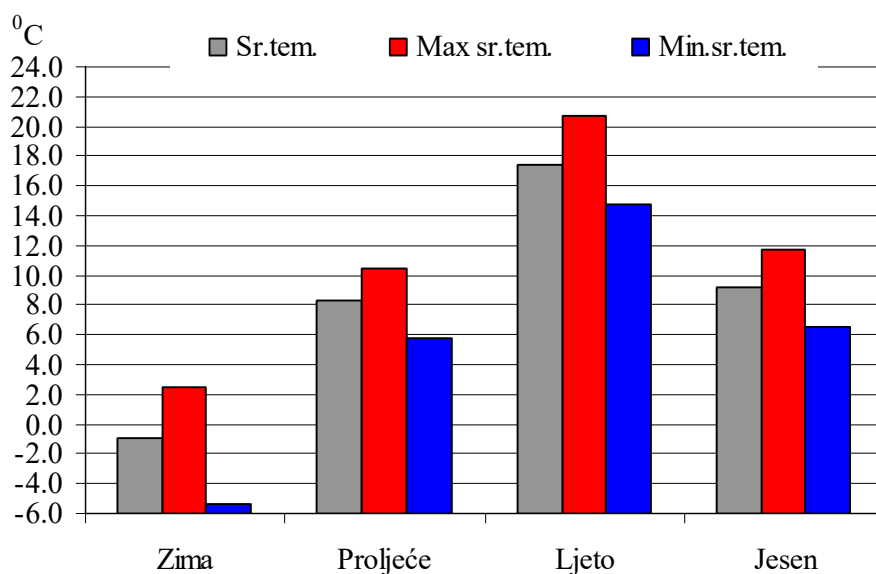
Temp.(°C)	Mjeseci												god.
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Sr.vr.	-2.1	0.0	3.8	8.3	13.0	16.3	18.2	18.0	13.9	9.3	4.3	-0.5	8.5
Max sr.vr.	2.8	6.3	8.9	11.5	16.1	20.1	21.5	21.2	17.2	12.4	8.1	4.3	10.1
Min sr.vr.	-8.3	-7.9	-1.4	3.2	9.2	13.8	15.8	13.5	10.7	5.4	-1.6	-5.5	7.0

Amplituda od 11,1⁰C ukazuje da srednja januarska temperatura koleba u širokom opsegu. Kod svih ostalih mjeseci, kolebanje srednje temperature je manje. Pojašnjenja radi, vrijednosti u drugom i trećem redu (max i min) tabele 1 se odnose na prosječno najtopliji i najhladniji mjesec (godina), odnosno najvišu i najnižu srednju mjesečnu (godišnju) temperaturu u posmatranom periodu (1951-2016).

Osim januara, negativnu srednju mjesečnu temperaturu ima i decembar (-0.5⁰C), a sa negativnom nulom je i februar (-0.3⁰C). To znači da zima u Pljevljima ima negativnu srednju temperaturu (-0.9⁰C). Izuzetno hladna zima u Pljevljima bila je 1954. godine, sa prosječnom temperaturom od čak -5,3⁰C. Najtoplija zima u posmatranom periodu, registrovana je 2014. godine, sa srednjom temperaturom od 2,5⁰C. Ovi podaci govore da su zime u Pljevljima veoma hladne, a tome u prilog javlja se činjenica da je u posmatranom 66-godišnjem periodu čak u 68,2% slučajeva (45 godina) srednja zimska temperatura imala negativnu vrijednost.

Velike hladnoće zimi su najvjerovatnije posledica zatvorenosti Pljevaljske kotline, pa je za vrijeme vedrih noći česta pojava formiranja tzv. jezera hladnog vazduha. Naime, zimi se hladan vazduh spušta niz planinske strane, a kako je kotlina zatvorena on se tu taloži i dodatno hladi. U ovakvim uslovima nerijetko se dešava da su Pljevlja hladnija od Žabljaka, koji leži na znatno većoj nadmorskoj visini. Ovo je tipičan primjer pojave temperaturnih inverzija u hladnijem dijelu godine. Da Pljevlja imaju jak karakter jezera hladnog vazduha, govori činjenica da je u ovom mjestu registrovana niža apsolutna minimalna temperatura nego na Žabljaku. Naime, u cijelom periodu instrumentalnih mjerenja, najniža temperatura u Pljevljima je izmjerena od -29,4⁰C (registrovana 26.1.1954. godine), a na Žabljaku je apsolutni minimum -26,4⁰C (registrovan 12.1.1985. godine).

Ljeti je u Pljevljima prijatno toplo, sa prosječnom temperaturom od 17,5⁰C (slika 4). U odnosu na pregrijanu Podgoricu, koja ima prosječnu ljetnju temperaturu od 25,1⁰C (Burić i dr., 2007), Pljevlja su ljeti svježija za oko 7,5⁰C, pa bi se prije moglo reći da je to blagodet nego neka negativna konotacija. Prelazna godišnja doba imaju prilično ujednačene prosječne temperature. Ipak, jesen je, sa srednjom temperaturom od 9,2⁰C, neznatno toplija od proljeća, čija je prosječna temperatura 8,4⁰C (slika 4). U mjestima koja imaju tipična kontinentalna obilježja klime, proljeće je toplije od jeseni. Pljevlja, pak, sa neznatno toplijom jeseni od proljeća, pokazuju da se i u ove predjele Crne Gore osjeća uticaj maritimnosti na temperaturu, ali je, ipak, jači kontinentalni uticaj.



Slika 4. Prosječne temperature po godišnjim dobima u Pljevljima, period 1951-2016

5.1.2. Količina padavina

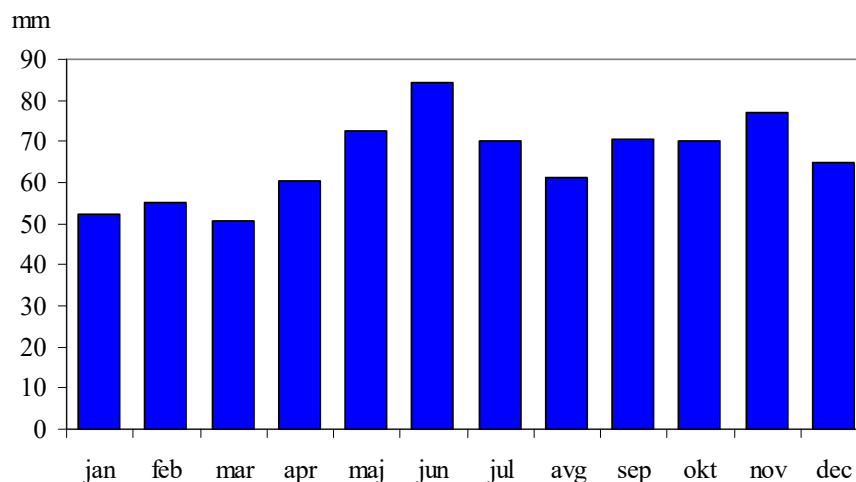
Padavine i temperatura vazduha su dva najvažnija klimatska elementa. Padavine se mogu definisati kao oblici kondezovane i sublimirane vodene pare koji se pojavljuju na zemljinoj površini u tečnom ili čvrstom stanju. Postoje dvije vrste padavina - niske i visoke. Niske padavine se formiraju neposredno na topografskoj površini i predmetima na njoj, kao što su rosa, slana, inje i poledica. Visoke padavine se formiraju u oblacima i padaju na Zemljinu površinu u obliku kiše, snega, susnježice, grada, sugradice i krupe. Padavine su meteorološke pojave i zato se obilježavaju simbolima, a njihova visina ili količina su meteorološki elementi. Količina padavina se mjeri u milimetrima ili litrima po kvadratnom metru, a za to se koriste instrumenti poput kišomjera, pluviografa i totalizatora (Dukić, 1998).

Prosječna godišnja visina padavina u Pljevljima je 789,7 mm, što ovaj grad čini jednim od najsuvljih u Crnoj Gori. Mjesec sa prosječno najvišom visinom padavina je jul, 84,3 mm, a najsuvlji je mart, 50,9 mm (tabela 2). U posmatranom 66-godišnjem periodu, maksimalna količina padavina (276,1 mm) izlučena je u novembru, 1985. godine, a minimalna (0,0 mm) u decembru, 2015. godine, kada vodenog taloga nije bilo uopšte (tabela 2). Tokom posmatranog 66-godišnjeg perioda, najveća godišnja količina padavina registrovana je 1976. godine, kada je izmjereno ukupno 1083,8 l/m² atmosferskog taloga, dok je 1982. godina najsuvlja, sa 542,2 l/m². To ukazuje da magnituda padavina na godišnjem nivou u posmatranom intervalu doseže 541,6 mm. Na primjer, u Podgorici je 2010. godina bila najbogatija padavinama (2475,7 l/m²), a 1983 najsiromašnija (1018,1 l/m²), pa bi se iz ovog primjera moglo zaključiti da Pljevlja ne obiluju atmosferskim talogom kao veći dio Crne Gore, posebno ne kao jugozapadni krajevi države (Crkvice imaju godišnji prosjek padavina oko 4600 mm).

Tabela 2. Mjesečne i godišnje sume padavina u mm za Pljevlja (1951-2016)

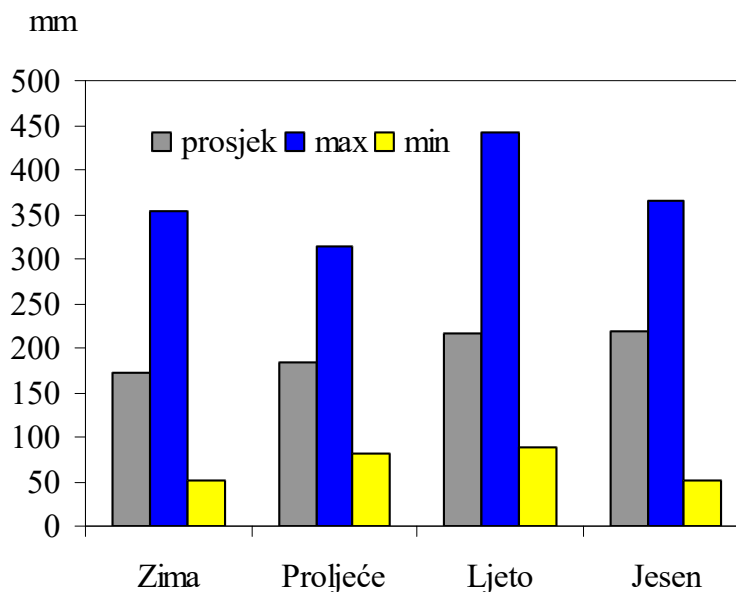
Pad. (mm)	Mjeseci												god.
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	Sep	okt	Nov	dec	
Sr.vr.	52.3	55.1	50.9	60.5	72.8	84.3	70.1	61.1	70.4	70.2	77.2	64.8	789.7
Max	161.2	127.8	168.0	143.7	137.6	215.8	259.5	171.5	199.4	199.5	276.1	171.0	1083.8
Min	2.6	6.9	4.7	12.3	3.9	24.4	4.0	6.0	11.3	0.7	0.9	0.0	542.2

Razlika u količini padavina između prosječno najbogatijeg i najsiromašnijeg mjeseca je svega 33,5 mm, odnosno jul je za 1,7 puta bogatiji padavinama od marta. Ako uporedimo sa Podgoricom, ta razlika je mnogo veća, jer je najkišniji mjesec u godini u glavnom gradu (novembar, 240 mm) bogatiji za 202 mm vodenog taloga u odnosu na prosječno najsiromašniji mjesec padavinama (jul, 38 mm). Drugim riječima, u Podgorici je novembar za 6,3 puta bogatiji padavinama od jula. Dakle, u Pljevljima su padavine prilično ravnomjerno raspoređene (slika 5) u odnosu na veći dio Crne Gore. Činjenica da se primarni maksimum padavina javlja u junu, ukazuje da Pljevlja imaju kontinentalni pluviometrijski režim, koji je blago modifikovan i maritimnim uplivom, jer se sekundarni maksimum padavina registruje u novembru.



Slika 5. Raspodjela padavina u Pljevljima tokom prosječne godine (period 1951-2016)

Da Pljevlja imaju blago modificovani kontinentalni pluviometrijski režim ukazuje podatak da je jesen prosječno najbogatije godišnje doba padavinama, sa 217,8 mm, odnosno neznatno bogatije od ljeta, sa 215,5 mm. Najmanje padavina izluči se zimi, prosječno 173,2 mm. U korist dominacije kontinentalnog režima padavina, govori činjenica da je maksimalna visina padavina registrovana ljeti. Naime, tokom ljeta 1976. godine u Pljevljima je ukupno palo 441,9 mm kiše, i to je apsolutni maksimum kada su godišnja doba u pitanju (slika 6). Sa druge strane, najmanja sezonska količina padavina zabilježena je u zimu 2008. godine, tokom koje je palo svega 50,8 mm vodenog taloga (kiša i snijeg).



Slika 6. Raspored količine padavina u Pljevljima po godišnjim dobima (1951-2016)

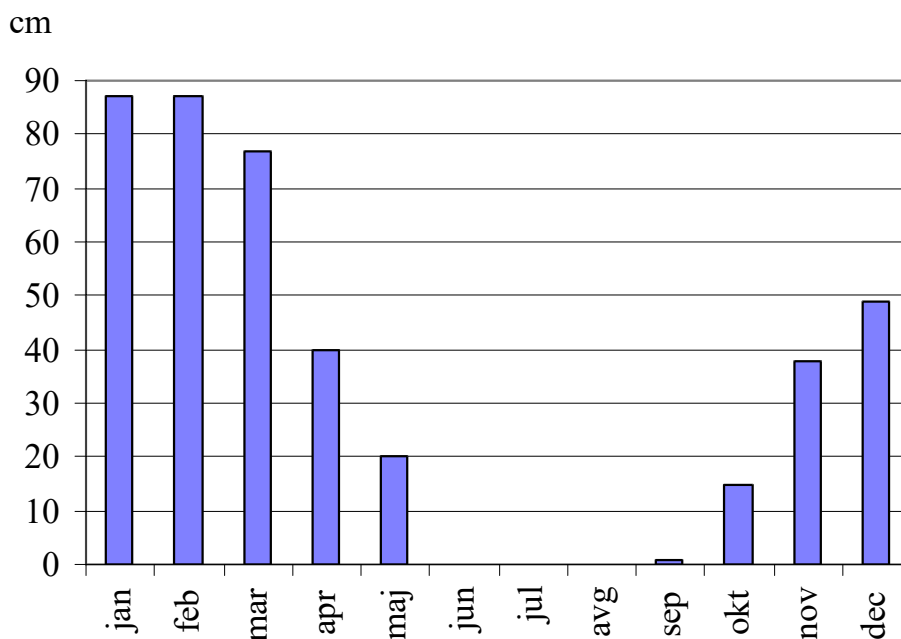
5.1.3. Sniježni pokrivač

Snijeg je redovna anomalija u Pljevljima. On se zadržava ponekad i duže od 3 mjeseca. Tipičan broj dana sa snijegom od 1 i više cm je 65,9 dana u toku godine (tabela 3). „Važno je naglasiti da se pod danom sa sniježnim pokrivačem podrazumjeva dan u kome je u bilo kom periodu bar polovina tla pokrivena snijegom visine ≥ 1 cm”. U periodu 1951-2016. godine, maksimalan broj dana sa sniježnim pokrivačem ≥ 1 cm, registrovan je 1956. godine, tokom koje je bilo 113 ovakvih dana. Sa druge strane, ni jedna godina nije prošla bez barem 19 dana sa sniježnim pokrivačem, a to je minimalan broj ovih dana koji je registrovan 2004. godine. Najveći broj dana sa sniježnim pokrivačem javlja se u januaru, prosječno 20 dana. I ostala dva zimska mjeseca imaju veliki broj dana sa sniježnim pokrivačem – februar 15,7, a decembar 14,5 dana. Da je snijeg redovna pojava zimi, govori činjenica da se u periodu od 66 godina nije desilo da decembar, januar i februar prođu bez barem jednog dana sa formiranim sniježnim pokrivačem. Sa druge strane, ne tako rijetko bilo je godina tokom kojih su sva tri zimska mjeseca (decembar, januar i februar) registrovala sve dane sa sniježnim pokrivačem.

Tabela 3. Broj dana sa sniježnim pokrivačem ≥ 1 cm, u Pljevljima (1951-2016)

Br.dana sa snijegom ≥ 1 cm	Mjeseci												god.
	Jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	Okt	nov	dec	
Sr.vr.	20.0	15.7	8.2	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.0	14.5	65.9
Max	31	29	29	7	3	0	0	0	1	6	23	31	113
Min	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19

U Pljevljima je maksimalna dnevna visina snijega od 87 cm (slika 7) registrovana dva puta, i to: 29. januara 1976. i 13. februara 2012. godine. Februar 2012. godine biće upamćen po rekordnoj visini sniježnog pokrivača u Podgorici, gdje je snijeg izuzetno rijetka pojava. Naime, 12. februara 2012. godine u Podgorici je izmjerena visina snijega od 57 cm, i to je apsolutni maksimum za glavni grad.



Slika 7. Maksimalna dnevna visina snijega (cm) u Pljevljima (1951-2016)

5.1.4. Visina oticaja padavinske vode

Vodni resursi bilo kojeg područja su izuzetno važan segment životne sredine. Akumulacija vode u jezerima i proticaj rijeka zavise od klime datog područja, odnosno od količine i režima padavina, temperature vazduha (isparavanja), ali i od oticaja padavinske vode na posmatranom terenu. Za procjenu prosječnog oticaja na području Pljevalja, korišćeni su sljedeći osnovni poznati parametri: prosječni opseg padavina i maksimalni dnevni obim padavina za period 1951-2016.

(tabela 4). S obzirom na geologiju terena, a uzimajući u obzir uticaj padavina na životnu sredinu, usvojena je relativno visoka vrijednost koeficijenta oticaja od: 0,7 (70%) na godišnjem nivou, 0,8 tokom zime, 0,7 za jesen i proljeće i 0,6 za ljeto. Za proračune koji slijede, pošlo se od jednačine koeficijenta oticaja (C): $C=Y/X$, gdje je Y - visina padavinske vode koja otiče sa predmetnog lokaliteta (Pljevlja), a X - ukupna količina padavina na posmatranom terenu. Iz ove jednačine izračunata je visina oticaja (Y).

Tablela 4. Dnevni maksimum padavina i prosječni intenzitet padavina po padavinskom danu u Pljevljima za period 1951-2016.

Padavine	Mjeseci												god
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Dnevni max padavina (mm)	26.3	64.1	67.6	58.1	47.3	74.5	86.9	50.8	64.9	57.8	121.1	77.9	121.1
Sr.intenzitet padavina po padavinskom danu (mm)	4.2	4.4	4.1	4.7	5.1	6.4	6.7	6.5	6.9	6.9	6.6	5.2	5.6

Dobijeni rezultati pokazuju da u jednom padavinskom danu u toku godine, padne u prosjeku 5,6 mm visok sloj vode po m², odnosno 56 000 litara po jednom hektaru. Od te količine, prosječno otiče 70%, tj. 3,9 litara dnevno sa površine od 1 m² (visina oticaja $Y = 3,9 \text{ l/m}^2$). Drugim riječima, tokom jednog prosječnog padavinskog dana, sa površine od 1 hektara (10 000 m²) otiče 39 200 litara atmosferske vode za 24 časa (39 200 l/dan/ha). Za 1 čas oticaj je 1 633,3 litra sa površine od 1 hektara (1633,3 l/h/ha), a za jedan sekun 0,45 litara (0,45 l/s/ha).

Prethodni proračuni se odnose na prosječan padavinski dan. Međutim, za ovakve analize su od značaja ekstremne količine padavine. U tabeli 5 date su vrijednosti oticaja za maksimalnu dnevnu količinu padavina za svaki mjesec posebno i na godišnjem nivou, i to u l/s/ha, jer se u hidrološkim proračunima oticaj izražava upravo pomenutom jedinicom mjere (l/s sa date površine).

Tabela 5. Visina oticaja (Y) sa površine od 1 hektara za maksimalnu dnevnu visinu padavina (X, mm) po mjesecima i na godišnjem nivou za date koeficijente oticaja (C), procijenjene za lokaciju Pljevalja (1951-2016)

Hidrološki parametri	Mjeseci												god
	jan	feb	mar	Apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
C	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
X	26.3	64.1	67.6	58.1	47.3	74.5	86.9	50.8	64.9	57.8	121.1	77.9	121.1
Y (l/s/ha)	2.4	5.9	5.5	4.7	3.8	5.2	6.0	3.5	5.3	4.7	9.8	7.2	9.8

Na godišnjem nivou, apsolutni dnevni maksimum padavina je 121,1 mm. Kada se ostvari pomenuta količina padavin (121,1 mm), za usvojeni godišnji koeficijent oticaja od 70%, visina

otica (Y) sa površine od 1 hektara iznosi 9,8 l/s/ha. Najmanji prosječni oticaj dobijen je za januar, oko 2,4 l/s/ha. Bez obzira na to što je u pitanju ekstremna situacija (uzimaju se ekstremne dnevne količine padavine), podatak od 2,4 l/s/ha mora se shvatiti sa rezervom, pošto je riječ o empirijskoj vrijednosti. Naime, januar je mjesec kada se padavine izlučuju i u obliku snijega, odnosno formira se sniježni pokrivač, a to znači da je redovna pojava nivalne retencije - padavinska voda je zadržana u sniježnom pokrivaču, pa otiče postepeno, sa otapanjem snijega. Sa druge strane, ukoliko dođe do naglog topljenja snijega, koje je istovremeno praćeno i pljuskovima kiše, oticanje vode može biti veće od 2,4 l/s/ha. Dakle, za vrijeme padavinskog dana, prosječni oticaj je 0,45 l/s/ha, a u najekstremnijoj situaciji, ukoliko se ostvari apsolutni dnevni maksimum padavina od 121,1 mm, prosječni oticaj je 9,8 l/s/ha. Ovi podaci imaju praktični značaj u procjeni rizika od poplava, jer što je veći oticaj, posebno u uslovima nižih temperatura (manjeg isparavanja vode), veći je rizik od poplava. Treba naglasiti da je vjerovatnoća da dnevno padne 100 mm i više padavina, koje bi dale oticaj do 9,8 l/s/ha, ravna 1,7%, što ukazuje da se radi o veoma rijetkom događaju.

5.1.5. Osunčavanje

Insolacija ili osunčavanje je količina energije koju emituju Sunčevi zraci ka Zemlji. To je bitan element u klimatologiji, pošto njegov intenzitet utiče na sve ostale meteorološke elemente koji su u vezi sa temperaturom (Burić i dr., 2007).

“Trajanje Sunčevog sjaja je proporcionalno veličini ugla pod kojim padaju Sunčevi zraci, a u obrnutom je odnosu sa oblačnošću. Takođe, osunčavanje zavisi i od konfiguracije terena, godišnjeg doba i drugih faktora. Faktor konfiguracije terena u Crnoj Gori jako je izražen kada je u pitanju trajanje osunčavanja, jer dolazi do njegovog znatnog smanjenja u konkavnim oblicima reljefa, kanjonskim dolinama i na osojnim stranama planina, a jedan od značajnijih uzroka smanjenja su i česte magle” (Burić i dr., 2007).

„Trajanje Sunčevog sjaja se može izraziti na dva načina:

- ❖ brojem časova koliko je Sunce stvarno sijalo u toku dana, u cijelim i desetim djelovima časa;

- ❖ preko odnosa stvarnog i potencijalnog trajanja osunčavanja, izraženo u procentima. To je relativno trajanje osunčavanja”.

“U klimatološkoj praksi se izračunava nekoliko veličina ovog elementa, najčešće:

- ❖ dužina stvarnog trajanja sijanja Sunca u časovima za datu vremensku jedinicu;
- ❖ potencijalno trajanje osunčavanja
- ❖ relativno trajanje osunčavanja”

“Potencijalno ili moguće trajanje osunčavanja je broj časova od izlaska do zalaska Sunca, odnosno vrijeme kada je Sunce u toku dana iznad horizonta, pod uslovom da nema oblačnosti” (Burić i dr., 2007).

Prosječna godišnja suma osunčavanja u Pljevljima iznosi 1666.0 časova. Poređenja radi, prosječna godišnja suma insolacije u Podgorici je 2477,1 čas, pa bi se moglo reći da Pljevlja nisu grad sa velikim osunčavanjem. Dakle, u Pljevljima je prosječno godišnje osunčavanje kraće za 811 časova nego u Podgorici, a to je posledica kotlinskog karaktera mjesta, odnosno veće oblačnosti i mnogo češćih magli u Pljevljima. Najkraća insolacija u Pljevljima je u toku zimskih mjeseci, a minimum je u decembru 1,3 časa dnevno. Idući od zimskog ka ljetnjem godišnjem dobu, povećava se. Mjesec jul dominira, kada je u pitanju dužina osunčanosti, prosječno 240,9 časova, ali odmah za njim slijedi avgust, koji se takođe odlikuje većom dužinom osunčavanja (tabela 6).

U periodu 1954-2016. najsunčanija godina bila je 2012. sa 1978,9 časova, dok je 1996. imala najmanje osunčavanja, sa 1378,4 časova. Ekstremne vrijednosti imaju jul i decembar. Minimalno trajanje sijanja Sunca u julu, iznosi 169,0 časova, a maksimum za ovaj mjesec je 327,4 časa. U decembru je maksimalno trajanje sijanja Sunca 126,5 časova, a minimalno svega 1,3 časa (tabela 6). Podsjećanja radi, prosječno dnevno osunčavanje u Pljevljima u decembru mjesecu iznosi 1,3 časa, a decembar 1969. godine imao je ukupno samo 1,3 časa sijanja Sunca. Tako kratko osunčavanje tokom cijelog mjeseca, posledica je velike oblačnosti, jer je decembar 1969. godine imao prosječnu oblačnost u Pljevljima od 93% (9,3/10 pokrivenosti vidljivog nebeskog svoda). Drugim riječima, decembar 1969. godine bio je najoblačniji mjesec u ovom gradu za posmatrani period (1954-2016).

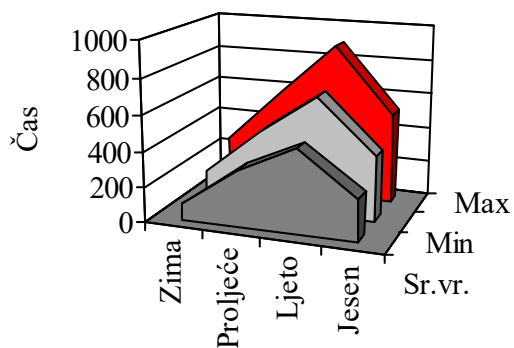
Tabela 6. Mjesečne i godišnje sume osunčavanja u Pljevljima za period 1954-2016.

Osunčavanje (čas)	Mjeseci												god.
	Jan	feb	mar	Apr	maj	Jun	jul	avg	sep	okt	nov	Dec	
Sr.vr.	54.3	84.1	127.2	145.5	174.7	197.5	240.9	231.6	166.9	131.0	71.4	40.9	1666.0
Max	95.5	154.2	200.9	249.6	284.1	291.6	327.4	324.3	274.3	222.1	130.1	126.5	1978.9
Min	15.2	21.7	65.0	85.1	82.3	113.8	169.0	132.8	92.6	68.8	23.9	1.3	1378.4

Na osnovu podataka sa slike 8, može se zaključiti sledeće:

- Tokom ljeta je broj časova sijanja Sunca najveći (prosječno 670,0), sa maksimumom od 889,9 časova (2012. god.).
- Proljeće je odmah iza ljeta po broju časova sijanja Sunca – prosječno 447,4 časa.
- Jesen ima kraće trajanje sijanja Sunca u odnosu na proljeće. U prosjeku, tokom jeseni Sunce sija 369,3 časa.

Zima ima najkraće trajanje sijanja Sunca, prosječno 178,7, a minimum za ovo godišnje doba je svega 89,2 časa (1984. god.).



	Zima	Proljeće	Ljeto	Jesen
Min	89.2	319.6	469.2	242.3
Sr.vr.	178.7	447.4	670.0	369.3
Max	282.8	599.7	889.9	517.0

Slika 8. Osunčavanje po godišnjim dobima u Pljevljima, period 1954-2016.

5.1.6. Oblačnost

Oblačnost je stepen pokrivenosti vidljivog nebeskog svoda oblacima, izražen u osminama, desetinama ili procentima. Ne postoji instrument za mjerenje oblačnosti, već se određuje vizuelno. Oblaci su skupovi vodenih kapljica i sitnih čestica leda formiranih sublimacijom i kondenzacijom vodene pare u atmosferi. Fizički sastav oblaka i magle je sličan, ali se razlikuju po mestu nastanka i veličini kapljica. Ascedentna strujanja vazduha su važna za formiranje oblaka, dok je vazduh iznad zemlje mirniji pri stvaranju magle. Oblačnost utiče na klimu, dnevne temperature, osunčavanje i protivzračenje atmosfere. Veća oblačnost smanjuje dnevna kolebanja temperature i ima ulogu u regulaciji toplote (Burić i dr., 2007).

Prosječna godišnja oblačnost u Pljevljima iznosi 6,1 desetina ili 61% pokrivenosti neba oblacima, što je za oko 14% više u odnosu na Podgoricu, u kojoj je prosječna godišnja oblačnost 47%. Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da se Pljevlja, iako imaju relativno malu godišnju količinu padavina (789,7 mm), odlikuju velikom oblačnošću. Dakle, kako ističu Burić i dr. (2013, 2014), paradoksalno, ali istinito, jeste da su Pljevlja grad sa najvećom oblačnošću i najmanjom količinom padavina u Crnoj Gori.

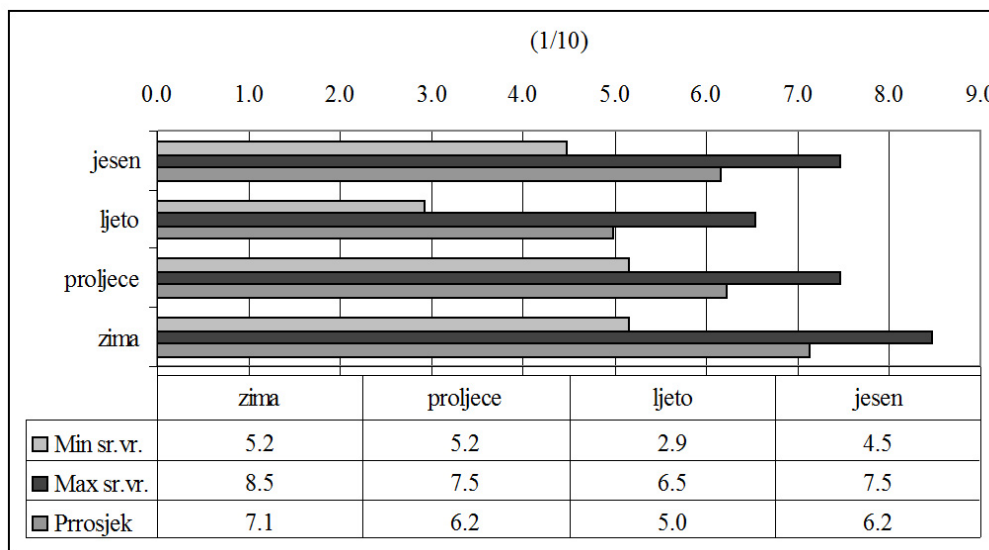
Najveća oblačnost je u decembru mjesecu, kada je prosječno 75% neba pokriveno oblacima. Maksimalna oblačnost za ovaj mjesec zabilježena je 1952. godine, iznosila je 95%, a minimalna srednja mjesečna oblačnost za decembar od 44% registrovana je 2016. godine (tabela 7). Za posmatrani period (1951-2016), najvedriji mjeseci u Pljevljima su jul i avgust sa 47 i 46% prosječne oblačnosti. Naravno, treba uzeti u obzir činjenicu da se oblačnost ne mjeri instrumentima, već vizuelno – od strane osmatrača, kao i to da količina oblaka uključuje visoke oblake koji su tanki i providni, kao i oni koji su udaljeni od zemlja i na stazi kojom putuju Sunčevi zraci, te dobijene vrijednosti treba posmatrati u tom kontekstu.

Tabela 7. Prosječne, maksimalne i minimalne srednje mjesečne i godišnje vrijednosti oblačnosti (u 10-ma) u Pljevljima za period 1951-2016.

Oblačnost (1/10)	Mjeseci												god.
	jan	feb	mar	Apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Sr.vr.	7.2	6.7	6.2	6.3	6.1	5.6	4.7	4.6	5.5	6.0	6.9	7.5	6.1
Max	8.5	8.5	8.3	8.1	8.5	7.7	6.7	7.7	7.8	8.0	9.0	9.5	7.0
Min	4.7	3.8	3.6	3.9	4.5	3.0	2.1	2.0	1.7	2.8	4.5	4.4	5.3

Što se tiče godišnjih doba, svakako da je zimi u Pljevljima najveća oblačnost-7,1 desetina. U prelaznim godišnjim dobima, proljeće i jesen, prosječno je 62% vidljivog nebeskog svoda pokriveno oblacima. Najmanja oblačnost je ljeti-5,0 desetina, a poređenja radi, u Podgorici je ljeti svega 32% neba pokriveno oblacima, pa se može reći da se Podgorica odlikuje malom oblačnošću, odnosno velikom vedrinom neba, za razliku od Pljevalja (slika 9).

Prema klasifikaciji, oblačno vrijeme je sa oblačnošću većom od 80%, vedro kada je oblačnost manja od 20%, a umjereno oblačno kada je 20-80% vidljivog nebeskog svoda pokriveno oblacima (Burić i dr., 2007). Na osnovu prethodno izloženog, može se konstatovati da Pljevlja imaju prosječno umjerenu količinu oblačnosti, ali u većem dijelu godine na gornjoj granici klase umjereno oblačno.



Slika 9. Prosječne, maksimalne i minimalne srednje sezonske vrijednosti oblačnosti (u 10-ma) u Pljevljima za period 1951-2016.

Jedan od razloga povećane oblačnosti u Pljevljima u odnosu na ostali dio Crne Gore, jeste zatvorenost kotline i veliki broj tišina (perioda bez vjetra). Naime, vazduh koji se uzdiže uz planinske strane hladi se, a to dovodi do povećanja njegove vlažnosti, odnosno primicanja temperaturi tačke rose. Uz to, a kako je slabo provjetravanje vazduha koje bi uslovljavalo smanjenje sadržaja vodene pare, stvaraju se povoljniji uslovi za obrazovanje oblaka iznad Pljevalja u odnosu na veći dio Crne Gore.

5.1.7. Vlažnost vazduha

Vodena para čini vazduh vlažnim i predstavlja veoma važan meteorološki element. Ona direktno ili indirektno utiče na mnoge atmosferske procese. Pored toga, vlažnost vazduha je od velike važnosti za ljudski život, zdravlje, raspoloženje i radne sposobnosti. Optimalna vlažnost za ljudski organizam pri temperaturi vazduha od 20 do 22°C iznosi oko 55 do 60%. Visoka vlažnost vazduha i temperatura (omorina, sparina) veoma nepovoljno utiču na zdravlje i raspoloženje ljudi (Burić i dr., 2007).

„Vlažnost vazduha se može izraziti pomoću nekoliko veličina. To su: apsolutna i specifična vlaga, napon vodene pare, deficit zasićenosti, relativna vlažnost i tačka rose. Za svakodnevne potrebe najviše se koristi relativna vlažnost vazduha, koja predstavlja odnos stvarnog i maksimalnog napona vodene pare, a izražava se u procentima” (Dukić, 1999).

Prosječna godišnja relativna vlažnost vazduha u Pljevljima je 75,3%. Najveću relativnu vlažnost vazduha ima mjesec decembar, prosječno 84,0%, a najmanju avgust sa 70,2% (tabela 8). Najveća godišnja relativna vlažnost vazduha u posmatranom periodu zabilježena je 1976. godine, sa prosječnom vrijednošću od 80,9%, dok je najniža zabilježena 1951. godine, sa prosječnom vrijednošću od 70,4%. To znači da je varijacija prosječne godišnje vlažnosti iznosila 10,5%. Najvišu prosječnu mjesečnu relativnu vlažnost vazduha imao je decembar 2015. godine, sa 92,8%, dok je najnižu imao avgust 2012. godine, sa 53,8% (tabela 8).

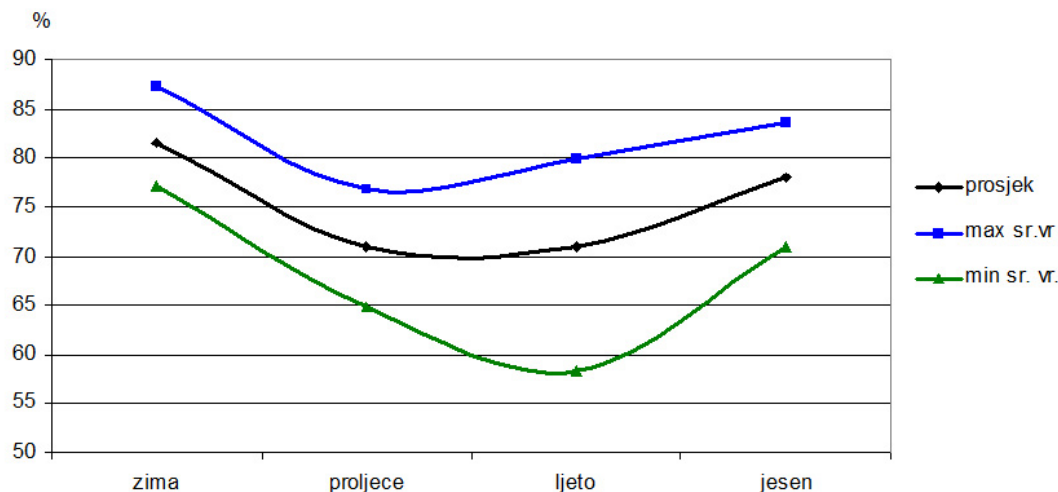
Tabela 8. Srednje vrijednosti (mjesečne i godišnje) relativne vlažnosti u % za Pljevlja (1951-2016)

Relativna vlažnost u %	Mjeseci												god.
	jan	Feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	
Prosjek	82.8	77.7	72.5	69.6	70.7	72.0	70.5	70.2	75.2	77.8	81.0	84.0	75.3
Max sr. vr.	88.2	90.3	80.1	79.4	78.4	79.4	78.9	82.7	86.3	84.4	91.0	92.8	80.9
Min sr.v r.	75.7	69.3	61.5	58.7	59.2	60.3	56.2	53.8	59.2	66.0	69.7	73.9	70.4

Na osnovu podataka može se zaključiti da je relativna vlažnost vazduha u Pljevljima visoka. Međutim, na osnovu ovih vrijednosti ne može se reći da Pljevlja imaju “vlažno vrijeme”, zbog kojeg ljudi osjećaju omorinu, sparinu. Sparno vrijeme nastaje kada su temperatura i relativna vlažnost vazduha visoke. U takvim uslovima kod ljudi se pojačava osjećaj toplote ili se stiče utisak da je temperatura vazduha visa nego što pokazuje termometar (Burić i dr., 2007).

“Sadržaj vodene pare u vazduhu se mijenja, odnosno zavisi od niza faktora: temperature vazduha, temperature podloge sa koje voda isparava, vjetra, količine i učestalosti padavina, itd. Najveći značaj od svih ima temperatura vazduha. Sa povećanjem temperature vazduha povećava se i njegova sposobnost primanja vodene pare”.

Kao što se može vidjeti na slici, najmanja relativna vlažnost vazduha u Pljevljima je ljeti (prosečno 70,9%), kada su temperature vazduha najviše. Zimi je najveća (prosečno 81,6%), što je povezano sa nižim temperaturama vazduha i češćim padavinama. Međutim, to ne znači da zimi ima više vodene pare u vazduhu nego ljeti, kako ističu Burić i dr. (2007), već da zimi ima manje vodene pare u vazduhu nego ljeti, ali je zbog nižih temperatura vazduh zasićeniji vodenom parom nego ljeti.



Slika 10. Srednje vrijednosti relativne vlažnosti po godišnjim dobima u % za Pljevlja (1951-2016)

“U klimatološkoj praksi vrijeme je *suvo* ako je relativna vlažnost manja od 55%, *umjereno suvo* kada je relativna vlažnost između 55 i 74%, *vlažno* ako je relativna vlažnost između 74 i 90% i *veoma vlažno* ako je relativna vlažnost veća od 90%” (Dukić, 1999).

Na osnovu prosječnih vrijednosti relativne vlage u Pljevljima, konstatuje se sljedeće:

- ✓ Prema prosječnoj godišnjoj vrijednosti (75,3%), vazduh Pljevalja može se okarakterisati kao *vlažan*, ali na donjoj granici pomenute klase.
- ✓ Šest mjeseci u toku godine - od marta do avgusta - vazduh je *umjereno suv*, ali na gornjoj granici te klase.
- ✓ Period od septembra do februara (preostalih šest mjeseci), vazduh u Pljevljima ocjenjuje se kao *vlažan*.

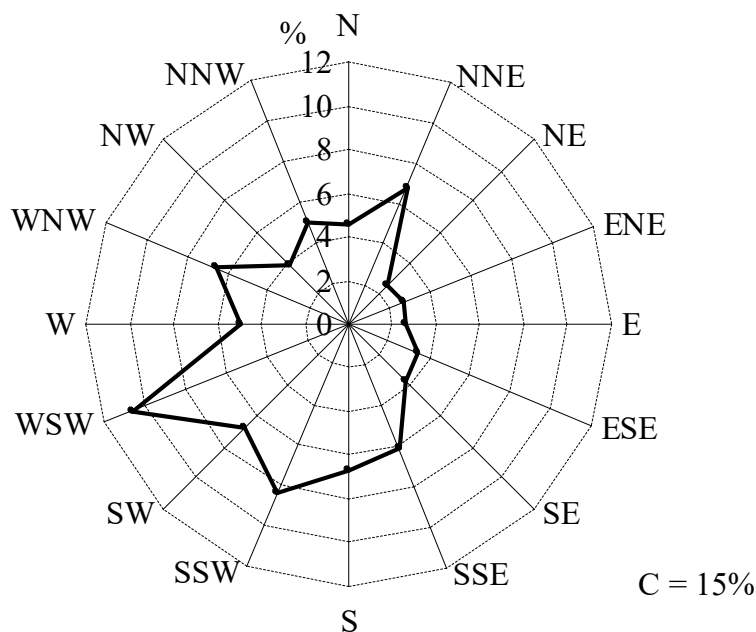
5.1.8. Vjetar

Vjetar je kretanje vazduha u horizontalnom pravcu koje nastaje zbog razlika u vazдушnom pritisku na Zemljinoj površini. Brzina vjetra predstavlja pređeni put vazdušnih čestica u jedinici vremena i izražava se u različitim jedinicama. Jačina vjetra se određuje po Boforovoj skali koja

ima 13 stepeni. Pravac i brzina vjetra zavise od raspodjele vazdušnog pritiska, intenziteta barometarskog gradijenta i oblika topografije. Lokalni vjetrovi su karakteristični za mnoge krajeve, kao što su bura, jugo, sjever. Čestine pravaca vjetra se obično prikazuju u procentima ili promilima, a tišina se označava sa "C". Ruže vjetrova se koriste za grafičko predstavljanje čestina i brzina vjetrova (Burić i dr., 2007).

U Pljevljima najčešće duva zapadni-jugozapadni vjetar (WSW), dok je najrjeđi sjeveroistočni vjetar (NE). Godišnja ruža pravaca vjetra, računata za satne termine anemografa na meteo stanici u Pljevljima, pokazuje da je WSW zastupljen sa 10.6%, a NE sa 2.5%. Pljevlja registruju i veliki broj tišina u toku godine, oko 15% (slika 11).

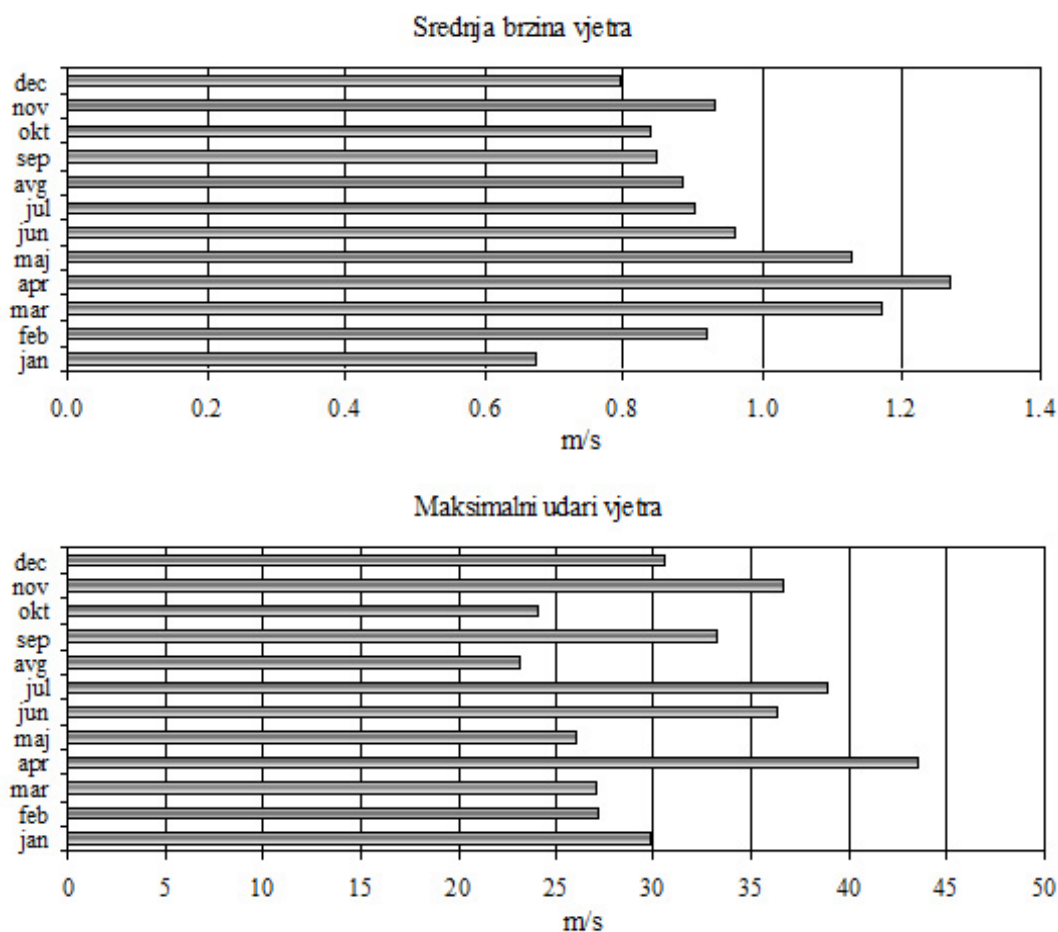
RUŽA VJETROVA IZ 16 PRAVACA (učestalost u %)



Slika 11. Godišnja ruža učestalosti pravaca vjetrova za Pljevlja (period 1993-2003)

Pomenuto je da Pljevlja imaju oko 15% tišina u toku godine. Treba istaći da u Pljevljima i kada ima vjetra, uglavnom duva manjom brzinom nego gotovo u svim ostalim mjernim mjestima u Crnoj Gori. Srednja mjesečna brzina vjetra rijetko prelazi 1 m/s. Odnosno, u periodu mart - jun, srednja mjesečna brzina vjetra je između 1.0 - 1.3 m/s. Tokom ostalih 8 mjeseci u godini, srednja mjesečna brzina vjetra je manja od 1 m/s. Uzrok velikog broja tišina i vjetra malih brzina je topografija terena, odnosno kotlinski karakter. Moglo bi se zaključiti da Pljevlja imaju slabo

provjetravanje, pa je to i jedan od ključnih razloga česte magle i povećane koncentracije zagađujućih materija - PM i drugih čestica. Kada je u pitanju udarnost vjetra, podaci pokazuju da se ona kreće od 23.2 m/s (avgust) do 43.6 m/s (april). Maksimalni udar vjetra od 43.6 m/s registrovan je iz sjevernog smjera (N) (slika 12).



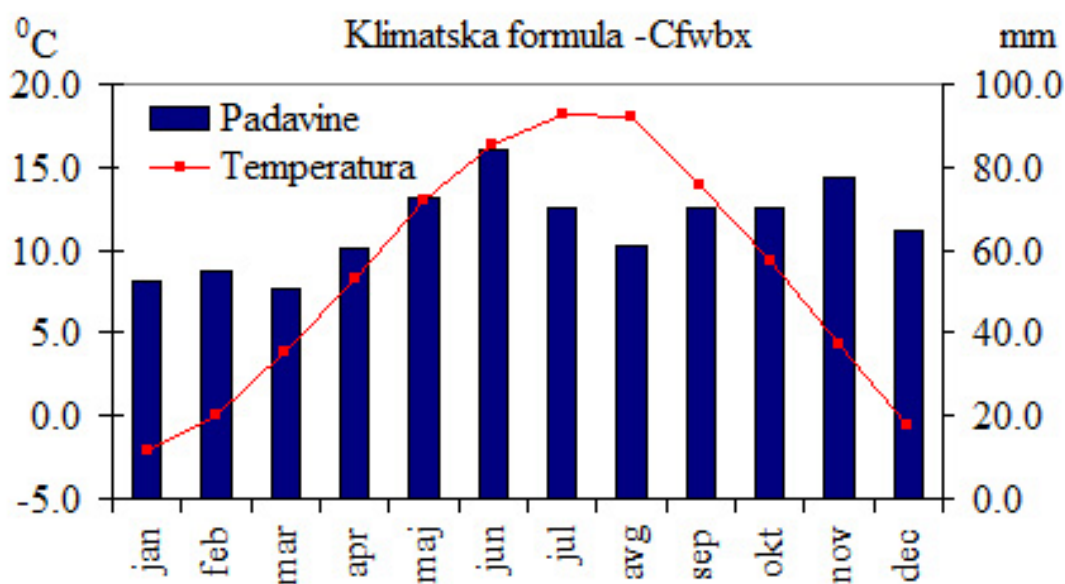
Slika 12. Srednja brzina (gore) i maksimalni udari (dolje) vjetra u Pljevljima za period 1981-2016.

5.1.9. Kepenova klasifikacija klime za Pljevlja

„Sva istraživanja klime imaju za cilj da što preciznije prikažu ili opišu klimu nekog mjesta ili teritorije. Često se to radi na prekomjerno komplikovan način. Da bi se to pojednostavilo, može se koristiti klimatska formula koju je uveo njemački klimatolog W. Koppen. Njegova klasifikacija klime na Zemlji je do sada najbolja i najuspješnija. Kepen je klasifikovao sve klime na Zemlji u tri nivoa - klimate, tipove i podtipove. Postoji 5 osnovnih klimata ili razreda prema Kepenu: A -

Tropski kišni, B - Suvi, C - Umjereno topli kišni, D - Umjereno hladni ili borealni i E - Hladni klimat. Svaki od ovih razreda ima nekoliko tipova klime, a svaki tip ima nekoliko podtipova” (Dukić, 1999).

Na temelju prosječnih mjesečnih i godišnjih vrijednosti temperature vazduha i suma padavina, a koristeći Kepenove principe, klimatska formula Pljevalja je **Cfwbx** (slika 13). Oznaka **C** pokazuje da je u Pljevljima zastupljen umjereno topli klimat sa prosječnom temperaturom najhladnijeg mjeseca u godini između -3°C i 18°C .



Slika 13. Klimagram Pljevalja za period 1951-2016.

Godišnja suma padavina prilično je jednako raspoređena na sve mjesece, pa se Pljevljima može dodijeliti oznaka **f**, a to je umjereno vlažni tip klime. Dakle, za sada je određen klimat (oznaka C) i tip klime (oznaka f) za Pljevalja. U cilju preciznijeg definisanja klimatske formule Pljevalja, određen je podtip i varijetet klime za ovaj grad. Kao što je već navedeno, količina padavina u Pljevljima je prilično ravnomjerno raspoređena tokom svih mjeseci. Ipak, ljetnja suma padavina malo je veća od zimske, a pokazatelj takvog režima padavina označava se sa oznakom **w** (podtip klime). Mjesta u Crnoj Gori koja imaju odlike ovog podtipa klime, a to su krajnji sjeverni i sjeveroistočni djelovi države, dobijaju najmanje padavina u prosječnoj godini – oko 800-850 lit/ m^2 /god. U Pljevljima je prosječna temperatura najtoplijeg mjeseca (jul) manja od 22°C , odnosno

iznosi 18,2⁰C, ali 5 mjeseci u ovom gradu ima prosječnu temperaturu višu od 10⁰C (period maj–septembar). Ovakav podtip klime označava se oznakom **b**, a ukazuje na toplo ljeto.

Najzad, peto slovo označava varijetet klime u Pljevljima – oznaka *x*. U Pljevljima se najviše padavina javlja u rano ljeto, sa primarnim junskim maksimumom (oznaka *x*), dok je minimalna količina padavina krajem zime ili početkom proljeća, u martu. Ovo je karakteristično za kontinentalni pluviometrijski režim. Godišnja suma padavina takođe odražava kontinentalne karakteristike podneblja – manja je nego u predjelima sa maritimnim pluviometrijskim režimom padavina (primorski i centralni dio Crne Gore). Dakle, klimatska formula Pljevalja je **Cfwbx**, a to je umjereno topla i vlažna klima.

6. DETEKCIJA KLIMATSKIH PROMJENA U PLJEVLJIMA

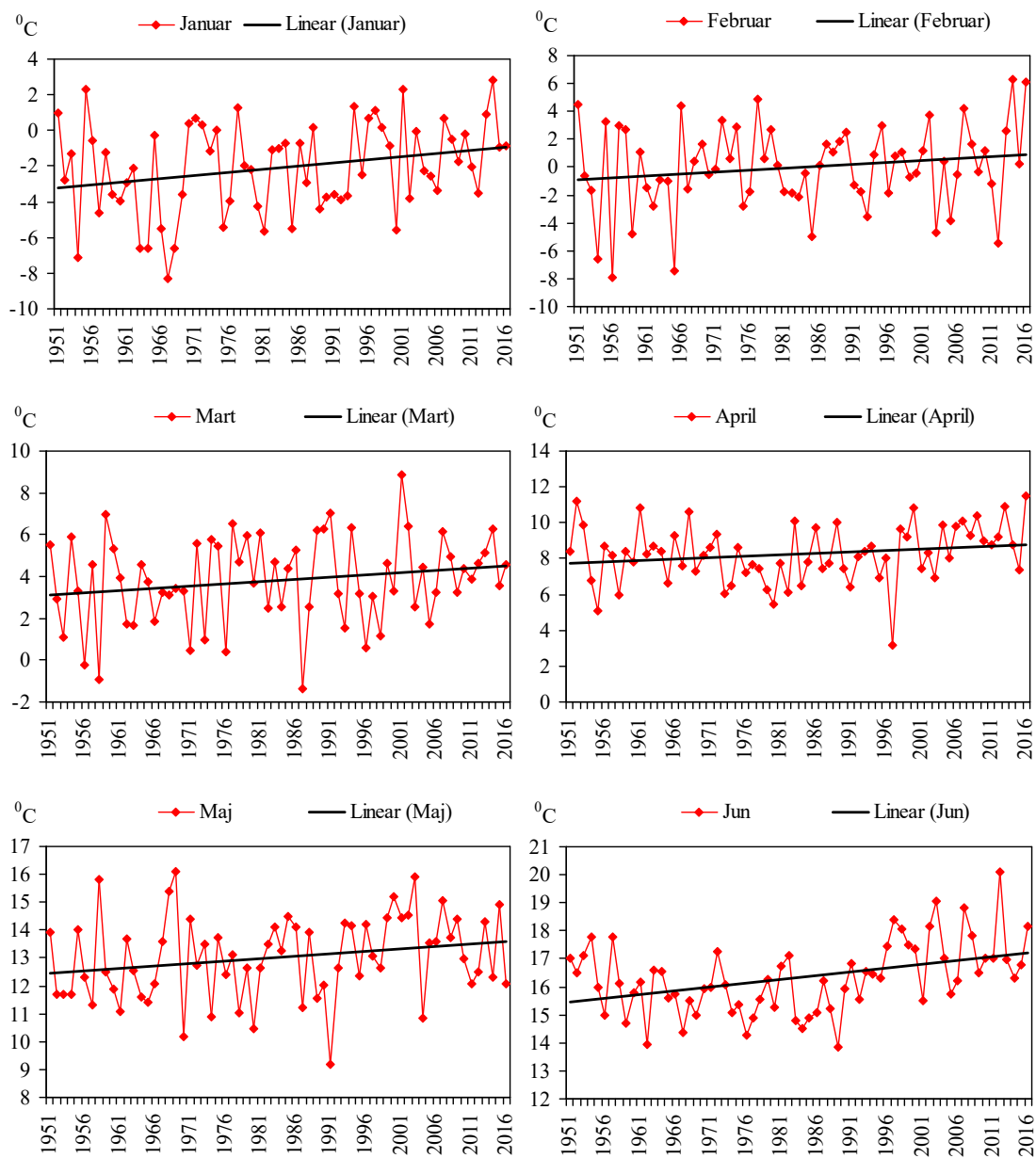
6.1. Trend temperature vazduha

Na mjesečnom nivou, proračuni trenda su pokazali da postoji porast temperature u svim mjesecima. Najbrže raste srednja temperatura u januaru, $0,36^{\circ}\text{C}$ po dekadi, a najsporiji porast registruju novembar i decembar, $0,02$ i $0,01^{\circ}\text{C}$ po dekadi (tabela 9). Pored novembra i decembra, trend rasta srednjih mjesečnih temperatura je minoran i u februaru, martu i septembru, dok preostali mjeseci registruju znatno zagrijavanje. Primjera radi, u julu je porast temperature od $0,35^{\circ}\text{C}/\text{dekadi}$ značajan na najvišem nivou prihvatanja hipoteze ($p < 0.001$), a u aprilu i oktobru ($0,20^{\circ}\text{C}$ i $0,18^{\circ}\text{C}$ po dekadi) na najnižem ($p < 0.1$). Srednja godišnja temperatura značajno raste po stopi trenda od $0,21^{\circ}\text{C}$ po dekadi. Kada su sezonske vrijednosti u pitanju, najintenzivnije zagrijavanje registruje se zimi i ljeti, $0,35^{\circ}\text{C}$ i $0,32^{\circ}\text{C}$ po dekadi. Na grafičkim priložima (slike 14-16) data je linija linearnog trenda, koja jasno pokazuje porast temperature na svim vremenskim jedinicama (mjesec, sezona, godina).

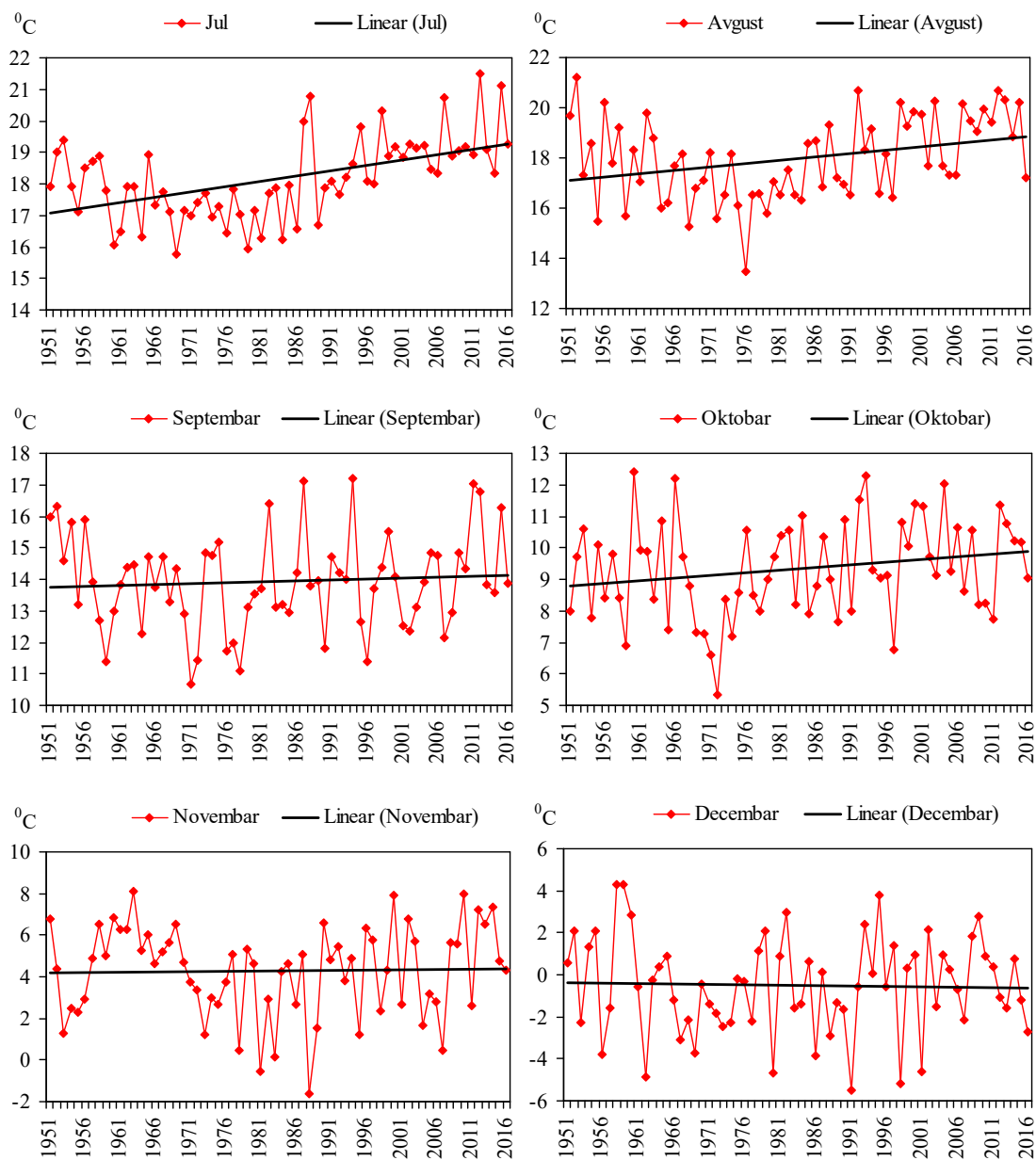
Tabela 9. Trend srednje temperature u Pljevljima (1951-2016)

	Trend ($^{\circ}\text{C}/\text{dekadi}$)	Statistička značajnost trenda ¹
Januar	0.36	*
Februar	0.23	ne
Mart	0.20	ne
April	0.20	+
Maj	0.21	*
Jun	0.26	**
Jul	0.35	***
Avgust	0.31	**
Septembar	0.04	ne
Oktobar	0.18	+
Novembar	0.02	ne
Decembar	0.01	ne
Godina	0.21	***
Zima	0.35	***
Proljeće	0.18	**
Ljeto	0.32	***
Jesen	0.07	ne

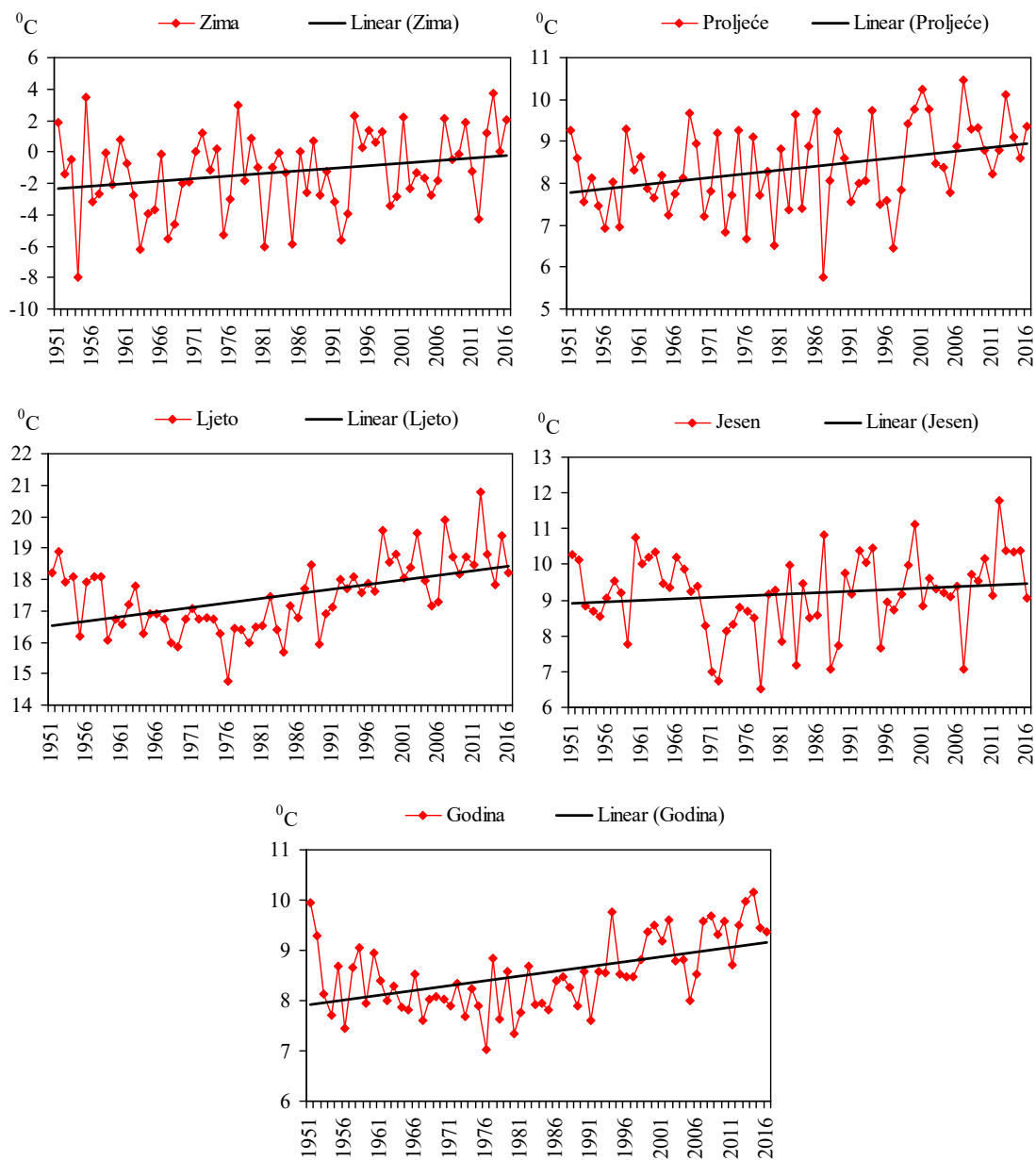
¹*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ i + $p < 0.1$



Slika 14. Kolebanje i trend srednjih mjesečnih temperatura u Pljevljima za period januar-jun (1951-2016)



Slika 15. Kolebanje i trend srednjih mjesečnih temperatura u Pljevljima za period jul-decembar (1951-2016)



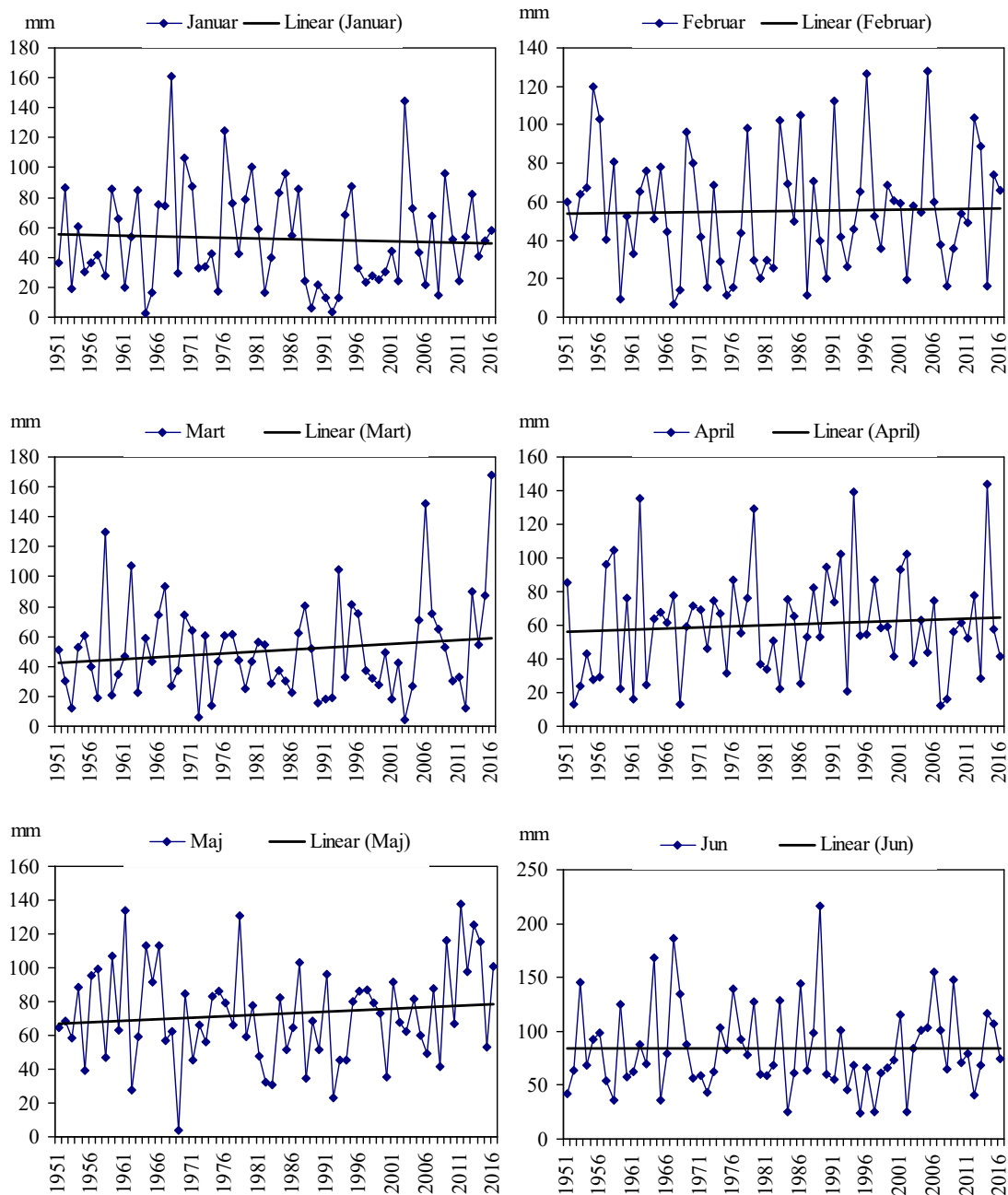
Slika 16. Kolebanje i trend srednjih sezonskih i godišnjih temperatura u Pljevljima (1951-2016)

6.2. Trend količine padavina

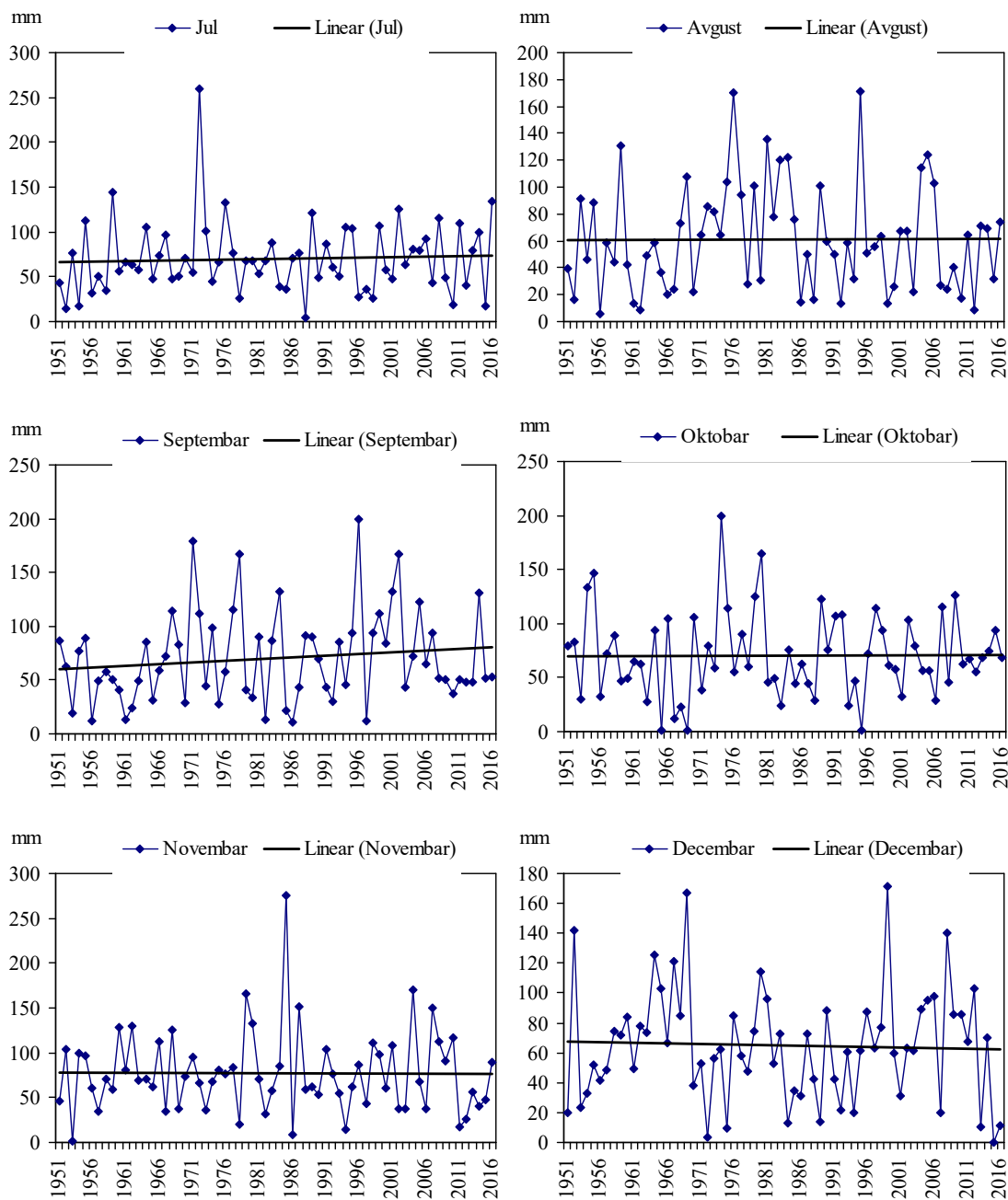
Analiza trenda mjesečnih, sezonskih i godišnjih suma padavina u Pljevljima pokazala je da promjene postoje, ali su statistički beznačajne za sve vremenske jedinice (tabela 10). Januar i novembar su jedina dva mjeseca koja registruju tendenciju smanjenja padavina u periodu 1951-2016. U svim ostalim slučajevima trend je pozitivan (blagi porast količine padavina). Na mjesečnom nivou, najveći porast količine padavina registruju jul i septembar: 2,34 mm i 2,75 mm po dekadi. Trend porasta godišnjih količina padavina je 10,75 mm po dekadi. Kada su sezone u pitanju, proljeće i ljetne sume padavina rastu po gotovo istoj stopi trenda (4,80 mm i 4,78 mm po dekadi). Na slikama 17. do 19. prikazana je linija trenda suma padavina po mjesečnom, sezonskom i godišnjem intervalu u Pljevljima za period 1951-2016.

Tabela 10. Trend padavina u Pljevljima (1951-2016)

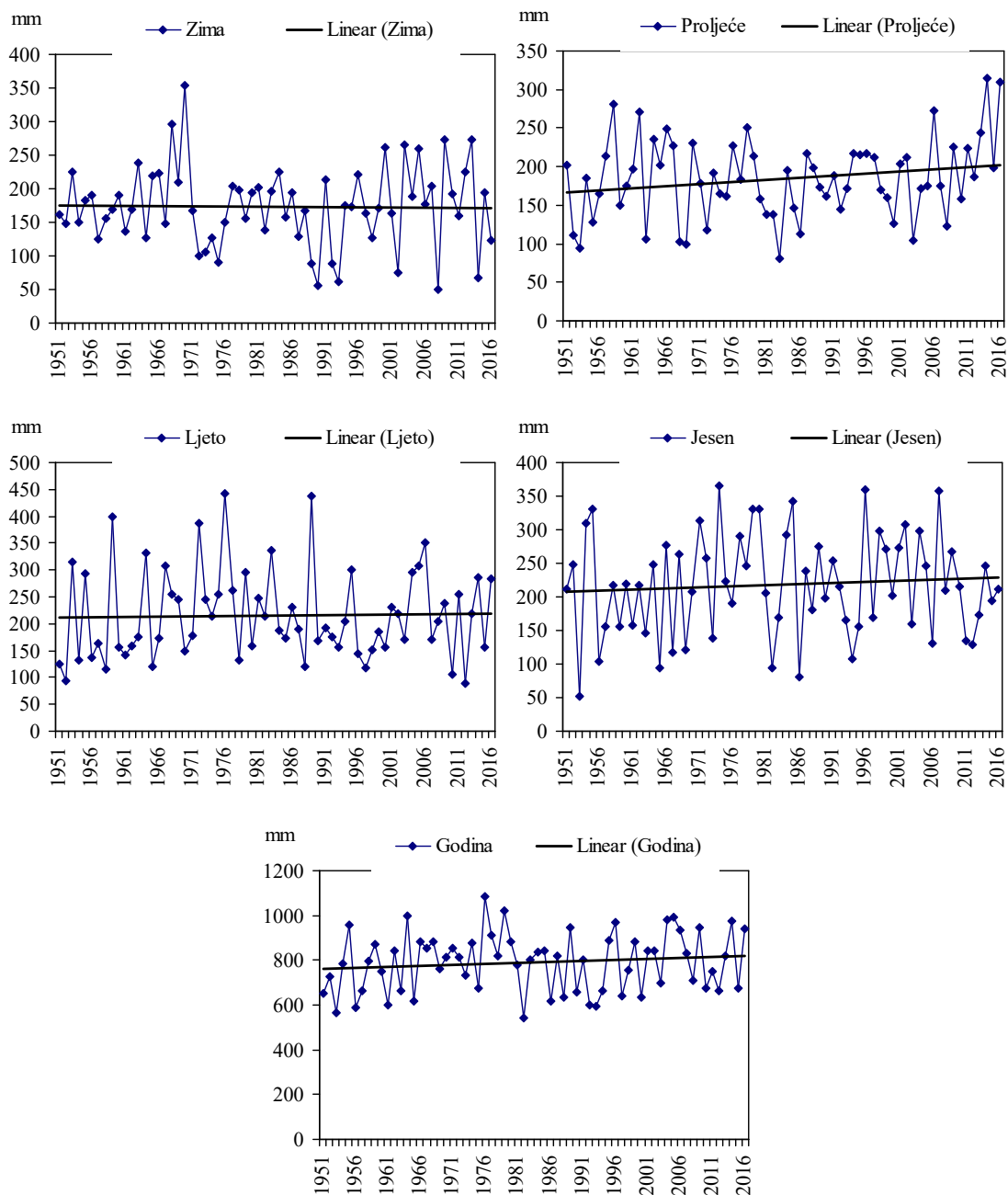
	Trend (mm/dekadi)	Statistička značajnost trenda
Januar	-0.57	ne
Februar	0.50	ne
Mart	1.50	ne
April	1.31	ne
Maj	1.53	ne
Jun	1.24	ne
Jul	2.34	ne
Avgust	0.93	ne
Septembar	2.75	ne
Oktober	1.00	ne
Novembar	-1.19	ne
Decembar	0.44	ne
Godina	10.75	ne
Zima	1.00	ne
Proljeće	4.80	ne
Ljeto	4.78	ne
Jesen	3.07	ne



Slika 17. Kolebanje i trend mjesečnih padavina u Pljevljima za period januar-jun (1951-2016)



Slika 18. Kolebanje i trend mjesečnih padavina u Pljevljima za period jul-decembar (1951-2016)



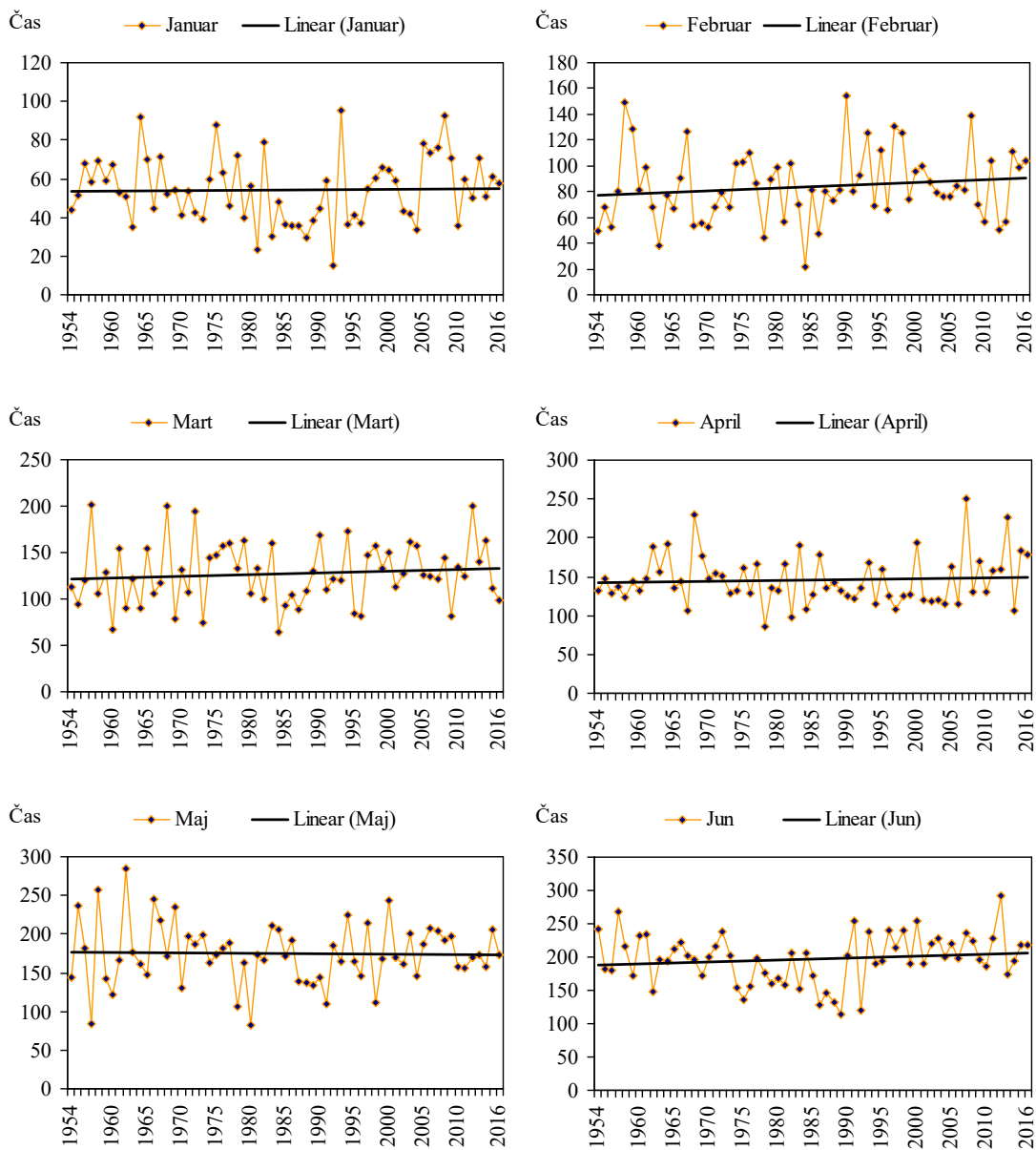
Slika 19. Kolebanje i trend sezonskih i godišnjih padavina u Pljevljima (1951-2016)

6.3. Trend osunčavanja

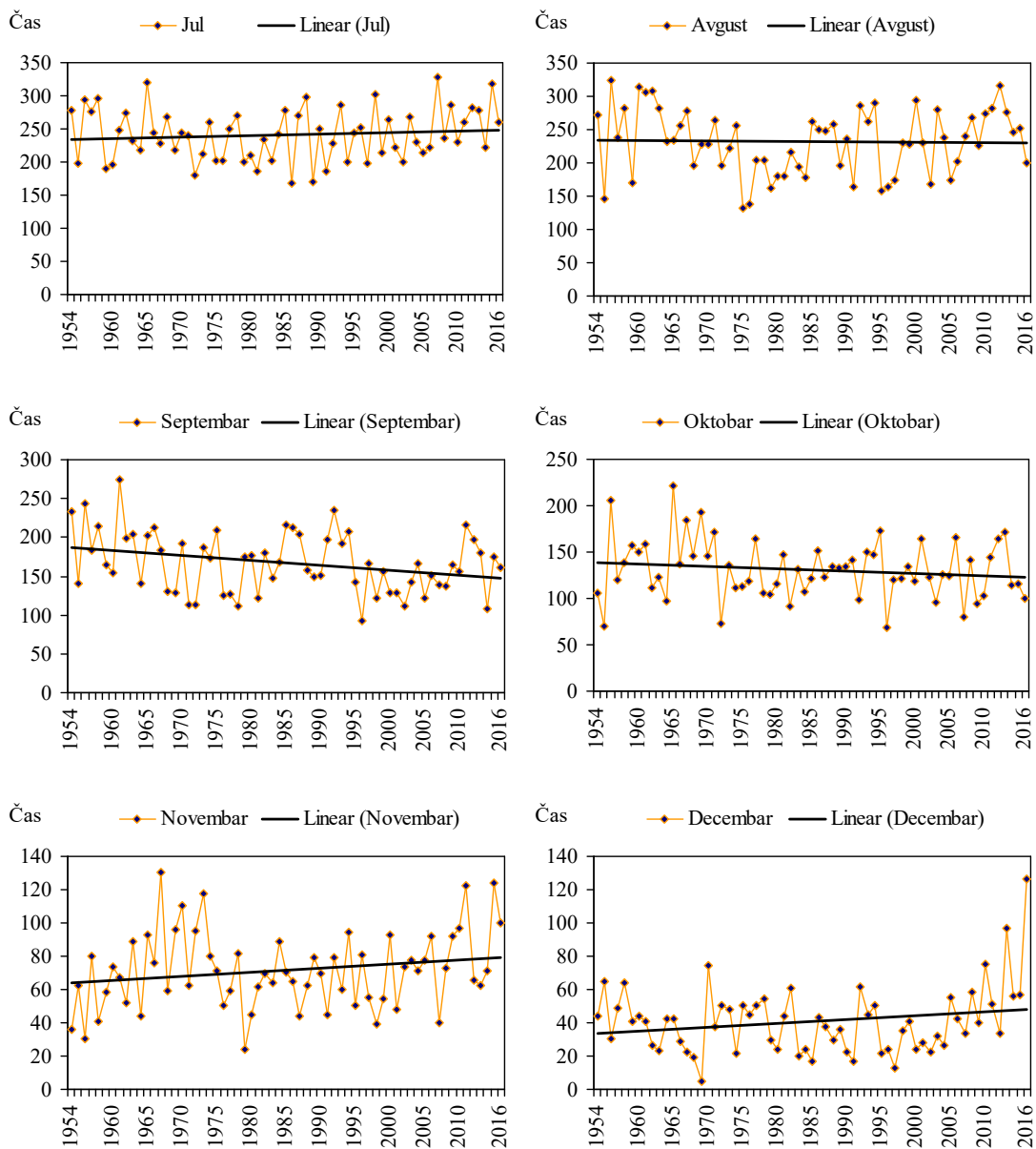
Podaci o trajanju sijanja sunca bili su dostupni za period 1954-2016. Međutim, u pitanju je 63-godišnji period koji je više nego dovoljno dug za proračun trenda i donošenje ozbiljnih zaključaka o promjeni osunčavanja u Pljevljima. Tokom godine, april i period avgust-oktobar pokazuju smanjenje osunčavanja, dok je u svim ostalim mjesecima prisutan pozitivan trend (tabela 11), što znači da postoji tendencija ka dužem sijanju sunca. Jedini mjesec koji pokazuje značajno smanjenje osunčavanja u periodu 1954-2016. jeste septembar (-6,06 časova po dekadi), ali na najnižem nivou prihvatanja hipoteze ($p < 0.1$). Ipak, na godišnjem nivou osunčavanje se povećava po stopi trenda od 3,76 časova po dekadi. Pozitivna tendencija prisutna je tokom zime, proljeća i ljeta, dok jesenje sume osunčavanja registruju trend smanjenja sijanja sunca od 5,44 časa po dekadi. Na slikama 20. do 22. prikazana je linija trenda mjesečnih, sezonskih i godišnjih suma osunčavanja u Pljevljima za period 1954-2016.

Tabela 11. Trend osunčavanja u Pljevljima (1954-2016)

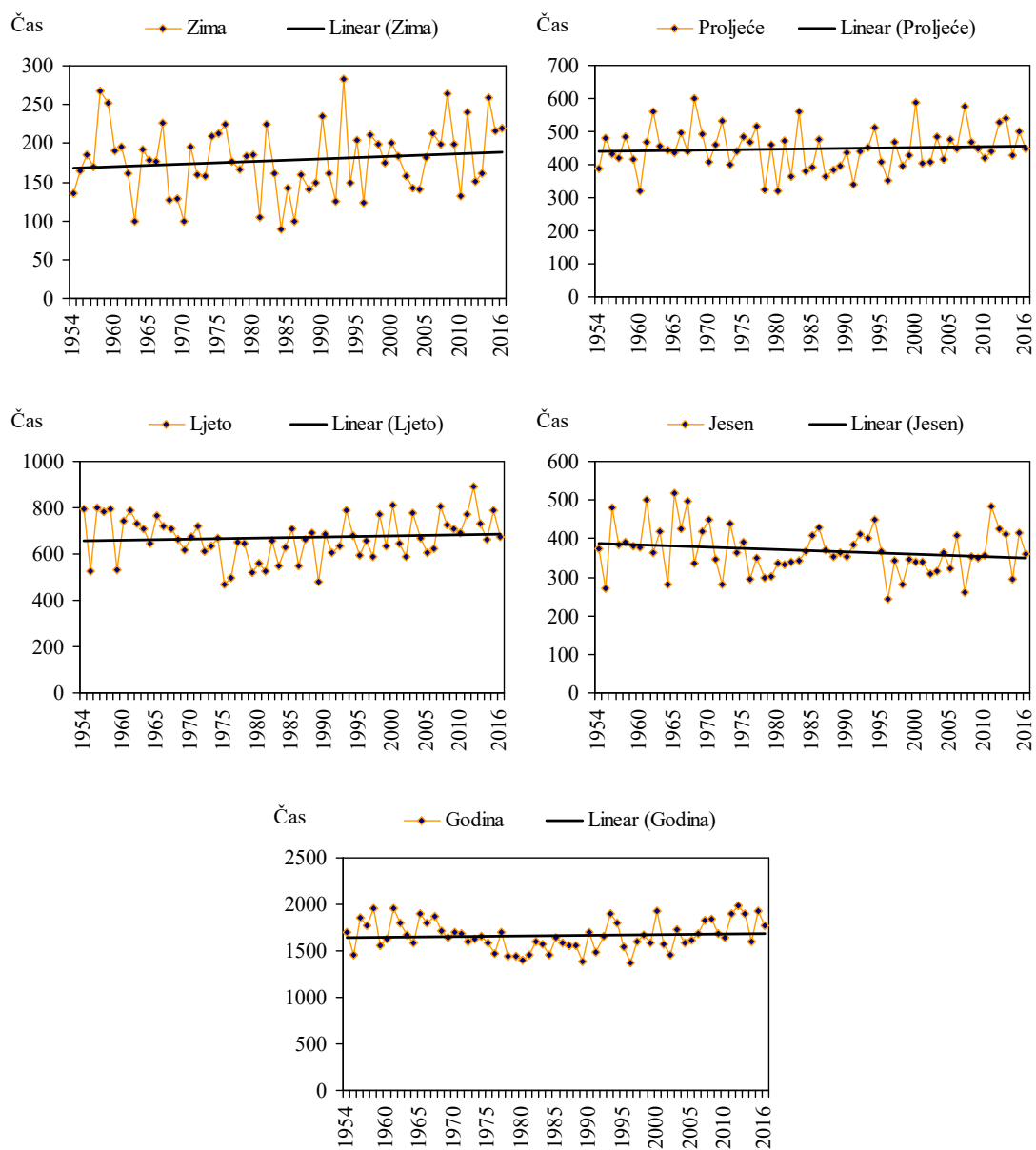
	Trend (čas/dekadi)	Statistička značajnost trenda ¹
Januar	0.17	ne
Februar	2.47	ne
Mart	2.23	ne
April	-0.75	ne
Maj	0.12	ne
Jun	2.33	ne
Jul	2.26	ne
Avgust	-0.54	ne
Septembar	-6.06	*
Oktober	-2.14	ne
Novembar	2.72	ne
Decembar	1.04	ne
Godina	3.76	ne
Zima	3.43	ne
Proljeće	2.62	ne
Ljeto	1.81	ne
Jesen	-5.44	ne
¹ + $p < 0.1$		



Slika 20. Kolebanje i trend mjesečnih suma osunčavanja u Pljevljima za period januar-jun (1954-2016)



Slika 21. Kolebanje i trend mjesečnih suma osunčavanja u Pljevljima za period jul-decembar (1954-2016)



Slika 22. Kolebanje i trend sezonskih i godišnjih suma osunčavanja u Pljevljima (1954-2016)

7. SUNČEVA RADIJACIJA

7.1. Parametri praćenja sunčeve aktivnosti

Treba podsjetiti da Sunce daje Zemlji toplotu, svjetlost i energiju koja pokreće cijeli naš ekosistem. Ne bez razloga, obožavale su ga sve kulture kroz istoriju, ali još uvijek se mnogo toga ne zna o Suncu. Nekada se smatralo da je konstantno i nepromjenjivo, tek u modernim vremenima postalo je očigledno da je Sunce u stvari izuzetno dinamično. Naime, od pronalaska teleskopa znanje o Suncu je raslo i svakim novim otkrićem se bolje razumije ova zvijezda koja pokreće cjelokupnu "mašineriju" u atmosferi Zemlji i daje život našoj planeti. Antički period donosi prva ozbiljnija saznanja o Suncu, pa od tada i datira izraz "klima", koji je grčkog porijekla i u prvobitnom značenju se odnosi na upadni ugao sunčevih zraka. Što je ugao sunčevih zraka veći na datu površinu, to je i stepen zagrijanosti podloge veći, a od podloge se zagrijava prizemni sloj vazduha. Ovo ukazuje koliki je značaj sunčevog zračenja na klimu svakog mjesta. Drugim riječima, varijacije solarne aktivnosti mogu usloviti određene vremenske i klimatske promjene, odnosno uticati na međugodišnja kolebanja pa čak i na dugoročnu komponentu temperature, osunčavanja i drugih klimatskih elemenata. Istraživanja su pokazala da se varijacije sunčeve aktivnosti dešavaju u određenim ciklusima. Astronomi su shvatili da je broj sunčevih pjega cikličan i danas je 11-godišnji ciklus sunčeve varijacije najpoznatiji za koji se zna. Čuveni svjetski naučnik Milutin Milanković je dokazao snažnu korelaciju između smanjenje sunčeve aktivnosti i pleistocenih ledenih doba (Luković & Burić, 2023).

Danas je poznato da postoje i kratkoročne i dugoročne periodičnosti solarne aktivnosti. Godine 1843. Schwabe je otkrio 11-godišnju periodičnost u broju sunčevih pjega, a 1908. Hale je otkrio solarni ciklus u trajanju od 22 godine. Dugoročne periodičnosti aktivnosti Sunca kreću se od 25 do 250 godina (Charvátová & Střeštík, 1992; Tinsley 2023; Zharkova et al. 2023).

Postoji nekoliko pokazatelja (indeksa) koji ukazuju na varijabilnost Sunčeve radijacije, ali dva najčešće korišćena, koja su primjenjena i u ovom master radu, jesu: broj Sunčevih pjega (Sunspot Number) i AA indeks (indeks magnetne aktivnosti). Uticaj ciklusa broja sunčevih pjega na klimu Pljevalja, odnosno na temperaturu vazduha, osunčavanje i padavine, razmatraće se za period od 66. godina (1951-2016), a s obzirom na dostupnost podataka za AA indeks, koristiće se period od 53 godine (1951-2003). Za broj sunčevih pjega dostupne su srednje mjesečne vrijednosti,

a za AA indeks samo srednje godišnje vrijednosti. U tabeli 12 dati su izvori sa kojih su prikupljeni podaci za broj sunčevih pjega i AA indeks.

Tabela 12. Korišćeni parametri varijacija sunčeve aktivnosti, izvori sa kojih su prikupljeni podaci i razmatrani period.

Parametar	Izvor	Razmatrani period
Broj sunčevih pjega	https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/Data/sunspot.long.data	1951-2016
AA indeks	http://old.gaoran.ru/database/esai/aa_mod.txt	1951-2003

7.2. Korelacija broja sunčevih pjega i AA indeksa sa temperaturom, padavinama i osunčavanjem u Pljevljima

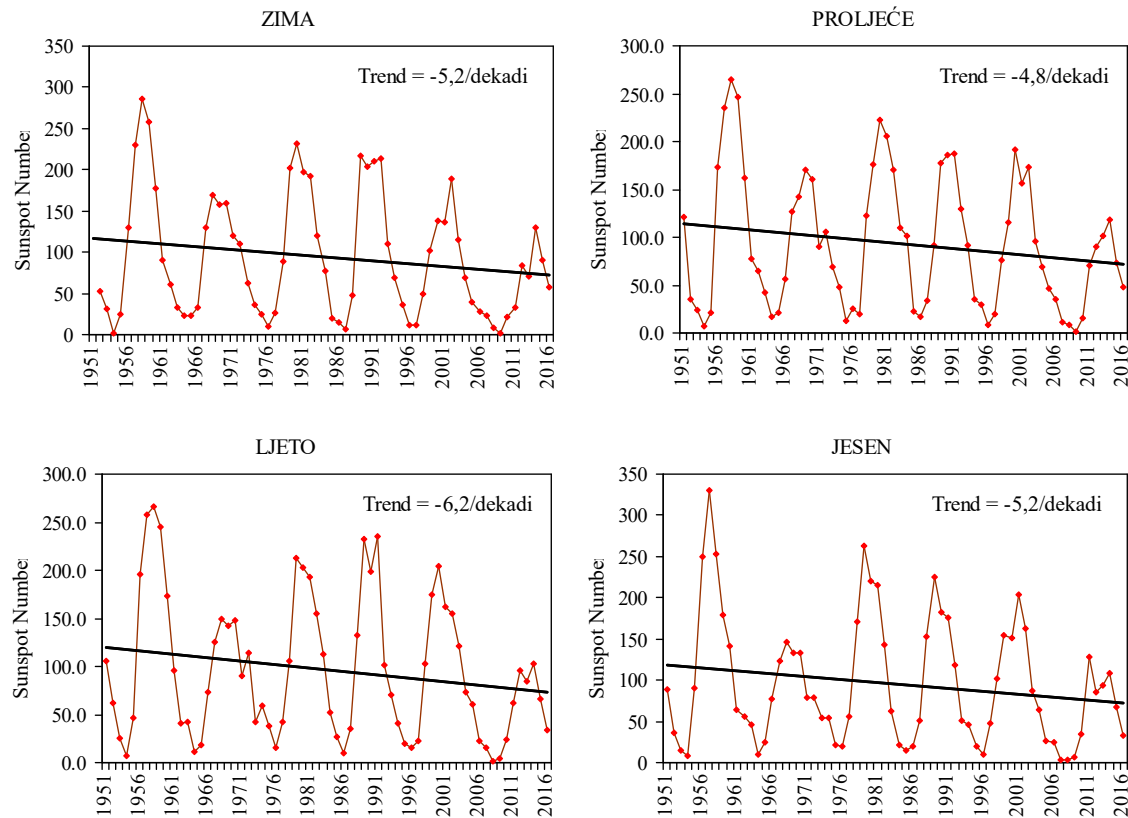
Za broj sunčevih pjega, Pirsonov koeficijent korelacije računat je za svaki mjesec posebno, naravno i na sezonskom i godišnjem nivou. Kada su u pitanju srednje mjesečne, sezonske i godišnje temperature u Pljevljima, dobijeni rezultati nijesu pokazali statističku povezanost ni na jednom nivou povjerenja, kako na mjesečnom, tako i sezonskom i godišnjem nivou. Podsjetimo se, temperatura vazduha u Pljevljima raste, ali prema ovim proračunima zagrijavanje se ne može dovesti u statističku vezu sa varijacijama sunčeve aktivnosti. Takođe, proračuni koeficijenata korelacije ne pokazuju značajnost ni sa padavinama i osunčavanjem u Pljevljima (tabela 13). Isto tako je beznačajna korelacija između godišnjih vrijednosti AA indeksa i temperature (0,21), padavina (-0,23), kao i osunčavanja (-0,01). Međutim, to ne znači da varijacije sunčeve aktivnosti nemaju uticaja na klimu, prije svega na temperaturu, generalno. Burić i saradnici (2011) naglašavaju “da je za ispitivanje ove vrste veze potrebno detaljno analizirati veći broj parametara sunčeve aktivnosti (površina pod sunčevim pjegama, solarna hemisferna asimetrija sunčevih pjega, broj polarnih fakula, itd.) i koristiti kompleksnije metode”.

Tabela 13. Koeficijenti korelacije između srednjih mjesečnih, sezonskih i godišnjih vrijednosti broja sunčevih pjega i temperature vazduha u Pljevljima.

	Koeficijenti korelacije		
	Temperatura (1951-2016)	Padavine (1951-2016)	Osunčavanje (1954-2016)
Januar	-0.20	0.03	-0.10
Februar	0.06	-0.13	0.13
Mart	0.16	-0.14	0.12
April	-0.15	0.22	-0.17
Maj	-0.04	-0.09	-0.24
Jun	-0.13	0.02	0.01
Jul	-0.14	-0.01	-0.13
Avgust	-0.05	0.02	-0.03
Septembar	-0.11	0.03	-0.04
Oktobar	0.02	0.07	0.16
Novembar	0.01	-0.07	-0.19
Decembar	-0.12	0.03	-0.09
Godina	-0.09	-0.07	-0.09
Zima	-0.12	-0.09	0.08
Proljeće	0.02	-0.03	-0.15
Ljeto	-0.11	-0.01	-0.06
Jesen	-0.03	-0.01	0.02

Dakle, uticaj varijacije sunčeve aktivnosti, koji je razmatran preko dva pokazatelja, nije utvrđen na klimu Pljevalja (temperaturu, padavine i osunčavanje) u posmatranom periodu (1951-2016). Ovo govori da uzrok porasta temperature treba tražiti najvjerovatnije u antropogenom efektu staklene bašte, prevashodno u povećanoj atmosferskoj koncentraciji ugljen-dioksida. Ali treba istaći da klima na našoj planeti u prvom redu zavisi od intenziteta sunčeve radijacije. Zbog astronomskih faktora i loptastog oblika Zemlje, količina energije koja dolazi od Sunca smanjuje se idući od ekvatora ka polovima, pa na planeti imamo nekoliko klimatskih pojaseva. Međuvladin panel za klimatske promjene (IPCC, 2021) ističe da u 20. i dosadašnjem dijelu 21. vijeka globalna temperatura raste. Prema IPCC, u prvoj polovini 20. vijeka uzrok porasta globalne temperature je pojačana sunčeva energija koja je dolazila do Zemlje, a od sredine 1970-ih godina da je zastupljena dominacija antropogenog efekta staklene bašte. Rezultati u ovom radu sugerišu da je zagrijavanje Pljevalja rezultat globalnih klimatskih promjena, odnosno antropogenog faktora. U prilog dobijenim rezultatima da varijacije sunčeve aktivnosti, prikazane preko broja sunčevih pjega i AA indeksa, nijesu imale uticaja na klimu Pljevalja, prije svega na trend porasta temperature je i činjenica da oba parametra pokazuju trend smanjenja u posmatranom periodu. Primjera radi, za period 1951-2016. godine prosječni ljetnji broj sunčevih pjega smanjuje se po stopi trenda od 6,2

jedinice po dekadi (slika 23). Tokom zime i jeseni vrijednost trenda je -5,2 po dekadi, a najmanje smanjenje broja sunčevih pjega je u jesen (-4,8 po dekadi).



Slika 23. Trend prosječnog sezonskog broja sunčevih pjega u periodu 1951-2016.

8. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Master rad je imao za cilj da utvrdi uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja. Da bi se realizovao postavljeni zadatak, prvo je trebalo vidjeti kakva je zaista klima Pljevalja i da li se u analiziranom periodu detektuju klimatske promjene, preciznije da li postoji tendencija temperature, osunčavanja i padavina u jednom ili drugom pravcu. Za potrebe rada korišćeni su klimatski podaci glavne meteorološke stanice u Pljevljima za period 1951-2016. te podaci o dva pokazatelja varijacije sunčeve aktivnosti: broj sunčevih pjega i AA indeks.

Za potrebe ovog rada analizirana je klima Pljevalja na osnovu podataka dobijenih sa meteorološke stanice, koja u ovom gradu radi kontinuirano od 1949. godine. Veći broj klimatskih elemenata analiziran je za period 1951-2016. Treba naglasiti da se predloženi rezultati odnose prvenstveno na gradsko područje, smješteno u kotlini koju okružuju planinski vijenci čiji vrhovi dostižu i do 2238 m. U Pljevljima je više nego bilo gdje drugo u Crnoj Gori izražen stepen kontinentalnosti. To je posledica udaljenosti od mora i kotlinskog karaktera mjesta, pa vazdušne mase koje dolaze sa juga i zapada, odnosno koje donose padavine, sve su siromašnije vodenom parom sa udaljavanjem od izvora vlage. Tu uticaja ima i reljef, jer pri prelazu vlažnih maritimnih struja preko planinskih predjela znatno više padavina se izlučuje na navjetrenim stranama planina, a to znači da Pljevlja imaju tipičan karakter tzv. kišnih sjenki.

Prosječna godišnja temperatura vazduha u Pljevljima iznosi $8,5^{\circ}\text{C}$, na osnovu čega se može zaključiti da Pljevlja imaju karakteristike umjereno tople klime. Temperature vazduha su najviše u julu i avgustu, a najniže u januaru i februaru. Pljevlja imaju prosječnu godišnju sumu osunčavanja od 1666.0 časova. Prosječna godišnja oblačnost u Pljevljima iznosi 61%, dok je prosječna godišnja količina padavina svega 789,7 mm, tako da je, iako paradoksalno, istinito da su Pljevlja grad sa najvećom oblačnošću, ali najmanjom količinom padavina u Crnoj Gori. Najveći broj dana sa sniježnim pokrivačem javlja se u januaru, prosječno 20 dana. Da je snijeg redovna pojava zimi, govori činjenica da se u periodu od 66 godina nije desilo da decembar, januar i februar prođu bez barem jednog dana sa formiranim sniježnim pokrivačem.

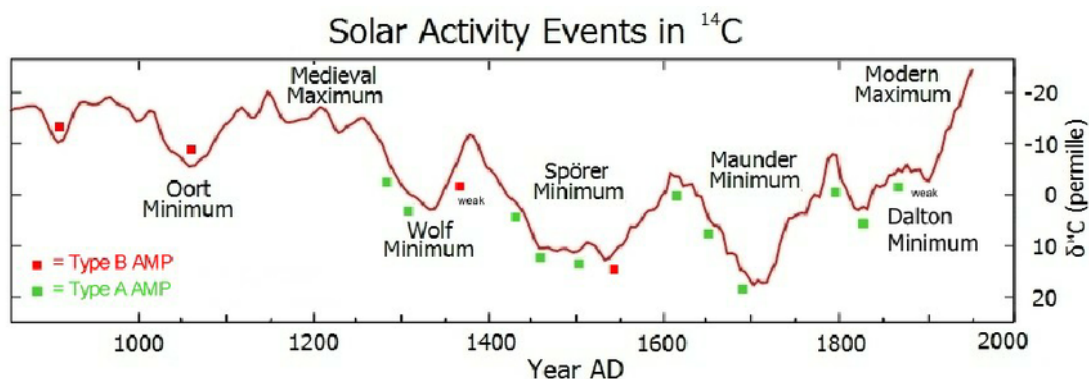
Prosječna godišnja relativna vlažnost vazduha je 75,3%, dok je u toku godine najdominantniji zapadni-jugozapadni (SWS) vjetar. Pljevlja registruju i veliki broj tišina u toku godine, prosječno oko 15%. Treba istaći da u Pljevljima i kada ima vjetra, uglavnom duva manjom brzinom nego gotovo u svim ostalim mjernim mjestima u Crnoj Gori. Srednja mjesečna brzina vjetra rijetko prelazi 1 m/s. Kotlinski karakter mjesta, veliki broj tišina i preovlađujući vjetrovi sa malom brzinom uzrokuju slabo provjetravanje vazduha. Ove činjenice, a kako u Pljevljima postoji termoelektrana i veliki broj domaćinstava koja se griju na ugalj, uzrokuju često zagađenje vazduha u ovom gradu, odnosno povećanu koncentraciju PM i drugih čestica.

Prema Kepenofoj klasifikaciji, klimatska formula za Pljevlja je *Cfwbx*. To je umjereno topla i vlažna klima. Prosječna temperatura najhladnijeg mjeseca je -2,1⁰C (oznaka C), a godišnja suma padavina je prilično ravnomjerno raspoređena na sve mjesece (oznaka f). Ipak zimska suma padavina je nešto manja od ljetnje (oznaka w). Temperatura vazduha najtoplijeg mjeseca u godini (jul) iznosi 18,2⁰C (oznaka b), a maksimalna količina padavina javlja se u rano ljeto – primarni junjski maksimum (oznaka x). Dakle, očigledno je da Pljevlja imaju kontinentalni pluviometrijski režim padavina. A kontinentalnost klime izrazita je i kod temperature vazduha, jer je apsolutno kolebanje u ovom gradu veliko - iznosi 68,1⁰C (razlika između apsolutnog maksimuma (38,7⁰C) i apsolutnog minimuma (-29,4⁰C) temperature). Sa porastom nadmorske visine mijenjaju se vrijednosti klimatskih elemenata, prije svega temperature su sve oštrije, pa viši planinski predjeli, koji okružuju kotlinu, dobijaju karakteristike subplaninskog i planinskog podneblja.

Rezultati ispitivanja uticaja varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja pokazali su da se on ne uočava. Preciznije, nije dobijena statistička značajnost korelacije između promjena broja sunčevih pjega i AA indeksa sa jedne i varijabilnosti temperature, osunčavanja i padavina u Pljevljima sa druge strane. To ne znači da varijabilnost sunčeve radijacije nema uticaja na klimu, generalno. Treba istaći da se ovdje ne misli na konstantni uticaj sunčeve radijacije na klimu, koji je tokom godine promjenljiv i diktira smjenu godišnjih doba, već na varijabilnost aktivnosti sunca koja se ciklično deševa. Najpoznatiji ciklus periodične promjene sunčeve aktivnosti je 11-godišnji ciklus sunčevih pjega. Istraživanja pokazuju da ukupna energija koja dolazi sa Sunca u toku 11-godišnjeg ciklusa varira za 0,1%. Ranije to nije bilo poznato, pa su naučnici intenzitet sunčevog zračenja na gornjoj granici atmosfere označili kao konstantu (solarna konstanta). Međutim,

utvrđeno je da kada su pjega brojnije, solarna konstanta je nešto veća od 1365 W/m^2 , i obratno, a to ima uticaja na temperaturu vazduha na našoj planeti (Todorović i dr., 2006).

Koristeći posebnu metodologiju i uzorke leda sa Grenlanda i Antarktika, utvrđeno je da su ciklične promjene sunčeve aktivnosti imale uticaja na snižavanje ili porast globalne temperature u prošlosti. Primjera radi, dokazano je da je u periodu između 11. i 13. vijeka bilo toplije na našoj planeti, jer je tada bio povećan broj sunčevih pjega (slika 24). Sa druge strane, period nižih temperatura na planeti u poslednjih 1000 godina poklapa se sa manjim brojem sunčevih pjega (Sharp, 2013).



Slika 24. Promjene koncentracije radioaktivnog ugljenika ^{14}C koji se koristi za rekonstrukciju solarne aktivnosti (preuzeto: Sharp, 2013).

Možemo zaključiti da je klima Pljevalja postala toplija, a da se kod količine padavina i osunčavanja ne uočavaju značajne promjene. Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti u posmatranom 66-godišnjem periodu (1951-2016) nije detektovan kod klime Pljevalja. Štaviše, broj sunčevih pjega se smanjuje po liniji trenda, pa bi trebalo očekivati i pad temperature. Međutim, temperatura u Pljevljima raste, a to znači da su neki drugi faktori ne samo anulirali već i preinačili smanjenje sunčeve aktivnosti. Zato buduća istraživanja treba usmjeriti na ispitivanje uticaja antropogenog efekta staklene bašte, ali i na varijacije atmosferskih i okeanskih oscilacija.

LITERATURA

- Burić D., Ivanović R., Mitrović L. (2007). *Klima Podgorice*. Hidrometeorološki zavod Crne Gore, Podgorica. ISBN 978-9940-9101-0-5; COBISS.CG-ID 12312848.
- Dukić D. (1998). *Klimatologija*. Geografski fakultet. Univerzitet u Beogradu.
- Ducić V., Anđelković G. (2006). *Klimatologija. Praktikum za geografiju*. Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Radojičić B. (2008). *Geografija Crne Gore, prirodna osnova*. DANU, Podgorica.
- Burić D., Ducić V. & Luković J. (2011). *Kolebanje klime u Crnoj Gori u drugoj polovini XX i početkom XXI vijeka*. Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Podgorica. ISBN 978-86-7215-283-8; COBISS.CG-ID 19199760.
- Cvijanovic I., Lukovic J. & Begg J.D. (2020). One hundred years of Milanković cycles. *Nat. Geosci.* 13, 524–525. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0621-2>
- Ducić V. & Stanojević G. (2010). The impact of solar wind on atmospheric circulation based on Hess-Brezowky classification. *Belgrade School of Meteorology*, 3, 297-315.
- Ducić V., Luković J. & Burić D. (2010). Analiza mogućih uzroka kolebanja klime na severu Crne Gore na osnovu dendrohronoloških istraživanja. *Zbornik radova sa Međunarodnog simpozijuma Geoekologija - XXI vijek*, Žabljak 21-24. septembar 2010. 345-352.
- Gettelman A. & Rood R. B. (2016). Components of the Climate System. In: *Demystifying Climate Models. Earth Systems Data and Models*, 2, 13–22. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48959-8_2
- Goosse H. (2015). *Climate System Dynamics and Modelling*. Cambridge University Press, New York. ISBN 978-1-107-08389-9.
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers. In Climate Change (2021) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V. Zhai, P. Pirani, A. Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2021; p. 40. Available online: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Karak B.B. (2023). Models for the long-term variations of solar activity. *Living Rev Sol Phys*, 20, 3. <https://doi.org/10.1007/s41116-023-00037-y>
- Kopp G., Krivova N., Wu C. J., & Lean J. (2016). The Impact of the Revised Sunspot Record on Solar Irradiance Reconstructions. *Solar Physics*, 291(9–10), 2951–2965. <https://doi.org/10.1007/s11207-016-0853-x>
- Lean J.L. (2018). Estimating Solar Irradiance Since 850 CE. *Earth and Space Science*, 5(4), 133–149. <https://doi.org/10.1002/2017EA000357>
- Lukov J. & Burić D. (2023). *Klimatske promene*. Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu. ISBN 978–86–6283–147–7; COBISS.SR-ID 130650121.
- Teng C.K.M., Gu S.Y., Qin Y. & Dou X. (2021). Impact of Solar Activity on Global Atmospheric Circulation Based on SD-WACCM-X Simulations from 2002 to 2019. *Atmosphere*, 12, 1526. <https://doi.org/10.3390/atmos12111526>
- Todorović N. & Vujović D. (2020). Links between geomagnetic activity and atmospheric cold fronts passage over the Belgrade region, Serbia. *Meteorological Applications*, 29(6), e2107. <https://doi.org/10.1002/met.2107>
- Webb P. (2019). *Introduction to Oceanography*. Roger Williams University in Bristol, Rebus Community, pp. 383. <https://rwu.pressbooks.pub/webboceanograph>
- Charvátová I., Střešitík J. (1992) A possible long-term solar impact on air temperature in relation to solar motion. *Stud Geophys Geod* 36:338–348. <https://doi.org/10.1007/BF01625487>
- Tinsley BA. (2023) Solar Activity, Weather, and Climate: The Elusive Connection. *Bulletin of the American Meteorological Society* 104(12):E2171–E2191. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0065.1>
- Zharkova V., Vasilieva I., Shepherd S.J., Popova E. (2023) Periodicities in Solar Activity, Solar Radiation and Their Links with Terrestrial Environment. *Natural Science*, 15(3):111–147. <https://doi.org/10.4236/ns.2023.153010>
- Todorović N., Vujović D., Radovanović M. (2006). Sunčeva aktivnost - vreme i klima na Zemlji. *Zbornik radova Geografskog fakulteta*, 54, 25–36. <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=0351-465X0654025T>

Sharp G.J. (2013). Are Uranus & Neptune Responsible for Solar Grand Minima and Solar Cycle Modulation? *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, 3(3), 260-273.
doi: [10.4236/ijaa.2013.33031](https://doi.org/10.4236/ijaa.2013.33031).

PODACI I INFORMACIJE O STUDENTU

Ime i prezime: Arijana Pjevović

Datum i mjesto rođenja: 18.01.1997, Pljevlja

Naziv završenog osnovnog studijskog programa i godina završetka studija: Postdiplomske specijalističke akademske studije, 2019/2020.

INFORMACIJE O MASTER RADU

Naziv master studija: Master akademski studijski program Geografija

Naslov rada: Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja

Fakultet na kojem je rad odbranjen: Filozofski fakultet

UCG UDK, OCJENA I ODBRANA MASTER RADA

Datum prijave master rada:

Datum sjednice Vijeća na kojem je prihvaćena tema: 23. 01. 2024.

Mentor: Prof. dr Dragan Burić

Komisija za ocjenu i odbranu master rada: prof. dr Dragan Burić

prof. dr Miroslav Doderović

doc. dr Dragoslav Banjak

Lektor: Prof. Slađana Đurković

Datum odbrane:

Datum promocije:

IZJAVA O AUTORSTVU

Kandidat: Arijana Pjevović

Na osnovu člana 22 Zakona o akademskom integritetu (Sl.list CG br. 17/2019), ja, dolje potpisana

IZJAVLJUJEM

pod punom krivičnom i materijalnom odgovornošću da je master rad pod nazivom "Uticaj varijacije sunčeve aktivnosti na klimu Pljevalja" rezultat sopstvenog istraživačkog rada, da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica i da je navedeni rad moje originalno djelo.

Nikšić,

Potpis studenta