

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Јован Д. Михајловић

**ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ  
КЛАСИФИКАЦИЈА КЛИМАТА НА  
КЛИМАТСКУ РЕГИОНАЛИЗАЦИЈУ  
СРБИЈЕ**

докторска дисертација

Београд, 2018

UNIVERZITET U BEOGRADU

GEOGRAFSKI FAKULTET

Jovan D. Mihajlović

**PRIMENA SAVREMENIH  
KLASIFIKACIJA KLIMATA NA  
KLIMATSKU REGIONALIZACIJU  
SRBIJE**

doktorska disertacija

Beograd, 2018

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

Jovan D. Mihajlovic

**APPLICATION OF RECENT  
CLIMATE CLASSIFICATIONS FOR  
THE CLIMATE REGIONALIZATION  
OF SERBIA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2018

Ментор:

Редовни професор, др Владан Дуцић, Универзитет у Београду,  
Географски факултет

---

Чланови комисије:

Ванредни професор, др Горан Анђелковић, Универзитет у  
Београду, Географски факултет

---

Научни сарадник, др Бошко Миловановић, Географски  
институт „Јован Цвијић“ САНУ

---

Датум одбране:

\_\_\_\_.\_\_\_\_.\_\_\_\_. ГОД.



## Изјаве захвалности

Пре свега, желим да изразим дубоку захвалност свом ментору, проф. др Владану Дуцићу, без чије помоћи не бих уписао докторске студије. Захвалан сам му на безрезервној помоћи, бројним корисним саветима и сугестијама, пренесеном огромном знању и искуству у области климатологије и науке уопште, као и на великом утицају на мој поглед на науку и формирање научног става. Такође, захваљујем му на сугестијама и саветима који су допринели бољем квалитету ове дисертације.

Искрено се захваљујем и др Бошку Миловановићу из Географског института „Јован Цвијић“ САНУ, на изради 79 карата растерског ГИС-а и на корисним саветима и помоћи око коришћења софтвера *QGIS*, као и на конструктивним сугестијама у вези са избором статистичких процедура и одговарајуће методологије. Такође се захваљујем и проф. др Горану Анђелковићу на подршци и корисним саветима.

На крају, посебну захвалност дугујем мајци на помоћи и подршци током писања доктората, као и на помоћи око превода са енглеског језика, лектури и коректури текста.

*„... наука о климатским облицима разних предела на земљи или да је климатологија морфологија атмосфере.“*  
(Вујевић, 1921)

*„... не треба бити сувише педантан при употреби бројки; треба рачунати са чињеницом да је клима укупност појава.“*  
(De Martonne, 1925)

# ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ КЛАСИФИКАЦИЈА КЛИМАТА НА КЛИМАТСКУ РЕГИОНАЛИЗАЦИЈУ СРБИЈЕ

## *Резиме*

Познато је да у различитим деловима Земље делују различити климатски елементи и фактори и њихова међусобна просторно-временска интеракција са вегетацијом и осталим компонентама климатског система има за последицу формирање различитих типова климата у различитим географским просторима. Циљ докторске дисертације има више аспеката. С обзиром на чињеницу да у домаћој литератури има тек неколико радова који се баве проблематиком „објективне“ регионализације и класификације климата, циљ дисертације је управо да се изврши климатска регионализација Србије употребом савремених математичко-статистичких и геостатистичких метода, као и климатска класификација помоћу различитих климатских индекса. Циљ дисертације је и испитивање везе између коришћених климатских индекса са просторном димензијом температуре ваздуха и падавина. Такође, један од циљева је и да се изврши компаративна анализа са постојећим регионализацијама и класификацијама које су до сада урађене за простор Србије. Како би се утврдило да ли је на простору Србије у 60-годишњем периоду осматрања дошло до климатских промена, требало би упоредити климатску регионализацију Србије за два нестандардна климатолошка периода: 1951-1980. и 1981-2010.

Сагласно степену сложености и обиму предмета проучвања докторске дисертације, а у циљу реализације истраживања у оквиру задате теме, употребљени су проверени научни методи који су у складу са постављеним циљевима, задацима и структуром рада. Анализиране су средње месечне, тј. средње годишње вредности две главне приземне синоптичке варијабле, тј. два главна климатска елемента-температуре ваздуха и падавина за период од 60 година (1951-2010), а на основу података са 31 метеоролошке станице укључене у анализу. Разматране су карактеристике 13 климатских класификационих шема и извршена је компарација и статистичка евалуација између сличних класификационих шема применом модела линеарне регресије најмањих квадрата. Примењена је савремена мултиваријациона техника кластер анализе (хијерархијска и нехијерархијска метода) у циљу „објективне“ регионализације климата у Србији. Анализа временских серија температуре и падавина урађена је на сезонском и годишњем нивоу, а од примењених метода могу се издвојити следеће: метод линеарног тренда, метод клизних средњака, Ман-Кендалов тренд тест и Сенова оцена нагиба тренда, спектрална анализа просте периодичности, као и геостатистички интерполацијски метод инверзних растојања.

Добијени резултати указују на чињеницу да је између два 30-годишња нестандардна климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) дошло до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија, тј. температуре ваздуха и сума падавина. У другом нестандардном климатском субпериоду (1981-2010) на већини станица забележен је статистички значајан (на различитим нивоима) тренд пораста средње температуре ваздуха и сума падавина, како на сезонском тако и на годишњем нивоу.

Класификација климата према Ланговом кишном фактору за 31 станицу показала је да се опсег климатских класификационих категорија креће од семихумидних до веома хумидних на територији Србије. Резултати су показали да у Србији није детектована „права“ климатолошки сува зона, али је између два периода степен аридизације на нивоу земље порастао. Према резултатима Де Мартоновог индекса суше, на територији Србије не постоје аридне, семиаридне и медитеранске климатске зоне. Опсег климатских категорија овог индекса варира од семихумидног до веома хумидног климата. У другом 30-годишњем периоду у Србији долази до аридизације климата, а то најбоље показује чињеница да се проценат семихумидних области у овом периоду удвостручио.

Просторна дистрибуција и варијација Торнтвајтових климатских класификационих категорија су у највећој мери условљене динамичко-орографским факторима, тј. резултат су разлика у просторној дистрибуцији и годишњем ходу температуре ваздуха и падавина у Србији, стога примена Торнтвајтове класификације на простор Србије може бити оправдана само уз примену још неке „помоћне“ класификације и модификовањем климатске формуле коју је дао Торнтвајт 1931. Ако би се резултати добијени у овом поглављу упоредили са резултатима које је сам Торнтвајт дао на карти Северне Америке, класификација би била одбачена као неадекватна у смислу физичко-географских и општих климатских законитости.

КСС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да је у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији заступљен умерено топли кишни (C) климат на 93,5% станица у различитим варијантама, са доминантном *Cfwbx* класом. Бореални или снежно-шумски (D) климат је заступљен на 2 метеоролошке станице са укупно 6,5% учешћа. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 41,9%; КГС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да је у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији заступљен хладни (D) климат на 71% станица у различитим варијантама, са доминантном *Dfb* класом. Умерени (C) климат је заступљен на 9 метеоролошких станица са укупно 29,1% учешћа. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два

нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 64,5%; КТС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да је у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији заступљен умерени (D) климат на 96,7% станица у различитим варијантама, са доминантном DC класом. Субарктички (E) климат је заступљен на 1 метеоролошкој станици са укупно 3,2% учешћа. То је варијанта EO-субарктичког океанског климата на станици Копаоник. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 45,2%.

Резултати презентовани у овој дисертацији би могли послужити као објективна теоријско-методолошка база за израду карата будућих климатских пројекција које би обухватиле знатно дуже периоде од 90, 120 или више година. Такође, могла би се пронаћи веза између пројектованих климатских категорија и просторне дистрибуције и варијације различитих климатских елемената (температуре ваздуха, сума падавина, ваздушног притиска, ветра, итд.) на мезо и макро нивоу. Примењене класификационе шеме у дисертацији могу се користити у регионалним климатским моделима високе резолуције (RCM).

**Кључне речи:** класификације климата, климатска регионализација, Кепен, Торнтвајт, Де Мартон, савремене геостатистичке методе, анализа временских серија, температура ваздуха, падавине, Србија

**Научна област:** Географија

**Ужа научна област:** Физичка географија

**УДК број:**

# APPLICATION OF RECENT CLIMATE CLASSIFICATIONS FOR THE CLIMATE REGIONALIZATION OF SERBIA

## *Abstract*

It is well known that various parts of Earth are under the influence of different climate elements and factors and that their spatial-temporal interaction with the vegetation and other components of the climate system causes the formation of various climate types in different geographic areas. The aim of the doctoral dissertation includes several aspects. Considering the fact that there are just a few studies in the national literature dealing with an “objective” climate regionalization and classification, the aim of the dissertation is in fact to make both climate regionalization of Serbia, by using recent mathematical-statistical and geostatistical methods, and climate classification based on different climate indices. The aim also includes an investigation into the relationship between climate indices used in the study and spatial dimension of air temperature and precipitation. Also, one of the main objectives is to make a comparative analysis with existing regionalization and classifications made so far for the area of Serbia. In order to determine whether there were climate changes in the 60-year observation period on the territory of Serbia, climate regionalization of Serbia should be compared, taking into account two non-standard climate periods: 1951-1980 and 1981-2010.

Considering the complexity and the scope of the subject matter in the dissertation and for the purpose of research realization within the topic, approved scientific methods corresponding with the aims, tasks and structure of the study are used. Mean monthly, that is, mean annual values of two major surface synoptic variables, in other words, two main climate elements-air temperatures and precipitation for a 60-year period (1951-2010) have been analyzed according to the data taken from 31 weather stations included in the analysis. 13 features of climate classification patterns have been studied and a comparative analysis and statistical evaluation between similar classification patterns have been made by using Linear Least Squares Regression models. An up-to-date multivariate technique of cluster analysis (hierarchical and non-hierarchical methods) has been applied for the purpose of an “objective” climate regionalization of Serbia. An analysis of temperature and precipitation time series has been done on a seasonal and annual level by using following methods: linear trend method, moving average method, Mann-Kendall trend test and Sen’s slope estimator, spectral analysis of simple periodicity, and geostatistical interpolation method of inverse distances.

Obtained results indicate the fact that there were changes in spatial distribution and variation of climate classification categories, that is, changes in air temperatures and precipitation sums between the two 30-year non-standard climate subperiods (1951-1980, and 1981-2010). During the second non-standard climate subperiod (1981-2010), most stations recorded statistically significant

increasing trend (on different levels) of mean temperature and precipitation sums, both on seasonal and annual level.

Climate classification according to Lang's rain factor for 31 stations shows that climate classification categories range from semi-humid to very humid in the area of Serbia. The results show that a "true" climatologically dry zone hasn't been detected in Serbia, but the degree of aridization between the two periods has increased on the country level. According to the results of De Martonne aridity index, there are no arid, semi-arid and Mediterranean climate zones in area of Serbia. The scale of climate categories of this index ranges from semi-humid to very humid climate. Climate aridization occurred during the second 30-year period in Serbia, which is well proved by the fact that the percentage of semi-humid areas doubled in this period.

Spatial distribution and variation of Thornthwaite's climate classification categories are mostly influenced by dynamic-orographic factors, that is, they result from the differences in spatial distribution and annual temperature and precipitation patterns in Serbia, thus, the application of Thornthwaite's classification for the area of Serbia can be justified only by applying some other "auxiliary" classifications and by modification of the climate formula given by Thornthwaite in 1931. If we compared the results obtained in this chapter with those Thornthwaite presented on the map of North America, the classification would be rejected as inadequate in the terms of physical-geographical and general climate laws.

KCC climate classification system on 31 weather stations shows that during the whole of 60-year observation period, Serbia had a warm temperate rainy (C) climate on 93.5% of stations in different classes, with the dominant *Cfwbx* class. Boreal (D) climate was detected on 2 weather stations with an overall participation of 6.5%. The percentage of changes in the spatial distribution and variation of climate classification categories between the two non-standard climate subperiods is significant and amounts to 41.9%; KGC climate classification system on 31 weather stations shows that during the whole of 60-year observation period, Serbia had a cold (D) climate on 71% of stations in different classes, with the dominant *Dfb* class. Temperate (C) climate was recorded on 9 weather stations with an overall participation of 29.1%. Percentage of changes in the spatial distribution and variation of climate classification categories between the two non-standard climate subperiods is significant and amounts to 64.5%; KTC climate classification system on 31 weather stations shows that, during the whole of 60-year observation period, Serbia had a temperate (D) climate on 96.7% of stations in different classes, with the dominant *DC* class. Sub-arctic (E) climate was recorded on one weather station, with an overall participation of 3.2%. It represents a variation of *EO*-sub-arctic ocean climate recorded on Kopaonik weather station. The percentage of changes in spatial distribution and variation of climate classification categories between the two non-standard climate subperiods is significant and amounts to 45.2%.

The results presented in this paper could be used as an objective theoretical-methodological base for making maps of future climate projections which could include much longer periods of 90, 120 or more years. Also, a relationship between projected climate categories, spatial distribution and variation of different climate elements (air temperature, precipitation sums, air pressure, wind, etc.) could be established on meso- and macro-levels. Classification schemes used in the study can be applied in high resolution regional climate models (*RCM*).

**Key words:** climate classifications, climate regionalization, Köppen, Thornthwaite, De Martonne, recent geostatistical methods, time series analysis, air temperature, precipitation, Serbia

**Scientific area:** Geography

**Scientific sub-area:** Physical geography

**UDC number:**



# САДРЖАЈ

<b>ПОГЛАВЉЕ 1.....</b>	<b>1</b>
<b>УВОД.....</b>	<b>1</b>
1.1. МОТИВАЦИЈА .....	1
1.2. СТРУКТУРНА ОРГАНИЗАЦИЈА ТЕЗЕ.....	5
1.3. ЦИЉЕВИ И ЗАДАЦИ, ПОСТАВЉЕНЕ ХИПОТЕЗЕ.....	7
1.4. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ.....	9
1.5. ИСТОРИЈСКИ ПРЕГЛЕД РАЗВОЈА КЛИМАТСКИХ КЛАСИФИКАЦИОНИХ СИСТЕМА.....	12
<b>ПОГЛАВЉЕ 2.....</b>	<b>14</b>
<b>БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА .....</b>	<b>14</b>
2.1. БАЗА ПОДАТАКА .....	14
2.2. МЕТОДОЛОГИЈА.....	19
<b>ПОГЛАВЉЕ 3.....</b>	<b>1</b>
<b>„ОБЈЕКТИВНА РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА КЛИМАТА СРБИЈЕ“ ПРИМЕНОМ РАЗЛИЧИТИХ МЕТОДА КЛАСТЕР АНАЛИЗЕ.....</b>	<b>1</b>
3.1. Увод.....	1
3.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА.....	4
3.3. РЕЗУЛТАТИ.....	8
3.4. ЗАКЉУЧАК.....	44
<b>ПОГЛАВЉЕ 4.....</b>	<b>48</b>
<b>ПРОСТОРНА ДИСТРИБУЦИЈА И ВАРИЈАЦИЈА ЛАНГОВОГ КИШНОГ ФАКТОРА И ДЕ МАРТОНОВОГ ИНДЕКСА СУШЕ У СРБИЈИ.....</b>	<b>48</b>
4.1. Увод.....	48
4.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА.....	51
4.3. РЕЗУЛТАТИ.....	55
4.4. ЗАКЉУЧАК.....	75
<b>ПОГЛАВЉЕ 5.....</b>	<b>77</b>
<b>КЛИМАТСКИ ИНДЕКСИ МАРИТИМНОСТИ И КОНТИНЕНТАЛНОСТИ У СРБИЈИ .....</b>	<b>77</b>
5.1. Увод.....	77
5.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА.....	78
5.3. РЕЗУЛТАТИ.....	80
5.4. ЗАКЉУЧАК.....	105
<b>ПОГЛАВЉЕ 6.....</b>	<b>107</b>
<b>БИОКЛИМАТСКА КЛАСИФИКАЦИЈА ПРИМЕНОМ ТОРНТВАЈТОВОГ, ЕМБЕРЖЕОВОГ И ИНДЕКСА РИВАС-МАРТИНЕЗА.....</b>	<b>107</b>
6.1. Увод.....	107
6.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА.....	111
6.3. АНАЛИЗА КАРТЕ СЕВЕРНЕ АМЕРИКЕ ПРЕМА ТОРНТВАЈТОВОЈ КЛАСИФИКАЦИЈИ ИЗ 1942. ГОДИНЕ .....	117
6.4. РЕЗУЛТАТИ.....	119
6.5. ЗАКЉУЧАК.....	142
<b>ПОГЛАВЉЕ 7.....</b>	<b>147</b>

<b>РЕГИОНАЛИЗАЦИЈА КЛИМАТА СРБИЈЕ КОРИШЋЕЊЕМ КЕПЕНОВОГ, КЕПЕН-ГАЈГЕРОВОГ И КЕПЕН-ТРЕВАРТА КЛАСИФИКАЦИОНОГ СИСТЕМА .....</b>	<b>147</b>
7.1. Увод.....	147
7.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА .....	163
7.3. РЕЗУЛТАТИ.....	176
7.4. ЗАКЉУЧАК.....	212
<b>ПОГЛАВЉЕ 8.....</b>	<b>215</b>
<b>АНАЛИЗА ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА ТЕМПЕРАТУРЕ И ПАДАВИНА И ЊИХОВА ГЕОГРАФСКА ДИСТРИБУЦИЈА .....</b>	<b>215</b>
8.1. КРАТАК ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА.....	215
8.2. БАЗА ПОДАТАКА И МЕТОДОЛОГИЈА .....	216
8.3. РЕЗУЛТАТИ.....	222
8.4. АНАЛИЗА ЕЛЕМЕНТАРНЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ.....	278
8.5. ЗАКЉУЧАК.....	288
<b>ПОГЛАВЉЕ 9.....</b>	<b>292</b>
<b>ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>292</b>
9.1. ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ .....	292
9.2. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ, ОГРАНИЧЕЊА И БУДУЋА ПРИМЕНА.....	296
<b>ПОГЛАВЉЕ 10.....</b>	<b>298</b>
<b>ПРЕПОРУКЕ ЗА ДАЉИ РАД.....</b>	<b>298</b>
10.1. ГЕНЕТСКЕ КЛАСИФИКАЦИЈЕ (ЗАСНОВАНЕ НА ТИПОВИМА ВАЗДУШНИХ МАСА) И СИНОПТИЧКЕ/ДИНАМИЧКЕ КЛАСИФИКАЦИЈЕ КЛИМАТА .....	298
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>303</b>
<b>ПРИЛОГ А.....</b>	<b>321</b>
<b>ПРИЛОГ Б.....</b>	<b>322</b>
<b>ПРИЛОГ В.....</b>	<b>323</b>
<b>ПРИЛОГ Г.....</b>	<b>324</b>
<b>БИОГРАФИЈА .....</b>	<b>325</b>

## Поглавље 1

### Увод

Познато је да у различитим деловима Земље делују различити климатски елементи и фактори и њихова међусобна просторно-временска интеракција са вегетацијом и осталим компонентама климатског система има за последицу формирање различитих типова климата у различитим географским просторима. Из овога произилази да је појам климе, тј. климата, врло комплексан. Иако постоји више дефиниција, Вујевић (1921) наводи дефиницију за коју каже да се у потпуности може усвојити-„Под климом треба схватити укупност метеоролошких појава, које карактеришу средње стање атмосфере на ма којем месту Земљине површине“ (Hann, 1883). Зато је проучавање климе отежано и комплексно, било да се такво изучавање врши са аспекта физичких (метеоролошких) или географских (климатолошких) наука. Дукић (1976) наводи да се, посматрајући карте на којима је представљена просторна дистрибуција појединих климатских елемената на Земљи, могу уочити извесне географске законитости на основу којих се може извршити класификација климата. Исти аутор наводи да у оквиру класификације, можемо разликовати „климатску рејонизацију“, односно климатску регионализацију, што је и главна тема ове докторске дисертације. Дакле, основи циљ и задатак сваке климатске класификације је да недвосмислено и егзактно „опише“ климат одређеног простора на Земљи и даље изврши регионализацију тако издвојених климата. У том смислу, према Radinović (1984) могу се разликовати: климатски појасеви и зоне, климатске провинције, типови и субтипови.

#### 1.1. Мотивација

Главни задатак сваког климатског класификационог система је да што егзактније „опише“ климат неког простора на Земљи, тј. да хомогенизује сличне групе локалних климата у оквиру једног климатског региона, а затим дефинише релативне границе тих климатских региона у односу на нека битна физичко-географска својства, тј. у првом реду тип вегетације или земљишта. Постоје бројни проблеми приликом класификација климата, јер је клима генерализована слика о просечним вредностима података и фактора о времену. У том контексту, класификација климата у таквој генерализацији и, с обзиром на чињеницу да клима не представља реалну, тренутну слику времена, не може да укључи у анализу све варијације, односно екстремне метеоролошке догађаје. Глобална класификација климата некада мора бити подређена и прилагођена климатским променама, јер су генерализација и симплификација климатских варијабли укључених у анализу потребне

како би се направиле разлике између климатских региона и субрегиона, типова и подтипова на било ком геопросторном нивоу и било којој временској дистанци.

Thorntwaite (1943) је рекао да је *„циљ климатске класификације да пружи концизан опис различитих климатских типова у оквирима заиста активних фактора“*. Узимајући у обзир климатске промене које се дешавају у рецентном периоду, а које укључују пораст температуре ваздуха у различитим деловима света и регионалне климатске промене у арктичкој области, може се навести и дефиниција коју је дао Cline (1949) *„класификација треба да се заснива на знању које постоји у датом тренутку. Како се знање мења, класификација се такође мора мењати“*. Према Oliver (2005) класификација се може различито дефинисати, али је филозофска основа сваке класификације иста- *„систематско груписање објеката или догађаја у класе на основу заједничких својстава или односа“*. Овако схваћена дефиниција класификације може се свакако применити и у климатологији. Исти аутор (Oliver, 2005), наводи да се већи део литературе о савременим класификацијама климата бави одређивањем граница постављених климатских региона, пре него самим климатским класама, типовима и субтипovima. Може се рећи да је свака карта географске дистрибуције било ког климатског елемента, у ширем смислу, класификациона шема. У том смислу, најједноставнија класификација климата је она која се бави просторном дистрибуцијом једног климатског елемента и презентована је у виду карте у различитој просторној размери (на макро, мезо и микро нивоу). Класификација, било да се ради о груписању сличних предмета или о подели целине, има очигледну примену у климатологији. Према Hare (1951) *„класификација климата је есенцијална географска техника. Она омогућава симплификацију и генерализацију великог дела статистичких података које климатолози прикупљају. Права сврха класификације је да дефинише климатске типове у 5 статистичких термина; при томе, климат као географски фактор треба да се посматра са одређеним и униформним карактеристикама“*. Ако се пође од дефиниције климатологије, коју је дао Вујевић (1921), да је *„...климатологија морфологија атмосфере“*, аутор предлаже следећу дефиницију класификације климата-Класификација климата представља систематско и логично груписање просечних морфолошких облика атмосфере који дефинишу климат било ког места на Земљи, тј. егзактан „опис“ просечног стања климатских елемената који су у вези са физичко-географским законитостима и шемама опште циркулације атмосфере.

Постоји више подела климатских класификационих система. Једна од таквих подела разликује следеће<sup>1</sup>:

- 1) емпиријска класификација,
- 2) генетска класификација, и
- 3) примењене класификације.

**Први тип** класификације је заснован на математичко-статистичким параметрима и физичким карактеристикама климатских елемената не узимајући у обзир остале варијабле, као што су нпр. општа циркулација атмосфере и кретање ваздушних маса на регионалном или локалном нивоу. Пример за овај тип класификационг система је и први систем такве врсте који је дао Кепен. **Други тип** класификације је заснован на генези или узроцима климатских варијација. Највише се користе два климатска елемента приликом класификација климата-температура ваздуха и падавине, а климатолози користе период од минимум 30 година како би „описали“ климат неког географског простора на Земљи. Најпознатији пример ове класификације дат је од стране Flohn (1950). **Трећи тип** класификација је настао као одговор на неки одређени проблем који је повезан са одређеним типом климата на Земљи. Пример за овај тип класификације је Торнтвајтов класификациони систем који се заснива на комплексном појму потенцијалне евапотранспирације и групише климате према захтевима за воду.

Душан Дукић се у свом уџбенику „Климатологија“ из 1976., позива на бугарског географа Гълъбов-а (1953) и издваја следећих шест група климатских класификационих система:

- 1) *Анализа хидротермичких показатеља: средњих месечних и средњих годишњих температура и годишње суме падавина;*
- 2) *Анализа климата одређених предела;*
- 3) *Анализа дејства климата на остале компоненте географске средине;*
- 4) *Анализа особина својствених биљној физиологији;*
- 5) *Анализа процеса који дају главне црте климату;*
- 6) *Анализа средњих месечних температура најхладнијег и најтоплијег месеца.*

Radinović (1984) наводи следеће мере или методе класификације климата:

1. *Мера континенталности или маритимности;*
2. *Метод динамичке класификације;*
3. *Метод класификације заснован на преовлађујућем положају ваздушних маса;*
4. *Метод класификације заснован на компонентама водног биланса;*
5. *Метод биоклиматске класификације климата.*

---

<sup>1</sup>[http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe\\_3e/climate\\_systems/climate\\_classification.html](http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe_3e/climate_systems/climate_classification.html)

Oliver (2005) наводи следеће групе климатских класификационих шема:

- 1) *Класификација на основу једне варијабле;*
- 2) *Дистрибуција вегетације и климатска класификација;*
- 3) *Примењене емпиријске класификације;*
- 4) *Класификације на основу биланса влаге;*
- 5) *Класификације ваздушних маса;*
- 6) *Динамичка/синоптичка класификација;*
- 7) *Нумеричка класификација.*

Док са друге стране, Barry & Chorley (2003) предлажу следећу поделу климатских класификационих система:

1. *Генеричке класификације у вези са растом биљака или вегетацијом;*
2. *Класификације према буџету енергије и влаге;*
3. *Генетске класификације;*
4. *Класификације климатског комфора;*

На основу наведених подела климатских класификационих шема које се користе у светској научној литератури, може се извести закључак да све наведене поделе у мањој или већој мери показују извесне сличности. Међутим, са развојем статистике и савремених математичко-статистичких процедура и усавршавањем геостатистичких софтвера за просторну визуелизацију података, може се рећи да су савремене класификације климата управо засноване на неким од постојећих процедура, као што су различите мултиваријационе технике: анализа главних компонената (*Principal component analysis-PCA*), факторска анализа, кластер анализа, итд. Неки аутори предвиђају да ће климатски класификациони системи бити напуштени (Carter, 1976) или да је класификација по природи ограничена (Aspinall, 2010; Triantafyllou & Tsonis, 1994).

Дакле, основна мотивација за израду ове докторске дисертације управо лежи у чињеници да у домаћој литератури има тек неколико радова који се баве проблематиком „објективне“ регионализације и класификације климата. У дисертацији је примењено 13 различитих климатских класификационих шема на основу података две приземне синоптичке варијабле, што свакако до сада за простор наше земље није урађено. Треба истаћи да резултати добијени у овој дисертацији могу послужити као теоријско-методолошка база за израду климатског атласа Србије (који до данас није урађен), дакле, у том смислу, наведена чињеница може представљати додатну мотивацију за истраживање ове проблематике. Посебну мотивацију за израду тезе представља и став светске научне јавности о глобалном загревању и климатским променама, а у дисертацији је дат допринос квантификацији тих евентуалних промена у Србији.

## 1.2. Структурна организација тезе

Докторска дисертација је структурно организована у 10 поглавља, тако да следи логичан поредак фаза истраживања које су у складу са претходно дефинисаним циљевима, задацима и почетним хипотезама. Поглавља 3-8 су организована на готово идентичан начин и састоје се из следећих делова: увод, база података и методологија, резултати и закључак.

У Поглављу 1 је дат уводни приказ истраживане проблематике, структура организације докторске дисертације, представљени су циљеви, задаци и почетне хипотезе, затим преглед досадашњих истраживања и литературе, као и историјски преглед развоја климатских класификационих система од античке Грчке до савременог доба.

У Поглављу 2 је приказана база података, метеоролошке станице су приказане картографски и табеларно, дат је хипсометријски приказ станица укључених у анализу. У одељку *Методологија* приказани су општи методолошки поступци коришћени у дисертацији, затим Левенов тест варијансе, приказ поступка добијања растера, и др.

Поглавље 3 третира проблематику издвајања климатских региона у Србији применом савремене статистичке методе мултиваријационе анализе-кластер методе. Такође, дат је компаративни приказ са климатским рејонима које је издвојио Т. Ракићевић. У склопу овог поглавља учињен је напор да се изврши „објективна“ регионализација климата Србије. Дакле, постављене су теоријске основе за даље климатске класификације, тј. регионализације.

Поглавље 4 даје компаративни приказ индекса суше Де Мартона и Ланговог кишног фактора, а методом линеарне регресије најмањих квадрата извршена је евалуација добијених климатских класификационих категорија у смислу одређивања погодније класификације климата за простор Србије. Дат је и приказ Пина комбинованог индекса.

У Поглављу 5 анализирани су ефекти континенталности и маритимности на станицама у Србији и дат је картографски приказ просторне дистрибуције ових ефеката.

У Поглављу 6 дата је биоклиматска класификација Србије применом Торнтвајтове класификације климата, а као помоћне класификације коришћене су Ембержеов индекс аридности и индекс Ривас-Мартинеза. Дата је анализа карте климатских провинција Северне Америке према Торнтвајту.

Поглавље 7 приказује климатску класификацију Србије према Кепеновом (КСС) класификационом систему, као и према два модификацијама: Кепен-Гајгер (КГС) и Кепен-Треварта (КТС) класификационом систему. С обзиром на чињеницу да је Кепенова класификациона шема у употреби већ више од једног века на глобалном

нивоу, дат је и хронолошки приказ Кепенових најзначајнијих научних резултата. Овом поглављу је посвећена посебна пажња.

У Поглављу 8 анализирани су временске серије температуре и падавина и дат је картографски приказ просторне дистрибуције ових варијабли на простору Србије. Такође, анализирана је и периодичност. Тренд је приказан линеарном регресијом, као и нагиб помоћу Сеновог метода, а значајност је одређена помоћу Студентовог  $t$ -теста и Ман-Кендаловог теста. Дат је приказ изотермне и изохијетне карте Србије.

У Поглављу 9 су приказани главни резултати дисертације и закључци до којих се дошло, затим будућа примена и апликативни значај добијених резултата.

Поглавље 10 даје препоруке за даљи рад, тј. кратак приказ генетских и синоптичких/динамичких климатских класификација које, због ограниченог простора и времена, нису нашле места у овој дисертацији.



### 1.3. Циљеви и задаци, постављене хипотезе

Циљ дисертације је испитивање везе између коришћених климатских индекса са просторном димензијом температуре и падавина. Такође, један од циљева је и да се изврши компаративна анализа са постојећим регионализацијама и класификацијама које су до сада урађене за простор Србије. У складу са тим, а у контексту савремених климатских промена и колебања, проучавана је могућност примене савремених класификација климата на простору Србије за 60-годишњи период осматрања (1951-2010), као и могућност климатске регионализације, па је дефинисано неколико циљева ради верификације или одбацивања постављених радних хипотеза:

- I. Пронаћи одговарајућу класификацију климата на основу које се може извршити регионализација климата на нашем простору у складу са физичко-географским особеностима Србије и свеукупном утицају климатских елемената на климу наше земље у просторно-временском континууму климатског система Земље;
- II. Указати на одређене предности и недостатке различитих климатских класификација на простору Србије користећи различите статистичке методе;
- III. На основу резултата добијених за 30-годишње субпериоде (1951-1980. и 1981-2010.) квантификовати промене у просторној дистрибуцији и варијацији климатских региона, индекса и климата коришћењем статистичких метода;
- IV. У циљу компаративне анализе резултата добијених применом различитих климатских индекса извршена је евалуација статистичким линеарним моделом регресије како би се указало на предности или недостатке појединих климатских индекса употребљених у анализи;
- V. Указати на значај и могућност примене добијених резултата истраживања у различитим областима деловања у геопростору.

Основни задаци у овој дисертацији који представљају логички след претходно дефинисаног предмета истраживања, циљева и почетних радних хипотеза су:

1. Дефинисање и опис области проучавања;
2. Формирање базе података и дефинисање просторно-временског оквира истраживања;
3. Испитивање комплетности и хомогености низа података;
4. Одабир и приказ метеоролошких станица укључених у истраживање;
5. Формирање листе одабраних класификација климата и климатских индекса који се користе у тези;

6. Дефинисање статистичких, геостатистичких и осталих метода које се користе у дисертацији, а у складу су са претходно дефинисаним циљевима и хипотезама истраживања;
7. „Објективна регионализација климата Србије“ применом хијерархијских агломеративних и нехијерархијског кластер метода за периоде 1951-1980. и 1981-2010.;
8. Верификација резултата добијених применом различитих климатских индекса и њихова евалуација у циљу утврђивања просторне дистрибуције и варијације у Србији;
9. Компаративна анализа савремених класификација и проналажење одговарајуће класификације за простор Србије;
10. Квантификација утицаја климатских колебања на простору Србије применом одређене климатске класификације и њен значај;
11. Компаративна анализа климатске регионализације и класификације у Србији за периоде 1951-1980. и 1981-2010. година;
12. Картографска визуелизација примењених метода класификације и климатских индекса у виду тематских карата израђених различитим ГИС методама;
13. Израду климадијаграма станица типичних представника климата;
14. Анализа трендова временских серија температуре и падавина за 60-годишњи период осматрања, као и њихова компаративна анализа за субпериоде: 1951-1980. и 1981-2010., у циљу квантификације промена посматраних варијаби у временским серијама;
15. Стварање базе за израду климатског атласа Србије који ће представљати основу за даље истраживање и проучавање климе на нашем простору;
16. Апликативни значај резултата добијених у овој дисертацији и њихова примена у различитим сферама људског деловања (туризам, пољопривреда, водопривреда, итд.);

У складу са горенаведеним, постављене су следеће радне хипотезе које су током израде дисертације проверене применом различитих научних и статистичких метода:

- 1) Основна радна хипотеза гласи: класификација климата директно је повезана са физичко-географским карактеристикама одређеног простора и дефинисана је релативном хомогеношћу климатских елемената;
- 2) Применом различитих метода кластер анализе могуће је извршити „објективну регионализацију климата Србије“;

- 3) Дошло је до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских индекса коришћених у дисертацији између два 30-годишња субпериода: 1951-1980. и 1981-2010;
- 4) Анализа временских серија температуре и падавина за два 30-годишња нестандардна климатска периода (1951-1980. и 1981-2010) указује на промене у временској серији, а које су у корелацији са њиховом просторном димензијом;
- 5) Утицај маритимности опада идући од запада, где показује максималне вредности, ка истоку земље, а у вези је са општим синоптичким шемама изнад Србије;
- 6) Ефекат континенталности је откривен на већини станица у Србији;
- 7) Постоји корелација и сродност између појединих коришћених климатских индекса, а приказани су у виду подударана у просторној дистрибуцији и варијацији ових климатских индекса;
- 8) Могућност коришћења одређене класификације климата у циљу квантификације утицаја климатских промена или колебања на простору Србије;
- 9) Полазећи од претпоставке да је основни принцип климатске класификације да недвосмислено и егзактно „описује“ климат одређеног геопростора, резултати који су приказани у овој дисертацији би имали вишеструк апликативни значај.

#### *1.4. Досадашња истраживања и преглед литературе*

Претрагом свих релевантних научних и других публикација из области геонаука и физичких (метеоролошких) наука доступних у базама података, може се рећи да у скоријем периоду не постоји много публикација које се примарно баве климатским класификацијама и регионализацијом климата на простору Србије.

Најскорију климатску регионализацију Србије према изворном Кепеновом (КСС) климатском класификационом систему дали су Milovanović et al. (2017). Претходно, класификација климата према Кепеновом систему била је урађена 1974. године од стране Милутиновића, тј. тачно пре 43 године. Значајно је поменути и класификацију према Кепену коју је дала Савић (1979). Треба напоменути да су обе класификације биле урађене за простор бивше Југославије.

Позивајући се на тврдње које износе Дуцић и Радовановић (2005), прва „регионализација“ климатских целина била је приказана од стране Цвијића (1918), затим од стране Илешича крајем 1960-их. Издвојене целине су веома генерализоване и не указују на специфичности климата одређених делова територије, тако да могу имати само базични, полазишни научни значај. Затим, Колић (1988) даје макроклиматску рејонизацију уже Србије, али не наводи концептуални модел на основу којег је издвојио климатске целине. Полазећи од резултата које је дао

Ракићевић (1980), затим навода Шеготе (1976), Радиновића (1981), Милосављевића (1972), као и Ранковића (1974), и резултате у Атласу климе (1931-1960), Дуцић и Радовановић (2005) за простор Србије за период 1961-1990., предлажу климатску регионализацију.

Климатску класификацију Југославије према Торнтвајту дају Савић и Обуљен 1979. године, тј. издвајање климатских класификационих категорија према Торнтвајту само за простор Србије до сада никад није ни урађено.

Томислав Ракићевић се у свом раду „Регионални распоред суше у СР Србији“ (1988) бавио теоријско-методолошким поставкама и различитим дефиницијама феномена суше, као и регионализацијом сушних области у Србији користећи Лангов кишни фактор.

Што се универзитетске уџбеничке литературе тиче, битно је споменути уџбенике проф. Душана Дукића („Климатологија“ из 1976.) и проф. Ђуре Радиновића („*Vreme i klima Jugoslavije*“ из 1981.), а који третирају проблематику класификације климата у државама бивше Југославије.

Треба напоменути и важну чињеницу да за простор Србије (до тренутка израде дисертације) никад није извршена класификација климата према индексу суше Де Мартона, а чије климатске класификационе категорије показују највише географских карактеристика. Такође, претрагом релевантне научне литературе долази се до закључка да индекси маритимности и континенталности нису анализирани, као ни модификације Кепенове шеме класификације климата (Кепен-Гајгер и Кепен-Треварта). Ако се овоме дода и чињеница да ни Торнтвајтова класификација није урађена за Србију, може се рећи да резултати који ће уследити у истраживању у овој дисертацији представљају несумњиво оригиналан научни допринос у области геонаука.

Интернет претрага свих релевантних научних часописа који су баве проблематиком класификације и регионализације климата, укључила је следеће кључне речи: *climate classification, climate regionalization, Köppen, Thornthwaite, climate indices, map of world climates, climate types, climate change, climate classification system, continentality and oceanity indices, aridity indices*. Претрага је дала више резултата, а истичу се следећи радови вредни помена:

- рад **Peel et al. (2007)** у којем дају ажурирану верзију карте света, односно сваког континента посебно и методологију климатског класификационог система према Кепен-Гајгеру;
- чланак **Kotttek et al. (2006)** који такође даје карту света према Кепен-Гајгер климатском класификационом систему, али користећи другачије температурне прагове при дефинисању климатских класа;
- рад **Gallardo et al. (2013)** који се бави имплементацијом Кепен-Треварта климатског класификационог система на регионалне климатске моделе и проценама климатских промена у Европи;

- рад **Baker et al. (2009)** који користе Кепен-Треварта климатску класификацију и мултиваријациони просторно-временски кластер алогоритам како би квантификовали историјске и пројектоване климате на територији Кине;
- чланак **Chen & Chen (2013)** који користе Кепенов класификациони систем како би квантификовали промене у просторној дистрибуцији климатских класа на глобалном нивоу за период 1901-2010.;
- рад **Belda et al. (2014)** у којем се даје компаративна анализа просторне дистрибуције климатских класификационих категорија према Кепеновом и Кепен-Треварта класификационом систему на глобалном нивоу;
- рад **Beck et al. (2005)** који се бави одређивањем глобалних климатских промена коришћењем Кепенове класификације климата;
- рад **Rohli et al. (2015)** који третира просторне промене Кепен-Гајгерових климатских класификационих категорија изнад океана и копна у различитим периодима, а даје и пројекције будућих промена у просторној дистрибуцији климатских класа;
- рад **Feddema (2005)** који се бави ревидираном Торнтвајтовом климатском класификацијом и даје карте дистрибуције Торнтвајтових климатских провинција на глобалном нивоу;
- чланак **Sanderson (1999)** који се бави класификацијама климата од Питагоре до Кепена;
- рад **Sarfaraz et al. (2014)** који се бави проблематиком регионализације климата Пакистана коришћењем методологије Кепен-Гајгер климатског класификационог система;
- рад **Gadiwala et al. (2013)** у којем користе индексе континенталности и маритимности како би дефинисали климат Пакистана;
- **Deniz et al. (2011)** се баве просторним варијацијама климатских индекса на територији Турске;
- **Baltas (2007)** је дао приказ просторне дистрибуције климатских индекса у северној Грчкој;
- **Caloiero et al. (2015)** дају биоклиматску анализу региона јужне Италије (Калабрије) користећи Ембержеов и индекс Ривас-Мартинеза.

Поред ових горепомнутих научних чланака и студија, у поглављима дисертације биће наведени и многи други, такође значајни радови који су коришћени приликом израде ове докторске дисертације. Битно је напоменути и мастер тезу **Walterscheid (2009)**, а која је послужила као битна основа при формирању основне литературе и извора података о климатским класификацијама.

### 1.5. Историјски преглед развоја климатских класификационих система

Најважнија студија која третира питање историјског развоја климатских класификационих система и пружа један концизан и свеобухватан преглед ове проблематике је чланак Marie Sanderson (1999)<sup>2</sup> објављен у часопису Америчког метеоролошког друштва. У свом раду, Sanderson (1999) даје свеобухватан преглед климатских класификација почевши од Питагоре, тј. античких грчких филозофа, па све до Кепена. Аутор наводи да је већи део информација добила прегледањем оригиналних карата у библиотеци универзитета у Мичигену. Такође, Sanderson (1999) износи став да је „*свет спреман за нову класификацију*“ и поставља следеће питање: „*Зар није време да савремени научници који се баве атмосфером развију „нову“ класификацију светских климата?*“.

Климат (од старогрчке речи *klima*, што значи **инклинација**) се односи на сазнање да разлике у нагибу угла под којим сунчеви зраци падају доводе до климатских контраста, тј. односи се на сучеву деклинацију. Треба истаћи битну чињеницу да су античке цивилизације, као што су Египатска и Грчка, биле свесне утицаја географске ширине на климу одређеног географског простора, тј. утицаја географске ширине на упадни угао сунчевих зрака. Позивајући се на Sanderson (1999), Питагора је у 6. веку пре нове ере предложио концепт сферичног света, док је Парменид издвојио 5 зона, тј. топлотних појасева које данас користимо (једну жарку, две умерене и две хладне) (Harley & Woodward, 1987). Анаксимандер је у 5. веку п.н.е. изумео гномон (или суначни часовник), док је Ератостен дао тачан прорачун обима Земље и поставио темље сферне тригонометрије. Птоломеј је био зачетник античке научне географије, а веровао је да су климат и географска ширина синоними (Sanderson, 1999).

У средњем веку<sup>3</sup> (од 476. године до почетка ренесансе у 14. веку), већина карата света била је *T-O* типа на којима су исцртавани до тада познати континенти старог света: Азија, Африка и Европа (Sanderson, 1999). Од познатих картографа тог периода, могу се навести следећа имена: Capella, Isadore of Seville, Beatus, Honoré de Autun, Johannes Leardes of Venice (Bagrow, 1964).

У периоду ренесансе<sup>4</sup> (који је трајао од касног 14. до почетка 16. века) и просветитељства<sup>5</sup> (1685-1815), када је Птоломејев научни допринос преведен на латински језик у Западној цивилизацији, појављују се карте света чији су аутори Sylvanus (1511), Apianus (1520), Homem (1554), Blaeu (1648).

<sup>2</sup> <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477%281999%29080<0669%3ATCOCFP>2.0.CO%3B2>

<sup>3</sup> <http://www.history.com/topics/middle-ages>

<sup>4</sup> <http://www.history.com/topics/renaissance-art>

<sup>5</sup> <http://www.history.com/topics/enlightenment>

1817. године, зачетник савремене физичке географије, Александар фон Хумболт је израдио прву изотермну карту света (Oliver, 2005), а затим изохијентне карте света Elias Loomis 1882. године (James & Jones, 1954; James & Martin, 2005). Међутим, према речима Sanderson (1999), немачки ботаничар Dove (1853) је први објавио изотермну и изохијентну карту света 1884.

Прву квантитативну класификацију светских климата дао је Владимир Кепен 1900., а коју је модификовао све до 1936. године. Рудолф Гајгер је 1954. објавио модификацију оригиналне Кепенове климатске класификације, која је данас најпознатија као Кепен-Гајгерова климатска класификација. Треварта је прву модификацију оригиналног Кепеновог система извршио 1957., а данас је познатија под називом Кепен-Треварта климатска класификација (Kottek et al., 2006; Essenwanger, 2001; Kraus, 2004, Hantel, 2005, Lohmann et al., 1993; Kleidon et al., 2000, Rohli et al., 2015; Baker et al., 2009; Peel et al., 2007; Chen & Chen, 2013; Gallardo et al., 2013; Feng et al., 2013; Belda et al., 2014; Rubel & Kottek, 2011; Beck et al., 2005).

Торнтвајт уводи рационални приступ класификацији климата (1931, 1933, 1943, 1948), а који се заснива на сложеном односу између потенцијалне евапотранспирације и падавина (Thorntwaite, 1931; 1943, 1948; Feddema, 2005; Carter & Mather, 1966). Међутим, Торнтвајтов приступ класификацији климата данас је од историјског значаја и није нашао ширу употребу на глобалном нивоу (Sanderson, 1999).

Данас, тачно после 100 година од објављивања Кепенове класификације климата из 1918. године, научне публикације, чланци, атласи и уџбеници из домена геонаука и даље користе ову класификацију као основу за проучавање климата и издвајање климатских регија широм планете. Са развојем информатичких технологија, у првом реду ГИС технологија, као и савремених статистичких метода, Кепенова класификација климата нашла је примену и у пројекцији будућих климата на Земљи и бројне научне студије на ову тему су објављене. Дакле, и поред бројних недостатака на које су указивали разни истраживачи, Кепенова класификација климата остаје да буде оријентир у проучавању просторне дистрибуције климатских типова на Земљи.

## Поглавље 2

### База података и методологија

У оквиру Поглавља 2 презентована је база података (2.1.), тј. списак метеоролошких станица, њихове главне карактеристике и просторни распоред на територији Србије, као и две основне варијабле (климатска елемента) коришћена у дисертацији: температура ваздуха и падавине. У делу 2.2. овог поглавља, представљен је генерални методолошки оквир истраживања у дисертацији, дат је приказ коришћених класификационих шема, опис процедуре добијања растера, као и приказ коришћених софтверских пакета.

#### 2.1. База података

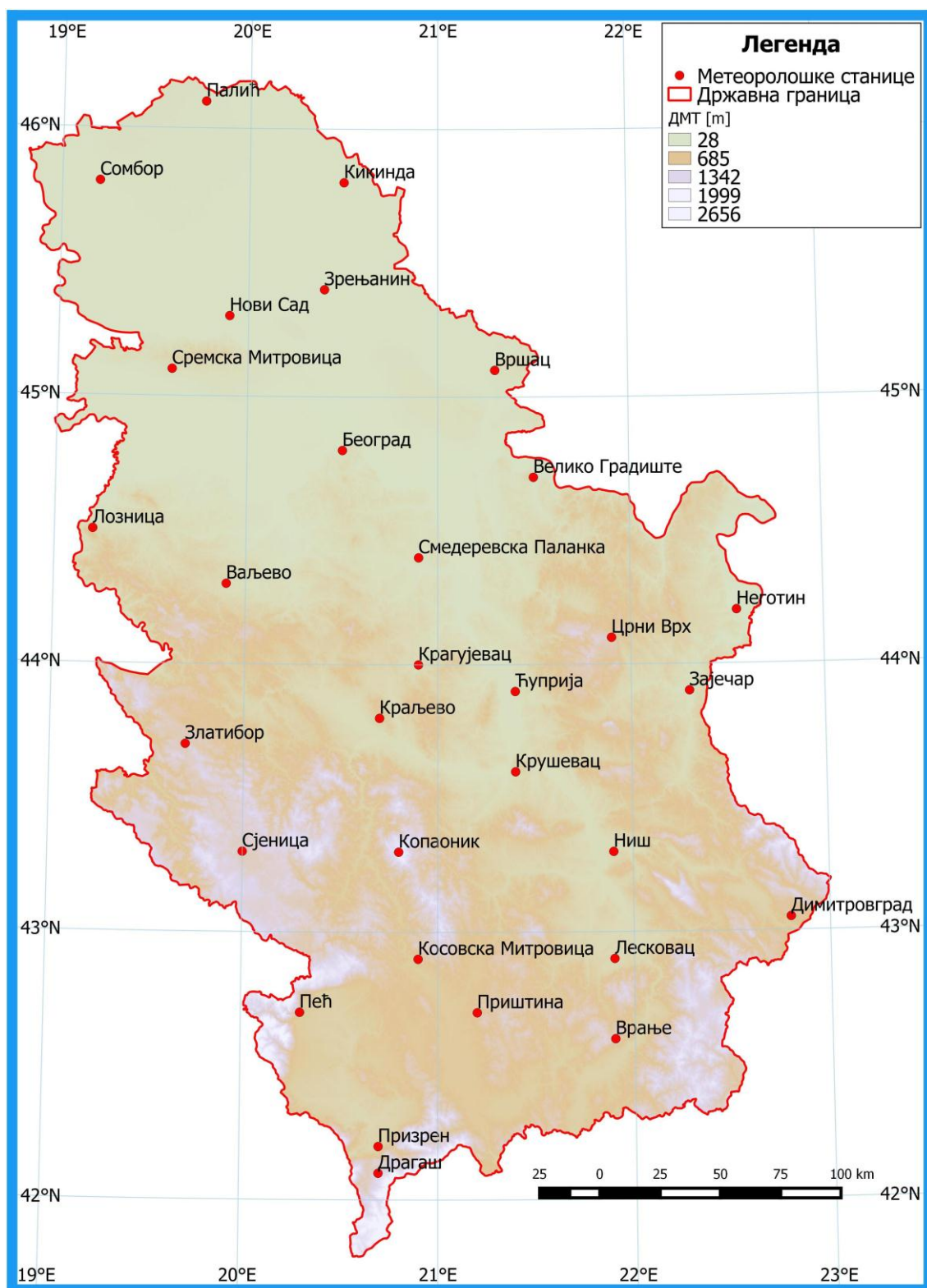
У циљу спровођења истраживања у оквиру задате теме, постављених циљева и хипотеза у дисертацији, коришћени су подаци о средњим месечним, тј. годишњим, вредностима температуре ваздуха и сума падавина за низ дужине 60-година (1951-2010.). Подаци су добијени са укупно 31 метеоролошке станице укључене у анализу (карта 1, табела 1), од чега је 28 синоптичких станица и 3 климатолошке (Косовска Митровица, Вршац и Драгаш). Подаци о приземним синоптичким варијаблама су преузети из Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗС<sup>6</sup>), а који је извршио техничку проверу мерења поменутих варијабли. На већини метеоролошких станица коришћених у анализи нивои су комплетни или са мањим прекидима. Станице које имају највише недостајућих података су оне на територији АП Косово и Метохија (Косовска Митровица, Приштина, Призрен, Драгаш и Пећ) (нарочито после 1999. године), а укључене су у истраживање јер представљају саставни део територије Републике Србије. Рачунским поступком интеролације методом диференција овај проблем је успешно решен. Ако се посматра хипсометријски распоред станица (графикон 1) укључених у анализу, може се извести следећи закључак: укупно 5 станица се налази на висинама изнад 1000 m (16,1%); изнад 500 m надморске висине лоциране су укупно 2 метеоролошке станице (6,5%); највише метеоролошких станица лоцирано је на висинама до 500 m, укупно 24 (77,4%). На основу приказаног хипсометријског распореда може се закључити да је број станица у планинским областима, као и областима изнад 500 m надморске висине, мали и незадовољавајућ. Ради детаљније анализе климатских варијабли и њихове просторне дистрибуције у

---

<sup>6</sup> <http://www.hidmet.gov.rs/index.php>



Србији, требало би побољшати основу мрежу синоптичких станица, посебно на већим надморским висинама.

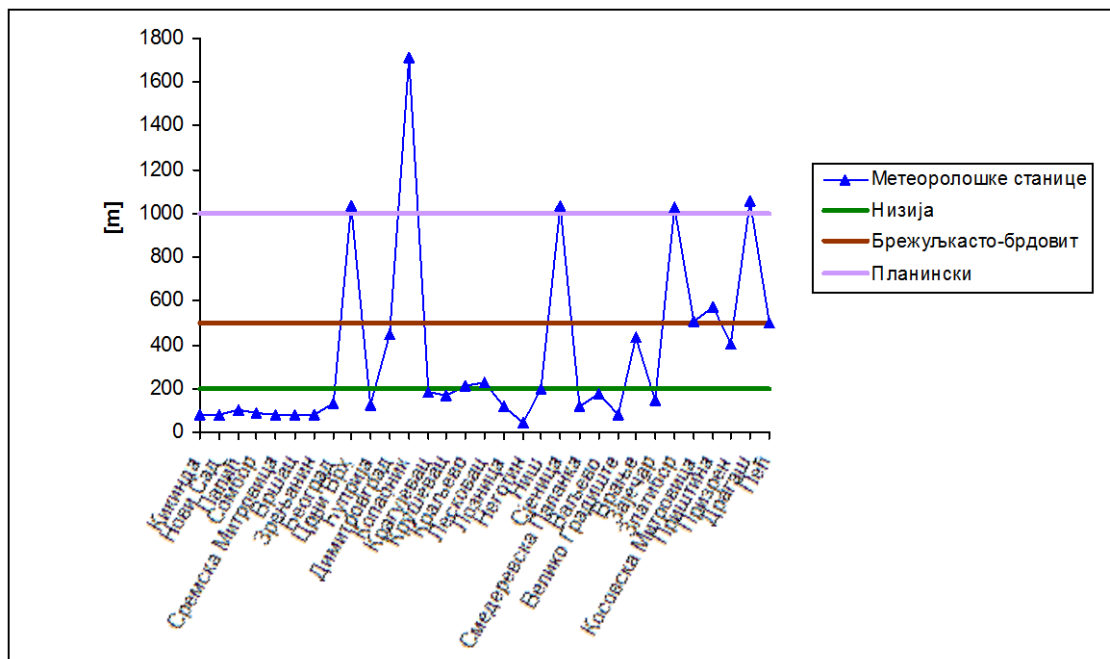


Карта 1. Приказ станица коришћених у анализи

Табела 1. Списак станица коришћених у анализи

Назив станице	Тип*	$\varphi$ [°]	$\lambda$ [°]	$h$ [m]
Киkindа	C	+45,9	+20,5	81
Нови Сад	C	+45,3	+19,9	84
Палић	C	+46,1	+19,9	102
Сомбор	C	+45,8	+19,2	88
Сремска Митровица	C	+45,1	+19,6	82
Вршац	K	+45,1	+21,3	84
Зрењанин	C	+45,4	+20,4	80
Београд	C	+44,8	+20,5	132
Црни Врх	C	+44,1	+21,9	1037
Ђуприја	C	+43,9	+21,4	123
Димитровград	C	+43	+22,8	450
Копаоник	C	+43,3	+20,8	1710
Крагујевац	C	+44	+20,9	185
Крушевац	C	+43,6	+21,4	166
Краљево	C	+43,8	+20,7	215
Лесковац	C	+42,9	+21,9	230
Лозница	C	+44,5	+19,2	121
Неготин	C	+44,2	+22,6	42
Ниш	C	+43,3	+21,9	202
Сјеница	C	+43,3	+20	1038
Смедеревска Паланка	C	+44,4	+20,9	121
Ваљево	C	+44,3	+19,9	176
Велико Градиште	C	+44,8	+21,5	82
Врање	C	+42,6	+21,9	432
Зајечар	C	+43,9	+22,3	144
Златибор	C	+43,7	+19,7	1028
Косовска Митровица	K	+42,9	+20,9	510
Приштина	C	+42,7	+21,2	573
Призрен	C	+42,2	+20,7	402
Драгаш	K	+42,1	+20,7	1060
Пећ	C	+42,7	+20,3	498

\*Тип станице: C-синоптичка; K-климатолошка



Графикон 1. Хипсометријски приказ метеоролошких станица укључених у анализу

У циљу спровођења анализе груписања, тј. распршености метеоролошких станица укључених у анализу, спроведена је процедура *Point Pattern Analysis-nearest neighbours* у софтверу *PAST 3.17*. Процедура тестира распршеност тачака као дводимензионалних (2D) координатних вредности (према Davis, 1986). Рачунање ове статистике се заснива на анализи најближег суседства<sup>7</sup>. Нулта хипотеза ( $h_0$ ) је случајни Пуасонов процес, дајући модификовану експоненцијалну дистрибуцију најближег суседства са средњом вредношћу:

$$\mu = \frac{\sqrt{A/n}}{2}, \quad (1)$$

где је  $A$  област, а  $n$  број тачака.

Вероватноћа да је дистрибуција случајна (Пуасонов процес, дат као експоненцијална расподела) представља се кроз вредност  $R$  када је:

$$R = \frac{\bar{d}}{\mu} = \frac{2\bar{d}}{\sqrt{A/n}}, \quad (2)$$

где је  $R$  вредност најближег суседа, а  $\bar{d}$  је осмотрена средња удаљеност између најближих суседа. У табели 2 дата је вредност коефицијента  $R$  у Пуасоновој расподели.

<sup>7</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>

Табела 2. Вредности коефицијента  $R$  које нуди PAST

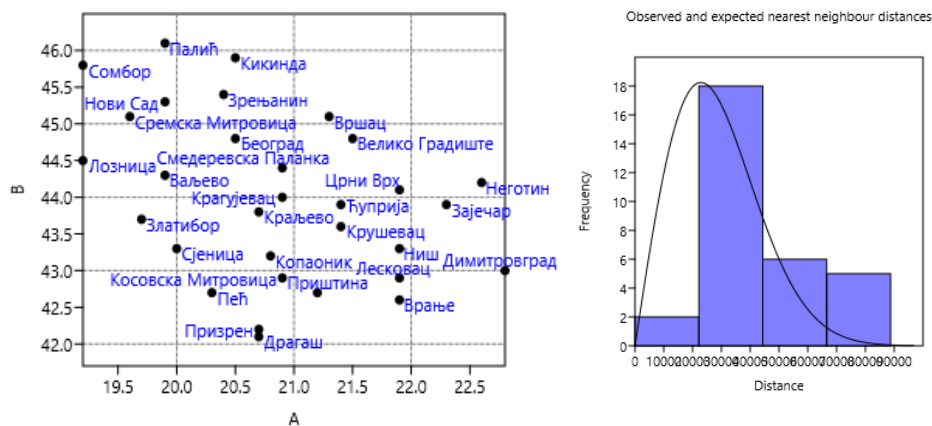
$R$	Расподела
$<1$	тачке груписане у простору
$\sim 1$	Пуасонова расподела
$>1$	тачке су распршене, тј. разбацане у простору

Очекивана (теоријска) дистрибуција у нултој ( $H_0$ ) хипотези је исцртана као непрекидна крива са хистограмом осматраних удаљености. Очекивана вероватноћа функције густине као функција удаљености  $r$  је (Clark & Evans, 1954):

$$g(r) = 2\rho\pi r \exp(-\rho\pi r^2), \quad (3)$$

где је  $\rho = n/A$  густина тачака.

Добијени резултати приказани на  $x/y$  графикону указују да тачке нису груписане у простору (графикон 2).



Графикон 2. Приказ метеоролошких станица на кси плоту у PAST-у (лево) и хистограм осматраних и очекиваних удаљености између најближих суседа (десно)

Вредност коефицијента  $R$  у овом случају износи 1,52, што значи да су тачке (метеоролошке станице) распршене, тј. разбацане у простору, односно постоји статистички значајна распршеност тачака.

## 2.2. Методологија

Сагласно степену сложености и обиму предмета проучавања докторске дисертације, а у циљу реализације истраживања у оквиру задате теме, употребљени су проверени научни методи који су у складу са постављеним циљевима, задацима и структуром рада. Могу се издвојити следеће групе метода које се користе:

- *Опште научне методе;*
- *Математичко-статистичке методе;*
- *Картографски метод и метод ГИС-а, и*
- *Посебне научне методе у климатологији.*

За одређивање климатских класификационих шема коришћен је низ података о температури ваздуха и сумама падавина од 60 година (1951-2010). У дисертацији није анализиран стандардни нормални климатолошки низ<sup>8</sup> (1961-1990) јер је математички неисправно, а није ни практично, пошто би дошло до преклапања једне трећине низа уколико би се поредила два низа од 30 година-један стандардни (1961-1990) и други нестандардни (1981-2010). Зато су у обзир узета два нестандардна климатолошка низа (1951-1980. и 1981-2010.) и на темељу њихове анализе израђена је климатска регионализација Србије. Како би се утврдило да ли је на простору Србије било климатских промена, требало би упоредити климатску регионализацију Србије за два нестандардна климатолошка периода: 1951-1980. и 1981-2010., за 31 метеоролошку станицу укључену у анализу.

Методе класификације климата су примењене у складу са предметом, циљевима и задацима докторске дисертације, а према већ утврђеној научној методологији. Примењен је и метод израде комплексног

---

<sup>8</sup> У стриктном смислу, „нормала“ одређене варијабле (нпр. температуре) се дефинише као тридесетогодишњи просек. Тридесетогодишњи период (1961-1990) је најскорији стандардни референтни период по дефиницији *WMO*. *WMO* описује „стандардне референтне периоде“ како би их међународна заједница користила и како би се одржала конзистентност у прорачунима у климатолошкој статистици у свету. Следећи стандардни референтни период је од 1991. до 2020. године. Климатски подаци су често кориснији када се упореде са стандардним или нормалним вредностима. Техничке регулативе дефинишу нормалне вредности као „просечне вредности периода израчунате за униформни и релативно дуг период који обухвата најмање три узастопна десетогодишња периода“, а климатолошке стандардне нормалне вредности као „просечне вредности климатолошких података израчунате за узастопне периоде од 30 година и то: 1. јануар 1901. до 31. децембра 1930., 1. јануар 1931. до 31. децембра 1960., 1. јануар 1961. до 31. децембра 1990., итд.“ (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data/land-based-datasets/climate-normals/1981-2010-normals-data>; <http://www.bom.gov.au/climate/how/newproducts/map-periods.shtml>; [http://www.wmo.int/pages/governance/policy/tech\\_regu\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/governance/policy/tech_regu_en.html))

климадијаграма за потребе издвајања станица типичних представника климата, а које су упоређене са резултатима кластер анализе. Дакле, у финално разматрање је узето 9 климатских индекса и 4 климатске класификације (табела 3), а прорачуни су урађени за 31 метеоролошку станицу за коју су комплетирани низови података за период од 60 година (1951-2010).

Табела 3. Климатски индекси и класификације климата које се користе у светској научној литератури

Бр.	Скраћеница	Назив климатског индекса/класификације
1.	CCI	Индекс континенталности (Conrad & Pollak, 1950)
2.	k	Индекс континенталности према Gorchynski (1922)
3.	MOI	Индекс маритимности (Marsz, 1995)
4.	KOI	Кернеров индекс маритимности (Retuerto & Carballeira, 1992; Gavilan, 2005; Baltas, 2007)
5.	$I_p$	Пина комбиновани индекс (Zambakas, 1992; Baltas, 2007; Deniz et al., 2011)
6.	RF	Лангов кишни фактор (Lang, 1920)
7.	$I_{DM}$	Индекс суше Де Мартона (De Martonne, 1941)
8.	IE	Ембержеов индекс аридности (Emberger, 1932)
9.	PE	Торнтвајтова класификација (Thornthwaite, 1948)
10.	$I_{ov}$	Индекс Ривас-Мартинеза (Rivas-Martinez, 1996)
11.	KTC	Кепен-Треварта класификација (Threwartha and Horn, 1980)
12.	KGC	Кепен-Гајгер класификација (Peel et al., 2007)
13.	KCC	Кепенова класификација (Köppen, 1931)

Хомогеност података о температури ваздуха и падавинама је испитана применом Левеновог теста варијансе (Levene, 1960), а који је дефинисан следећом релацијом<sup>9</sup>:

$$W = \frac{(N - k)}{(k - 1)} \frac{\sum_{i=1}^k N_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}, \quad (4)$$

где  $Z_{ij}$  може да има једну од следеће три дефиниције:

$$1) Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}_i|, \quad (5)$$

где  $\bar{Y}_i$  представља средњу вредност  $i$ -те подгрупе.

$$2) Z_{ij} = |Y_{ij} - \tilde{Y}_i|, \quad (6)$$

где  $\tilde{Y}_i$  представља медијану  $i$ -те подгрупе.

<sup>9</sup> <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35a.htm>

$$3) Z_{ij} = |Y_{ij} - \bar{Y}'_i|, \quad (7)$$

где  $\bar{Y}'_i$  је 10% тримоване средње вредности  $i$ -те подгрупе.

$\bar{Z}_i$  су групне средње вредности  $Z_{ij}$ , а  $\bar{Z}_{..}$  је укупна средња вредност  $Z_{ij}$ . Ова три избора дефинисана једначинама (5), (6) и (7) одређују робустност и моћ Левеновог теста.

Левенов тест (Levene, 1960) се користи да би се тестирало да ли  $k$  узорци имају једнаке варијансе. Levene (1960) је у свом оригиналном раду предложио употребу само средње вредности. Међутим, Brown & Forsythe (1974) су проширили оригинални Левенов тест и користили медијану или тримовану средњу вредност. Основне карактеристике Левеновог теста приказане су у табели 4.

Табела 4. Основне карактеристике Левеновог теста варијансе (Levene, 1960)

Сврха:	Тестирање хомогености варијансе. Ако су варијансе у узорцима једнаке, то се назива хомогеност варијансе.
Дефиниција:	$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2$ $H_a: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ за најмање један пар } (i, j)$
Статистички тест:	Ако је дата варијабла $Y$ са узорком величине $N$ подељена у $k$ подгрупе, где је $N_i$ величина узорка $i$ -те подгрупе, Левенов статистички тест је дефинисан као у једначини (4).

(Извор: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35a.htm>)

Након спроведеног Левеновог теста варијансе (Levene, 1960), утврђено је да се подаци могу сматрати хомогеним. Хомогеност временских серија за станице коришћене у дисертацији потврђена је и од стране других истраживача. Putniković (2017) је у својој докторској дисертацији такође применила Левенов тест варијансе за 6 станица (Београд, Лозница, Ниш, Неготин, Златибор и Зрењанин) (1961-2010) и утврдила да су подаци за поменуте станице хомогени. Станојевић (2016) је користећи софтвер *RHtestsV4*, утврдила хомогеност временских серија температура и падавина за 32 коришћене станице (1961-2000). Позивајући се на наводе Тошић & Ункашевић (2013), Тошић (2005) је помоћу Александерсоновог теста утврдила да су сви низови температура хомогени. Ункашевић et al. (2004) наводе да се одређена нехомогеност временских серија падавина (1951-1995) јавила на станици Призрен. Могу се поменути и следеће студије у којима је испитивана хомогеност временских серија температура и падавина на станицама у Србији: Тошић et al. (2014); Кнежевић et al. (2014); Арсенић et al. (2015); Малиновић-Милићевић et al. (2015); Ункашевић & Тошић (2015).



Бржој, квалитетнијој и прегледнијој обради података, као и њиховој графичкој репрезентацији допринеће ГИС технологије и примена одговарајућег рачунарског софтвера (*QGIS Desktop 2.8.1.*) за геопросторну презентацију података. За добијање изотермних и изохијетних карата Србије за 60-годишњи (1951-2010.), као и два 30-годишња периода (1951-1980. и 1981-2010.), коришћен је растерски ГИС. Опис процедуре добијања растера је следећи:

1) При прављењу растера температура и падавина коришћени су подаци са 31 станице (за цео период-1951-2010., и два субпериода 1951-1980. и 1981-2010.).

2) За израду регресионог модела на основу кога је урађена интерполација температура ваздуха и количина падавина, као предикторске варијабле коришћени су географска ширина, географска дужина и надморска висина синоптичких, односно климатолошких станица, док су на основу *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* дигиталног модела висина (енг. *Digital Elevation Model - DEM*) у резолуцији 30 x 30 m средња вредност и стандардна девијација нагиба и експозиција терена израчунати из кружних зона пречника 10 km које су формиране око станица. Због каснијих фаза рада формирана су и два помоћна растера за географску дужину и географску ширину. Одабир предиктора је извршен на основу значаја које имају у регресионом моделу. Показало се да у случају *падавина* највећи проценат варијансе захвата комбинација **географске дужине ( $\lambda$ ), надморске висине ( $h$ ) и средње вредности нагиба терена око станице**, а у случају *температура ваздуха* највећи проценат варијансе захвата **надморска висина ( $h$ ) и географска ширина ( $\varphi$ )**.

3) У следећем кораку скуп података је насумично подељен на подскуп за интерполацију (27 станица) и подскуп за тестирање тачности моделованих вредности температура ваздуха и количина падавина (4 станице-Вршац, Ћуприја, Лесковац, Смедерево). У подскупу за интерполацију, множењем коефицијената из регресионог модела са вредностима одабраних предиктора за сваку станицу и одузимањем овако добијених вредности од осмотрених, формиране су нове вредности температура ваздуха и количина падавина, од којих је применом простог кригинга направљен засебан лејер који је потом пребачен у растерски облик.

4) Множењем коефицијената из регресионог модела са одговарајућим растерима (*DEM*, помоћни растер за географску дужину, помоћни растер за географску ширину) и додавањем претходно формираним растерима температура ваздуха или количина падавина, добијене су растерске карте. Тачност примењеног приступа проверена је упоређивањем вредности температура ваздуха/количина падавина са станицама из подскупа за тестирање и вредности пиксела у којима се станице налазе. Разлика између овако моделованих и осмотрених вредности изражена је кроз средњу апсолутну грешку (*mean absolute error* -



MAE) и корен средње квадриране грешке (*root mean square error - RMSE*). Цео поступак је изведен у *QGIS Desktop 2.8.1.*, док су за формирање регресионог модела и израчунавање грешака искоришћени софтвери *R* и *STATISTICA 8*.

Средња апсолутна грешка (MAE) мери просечну магнитуду грешака у сету предикција, без обзира на њихов правац. То је просечна вредност одступања предвиђених од актуелних вредности, где свака појединачна разлика има једнаку тежину:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_j - \hat{y}_j|, \quad (8)$$

где је  $n$  број података, а  $y_j$  и  $\hat{y}_j$  су емпиријске и теоријске вредности.

Корен средње квадриране грешке (RMSE)<sup>10</sup> је дефинисан за сет од  $n$  бројева или вредности дискретне дистрибуције  $x_1, \dots, x_n$ , као квадратни корен средње вредности  $x_i^2$ :

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}, \quad (9)$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}, \quad (10)$$

$$= \sqrt{\langle x^2 \rangle}, \quad (11)$$

где  $\langle x^2 \rangle$  означава средњу вредност  $x_i^2$ .

За случајну варијаблу  $X$  из непрекидне дистрибуције  $P(x)$ ,

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{\int [P(x)]^2 dx}{\int P(x) dx}}, \quad (12)$$

где су интегрални преузели домен дистрибуције. Слично, за функцију  $f(t)$  која је периодична преко интервала  $[T_1, T_2]$ , корен средње квадриране грешке је дефинисан као (Kenney & Keeping, 1962):

$$f_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 dt}. \quad (13)$$

<sup>10</sup> <http://mathworld.wolfram.com/Root-Mean-Square.html>

У табели 5, ако се посматра први период (1951-1980), најмање вредности средње апсолутне грешке (*MAE*) и корена средње квадриране грешке (*RMSE*) су у фебруару ( $0,3^{\circ}\text{C}$ ), док су највеће грешке у оба случаја у мају ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ). На годишњем нивоу, средња апсолутна грешка је  $0,6^{\circ}\text{C}$ , а корен средње квадриране грешке износи  $0,7^{\circ}\text{C}$ . У другом периоду (1981-2010), највеће грешке у оба случаја су у новембру ( $0,7-0,9^{\circ}\text{C}$ ), док су најмање у јуну ( $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ ). На годишњем нивоу, средња апсолутна грешка је  $0,4^{\circ}\text{C}$ , а корен средње квадриране грешке износи  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Посматрајући цео низ (1951-2010), најмање грешке у оба случаја су у јуну и јулу ( $0,3^{\circ}\text{C}$ ), док су највеће у јануару ( $0,8-0,9^{\circ}\text{C}$ ). На годишњем нивоу опсег грешака се креће између  $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ .

Табела 5. Средња апсолутна грешка (*MAE*) и корен средње квадриране грешке (*RMSE*) моделованих вредности температуре ваздуха за сва три низа

Месећ	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>
I	0.6	0.5	0.6	0.5	0.9	0.8
II	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
III	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
IV	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.4
V	0.6	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3
VI	0.6	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3
VII	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
VIII	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
IX	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
X	0.6	0.42	0.7	0.5	0.6	0.4
XI	0.6	0.5	0.9	0.7	0.7	0.4
XII	0.6	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7
<b>Годишње</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>
	<b>1951-1980.</b>		<b>1981-2010.</b>		<b>1951-2010.</b>	

У табели 6, ако се посматра први период (1951-1985), најмање вредности средње апсолутне грешке (*MAE*) и корена средње квадриране грешке (*RMSE*) су у мају ( $3,6 \text{ mm}$ ) и у априлу ( $2,9 \text{ mm}$ ), док су највеће грешке у оба случаја у фебруару ( $7,8-8,6 \text{ mm}$ ). На годишњем нивоу, средња апсолутна грешка је  $49,9 \text{ mm}$ , а корен средње квадриране грешке износи  $55,4 \text{ mm}$ . У другом периоду (1986-2010), највећа грешка *RMSE* је у јануару

(7,9 mm), а MAE је у марту (7,8 mm), док су најмање у мају (2,0-2,6 mm). На годишњем нивоу, средња апсолутна грешка је 56,3 mm, а корен средње квадратране грешке износи 56,6 mm. Посматрајући цео низ (1951-2010), најмање грешке у оба случаја су у мају (2,2-2,5 mm), док су највеће у марту (6,9-7,0 mm). На годишњем нивоу опсег грешака се креће између 53-54,4 mm.

Табела 6. Средња апсолутна грешка (MAE) и корен средње квадратране грешке (RMSE) моделованих вредности сума падавина за сва три низа

Месец	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE
I	6.1	5.8	7.9	6.9	6.0	5.8
II	8.6	7.8	6.6	5.3	5.6	5.5
III	7.8	6.5	7.8	7.8	7.0	6.9
IV	4.0	2.9	6.4	4.1	3.8	2.9
V	3.6	3.2	2.6	2.0	2.5	2.2
VI	4.1	3.3	6.9	5.9	4.4	3.5
VII	6.7	6.3	2.9	2.3	3.7	3.1
VIII	5.9	5.4	3.1	2.7	3.4	3.3
IX	6.7	6.6	3.8	3.2	4.9	4.7
X	7.5	7.2	7.6	7.3	6.6	5.7
XI	3.9	3.6	7.7	7.1	5.8	5.5
XII	6.4	5.5	5.1	4.9	5.7	5.4
Годишње	55.4	49.9	56.6	56.3	54.4	53.0
	1951-1985.		1986-2010.		1951-2010.	

Поред коришћења уобичајених вишенаменских софтверских апликација, скоро сва статистичка израчунавања урађена су у бесплатном софтверу за научну анализу података *PAST 3.17 (PAleontological STatistics)*<sup>11</sup>, а карте су исцртане у бесплатној рачунарској ГИС апликацији *QGIS Desktop 2.8.1*<sup>12</sup>. У процедури добијања растера, за формирање регресионог модела и израчунавање грешака искоришћени су софтвери *R*<sup>13</sup> и *STATISTICA 8*<sup>14</sup>.

<sup>11</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/>

<sup>12</sup> <https://qgis.org/en/site/>

<sup>13</sup> <https://www.r-project.org>

<sup>14</sup> <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>

## Поглавље 3

### „Објективна регионализација климата Србије“ применом различитих метода кластер анализе

#### 3.1. Увод

Кластер анализа (енг. *cluster analysis*) је мултиваријациона техника која користи класификацију одређеног узорка субјеката (објеката) на основу скупа мерљивих варијабли у један број различитих група на основу резултата (скора), тако да сличне класе (групе) формирају исти кластер. У процесу статистичке анализе података, постоји више разлога за употребу кластер анализе: као основни разлог, може се навести и редукација, тј. смањење броја улазних података, а која је веома битна уколико се жели извршити класификација; затим, кластер анализа може да потврди или пронађе неке нове релације између посматраних варијабли за које се није знало ни да постоје.

Као основна полазишна тачка у овом истраживању послужио ми је рад о регионализацији климата континенталног дела Сједињених Држава на основу вишегодишњих месечних вредности температуре и падавина (Fovel & Fovel, 1993). Исти аутори (1993), наводе да су решења од 14-, 25- и 8-кластер нивоа најбоља одабрана. Заједно ови кластери су названи „референтни кластери“ („*reference clusterings*“). На нивоу од 14-кластера, највећи део Сједињених Држава је подељен на четири главне климатске зоне: Југоисточну, Централно-источну, Североисточни део и зону унутрашњих Западних кластера. Употреба ове контроверзне технике у атмосферским наукама је прилично ретка због двосмислености у својој употреби (Wolter, 1987), али је присутан растући број научних чланака у часописима атмосферских наука који користе ову технику (Fovel & Fovel, 1993). Други рад који ми је послужио у овом истраживању је кластеринг Ирана базиран на употреби Вардовог метода и 10 компоненти климе (Arbabi, 2011). Исти аутор (2011) је посматрао период од 1980. до 2005. за 64 синоптичке станице, и на основу извршене кластер анализе, издвојио 4 основна кластер региона. Може се закључити да је у савременим климатским истраживањима веома честа употреба метода мултиваријационе анализе (као што су факторска анализа, анализа главних компонената (*Principal component analysis-PCA*), кластер анализа, и др.), јер се користе како би се смањила количина климатских варијабли, да би се њиховом комбинацијом добиле нове варијабле и како би се резултати користили за наредне анализе (Arbabi, 2011; Blaney, 1950;

Hershfield, 1964; Warrington, 1977; Groenewoud, 1984; DeGaetano et al., 1990; Fovell & Fovell, 1993; Zhang, 1994; Appendini et al., 1994; Johnson, 1998; Miryaei et al., 1999; Aziz, 2000; Sadeghi, 2002; Fasghandic et al., 2005; Istva et al., 2006; Elsa et al., 2006; Nassiri et al., 2006; Nagy et al., 2007; Shakoor et al., 2010).

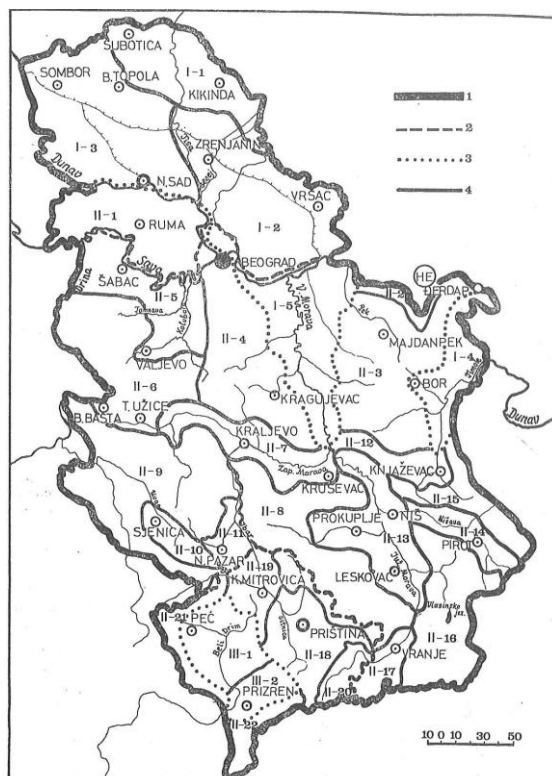
„Објективна регионализација климата Србије“, применом различитих метода мултиваријационе технике кластер анализе, до сада није урађена за период осматрања 1951-2010. У докторској тези биће посматрана два нестандардна периода: 1951-1980. и 1981-2010., а на основу разлика које постоје у ова два нестандардна климатска периода биће потврђене већ познате релације које постоје у просторном распореду температуре и падавина, али ће бити пронађене и одређене релације које су до сада биле непознате и које би неким даљим истраживањима требало испитати. Користиће се три хијерархијска и један нехијерархијски метод на основу кога ће се поставити теоријски модел распореда температурних и падавинских кластер региона. Пошто је у кластер анализи теже пронаћи одговарајући образац за груписање кластера који се посматрају уколико је укључено више варијабли, у овом случају ће се посматрати само две најважније климатске варијабле-температура и падавине. Недостатак ове врсте мултиваријационе технике је проблем одређивања коначног броја кластера или тзв. „стопинг“ правила за који не постоји статистички критеријум и објективна стандардна процедура. Постоји дијаграм растојања током сваког корака груписања објеката. Ипак, истина је да на крају одлуку доноси истраживач. Постоје два подједнако субјективна приступа, а то су формални тестови и хеуристички приступ. Први се односи на могућност интерпретације добијеног решења, а други на анализу коефицијената фузије (Рапић-Благојевић и Вугар, 2009). У том смислу, у дисертацији ће бити примењена компаративна анализа дендрограма добијених алгоритмом *Single linkage* методе. У случају да дође до великих промена у груписању метеоролошких станица, онда у такво груписње можда не би требало имати поверења. У дисертацији је у почетку примењена и стратегија коришћења хијерархијских агломеративних метода како би се стекао увид у број добијених кластера, а затим је извршена примена тих резултата у нехијерархијском методу. Идеја је била да се примени више хијерархијских и нехијерархијски метод да би се утврдила комплементарност добијених резултата, а ако се слажу у разумној мери, крајњи резултат ће бити уверљив.

Позивајући се на тврдње које износе Дуцић и Радовановић (2005), прва „регионализација“ климатских целина била је приказана од стране Цвијића (1918), а затим од стране Илешича крајем 1960-их. Издвојене целине су веома генерализоване и не указују на специфичности климата одређених делова територије, тако да могу имати само базични, полазишни научни значај. Колић (1988) даје макроклиматску рејонизацију уже Србије, али не наводи концептуални модел на основу којег је издвојио климатске целине. Полазећи од резултата које је дао Ракићевић (1980),

затим навода Шеготе (1976), Радиновића (1981), Милосављевића (1972), као и Ранковића (1974), и резултата у Атласу климе (1931-1960), Дуцић и Радовановић (2005) за простор Србије за период 1961-1990., предлажу следеће три климатске целине: А (Војводина, Перипанонски обод, Поморавље и источна Србија до Нишаве), Б (јужно од области А, условно до границе са Метохијом), В (поклапа се са регионалном-географском границом између Косова и Метохије). У склопу свих ових области, исти аутори (2005), издвајају и одређене подобласти означене као нпр. А-1-а, Б-3-б, В-2-б, итд. Иако је овде несумњиво реч о оригиналној регионализацији климата која се ослања на претходна горепоменућа истраживања, може се рећи да у великој мери показује сличности са резултатима које је приказао Т. Ракићевић (1980) (слика 1). У оба случаја, аутори не наводе јасан концептуални модел на основу којег је извршена таква регионализација, тј. „објективне“ теоријско-методолошке поставке.

Циљ ове анализе има више аспеката. Основна замисао је да кластер анализа групише падавинске и температурне регионе у одређен, мањи и „разуман“ број кластера, на основу којих ће бити постављене „објективне“ теоријске поставке климатских региона у Србији, а то ће сугерисати какве све релације постоје између добијених кластер региона у два периода, и како резултати различитих метода кластер анализе утичу на већ познату просторну дистрибуцију температуре и падавина условљену доминантним физичко-географским факторима у простору. Још један циљ ове анализе јесте да се изврши и компаративна анализа са климатским рејонима које је дао Т. Ракићевић (1980) на основу „утврђивања међусобних веза и утицаја између климатских елемената“, као и испитивање везе између добијених кластер региона (статистичким поступком) и климатских рејона (на основу физичких параметара) и да се на тај начин покаже да ли је дошло до побољшања у моделу регионализације климата уколико се број климатских кластер региона смањи („оптимизује“) у односу на резултате рејонизације Ракићевића (1980).

Основна мотивација за оваку анализу је заправо чињеница да развој нових статистичких техника, посебно мултиваријационих, има своју примену у различитим областима атмосферских наука, а то ће у овом случају бити приказано сходно горепоменућим циљевима овог истраживања.



Слика 1. Климатски рејони Србије (Ракићевић, 1980)

1-граница Србије, 2-граница покрајина, 3-граница климатских области, 4-граница климатских рејона

### 3.2. База података и методологија

За одређивање температурних и падавинских кластер региона у Србији коришћен је низ података од 60 година (1951-2010.), с тим што је тај низ подељен на два субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) како би се утврдило да ли је дошло до климатских промена у целом низу. За анализу су коришћени подаци за средње месечне вредности температуре ваздуха и сума падавина за одабрану 31 метеоролошку станицу.

Температурни и падавински кластер региони издвојени су применом три различите хијерархијске агломеративне методе и једном нехијерархијском (*K-means*) методом. Као мера удаљености за хијерархијске методе коришћена је Еуклидска дистанца<sup>15</sup>, робустна и широко примењива мера. Када се користи мера као што је еуклидска удаљеност, пре саме кластеризације треба одлучити да ли ће се вршити трансформација варијабли, или ће бити задржане оргиналне вредности. Стандардизација резултата се врши уколико су коришћене варијабле измерене на различитим мерним лествицама<sup>16</sup>. Еуклидска удаљеност се конвертује у сличност променом знака:

<sup>15</sup> За Вардов метод, еуклидска мера удаљености је инхерентна за тај алгоритам. (<https://folk.uio.no/ohammer/past/multivar.html>)

<sup>16</sup> <http://www.statstutor.ac.uk/resources/uploaded/clusteranalysis.pdf>

$$\text{Еуклидкса дист.}_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^s (x_{ij} - x_{ik})^2} \quad (1)$$

Избор варијабли (у овом случају температуре и падавина) укључених у кластер анализу мора бити претходно одређен и подржан претпостављеним концептуалним моделом, како сама анализа не разликује битне од небитних варијабли, а то може у великој мери утицати на крајњи резултат.

Хијерархијски агломеративни методи су они у којима варијабле започињу кластеровање у својим засебним кластерима. Затим се два најсличнија кластера групишу и то се понавља све док све варијабле не буду у једном кластеру. Оптималан број кластера добија се из свих кластер решења. Хијерархијска кластер рутина производи „дендрограм“ који показује како тачке података (редови) могу да се групишу у кластере. За потребе ове анализе коришћена су три различита алгорита, покретањем одговарајућих опција у софтверу *PAST*<sup>17</sup> (Everitt et al., 2001; Rencher, 2002; Manly, 2005):

- ◆ Просечна веза између група (*UPGMA*). Кластери се придружују на основу просечне удаљености између свих чланова у ове две групе.
- ◆ Просто повезивање (најближи сусед). Кластери се придружују на основу најмање удаљености између ове 2 групе. Овај метод је релативно једноставан, Међутим, бољи је од других метода када природни кластери нису сферичног или елиптичног облика.
- ◆ Вардов метод.\* Кластери се придружују тако да се раст варијансе у оквиру групе минимизира. Такође је веома осетљив на аутлајере. Без обзира на то, ово је један од најпопуларнијих метода, заједно са методом просечне везе између група. Овај метод укључује агломеративни кластер алгоритам. Вардов метод<sup>18</sup> почиње са  $n$  кластерима величине 1, наставља се док сва запажања не буду обухваћена у једном кластеру. Овај метод је најподеснији за квантитативне варијабле, али не и за бинарне.

Скуп знакова које користимо је следећи: Нека  $X_{ijk}$  означава вредност за варијаблу  $k$  у опсервацији  $j$  која припада кластеру  $i$ .

Надаље, за овај посебан метод се мора овако дефинисати:

---

<sup>17</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>

\**PAST* производи Вардове дендрограме идентичне онима које прави *Stata*, али нешто другачије од оних које производи *Statistica*. Разлог за ову разлику је непознат. (<https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>)

<sup>18</sup> [http://sites.stat.psu.edu/~ajw13/stat505/fa06/19\\_cluster/09\\_cluster\\_wards.html](http://sites.stat.psu.edu/~ajw13/stat505/fa06/19_cluster/09_cluster_wards.html)



$$ESS = \sum_i \sum_j \sum_k |X_{ijk} - \bar{x}_{i\cdot k}|^2, \quad (2)$$

где је  $ESS$  грешка суме квадрата;

$$TSS = \sum_i \sum_j \sum_k |X_{ijk} - \bar{x}_{\bullet\bullet k}|^2, \quad (3)$$

где је  $TSS$  укупна сума квадрата;

$$r^2 = \frac{TSS - ESS}{TSS}, \quad (4)$$

Ова  $r^2$  вредност се интерпретира као пропорција варијације која је објашњена одређеном кластеризацијом осматрања.

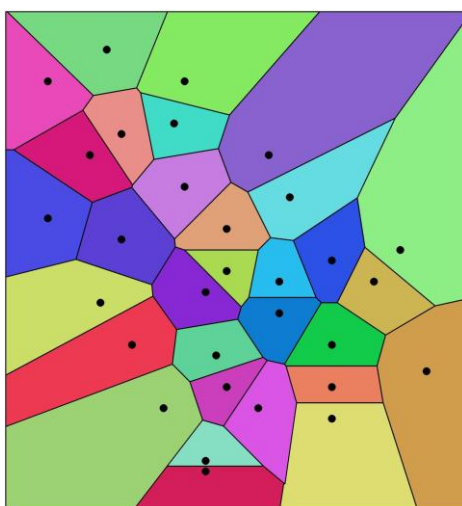
Позивајући се на објашњења која се наводе у *PAST* мануалу (V.3.17) (<https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>), један метод није нужно бољи од другог, иако неки не препоручују *Single linkage*, који може бити користан у поређењу дендрограма добијених различитим алгоритмима како би се неформално одредила снага груписања.

*K-means* кластеризација<sup>19</sup> је нехијерархијски кластер метод. Број кластера који ће се користити унапред одређује корисник, обично према некој хипотези као што је постојање две пола (мушки и женски пол), 4 географска региона или три врсте објеката у сету података (Bow, 1984). Понекад јој се даје предност јер допушта субјектима да се крећу из једног кластера у други (ово није могуће у хијерархијској кластер анализи када субјекат, једном постављен, не може да се помера у други кластер) (Everitt et al., 2001; Rencher, 2002; Manly, 2005). Кластер задаци су у почетку насумични. У поновљеној процедури ставке се затим померају до кластера који има најближу средњу вредност кластера, а кластери средине се ажурирају у складу са тим. Ово се наставља све дотле док ставке више не „скачу“ ка другим кластерима. Резултат кластеризације до одређене мере зависи од иницијалне, насумичне наредбе, а кластер задаци се стога могу разликовати од покретања сваке наредне наредбе. Ово није грешка, већ нормално понашање у *K-means* кластеризацији.

---

<sup>19</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>

Дигитализација добијених температурних и падавинских кластер региона, применом горепоменутих метода кластер анализе, урађена је помоћу Воронојевих дијаграма покретањем одговарајућих опција у пакету QGIS 2.8.1. Воронојеви дијаграми се први пут помињу у 17. веку (Рене Декарт је тврдио да се соларни систем састоји од вртлога, чијим се распадањем добијају конвексни региони који ротирају око фиксних звезда) у области рачунске геометрије. Следећа њихова употреба је од стране математичара Dirichlet (1850), а шире значење им је дао Voronoi (1907, 1908, 1909). Имају различите називе и употребу у различитим научним дисциплинама, као нпр. трансформација средње осе у биологији и физиологији, Wigner-Seitz зоне у хемији и физици, домени акције у кристалографији и Тисенови полигони у метеорологији и географији. Воронојев дијаграм је такође познат као Дирихлеова четвртаста плоча. Ћелије се зову Дирихлеови региони или Воронојеви дијаграми, Делонеова теселација или Делонеова триангулација (Klee, 1980; Guibas & Stolfi, 1985; Preparata & Shamos, 1985; Barber et al., 1996; Skiena, 1997; de Berg et al., 2000; Okabe et al., 2000; Aurenhammer & Klein, 2000).



Слика 2. Воронојев дијаграм 31 тачке (метеоролошке станице укључене у анализу) у Еуклидској равни

Деоба плоче (слика 2) са  $n$  тачкама у конвексне полигоне тако да сваки полигон садржи тачно једну генерисану тачку, а свака тачка у датом полигону је ближа својој генерисаној тачки него било којој другој. Према моделу који предлажу Aurenhammer & Klein (2000), Воронојев дијаграм (слика 2) од  $S$  је дефинисан као:

$$V(S) = \bigcup_{p, q \in S, p \neq q} \overline{VR(p, S)} \cap \overline{VR(q, S)} \quad (5)$$

По дефиницији, сваки Воронојев регион  $VR(p, S)$  је пресек од  $n-1$  отворених полуравни које садрже генератор  $p$ . Зато је  $VR(p, S)$  отворен и конвексан. Различити Воронојеви региони су раздвојени.

Заједничка граница два Воронојева региона припада  $V(S)$  и назива се Воронојева ивица, ако садржи више од једне тачке. Ако Воронојева ивица  $e$  граничи регионе  $p$  и  $q$ , онда важи  $e \subset B(p, q)$ . Крајње тачке Воронојевих ивица се називају Воронојева темена; они припадају заједничкој граници три или више Воронојева региона.

### 3.3. Резултати

Србија је једна од специфичних земаља по својој разноврсној топографији и климатском диверзитету условљеном географским положајем и доминантним физичко-географским факторима у региону. Разумевање појма „климатског кластера“ подразумева добро (или одлично) познавање овог климатског диверзитета у циљу изношења теоријских поставки за адекватну климатску регионализацију Србије, а што ће за циљ имати примену добијених резултата у различитим сферама људског деловања: просторном планирању, пољопривреди, водопривреди, економији и осталим делатностима.

Како би се једна таква анализа спровела у дело, примењене су хијерархијске агломеративне методе које се доминантно користе у истраживањима (*UPGMA-**U**nweighted **P**air **G**roup **M**ethod with **A**rithmetic **M**ean*-просечна веза између група; *Single linkage*-просто повезивање, метод најближег суседа и *Ward's method* или Вардов метод) и нехијерархијска метода кластеризације (*K-means*). Као мера сличности/удаљености изабрана је стандардна еуклидска удаљеност (*Euclidan distance*) за горепоменуте хијерархијске агломеративне методе. Посматране су две најважније варијабле климатског система, просечне вишегодишње вредности температуре ваздуха и сума падавина за период од 12 месеци за три различита низа (два од 30 година (1951-1980. и 1981-2010.) и један низ од 60 година (1951-2010.)) на 31 синоптичкој и климатолошкој станици у овој студији.

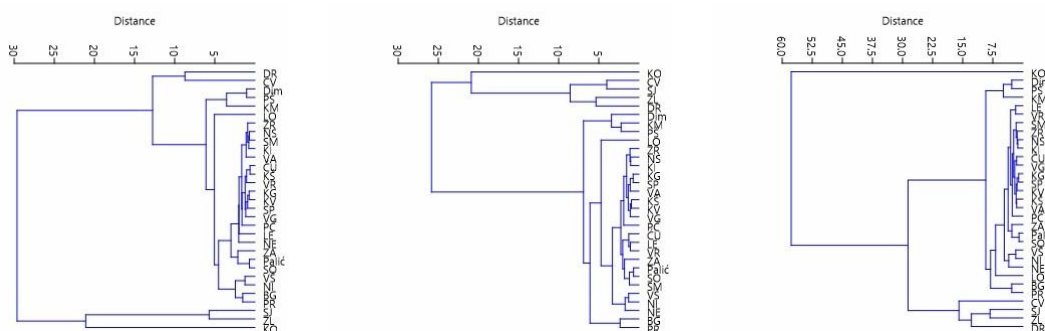
Применом горе поменутих хијерархијских метода и еуклидске удаљености, покретањем одговарајућих опција у софтверу *PAST*, добијено је 18 дендрограма на основу којих су израђене одговарајуће табеле. У овом конкретном случају то значи да променљивост температуре и падавина има своју просторну димензију, као и свака варијабла климатског система, а то је утицало да се одреди удаљеност, односно, издвоје температурни и падавински региони. На основу нехијерархијске методе *K-means* (задати број кластера је 3), формиране су табеле са метеоролошким станицама груписаним у одговарајуће кластере, као и у претходном случају. На основу формиране 24 табеле и покретањем одговарајућих опција у софтверу *QGIS*, добијене су 24 тематске карте на којима су дигитализовани региони претходно дефинисани кластерима методом Воронојевих дијаграма. Као основни картографски метод изабран је метод боја-

„флека“, где свака боја указује на квалитет, односно припадност кластера одговарајућем температурном, тј. падавинском региону.

На основу свега горенаведеног, добијени резултати ће бити репрезентовани и анализирани у функцији постављених циљева истраживања.

### 3.3.1. Одлука: Издавање температурних региона

У даљем тексту биће приказани температурни региони добијени применом одговарајућих техника кластеризације (слика 3).



Слика 3. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених UPGMA методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

Табела 1. UPGMA кластер анализа за период 1951-1980.

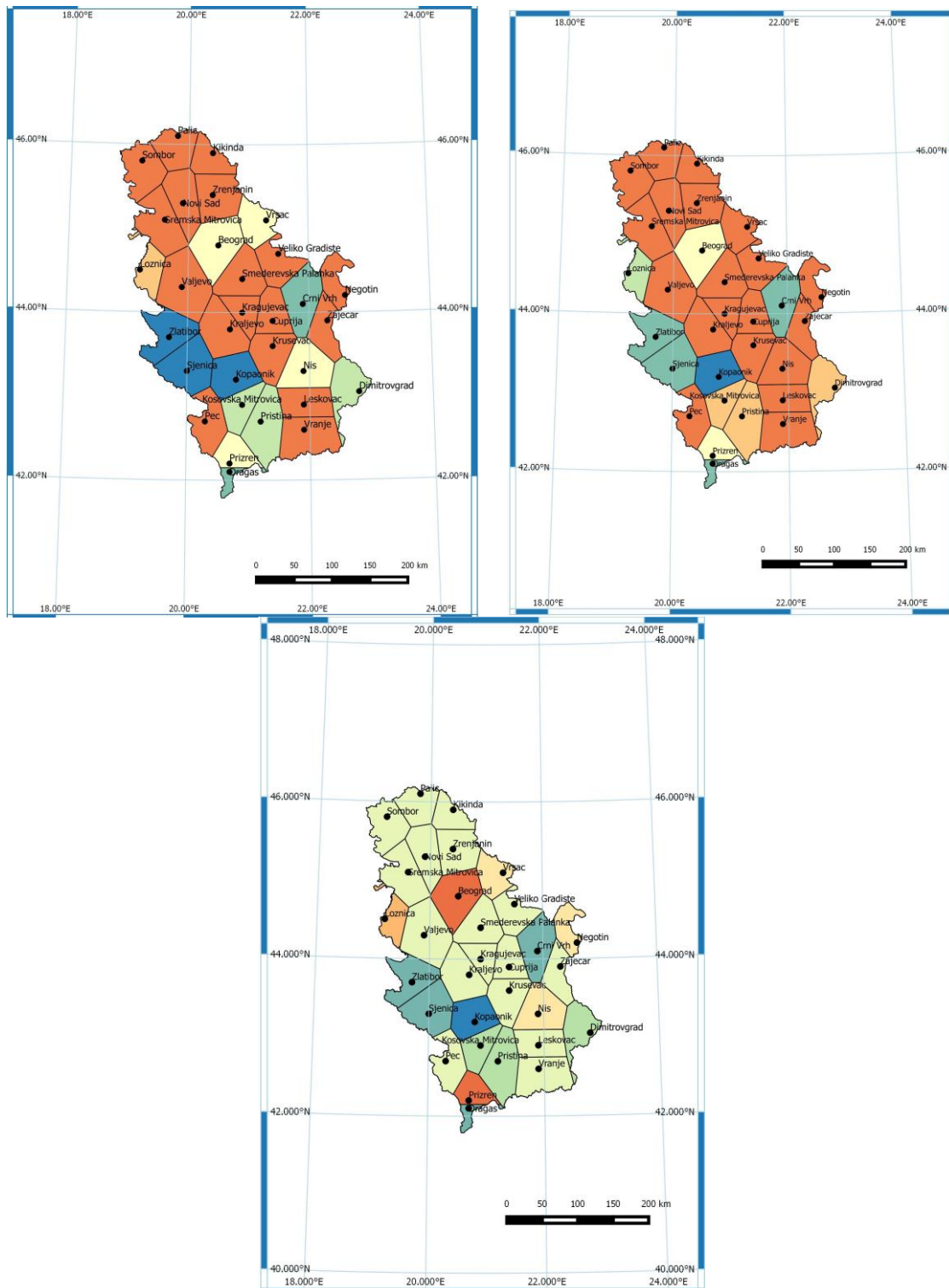
Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	9,7%	Сјеница, Златибор, Копаоник
2	6,5%	Црни Врх, Драгаш
3	9,7%	Димитровград, Приштина, Косовска Митровица
4	12,9%	Вршац, Ниш, Београд, Призрен
5	3,2%	Лозница
6	58,1%	Зајечар, Палић, Сомбор, Зрењанин, Нови Сад, Сремска Митровица, Кикинда, Ваљево, Ћуприја, Крушевац, Врање, Крагујевац, Краљево, Смедервска Паланка, Велико Градиште, Пећ, Лексовац, Неготин

Табела 2. UPGMA кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	12,9%	Црни Врх, Сјеница, Златибор, Драгаш
3	3,2%	Лозница
4	6,5%	Београд, Призрен
5	9,7%	Димитровград, Косовска Митровица, Приштина
6	64,5%	Вршац, Ниш, Неготин, Зрењанин, Нови Сад, Кикинда, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Ваљево, Крушевац, Краљево, Велико Градиште, Пећ, Ћуприја, Лесковац, Врање, Зајечар, Палић, Сомбор, Сремска Митровица

Табела 3. UPGMA кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	12,9%	Црни Врх, Сјеница, Златибор, Драгаш
3	9,7%	Димитровград, Приштина, Косовска Митровица
4	54,8%	Лесковац, Врање, Сремска Митровица, Зрењанин, Нови Сад, Кикинда, Ћуприја, Велико Градиште, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Краљево, Крушевац, Ваљево, Пећ, Зајечар, Палић, Сомбор
5	9,7%	Вршац, Ниш, Неготин
6	3,2%	Лозница
7	6,5%	Београд, Призрен



Карта 1. Температурни региони добијени UPGMA методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**А (први кластер):** Чине метеоролошке станице лоциране у планинским југозападним и западним деловима Србије, у умерено-континенталној климатској области у којој су заступљена „острва“ праве алпске климе према Т. Ракићевићу (табела 1, карта 1-лево). Према истом

аутору, обухватају Копаонички (II-8), Старорашки (II-9) и Пештерско-сјенички климатски рејон (II-10) који припадају умерено-хладном D климату према Кепену. То су области алпског и субалпског климата, свежег планинског поднебља и сувог планинског поднебља карактеристичног за планинске платое и високе котлине у континенталним деловима умереног појаса (Ракићевић 1971, 1980). Овај климатски кластер чини 9,7% укупног броја станица укључених у анализу.

**В (други кластер):** Сачињавају метеоролошке станице лоциране у источној Србији и на Косову и Метохији (табела 1, карта 1-лево), тј. у умерено-континенталној и измењено-средоземној климатској области према Т. Ракићевићу. То су Карпатски климатски рејон (II-3) и Шарпланински климатски рејон (II-22). Оба рејона су планинска и према Кепеновој класификацији припадају D климату (Ракићевић, 1980). Овај кластер чини 6,5% станица.

**С (трећи кластер):** Сачињавају станице у југоисточном и јужном делу Србије (АП Косово и Метохија), у умерено-континенталној климатској области према Т. Ракићевићу. Овај кластер чини 9,7% од укупног броја станица (табела 1, карта 1-лево), које припадају Понишавском (II-14), Косовском (II-18) и Дреничко-митровачком климатском рејону (II-19). Оно што је заједничко за ове рејоне јесте да су ово области у којима се због утицаја надморске висине просечне температуре најтоплијег месеца крећу од 20,5-20,7°C (Ракићевић, 1980).

**Д (четврти кластер):** Чине станице приказане на карти 1-лево и у табели 1 (12,9% укупног броја посматраних станица). Припадају континенталној, умерено-континенталној и измењено-медитеранској климатској области. То су следећи климатски рејони по Т. Ракићевићу: Јужни и југоисточни Банат (I-2), Шумадијски климатски рејон (II-4) и Призренски климатски рејон (III-2). Оно што је заједничко за ове климатске рејоне јесте најмања годишња просечна облачност и топла лета (Призрен-Београд >22°C).

**Е (пети кластер):** Чини метеоролошка станица Лозница у западној Србији (карта 1-лево), са 3,2% од укупног броја станица укључених у анализу. Налази се у умерено-континенталној климатској области и припада Колубарско-мачванском климатском рејону (II-5). Због утицаја Панонске низије, лети су температуре доста високе, а зими ниске (Ћирковић, 1977; Ракићевић, 1980).

**Ф (шести кластер):** Чини највећи број метеоролошких станица укључених у анализу-58,1% (табела 1, карта 1-лево). Станице се налазе у све три климатске области према Т. Ракићевићу. Процентуално, највећи број станица је у умерено-континенталној климатској области. Само је станица Пећ у измењено-медитеранској климатској области. Климатски рејони су: I-1, I-2, I-3, I-4, I-5, II-1, II-2, II-4, II-7, II-13, II-17 и III-1 (Ракићевић, 1980).

**A1 (први кластер):** Чини метеоролошка станица Копаоник са 3,2% од укупног броја станица укључених у анализу. За разлику од A кластера,

станице Сјеница и Златибор нису више у оквиру овог кластера (табела 2, карта 1-десно).

**В1 (други кластер):** Сачињавају две станице из кластера В и станице Црни Врх и Драгаш, са укупно 12,9% станица. У овом случају дошло је до прелаза станица Златибор и Сјеница из кластера В у кластер В1 (табела 2, карта 1-десно).

**С1 (трећи кластер):** Припада станица Лозница (3,2%), која је припадала кластеру С у првом периоду, тако да се у овом случају не може рећи да је дошло до промена (табела 2, карта 1-десно).

**Д1 (четврти кластер):** Припадају станице Београд и Призрен (6,7%) (табела 2, карта 1-десно), а ако се упореди са кластером Д из првог периода, уочава се да недостају станице Вршац и Ниш које сада припадају кластеру F1.

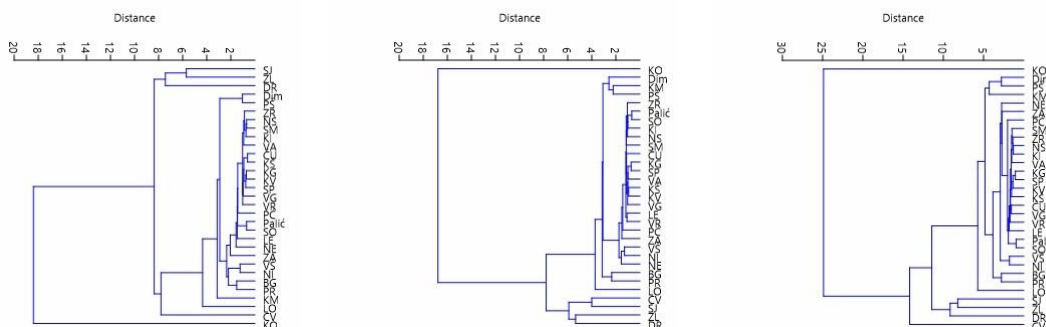
**Е1 (пети кластер):** Чине три станице-Димитровград, Приштина и Кос. Митровица (9,7%) и исти је као кластер С из првог периода, па је закључак да промена у овом случају није било (табела 2, карта 1-десно).

**F1 (шести кластер):** Сада чини 64,5% укупног броја станица, што је за 6,4% више него у првом периоду (за две станице више, са 18 на 20, Ниш и Вршац). Може се рећи да је дошло до промена у овом кластер региону (табела 2, карта 1-десно).

Ако се посматрају резултати добијени истим методом за цео период (1951-2010.) (табела 3, карта 1-доле), могу се уочити следеће промене:

- у односу на прва два периода, у трећем случају постоји 7 кластер региона;
- у односу на други период, станице Вршац, Ниш и Неготин сада сачињавају посебан кластер регион са 9,7%, изашавши из процентуално највећег кластера F1 у другом периоду (са 64,5% на 54,8%);
- највеће уочене промене су са кластерима из првог периода (исто је ако се упореде кластер региони првог и другог периода): станице Сјеница и Златибор чине заједнички кластер са станицама Црни Врх и Драгаш, станице Вршац и Ниш формирају засебан кластер са станицом Неготин;
- процентуално највећи кластер регион у првом периоду сачињава 58,1% станица, а у целом периоду осматрања 54,8%, што је за 3,3% мање у односу на први период.





Слика 4. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених Single linkage методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

Табела 4. Single linkage кластер анализа за период 1951-1980.

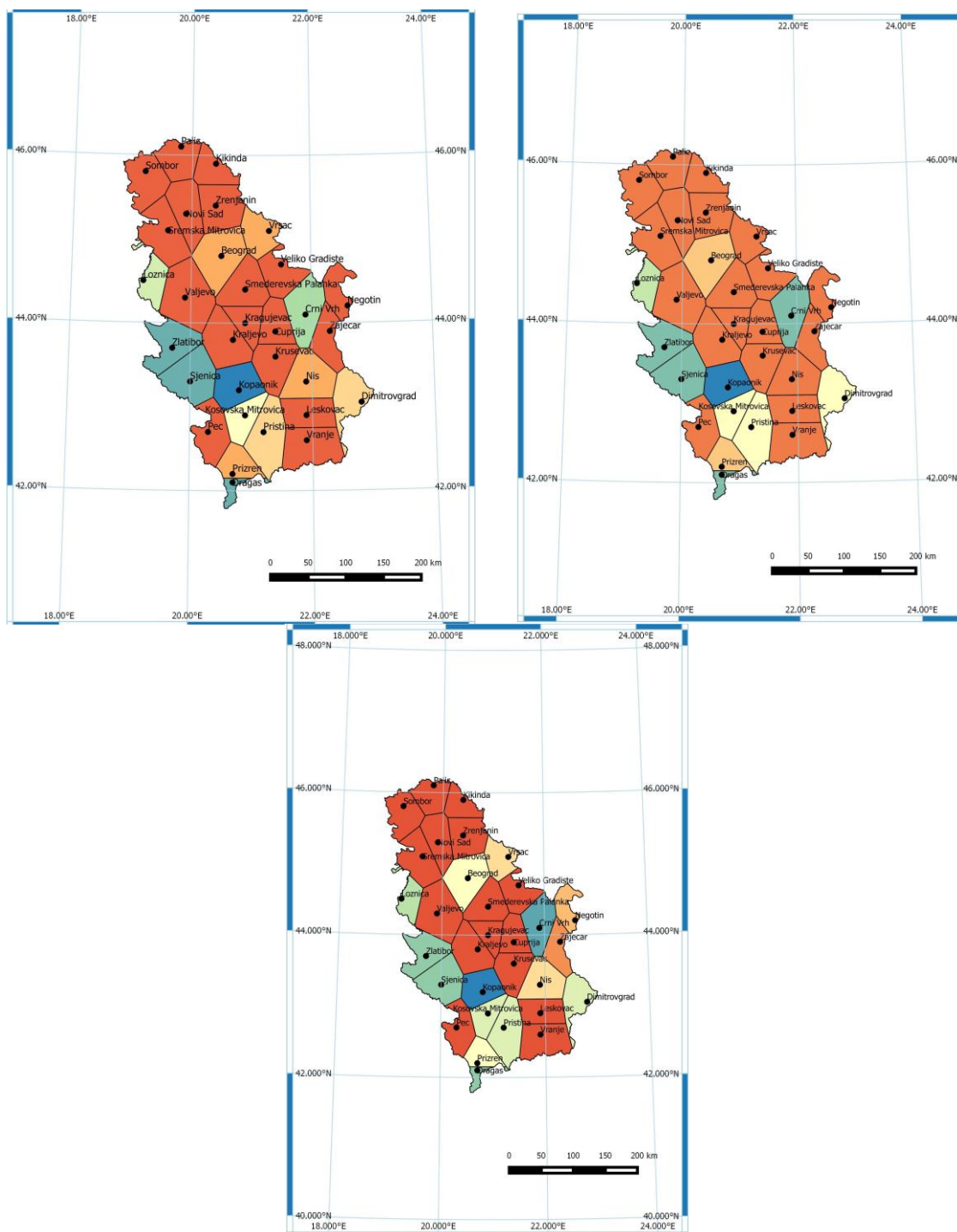
Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	9,7%	Сјеница, Златибор, Драгаш
3	3,2%	Црни Врх
4	3,2%	Лозница
5	3,2%	Косовска Митровица
6	6,5%	Димитровград, Приштина
7	12,9%	Вршац, Ниш, Београд, Призрен
8	58,1%	Зрењанин, Нови Сад, Сремска Митровица, Кикинда, Ваљево, Ћуприја, Крушевац, Крагујевац, Краљево, Смедерска Паланка, Велико Градиште, Врање, Пећ, Палић, Сомбор, Лесковац, Неготин, Зајечар

Табела 5. Single linkage кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	12,9%	Златибор, Драгаш, Црни Врх, Сјеница
3	3,2%	Лозница
4	9,7%	Димитровград, Косовска Митровица, Приштина
5	6,5%	Београд, Призрен
6	64,5%	Вршац, Ниш, Неготин, Зрењанин, Нови Сад, Кикинда, Крагујевац, Смедерска Паланка, Ваљево, Крушевац, Краљево, Велико Градиште, Пећ, Ћуприја, Лесковац, Врање, Зајечар, Палић, Сомбор, Сремска Митровица

Табела 6. Single linkage кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	3,2%	Црни Врх
3	9,7%	Драгаш, Златибор, Сјеница
4	3,2%	Лозница
5	9,7%	Димитровград, Приштина, Косовска Митровица
6	6,5%	Београд, Призрен
7	6,5%	Вршац, Ниш
8	3,2%	Неготин
9	3,2%	Зајечар
10	51,6%	Пећ, Сремска Митровица, Зрењанин, Нови Сад, Кикинда, Ваљево, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Краљево, Крушевац, Ћуприја, Велико Градиште, Врање, Лесковац, Палић, Сомбор



Карта 2. Температурни региони добијени Single linkage методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**А (први кластер):** Чини метеоролошка станица Копаоник (табела 4, карта 2-лево) са 3,2% од укупног броја станица укључених у анализу. Заузима југозападни део Србије и припада умерено-континенталној климатској области и Копаоничком климатском рејону (II-8) према Т. Ракићевићу. То је планински климатски рејон са специфичним алпским и субалпским климатским одликама (Ракићевић, 1980).

**В (други кластер):** Сачињавају три станице: Сјеница, Златибор и Драгаш (9,7%) (табела 4, карта 2-лево). Станице заузимају крајње југозападне и јужне делове Србије и налазе се у умерено-континенталној климатској зони и чине посебне климатске рејоне: Старорашки (II-9), Пештерско-сјенички (II-10) и Шарпланински (II-22). Оно што је заједничко за ове рејоне јесте да су то планински рејони и да припадају D климату према Кепеновој класификацији. Поред тога, налазе се у истој климатској области (Ракићевић, 1980).

**С (трећи кластер), D (четврти кластер) и Е (пети кластер):** Чини само по једна метеоролошка станица са 3,2% од укупног броја станица укључених у анализу: Црни Врх, Лозница и Кос. Митровица (табела 4, карта 2-лево). Оно што је заједничко за ове станице јесте да припадају истој климатској области према Т. Ракићевићу-умерено-континенталној климатској области. Налазе се у следећим климатским рејонима: Карпатски климатски рејон (II-3), Колубарско-мачвански климатски рејон (II-5) и Дреничко-митровички климатски рејон (II-19). Посебност климата ових области је имала пресудан утицај на издвајање посебних кластер региона у овом случају.

**F (шести кластер):** Чине две метеоролошке станице у истој климатској области-умерено-континенталној, али у два различита климатска рејона: Понишавски рејон (II-14) и Косовски климатски рејон (II-18). Процентуално обухватају 6,5% од укупног броја станица укључених у анализу (табела 4, карта 2-лево). Оно што је заједничко за ова два рејона (кластера) јесте утицај надморске висине на летње температуре чије се вредности крећу од 20,5-20,7°C према Ракићевићу (1980).

**G (седми кластер):** Чине четири станице: Вршац, Ниш, Београд и Призрен (табела 4, карта 2-лево) са 12,9% од укупног броја станица и припадају трима климатским областима: континенталној, умерено-континенталној и измењено-медитеранској климатској области, али различитим климатским рејонима: Јужни и југоисточни Банат (I-2), Нишко-лесковачки рејон (II-13), Шумадијски (II-4) и Призренски климатски рејон (III-2). Заједничка карактеристика ових рејона су годишње амплитуде температуре и температуре летњих месеци. У случају метеоролошке станице Београд, јавља се ефекат урбаног острва топлоте, што је свакако специфичност у односу на Шумадијски климатски рејон коме припада. Такође, врло интересантна чињеница је да је исти резултат добијен и UPGMA кластер анализом (табела 1, карта 1-лево), што само потврђује чињеницу да температура има своју просторну димензију и да постоји корелација између самих хијерархијских метода у кластер анализи. То потврђује и став да је ова врста мултиваријационих техника погодна за истраживања у климатологији.

**H (осми кластер):** Чини највећи број станица у овом периоду (18) са 58,1% од укупног броја (табела 4, карта 2-лево). Припадају трима климатским областима, једино станица Пећ припада измењено-медитеранској климатској области (сличан резултат је добијен применом

UPGMA метода за исти период посматрања, а то указује на комплементарност и сродност метода и рачунања). Климатски рејони који припадају поменутом кластеру према Ракићевићу (1980) су: I-1, I-2, I-3, I-5, I-4, II-1, II-4, II-5, II-6, II-7, II-13, II-17 и III-1.

У другом периоду осматрања (табела 5, карта 2-десно) долази до смањења броја кластер региона са 8 на 6, и то:

**A1 (први кластер):** Чини метеоролошка станица Копаоник са 3,2%, као и у кластеру А, тако да је закључак да у овом случају није дошло до промена (табела 5, карта 2-десно).

**B1 (други кластер):** (табела 5, карта 2-десно) чине станице из кластера В, с тим што је станица Црни Врх из кластера С прешла у овај кластер, тако да сада овом кластеру припада укупно 12,9%, што је за 3,2% више него у кластеру В. Закључак је да је дошло до промена у оквиру овог кластер региона.

**C1 (трећи кластер):** Као и у кластеру С, чини га станица Лозница са 3,2%, тако да у оквиру овог кластер региона није дошло до промена (табела 5, карта 2-десно).

**D1 (четврти кластер):** Овај кластер чине кластери D и F из првог периода, тј. у овом кластеру то су станице Димитровград, Приштина и Кос. Митровица са 9,7% од укупног броја посматраних станица. У односу на први период, дошло је до промена за 3,2% (табела 5, карта 2-десно).

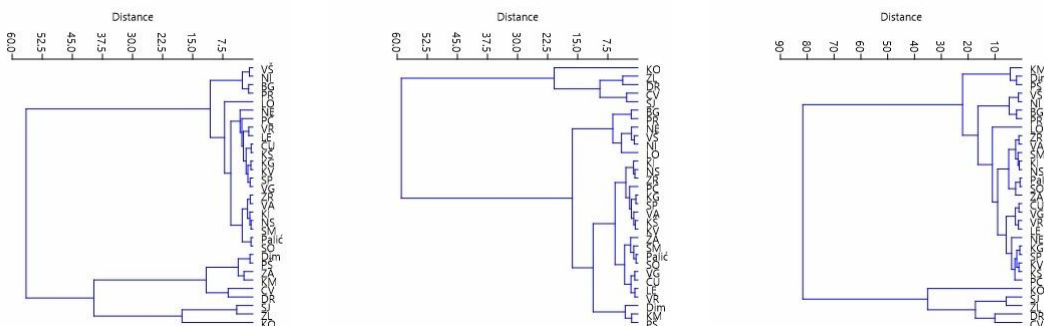
**E1 (пети кластер):** У односу на кластер G из првог периода, долази до смањења броја станица са 4 на 2 (12,9% на 6,5%). Станице Вршац и Ниш сада постају део највећег кластера F1 (табела 5, карта 2-десно).

**F1 (шести кластер):** Процентуално овај кластер чини 64,5% (20 станица), што је за 6,4% више него у првом случају (58,1%, тј. 18 станица). Станице Београд и Ниш у другом периоду постају део овог кластер региона, тако да је закључак да је у овом случају дошло до промена (табела 5, карта 2-десно).

Резултати кластер анализе за цео период осматрања (1951-2010.), говоре у прилог следећем (табела 6, карта 2-доле):

- у односу на прва два периода, у трећем случају постоји 10 кластер региона, што је за два више у односу на први период, тј. за 4 више у односу на 2 други период осматрања;
- у односу на други период, станице Црни Врх (3,2%), Вршац и Ниш (6,5%), Неготин (3,2%) и Зајечар (3,2%) сада чине засебне кластер регионе, тако да је закључак да је у овом случају дошло до промена;
- у односу на први период, станица Кос. Митровица чини један кластер са станицама Димитровград и Приштина (9,7% у односу на 6,5%), станице Београд и Призрен, Вршац и Ниш сада чине засебне кластер регионе (12,9% на 6,5%) и станице Неготин и Зајечар формирају засебне кластер регионе са укупним уделом од 3,2%;

- процентуално највећи кластер регион у првом периоду сачињава 58,1% станица, а у целом периоду осматрања 51,6%, што је за 6,5% мање у односу на први период.



Слика 5. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених Ward методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

**А (први кластер):** Чине планинске станице Копаоник, Сјеница и Златибор (табела 7, карта 3-лево) са укупним уделом од 9,7% укупног броја посматраних станица. Станице се налазе у југозападном и западном делу Србије, у умерено-континенталној климатској области. Према Т. Ракићевићу (1980) припадају следећим климатским рејонима: Копаоничком (II-8), Старорашком (II-9) и Пештерско-сјеничком (II-10). Према истом аутору, припадају Кепеновом D климату, а температуре најхладнијих месеци им се крећу од  $-3,0^{\circ}\text{C}$  до  $-4,9^{\circ}\text{C}$ .

Табела 7. Ward кластер анализа за период 1951-1980.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	9,7%	Копаоник, Сјеница, Златибор
2	12,9%	Димитровград, Приштина, Зајечар, Косовска Митровица
3	6,5%	Црни Врх, Драгаш
4	12,9%	Вршац, Ниш, Београд, Призрен
5	3,2%	Лозница
6	54,8%	Неготин, Пећ, Врање, Лесковац, Ћуприја, Крушевац, Крагујевац, Краљево, Смедеревска Паланка, Велико Градиште, Зрењанин, Ваљево, Кикинда, Нови Сад, Сремска Митровица, Палић, Сомбор

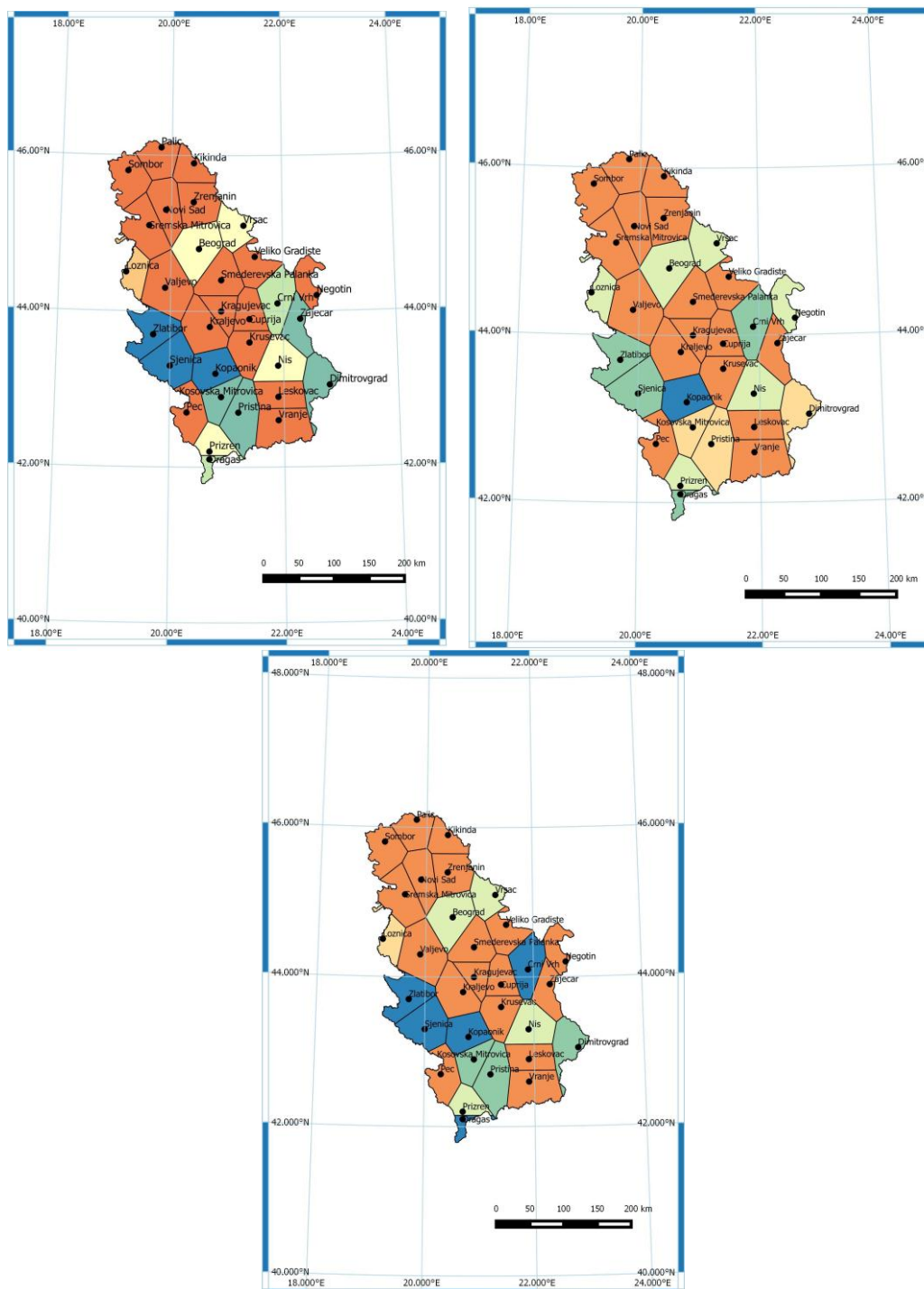
Табела 8. Ward кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Копаоник
2	12,9%	Златибор, Драгаш, Сјеница, Црни Врх
3	19,4%	Београд, Призрен, Неготин, Вршац, Ниш, Лозница
4	9,7%	Димитровград, Косовска Митровица, Приштина
5	54,8%	Кикинда, Нови Сад, Зрењанин, Пећ, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Ваљево, Крушевац, Краљево, Зајечар, Сремска Митровица, Палић, Сомбор, Велико Градиште, Ћуприја, Лесковац, Врање

Табела 9. Ward кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	16,2%	Копаоник, Сјеница, Златибор, Драгаш, Црни Врх
2	9,7%	Димитровград, Косовска Митровица, Приштина
3	12,9%	Вршац, Ниш, Београд, Призрен
4	3,2%	Лозница
5	58,1%	Зрењанин, Ваљево, Сремска Митровица, Кикинда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Зајечар, Ћуприја, Велико Градиште, Врање, Лесковац, Неготин, Крагујевац, Смедервска Паланка, Краљево, Крушевац, Пећ

**В (други кластер):** Чине четири метеоролошке станице-Димитровград, Приштина, Зајечар и Кос. Митровица са укупним уделом од 12,9% укупног броја станица укључених у анализу (табела 7, карта 3-лево). Станице се налазе у источним и југоисточним деловима Србије и на територији КиМ. Станице се налазе у континенталној и умерено-континенталној климатској области и припадају следећим климатским рејонима: Крајинском (I-4), Понишавском (II-14), Косовском (II-18) и Дреничко-митровачком (II-19) (Ракићевић, 1980). Следећи закључке истог аутора, може се рећи да су заједничке црте станица груписаних у овај кластер хладније зиме и просечне температуре јануара (-1,5<sup>0</sup>С) и јула (20,5-20,7<sup>0</sup>С).



Карта 3. Температурни региони добијени Ward методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**С (трећи кластер):** Чине две планинске станице Црни Врх и Драгаш (табела 7, карта 3-лево) са 6,5% укупног броја станица у анализи. Заузимају источни и крајњи јужни део КиМ, припадају истој (умерено-континенталној) климатској области и Карпатском (II-3) и Шарпланинском климатском рејону (II-22) (Ракићевић, 1980).



**D (четврти кластер):** Групише станице Београд, Ниш, Вршац и Призрен (табела 7, карта 3-лево) са 12,8% удела у укупном броју станица укључених у анализу. Идентични резултат је добијен за D (табела 1, карта 1-лево) и G (табела 4, карта 2-лево) кластере у претходним анализама. Ово указује на корелацију и сродност између поменутих метода и рачунања.

**E (пети кластер):** Припада само једна метеоролошка станица Лозница (табела 7, карта 3-лево) са укупним уделом од 3,2%. Налази се у умерено-континенталној климатској области и припада Колубарско-мачванском климатском рејону (II-5) (Ракићевић, 1980). Посматрајући резултате претходних метода кластер анализе (*UPGMA* и *Single linkage*), закључак је да станица Лозница формира скоро увек засебан кластер.

**F (шести кластер):** Групише највећи удео станица (17) укључених у анализу (54,8%) (табела 7, карта 3-лево). Припадају трима климатским областима: континенталној, умерено-континенталној и измењено-средоземној (само станица Пећ припада овој области). Климатски рејони су: I-1, I-2, I-3, I-5, I-4, II-1, II-4, II-5, II-6, II-7, II-13, II-17 и III-1 (Ракићевић, 1980).

У другом периоду осматрања (табела 8, карта 3-десно), долази до смањења броја кластера са 6 на 5, а промене су следеће:

**A1 (први кластер):** Сада чини само станица Кобаоник (табела 8, карта 3-десно), док станице Сјеница и Златибор прелазе у други кластер (B1). Удео сада износи 3,2% (промена је за 6,5% у односу на први период осматрања).

**B1 (други кластер):** Групише четири станице, поред станица из C кластера, овом кластеру се придружују и станице Сјеница и Златибор из кластера A, формирајући удео од 12,9% од укупног броја станица (табела 8, карта 3-десно).

**C1 (трећи кластер):** Групише све станице из D кластера и још две станице Лозницу и Неготин са 19,4% укупног броја станица (дошло је до повећања за 6,5% у односу на први период) (табела 8, карта 3-десно).

**D1 (четврти кластер):** Сачињавају станице из кластера B, без станице Зајечар са укупним уделом од 9,7%. Пошто су кластери идентични, може се закључити да је дошло до промена у броју станица груписаних у овај кластер за 3,2% (табела 8, карта 3-десно).

**E1 (пети кластер):** Групише исти број станица (17) као у претходном периоду осматрања (54,8%), с тим што станице Неготин (у првом периоду) и Зајечар (у другом периоду) не улазе у састав овог климатског кластера, па се може закључити да је у овом делу дошло до промена температуре, што говори у прилог томе да температура има своју просторну димензију и да се јавља регионални аспект климатских промена (табела 8, карта 3-десно).

У случају када се посматра цео период (1951-2010.), могу се извести следећи закључци (табела 8, карта 3-доле):

- број кластер региона је исти као и другом периоду, а за један мањи у односу на први период;

- све планинске станице (Копаоник, Сјеница, Златибор, Црни Врх и Драгаш) сада су груписане у један кластер, док су у прва два периода чиниле засебне кластере. Процентуално чине 16,2% укупног броја станица укључених у анализу;
- станице Београд, Ниш, Призрен и Вршац, као и станице Димитровград, Приштина и Кос. Митровица формирају посебне кластере као и у првом и другом периоду, тако да се може рећи да до промена у овим кластер регионима није дошло;
- станица Лозница и даље формира засебан кластер регион, док је проценутално највећи кластер регион формиран од 18 станица што је за једну више него у претходним периодима, тј. за 3,2% више. Заправо, станице Неготин и Зајечар сада припадају овом кластеру, док су у претходна два периода одвојено улазиле у састав процентуално највећег кластера. Закључак је да, применом овог метода кластер анализе, промене у температури ваздуха показују регионални аспект и везане су за овај део наше територије, тј. Крајински климатски рејон према Т. Ракићевићу (1980).

Табела 10. К-means кластер анализа за период 1951-1980.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	9,7%	Копаоник, Сјеница, Златибор
2	12,9%	Вршац, Београд, Ниш, Призрен
3	77,4%	Киkinда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Зрењанин, Црни Врх, Ћуприја, Димитровград, Крагујевац, Крушевац, Краљево, Лексовац, Лозница, Неготин, Смедеревска Паланка, Ваљево, Велико Градиште, Врање, Зајечар, Косовска Митровица, Приштина, Драгаш, Пећ

Табела 11. К-means кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	16,2%	Црни Врх, Копаоник, Сјеница, Златибор, Драгаш
2	32,3%	Вршац, Зрењанин, Београд, Крагујевац, Лозница, Неготин, Ниш, Смедеревска Паланка, Призрен, Пећ
3	51,6%	Киkinда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Ћуприја, Димитровград, Крушевац, Краљево, Лесковац, Ваљево, Велико Градиште, Врање, Зајечар, Косовска Митровица, Приштина

Табела 12. К-means кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	16,2%	Црни Врх, Копаоник, Сјеница, Златибор, Драгаш
2	12,9%	Вршац, Београд, Ниш, Призрен
3	70,9%	Киkinда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Зрењанин, Ћуприја, Димитровград, Крагујевац, Крушевац, Краљево, Лесковац, Лозница, Неготин, Смедеревска Паланка, Ваљево, Велико Градиште, Врање, Зајечар, Косовска Митровица, Приштина, Пећ



Карта 4. Температурни региони добијени K-means методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

Насупрот резултатима приказаним изнад, користећи хијерархијске агломеративне методе, нехијерархијска K-means кластер процедура не подразумева дендрограм као графички приказ метеоролошких станица

укључених у анализу. Задати број кластера у овом случају је 3, а алгоритам овог кластера је станице повезао са оним кластером према чијем центруиду има најмању удаљеност. Униформан број кластера у овом случају олакшаће анализу јер ће се посматрати само слични кластер региони у сва три случаја, без обзира на нумеричку ознаку (посматраће се станице које га сачињавају). Резултати ове анализе (табела 10, 11 и 12; карта 4) указују на следеће чињенице:

- **Први кластер (А1, А2 и А3):** Групише планинске станице Копаоник, Сјеницу, Златибор, Драгаш и Црни Врх, у кластеру А1 са 9,7%, у кластеру А2 и А3 са 16,2%. Промене су евидентне само у односу на кластер А1 (повећање за 6,5%).
- **Други кластер (В1, В2 и В3):** У кластеру В1 и В3 групише исте станице са 12,9%, док у кластеру В2 придружује станице Крагујевац, Пећ, Лозницу, Смедеревску Паланку и Зрењанин. Закључак је да је у овом случају дошло до промена у кластеру В2 у односу на кластер В1, тако што се повећао број станица за 5 (16,2%).
- **Трећи кластер (С1, С2 и С3):** Групише највећи број станица укључених у анализу: у првом периоду 77,4%, у другом 54,8%, док у целом низу 70,9%. Највеће разлике су забележене у кластерима С1 и С2, у првом случају 24 станица и 77,4%, док је у другом случају 16 станица и 54,8%. Разлика је у 8 станица, тј. 22,6%.
- У односу на цео низ, други кластер у првом периоду и други у целом низу су исти, као и први кластер из другог и први кластер из целог периода. Најмање разлике се уочавају између трећег кластера у првом и трећег кластера у целом периоду (свега 2 станице или 6,5%).

Ако би се резултати ове анализе упоредили са резултатима које је изнео Т. Ракићевић (1980), може се закључити да се у првом кластер региону налазе планинске станице са алпским и субалпским климатима које припадају D климату. Такође, станице Београд, Призрен, Вршац и Ниш припадају истом климатском кластеру и на основу спроведених хијерархијских агломеративних метода, што опет указује на подударност метода и рачунања. Као заједничка карактеристика станица у овом кластеру (иако се налазе у различитим климатским областима и рејонима) могу се навести летње (јулске) температуре ваздуха, годишње амплитуде температуре и позитивне јануарске температуре ваздуха (у другом периоду осматрања). Трећи кластер у првом периоду чини највећи број станица распоређених у све три климатске области и у различитим климатским рејонима, док у другом периоду долази до диференцијације климата-у оквиру задатих кластера долази до повећања станица, тј. мање процентуалне разлике, што поново говори у прилог томе да је до промена у температури ваздуха између ова два периода дошло и то се одражава и

на просторну димензију температуре ваздуха, у овом случају променом броја станица у претходно задатим кластерима.

### 3.3.2. Одлука: Издајање падавинских региона

У даљем тексту биће приказани падавински региони добијени применом одговарајућих метода кластер анализе (слика 6).



Слика 6. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених UPGMA методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

Табела 13. UPGMA кластер анализа за период 1951-1980.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Неготин
2	3,2%	Драгаш
3	3,2%	Црни Врх
4	9,7%	Лозница, Краљево, Ваљево
5	6,5%	Сјеница, Призрен
6	9,7%	Копаоник, Златибор, Пећ
7	3,2%	Косовска Митровица
8	19,4%	Зрењанин, Кикинда, Палић, Сомбор, Нови Сад, Сремска Митровица
9	22,6%	Вршац, Ђуприја, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Велико Градиште, Крушевац, Београд
10	19,4%	Димитровград, Зајечар, Лесковац, Ниш, Врање, Приштина

**А (први кластер), В (други кластер), С (трећи кластер), Г (седми кластер):** Групише по једну станицу са укупно 3,2% учешћа у укупном броју станица: Неготин, Драгаш, Црни Врх и Кос. Митровицу (табела 13, карта 5-лево). Према налазима Ракићевића (1980) припадају континенталној и умерено-континенталној климатској области и следећим климатским рејонима: Крајински рејон (I-4), Карпатски климатски рејон (II-3), Дреничко-митровачки (II-19) и Шарпланински климатски рејон (II-19). У погледу годишњих сума падавина, према Ракићевићу (1980), станице у овом кластеру добијају између 700 и 900 mm

падавина и налазе се у континенталном (Шарпланински и Крајински рејон) и медитеранском плувиометријском режиму (Карпатски и Дреничко-митровачки рејон).

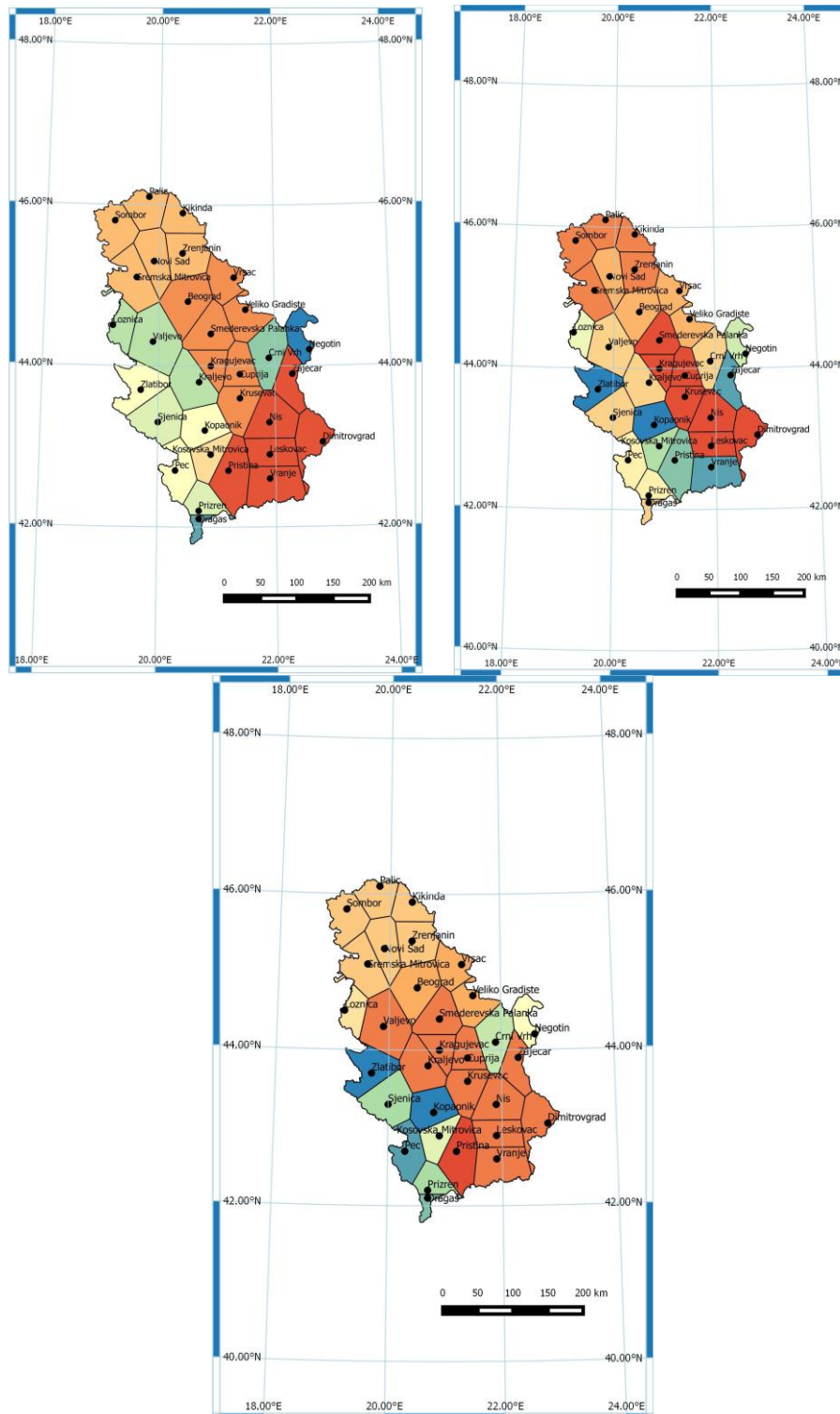
**D (четврти кластер):** Чине три станице (Краљево, Ваљево и Лозница) (табела 13, карта 5-лево) са укупно 9,7% укупног броја станица укључених у анализу. Све три станице се налазе у умерено-континенталној климатској области и припадају Колубарско-мачванском (II-5) и Западно-моравском климатском рејону (II-7). Припадају континенталном плувиометријском режиму, а годишња количина падавина се креће од 600 до 800 mm (Ракићевић, 1980).

Табела 14. UPGMA кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Копаоник, Златибор
2	6,5%	Врање, Зајечар
3	3,2%	Приштина
4	3,2%	Косовска Митровица
5	3,2%	Неготин
6	3,2%	Лозница
7	6,5%	Призрен, Пећ
8	16,2%	Црни Врх, Драгаш, Краљево, Ваљево, Сјеница
9	12,9%	Вршац, Велико Градиште, Нови Сад, Београд
10	16,2%	Палић, Кикинда, Зрењанин, Сомбор, Сремска Митровица
11	22,6%	Ђуприја, Крушевац, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Димитровград, Лесковац, Ниш

Табела 15. UPGMA кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Копаоник, Златибор
2	3,2%	Пећ
3	3,2%	Драгаш
4	6,5%	Сјеница, Призрен
5	3,2%	Црни Врх
6	3,2%	Косовска Митровица
7	3,2%	Неготин
8	3,2%	Лозница
9	19,4%	Палић, Зрењанин, Кикинда, Сомбор, Нови Сад, Сремска Митровица
10	9,7%	Вршац, Велико Градиште, Београд
11	35,5%	Ђуприја, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Крушевац, Димитровград, Лесковац, Ниш, Зајечар, Врање, Краљево, Ваљево
12	3,2%	Приштина



Карта 5. Падавински региони добијени UPGMA методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**Е (пети кластер):** Групише две станице-Сјеницу и Призрен са 6,5% учешћа у укупном броју станица укључених у анализу (табела 13, карта 5-лево). Налазе се умерено-континенталној и измењено-медитеранској климатској области и припадају Пештерско-сјеничком и Призренском

климатском рејону. Оно што је заједничко за ова два рејона јесте мања количина падавина (изнад 700 mm) и сувље поднебље (Ракићевић, 1980).

**Ф (шести кластер):** Групише три станице (Копаоник, Златибор и Пећ) (табела 13, карта 5-лево) са 9,7% укупног броја станица укључених у анализу. Припадају умерено-континенталној и измењено-медитеранској климатској области и Копаоничком (II-8), Старорашком (II-9) и Метохијском климатском рејону (III-1). Станице у овом кластер региону карактерише свеже планинско поднебље и то су рејони обилних падавина, од 800 до 1200 mm годишње (Ракићевић, 1980).

**Н (осми кластер):** Чини шест станица (19,4%) (табела 13, карта 5-лево) на територији АП Војводине, у области континенталне и умерено-континенталне климатске области, али са континенталним плувиометријским режимом. Припадају следећим климатским рејонима: Северни Банат и североисточна Бачка (I-1), Јужни и Југоисточни Банат (I-2), Бачка (I-3) и Срем са Фрушком гором (II-1). Оно што је заједничко за ове рејоне јесу мале годишње суме падавина које се крећу од 600 до 700 mm (Ракићевић, 1980).

**И (девети кластер):** Групише највећи број станица (7) (табела 13, карта 5-лево) укључених у анализу (22,6%) у панонском и перипанонском делу наше земље, као и станице у долини Велике Мораве. Припада континенталној и умерено-континенталној климатској области и следећим климатским рејонима: Јужни и југоисточни Банат (I-2), Подунавско-великоморавски (I-5), Шумадијски (II-4) и Западно-моравски (II-7). Сличност између ових рејона је у годишњим количинама падавина које се крећу између 600 и 700 mm (Ракићевић, 1980).

**Ј (десети кластер):** Групише исти број станица као и кластер Н (шест станица, 19,4%) у јужном и југоисточном делу Србије, у умерено-континенталној и континенталној климатској области са континенталним плувиометријским режимом. Рејони по Т. Ракићевићу (1980) у овом кластеру су: I-4, II-13, II-14, II-17 и II-18. Позивајући се на резултате истог аутора, може се закључити да је заједничка црта овим рејонима мала годишња количина падавина и сувље поднебље, а суме падавина се крећу испод 500 mm у појединим деловима, до испод 700 mm у другим деловима (табела 13, карта 5-лево).

У односу на први период осматрања, број кластер региона добијених UPGMA методом је већи за 1 (табела 14, карта 5-десно). Дошло је до диференцијације падавинских региона и до издвајања већег броја кластера, што говори у прилог томе да падавине имају своју просторну димензију и да се може претпоставити регионални аспект климатских промена. Промене у кластер регионима су следеће:

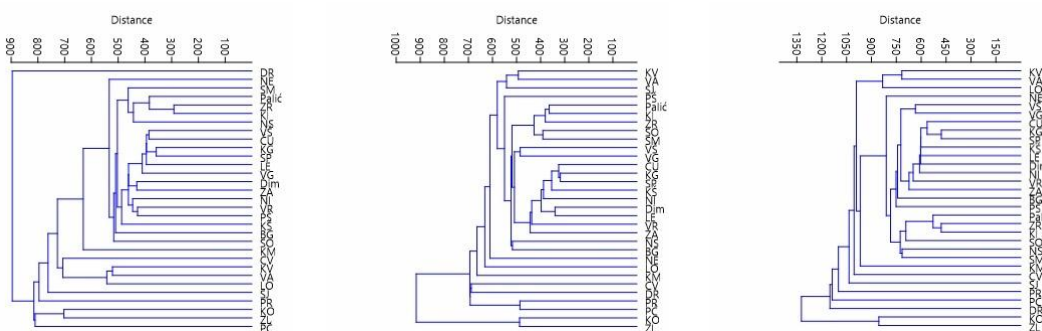
- Кластери групишу станице Неготин и Кос. Митровицу у посебне падавинске регионе и у првом и у другом периоду осматрања са 3,2% укупног броја станица. У овом случају до промена није дошло;



- Копаоник и Златибор сада формирају засебан кластер регион без Пећи, тако да је у овом случају дошло до промена-6,5% у односу на 9,7% из првог периода;
- Лозница сада формира засебан падавински регион са 3,2% учешћа (у првом случају била је груписана у кластер D). Може се рећи да је до промена дошло и да у овом случају имају регионали карактер;
- Црни Врх, Драгаш, Краљево, Ваљево и Сјеница сада формирају засебан кластер (16,2%) , иако су у првом периоду били самостални кластери или у склопу неког другог кластер региона. Промене су евидентне и у овом случају;
- Приштина сада формира засебан кластер са 3,2% учешћа (у првом периоду у склопу кластер региона 10), док Призрен и Пећ сада формирају посебан падавински кластер регион (6,5%). И у овом случају је дошло до промена.
- Вршац, Велико Градиште, Нови Сад и Београд сада формирају засебан падавински кластер регион са 12,9% учешћа, тако да се може закључити да је и у овом случају дошло до промена;
- 8. и 10. кластер падавински регион из првог и другог периода су скоро идентични, с тим што станица Нови Сад не улази у састав овог кластера, већ формира посебан, тако да је и у овом случају дошло до промена. Процентуално оне износе 3,2%.
- 9. и 11. кластер регион процентуално узимају учешће од 22,6% са истим бројем станица у оквиру њих, али долази до следећих промена: у првом периоду овај кластер чине станице Вршац и Београд, док у другом станице Ниш и Димитровград.

Ако се посматра цео период (табела 15, карта 5-доле), могу се уочити следеће чињенице:

1. број падавинских кластер региона већи је за 1 у односу на други, односно за 2 у односу на први период;
2. кластери 8 (табела 13) и 9 (табела 15) су идентични;
3. кластери 1 су такође идентични (табела 14 и 15);
4. кластери 5 и 4 су такође идентични (табела 13 и 15);
5. станице Кос. Митровица и Неготин у сва три случаја формирају засебне кластер регионе;
6. станица Лозница у другом и у целом периоду формира посебан кластер регион;
7. кластери 9 из другог и 10 из целог периода су скоро идентични (без станице Нови Сад, тј. мање 3,2%);
8. процентуално највећи кластер регион обухвата и станице из првог и другог периода (35,5%).



Слика 7. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених *Single linkage* методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

**А (први кластер), С (трећи кластер), Д (четврти кластер), Ф (шести кластер), Г (седми кластер), Н (осми кластер), И (девети), Ј (десети кластер):** Групишу по једну станицу у падавинском кластер региону са укупним учешћем од 3,2% у укупном броју станица (табела 16, карта 6-лево). Станице су распоређене у различитим деловима Србије, а припадају трима климатским областима и следећим климатским рејонима: II-22, III-2, II-10, II-3, II-19, I-4, I-3, II-4 (Ракићевић, 1980). Посматрајући ове појединачне падавинске кластер регионе, могу се подвући извесне црте сличности са резултатима добијеним применом *UPGMA* метода, што указује на сродност поменутих метода и рачунања.

**В (други кластер):** Групише три станице са 9,7% учешћа у укупном броју станица укључених у анализу (табела 16, карта 6-лево). Резултати су идентични са онима које је дала кластер анализа *UPGMA* методом (табела 13, карта 5-лево).

Табела 16. *Single linkage* кластер анализа за период 1951-1980.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Драгаш
2	9,7%	Копаоник, Златибор, Пећ
3	3,2%	Призрен
4	3,2%	Сјеница
5	9,7%	Лозница, Краљево, Ваљево
6	3,2%	Црни Врх
7	3,2%	Косовска Митровица
8	3,2%	Неготин
9	3,2%	Сомбор
10	3,2%	Београд
11	16,2%	Сремска Митровица, Палић, Зрењанин, Кикинда, Нови Сад
12	38,7%	Вршац, Ћуприја, Крагујевац, Смедервска Паланка, Лесковац, Велико Градиште, Димитровград, Зајечар, Ниш, Врање, Приштина, Крушевац

Табела 17. *Single linkage* кластер анализа за период 1981-2010.

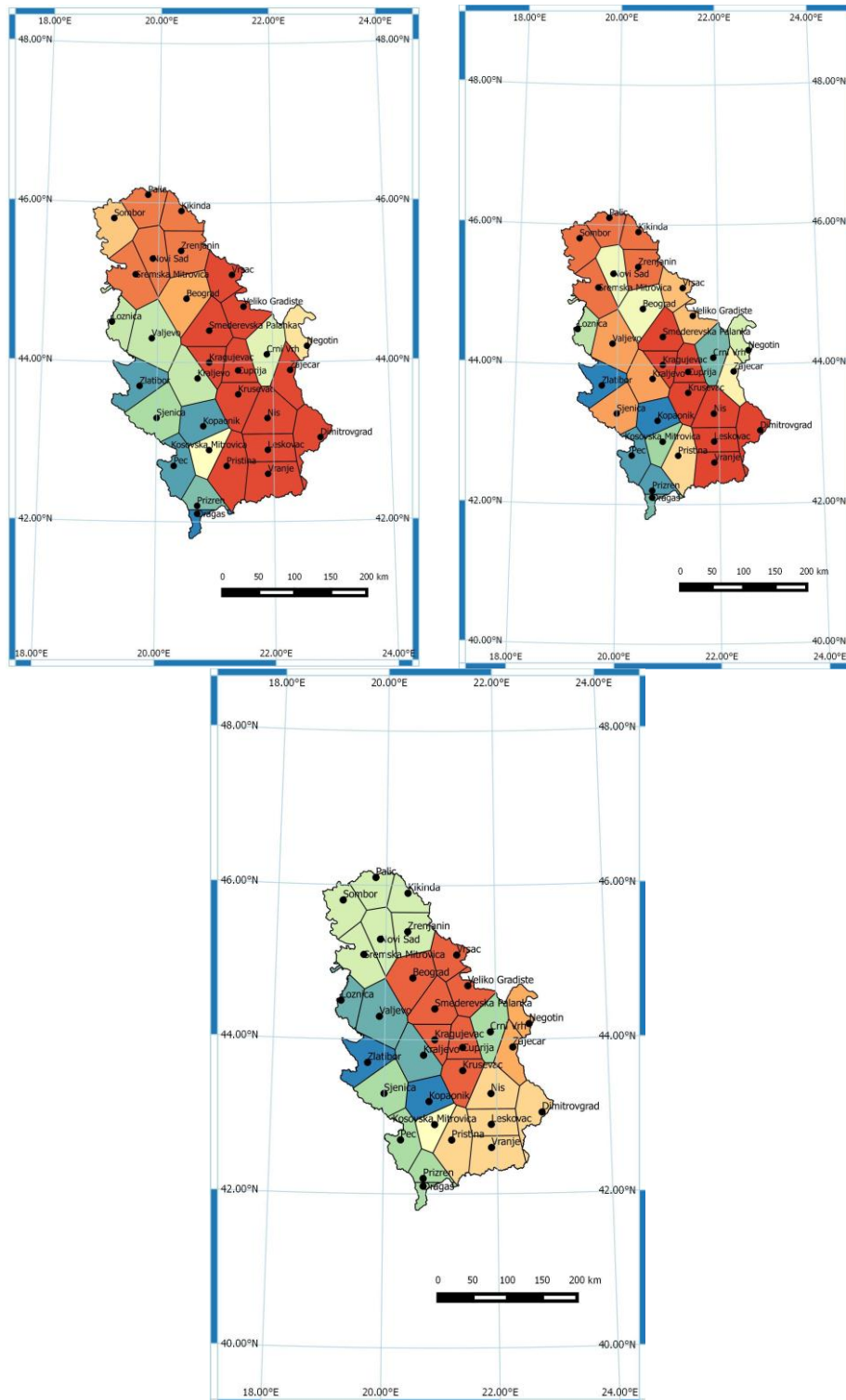
Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Копаоник, Златибор
2	6,5%	Призрен, Пећ
3	6,5%	Драгаш, Црни Врх
4	3,2%	Косовска Митровица
5	3,2%	Лозница
6	3,2%	Неготин
7	6,5%	Београд, Нови Сад
8	3,2%	Зајечар
9	3,2%	Приштина
10	6,5%	Вршац, Велико Градиште
11	9,7%	Краљево, Ваљево, Сјеница
12	16,2%	Палић, Кикинда, Зрењанин, Сомбор, Сремска Митровица
13	25,8%	Ћуприја, Крагујевац, Смедервска Паланка, Крушевац, Ниш, Димитровград, Лесковац, Врање

**Е (пети кластер):** Групише три станице (табела 16, карта 6-лево) са укупним учешћем од 9,7% као и у случају резултата добијених применом *UPGMA* метода (табела 13, карта 5-лево).

**К (једанаести кластер):** Групише укупно 16,2% станица (табела 16, карта 6-лево) укључених у анализу, тј. резултати су идентични са онима добијеним *UPGMA* методом само без станице Сомбор, односно промена износи укупно 3,2% (табела 13, карта 5-лево).

Табела 18. *Single linkage* кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Копаоник, Златибор
2	3,2%	Драгаш
3	3,2%	Пећ
4	3,2%	Призрен
5	3,2%	Сјеница
6	3,2%	Црни Врх
7	3,2%	Косовска Митровица
8	9,7%	Краљево, Ваљево, Лозница
9	3,2%	Неготин
10	19,4%	Палић, Зрењанин, Кикинда, Сомбор, Нови Сад, Сремска Митровица
11	35,5%	Вршац, Велико Градиште, Ћуприја, Крагујевац, Смедеревска Паланка, Крушевац, Лесковац, Димитровград, Ниш, Врање, Зајечар
12	3,2%	Приштина
13	3,2%	Београд



Карта 6. Падавински региони добијени Single linkage методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**L (дванаести кластер):** Показује 19,4% сличности са кластером 10 из првог периода добијеног применом UPGMA метода (табела 13, карта 5-лево). Ово је процентуално највећи кластер регион у овом периоду са укупно 12 станица или 38,7% (табела 16, карта 6-лево). Станице се налазе у

континенталној и умерено-континенталној климатској области са континенталним плувиометријским режимом и припадају следећим климатским рејонима: I-2, I-4, I-5, II-4, II-7, II-13, II-14, II-17, II-18 (Ракићевић, 1980).

Поредећи резултате кластер анализа за исти период осматрања (1951-1980.) (табела 13, карта 5-лево; табела 16, карта 6-лево), може се извести закључак да између поменутих хијерархијских „агломеративних“ метода постоји извесна сличност, што указује на подударност поменутих метода и рачунања у овом случају.

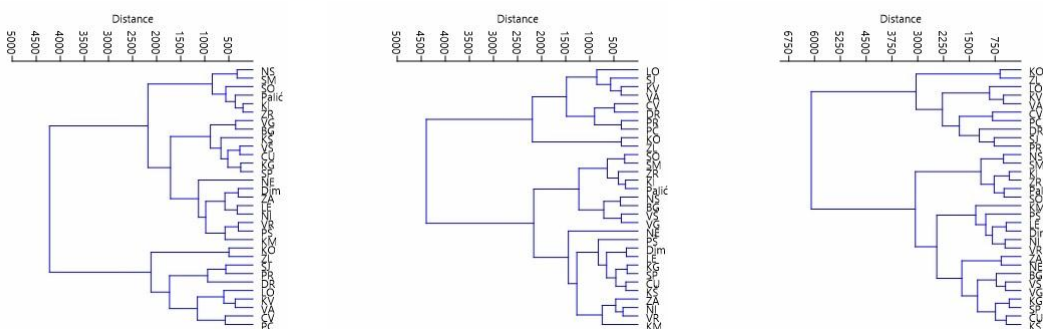
Посматрајући други период осматрања (1981-2010.), уочавају се следеће сличности и промене (табела 17, карта 6-десно):

- станице Кос. Митровица и Неготин формирају засебне кластер падавинске регионе са учешћем од 3,2% појединачно, тј. у овом случају није дошло до промена;
- станице Копаник и Златибор поново формирају посебан кластер падавински регион (6,5%), без станице Пећ, која сада у другом периоду формира засебан кластер регион са станицом Призрен са укупним учешћем од 6,5%, тј. у овом случају може се рећи да је у овом делу дошло до промена у просторној димензији расподеле годишњих сума падавина;
- станице Лозница, Зајечар и Приштина сада формирају засебне кластер регионе са појединачним учешћем од 3,2%, иако су у првом периоду биле у склопу других падавинских кластер региона, па се може закључити да је дошло до диференцијације падавинских региона услед регионалних климатских промена у другом периоду осматрања;
- станице Краљево и Ваљево опет формирају заједнички падавински кластер регион као и у првом периоду, с тим што у другом у овај кластер улази станица Сјеница (у првом је била Лозница). Процентуално није дошло до промена (9,7%), али квалитативно јесте, што наводи на закључак да је у овом случају дошло до промена у годишњим сумама падавина у овом делу наше земље;
- станице Вршац и Велико Градиште, као и Београд и Нови Сад формирају засебне кластер падавинске регионе (са по 6,5%), па се може рећи да просторно чине веома блиске регионе, али са посебним одликама; ово поново говори у прилог томе да кластер анализа представља поуздано средство у регионалној климатологији;
- станице Драгаш и Црни Врх у првом периоду формирају засебне кластер падавинске регионе са учешћем од 3,2%, док у другом периоду формирају заједнички кластер регион са 6,5%, што говори у прилог томе да је до промена у сумама падавина дошло и да постоји извесна сличност између ових просторно удаљених станица;

- кластери 11 из првог периода и 12 из другог периода групишу 4 исте станице (19,4%), с разликом у станици Нови Сад у првом, а Сомбор у другом периоду осматрања (3,2%); може се рећи да је дошло до регионалних промена у годишњим сумама падавина;
- процентуално највећи кластер 13 и кластер 12 из првог периода, групишу 8 истих станица (25,8%), без станица Вршац и Велико Градиште у другом периоду (обим промена износи 6,5% у односу на први период); дошло је до диференцијације у просторној расподели сума падавина у овом делу наше територије;
- у односу на први период, број кластера се повећао за 1, тако да се може рећи да је дошло до просторне диференцијације у дистрибуцији падавина;

Ако се посматра цео период (табела 18, карта 6-доле), уочава се следеће:

1. број кластер региона је исти као у другом периоду, а за један већи него у првом;
2. кластери 1 су исти (табела 17 и 18);
3. кластер 8 (табела 18) и кластер 5 (табела 16 ) су исти;
4. станица Неготин, Кос. Митровица, Призрен, Драгаш, Црни Врх и Сјеница формирају засебне кластер регионе као и у првом периоду (табела 16);
5. кластер 10 (табела 18) је идентичан са кластерима 12 (табела 17) и 11 (табела 16), тако да је закључак да промене станица у оквиру ових кластер региона представљају регионалне промене количине падавина у овом делу земље;
6. станице Београд и Приштина формирају засебне кластер регионе као у првом, тј, другом периоду;
7. процентуално највећи кластер регион показује висок степен сличности са процентуално највећим кластер регионом у првом, тј. другом случају;



Слика 8. Дендрограми метеоролошких станица укључених у анализу добијених Ward методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (у средини) и 1951-2010. (десно)

**А (први кластер):** Групише једну станицу (Неготин, 3,2%) (табела 19, карта 7-лево), на крајњем североисточном делу наше земље без покрајина. Налази се у континенталној климатској области, припада Крајинском климатском рејону (I-4), са просечном годишњом сумом падавина испод 700 mm (Ракићевић, 1980). Овај кластер је специфичан по својим климатским одликама и континенталности.

**В (други кластер):** Чине две планинске станице (Копаоник и Златибор; табела 19, карта 7-лево) у западном и југозападном делу Србије са 6,5% ућешћа у укупном броју станица укључених у анализу. Припадају умерено-континенталној климатској области и Копаоничком (II-8) и Старорашком климатском рејону (II-9) (Ракићевић, 1980). Поред просторне блискости, као и саме чињенице да ове две станице и у резултатима претходних хијерархијских агломеративних метода формирају заједнички кластер, као основне црте сличности могу се подвући припадност истом климату према Кепену (D климат) и свеже планинско поднебље (преко 1100 mm годишње) (Ракићевић, 1980).

Табела 19. Ward кластер анализа за период 1951-1980.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Неготин
2	6,5%	Копаоник, Златибор
3	9,7%	Сјеница, Призрен, Драгаш
4	16,2%	Лозница, Краљево, Ваљево, Црни Врх, Пећ
5	19,4%	Нови Сад, Сремска Митровица, Сомбор, Палић, Кикинда, Зрењанин
6	22,6%	Димитровград, Зајечар, Лесковац, Ниш, Врање, Приштина, Косовска Митровица
7	22,6%	Велико Градиште, Београд, Крушевац, Вршац, Ћуприја, Крагујевац, Смедервска Паланка

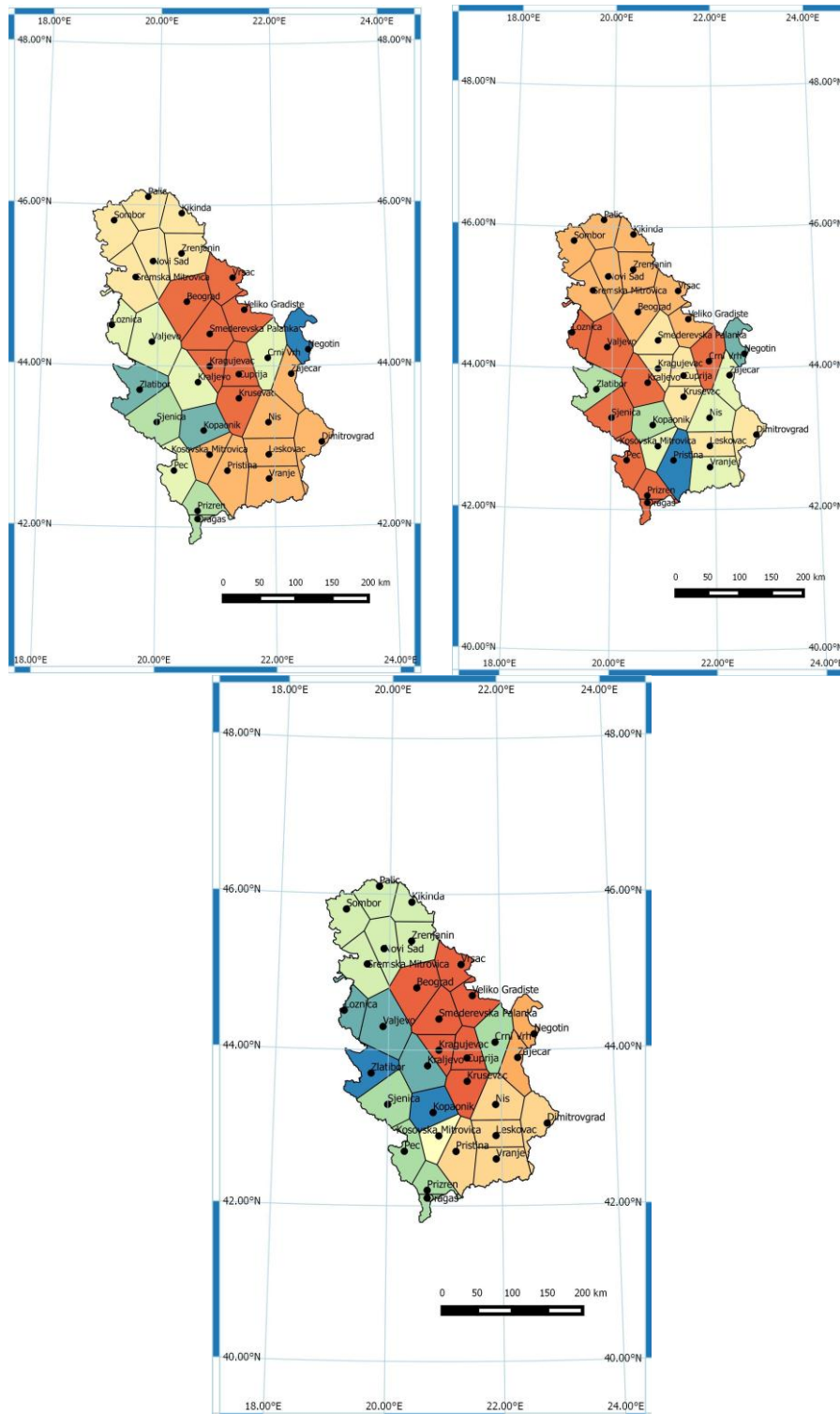
Табела 20. Ward кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	3,2%	Приштина
2	3,2%	Неготин
3	6,5%	Копаоник, Златибор
4	12,9%	Косовска Митровица, Зајечар, Ниш, Врање
5	19,4%	Димитровград, Лесковац, Крагујевац, Смедервска Паланка, Ћуприја, Крушевац
6	29	Сомбор, Сремска Митровица, Зрењанин, Кикинда, Палић, Нови Сад, Београд, Вршац, Велико Градиште
7	25,8%	Црни Врх, Драгаш, Призрен, Пећ, Лозница, Сјеница, Краљево, Ваљево

Табела 21. Ward кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Копаоник, Златибор
2	9,7%	Лозница, Краљево, Ваљево
3	16,2%	Црни Врх, Пећ, Драгаш, Сјеница, Призрен
4	19,4%	Нови Сад, Сремска Митровица, Кикинда, Зрењанин, Палић, Сомбор
5	3,2%	Косовска Митровица
6	16,2%	Приштина, Димитровград, Ниш, Врање, Лесковац
7	6,5%	Зајечар, Неготин
8	22,6%	Београд, Вршац, Велико Градиште, Крагујевац, Смедервска Паланка, Ћуприја, Крушевац





Карта 7. Падавински региони добијени Ward методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

**С (трећи кластер):** Групише три станице (Сјеница, Призрен и Драгаш) (табела 19, карта 7-лево) у југозападном и јужном делу наше територије, просторно блиске са укупно 9,7% учешћа у укупном броју станица укључених у анализу. Станице се налазе у умерено-

континенталној и измењено-медитеранској климатској области и имају континентални и медитерански плувиометријски режим. Заједничка црта која се може повући за ове три станице у овом кластеру јесте нешто сувље поднебље са годишњом количином падавина која се креће од 700 до 800 mm (Ракићевић, 1980).

**Д (четврти кластер):** Групише укупно пет станица (Лозница, Краљево, Ваљево, Црни Врх и Пећ) са укупно 16,2% учешћа у броју станица укључених у анализу (табела 19, карта 7-лево). Иако нису просторно блиске, станице се налазе у умерено-континенталној и измењено медитеранској климатској области и припадају Карпатском (II-3), Колубарско-мачванском (II-5), Западно-моравском (II-7) и Метохијском (III-1) климатском рејону. Имају континентални и медитерански плувиометријски режим, а заједничко за ове рејоне представља годишња количина падавина од 700 до 800 mm (Ракићевић, 1980).

**Е (пети кластер):** Групише просторно веома блиске станице (табела 19, карта 9-лево), формирајући падавински кластер регион са укупно 19,4% станица укључених у анализу. Све станице се налазе на територији АП Војводина и припадају континенталној и умерено-континенталној климатској области, са следећим климатским рејонима: Северни Банат и североисточна Бачка (I-1), Јужни и југоисточни Банат (I-2), Бачка (I-3) и Срем са Фршком гором (II-1) (Ракићевић, 1980). Као основна заједничка карактеристика ових рејона јесте режим падавина (континентални) и годишње суме падавина између 600 и 700 mm.

**Ф (шести кластер):** Формира просторно блиске кластере који се граниче, а кластер регион обухвата 22,6% станица укључених у анализу и то је највећи кластер регион (табела 19, карта 7-лево). Станице се налазе у источном и југоисточном делу, као и на територији КиМ, у умерено-континенталној и континенталној климатској области (Зајечар). Имају претежно континентални плувиометријски режим (сем станице Кос. Митровица са медитеранским). Налазе се у Крајинском (I-4), Нишко-лесковачком (II-13), Понишавском (II-14), Врањском (II-17), Косовском (II-18) и Дреничко-митровачком (II-19) климатском рејону (Ракићевић, 1980). Заједничка црта ових климатских рејона груписаних у овај кластер регион јесте сиромаштво у количини падавина које се крећу око и испод 600 mm према наводима Т. Ракићевића (1980).

**Г (седми кластер):** Формира процентуално највећи кластер регион (22,6%), групишући станице у просторно блиске кластере који се граниче, а лоцирани су у панонском и перипанонском делу, у долини Велике Мораве, Шумадији и јужном Банату (табела 19, карта 7-лево). Припадају континенталној и умерено-континенталној климатској области, са јединственим континенталним режимом падавина. Климатски рејони које обухватају су: Јужни и југоисточни Банат (I-2), Подунавско-великоморавски (I-5), Шумадијски (II-4), Западно-моравски (II-7) климатски рејон (Ракићевић, 1980). Врло сличних количина падавина преко 600 mm.

У односу на први период, у другом периоду (табела 20, карта 7-у десно) не долази до промене броја кластер падавинских региона издвојених овом хијерархијском агломеративном методом, већ долази до „прерасподеле“ станица у оквиру истог броја кластер региона, што говори у прилог томе да је до регионалних промена у годишњим сумама падавина, у овом случају, ипак дошло. Квалитативно, сличности/промене су следеће:

- станице Неготин, као и Копаоник и Златибор, формирају поново засебне кластер регионе, тако да у овом случају није дошло до промена;
- станица Приштина сада формира засебан кластер регион (3,2%), па се може рећи да је овде претпоставка да је дошло до регионалних промена у количини падавина;
- станице Кос. Митровица, Зајечар, Ниш и Врање сада формирају засебан кластер падавински регион (12,9%), као и у првом периоду, само без станица Приштина, Лесковац и Димитровград; то говори у прилог чињеници да је на овом делу наше територије у другом периоду осматрања ипак дошло до регионалних климатских промена, а које су везане за годишње суме падавина;
- кластер 5 чини 5 станица из 7. кластера у првом периоду, заједно са станицама Лесковац и Димитровград које су просторно блиске; може се закључити да су промене евидентне и да се крећу у смеру „прегрупације“ станица у кластер регионе са сличним карактеристикама;
- процентуално највећи кластер регион (29%) чине станице које се групишу тако да формирају јединствени кластер регион просторно блиских станица које се налазе у АП Војводини и перипанонском делу (Велико Градиште, Београд). Иако су у претходном периоду станице Вршац, Београд и Велико Градиште припадале другом кластер региону, може се рећи да је у овом случају дошло до регионалних промена у количини падавина које су водиле ка унификацији ових просторно блиских станица;
- други по величини (25,8%) кластер падавински регион формирају станице из трећег и четвртог кластер региона из првог периода (просторно блиских), па се могу констатовати регионалне промене количине падавина које су довеле до унификације ових станица.

У погледу формираних кластер падавинских региона, резултати добијени за цео период осматрања (табела 21, карта 7-доле) показују највећи степен сличности са кластер падавинским регионима формираним у првом периоду осматрања (идентични резултати као за

регионе В, Е и Г у првом периоду). Станице Лозница, Краљево и Ваљево поново формирају засебан кластер падавински регион, али у овом случају без станица Црни Врх и Пећ (као у првом периоду). Станица Кос. Митровица сада формира засебан кластер регион излазећи из кластера F формираног у првом периоду (идентичан са кластер регионом 6). Исти случај је и са станицом Зајечар која формира засебан кластер регион са станицом Неготин у овом периоду (иако су у првом периоду биле у оквиру других кластера). Станице Сјеница, Призрен, Црни Врх, Драгаш и Пећ, у првом и другом периоду осматрања формирају веома сличне кластер регионе у поређењу са резултатима за цео период. Може се извести закључак да је до промена дошло на оним станицама које су промениле припадност одређеном кластер региону у првом, тј. другом периоду осматрања.

За разлику од резултата добијених применом хијерархијских метода кластер анализе, *K-means* кластер процедура даје униформан број кластера (у овом случају задати број кластера, као и код температурних региона, износи 3), што ће имати значаја у лакшем извођењу компаративне анализе јер је број кластер региона у сва три случаја униформан. Поредиће се кластер региони који унутар себе укључују највећи број истих метеоролошких станица у оба периода. Резултати компаративне анализе добијених кластер региона у првом и другом периоду осматрања указују на следеће (табела 22 и 23, карта 8-лево и десно):

Табела 22. *K-means* кластер анализа за период 1951-1980.

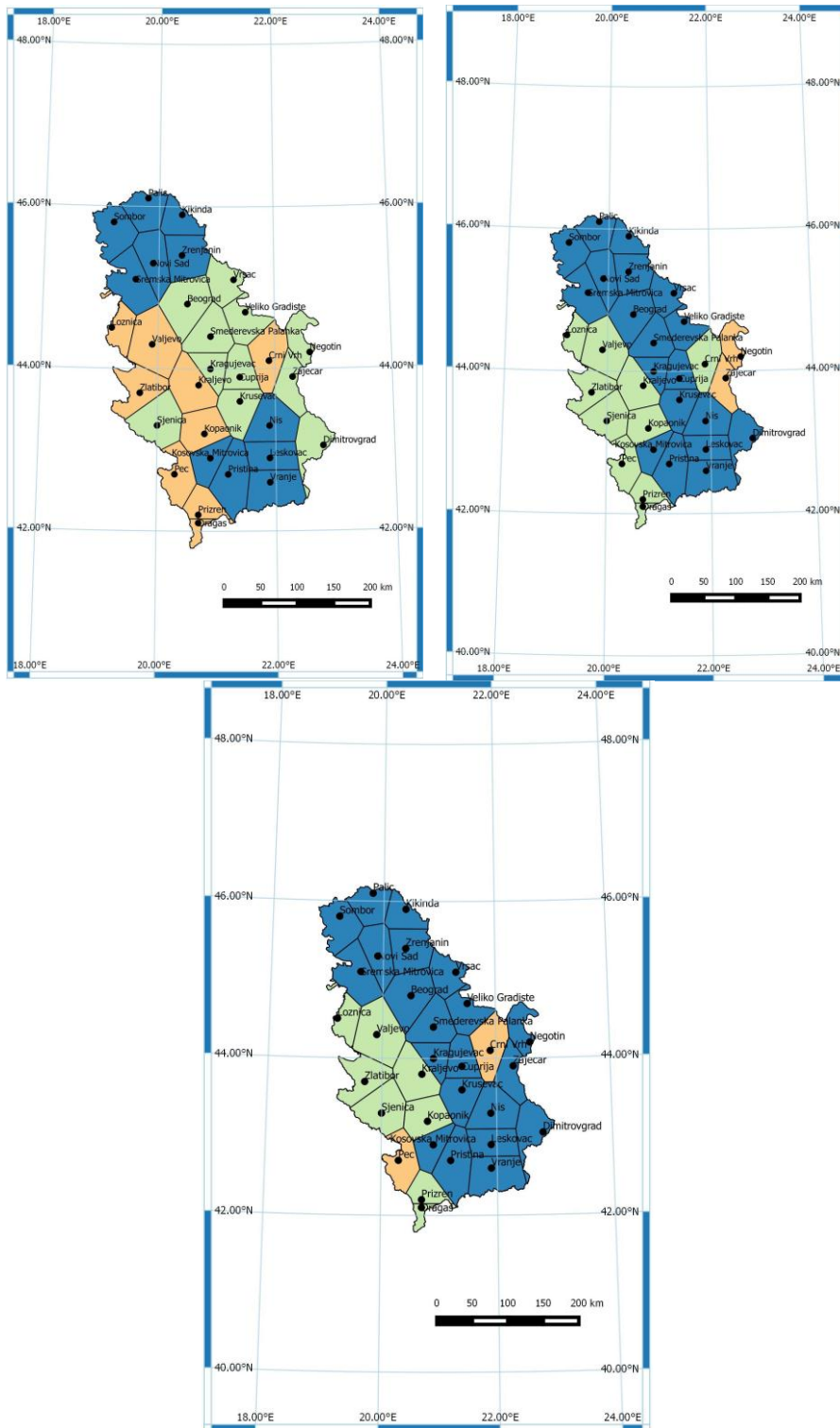
Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	35,5%	Кикинда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Зрењанин, Лексовац, Ниш, Врање, Косовска Митровица, Приштина
2	29%	Црни Врх, Копаоник, Краљево, Лозница, Ваљево, Златибор, Призрен, Драгаш, Пећ
3	35,5%	Вршац, Београд, Ћуприја, Димитровград, Крагујевац, Крушевац, Неготин, Сјеница, Смедервска Паланка, Велико Градиште, Зајечар

Табела 23. *K-means* кластер анализа за период 1981-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	61,3%	Кикинда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Вршац, Зрењанин, Београд, Ћуприја, Димитровград, Крагујевац, Крушевац, Лесковац, Ниш, Смедервска Паланка, Велико Градиште, Врање, Косовска Митровица, Приштина
2	32,3%	Црни Врх, Копаоник, Краљево, Лозница, Сјеница, Ваљево, Златибор, Призрен, Драгаш, Пећ
3	6,5%	Неготин, Зајечар

Табела 24. K-means кластер анализа за период 1951-2010.

Кластер регион	% метео. станица	НАЗИВ МЕТЕОРОЛОШКЕ СТАНИЦЕ
1	6,5%	Црни Врх, Пећ
2	25,8%	Копоник, Краљево, Лозница, Сјеница, Ваљево, Златибор, Призрен, Драгаш
3	67,7%	Кикинда, Нови Сад, Палић, Сомбор, Сремска Митровица, Вршац, Зрењанин, Београд, Ћуприја, Димитровград, Крагујевац, Крушевац, Лесковац, Неготин, Ниш, Смедервска Паланка, Велико Градиште, Врање, Зајечар, Косовска Митровица, Приштина



Карта 8. Падавински региони добијени K-means методом за период 1951-1980. (лево), 1981-2010. (десно) и 1951-2010. (доле)

1. Први кластер у оба периода групише 11 истих станица (35,5%), док у другом периоду групише 8 станица више (25,8%) у односу на први; то су станице из кластера 3 у првом периоду; закључак је да је до промена у овом случају дошло и да су оне регионалног карактера, у

- овом случају репрезентоване прерасподелом станица између истих кластера у различитим периодима осматрања;
2. Други кластер у оба периода групише 9 истих станица (29%), док у другом периоду укључује и станицу Сјеница (3,2%), тако да су промене у овом кластеру мале, а тичу се простора на коме се налази поменута станица;
  3. Трећи кластер у првом и другом периоду групише две исте станице-Неготин и Зајечар (6,5%), које се у првом периоду налазе у склопу много већег кластер падавинског региона (35,5%), док у другом периоду формирају засебан кластер падавински регион, па се може рећи да је и у овом случају дошло до регионалих климатских промена, а које се тичу годишњих сума падавина.

Ако би се горе формиран кластер региони упоредили са климатским рејонима које је издвојио Т. Ракићевић (1980), први кластер регион у оба периода чине станице које се налазе у континенталној и умерено-континенталној климатској области са континенталним режимом падавина и са релативно сличним малим годишњим сумама падавина. Други кластер регион у оба периода се налази у умерено-континенталној и измењено-медитеранској климатској области, чине станице просторно веома блиске и са истим или сличним режимом падавина и годишњим количинама падавина. Трећи кластер у првом периоду чине станице распоређене у континенталној и умерено-континенталној климатској области које просторно нису веома блиске, али са истим режимом падавина. У другом периоду, станице Неготин и Зајечар формирају засебан кластер падавински регион-Крајински климатски рејон (I-4) према Т. Ракићевићу (1980), што заправо говори у прилог чињеници да су статистичке мултиваријационе технике (у овом случају кластер анализа), погодне за употребу у климатологији, јер указују на просторну димензију климатских параметара, а у овом случају и на чињеницу да је дошло до поклапања издвојених климатских региона на основу два различита критеријума: физичких фактора на основу којих је Т. Ракићевић извршио климатску рејонизацију Србије и резултата статистичке технике која функционише на основу унапред задатог алгоритма и на основу само једне климатске варијабле, тј. годишњих сума падавина.

#### 3.4. Закључак

У овом поглављу примењена је једна од мултиваријационих техника које се користе у савременим истраживањима у климатологији (Arbabi, 2011; Fovell & Fovell, 1993; Van Groenewoud, 1984) у контексту постављених циљева истраживања. Коришћене су хијерархијске агломеративне методе и нехијерархијска *K-means* метода, а као мера удаљености еуклидска

дистанца. Посматрана су три низа: 1951-1980., 1981-2010., и 1951-2010., а као варијабле вишегодишње вредности температура ваздуха и сума падавина за 31 метеоролошку станицу. Такође, извршена је компаративна анализа добијених резултата са климатским рејонима које је 1980. године издвојио Т. Ракићевић на основу доминантних физичких фактора у географском простору Србије.

Резултати истраживања указују да дистрибуција станица јасно одражава највећи део климатског диверзитета Србије (као што је истакао у свом раду и Т. Ракићевић 1980. године) и указује на просторну димензију температуре ваздуха и падавина, као и на могућу детекцију регионалних климатских промена у одређеним деловима Србије. Пошто се методи у одређеној мери слажу, презентовани резултати истраживања се могу узети као уверљиви. Најважнији резултати који су добијени у овом поглављу могу се репрезентовати на следећи начин:

- ❖ резултати добијени применом различитих хијерархијских агломеративних метода, у случају издвајања температурних и падавинских кластер региона, показују висок степен сличности у погледу издвајања кластер региона иако користе различите методе кластеризације, што говори о сродности поменутих метода и израчунавања; такође, резултати у оба случаја показују висок степен сличности са климатским рејонима Т. Ракићевића;
- ❖ у оквиру издвојених кластер региона долази до квантитативних (промена броја станица које улазе у дати кластер) и квалитативних промена (промене станица које чине кластер, без промене броја станица);
- ❖ резултати *UPGMA* кластеризације указују на чињеницу да су промене детектоване на станицама Сјеница и Златибор које више не чине заједнички кластер са станицом Копаоник;
- ❖ станица Београд у другом периоду формира засебан кластер (порад вишегодишњих вредности температура ваздуха-ефекат урбаног острва топлоте) и издваја ову станицу као посебан кластер регион заједно са станицом Призрен (позитивне јануарске температуре ваздуха и високе летње температуре);
- ❖ станица Лозница у оба периода формира засебан кластер;
- ❖ груписање осталих кластер региона следи теоријску основу просторне расподеле температуре ваздуха под утицајем доминантних физичко-географских фактора;
- ❖ резултати *Single linkage* метода указују на сличности у погледу издвојених кластер региона применом *UPGMA* метода;
- ❖ станице Лозница, Београд и Призрен, Копаоник поново формирају засебне кластер температурне регионе;
- ❖ груписање осталих кластер региона је слично као и у првом случају;
- ❖ примена *Ward* метода указује на сличност између добијених резултата са резултатима претходних анализа;



- ❖ промене су детектоване на станицама Златибор и Сјеница у другом периоду (пораст температуре ваздуха);
- ❖ промене су евидентне и на станицама Неготин и Зајечар у два периода;
- ❖ Лозница у овом случају формира кластер регион са Београдом, Вршцем, Нишом, Призреном и Неготином (пораст температуре ваздуха у другом периоду је регионалног карактера);
- ❖ применом сва три хијерархијска агломеративна метода, станице Кос. Митровица, Приштина и Димитровград увек формирају заједнички кластер;
- ❖ *K-means* анализа је указала на логично груписање станица засновано на реалним физичко-географским факторима у простору;
- ❖ промене су евидентне у другом периоду на појединим планинским станицама и на станицама у којима долази до повећања температуре екстремних месеци-јануар и јул;
- ❖ треба истаћи да добијени кластер температурни региони показују висок степен сличности са рејонима које је издвојио Т. Ракићевић, што наводи на закључак о погодности коришћења ове технике у климатологији;
- ❖ издвојени падавински кластер региони показују просторну блискост и подлежу климатским рејонима и областима које је издвојио Т. Ракићевић. Исти аутор (Ракићевић, 1979, 1980), наводи да постоји корелација између годишњих сума падавина и плувиометријског режима;
- ❖ већина станица у АП Војводини у сва три случаја (применом сва три хијерархијска агломеративна метода) формира заједнички кластер падавински регион;
- ❖ станица Неготин у сва три случаја формира посебан кластер падавински регион, што указује на специфичност поднебља овог дела Србије, на шта је указао и Т. Ракићевић (1980);
- ❖ Станице Лозница, Краљево, Ваљево, Сјеница и Пећ формирају заједнички падавински кластер регион, а могу се довести у везу сличности у сумама падавина и доминатним ваздушним масама и типичним синоптичким ситуацијама у току године;
- ❖ станице на југоистоку Србије формирају засебан кластер регион, док у другом периоду станице Кос. Митровица и Приштина не улазе у састав овог региона;
- ❖ највеће промене у погледу падавина могу се детектовати на следећим станицама: Београд, Нови Сад, Зајечар, Кос. Митровица, Приштина, Вршац, Велико Градиште, Призрен, Пећ;
- ❖ део станица у долини Велике Мораве, југоисточном Банату и средњем Подунављу формира заједнички кластер падавински регион у сва три случаја, што указује на специфичност климата овог поднебља;

- ❖ резултати *K-means* кластер анализе указују на регионалне промене у погледу годишњих сума падавина, а те промене се квантитативно осликавају у промени броја станица у задатом броју кластера;
- ❖ у другом периоду долази до унификације кластера, тако да се формирају три кластер региона просторно блиских станица;
- ❖ станице Неготин и Зајечар и у овом случају (као и у случају температурних региона) показују своје специфичности и формирају засебан падавински кластер регион;
- ❖ станице у западном и југозападном делу Србије формирају један засебан кластер регион, док станице у АП Војводини, долинама Велике и Јужне Мораве, јужној и југоисточној Србији формирају засебне кластер регионе.

Истраживања ове проблематике би надаље требало да укључе и друге климатске варијабле (релативну влажност ваздуха, број сунчаних часова, просечне ефективне падавине, просечну брзину ветра, број мразних дана, итд.), као и различите мултиваријационе технике као што су факторска анализа, анализа главних компонената (*Principal Component Analysis-PCA*) емпиријских ортогоналних функција.

## Поглавље 4

# Просторна дистрибуција и варијација Ланговог кишног фактора и Де Мартоновог индекса суше у Србији

### 4.1. Увод

У овом поглављу акценат је стављен на просторну дистрибуцију и варијацију различитих климатских индекса који представљају дијагностичке „алатке“ за одређивање климатских услова неког региона и утврђивање тренутног стања посматраних варијабли у климатском систему. Климатски индекси укључени у анализу добијени су процесуирањем података о температури ваздуха и падавинама, а израчунати су за Лангов кишни фактор (Lang, 1920), Де Мартонов индекс суше (De Martonne, 1941) и Пина комбиновани индекс (Zambakas, 1992). Примарни циљ анализе у овом поглављу био је детекција, издвајање и дефинисање региона различитог степена аридности у Србији, тј. проналажење и дефинисање везе између просторне дистрибуције падавина и температуре ваздуха у склопу доминантних физичко-географских фактора који одређују климат наше земље. Секундарни циљ анализе био је да се утврди да ли је дошло до промене у просторној дистрибуцији посматраних климатских индекса у Србији, тј. да ли је дошло до регионалних климатских промена. У том смислу, постављена је и основна, полазишна хипотеза у овом поглављу, која гласи: (h1) Између два нестандардна климатска периода (1951-1980. и 1981-2010.) је дошло до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских индекса укључених у анализу.

Према петом извештају ИПСС-а (IPCC, 2014<sup>20</sup>), климатски модели указују на загревање у целој Европи, а најјаче загревање је пројектовано у јужној Европи у летњем периоду (Goodess et al., 2009; Kjellström et al., 2011), док је тренд падавина мање јасан и негативан за јужну Европу (Kjellström et al., 2011). Регионалне и глобалне климатске симулације указују на повећано трајање и интензитет суша у јужној Европи и на Медитерану (Gao and Giorgi, 2008; Feyen and Dankers, 2009; Vidal and Wade, 2009; Koutroulis et al., 2010; Tsanis et al., 2011; Поглавље 21), као и опадање ниских протицаја у Турској (Fujihara et al., 2008). Дужина пројектованих метеоролошких сушних периода у јужној Европи је у већем порасту (IPCC, 2014). Сличне промене у порасту температуре ваздуха у Европи и на

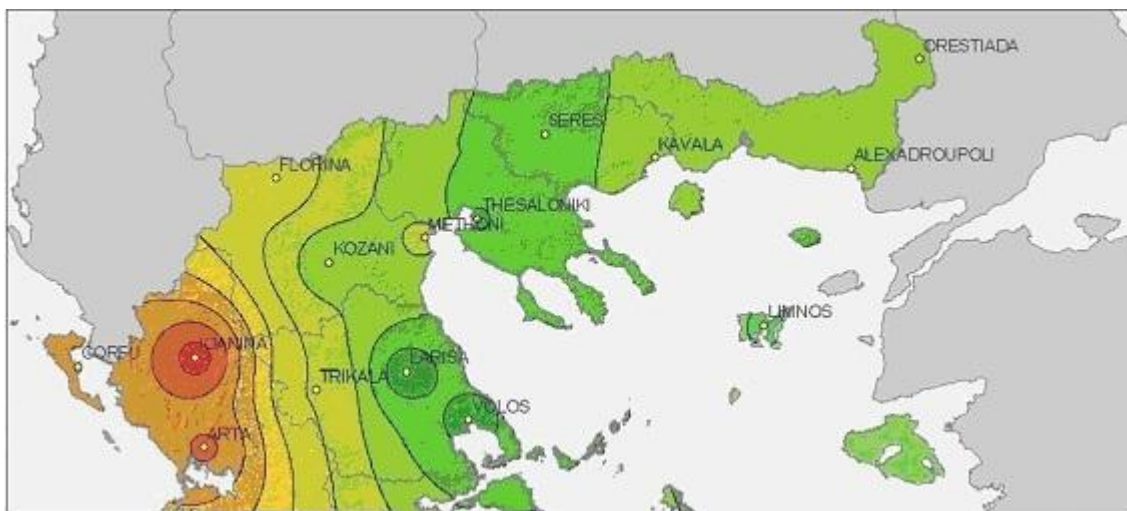
---

<sup>20</sup> [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap23\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap23_FINAL.pdf)

Медитерану, повезане са варијацијом екстремних метеоролошких догађаја, као и услове за сушу у Турској у вези са тим, проучавало је више истраживача и ти радови су објављени у различитим часописима (Hulme, 1994; Jones, 1994; Peterson and Vose, 1997; Tayanç and Toros, 1997; New et al., 1998; Folland et al., 1999; Jones et al., 1999; Groisman et al., 1999; Nicholls and Murray, 1999; Karl et al., 2000; Haylock and Nicholls, 2000; Karaca et al., 2000; Houghton et al., 2001; Kömüscü, 2001; Klein et al., 2002; Türkeş et al., 2002).

Проучавање климатских индекса је опширно описано у литератури и они су се показали веома корисним у климатским прогнозама које су у вези са различитим гранама пољопривреде (Smith, 1982; Dalezios and Zarpas, 1996; Conway et al., 1996; Jones et al., 1997; Dalezios et al., 2000). Као основна полазишна тачка у овом поглављу послужила су ми два рада-први је везан за просторну дистрибуцију климатских индекса у северној Грчкој (Baltas, 2007), а други за просторну дистрибуцију климатских индекса у Турској (Deniz et al., 2011). Већи део методологије истраживања и презентације климатских индекса, као и извора цитата, је преузет из горепомнутих радова.

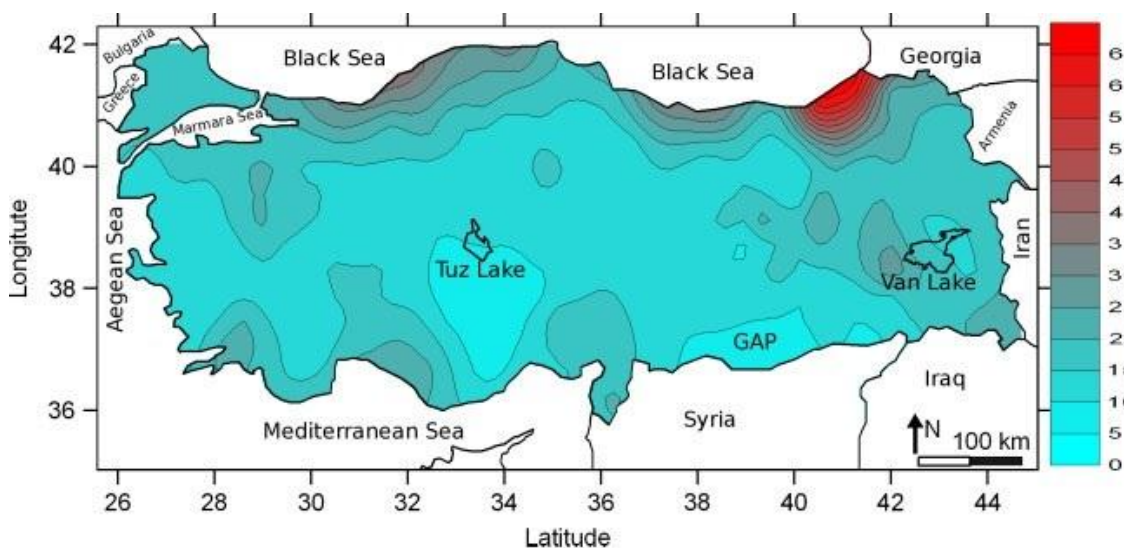
Baltas (2007) је проучавао просторну дистрибуцију климатских индекса у контексту њиховог економског значаја и утицаја на поједине гране примарног сектора. Користио је податке за температуру ваздуха и падавине са 15 станица лоцираних у северној Грчкој за период 1965-1995. На слици 1 је приказана просторна дистрибуција Де Мартоновог индекса суше, која варира од 16,28 (Лариса; семиаридни климат) до 43,01 (Јањина; хумидан климат).



Слика 1. Де Мартонов индекс суше у северној Грчкој за период 1965-1995. (Baltas, 2007)

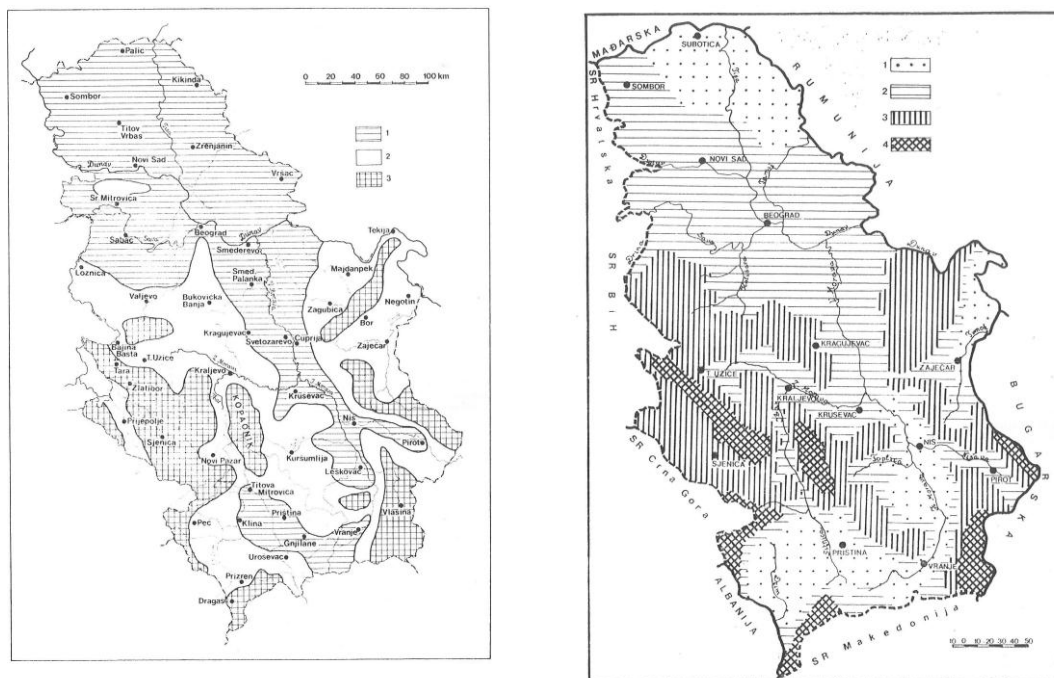
На слици 2. је приказан просторни распоред Пина комбинованог индекса у Турској. Извршена је и евалуација резултата добијених Де Мартоновим индексом суше и Пина комбинованим индексом и њихова компарација. Закључак је да је Де Мартонов индекс погоднији за Турску јер прецизније дефинише климатске класификационе категорије (Deniz et

al., 2011). Истраживање је урађено за период 1960-2006. на 229 станица у Турској.



Слика 2. Пина комбиновани индекс у Турској за период 1960-2006. (Deniz et al., 2011)

Томислав Ракићевић се у свом раду „Регионални распоред суше у СР Србији“ (1988) бавио теоријско-методолошким поставкама и различитим дефиницијама феномена суше, као и регионализацијом сушних области у Србији користећи Лангов кишни фактор. Овај рад ми је послужио као референтна основа за моје истраживање у овом поглављу у складу са горепоменутиим циљевима и почетном хипотезом. Такође, овај рад ми је послужио за компаративну анализу са резултатима који ће бити презентовани у овом поглављу. Т. Ракићевић (1988) дефинише сушу као веома комплексну појаву на коју утиче скуп већег броја елемената и фактора (метеоролошких, педолошких, хидролошких, биолошких и географских), а која сама представља „недостатак влаге у земљишту за нормалан раст и развој биљака“. Исти аутор наводи да је суша агрометеоролошка појава и спада у природне елементарне непогоде које је тешко прогнозировать. Суша се не може посматрати само као „непрекидан низ“ или број „узастопних дана“ без падавина како то дефинише РХМЗС, јер постоје и контингентне суше. Код овог типа суше непродуктивно испаравање је велико, а не може се говорити о одсуству падавина (Милосављевић, 1972; Ракићевић, 1988). На слици 3 су приказане карте које је израдио Т. Ракићевић (1988) према Ланговом кишном фактору (лево) и карта регионалног распореда суше у Србији (десно).



Слика 3. Географски размештај климата у СР Србији са освртом на влажност: 1-семиаридни; 2-семихумидни; 3-хумидни (лево) и регионални распоред суше у СР Србији: 1-најугроженије сушом; 2-умерено сушне; 3-умерено влажне; 4-веома влажне (десно) (Ракићевић, 1988)

Анализом више климатских елемената и фактора, Т. Ракићевић (1988) је на територији Србије издвојио 4 области (слика 3-десно):

- 1) Сушне области: Нишко-алексиначка котлина са Добричком, Белопаланачком и Алексиначком, затим Врањска и Гњиланска котлина, раван Косова, Метохија, Неготинска крајина и североисточна Бачка са северним Банатом;
- 2) Умерено сушне области: већи део Војводине (Срем, западна и јужна Бачка, јужни Банат, Мачва, Подунавље, долине Велике и Западне Мораве и већи део Шумадије);
- 3) Умерено влажне области: Подриње, Ваљевска подгорина, планински предели до 1000 m надморске висине у западној и југозападној Србији и Карпатско-балкански планински венац у источној Србији.
- 4) Влажне области: Шара, Проклетије, високе планине Старог Влаха у западној Србији, Копаоник, Стара планина, подручје Власине.

#### 4.2. База података и методологија

За одређивање климатских индекса у Србији коришћен је низ података од 60 година (1951-2010), који је подељен на два субпериода: 1951-1980. и 1981-2010, како би се утврдило да ли је између посматраних периода дошло до промене у просторној дистрибуцији посматраних

климатских индекса. Класификација је урађена на основу средњих месечних и годишњих вредности температуре ваздуха и падавина за посматрани период, а укупно 31 метеоролошка станица је укључена у анализу. Станице покривају цео опсег климатских услова у земљи.

Лангов кишни фактор представља однос између годишње количине падавина и средње годишње температуре ваздуха (Дуцић, Анђелковић, 2009), а представљен је следећом релацијом (Lang, 1920):

$$RF = R_g / T_g, \quad (1)$$

где су  $R_g$  годишња сума падавина и  $T_g$  просечна годишња температура ваздуха. Израчунавање кишног фактора нема смисла када је средња годишња температура негативна или једнака 0, па је Ланг увео неке модификације ове једначине. Пошто то није случај са посматраним станицама у Србији, о модификованим једначинама неће бити речи овде. Климатске области према Лангу (Lang, 1920) представљене су у табели 1.

Табела 1. Климатска класификација према Ланговом кишном фактору

Климат	RF	Тип вегетације
Аридни	0-20	пустиња
	20-40	полупустиња
	40-60	степа и савана
Хумидни	60-100	слабе шуме
	100-160	високе шуме
Перхумидни	>160	пустаре и тундре

Постоји више индекса суше који се користе у климатологији и метеорологији, а најпознатији је Де Мартонов индекс суше (De Martonne, 1941) који је и примењен у овом истраживању. Климатска класификација коју даје De Martonne (1941) заснована је на трајању суше током године, а овај индекс аридности-хумидности се примењује локално и дефинисан је као количник просечних годишњих сума падавина и температуре ваздуха увећане за 10°C:

$$I_{DM} = R/(T + 10) \quad [^{\circ}C], \quad (2)$$

где су R и T просечне годишње вредности падавина и температуре ваздуха, а  $I_{DM}$  је Де Мартонов индекс суше. Климатска класификација према De Martonne (1941) дата је у табели 2.

Табела 2. Климатска класификација према Де Мартоновом индексу суше

Климат	$I_{DM}$	Вредности $R$ (mm)
Аридни	$I_{DM} < 10$	$R < 200$
Семиаридни	$10 \leq I_{DM} < 20$	$200 \leq R < 400$
Медитерански	$20 \leq I_{DM} < 24$	$400 \leq R < 500$
Семихумидни	$24 \leq I_{DM} < 28$	$500 \leq R < 600$
Хумидни	$28 \leq I_{DM} < 35$	$600 \leq R < 700$
Веома хумидни	$a. 35 \leq I_{DM} \leq 55$ $b. I_{DM} > 55$	$700 \leq R < 800$ $R > 800$

Пина је развио комбиновани индекс (Zambakas, 1992; Baltas, 2007; Deniz et al., 2011) који има следећи облик:

$$I_p = 1/2 / (I_{DM} + 12P'_d / T'_d + 10), \quad (3)$$

где је  $I_{DM}$  Де Мартонов индекс суше, а  $P'_d$  и  $T'_d$  су средње вредности падавина и температуре ваздуха најсувљег месеца. Овај индекс се користи да би се указало на регионе који су угрожени сушом и којима је потребно наводњавање. Модификована климатска класификација према Пина комбинованом индексу приказана је у табели 3. Модификација је извршена од стране аутора у циљу прилагођавања климатских класификационих категорија умереном климатском поднебљу у коме се налази Србија.

Табела 3. Модификована климатска класификација према Пина комбинованом индексу од стране аутора

Климат	$I_p$	Тип вегетације
Сув	$I_p < 10$	није наведен
Полусув, медитерански	$10 \leq I_p \leq 20$	формална медитеранска
Измењено-медитерански	$20 < I_p \leq 30$	субмедитеранска
Хумидни континентални	$30 < I_p \leq 44$	мешовите шуме, степска вегетација
Перхумидни континентални А	$44 < I_p \leq 80$	четинарске шуме
Перхумидни континентални В	$I_p > 80$	четинарске шуме и тундра

Како би се извршила статистичка евалуација примењених климатских индекса и утврдила корелација између њих, као метод графичке репрезентације тих односа коришћен је модел линеарне регресије најмањих квадрата (*Ordinary Least Squares regression-OLS*), који



минимализује квадратна одступања свих емпријских тачака (тј. квадрираних резидуала) од регресионе линије и има следећи облик<sup>21</sup>:

$$y_i = \alpha + \beta * x_i + \varepsilon_i \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_i = y_i - \alpha - \beta * x_i, \quad (4)$$

$$\hat{y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta} * x_i + \hat{\varepsilon}_i, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{\varepsilon}_i)^2 = \min \quad (6)$$

У једначини (4) функцијом је описан однос између  $x$  и  $y$ . Разлика између зависне варијабле  $y$  и процењеног систематског утицаја  $x$  на  $y$  назива се резидуал ( $\varepsilon_i$ ). У случају *OLS*, овај критеријум је сума квадратних резидуала-израчунавају се алфа и бета у случају да је сума свих квадратних девијација (резидуала) минимална, као што је и представљено у једначинама (5) и (6).

У *OLS* регресионом алгоритму, коришћен је интервал поверења од 95% за фитовану линију (не за тачке података). Овај интервал поверења од 95% се рачуна као<sup>22</sup>:

$$CI = b + ax \pm t_{0.05/2, n-2} \sqrt{SE_{reg}^2 \left( \frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \right)}, \quad (7)$$

$$\text{где је сума квадрата резидуала } SE_{reg}^2 = \sum (y_i - b - ax_i)^2. \quad (8)$$

За математичко моделирање картографске репрезентације Пина комбинованог индекса коришћен је *Inverse Distance Weighted (IDW)*<sup>23</sup> геостатистички интерполацијски метод, тј. метод инверзних растојања. У овом геостатистичком методу, тачке узорка се мере током интерполације тако да утицај једне тачке у односу на другу опада са дистанцом од непознате тачке коју желите да створите. Мерење тежине се додељује тачкама узорка употребом тежинског коефицијента који контролише како ће утицај тежине опадати док се дистанца од нове тачке повећава. Што је већи тежински коефицијент, то ће мањи ефекат имати тачке ако су далеко од непознате тачке током процеса интерполације. Како коефицијент расте, вредност непознате тачке се приближава вредности најближе посматране тачке. Овај геостатистички интерполацијски метод је употребљен због комплексности формуле Пина комбинованог индекса која подразумева израчунавање падавина и температура најсувљег месеца,

<sup>21</sup> <https://warwick.ac.uk>

<sup>22</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>

<sup>23</sup> [https://docs.qgis.org/2.2/en/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.2/en/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html)

а како најсувљи месец није исти на свакој станици у Србији, карте није било могуће представити у виду растера.

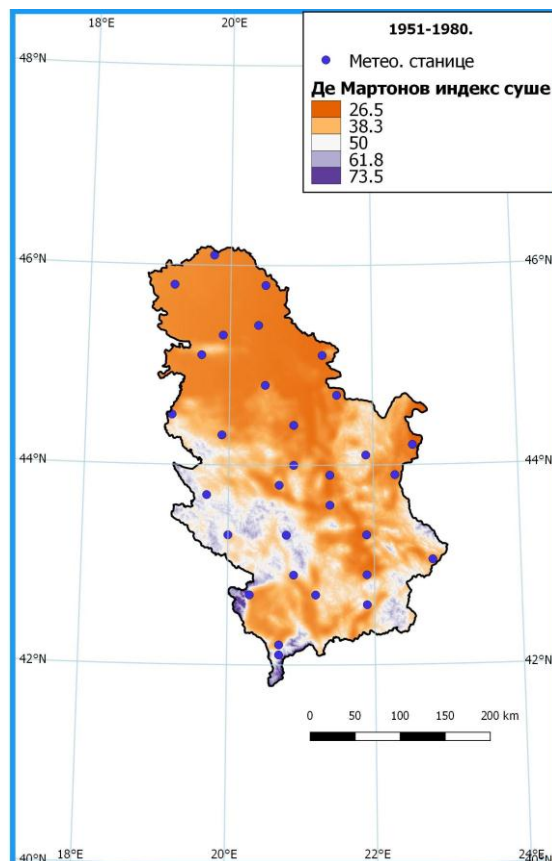
### 4.3. Резултати

На карти 1, за период 1951-2010., је приказан Де Мартонов индекс суше, чије се вредности крећу од 73,5 (Копаоник), тј. веома хумидног климата, до 26,5 (Палић), указујући на семихумидан климат. Вредности овог индекса постепено расту од северних, североисточних и источних делова Србије ка западним и југозападним деловима, што је у складу са просторном дистрибуцијом падавина које постепено опадају од запада ка истоку наше земље. На карти 1 је приказан опсег климатских класификационих категорија од семихумидног до веома хумидног (-b.) климата.

Највише и најниже вредности вредности Де Мартоновог индекса суше су дате у табели 4.

**Табела 4.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса суше за период 1951-1980.

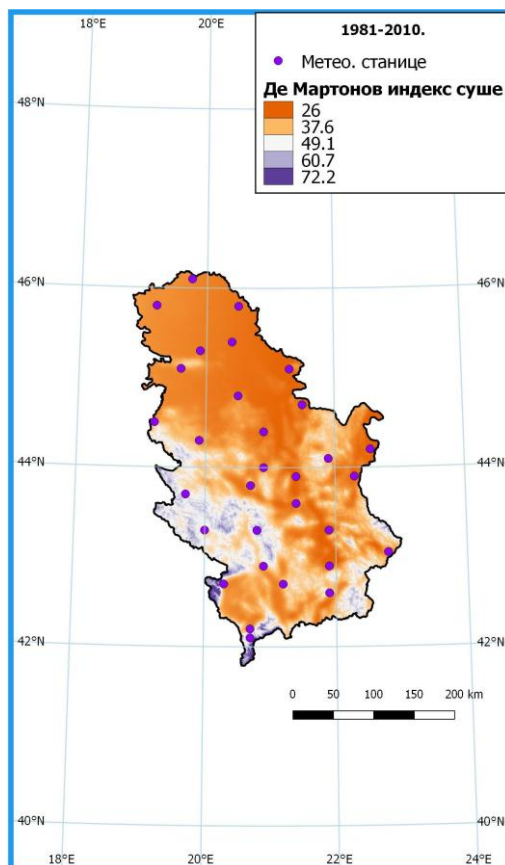
Мах индекс суше					Мин индекс суше				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$I_{DM}$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$I_{DM}$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	73.5	Палић	+46,1	+19,9	102	26.5
Златибор	+43,7	+19,7	1028	54.6	Кикинда	+45,9	+20,5	81	27.3
Сјеница	+43,3	+20	1038	44.7	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	27.9
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	44.2	Ниш	+43,3	+21,9	202	28.2
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	43	Нови Сад	+45,3	+19,9	84	28.9



Карта 1. Де Мартонов индекс суше у Србији за период 1951-1980.

Северни део Србије (Војводина) и југоисточни делови показују веће вредности индекса суше од других региона у земљи. Средња вредност индекса суше за 31 станицу за 30-годишњи период је 35,4, што указује да је климат Србије у овом периоду био на граници између семихумидног и хумидног климата. Према Де Мартоновим вредностима индекса суше, највиши и најнижи ефекти аридности су откривени у региону северне Бачке и Баната (станице Палић и Кикинда са 26,5 и 27,3), као и у југозападној и западној Србији (станице Копаоник и Златибор са 73,5 и 54,6). Јасно се види да се индекс сушности смањује око виших планинских области у западном и југозападном делу наше земље, што је у складу са просторном дистрибуцијом падавина.

На карти 2 су приказане вредности Де Мартоновог индекса суше за период 1981-2010. Вредности овог индекса крећу се од веома хумидног -b. климата на станици Копаоник (72,2), до семихумидног климата на станици Кикинда (26). Апсолутна разлика индекса суше између ове две станице у овом периоду износи 46,2. Као и у првом периоду, вредности индекса суше су у складу са просторном дистрибуцијом падавина. Опсег климатских класификационих категорија исти је као и у првом периоду, тј. креће се од семихумидног до веома хумидног климата.



Карта 2. Де Мартонов индекс суше у Србији за период 1981-2010.

Максималне и минималне вредности Де Мартоновог индекса суше приказане су у табели 5.

Табела 5. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса суше за период 1981-2010.

Мах индекс суше					Мин индекс суше				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_{DM}$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_{DM}$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	72.2	Кикинда	+45,9	+20,5	81	26
Златибор	+43,7	+19,7	1028	57.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	26.5
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	46	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	27.2
Сјеница	+43,3	+20	1038	44.8	Палић	+46,1	+19,9	102	27.2
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	43	Врање	+42,6	+21,9	432	27.4

Из табеле 5 се може извести закључак да су североисточни (Банат) и југоисточни делови (долина Јужне Мораве) ариднији од других делова Србије. Средња вредност индекса суше за посматрани период износи 34,1, што је за 1,3 мање у односу на први период. Из овога се може закључити да је до промена на макро нивоу дошло и да је климат постао ариднији, а то се опет може довести у везу са регионалним порастом температуре ваздуха

који је идентификован на већини станица које су укључене у анализу у дисертацији. Резултат добијен у овој анализи је веома битна чињеница која може помоћи у разумевању и идентификовању могућих сигнала климатских промена које се доводе у везу са глобалним загревањем и проблемом аридности у југоисточној Европи. Највиши и најнижи ефекти аридности, према Де Мартоновом индексу суше, забележени су на станицама Копаоник (72,2) и Кикинда (26). Као и у првом периоду, индекс Де Мартона показује веће вредности на планинским станицама које примају већу количину падавина у току године.

У табели 6 дат је компаративни приказ вредности индекса суше за два посматрана периода, 1951-1980. и 1981-2010., како би се стекла боља слика о променама у просторној дистрибуцији овог климатског индекса.

Табела 6. Класификација климата према Де Мартоновом индексу суше за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$I_{DM}$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $I_{DM}$	Однос $I_{DM}$ (%)	Фреквенција $I_{DM}$	Однос $I_{DM}$ (%)
Аридан	$I_{DM} < 10$	0	0	0	0
Семиаридан	$10 \leq I_{DM} < 20$	0	0	0	0
Медитерански	$20 \leq I_{DM} < 24$	0	0	0	0
Семихумидан	$24 \leq I_{DM} < 28$	3	9.7	6	19.4
Хумидан	$28 \leq I_{DM} < 35$	18	58	17	54.8
Веома хумидан	$I_{DM} \geq 35$	9	29	8	25.8

У другом периоду семихумидне области су порасле са 9,7% на 19,4%, тј. ове области су се удвостручиле. Затим, проценат хумидних области је опао за 3,2%, док је пад забележен и код веома хумидних области са 29% на 25,8%, тј. за 3,2%. На основу наведених резултата, закључак је да је климат у Србији у другом 30-годишњем периоду постао ариднији, тј. може се довести у везу са порастом средњих годишњих температура ваздуха који је забележен на посматраним станицама.

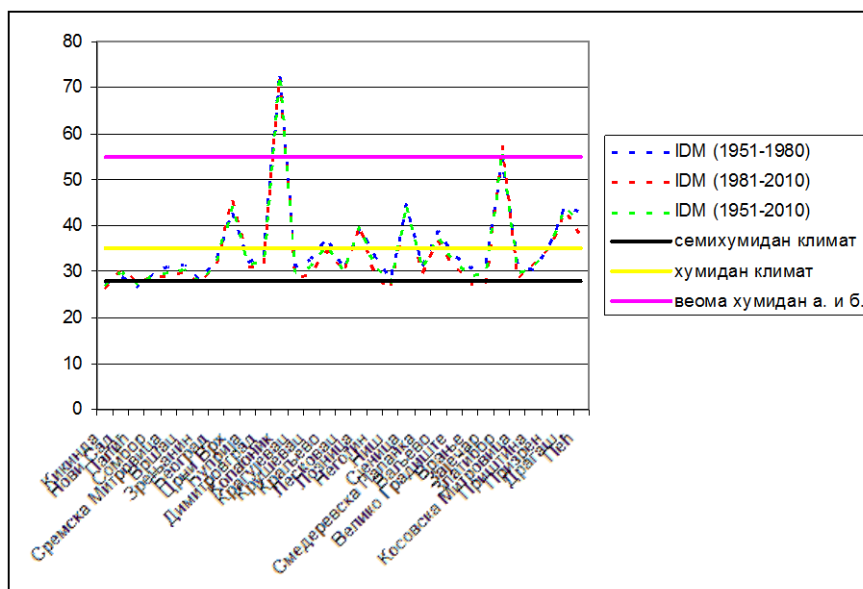
У табели 7 и на карти 3 дат је приказ класификационих климатских типова за 60-годишњи период према Де Мартону и вредности падавина, као и њихова фреквенција и однос.

Табела 7. Класификација климата према Де Мартоновом индексу суше (De Martonne, 1941)

Вредности $I_{DM}$				Вредности за R (mm)			Заједно R и $I_{DM}$	
Климат	$I_{DM}$	Фрекв. $I_{DM}$	Однос $I_{DM}$ (%)	Падавине (mm)	Фрек. R	Однос R	Фрекв. $I_{DM}$	Однос (%)
Аридан	$I_{DM} < 10$	0	0	$R < 200$	0	0	0	0
Семиаридан	$10 \leq I_{DM} < 20$	0	0	$200 \leq R < 400$	0	0	0	0
Медитерански	$20 \leq I_{DM} < 24$	0	0	$400 \leq R < 500$	0	0	0	0
Семихумидан	$24 \leq I_{DM} < 28$	4	12.9	$500 \leq R < 600$	4	12.9	4	12.9
Хумидан	$28 \leq I_{DM} < 35$	17	54.8	$600 \leq R < 700$	17	54.8	17	54.8
Веома хумидан	$I_{DM} \geq 35$	10	32.3	$R \geq 700$	10	32.3	10	32.3

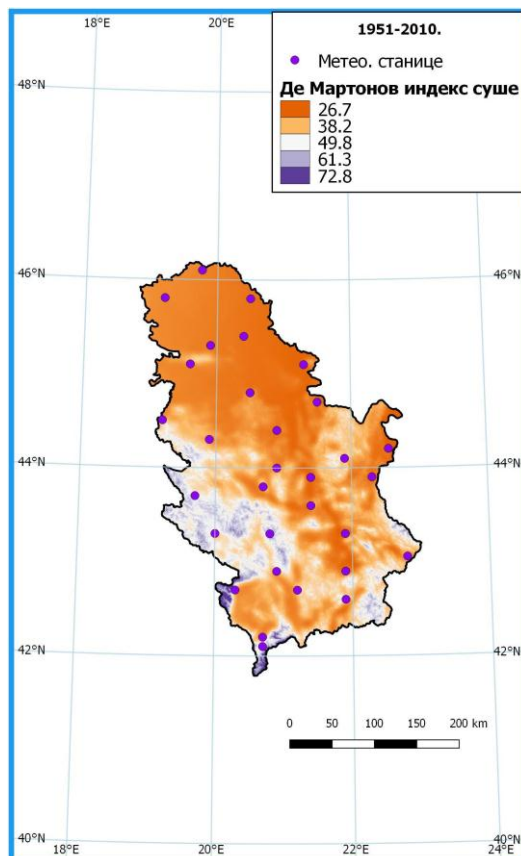
Из табеле 7. се може закључити да на простору Србије не постоје аридне, семиаридне и медитеранске климатске зоне према Де Мартону. Међутим, неки делови наше земље (северни и североисточни делови Војводине, југоисточни делови Србије) имају индекс суше који је близу вредности индекса за медитерански климат. Из табеле 7 базиране на Де Мартоновом индексу, око 12,9% земље је семихумидан, 54,8% је хумидан и 32,2% веома хумидан. Идентични резултати су добијени у табели 7 када је у питању просторна дистрибуција падавина, што указује на подударност процена и рачунања када је у питању овај климатски индекс.

Најбољи однос између посматраних периода је приказан на графикану 1.



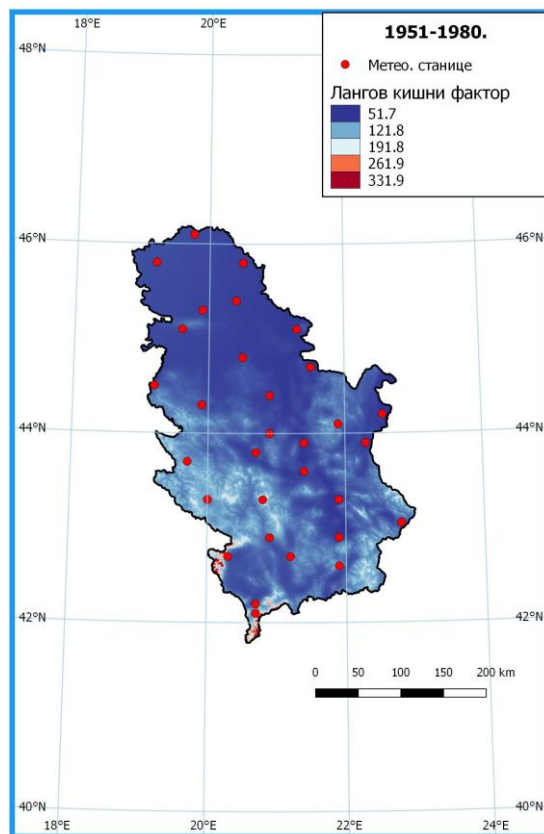
Графикон 1. Компаративни приказ вредности Де Мартоновог индекса суше за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.

Резултати добијени за два 30-годишња периода указују на ризик ширења суше у наредном периоду. У поменутих деловима Србије, који показују већу аридност климата, требало би радити на системима за наводњавање, пошто резултати указују на могућност појаве сушних година у већим областима у Војводини и југоисточној Србији (долина Јужне Мораве).



Карта 3. Де Мартонов индекс суше у Србији за период 1951-2010.

Карта 4 приказује Лангов кишни фактор за период 1951-1980., који варира од 51,7 (Палић) до 331,9 (Копаник). Апсолутна разлика кишног фактора у Србији у овом периоду износи 280,2, што говори у прилог томе како је климат под утицајем надморске висине и географског положаја диверзификован на релативно малом простору. Слични резултати су добијени и када је у питању Де Мартонов индекс суше за исти период, што указује на подударност резултата ове две методе. Ниже вредности које подразумевају континентални (степски) климат распоређене су на станицама у Војводини и делимично у југоисточном делу Србије. Опсег климатских типова према Лангу, приказаних на карти 4, креће се од семиаридног до перхумидног климата.



Карта 4. Лангов кишни фактор у Србији за период 1951-1980.

У табели 8 приказане су максималне и минималне вредности Ланговог кишног фактора за период 1951-1980.

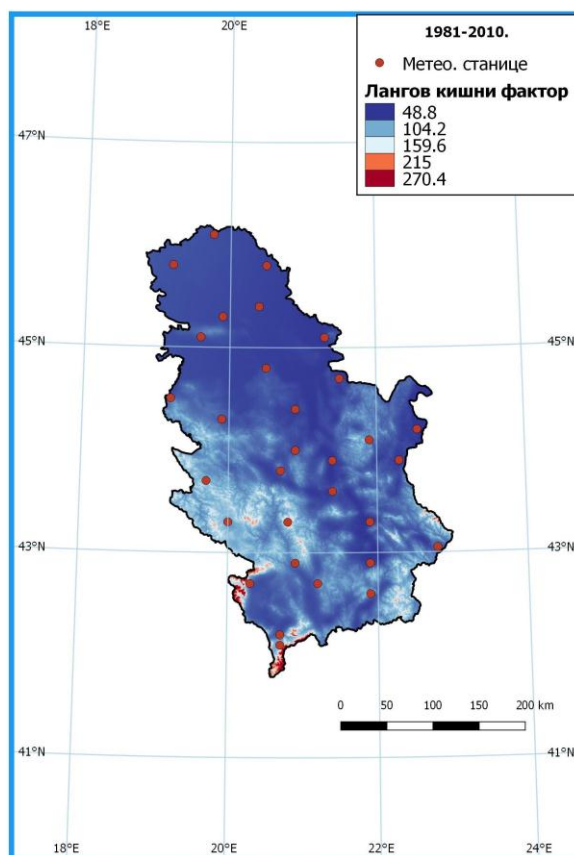
Табела 8. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности кишног фактора за период 1951-1980.

Мах кишни фактор					Мин кишни фактор				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$RF$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$RF$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	331.9	Палић	+46,1	+19,9	102	51.7
Златибор	+43,7	+19,7	1028	131.1	Кикинда	+45,9	+20,5	81	52.6
Сјеница	+43,3	+20	1038	117.5	Ниш	+43,3	+21,9	202	52.8
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	96.6	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	53.5
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	89.7	Нови Сад	+45,3	+19,9	84	55.4

Из табеле 8 се може извести закључак да се максималне вредности кишног фактора јављају на планинским станицама на већим надморским висинама и крећу се од семихумидног до перхумидног климата, што је у складу са законитостима распореда падавина у Србији. Минималне вредности кишног фактора указују на аридније делове Србије-АП Војводина и делови југоисточне Србије. Просечна вредност Ланговог



кишног фактора за овај 30-годишњи период износи 76,5 и указује да је климат на територији Србије био семихумидан, генерално.



Карта 5. Лангов кишни фактор у Србији за период 1981-2010.

Просторна дистрибуција Ланговог кишног фактора за период 1981-2010. приказана је на карти 6. Његове вредности варирају од 270,4 до 48,8 (станице Копаоник и Ниш), тј. између семиаридног и перхумидног климата. Апсолутна разлика између ових вредности износи 221,6, што говори у прилог климатском диверзитету наше земље условљеном доминантним физичко-географским факторима у геопростору. Слични резултати добијени су и за просторну дистрибуцију Де Мартоновог индекса суше, што указује на подударност између посматраних метода. Опсег климатских класификационих типова на карти 5 варира од семиаридних до перхумидних типова.

У табели 9 приказане су највише и најниже вредности Ланговог кишног фактора за период 1981-2010.

**Табела 9.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности кишног фактора за период 1981-2010.

Мах кишни фактор					Мин кишни фактор				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$RF$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$RF$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	270.4	Ниш	+43,3	+21,9	202	48.8
Златибор	+43,7	+19,7	1028	131.4	Кикинда	+45,9	+20,5	81	49
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	114.6	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	50.8
Сјеница	+43,3	+20	1038	111.5	Палић	+46,1	+19,9	102	51.4
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	93.1	Врање	+42,6	+21,9	432	51.9

Максималне вредности се, као и у првом периоду, јављају на планинским станицама, на већим надморским висинама. Минималне вредности су забележене у северним и североисточним деловима Војводине (Банат и Бачка) и југоисточним деловима Србије (долина Јужне Мораве). Просечна вредност Ланговог кишног фактора за овај 30-годишњи период износи 71,3, што је за 5,2 мање у односу на први период 1951-1980. Ово говори у прилог томе да је дошло до мање аридизације климата, а то се опет може довести у везу са могућим регионалним климатским променама. Чињеница је да је на посматраним метеоролошким станицама дошло до пораста средњих годишњих температура ваздуха у другом периоду осматрања, па се то може довести у везу са евентуалном аридизацијом климата у Србији. Слични резултати су добијени и применом Де Мартоновог индекса суше за исти период, па се може извести закључак да је између два посматрана периода дошло до климатских промена.

У табели 10 дат је компаративни приказ класификационих типова према Лангу за 30-годишње периоде осматрања: 1951-1980. и 1981-2010., као и њихова фреквенција и однос.

**Табела 10.** Класификација климата према Ланговом кишном фактору (Lang, 1920) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$RF$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $RF$	Однос $RF$ (%)	Фреквенција $RF$	Однос $RF$ (%)
Аридан	$RF < 40$	0	0	0	0
Семиаридан	$40 < RF < 60$	13	41.9	19	61.3
Семихумидан	$60 < RF < 100$	15	48.4	8	25.8
Хумидан	$100 < RF < 160$	2	6.5	3	9.7
Перхумидан	$RF > 160$	1	3.2	1	3.2

Из табеле 10 се може закључити да на територији Србије не постоји „права“ климатолошки сува зона. Процент семиаридног климата је порастао у другом периоду за 19,4%, са 41,9% на 61,3%, што говори о аридизацији климата у Србији. Процент семихумидног климата варира

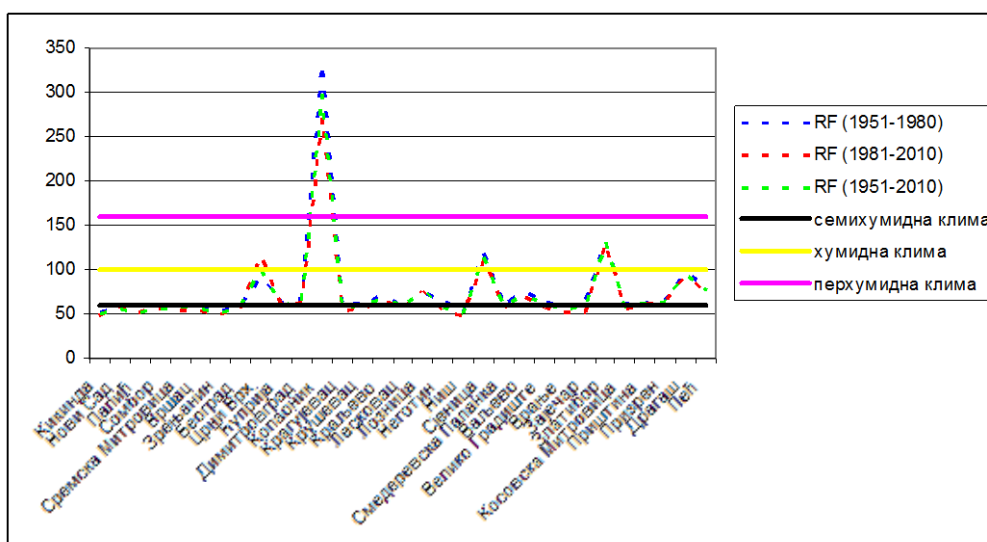
од 48,4% до 25,8%, тј. смањује се у другом периоду. Хумидан климат је најмање процентуално варирао, са 6,5% на 9,7%. Процент перхумидног климата је остао исти у оба периода (3,2%).

На карти 6 и у табели 11 дата је просторна дистрибуција и максималне и минималне вредности Ланговог кишног фактора за 60-годишњи период осматрања.

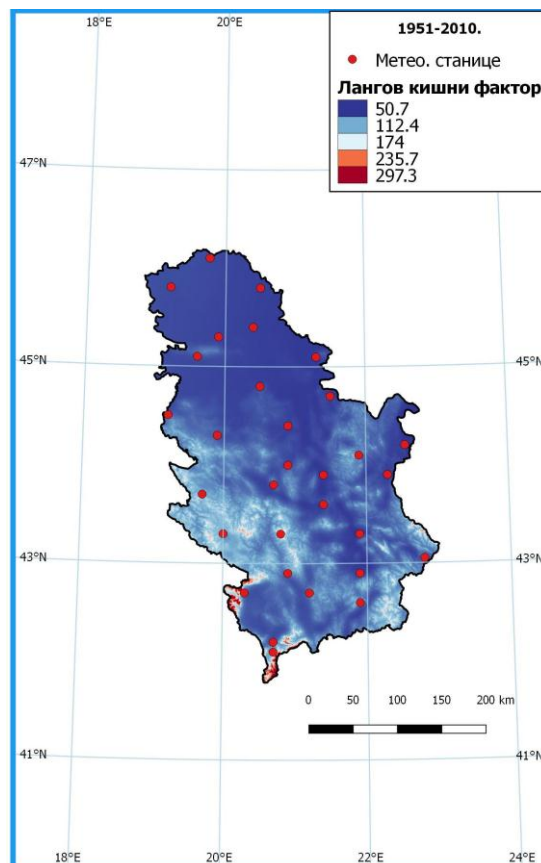
Табела 11. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности кишног фактора за период 1951-2010.

Мах кишни фактор					Мин кишни фактор				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$RF$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$RF$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	297.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	50.7
Златибор	+43,7	+19,7	1028	131.2	Кикинда	+45,9	+20,5	81	50.8
Сјеница	+43,3	+20	1038	114.4	Палић	+46,1	+19,9	102	51.5
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	100.2	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	52.1
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	94.8	Врање	+42,6	+21,9	432	55.5

Компаративни приказ односа вредности Ланговог кишног фактора на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикону 2.

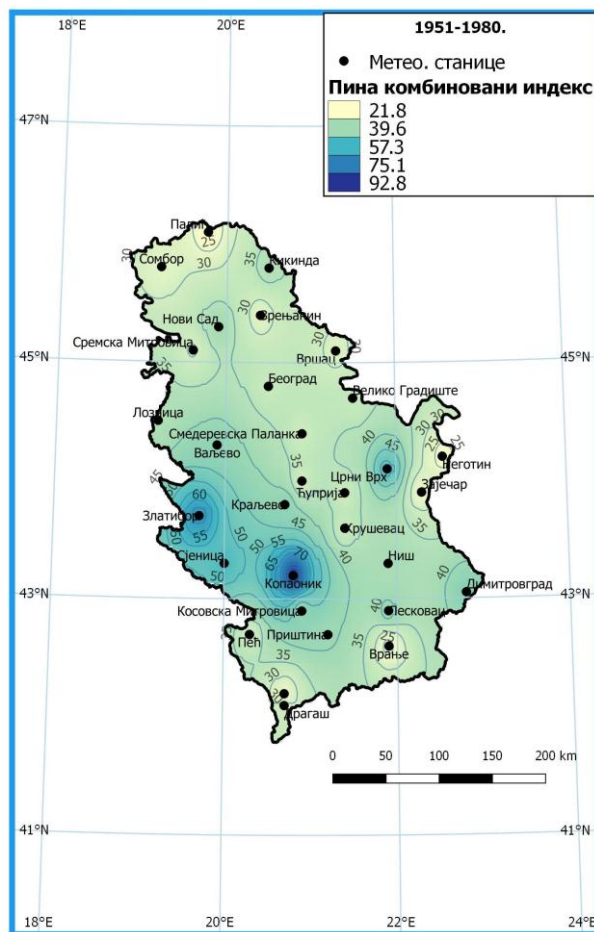


Графикон 2. Компаративни приказ вредности Ланговог кишног фактора за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.



Карта 6. Лангов кишни фактор у Србији за период 1951-2010.

На карти 7 приказан је Пина комбиновни индекс за период 1951-1980. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу, вредности овог индекса су се кретале преко 20, што подразумева да је климат влажан, тј. да се разликује од полусувог медитеранског климата и аридног климата. То је у складу са географским положајем Србије и доминантним физичко-географским факторима који одређују климат наше територије. Вредности овог индекса варирају од 21,8 (Палић), до 92,8 (Копаоник). Станица Палић, као и станице Неготин, Врање, Призрен и Зајечар имају вредности Пина комбинованог индекса блиске медитеранском, семиаридном климату, а то се може довести у везу са годишњим сумама падавина и плувиометријским режимом. Насупрот овим станицама, налазе се станице у вишим планинским пределима које имају највише суме падавина у земљи.



Карта 7. Пина комбиновани индекс у Србији за период 1951-1980.

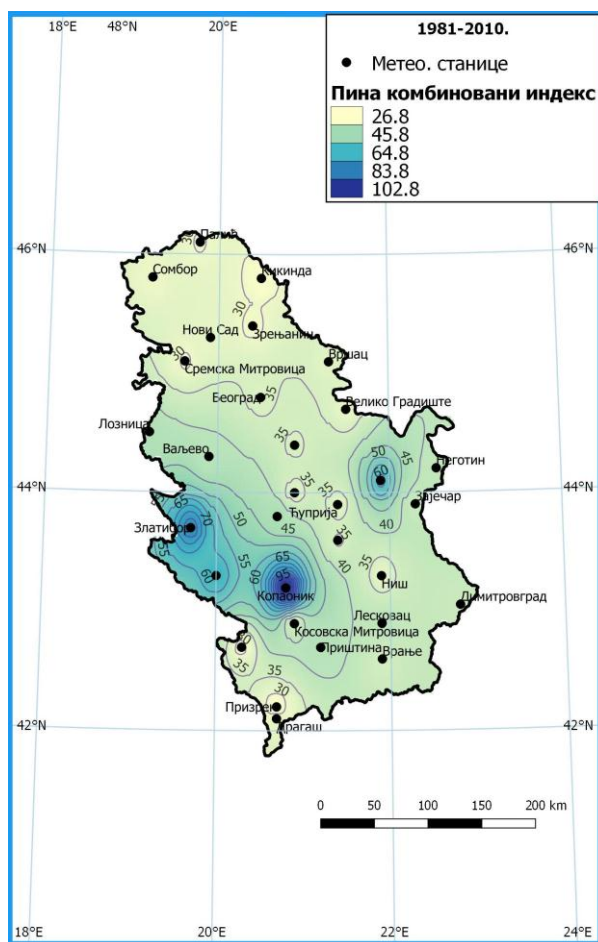
У табели 12 приказане су највише и најниже вредности Пина комбинованог индекса за 30-годишњи период.

Табела 12. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности Пина комбинованог индекса за период 1951-1980.

Мах Пина индекс					Мин Пина индекс				
Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$I_{DM}$	Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$I_{DM}$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	92.8	Палић	+46,1	+19,9	102	21.8
Златибор	+43,7	+19,7	1028	66.8	Неготин	+44,2	+22,6	42	23
Сјеница	+43,3	+20	1038	54.5	Врање	+42,6	+21,9	432	23.6
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	52.7	Призрен	+42,2	+20,7	402	25.3
Димитровград	+43	+22,8	450	43.7	Зајечар	+43,9	+22,3	144	25.7

Из табеле 12 се може закључити да се максималне вредности Пина индекса јављају управо на станицама на већим надморским висинама, које у току године примају веће суме падавина и лоциране су претежно у југозападном делу Србије. Минималне вредности се јављају у оним

деловима Србије који примају мање количине падавина, а резултати су слични онима добијеним Де Мартоновим индексом суше. Просечна вредност Пина комбинованог индекса за 30-годишњи период 1951-1980. износи 37,1, што говори о томе да се територија Србије налази изван медитеранског, семиаридног климата, али да постоје одређени делови (станице) које показују извесну блискост са овим типом климата. Заправо, у питању су реални, метеоролошки утицаји (у случају станице Призрен), или мања годишња сума падавина (станице у Војводини или Неготинској крајини). Вредности блиске 20 на осталим станицама у Србији једино се могу приписати мањој количини падавина, јер у климатско-вегетацијском погледу не постоји „реална“ физичка веза са медитеранским климатом.



Карта 8. Пина комбиновани индекс у Србији за период 1981-2010.

Пина комбиновани индекс (1981-2010) је приказан на карти 8. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу забележене су вредности веће од 20, тј. на територији Србије није заступљен ни аридни, ни семиаридни медитерански климат. Може се рећи да је климат у Србији хумиднији у односу на медитерански, иако неке станице показују вредности Пина комбинованог индекса блиске 20. У случају станица Призрен (26,8) и Пећ (28,6), може се рећи да постоје извесни метеоролошки

утицаји Медитерана који су предиспонирани физичко-географским факторима у геопростору у којем су лоциране поменуте станице. У овом случају може се говорити о измењено-медитеранском климату. Станица Копаоник бележи вредност од 102.8, што је пет пута већа вредност од вредности 20.

Табела 13 приказује максималне и минималне вредности Пина комбинованог индекса за 30-годишњи период 1981-2010.

**Табела 13.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности Пина комбинованог индекса за период 1981-2010.

Мах Пина индекс					Мин Пина индекс				
Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$I_{DM}$	Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$I_{DM}$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	102.8	Призрен	+42,2	+20,7	402	26.8
Златибор	+43,7	+19,7	1028	78.4	Кикинда	+45,9	+20,5	81	27.1
Сјеница	+43,3	+20	1038	64.9	Пећ	+42,7	+20,3	498	28.6
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	61.6	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	29
Краљево	+43,8	+20,7	215	43.2	Срем.Митровица	+45,1	+19,6	82	29.5

Максималне вредности Пина комбинованог индекса, као и минималне вредности у посматраном периоду, јављају се у сличним деловима Србије као и у првом периоду. Може се рећи да постоји извесна сличност са резултатима добијеним применом Де Мартоновог индекса суше. Просечна вредност Пина комбинованог индекса од 39,4, у овом случају показује незнатно повећање хумидности климата (од 2,3). Ово није у складу са резултатима добијеним применом Де Мартоновог индекса суше и Ланговог кишног фактора, а може се приписати и самом Пина индексу, јер узима у обзир вредности падавина и температура најсувљег месеца.

У табели 14 дат је компаративни приказ класификационих типова према Пина комбинованом индексу (Zambakas, 1992) за два нестандардна 30-годишња климатска периода: 1951-1980. и 1981-2010.

**Табела 14.** Класификација климата према Пина комбинованом индексу (Zambakas, 1992) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$I_p$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $I_p$	Однос $I_p$ (%)	Фреквенција $I_p$	Однос $I_p$ (%)
Аридан	$I_p < 10$	0	0	0	0
Медитерански	$10 \leq I_p \leq 20$	0	0	0	0
Хумидан	$I_p > 20$	31	100	31	100

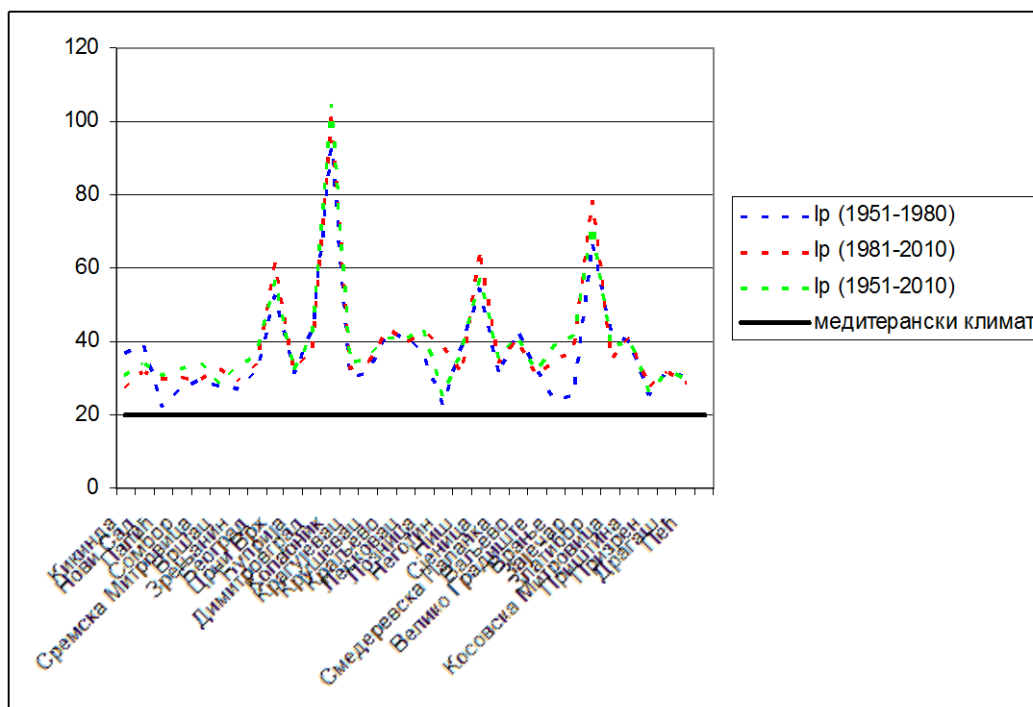
Из табеле 14 јасно се види да на територији Србије не постоји „права“ аридна, нити медитеранска климатска зона. Процент Пина комбинованог индекса већег од 20 у оба периода је 100%.

На карти 9 и у табели 15 дата је просторна дистрибуција, као и највише и најниже вредности Пина комбинованог индекса за 60-годишњи период 1951-2010.

**Табела 15.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности Пина комбинованог индекса за период 1951-2010.

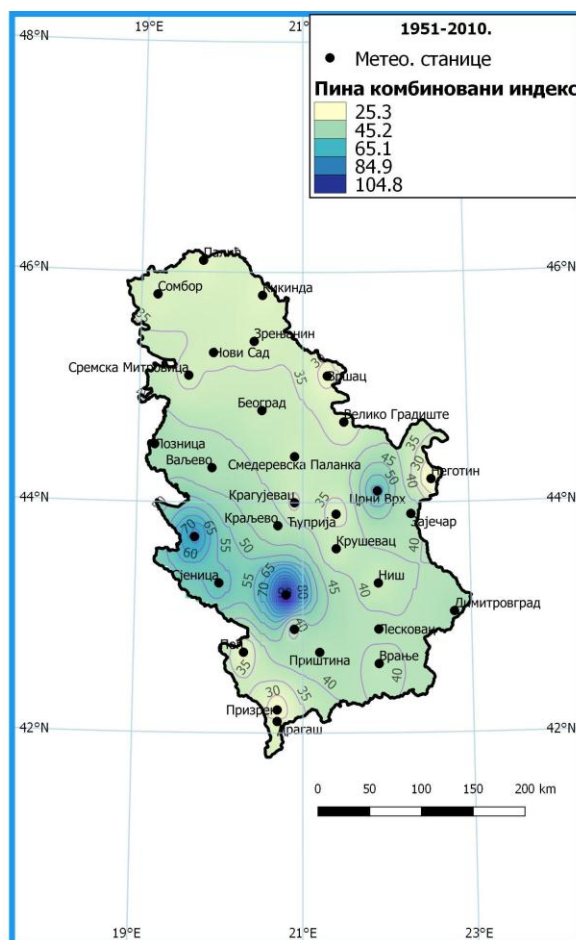
Мах Пина индекс					Мин Пина индекс				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_{DM}$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_{DM}$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	104.8	Неготин	+44,2	+22,6	42	25.3
Златибор	+43,7	+19,7	1028	71.5	Призрен	+42,2	+20,7	402	26
Сјеница	+43,3	+20	1038	57.4	Вршац	+45,1	+21,3	84	28.3
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	56.5	Пећ	+42,7	+20,3	498	29.7
Лозница	+44,5	+19,2	121	43.7	Палић	+46,1	+19,9	102	30.6

Компаративни приказ односа вредности Пина комбинованог индекса на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикаону 3.



**Графикон 3.** Компаративни приказ вредности Пина комбинованог индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.



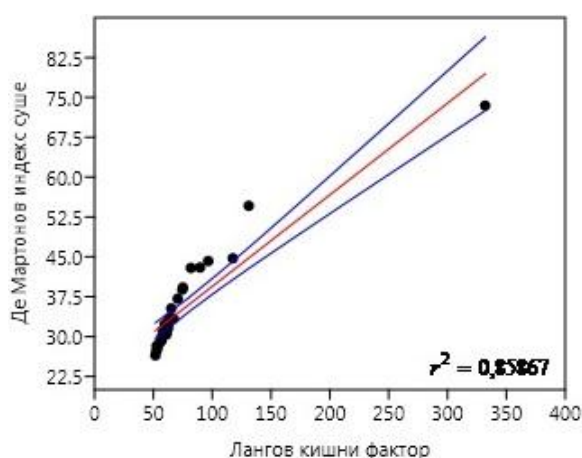


Карта 9. Пина комбиновани индекс у Србији за период 1951-2010.

#### 4.3.1. Статистички преглед вредности Ланговог кишног фактора, Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса

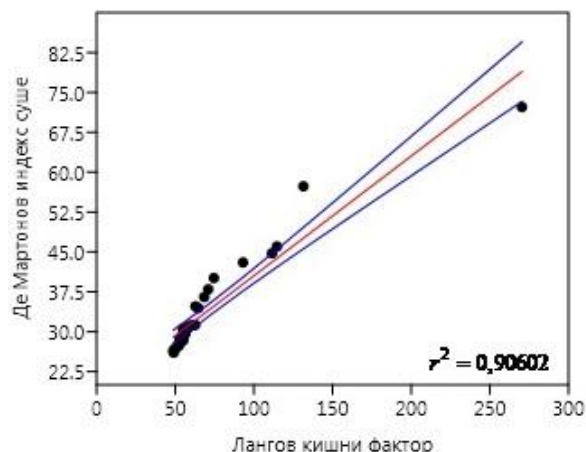
У циљу компаративне анализе резултата добијених применом горепоменутих индекса, извршена је евалуација статистичким линеарним моделом регресије покретањем одговарајућих опција у софтверу *PAST* 3.17. Добијено је 6 графикана линеарног модела регресије са интервалом поверења од 95%, а циљ је био да се верификује или одбаци слична просторна дистрибуција коришћених индекса на простору Србије. Просечни годишњи Лангов кишни фактор за период 1951-1980. износи 76,5, за период 1981-2010. износи 71,3, а за цео период 1951-2010. износи 73,7. Ово указује на семихумидан климат на простору Србије. Просечни годишњи индекс суше Де Мартона за први период (1951-2010) износи 35,4, за други (1981-2010) износи 34,1, а за цео низ (1951-2010) износи 34,7. Изнете вредности индекса суше говоре у прилог томе да је климат у Србији влажан и на граници веома влажног. Просечне вредности Пина комбинованог индекса за период 1951-1980. износе 37,1, за период 1981-2010. износе 39,4, а за цео период (1951-2010) износе 39,8. Изнете просечне

вредности говоре о хумидности климата Србије и чињеници да се он разликује од медитеранског, полусувог климата. Максималне и минималне вредности Ланговог кишног фактора, Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса су откривене на истим станицама (Копаоник, Златибор, Сјеница, Црни Врх и Драгаш), а то указује на чињеницу да између поменутих метода постоји одређена корелација и подударност у проценама. Највлажнија станица у Србији, на основу резултата поменутих индекса, је Копаоник. Минималне вредности поменутих индекса за сва три периода забележене су на различитим станицама (Ниш, Палић, Кикинда, Зрењанин, Неготин, Призрен, Врање), што указује на ардиност климата крајњег северног и североисточног дела Војводине, затим Неготинске крајине, Врањске и Призренске котлине.



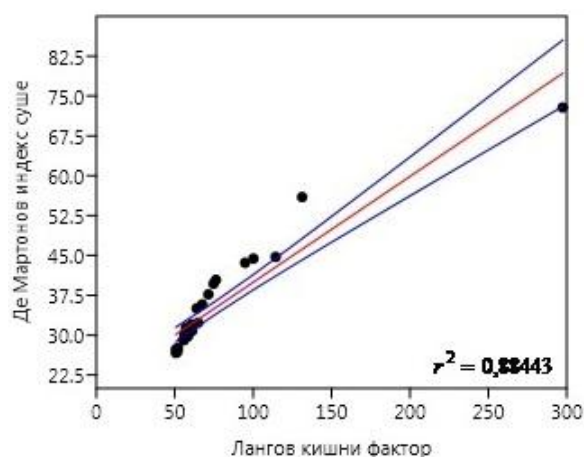
**Графикон 4.** Статистичка анализа између Ланговог кишног фактора и Де Мартоновог индекса суше (1951-1980) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

На графикону 4 се запажа висок коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,86$ ) који верификује сличну просторну дистрибуцију ова два индекса. Ако би се извршила евалуација добијених резултата Де Мартоновог индекса и Ланговог кишног фактора (за период 1951-1980), долази се до закључка да је Де Мартонов индекс погоднији за нашу област проучавња јер прецизније дефинише климат сваке станице. Његова класификација се састоји од 6 климатских категорија, које се крећу од сувих, до веома влажних, уместо само 3 главне категорије, када је у питању Лангов кишни фактор.



**Графикон 5.** Статистичка анализа између Ланговог кишног фактора и Де Мартоновог индекса суше (1981-2010) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

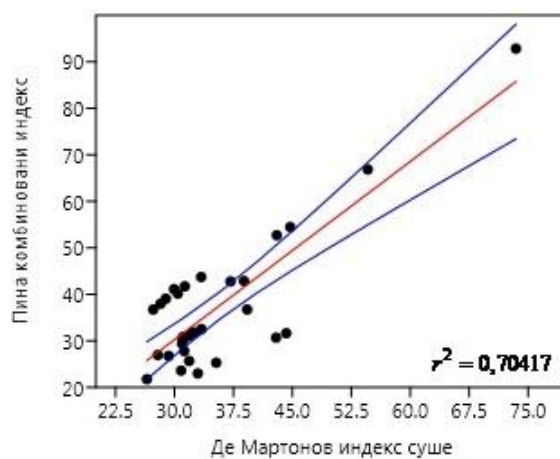
Извршено је поређење између Де Мартоновог индекса суше и Ланговог кишног фактора за период 1981-2010. и графикон 5 показује корелацију између њих. Висок коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,91$ ) добијен статистичком анализом ова два индекса је потврдио горепоменуто подударане у проценама. Добијене вредности указују да се Лангов кишни фактор од 100 подудара са Де Мартоновим индексом од 40, што указује на то да, када је Де Мартонов индекс суше већи од 40, климат је окарактерисан као хумидан. Евалуацијом добијених резултата применом ова два индекса, предност се даје Де Мартоновом индексу суше у односу на Лангов кишни фактор када је у питању дефинисање климата као хумидног или аридног. Главни разлог за ово лежи у чињеници да у Де Мартоновој класификацији постоје јасне граничне вредности између климатских категорија.



**Графикон 6.** Статистичка анализа између Ланговог кишног фактора и Де Мартоновог индекса суше (1951-2010) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

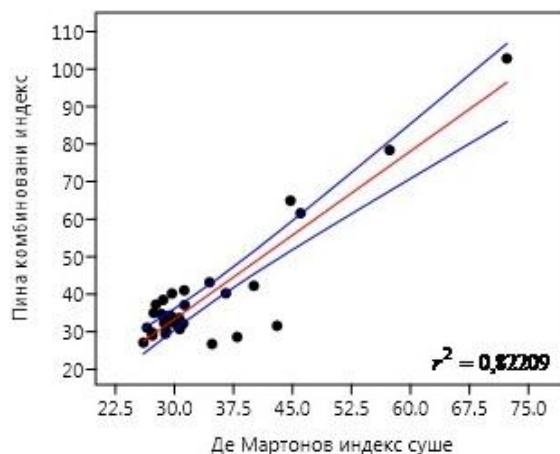
Посматрајући цео период (1951-2010), такође се уочава корелација између вредности Де Мартоновог индекса суше и Ланговог кишног

фактора, а приказана је на графикону 6. Сличну просторну дистрибуцију између ова два показатеља верификује и висок коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,89$ ), као и подудрање у проценама и сродност рачунања. Ако би се извршила евалуација добијених резултата Де Мартоновог индекса суше и Ланговог кишног фактора, долази се до закључка да је Де Мартонов индекс подеснији за нашу територију пошто он прецизно дефинише климат станица укључених у анализу. Класификација коју даје Де Мартон се састоји од 6 јасно дефинисаних категорија, док се код Ланга издвајају 3 „грубе“ категорије које разликују аридни, хумидни и перхумидни климат.



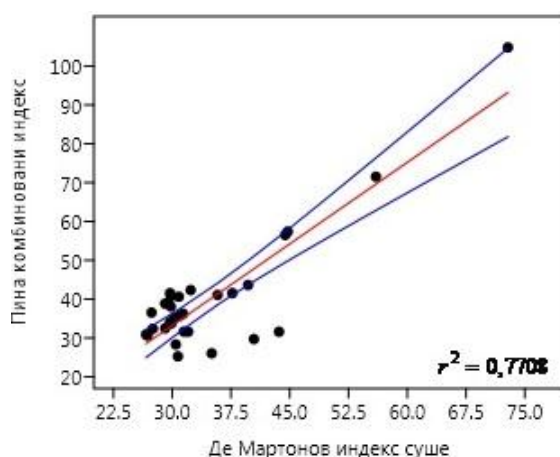
Графикон 7. Статистичка анализа између Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса (1951-1980)(плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

У првом периоду осматрања такође постоји корелација (графикон 7) између Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса, а запажа се висок коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,7$ ) који верификује сличну просторну дистрибуцију и варијацију ова два индекса. Сprovedена статистичка анализа указује да се Де Мартонова гранична вредност од 24 подудара са Пина комбинованом вредности од 20, што значи да, када је Пина комбиновани индекс 20, климат је означен као медитерански. Вршећи евалуацију резултата добијених применом горепомнутих индекса, предност се даје Де Мартоновом индексу суше јер се састоји из 6 прецизно дефинисаних климатских категорија, док Пина индекс категоризује станице укључене у анализу само у две категорије.



Графикон 8. Статистичка анализа између Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса (1981-2010)(плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

У другом периоду осматрања (графикон 8), запажа се виши коефицијент детерминације у односу на први период ( $r^2 = 0,82$ ) између Де Мартоновог и Пина индекса. Поменути висок степен корелације указује на сличну просторну варијацију и дистрибуцију ова два индекса. Статистичка анализа је указала да се гранична вредност Де Мартоновог индекса суше од 28 подударара са вредности Пина комбинованог индекса од 30 (вредности  $> 20$  указују на хумидност климата), што значи да када су вредности Пина комбинованог индекса веће од 20, климат је окарактерисан као хумидан. Вршећи евалуацију горепоменутих индекса, Де Мартоновом индексу суше се даје предност у односу на Пина комбинови индекс када је у питању дефинисање припадности станица укључених у анализу аридном или хумидном климату. Сама чињеница да Де Мартонов индекс суше јасно дефинише 6 климатских категорија говори у прилог томе да је овај индекс подеснији за климатску класификацију наше територије, јер бројем климатских категорија диверзификује климате одређених станица.



Графикон 9. Статистичка анализа између Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса (1951-2010)(плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

Висока вредност коефицијента детерминације у другом периоду осматрања (графикон 9) од  $r^2 = 0,78$  верификује сличну просторну дистрибуцију и варијацију поменутих индекса. Статистичка анализа указује да се гранична вредност Де Мартоновог индекса од 35 (хумидан климат) подудара са Пина комбинованим индексом већим од 20 (све вредности  $> 20$  указују на хумидност климата), што значи да, када је Пина комбиновани индекс већи од 20, климат је дефинисан као хумидан. Вршећи евалуацију резултата ова два индекса, Де Мартоновом индексу се даје предност у односу на Пина индекс када је у питању дефинисање климата станица укључених у анализу као аридног или хумидног. Основни разлог за ово лежи у чињеници да у Де Мартоновој класификацији постоји више граничних вредности између климатских категорија него у Пина класификацији, где су дефинисане само две основне климатске категорије. Поред тога, у Пина класификацији гранична вредност која раздваја аридни од хумидног климата није позната (претпоставља се да су то све вредности Пина индекса веће од 20 које указују на хумидни климат).

#### 4.4. Закључак

Циљ овог поглавља био је да се изврши климатска класификација Србије користећи приступ регионалне климатске карактеризације употребом Ланговог кишног фактора, Де Мартоновог индекса суше и Пина комбинованог индекса за 31 метеоролошку станицу у Србији за 60-годишњи период (1951-1960). Посматрана су два субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) у циљу детектовања могућих регионалних климатских промена. Извршена је валидација постављене почетне хипотезе у табели испод:

Табела 16. Резултат претходно постављене почетне хипотезе

хипотеза	коментар:
$h1$	потврђена

Анализа је показала да правац пружања Динарских планина (северозапад-југоисток), који је паралелан са обалом Јадранског мора, је битан физичко-географски фактор који утиче на просторну дистрибуцију падавина и температуре ваздуха у Србији. Због карактеристичног правца пружања, у вертикалном смислу у односу на ваздушне масе које долазе под утицајем југозападног и западног висинског струјања, овај планински венац дели Србију на западну област са већим годишњим сумама падавина и источну област са ниским сумама падавина. То потврђује и добро познату законитост да се колична падавина у Србије смањује идући од запада ка истоку.

Компаративна анализа са резултатима које наводи Т. Ракићевић (1988) је показала поклапање издвојених аридних и хумидних области у Србији. Исти аутор (1988) наводи да у аридне области, које су

најугроженије сушом, спадају Нишко-алексиначка, Врањска, Гњиланска котлина, раван Косова и Метохије и североисточна Бачка са северним Банатом, док у умерено влажне и влаже области Ракићевић убраја Подриње, Ваљевску подгорину и планинске пределе више од 1000 m надморске висине. Може се рећи да резултати изнети у овом поглављу у потпуности одговарају резултатима које је навео Т. Ракићевић.

Класификација климата према Ланговом кишном фактору за 31 станицу показала је да се опсег климатских класификационих категорија креће од семихумидних до веома хумидних на територији Србије. Резултати су показали да у Србији није детектована „права“ климатолошки сува зона, али је између два периода степен аридизације на нивоу земље порастао. Класификација према Ланговом кишном фактору се подудара са класификацијом заснованом на Де Мартоновом индексу суше, а то је показала и статистичка анализа вредности ова два индекса. Дошло је до поклапања граничних вредности ова два индекса од 100 и 40, што указује на хумидан климат.

Следећа климатска класификација је била према Де Мартоновом индексу суше и Пина комбинованом индексу, а такође је резултирала у поклапању резултата ова два индекса. То показује и спороведена статистичка анализа коефицијената детерминације који су били високи и указивали су на сличну просторну дистрибуцију и варијацију. Прецизнију класификацију климата дао је Де Мартонов индекс суше који препознаје 6 климатских категорија, док Пина комбиновани индекс има само 2 категорије. Према резултатима добијеним Пина индексом, евидентно је да на територији Србије нема аридног и семиаридног, медитеранског климата, што је у складу са географским положајем и физичко-географским условима који владају у нашој земљи. То говори у прилог чињеници да је анализа добијена овим индексом научно валидна. Према резултатима Де Мартоновог индекса суше, на територији Србије не постоје аридне, семиардине и медитеранске климатске зоне. Опсег климатских категорија овог индекса варира од семихумидног до веома хумидног климата. У другом 30-годишњем периоду у Србији долази до аридизације климата, а то најбоље показује чињеница се проценат семихумидних области у другом периоду удвостручио.

## Поглавље 5

### Климатски индекси маритимности и континенталности у Србији

#### 5.1. Увод

Основни циљ овог поглавља је да се, применом различитих климатских индекса континенталности и маритимности, квантификује, нумерички диференцира и укаже на степен утицаја суседних морских и океанских басена (Јадрански, Медитерански, Атлантски) на климу Србије у 60-годишњем периоду осматрања (1951-2010). Такође, циљ је и да се квантификује однос између климатских термалних индекса маритимности и континенталности, тј. да се применом модела линеарне регресије најмањих квадрата укаже на корелацију и степен утицаја сваког индекса појединачно. Може се рећи да је коначни циљ овог поглавља истраживање и графичка репрезентација просторне дистрибуције и варијације климатских индекса континенталности и маритимности у Србији. Оваква компарација индекса континенталности и маритимности може бити значајна за поједине гране примарног сектора, као и за енергетски сектор у Србији.

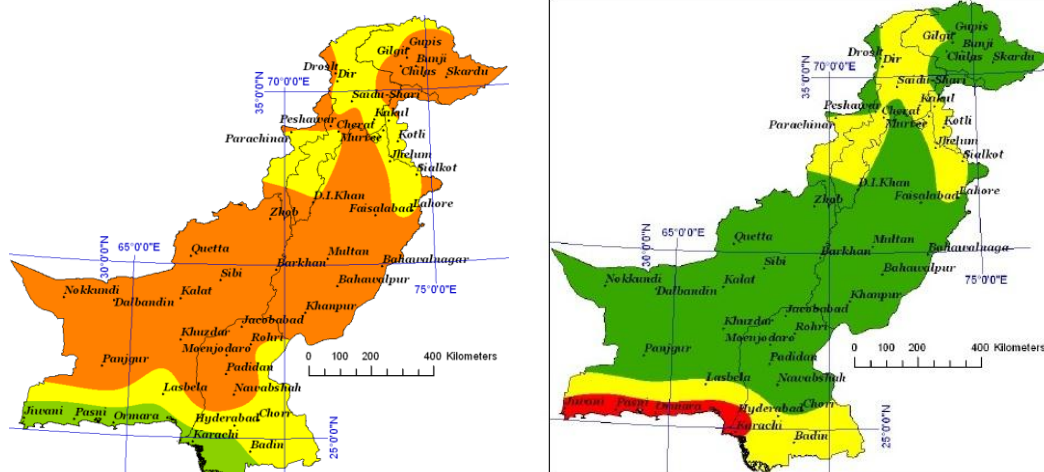
Концептуални модел који ће послужити за постављање почетних хипотеза у овом поглављу јесте да су утицаји океана на континенталне масе битни и да у великој мери имају утицај на околни геопростор, као и на климат одређене територије. Однос између океанских и копнених површина је један од најбитнијих у климатском систему Земље. Може се рећи да је маритимност степен утицаја океанских и морских површина на суседно копно, што је обрнуто у случају континенталности. Заправо, ти утицаји су углавном предиспонирани синоптичким ситуацијама током године, тј. у вези су са путањама циклона и метеоролошких фронтова који долазе са мора. У том смислу можемо рећи да је ово „синоптичка“ класификација климатских индекса Србије у мезоразмери. Постављене су следеће хипотезе: (h1) Утицај маритимности опада идући од запада ка истоку земље, где на западу показује максималне вредности, а у вези је са општим синоптичким шемама изнад Србије; (h2) Између два субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) дошло је до промена у просторној дистрибуцији и варијацији индекса континенталности/маритимности у Србији; (h3) Ефекат континенталности је откривен на већини станица у Србији.

У климатолошким студијама и од стране различитих истраживача, климатски индекси континенталности/маритимности су значајно анализирани (Supan, 1884; Gorczynski, 1920, 1922; Brunt, 1924; Johansson,



1926; Conrad, 1946; Raunio, 1948; Conrad & Pollak, 1950; Walter, 1955; Gausen, 1956; Bangouls & Gausen, 1957; Barry & Chorley, 1972; Ratisbona, 1976; Prohaska, 1976; Laaksonen, 1977; Rosenberg et al., 1983; Charles-Edwards, 1984; Styszyńska, 1988, 1995; Driscoll and Yee Fong, 1992; Zambakas, 1992; Carballeira, 1992; Flocas, 1994; Marsz, 1995; Chronopoulou-Sereli, 1996; Kejna, 1999; Sjögersten, 2004; Filatov et al., 2005; Gavilan, 2005; Baltas, 2007; Deniz et al., 2011; Gadiwala et al., 2013).

Проучавајући климатске термалне индексе континенталности и маритимности за 50-годишњи период на 51 климатској станици, Gadiwala et al. (2013) износе закључак да Хималаји представљају круцијални фактор у дистрибуцији падавина у Пакистану. Према *CCI* индексу, најнижи и највиши ефекти континенталности су забележени у Пасни са 29,89 и Далбандину са 70,83. Статистичка анализа између *CCI* и *OCl* индекса је показала висок степен корелације и индикативна је за сличну просторну дистрибуцију ових индекса у Пакистану. Маритимни ефекти су откривени дуж обалске линије Арабијског мора и у приобаљу провинције Синд.



Слика 1. Просторна дистрибуција *CI* (лево) и *OI* (десно) климатских индекса у Пакистану за период 1961-2010. (Gadiwala et. al, 2013)

## 5.2. База података и методологија

За израчунавање климатских термалних индекса континенталности и маритимности у Србији коришћен је низ података од 60 година (1951-2010), а у складу са горепоменутиим циљевима и хипотезама истраживања, а овај 60-годишњи период је подељен на два субпериода: 1) 1951-1980. и 2) 1981-2010. Компаративном анализом резултата класификације између ова два субпериода биће квантификоване могуће промене у просторној дистрибуцији и варијацији климатских индекса континенталности и маритимности у Србији. Класификација је урађена на основу података о средњим годишњим вредностима температуре ваздуха и падавина и на основу података о географској ширини станица укључених у анализу.

Индекс континенталности ( $k$ ) који је предложио Gorczynski (1918, 1920, 1922) користи се за Европу:

$$k = \frac{1.7(T_{amp} - 12 \sin \theta)}{\sin \theta} = \frac{1.7T_{amp}}{\sin \theta} - 20.4 \quad [\%], \quad (1)$$

где су  $T_{amp}$  -годишња амплитуда температуре ( $^{\circ}\text{C}$ ) и  $\theta$ -географска ширина станице у степенима. У табели 1 дата је класификациона шема према Gorczynski, 1922).

Табела 1. Климатска класификација према Gorczynski (1922)

$k$ [%]	Степен континенталности
0-33	прелазни маритимни
34-66	континентални
67-100	екстремно континентални

Conrad & Pollak (1950) предлажу модификацију Johansson (1926) једначине климатске класификације, јер индекс континенталности тежи бесконачности када  $\sin \theta$  тежи нули. Модификована једначина има следећи облик:

$$CCI = 1.7 T_{amp} / \sin(\theta + 10) - 14.0, \quad (2)$$

где су  $CCI$  - Конрадов индекс континенталности,  $T_{amp}$  - годишња температурна амплитуда,  $\theta$ -географска ширина станице у степенима. Однос је приказан на следећи начин: ако је  $CCI = 100$  климат је у потпуности континенталан, а ако је  $CCI = 0$  климат је у потпуности маритиман. У табели 2 приказане су климатске категорије према Conrad & Pollak (1950).

Табела 2. Климатска класификација према Conrad & Pollak (1950)

$CCI$	Тип климата
-20-20	хипер-океански
20-50	океански/маритимни
50-60	субконтинентални
60-80	континентални
80-120	екстремни/хипер-континентални

Полазећи од претпоставке да пролећни месеци у маритимним климатима (март, април и мај) имају ниже вредности средњих месечних температура од јесењих месеци (септембар, октобар и новембар), Retuerto & Carballeira (1992), Gavilan (2005), Baltas (2007) дефинишу Кернеров индекс маритимности ( $KOI$ ) следећом једначином:

$$KOI = 100 (T_{okt} - T_{apr}) / T_{amp}, \quad (3)$$

где су  $T_{okt}$  - средња месечна температура октобра,  $T_{apr}$  - средња месечна температура априла и  $T_{amp}$  - годишња температурна амплитуда. Класификационе вредности овог индекса дате су у табели 3.

Табела 3. Климатска класификација према Zambakas (1992)

<i>KOI</i>	<i>Тип климата</i>
мале или негативне вредности	континентални
веће вредности	океански

Маршов индекс маритимности (*MOI*) (Marsz, 1995) је употребио Кејна (1999) проучавајући острва око Антарктиде, а индекс је представљен следећом једначином:

$$MOI = (0.731\theta + 1.767) / T_{amp}, \quad (4)$$

где су  $\theta$  - географска ширина станице у степенима и  $T_{amp}$  - годишња температурна амплитуда у  $^{\circ}C$ . Климатске класификационе категорије према *MOI* индексу дате су у табели 4.

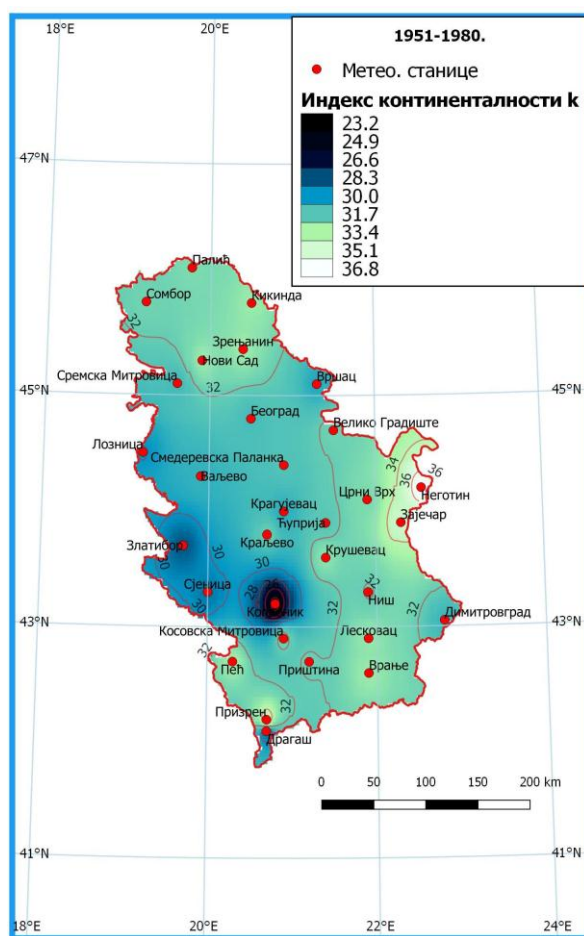
Табела 4. Климатска класификација према *MOI* индексу (Rachlewicz, 2009)

<i>MOI</i>	<i>Тип климата</i>
<2	континентални
2-3	субокеански
>3	океански

### 5.3. Резултати

У складу са постављеним циљевима и хипотезама у овом поглављу, извршена је анализа горепомнутих индекса континенталности и маритимности који су под утицајем температуре и падавина. Да би се утврдило да ли је дошло до евентуалних промена у 60-годишњем периоду осматрања (1951-2010), посматрана су два субпериода: 1951-1980. и 1981-2010. На основу података о температури ваздуха, падавинама и географској ширини станица укључених у анализу, а применом одговарајућих образаца, израчунати су индекси континенталности и маритимности. Картографска припрема и презентација добијених резултата извршена је у пакету *QGIS 2.8.1.*, што је за крајњи циљ имало израду 12 тематских карата које су детаљно анализирани и прегледани.

На карти 1, за период 1951-2010., је приказан индекс континенталности према Горчинском, чије се вредности крећу од 36,8 (Неготин), тј. континенталног климата, до 23,2 (Копаоник), указујући на прелазни маритимни климат. Област Кључа и Неготинске крајине ограничава изоплета од 34 и означава границу између прелазног маритимног и континенталног климата. Поред станице Неготин, станице Призрен (35,5) и Зајечар (34,9) имају карактеристике континенталног климата. Све остале станице у Србији показују вредности овог индекса које их сврставају у прелазни маритимни климат. На карти 1 је приказан опсег климатских класификационих категорија од прелазног маритимног до веома континенталног климата.



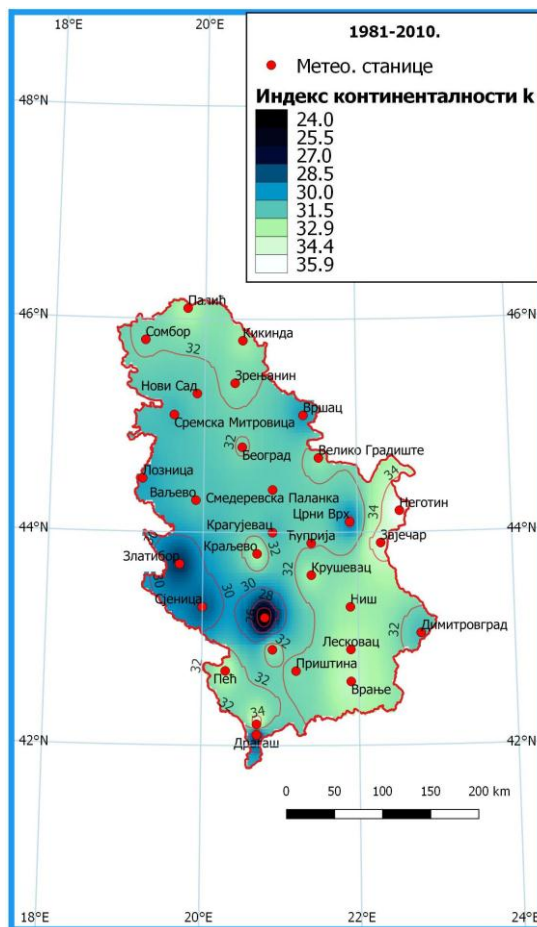
Карта 1. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Горчинском за период 1951-1980.

Највише и најниже вредности индекса континенталности Горчинског су дате у табели 5.

**Табела 5.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1951-1980.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$k$	Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$k$
Неготин	+44,2	+22,6	42	36.8	Копаоник	+43,2	+20,8	1710	23.2
Призрен	+42,2	+20,7	402	35.5	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	28.3
Зајечар	+43,9	+22,3	144	34.9	Златибор	+43,7	+19,7	1028	28.4
Пећ	+42,7	+20,3	498	33.4	Сјеница	+43,3	+20	1038	29.2
Зрењанин	+45,4	+20,4	80	33.2	Лозница	+44,5	+19,2	121	29.94

Континентални климат је потврђен на три станице, тј. у Неготинској крајини и Призренској котлини. Може се рећи да је ово у складу са резултатима претходних истраживања и физичко-географским карактеристикама наведених простора. Средња вредност индекса континенталности за 31 станицу за 30-годишњи период је 31,8, што указује да је климат Србије у овом периоду био прелазни маритимни. Према индексу континенталности Горчинског, најнижи ефекти континенталности откривени су на планинским станицама у југозападној Србији (Златибор, Сјеница и Копаоник), као и на станицама Лозница и Драгаш. Ово се може приписати и довести у везу са општим синоптичким обрасцима изнад Србије у току године.



Карта 2. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Горчинском за период 1981-2010.

На карти 2 су приказане вредности индекса континенталности Горчинског за период 1981-2010. Вредности овог индекса крећу се од континенталног на станици Неготин (35,9), до прелазног маритимног на станици Копаоник (24,1). Апсолутна разлика индекса континенталности између ове две станице у овом периоду износи 11,8. Као и у првом периоду, вредности индекса континенталности су у складу са општим синоптичким обрасцима изнад Србије. Опсег климатских класификационих категорија исти је као и у првом периоду, тј. креће се од континенталног до прелазно маритимног.

Максималне и минималне вредности индекса континенталности Горчинског приказане су у табели 6.

**Табела 6.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1981-2010.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$k$	Станице	$\lambda[^\circ]$	$\varphi[^\circ]$	$h$	$k$
Неготин	+44,2	+22,6	42	35.9	Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	24.1
Призрен	+42,2	+20,7	402	35.7	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	27.2
Зајечар	+43,9	+22,3	144	34.9	Златибор	+43,7	+19,7	1028	27.9
Врање	+42,6	+21,9	432	34.02	Сјеница	+43,3	+20	1038	28.6
Лесковац	+42,9	+21,9	230	33.7	Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	29.8

Из табеле 6 се може извести закључак да су Неготинска крајина, Призренска котлина и Врањска и Лесковачка котлина делови Србије који показују извесне ефекте континенталности. Средња вредност индекса континенталности за посматрани период износи 31,78, што је за 0,02 мање у односу на први период. Из овога се може закључити да није дошло до промена на макро нивоу, али су те промене ипак евидентне на појединим станицама у Србији. Резултат добијен у овој анализи је веома битна чињеница која може помоћи у разумевању и идентификовању могућих сигнала климатских промена које се доводе у везу са глобалним загревањем. Највиши и најнижи ефекти континенталности, према Горчинском, забележени су на станицама Неготин (35,9) и Кобаоник (24,1). Као и у првом периоду, индекс континенталности показује ниже вредности на планинским станицама које примају већу количину падавина у току године, тј. под већим утицајем су маритимних ваздушних маса у склопу генералне синоптичке шеме изнад Србије.

Ако се упореде просторна дистрибуција и варијација индекса континенталности Горчинског на картама 1. и 2., за периоде 1951-1980. и 1981-2010., може се извести закључак да су промене визуелно евидентне на територији Србије. Те промене најбоље приказује изоплета од 32, која се у другом периоду на територији Војводине помера северније и западније од долине Јужне Мораве, а станице у овој области бележе веће ефекте континенталности.

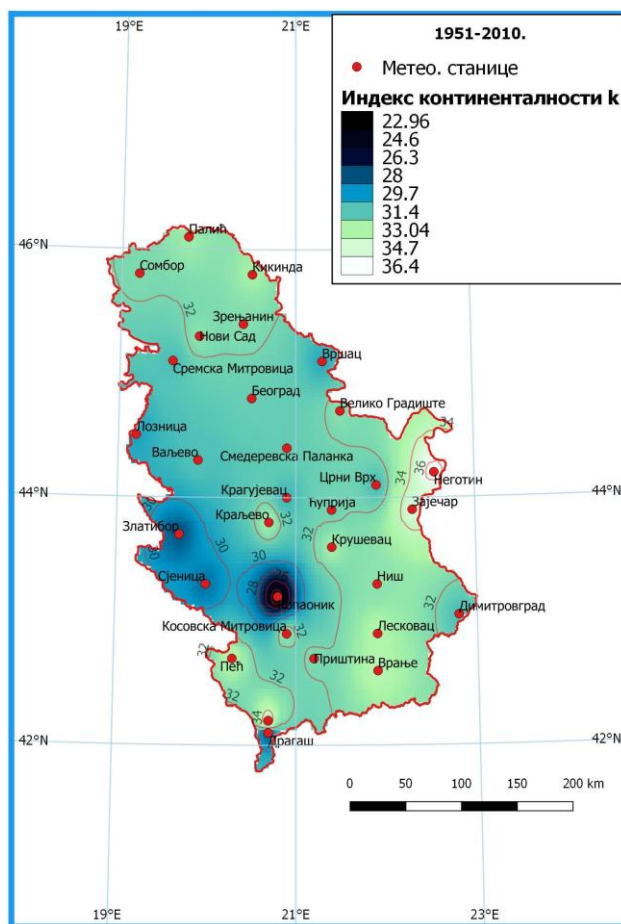
У табели 7 дат је компаративни приказ вредности индекса континенталности за два посматрана периода, 1951-1980. и 1981-2010., како би се стекла боља слика о променама у просторној дистрибуцији овог климатског индекса.

Табела 7. Класификација климата према индексу континенталности Горчинског за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	1951-1980.			1981-2010.	
	$k$	Фреквенција $k$	Однос $k$ (%)	Фреквенција $k$	Однос $k$ (%)
прелазни маритимни	0-33	23	74,2	23	74,2
континентални	34-66	8	25,8	8	25,8
екстремно континентални	67-100	0	0	0	0

Из табеле 7 се може извести закључак да до промена на марко нивоу у просторној дистрибуцији и варијацији индекса континенталности у Србији између два посматрана периода није дошло, тј. промене су евидентиране само на регионалном и локалном нивоу, а визуелно су верификоване на картама 1 и 2.

На карти 3 и у табели 8 дата је просторна дистрибуција и максималне и минималне вредности индекса континенталности Горчинског за 60-годишњи период осматрања.



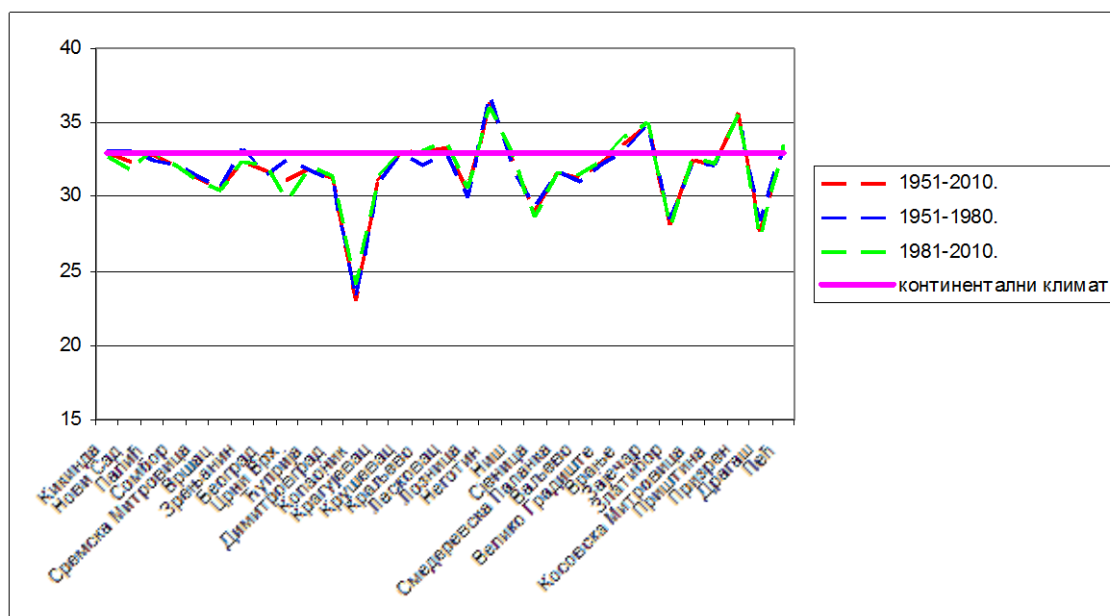
Карта 3. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Горчинском за период 1951-2010.



**Табела 8.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1951-2010.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$k$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$k$
Неготин	+44,2	+22,6	42	36.4	Копаоник	+43,2	+20,8	1710	22.9
Призрен	+42,2	+20,7	402	35.6	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	27.7
Зајечар	+43,9	+22,3	144	34.9	Златибор	+43,7	+19,7	1028	28.1
Врање	+42,6	+21,9	432	33.6	Сјеница	+43,3	+20	1038	28.9
Пећ	+42,7	+20,3	498	33.4	Лозница	+44,5	+19,2	121	30.2

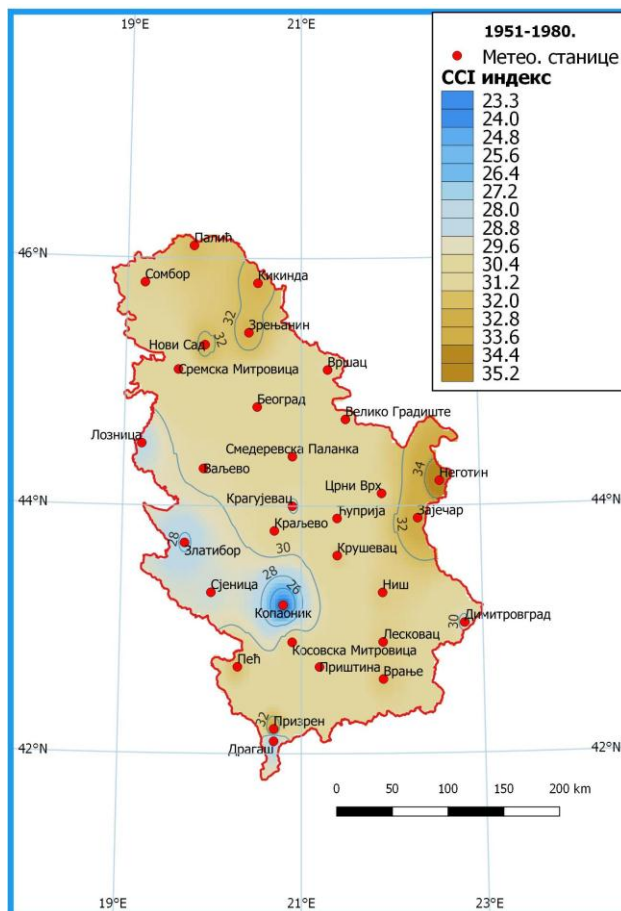
Компаративни приказ односа вредности индекса континенталности Горчинског на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикаону 1.



**Графикон 1.** Компаративни приказ вредности индекса континенталности Горчинског за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010. и 1951-2010.

Карта 4 приказује индекс континенталности ( $CCI$ ) за период 1951-1980., који варира од 23,3 (Копаоник) до 35,2 (Неготин). Апсолутна разлика индекса континенталности у Србији у овом периоду износи 11,9, што говори у прилог томе како је климат под утицајем општих синоптичких шема изнад Србије диверзификован на релативно малом простору. Слични резултати су добијени и када је у питању индекс континенталности Горчинског за исти период, што указује на подударност резултата ове две методе. Најниже вредности овог индекса распоређене су углавном на станицама у западној и југозападној Србији, које су под већим утицајем маритимних ваздушних маса. Опсег климатских типова према  $CCI$  индексу, приказаних на карти 4, припада

само океанском/маритимном климату са различитим степеном овог ефекта.



Карта 4. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Conrad & Pollak (1950) за период 1951-1980.

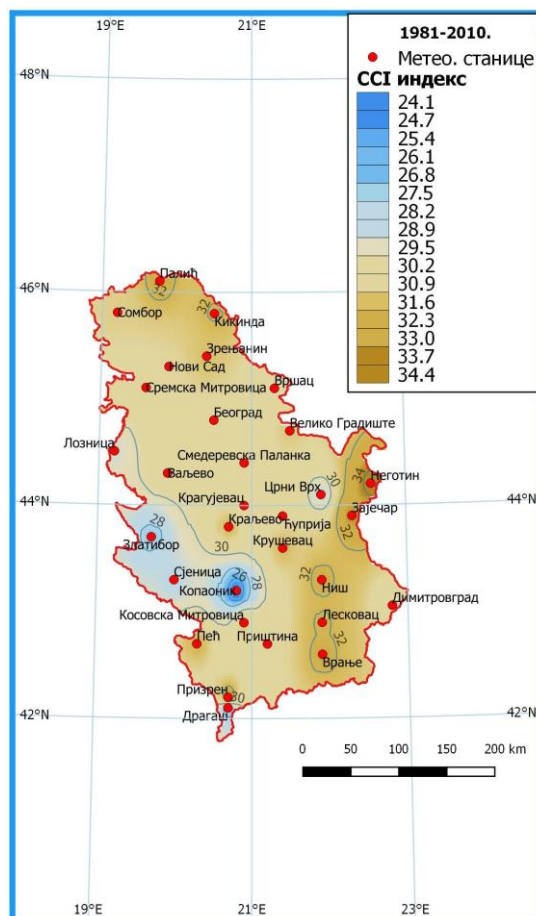
У табели 9 приказане су максималне и минималне вредности CCI индекса за период 1951-1980.

Табела 9. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1951-1980.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	CCI	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	CCI
Неготин	+44,2	+22,6	42	35.2	Копаоник	+43,2	+20,8	1710	23.3
Призрен	+42,2	+20,7	402	33.5	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	27.4
Зајечар	+43,9	+22,3	144	33.45	Златибор	+43,7	+19,7	1028	27.8
Кикинда	+45,9	+20,5	81	32.4	Лозница	+44,5	+19,2	121	28.8
Зрењанин	+45,4	+20,4	80	32.4	Сјеница	+43,3	+20	1038	29.2

Из табеле 9. се може извести закључак да се минималне вредности CCI индекса јављају на планинским станицама на већим надморским

висинама, што је у складу са законитостима генералних синоптичких шема изнад Србије. Максималне вредности *CCI* индекса указују на континенталније делове Србије-Неготинска крајина, северни Банат и североисточна Бачка. Просечна вредност *CCI* индекса за овај 30-годишњи период износи 30,8 и указује да је климат на територији Србије био океански/маритиман, генерално.



Карта 5. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Conrad & Pollak (1950) за период 1981-2010.

Просторна дистрибуција *CCI* индекса за период 1981-2010. приказана је на карти 5. Његове вредности варирају од 34,4 до 24,1 (станице Неготин и Копаоник), тј. припадају океанском/маритимном климату. Апсолутна разлика између ових вредности износи 10,3, што говори у прилог климатском диверзитету наше земље условљеном доминантним синоптичким шемама у току године. Слични резултати добијени су и за просторну дистрибуцију индекса континенталности Горчинског, што указује на подударност између посматраних метода. Опсег климатских класификационих типова на карти 5 варира у оквиру маритимног/океанског климата.

У табели 10 приказане су највише и најниже вредности *CCI* индекса за период 1981-2010.

**Табела 10.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1981-2010.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	<i>h</i>	<i>CCI</i>	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	<i>h</i>	<i>CCI</i>
Неготин	+44,2	+22,6	42	34.4	Копаоник	+43,2	+20,8	1710	24.1
Призрен	+42,2	+20,7	402	33.6	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	26.4
Зајечар	+43,9	+22,3	144	33.5	Златибор	+43,7	+19,7	1028	27.4
Палић	+46,1	+19,9	102	32.4	Сјеница	+43,3	+20	1038	28.7
Врање	+42,6	+21,9	432	32.4	Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	28.9

Минималне вредности се, као и у првом периоду, јављају на планинским станицама, на већим надморским висинама. Максималне вредности су забележене на станицама у Неготинској крајини, Призренској котлини, северном Банату и Врањској котлини. Просечна вредност *CCI* индекса за овај 30-годишњи период износи 30,8, тј. нема промена у односу на први период. Ово говори у прилог томе да на макро нивоу није дошло до промене у просторној дистрибуцији овог индекса. Слични резултати су добијени и применом индекса континенталности Горчинског за исти период, па се може извести закључак да између два посматрана индекса постоји одређен степен подударности, што говори у прилог подударности рачунања и добијених резултата.

Ако се упореде просторна дистрибуција и варијација *CCI* индекса на картама 4 и 5, за периоде 1951-1980. и 1981-2010., може се извести закључак да су промене визуелно евидентне на територији Србије. Те промене најбоље приказује изошлета од 32, која се у другом периоду на територији Војводине помера северније и западније од долине Јужне Мораве, а станице у овој области бележе веће ефекте континенталности. Ово је у складу са резултатима добијеним за индекс континенталности Горчинског.

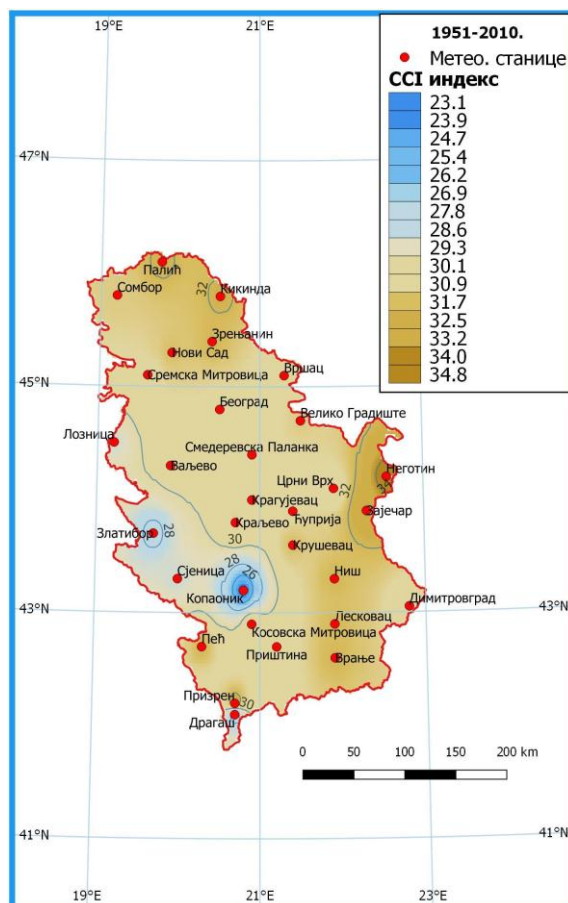
У табели 11 дат је компаративни приказ вредности *CCI* индекса за два посматрана периода, 1951-1980. и 1981-2010., како би се стекла боља слика о променама у просторној дистрибуцији овог климатског индекса.

Табела 11. Класификација климата према индексу континенталности Conrad & Pollak (1950) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	1951-1980.			1981-2010.	
	CCI	Фреквенција CCI	Однос CCI (%)	Фреквенција CCI	Однос CCI (%)
хипер-океански	-20-20	0	0	0	0
океански/маритимни	20-50	31	100	31	100
субконтинентални	50-60	0	0	0	0
континентални	60-80	0	0	0	0
екстремни/хипер-континентални	80-120	0	0	0	0

Из табеле 11 се може извести закључак да до промена на марко нивоу у просторној дистрибуцији и варијацији индекса континенталности у Србији између два посматрана периода није дошло, тј. промене су евидентирание на регионалном и локалном нивоу, а визуелно су верификоване на картама 4 и 5. Према резултатима добијеним применом овог индекса, све станице укључене у анализу показују различити ефекат океанског/маритимног климата.

На карти 6 и у табели 12 дата је просторна дистрибуција и максималне и минималне вредности CCI индекса за 60-годишњи период осматрања.

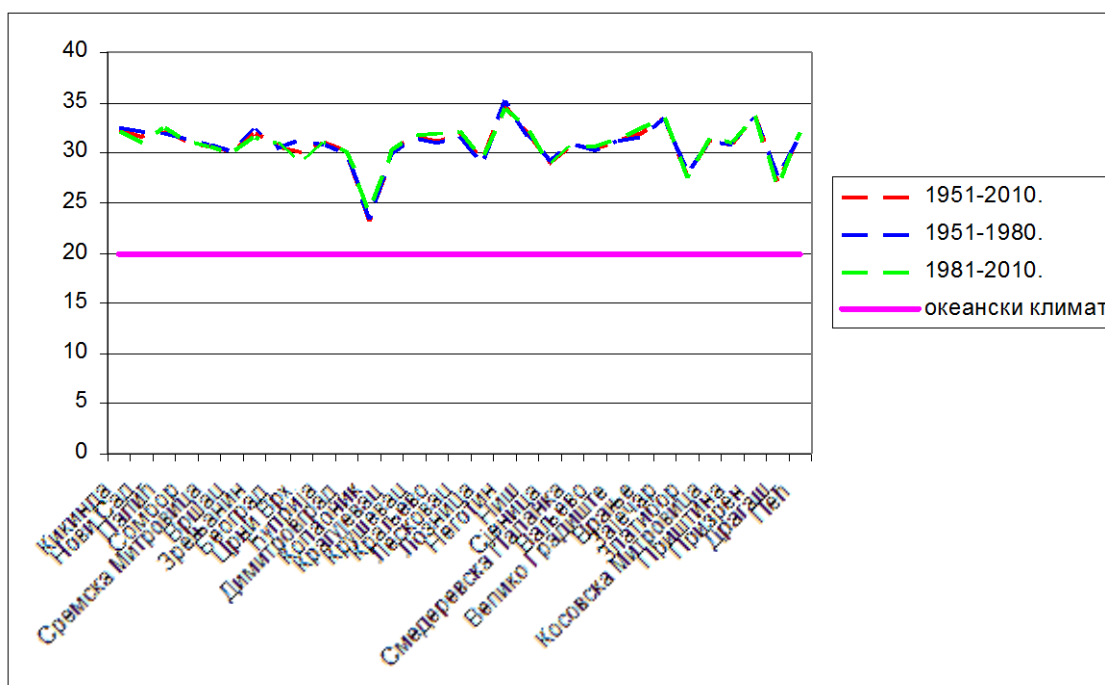


Карта 6. Просторна дистрибуција индекса континенталности према Conrad & Pollak (1950) за период 1951-2010.

**Табела 12.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса континенталности за период 1951-2010.

Мах индекс континенталности					Мин индекс континенталности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$CCI$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$CCI$
Неготин	+44,2	+22,6	42	34.8	Копаоник	+43,2	+20,8	1710	23.1
Призрен	+42,2	+20,7	402	33.6	Драгаш	+42,1	+20,7	1060	26.8
Зајечар	+43,9	+22,3	144	33.5	Златибор	+43,7	+19,7	1028	27.6
Кикинда	+45,9	+20,5	81	32.3	Сјеница	+43,3	+20	1038	28.9
Палић	+46,1	+19,9	102	32.2	Лозница	+44,5	+19,2	121	29

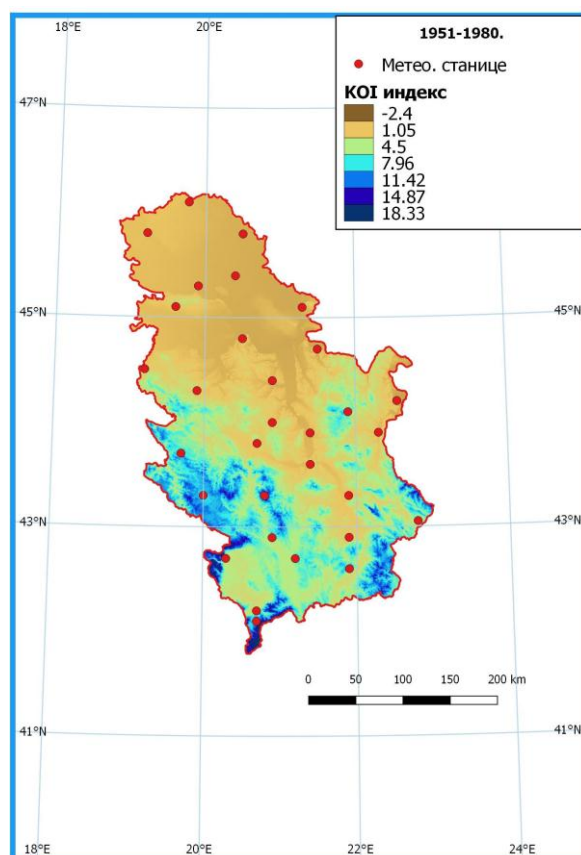
Компаративни приказ односа вредности  $CCI$  индекса на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикону 2.



**Графикон 2.** Компаративни приказ вредности  $CCI$  индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010, и 1951-2010.

На карти 7 приказан је Кернеров индекс маритимности за период 1951-1980. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу, вредности овог индекса су се кретале од малих и негативних, до виших и позитивних, што подразумева да су заступљени и континентални и океански тип климата. То је у складу са географским положајем Србије и доминантним физичко-географским факторима који одређују климат наше територије, као и генералним синоптичким шемама изнад наше земље у току године. Вредности овог индекса варирају од -2,4 (Неготин), до 18,3 (Копаоник). Станица Неготин, као и станице Зајечар, Срем. Митровица, Сомбор и Палић имају највеће ефекте континенталности у

земљи. Насупрот овим станицама, налазе се станице у вишим планинским пределима које имају највише суме падавина у земљи.



Карта 7. Просторна дистрибуција Кернеровог индекса маритимности за период 1951-1980.

У табели 15 приказане су највише и најниже вредности Кернеровог индекса маритимности за 30-годишњи период.

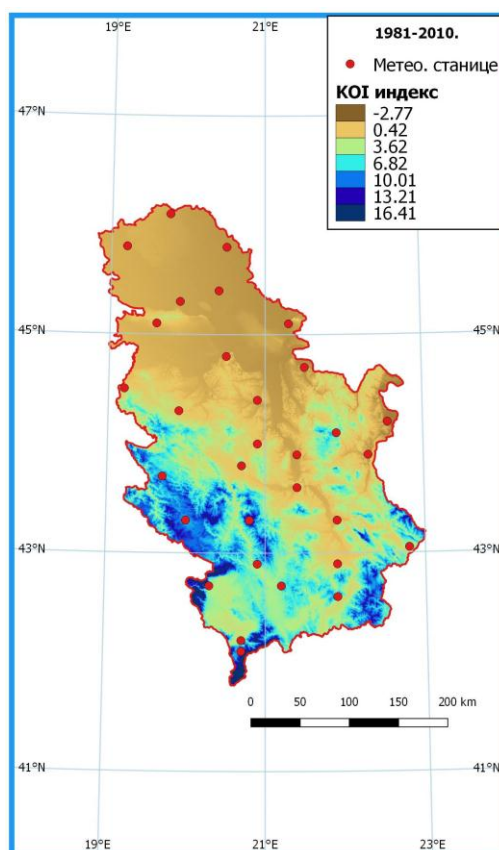
Табела 15. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1951-1980.

Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$KOI$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$KOI$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	18.3	Неготин	+44,2	+22,6	42	-2.4
Златибор	+43,7	+19,7	1028	8.6	Зајечар	+43,9	+22,3	144	-2.1
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	7.4	Сремска Митровица	+45,1	+19,6	82	-1.4
Сјеница	+43,3	+20	1038	4.4	Сомбор	+45,8	+19,2	88	-0.7
Косовска Митровица	+42,9	+20,9	510	3.4	Палић	+46,1	+19,9	102	-0.5

Из табеле 15 се може закључити да се максималне вредности Кернеровог индекса маритимности јављају управо на станицама на већим



надморским висинама, које у току године примају веће суме падавина и лоциране су претежно у југозападном делу Србије. Минималне вредности се јављају у оним деловима Србије који примају мање количине падавина, тј. под мањим су утицајем маритимних ваздушних маса које долазе са околних морских и океанских површина. Просечна вредност Кернеровог индекса маритимности за 30-годишњи период 1951-1980. износи 1,78, што говори о томе да се територија Србије налази на прелазу између маритимног и континенталног климата, тј. под утицајем је околних водених басена и ваздушних маса које долазе са њих.



*Карта 8. Просторна дистрибуција Кернеровог индекса маритимности за период 1981-2010.*

Кернеров индекс маритимности (1981-2010) је приказан на карти 8. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу забележене су вредности сличне као у претходном периоду, тј. на територији Србије је заступљен континентални и океански климат. Визуелно, може се рећи да у Србији преовладава континентални тип климата, али да поједине станице показују извесне ефекте маритимности. У случају станица Зајечар (-2,8) и Неготин (-2,7), може се рећи да су ово најконтиненталније станице у Србији и да су ефекти континенталности највећи на овим станицама. Станица Копаоник бележи вредност од 16,4, што је чини најмаритимнијом станицом у Србији.

Табела 16 приказује максималне и минималне вредности Кернеровог индекса маритимности за 30-годишњи период 1981-2010.



**Табела 16.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1981-2010.

Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$KOI$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$KOI$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	16.4	Зајечар	+43,9	+22,3	144	-2.8
Златибор	+43,7	+19,7	1028	8.4	Неготин	+44,2	+22,6	42	-2.7
Сјеница	+43,3	+20	1038	6.4	Сомбор	+45,8	+19,2	88	-1.5
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	6.1	Кикинда	+45,9	+20,5	81	-1.3
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	4.7	Палић	+46,1	+19,9	102	-0.9

Максималне вредности Кернеровог индекса маритимности, као и минималне вредности у посматраном периоду, јављају се на сличним станицама у Србији као и у првом периоду. Просечна вредност Кернеровог индекса маритимности од 1,7, у овом случају показује незнатно смањење ефекта континенталности (за 0,8). Може се рећи да је у другом периоду у Србији климат постао маритимнији, што је у вези и са већим количинама падавина забележеним на станицама, а то се може довести у везу и са учесталијим продорима влажних ваздушних маса са околних морских површина. Овај закључак је поткрепљен и визуалним посматрањем карте 7 и карте 8, где се јасно види како ефекти маритимности у Србији расту.

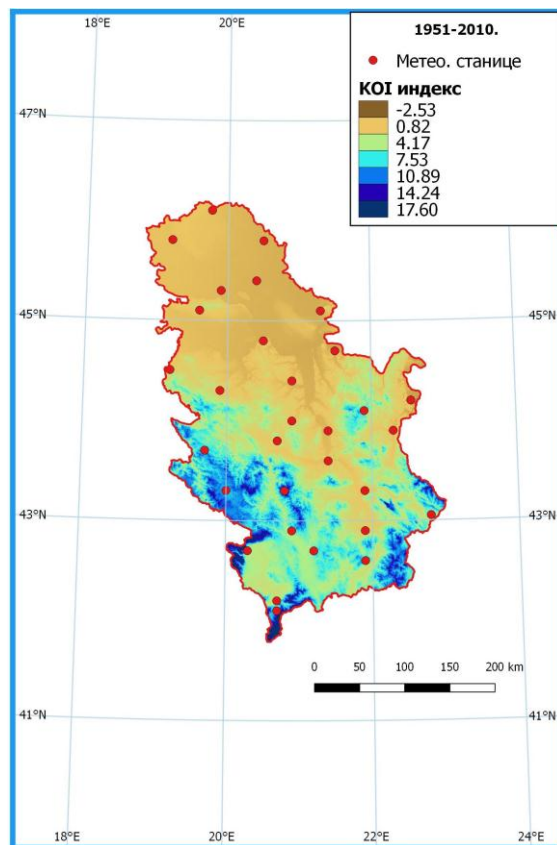
У табели 17 дат је компаративни приказ класификационих типова према Кернеровом индексу маритимности (Retuerto & Carballeira, 1992; Gavilan, 2005) за два нестандардна 30-годишња климатска периода: 1951-1980. и 1981-2010.

**Табела 17.** Класификација климата према Кернеровом индексу маритимности за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$KOI$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $KOI$	Однос $KOI$ (%)	Фреквенција $KOI$	Однос $KOI$ (%)
континентални	мале или негативне вредности	27	87,09	24	77,4
океански	веће вредности	4	12,9	7	22,6

Из табеле 17 се види да је проценат континенталног климата у првом периоду био 87,09%, док је у другом 77,4%, тј. за 9,69% мањи. С друге стране, проценат маритимности је порастао за 9,7%, односно тачно за онолико колико је проценат континенталности опао у другом периоду.

На карти 9 и у табели 18 дата је просторна дистрибуција, као и највише и најниже вредности Кернеровог индекса маритимности за 60-годишњи период 1951-2010.

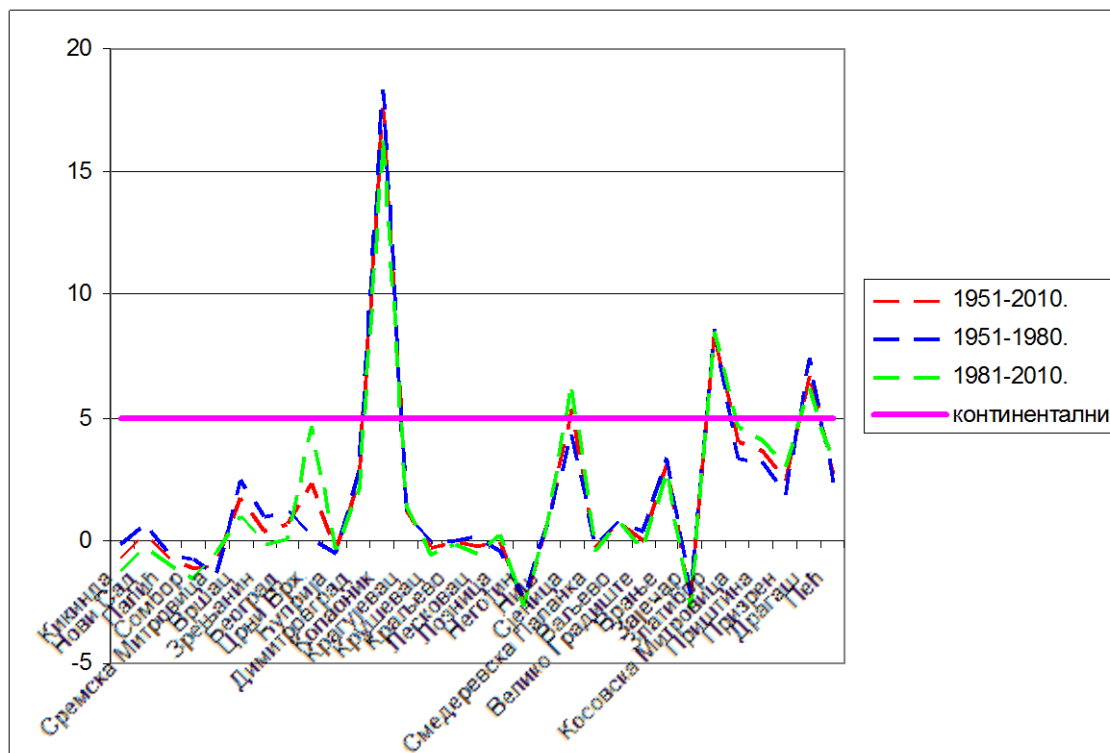


Карта 9. Просторна дистрибуција Кернеровог индекса маритимности за период 1951-2010.

Табела 18. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1951-2010.

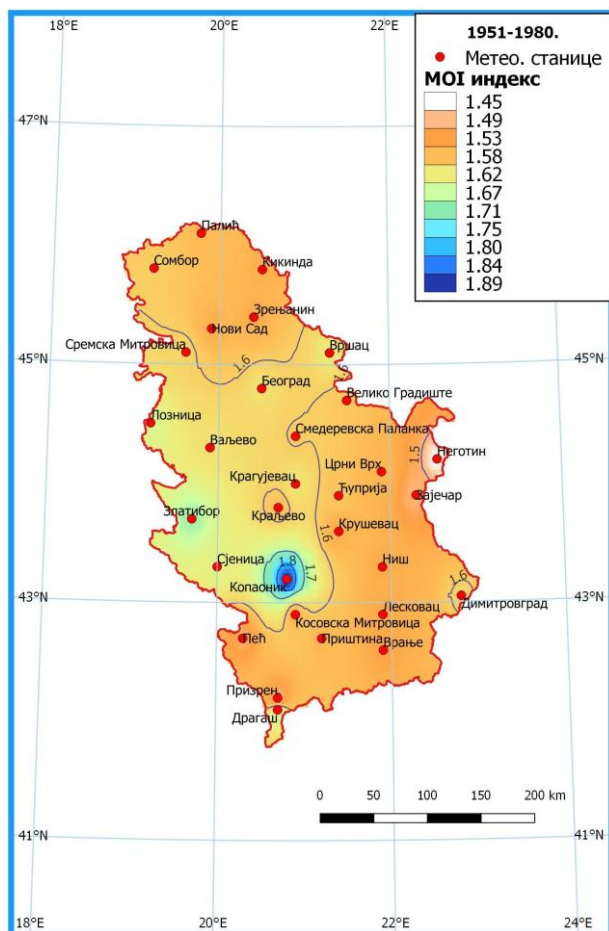
Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$KOI$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$KOI$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	17.6	Неготин	+44,2	+22,6	42	-2.5
Златибор	+43,7	+19,7	1028	8.6	Зајечар	+43,9	+22,3	144	-2.5
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	6.8	Сомбор	+45,8	+19,2	88	-1.1
Сјеница	+43,3	+20	1038	5.4	Сремска Митровица	+45,1	+19,6	82	-0.9
Косовска Митровица	+42,9	+20,9	510	3.9	Палић	+46,1	+19,9	102	-0.7

Компаративни приказ односа вредности Кернеровог индекса маритимности на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикану 3.



Графикон 3. Компаративни приказ вредности КОI индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.

На карти 10 приказан је Маршов индекс маритимности за период 1951-1980. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу, вредности овог индекса су се кретале у опсегу од 1,45 до 1,8, што значи да је ефекат континенталности присутан на свим станицама у Србији. То је у складу са географским положајем Србије и доминантним физичко-географским факторима који одређују климат наше територије, као и генералним синоптичким шемама изнад наше земље у току године. Вредности овог индекса варирају од 1,45 (Неготин), до 1,8 (Копаоник). Станица Неготин, као и станице Призрен, Зајечар, Пећ и Врање имају највеће ефекте континенталности у земљи. Насупрот овим станицама, налазе се станице у вишим планинским пределима које имају највише суме падавина у земљи. Слични резултати добијени су и применом Кернеровог индекса маритимности, што показује сродност између поменутих метода и рачунања.



Карта 10. Просторна дистрибуција Маршовог индекса маритимности за период 1951-1980.

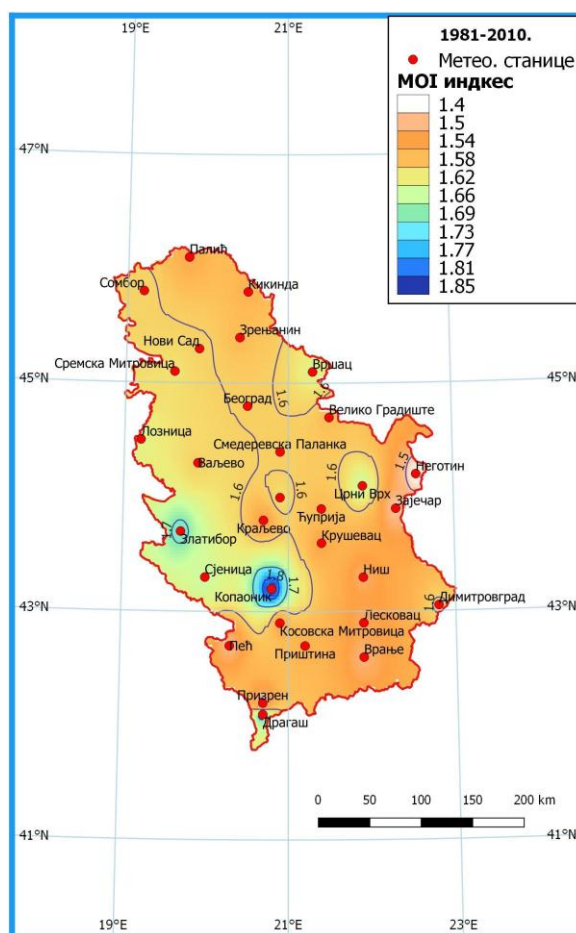
У табели 19 приказане су највише и најниже вредности Маршовог индекса маритимности за 30-годишњи период.

Табела 19. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1951-1980

Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	MOI	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	MOI
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	1.8	Неготин	+44,2	+22,6	42	1.45
Златибор	+43,7	+19,7	1028	1.7	Призрен	+42,2	+20,7	402	1.47
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	1.69	Зајечар	+43,9	+22,3	144	1.5
Лозница	+44,5	+19,2	121	1.7	Пећ	+42,7	+20,3	498	1.51
Сјеница	+43,3	+20	1038	1.6	Врање	+42,6	+21,9	432	1.54

Из табеле 19 се може закључити да се максималне вредности Маршовог индекса маритимности јављају управо на станицама на већим надморским висинама, које у току године примају веће суме падавина и лоциране су претежно у југозападном делу Србије. Минималне вредности

се јављају у оним деловима Србије који примају мање количине падавина, тј. под мањим су утицајем маритимних ваздушних маса које долазе са околних морских и океанских површина. Просечна вредност Маршовог индекса маритимности за 30-годишњи период 1951-1980. износи 1,59, што говори у прилог томе да се све станице које су укључене у анализу налазе у опсегу континенталног климата, тј. да поједине станице на вишим надморским висинама у југозападном делу Србије показују извесне карактеристике маритимног климата, јер су под директним утицајем маритимних ваздушних маса које долазе са мора.



Карта 11. Просторна дистрибуција Маршовог индекса маритимности за период 1981-2010.

Маршов индекс маритимности (1981-2010) је приказан на карти 11. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу забележене су вредности сличне као у претходном периоду, тј. на територији Србије је заступљен континентални климат. Визуелно, промене најбоље описује изошпета од 1,6, која у другом периоду захвата читав западни део Србије, од Копаоника на југу, до Сомбора на северу. Може се рећи да су промене у овом случају евидентне у просторној расподели падавина, тј. утицаја маритимних ваздушних маса које долазе са мора. У случају станица Призрен (1,47) и Неготин (1,48), може се рећи да су ово најконтиненталније станице у Србији и да су ефекти континенталности највећи на овим

станицама. Станица Копаоник бележи вредност од 1,85, што је чини најмаритимнијом станицом у Србији.

Табела 20 приказује максималне и минималне вредности Маршовог индекса маритимности за 30-годишњи период 1981-2010.

**Табела 20.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1981-2010.

Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$MOI$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$MOI$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	1.85	Призрен	+42,2	+20,7	402	1.47
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	1.73	Неготин	+44,2	+22,6	42	1.48
Златибор	+43,7	+19,7	1028	1.71	Зајечар	+43,9	+22,3	144	1.50
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	1.66	Пећ	+42,7	+20,3	498	1.51
Сјеница	+43,3	+20	1038	1.65	Врање	+42,6	+21,9	432	1.52

Максималне вредности Маршовог индекса маритимности, као и минималне вредности у посматраном периоду, јављају се на сличним станицама у Србији као и у првом периоду. Просечна вредност Маршовог индекса маритимности од 1,59, у овом случају не указује на промене. Може се рећи да у другом периоду у Србији није дошло до промена на макро нивоу, али су те промене уочене визуелно на карти која јасно указује на чињеницу да су западни делови наше земље под већим утицајем маритимних ваздушних маса. У прилог овоме говоре карта 10 и 11.

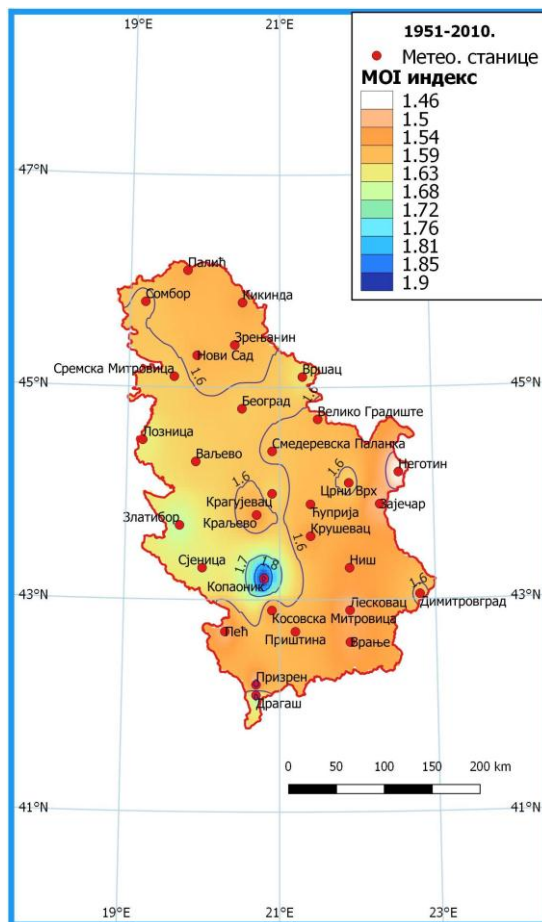
У табели 21 дат је компаративни приказ класификационих типова према Маршовом индексу маритимности (Marsz, 1995) за два нестандардна 30-годишња климатска периода: 1951-1980. и 1981-2010.

**Табела 21.** Класификација климата према Маршовом индексу маритимности за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$MOI$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $MOI$	Однос $MOI$ (%)	Фреквенција $MOI$	Однос $MOI$ (%)
континентални	<2	31	100	31	100
субокеански	2-3	0	0	0	0
океански	>3	0	0	0	0

Из табеле се види да процентуално до промена у типу климата није дошло и да све станице укључене у анализу имају континентални климат (100%) у оба посматрана периода.

На карти 12 и у табели 22 дата је просторна дистрибуција, као и највише и најниже вредности Маршовог индекса маритимности за 60-годишњи период 1951-2010.

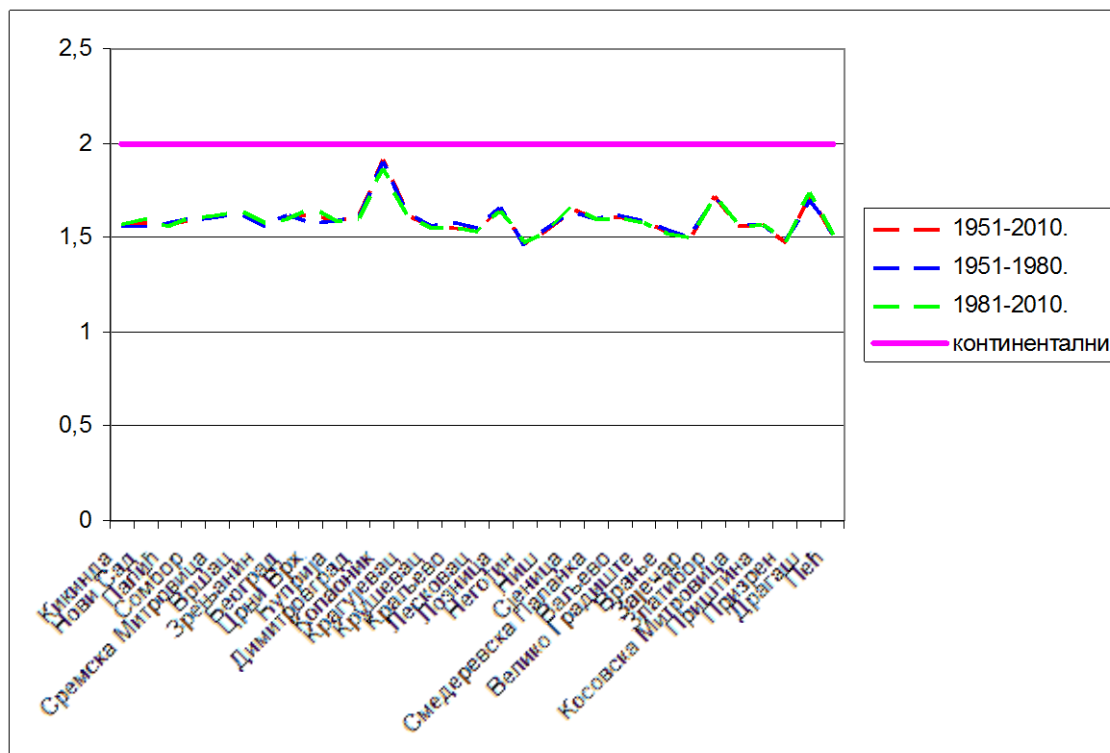


Карта 12. Просторна дистрибуција Маршовог индекса маритимности за период 1951-2010.

Табела 22. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса маритимности за период 1951-2010.

Мах индекс маритимности					Мин индекс маритимности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	MOI	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	MOI
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	1.9	Неготин	+44,2	+22,6	42	1.46
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	1.72	Призрен	+42,2	+20,7	402	1.47
Златибор	+43,7	+19,7	1028	1.71	Зајечар	+43,9	+22,3	144	1.50
Сјеница	+43,3	+20	1038	1.65	Пећ	+42,7	+20,3	498	1.51
Лозница	+44,5	+19,2	121	1.64	Врање	+42,6	+21,9	432	1.53

Компаративни приказ односа вредности Маршовог индекса маритимности на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикану 4.



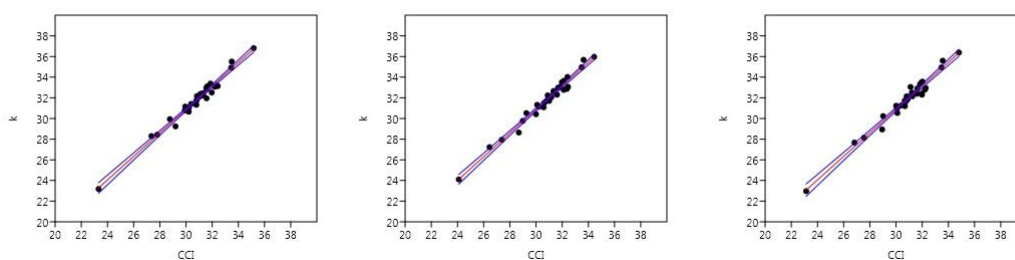
Графикон 4. Компаративни приказ вредности MOI индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.

### 5.3.1. Статистички преглед вредности индекса континенталности ( $k$ и CCI) према Gorczyński (1922) и Conrad & Pollak (1950) и индекса маритимности (KOI и MOI) према Retuerto & Carballeira (1992) и Gavilan (2005) и (Marsz, 1995)

Применом линеарног модела регресије најмањих квадрата, а у циљу компаративне анализе резултата добијених применом горепоменутих индекса, извршена је евалуација покретањем одговарајућих опција у софтверу *PAST 3.17*. Добијено је 15 графикона линеарног модела регресије са интервалом поверења од 95%, а циљ је био да се верификује или одбаци слична просторна дистрибуција коришћених индекса на простору Србије. Просечни годишњи индекс континенталности према Горчинском за период 1951-1980. износи 31,8, за период 1981-2010. износи 31,78, а за цео период 1951-2010. износи 31,77. Ово указује на прелазни маритимни климат на простору Србије. Просечни годишњи индекс континенталности према Conrad & Pollak (1950) за први период (1951-2010) износи 30,81, за други (1981-2010) износи 30,80, а за цео низ (1951-2010) износи 30,77. Изнете вредности индекса континенталности говоре у прилог томе да је климат у Србији океански/маритиман. Просечне вредности Кернеровог индекса маритимности за период 1951-1980. износе 1,78, за период 1981-2010. износе 1,70, а за цео период (1951-2010) износе



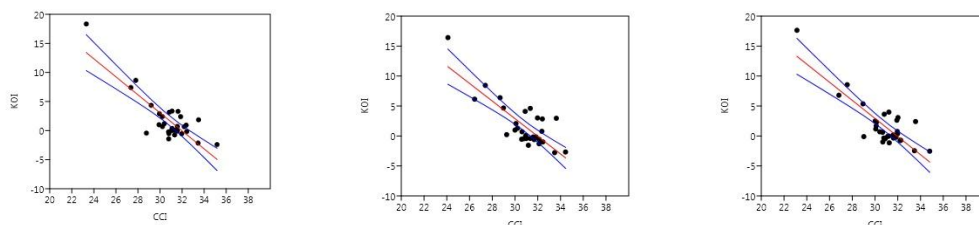
1,74. Изнете просечне вредности говоре о континенталности климата у Србији. Просечни годишњи Маршов индекс маритимности за период 1951-1980. износи 1,59, за период 1981-2010. износи 1,59, а за цео период 1951-2010. износи 1,59. Ово указује на континентални климат на простору Србије. Максималне и минималне вредности индекса континенталности ( $k$  и  $CCI$ ) су откривене на сличним станицама (Неготин, Призрен; Зајечар, Кикинда, Врање, Зрењанин и Копаоник, Драгаш, Златибор, Лозница, Сјеница), а то указује на чињеницу да између поменутих метода постоји одређена корелација и подударност у проценама. Сличности у максималним и минималним вредностима су пронађене и применом индекса маритимности ( $KOI$  и  $MOI$ ). Најмаритимнија станица у Србији, на основу резултата поменутих индекса, је Копаоник. Највећи ефекти континенталности применом поменутих индекса за сва три периода забележени су на различитим станицама (Неготин, Зајечар, Призрен, Кикинда, Палић, Врање, итд.), што указује на мањи утицај маритимних ваздушних маса у склопу општих синоптичких шема изнад Србије у току године, тј. на велики ефекат континенталности северног и североисточног дела Војводине, затим Неготинске крајине, Врањске и Призренске котлине.



**Графикон 5.** Статистичка анализа између индекса континенталности  $k$  и  $CCI$  за период (1951-1980) (лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

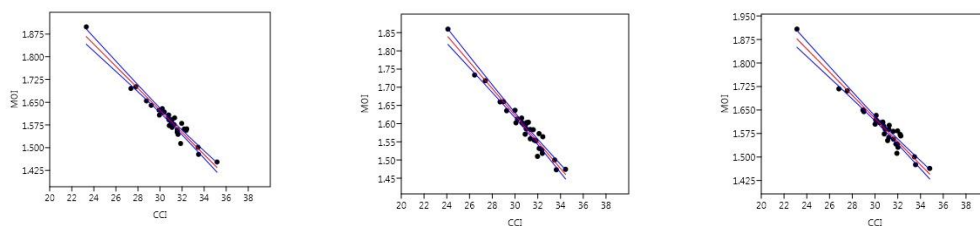
Извршено је поређење између индекса континенталности према Горчинском и Conrad & Pollak (1950) за периоде 1951-1980, 1981-2010. и 1951-2010., а графикон 5 показује корелацију између њих. Висок коефицијент детерминације за сва три случаја ( $r^2 = 0,97$ ) добијен статистичком анализом ова два индекса је потврдио горепоменуто подударане у проценама. Добијене вредности указују да се индекс континенталности према Горчинском од 33 подудара са  $CCI$  индексом од 33, што указује на то да, када су вредности поменутих индекса мање од 33, климат је окарактерисан као маритиман. Евалуацијом добијених резултата применом ова два индекса, предност се даје индексу континенталности према Горчинском у односу на индекс континенталности према Conrad & Pollak (1950) када је у питању дефинисање климата као континенталног

или маритимног. Главни разлог за ово лежи у чињеници да у климатским категоријама које нуди индекс континенталности према Conrad & Pollak (1950) климат у Србији је дефинисан као океански/маритимни. Може се извести закључак да овај индекс не одговара простору Србије, већ је погоднији за простор Сједињених Држава и Канаде (Mikolášková, 2009).



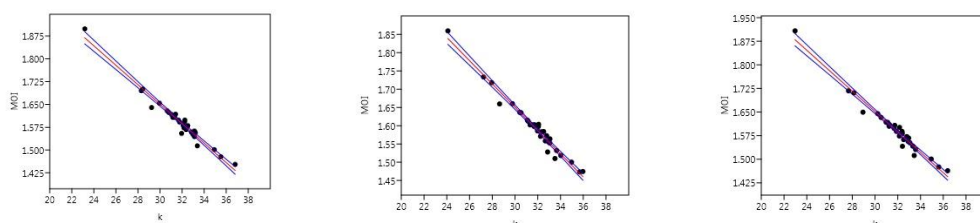
**Графикон 6.** Статистичка анализа између индекса континенталности CCI и индекса маритимности KOI за период (1951-1980) (лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

Посматрајући сва три периода (1951-1980; 1981-2010; 1951-2010), такође се уочава корелација између вредности CCI и KOI индекса, а приказана је на графикону 6. Сличну просторну дистрибуцију између ова два показатеља верификује и коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,68$ ,  $r^2 = 0,63$ ,  $r^2 = 0,69$ ), као и подударане у проценама и сродност рачунања. Ако би се извршила евалуација добијених резултата индекса континенталности CCI и индекса маритимности KOI, долази се до закључка да је Кернеров индекс маритимности (KOI) подеснији за нашу територију пошто он прецизно дефинише климат станица укључених у анализу. Класификација коју даје индекс континенталности CCI (Conrad & Pollak, 1950) се састоји од 5 јасно дефинисаних категорија, док се код Кернеровог индекса маритимности издвајају 2 „грубе“ категорије које разликују континентални од маритимног климата. Међутим, како класификационе категорије CCI индекса не одговарају простору Србије, већ САД и Канаде (Mikolášková, 2009), предност ће се ипак дати Кернеровом индексу маритимности, јер разликује континенталност и маритимност на простору Србије.



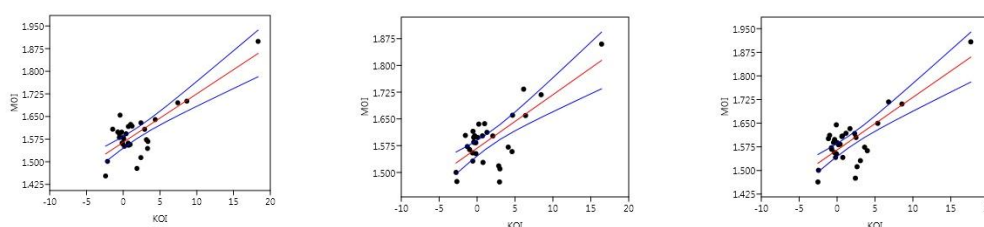
**Графикон 7.** Статистичка анализа између индекса континенталности CCI и индекса маритимности MOI за период (1951-1980) (лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

Посматрајући сва три периода (1951-1980; 1981-2010; 1951-2010), такође се уочава корелација између вредности CCI и MOI индекса, а приказана је на графикону 7. Сличну просторну дистрибуцију између ова два показатеља верификује и висок коефицијент детерминације ( $r^2 = 0,94$ ,  $r^2 = 0,95$ ,  $r^2 = 0,94$ ), као и подударане у проценама и сродност рачунања. У односу на Кернеров индекс континенталности, CCI индекс показује већи степен подударности са MOI индексом, о чему говори и овако висок коефицијент корелације. Ако би се извршила евалуација добијених резултата индекса континенталности CCI и индекса маритимности MOI, дошло би се до закључка да је Маршов индекс маритимности (MOI) подеснији за нашу територију пошто он прецизно дефинише климат станица укључених у анализу. Класификација коју даје индекс континенталности CCI (Conrad & Pollak, 1950) се састоји од 5 јасно дефинисаних категорија, док се код Маршовог индекса маритимности издвајају 3 „грубе“ категорије које разликују континентални од маритимног климата. Међутим, како класификационе категорије CCI индекса не одговарају простору Србије, већ САД и Канаде (Mikolášková, 2009), предност ће се ипак дати Маршовом индексу маритимности, јер разликује континенталност и маритимност на простору Србије.



**Графикон 8.** Статистичка анализа између индекса континенталности k и индекса маритимности MOI за период (1951-1980) (лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

Врло висока вредност коефицијента детерминације у другом периоду осматрања (графикон 8) од  $r^2 = 0,97$  верификује сличну просторну дистрибуцију и варијацију индекса континенталности  $k$  и индекса маритимности  $MOI$ . Вршећи евалуацију резултата ова два индекса, индексу континенталности Горчинског  $k$  се даје предност у односу на Маршов индекс маритимности ( $MOI$ ) када је у питању дефинисање климата станица укључених у анализу, као маритимног или континенталног. Код оба индекса постоји исти број климатских класификационих категорија (три), али  $MOI$  индекс све станице укључене у анализу дефинише као континенталне, док индекс континенталности Горчинског разликује прелазни маритимни и континентални тип климата на станицама укљученим у анализу.



**Графикон 9.** Статистичка анализа између индекса маритимности  $KOI$  и  $MOI$  за период (1951-1980) (лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

У сва три периода осматрања (графикон 9), запажа се коефицијент детерминације од  $r^2 = 0,6$  између  $KOI$  и  $MOI$  индекса. Вршећи евалуацију горепомнутих индекса,  $KOI$  индексу се даје предност у односу на  $MOI$  индекс када је у питању дефинисање припадности станица укључених у анализу континенталном или маритимном климату. Иако  $MOI$  индекс прецизно дефинише три климатске категорије, ипак све станице укључене у анализу према овом индексу припадају континенталном климату.  $KOI$  индекс нема јасно дефинисане нумеричке вредности, али прави разлику између континенталних и маритимних станица у Србији. У том смислу, предност ће се ипак дати  $KOI$  индексу.

#### 5.4. Закључак

Циљ овог поглавља био је да се квантификује и нумерички диференцира различит степен утицаја маритимних и континенталних ваздушних маса на климу Србије путем четири различита термална индекса маритимности/континенталности за 60-годишњи период осматрања (1951-2010) на 31 метеоролошкој станици. Такође, циљ је био да се применом модела линеарне регресије најмањих квадрата утврди и

корелација између коришћених индекса и изврши евалуација индекса који је подеснији за коришћење на простору Србије. Валидација постављених почетних хипотеза приказана је у табели испод:

Табела 23. Резултат претходно постављених почетних хипотеза

хипотеза	коментар:
<i>h1</i>	потврђена
<i>h2</i>	потврђена
<i>h3</i>	потврђена

Вредности индекса континенталности ( $k$ ) према Горчинском откривају да се у Србији индексне вредности ниже од 30 јављају у југозападним и западним планинским областима, док се индексне вредности више од 32 јављају у деловима источно од долине Велике и Јужне Мораве, Неготинској крајини, Метохијској котлини, северном Банату и североисточној Бачкој. Највиши ефекти континенталности откривени су, према овом индексу, на станици Неготин са 36,4, а најнижи на станици Копаоник од 22,9. Ефекти континенталности расту ако се иде од југозапада и запада ка североистоку и истоку Србије. Максималан ефекат континенталности у Србији показује Неготинска крајина. Сличне резултате овима у просторној дистрибуцији и варијацији показује и индекс континенталности ( $CCI$ ) према Conrad & Pollak (1950). То потврђује и анализа корелације између ова два индекса. Међутим, иако  $CCI$  индекс поседује више климатских класификационих категорија од индекса  $k$ ,  $CCI$  класификује климат Србије искључиво као океански/маритимни. Разлог за ово лежи у чињеници да је  $CCI$  индекс погоднији за простор Сједињених Држава и Канаде (Mikolášková, 2009). У том случају, предност се даје индексу континенталности према Горчинском.

Анализа класификација континенталности климата 31 метеоролошке станице применом индекса  $k$  и  $CCI$  у складу је са класификацијом маритимности климата базираном на  $MOI$  индексу. То потврђује и висока корелација између поменутих индекса континенталности и маритимности и индикативна је за сличну просторну дистрибуцију и варијацију.

Ефекат континенталности откривен је на већини станица у Србији, док је ефекат маритимности откривен на станицама које се налазе у југозападном и западном брдско-планинском делу Србије. Ово се може приписати општим синоптичким обрасцима изнад Србије у вишегодишњем периоду. Постоји значајна корелација између термалних индекса маритимности и континенталности. Пошто су подаци о температури ваздуха и падавинама били доступни на годишњем нивоу, термални индекси не подржавају сезонске обрасце, иако постоји реална прихватљива разлика у просторној дистрибуцији падавина и температуре и коришћених термалних индекса маритимности и континенталности.

## Поглавље 6

### Биоклиматска класификација применом Торнтвајтовог, Ембержеовог и индекса Ривас-Мартинеза

*„Ми не можемо рећи да ли је климат влажан или сув само познавајући падавине; морамо знати да ли су падавине веће или мање од потенцијалне евапотранспирације.“ (Thornthwaite, 1948)*

#### 6.1. Увод

С. W. Thornthwaite (1931), професор климатологије на „Џон Хопкинс Универзитету“ у Балтимору, држава Мериленд, предлаже нов теоријски концепт класификације климата који се заснива на сложеним једначинама које описују онај део падавина који има утицаја на раст биљака. Заправо, Thornthwaite (1931) уводи индекс ефективности падавина ( $P/E$ ), дефинисан као однос између падавина ( $P$ ) и испаравања ( $E$ ). Торнтвајт је једначину за овај индекс успоставио испитивањем сложених односа између три варијабле у западном делу САД: падавина, температуре и испаравања. У том смислу, сам Торнтвајт у свом раду наводи да примена његове једначине у другим областима на Земљи представља „недовољно оправдану екстраполацију“. За разлику од Кепенове и већине других класификација доступних у то време, Торнтвајт је још детаљније улазио у однос падавина и вегетације и утицаја евапотранспирације. Торнтвајт је критиковао Кепенов систем јер не узима у обзир „рационалну“ варијаблу, као што је испаравање.

У данашњем, савременом периоду од највећег значаја је Торнтвајтова класификација из 1948. године која се базира на компликованом концепту потенцијалне евапотранспирације ( $PE$ ). Тај нови приступ посматра губитак воде кроз комбиновани процес евапорације и транспирације на биљкама. Thornthwaite (1948) предлаже своју једначину евапорације:

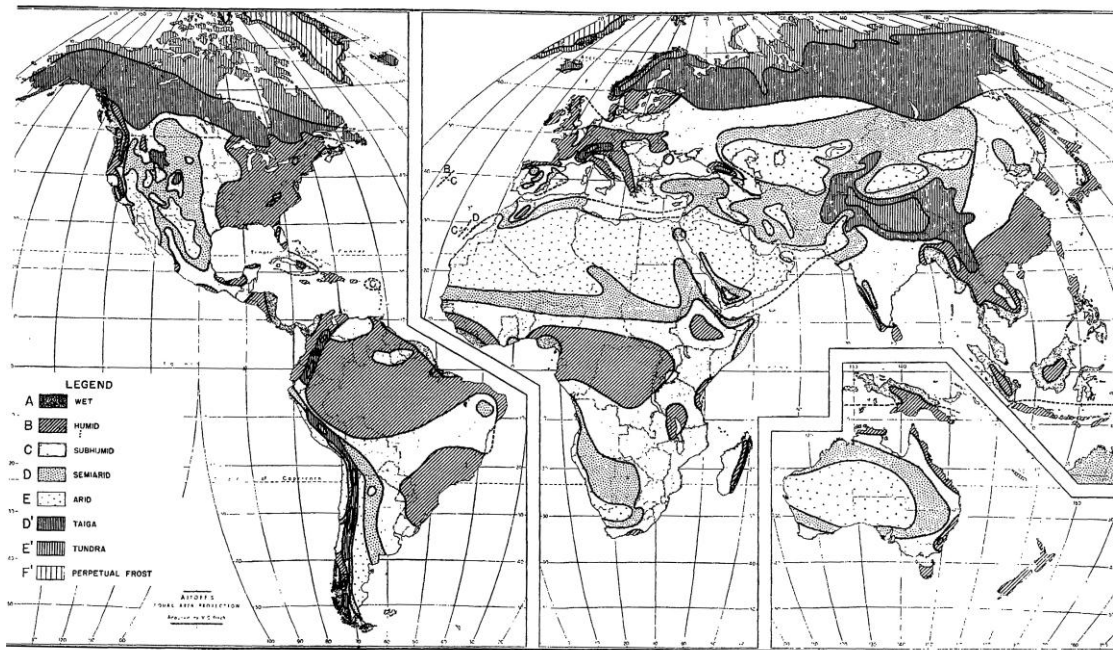
$$E = 1.6 \times 10^t / I^b, \quad (1)$$

где су  $E$ - евапорација,  $t$ -месечна температура,  $I$ -топлотни индекс,  $b$ -константа. Thornthwaite (1948) затим уводи термин „термална ефикасност“ уместо термина евапорација, па једначина потенцијалне евапотранспирације има коначни облик:

$$PE = P/E, \quad (2)$$

где су  $P$ -месечне падавине [cm] и  $E$ -„термална ефикасност“ (евапорација) [cm].

У раду Carter & Mather (1966) детаљно су описани сви Торнтвајтови доприноси које је његова класификација изнедрила.



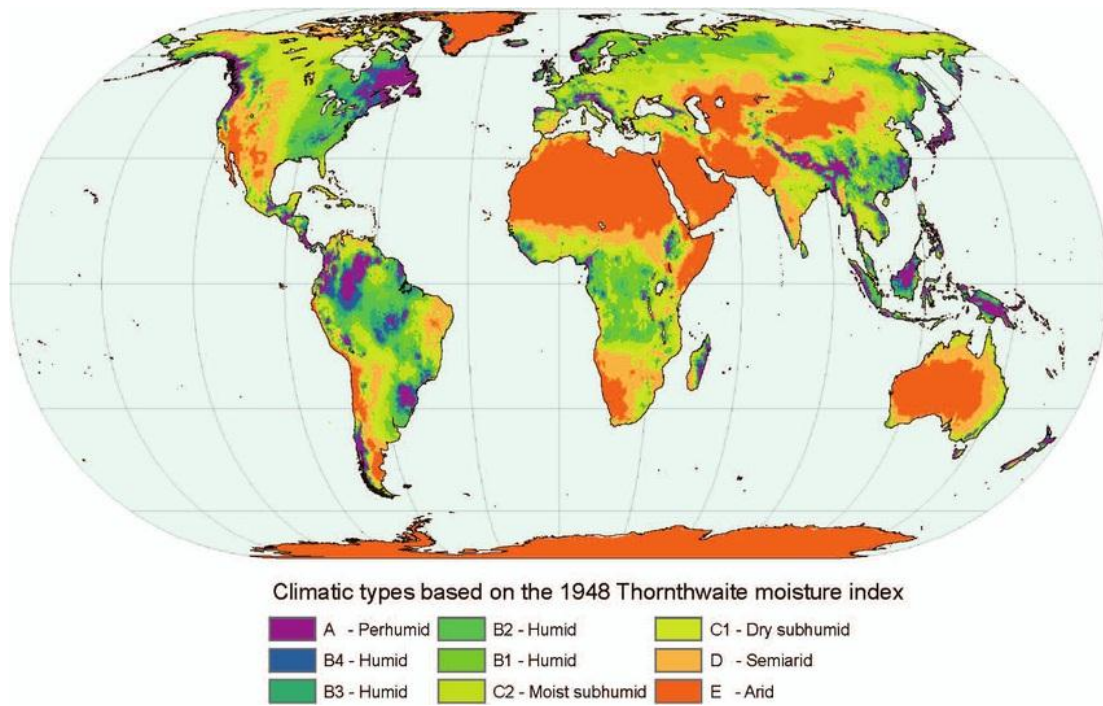
Слика 1. Дистрибуција главних климата на Земљи (Blumenstock & Thornthwaite, 1941)

На слици 1 је приказана карта дистрибуције Торнтвајтових главних климатских типова на Земљи, а коју је сам аутор објавио са David I. Blumenstock у Годишњаку пољопривреде 1941. године (Climate and Man; Yearbook of Agriculture, „Climate and the World Pattern“, 1941). Према наводима које износи Field (2005), Торнтвајтови сарадници су радили на томе да прикупе климатске податке неопходне за његове емпијске једначине на глобалном нивоу. Још један недостатак Торнтвајтове класификације климата целе Земље била би и сложеност интерпретације у свакодневној употреби, чега је био свестан и John „Russ“ Mather, а чија је идеја била да изради такву једну карту (Feddema, 2005). Торнтвајт је у два покушаја радио на побољшавању критеријума „влаге“, па је у свој систем увео и класне интервале (према Feddema, 2005; из Thornthwaite, 1943, 1948).

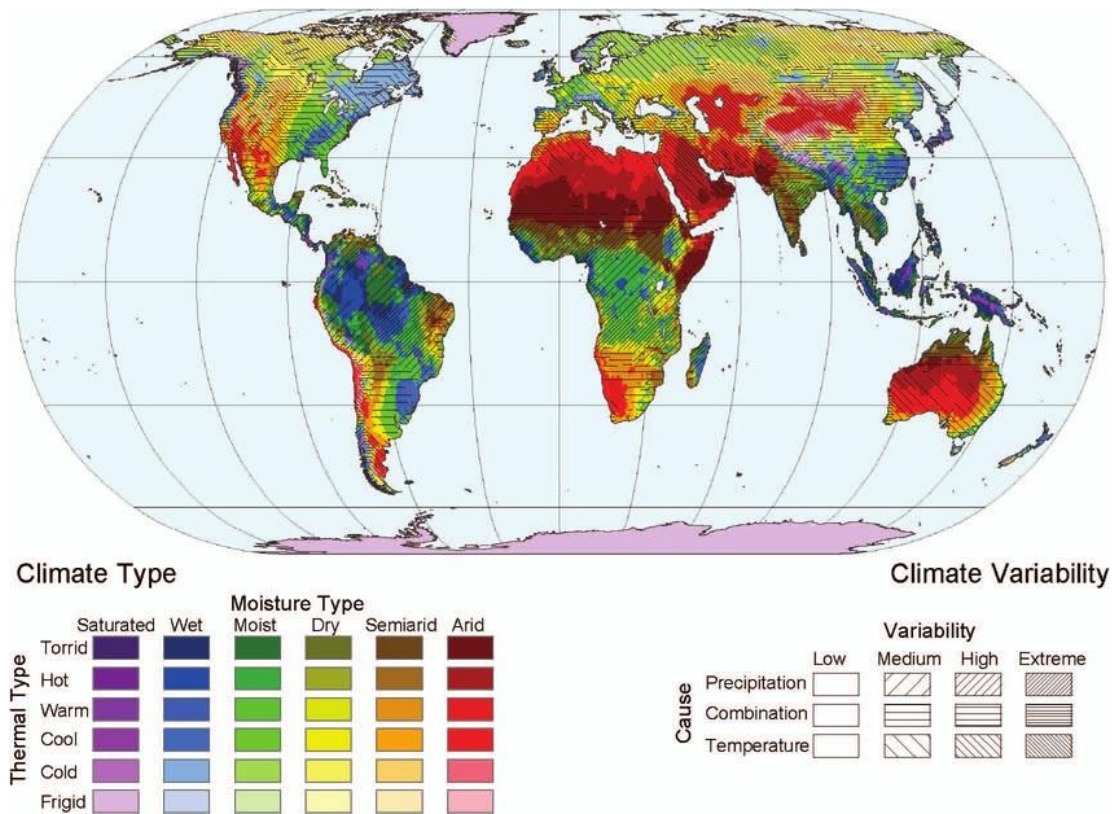
Прву, поједностављену карту Торнтвајтове класификације климата на глобалном нивоу даје Feddema (2005). Позивајући се на наводе истог аутора (Feddema, 2005), светска карта Торнтвајтових климатских провинција је урађена применом прилагођених емпиријских једначина и коришћењем података од пола степена географске ширине и дужине гридованих месечних вредности температуре и падавина, као и на моделу водног биланса (Legates & Willmott, 1990; Mather, 1978). На слици 2 су приказани климатски типови на Земљи базирани на Торнтвајтовом



индексу влаге из 1948, док су на слици 3 приказане климатске провинције према Торнтвајтовом номограму.



Слика 2. Карта климатских типова према Торнтвајтовом индексу влаге из 1948. године (Feddema, 2005)

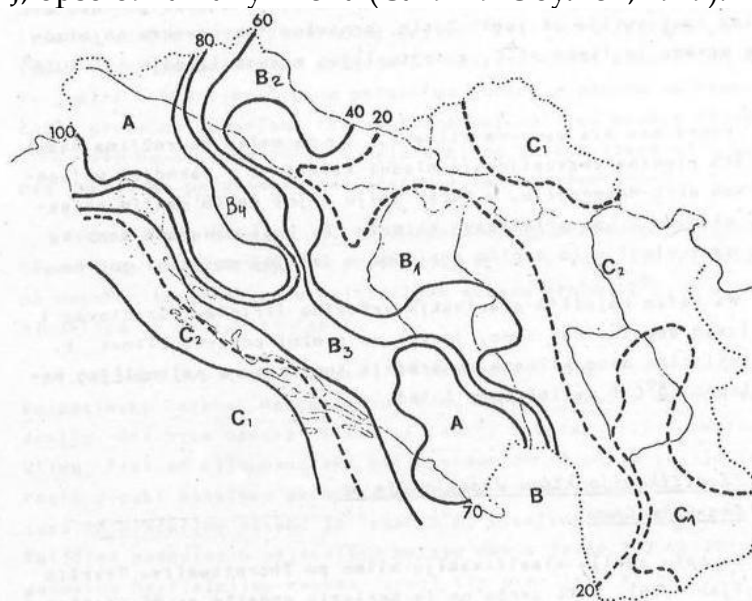


Слика 3. Карта климатских типова према Торнтвајту (Feddema, 2005)



На основу података са 96 метеоролошких станица и за периоде 1925-1940. и 1946-1958., урађена је класификација климата Југославије према Торнтвајту. На основу карте Југославије према Торнтвајту (слика 4), може се закључити да на поменутој територији постоје само климатски типови који припадају хумидном климату: В, С и А. Постојање аридног климата није утврђено (Обуљен, 1979).

Према наводима Вурић et. al (2014), некадашња Хидрометеоролошка служба израдила је карту СФРЈ према Торнтвајтовој класификацији, али пошто та класификација није била адекватна за физичко-географски простор СФРЈ, брзо бива напуштена (Савић и Обуљен, 1979).



Слика 4. Класификација климата према Торнтвајту за бившу СФРЈ  
В- семихумидан климат; С-хумидан климат; А-влажан климат  
(Обуљен, 1979)

Главни циљ овог поглавља је да се помоћу Торнтвајтовог индекса влажности изврши биоклиматска делинеација региона различитог степена влажности у Србији и добијени резултати потврде „помоћним“ класификацијама-Ембержеовом и Ривас-Мартинезовом. У том смислу, компарација је урађена између климатских индекса Торнтвајта, Ембержеа и Ривас-Мартинеза, а у циљу најбоље репрезентације различитих климатских региона у Србији. У складу са изнетим циљем, постављене су следеће радне хипотезе: (h1) Класификација климата према Торнтвајту је у највећој мери условљена динамичко-орографским факторима, тј. резултат је разлика у просторној дистрибуцији и годишњем ходу температуре ваздуха и падавина у Србији; (h2) Између два 30-годишња нестандардна климатска периода дошло је до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија према Торнтвајту; (h3) Просторна дистрибуција и варијација климатских класификационих

категорија према Ембержеу и Ривас-Мартинезу у великој мери показује подударност са Торнтвајтовом класификацијом.

## 6.2. База података и методологија

Анализа је вршена на вишегодишњем месечном нивоу, а израчунавања су вршена у софтверском пакету *PAST 3.17*.<sup>24</sup>, док су карте исцртаване у програму *QGIS 2.8*.<sup>25</sup>

Ембержеов индекс аридности класификује климу Медитерана на основу три важна климатска параметра (падавине, температура, испаравање), а која су у вези са вегетационим зонама (Emberger, 1930, 1932). За северну границу сушне зоне Емберже узима северозападну Африку, на основу које дефинише квоцијент влаге. Ембержеов индекс аридности (*IE*) је одређен на следећи начин:

$$IE = 100 * P / M^2 - t^2, \quad (3)$$

где су *P*-просечне годишње падавине [mm], *M*-просечна температура најтоплијег месеца [°C], *t*-просечна температура најхладнијег месеца [°C]. Испаравање је дефинисано разликом између средњих месечних температура најтоплијег и најхладнијег месеца у години, а у вези са тим је и раст вегетације. Климатски типови према Ембержеу су приказани у табели испод (табела 1).

Табела 1. Климатски типови према Emberger (1932)

Климатски тип	Индекс аридности (IE)
Хумидан	>90
Субхумидан	50-90
Семиаридан	30-50
Аридан	<30

Према класификацији коју даје Rivas-Martinez (1996), сви климати на Земљи се могу класификовати у 5 општих макробиоклиматских категорија: Тропски (*Tr*), Медитерански (*Me*), Умерени (*Te*), Бореални (*Bo*) и Поларни (*Po*), а приказани су у табели 2:

---

<sup>24</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/>

<sup>25</sup> <http://www.qgis.org/en/site/>

**Табела 2.** Граничне вредности географске ширине које одговарају макробиоклиматима на северној геобиосфери

Број	Макробиоклимат	Скр.	Северна хемисфера
1	Тропски	Tr	0 <sup>0</sup> -35 <sup>0</sup> N
2	Медитерански	Me	23 <sup>0</sup> -52 <sup>0</sup> N
3	Умерени	Te	23 <sup>0</sup> -66 <sup>0</sup> N
4	Бореални	Bo	43 <sup>0</sup> -71 <sup>0</sup> N
5	Поларни	Po	51 <sup>0</sup> -90 <sup>0</sup> N

(Извор: [http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_2.htm#2c](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm#2c))

Ако се узме у обзир физичко-географски положај Србије, оно што је битно у овом поглављу је да се одреди граница између Медитеранског и Умереног макробиоклимата, а у циљу утврђивања њихове просторне дистрибуције. Како би се утврдила поменута граница, неопходно је израчунати омбротермички индекс летњег времена ( $I_{ov}$ ):

$$I_{ov} = \sum P_{jun} + P_{jul} + P_{avg} / \sum T_{jun} + T_{jul} + T_{avg}, \quad (4)$$

где су  $P$  падавине у летњим месецима, а  $T$  температура летњих месеци. У табели 3 је приказан однос ових параметара:

**Табела 3.** Климатски типови према Rivas-Martinez (1996)

Климатски типови	$I_{ov}$
Медитерански	<1,5
Прелазни	1,5 < $I_{ov}$ < 2
Умерени	>2

Годишњи омбротермички индекс ( $I_{ov}$ ) својим вредностима одређује интервал распона омбро типова и омбротермичких хоризоната за све макробиоклимате на планети и приказан је у табели испод:

Табела 4. Приказ омбро типова и омбротермичких хоризоната који се јављају на планети

Омбро типови	Омбротермички хоризонти	Скр.	$I_{ov}$
1. Ултрахипераридни	1. Ултрахипераридни	<i>Uha</i>	<0.1
2. Хипераридни	2.а. Нижи хипераридан	<i>Hai</i>	0.1-0.2
	2.б. Виши хипераридан	<i>Has</i>	0.2-0.3
3. Аридни	3.а. Нижи аридан	<i>Ari</i>	0.3-0.6
	3.б. Виши аридан	<i>Ars</i>	0.6-1.0
4. Семиаридни	4.а. Нижи семиаридан	<i>Sai</i>	1.0-1.5
	4.б. Виши семиаридан	<i>Sas</i>	1.5-2.0
5. Суви	5.а. Нижи сув	<i>Sei</i>	2.0-2.8
	5.б. Виши сув	<i>Ses</i>	2.8-3.6
6. Субхумидни	6.а. Нижи субхумидан	<i>Sui</i>	3.6-4.8
	6.б. Виши субхумидан	<i>Sus</i>	4.8-6.0
7. Хумидни	7.а. Нижи хумидан	<i>Hui</i>	6.0-9.0
	7.б. Виши хумидан	<i>Hus</i>	9.0-12.0
8. Хиперхумидни	8.а. Нижи хиперхумидан	<i>Hhi</i>	12.0-18.0
	8.б. Виши хиперхумидан	<i>Hhs</i>	18.0-24.0
9. Ултрахиперхумидни	9. Ултрахиперхумидан	<i>Uhu</i>	>24.0

(Извор: [http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global\\_bioclimatics\\_2.htm#2c](http://www.globalbioclimatics.org/book/bioc/global_bioclimatics_2.htm#2c))

Thorntwaite (1931) је предложио своју емпиријску класификацију користећи сложене једначине уз помоћ којих долази до индекса ефективности падавина (*precipitation effectiveness index-PE*). Овај индекс је добијен успостављањем односа између месечних сума падавина ( $P$ ) и месечног испаравања ( $E$ ) на годишњем нивоу као збир 12-месечних вредности ова два параметра ( $P/E$ ). Како се евапорација мери на малом броју станица, Thorntwaite (1931) уводи комплексну једначину која приказује однос  $P/E$  као функцију месечне количине падавина [mm] и средње месечне температуре [ $^{\circ}\text{C}$ ]. До ове једначине Торнтвајт је дошао испитивањем везе између температуре, падавина и евапорације на 21 станици у западном делу САД, где је евапорација мерена у периоду од 4-12 година, од априла до септембра (Вујевић, 1956; Radinović, 1984). Једначина има следећи облик:

$$PE = \sum_{i=1}^{n=12} 1.65 \times (p/t + 12.2)^{10/9}, \quad (5)$$

где  $p$  представља месечне падавине [mm], а  $t$  месечну температуру [ $^{\circ}\text{C}$ ]. Thorntwaite (1931) наводи да примена једначине (5) на друге области и периоде у години представља недовољно оправдану екстраполацију. Ова једначина (5) даје добре резултате за интервал температура између  $5^{\circ}\text{C}$  и  $30^{\circ}\text{C}$ . Једначина (5) је добијена одређивањем суме односа  $P/E$  за сваки месец у години и множењем фактором 10 како би се уклонили разломци. Ова једначина (5) је базична величина за класификацију климата према индексу влажности. Недостатак представља чињеница да из температуре и падавина није могуће добити количину воде која је доступна биљкама

(Radinović, 1984). На основу једначине (5), Thornthwaite (1931) је, упоређивањем вредности из индекса влажности са вегетацијом у различитим областима, дефинисао пет различитих климатских класификационих категорија које су приказане у табели испод:

Табела 5. Класификација климата на основу индекса влажности (PE) према Thornthwaite (1931)

Климатски тип	Скр.	Тип вегетације	PE индекс
Влажан	A	шума са постојаном кишом	>128
Хумидан	B	шума	64-127
Субхумидан	C	трава	32-63
Семиаридан	D	степа	16-31
Аридан	E	пустиња	<16

(Извор: Вујевић, 1956)

Прорачун ових климатских типова, посебно PE индекса, могућ је и коришћењем Торнтвајтовог номограма који представља адаптацију на класификацију из 1931 године. Номограм је приказан у табели испод:

Табела 6. Торнтвајтов номограм климатских типова

0	F' Вечити снег и лед					F'
16	E' Тундра					E'
32	D' Тајга					D'
64	Пустинја	Степа	Трава	Шума	Шума са постојаном кишом	C'
						B'
128	E	D	C	B	A	A'
	PE индекс					

(Извор: адаптирано од Essenwanger, 2001)

Коначно, Thornthwaite (1933), слично Кепену, разликује климате према количини падавина коју одређена област прими у току године по сезонама. Зато уводи и треће слово (табела 7) у своју формулу које дефинише режим падавина:

Табела 7. Треће слово према Thornthwaite (1933)

Слово	Режим падавина у току године
<i>r</i>	падавине равномерне у току године
<i>s</i>	летњи дефицит падавина
<i>w</i>	зимски дефицит падавина
<i>d</i>	дефицит падавина у свим сезонама

Пошто сваки климат не може да поседује сваки режим падавина, односно свако слово, тај однос према Thornthwaite (1933) је приказан у табели 8.

Табела 8. Тип климата и режим падавина према Thornthwaite (1933)

Тип климата	Треће слово (режим падавина)
Влажан (A)	r
Хумидан (B)	r, s, w
Субхумидан (C)	r, s, w, d
Семиаридан (D)	s, w, d
Аридан (E)	d

Thornthwaite (1933) у својој формули не дефинише помак екстрема у режиму падавина. У том смислу, аутор предлаже допуну Торнтвајтове формуле увођењем четвртог слова које ће егзактније описати климат неког места или територије, тј. допунити већ постојећу формулу. Модификација је представљена у табели 9.

Табела 9. Тип климата према Thornthwaite (1933) и помак екстрема према аутору

Тип климата	Четврто слово (помак екстрема)
Влажан (A)	m' -максимум падавина у летњим месецима
Хумидан (B)	
Субхумидан (C)	
Семиаридан (D)	m''- максимум падавина у зимским месецима
Аридан (E)	m'''-максимум падавина у касно пролеће или касну јесен
	-----

Применом Торнтвајтове формуле може се доћи до 120 различитих климатских класификационих категорија, што може представљати проблем при изради карте или одређивању климата у различитим деловима Земље. Зато је Thornthwaite (1933) израдио карту северноамеричког континента са 32 климатске категорије за своју класификацију. Коначно, формула према Торнтвајту би имала следећи облик (према аутору):

$$ТН = N + N' + n + (n'), \quad (6)$$

где је  $N$  прво слово које означава климатски тип према влажности,  $N'$  означава тип вегетације који је у релацији са типом влажности,  $n$  означава режим падавина, а  $n'$  је слово које означава појаву максимума падавина у току године. Применом ове формуле може се дефинисати климат Крагујевца ( $\varphi = +44^\circ$ ;  $\lambda = +20,9^\circ$ ;  $h = 185 \text{ m}$ ) за период 1951-1980.:

### Крагујевац- $BB'w(m')$ ,

а чита се: хумидан климат са шумом као доминантним типом вегетације и зимским дефицитом падавина с максимумом падавина у летњим месецима.

Примењен је и метод омбротермичких дијаграма и такви дијаграми су израђени за станице типичне представнике различитих климата које су лоциране у различитим физичко-географским регионима у Србији. Дијаграм је конструисан на следећи начин:

- 1) на апсциси су приказани месеци у години почев од јануара;
- 2) на ординати лево је приказана температура ваздуха у  $^{\circ}\text{C}$  и десно сума падавина у mm;
- 3) црвеном бојом је предствљена термичка крива, а плавом бојом омбрографичка крива;
- 4) простор између термичке и омбрографичке криве шрафиран је сивом бојом и означава суву сезону у току године.

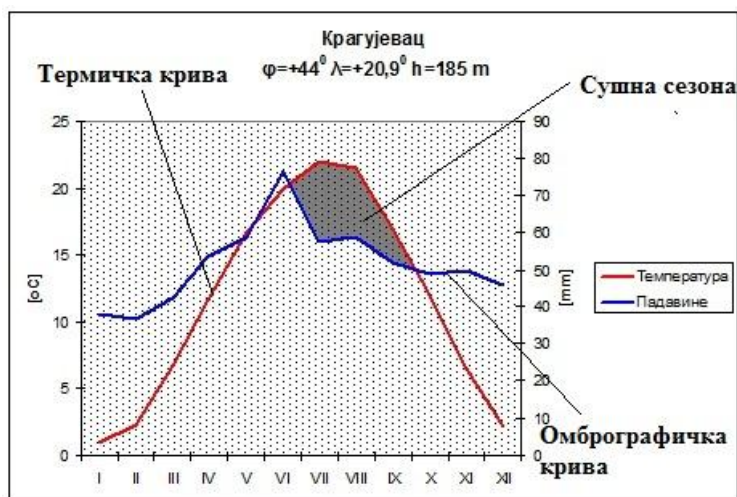
Омбротермички дијаграм дефинише сушну сезону следећом релацијом:

$$P < 2T \quad , \quad (7)$$

док је „полусув“ месец дефинисан као месец у којем су укупне падавине два пута веће и три пута мање од температуре<sup>26</sup>:

$$2T < P < 3T \quad (8)$$

Графички приказ и објашњење је приказано на графикону 1, а као пример је узета метеоролошка станица Крагујевац за период 1981-2010.



Графикон 1. Омбротермички дијаграм за станицу Крагујевац

<sup>26</sup> <http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000682/068203eo.pdf>

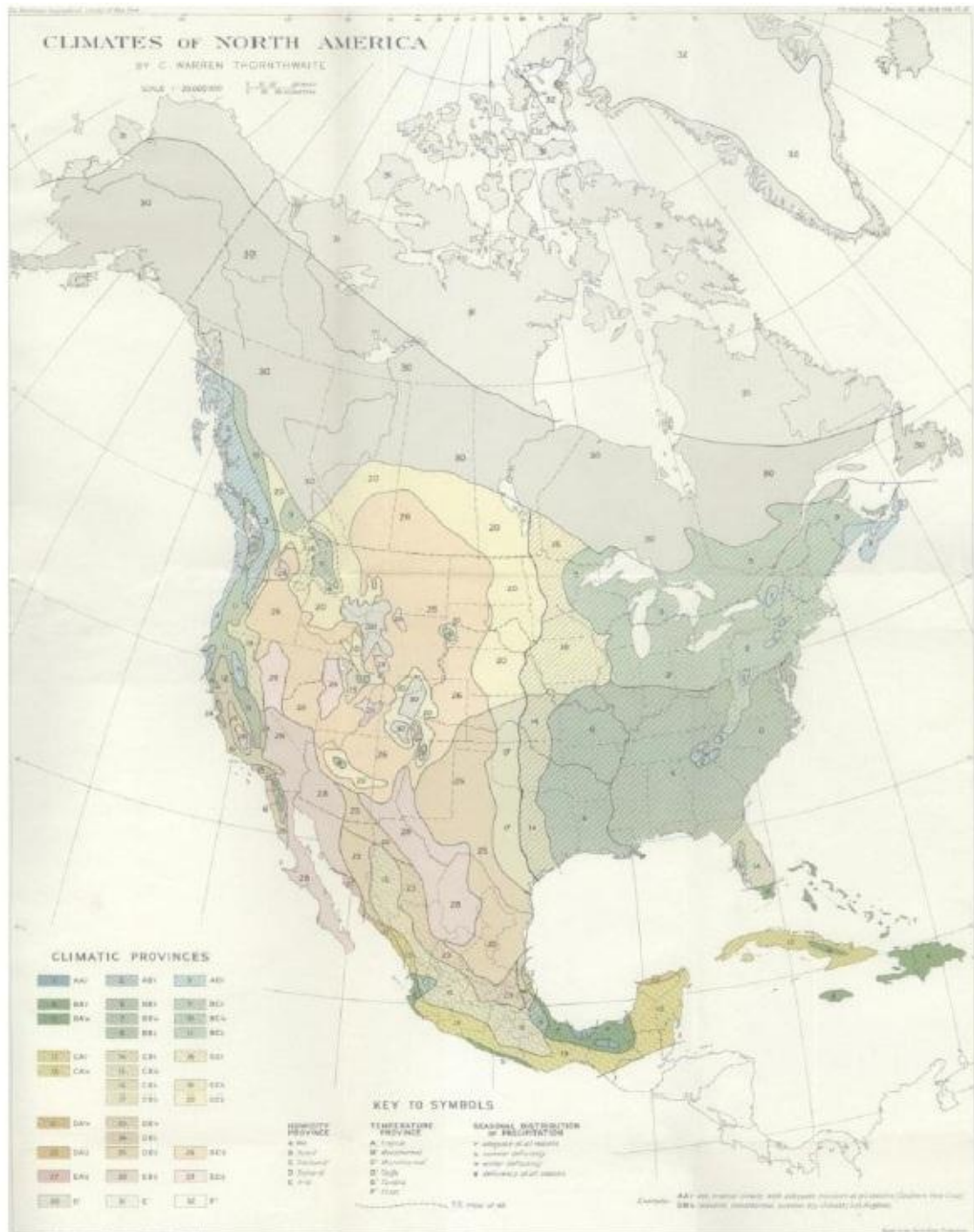
### 6.3. Анализа карте Северне Америке према Торнтвајтовој класификацији из 1942. године

Thornthwaite (1933) је и поред очигледних недостатака својих индекса израдио карту климатских класификационих категорија за Северну Америку, која даје увид у просторну дистрибуцију и варијацију климата на овом простору. Торнтвајт наводи да примена његових индекса није довољно оправдана за друге области на Земљи. Карта Торнтвајтових климата (слика 5) је преузета из мастер тезе Steven K. Walterscheid-a (2011). Карта је урађена у конусној пројекцији у размери 1:20 000 000, а обухвата простор од Канадског штита са острвима Гренланд и Исланд на северу, па све до државне границе Мексика са Гватемалом и Белизеом на југу. Крајњи северни делови Гватемале и Белизеа су такође класификовани. Карта такође обухвата и острва Кубу, Јамајку, Бахаме, Хаити и Доминикану. На карти се разликују укупно 32 климатске провинције, од којих је већина дефинисана са три слова. Такође, аутор је дао и „Кључ за симболе“. Климатска провинција А (плава боја) разликује 3 подтипа климе, климатска провинција В (зелена боја) разликује 8 климатских подтипова, климатска провинција С (жута боја) разликује 9 климатских субтипова, климатска провинција D (наранџаста боја) разликује 6 подтипова климе, климатска провинција Е (розе боја) разликује 3 подтипа климе, док климатске провинције D', E' и F' разликују само један подтип климе.

Ако се посматра карта (слика 5), на први поглед се уочава да се највећи диверзитет климатских типова опажа у западном делу Сједињених Држава између 30. и 50. паралеле и западно од 110. меридијана. То је и логично, с обзиром да је ово комплексан простор у физичко-географском смислу, поготово у погледу рељефа. Може се рећи да су на оваквом простору заступљене скоро све климатске провинције, тј. запажа се распон климатских класификационих категорија од влажног А климата (обала Британске Колумбије, око Ванкувера, обала државе Вашингтон око Сијетла и Портланда), до семиаридног (D) и аридног (E) климата у Калифорнији (Лос Анђелес, Сан Дијего). Док Сан Франциско и Сакраменто имају влажни мезотермални климат са дефицитом падавина у летњем периоду. Најбогатији падавинама је управо регион Сијетла који има влажни мезотермални климат са равномерно распоређеним падавинама у току године. На источној обали САД ситуација је крајње различита јер се разликују само две главне климатске провинције: влажна микротермална и мезотермална. Главни тип климата који дефинише полуострво Флориду је субхумидни мезотермални климат са равномерно распоређеним падавинама у току године. Простор око Сан Антониа у Тексасу је дефинисан субхумидним мезотермалним климатом са дефицитом падавина у свим сезонама. Климат око Великих језера је



дефинисан као хумидни микротермални климат са равномерно распоређеним падавинама у току године.



Слика 5. Торнтвајтова класификација Северноамеричког континента (Walterscheid, 2011)

Климат Високих равница је углавном дефинисан као семиаридан микротермални са дефицитом падавина у свим сезонама и као семиаридан мезотермални са дефицитом падавина у току године.

Ако би се анализирали климати у Мексику, закључак би био да постоји климатски диверзитет и распон климата од влажног до аридног, тј. сви типови климата су заступљени. И у овом случају реч је о физичко-географским факторима који утичу на климу Мексика, у првом реду рељеф. На полуострву Јукатан је заступљен субхумидни мезотермални климат са зимским дефицитом падавина, док су највлажнији делови Мексика, обале држава Табаско и Веракруз, дефинисани влажним и хумидним тропским климатом са падавинама током целе године. Простор Мексичке висоравни је дефинисан аридним мезотермалним климатом са дефицитом падавина у току године, као и семиаридним мезотермалним климатом са зимским дефицитом и дефицитом падавина у свим сезонама у току године.

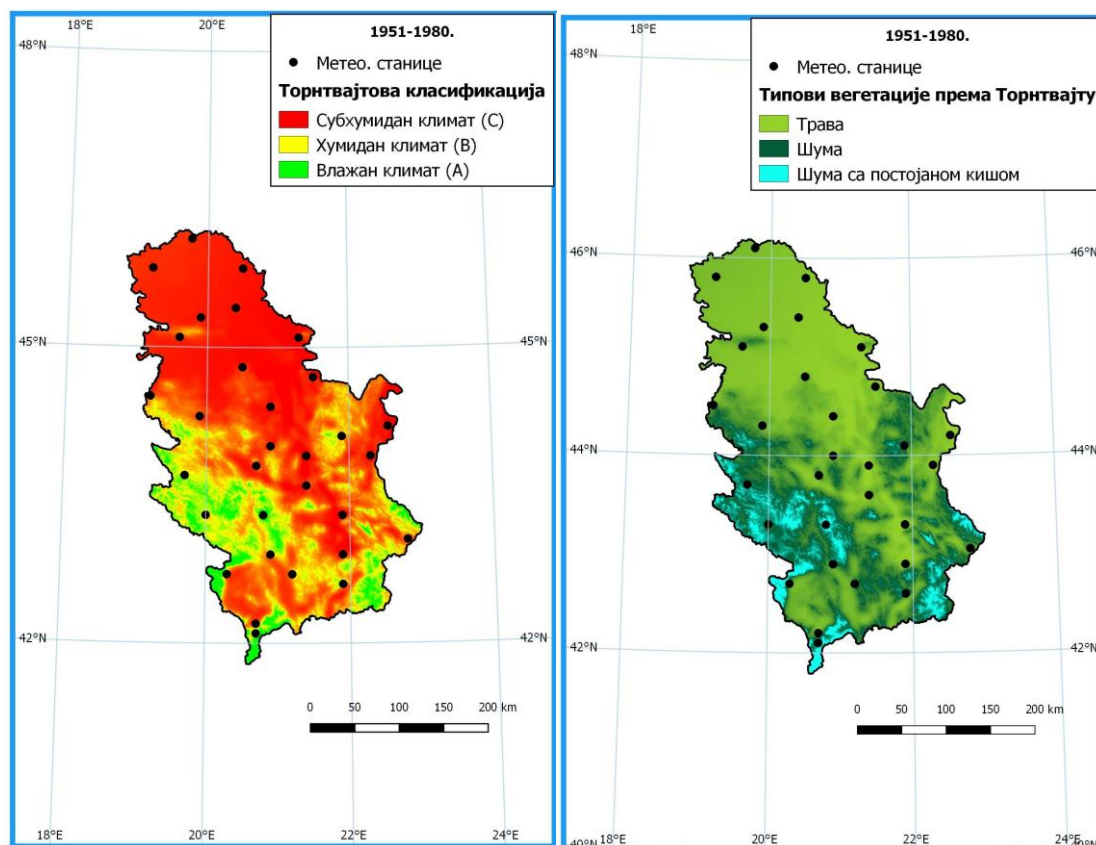
Острво Куба је дефинисано субхумидним тропским климатом са равномерно распоређеним падавинама у току године, док Јамајка, Бахами, Порторико и Доминикана имају хумидни тропски климат са равномерно распоређеним падавинама у току године.

Климат Канаде у највећем делу (сем крајњег југа), Аљаске, Гренланда и Исланда је дефинисан климатом тајге, тундре и вечитог снега и леда.

#### 6.4. Резултати

Анализа просторне дистрибуције и варијације климатских индекса коришћених у анализи урађена је у складу са претходно дефинисаним циљевима и хипотезама истраживања. Добијено је укупно 12 тематских карата, за сваки индекс посебно и за главни период осматрања (1951-2010), као и за оба субпериода (1951-1980., 1981-2010.). Компаративном методом је затим извршена анализа субпериода и нумерички су дефинисане евентуалне промене у просторној дистрибуцији коришћених индекса. Карте су детаљно анализирани и прегледане.

На карти 1, за период 1951-1980., приказан је Торнтвајтов индекс влажности ( $PE$ ), чије се вредности крећу од 163,8 (Копаоник), тј. влажног (А) климата са шумом са постојаном кишом, до 56,2 (Палић), указујући на субхумидан климат са травом као вегетацијом. Високопланински делови западне и југозападне Србије представљају највлажнији и просторно највећи климатски регион у Србији са шумом са постојаном кишом. Поред станице Копаоник, станице Златибор (122,9), Драгаш (98,1), Сјеница (97,7) и Пећ (96,3) имају карактеристике хумидног климата. Највећи број станица у Србији показује вредности овог индекса који их сврстава у субхумидни (С) климат. На карти 1 је приказан опсег климатских класификационих категорија од субхумидног (С) до влажног (А) климата.



Карта 1. Торнтвајтова класификација према индексу влажности ( $PE$ ) (лево) и типови вегетације (десно) за 1951-1980.

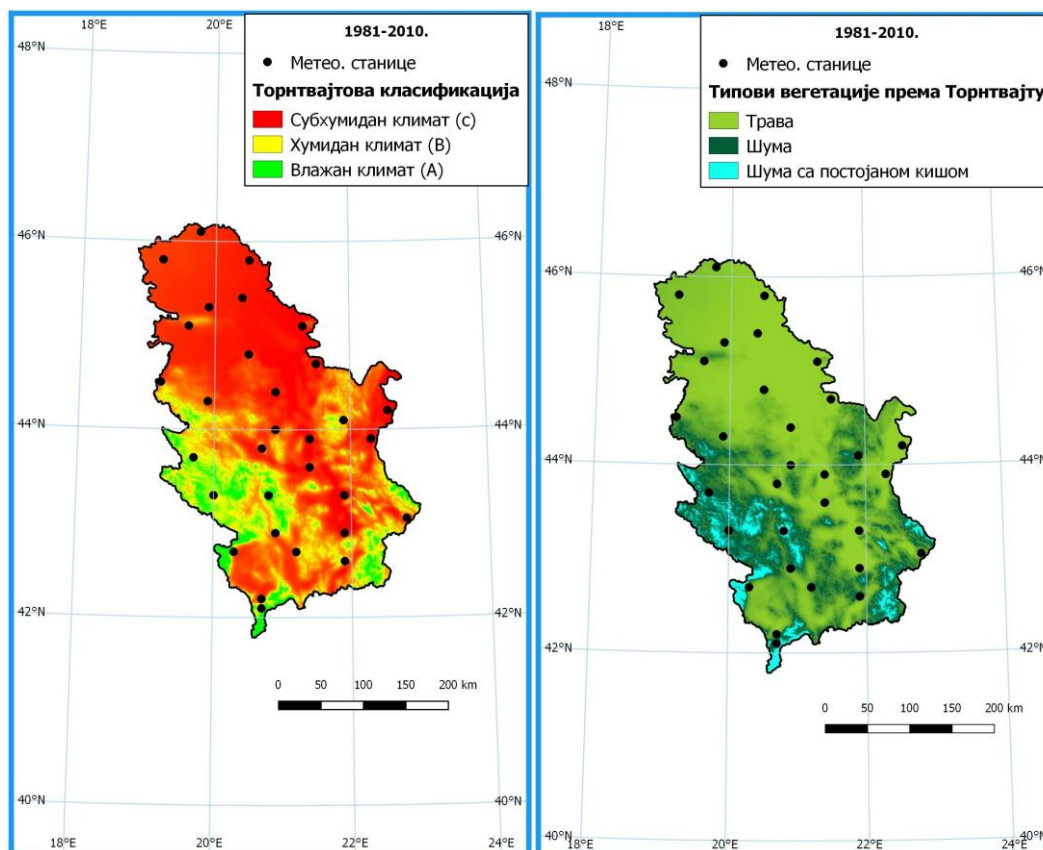
Највише и најниже вредности вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) су дате у табели 10.

Табела 10. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса влажности за период 1951-1980.

Мах индекс влажности					Мин индекс влажности				
Станице	$\lambda$ [ $^{\circ}$ ]	$\phi$ [ $^{\circ}$ ]	$h$	$PE$	Станице	$\lambda$ [ $^{\circ}$ ]	$\phi$ [ $^{\circ}$ ]	$h$	$PE$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	163.8	Палић	+46,1	+19,9	102	56.2
Златибор	+43,7	+19,7	1028	122.9	Кикинда	+45,9	+20,5	81	58.1
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	98.1	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	59.6
Сјеница	+43,3	+20	1038	97.7	Ниш	+43,3	+21,9	202	60.6
Пећ	+42,7	+20,3	498	96.3	Нови Сад	+45,3	+19,9	84	62

Континентални климат је потврђен на шест станица, тј. у Банату, Бачкој и Нишкој котлини. Може се рећи да је ово у складу са резултатима претходних истраживања и физичко-географским карактеристикама наведених простора. Средња вредност Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) за 31 станицу за 30-годишњи период је 77,3, што указује да је климат

Србије у овом периоду био хумидан са шумом као доминантним типом вегетације. Према Торнтвајтовом индексу влажности ( $PE$ ), најнижи ефекти су откривени на станицама у Војводини (Банат и Бачка), као и на станици Ниш, док су највиши ефекти забележени на станицама на југозападу, западу, крајњем југу Косова и Метохије, као и крајњем југоисточном делу Србије. Ово се може довести у везу са просторним распоредом и режимом падавина на територији наше земље.



Карта 2. Торнтвајтова класификација према индексу влажности ( $PE$ ) (лево) и типови вегетације (десно) за 1981-2010.

На карти 2 су приказане вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) за период 1981-2010. Вредности овог индекса крећу се од влажног (А) климата на станици Копаоник (162,4), до субхумидног (С) климата на станици Кикинда (55,4). Апсолутна разлика индекса влажности ( $PE$ ) између ове две станице у овом периоду износи 107. Као и у првом периоду, вредности индекса влажности ( $PE$ ) су у складу са општим распоредом падавина у Србији. Опсег климатских класификационих категорија исти је као и у првом периоду, тј. креће се од субхумидног (С) до влажног (А) климата.

Максималне и минималне вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) приказане су у табели 11.

Табела 11. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса влажности за период 1981-2010.

Мах индекс влажности					Мин индекс влажности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$PE$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$PE$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	162.4	Кикинда	+45,9	+20,5	81	55.4
Златибор	+43,7	+19,7	1028	130.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	56.6
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	101.3	Палић	+46,1	+19,9	102	58
Сјеница	+43,3	+20	1038	98.2	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	58.1
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	95.3	Врање	+42,6	+21,9	432	58.4

Из табеле 11 се може извести закључак да су северна Бачка, делови Баната и Нишка и Врањска котлина делови Србије који показују најниже ефекте индекса влажности ( $PE$ ). Средња вредност индекса влажности ( $PE$ ) за посматрани период износи 74,3, што је за 3 мање у односу на први период. Из овога се може закључити да је дошло до веома малих промена на макро нивоу, док су те промене ипак евидентне на појединим станицама у Србији. Резултат добијен у овој анализи је веома битна чињеница која може помоћи у разумевању и идентификовању могућих сигнала климатских промена које се доводе у везу са глобалним загревањем. Највиши и најнижи ефекти Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) су забележени на станицама Кобаоник (162,4) и Кикинда (55,4). Као и у првом периоду, индекс влажности ( $PE$ ) показује више вредности на планинским станицама које примају већу количину падавина у току године, тј. под већим су утицајем маритимних ваздушних маса.

Ако се упореде просторна дистрибуција и варијација Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) на картама 1. и 2., за периоде 1951-1980. и 1981-2010., може се извести закључак да су промене на макро нивоу визуелно неочљиве, али су ипак детектоване на појединим станицама. Те промене најбоље приказују забележене вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) на станицама у првом, односно другом периоду осматрања.

У табели 12 дат је компаративни приказ вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) за два посматрана периода, 1951-1980. и 1981-2010., како би се стекла боља слика о променама у просторној дистрибуцији овог климатског индекса.

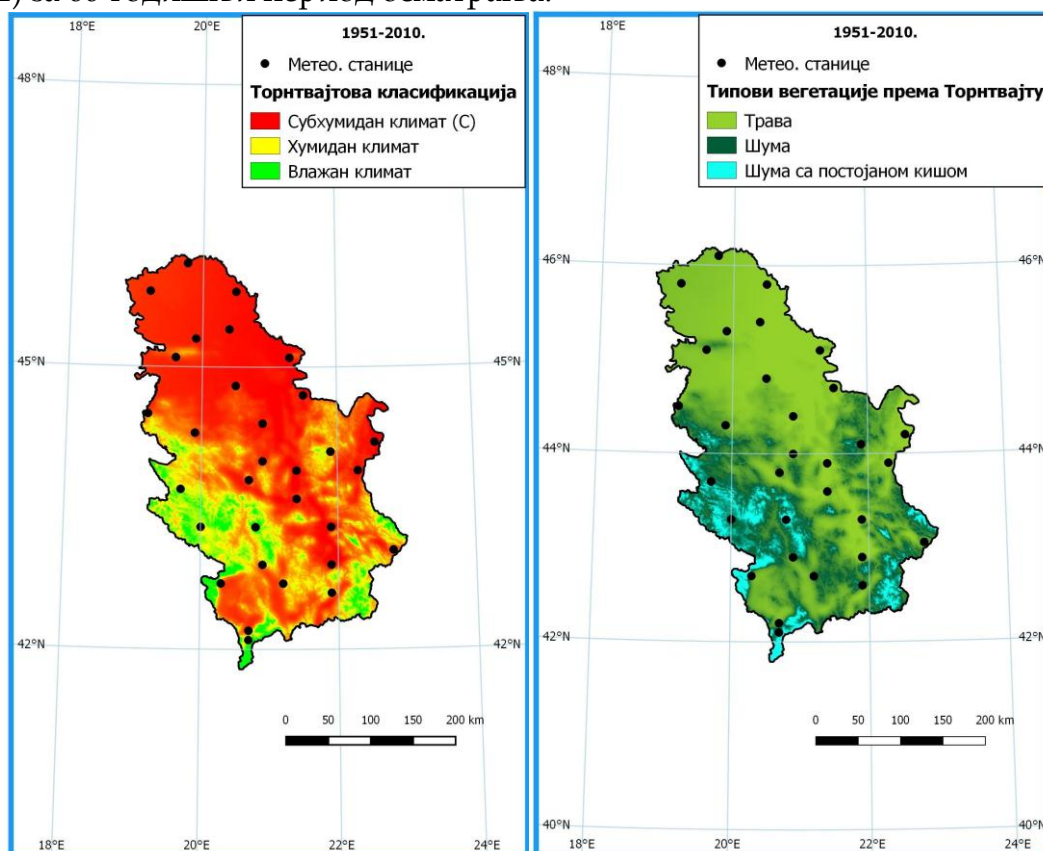


Табела 12. Класификација климата према индексу влажности Thornthwaite (1931) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	PE	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција PE	Однос PE (%)	Фреквенција PE	Однос PE (%)
Влажан (A)	>128	1	3,2	2	6,5
Хумидан (B)	64-127	24	77,4	18	58,1
Субхумидан (C)	32-63	6	19,4	11	35,5
Семиаридан (D)	16-31	0	0	0	0
Аридан (E)	<16	0	0	0	0

Из табеле 12 се може закључити да на територији Србије не постоји семиаридан (D) и аридан (E) климат. Процент субхумидног (C) климата је порастао у другом периоду за 16,1%, са 19,4% на 35,5%, што говори о променама у вегетационом погледу-територија под травом као доминантним типом вегетације је порасла. Процент хумидног (B) климата варира од 77,4% до 58,1%, тј. смањује се у другом периоду. Може се рећи да је присутна и аридизација климата са смањењем површина под шумом као доминантним типом вегетације. Влажан (A) климат је најмање процентуално варирао, са 3,2% на 6,5%.

На карти 3 и у табели 13 дата је просторна дистрибуција и максималне и минималне вредности Торнтвајтовог индекса влажности (PE) за 60-годишњи период осматрања.

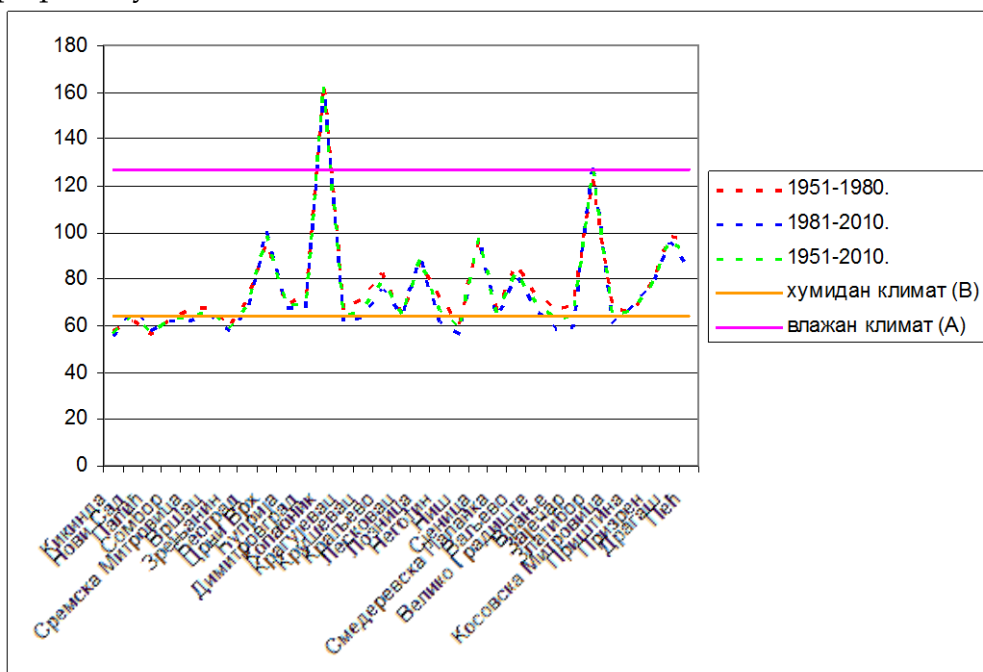


Карта 3. Торнтвајтова класификација према индексу влажности (PE) (лево) и типови вегетације (десно) за 1951-2010.

**Табела 13.** Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса влажности за период 1951-2010.

Мах индекс влажности					Мин индекс влажности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$PE$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$PE$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	163.1	Кикинда	+45,9	+20,5	81	56.7
Златибор	+43,7	+19,7	1028	126.6	Палић	+46,1	+19,9	102	57.1
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	98.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	58.6
Сјеница	+43,3	+20	1038	97.9	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	58.8
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	96.7	Сомбор	+45,8	+19,2	88	62.5

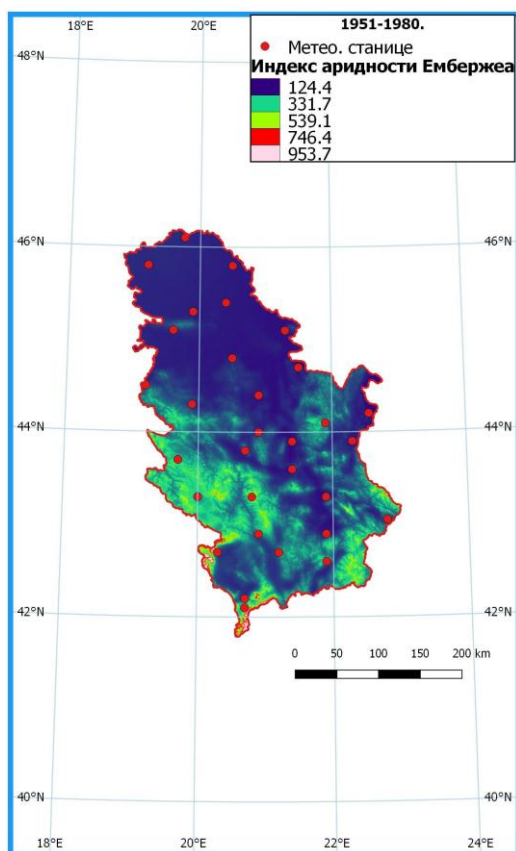
Компаративни приказ односа вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикаону 2.



**Графикон 2.** Компаративни приказ вредности Торнтвајтовог индекса влажности ( $PE$ ) за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.

Карта 4 приказује индекс аридности ( $IE$ ) за период 1951-1980., који варира од 953,8 (Копаоник) до 124,4 (Палић). Апсолутна разлика индекса аридности у Србији у овом периоду износи 829,4, што говори у прилог томе да је климат под утицајем различитих физичко-географских фактора диверзификован на овако „релативно малом“ простору. Највише вредности овог индекса распоређене су углавном на станицама у западном, југозападном и југоисточном делу уже Србије, као и на крајњем југу и југозападу Косова и Метохије које су под већим утицајем маритимних ваздушних маса. Опсег климатских типова према  $IE$  индексу, приказаних

на карти 4, припада само хумидном климату са различитим степеном овог ефекта.



Карта 4. Просторна дистрибуција Ембержеовог индекса аридности за период 1951-1980.

У табели 14 приказане су максималне и минималне вредности индекса аридности за период 1951-1980.

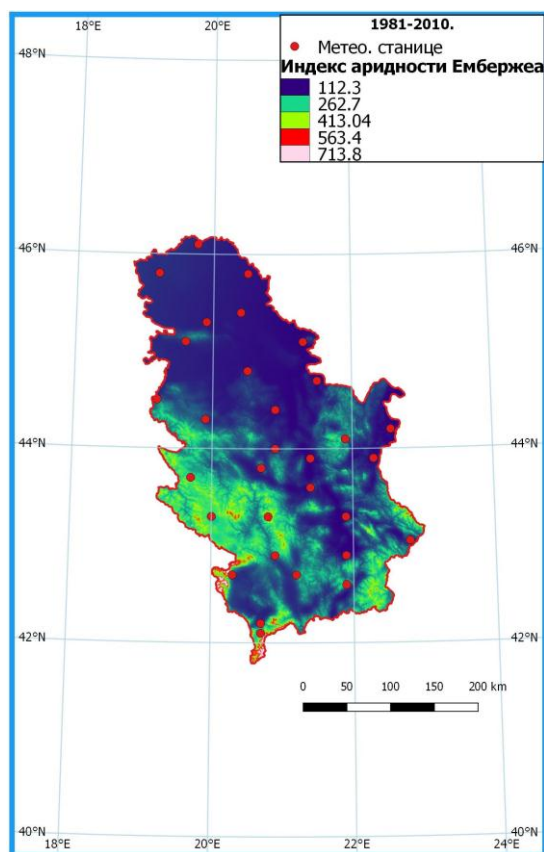
Табела 14. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности аридности за период 1951-1980.

Мах индекс аридности					Мин индекс аридности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$IE$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$IE$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	953.8	Палић	+46,1	+19,9	102	124.4
Златибор	+43,7	+19,7	1028	356.7	Кикинда	+45,9	+20,5	81	126.2
Сјеница	+43,3	+20	1038	343.5	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	129.3
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	262.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	131.2
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	226.7	Нови Сад	+45,3	+19,9	84	134.2

Посматрајући табелу 14, може се извести закључак да се максималне вредности индекса аридности  $IE$  јављају управо на висинским станицама (Кобаоник, Златибор, Сјеница, Драгаш и Црни Врх), што је у складу са општим географским распоредом падавина у Србији. Најниже вредности



бележе станице које су лоциране у АП Војводини (Банат и Бачка), као и станица Ниш. Ово је такође у складу са просторним распоредом падавина у Србији. Просечна вредност *IE* индекса за овај 30-годишњи период износи 197,5 и указује да је климат на територији Србије био хумидан, генерално.



Карта 5. Просторна дистрибуција Ембержеовог индекса аридности за период 1981-2010.

Просторна дистрибуција *IE* индекса за период 1981-2010. приказана је на карти 5. Његове вредности варирају од 713,8 до 112,3 (станице Копаоник и Кикинда), тј. припадају хумидном климату са различитим степеном овог ефекта. Апсолутна разлика између ових вредности износи 601,5, што говори у прилог климатском диверзитету наше земље условљеном доминантним физичко-географским факторима који утичу на просторну варијацију климатских елемената. Опсег климатских класификационих типова на карти 5 варира у оквиру хумидног климата.

У табели 15 приказане су највише и најниже вредности *IE* индекса за период 1981-2010.

Табела 15. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса аридности за период 1981-2010.

Мах индекс аридности					Мин индекс аридности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$IE$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$IE$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	713.8	Кикинда	+45,9	+20,5	81	112.3
Златибор	+43,7	+19,7	1028	336.6	Неготин	+44,2	+22,6	42	113.3
Сјеница	+43,3	+20	1038	290.3	Ниш	+43,3	+21,9	202	114.9
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	275.3	Зајечар	+43,9	+22,3	144	115.9
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	246.2	Палић	+46,1	+19,9	102	116.1

Максималне вредности се, као и у првом периоду, јављају на планинским станицама на већим надморским висинама. Минималне вредности су забележене на станицама у Неготинској крајини, Нишкој котлини, северном Банату и Бачкој. Просечна вредност  $IE$  индекса за овај 30-годишњи период износи 173,7, тј. промена износи 23,8, респективно. Ово говори у прилог томе да је на макро нивоу дошло до малих промена у просторној дистрибуцији овог индекса.

Ако се упореде просторна дистрибуција и варијација  $IE$  индекса на картама 4 и 5, за периоде 1951-1980. и 1981-2010., може се извести закључак да су промене визуелно евидентне на територији Србије. Те промене су уочљиве на висинским станицама у западном и југозападном делу уже Србије.

У табели 16 дат је компаративни приказ вредности  $IE$  индекса за два посматрана периода, 1951-1980. и 1981-2010., а у циљу утврђивања евентуалних промена у просторној дистрибуцији овог климатског индекса.

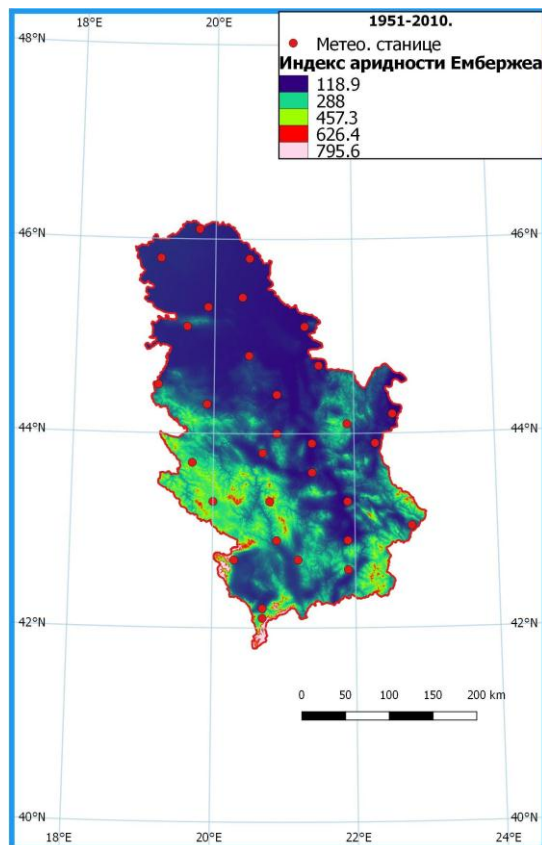
Табела 16. Класификација климата према индексу аридности Emberger-а (1932) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

Климат	$IE$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $IE$	Однос $IE$ (%)	Фреквенција $IE$	Однос $IE$ (%)
Хумидан	>90	31	100	31	100
Субхумидан	50-90	0	0	0	0
Семиаридан	30-50	0	0	0	0
Аридан	<30	0	0	0	0

Из табеле 16 се може извести закључак да до промена на макро нивоу у просторној дистрибуцији и варијацији индекса аридности у Србији између два посматрана периода није дошло, тј. промене су евидентирание на регионалном и локалном нивоу, а визуелно су верификоване на картама 4 и 5. Према резултатима добијеним применом

овог индекса, све станице укључене у анализу показују различити ефекат хумидног климата.

На карти 6 и у табели 17 дата је просторна дистрибуција и максималне и минималне вредности  $IE$  индекса за 60-годишњи период осматрања.

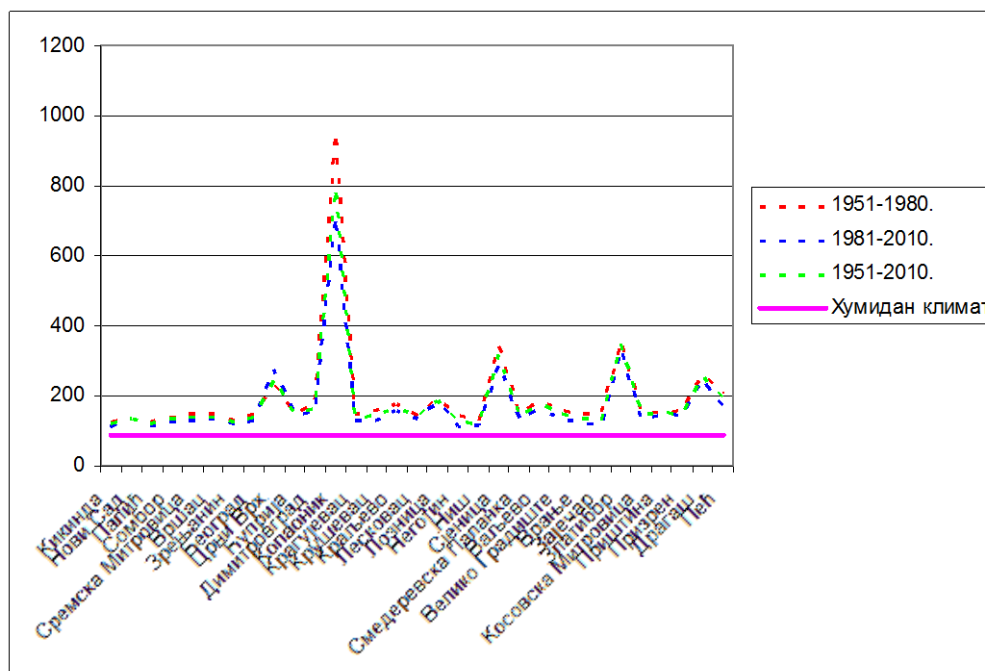


Карта 6. Просторна дистрибуција Ембержеовог индекса аридности за период 1951-2010.

Табела 17. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности индекса аридности за период 1951-2010.

Мах индекс аридности					Мин индекс аридности				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$IE$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$IE$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	795.6	Кикинда	+45,9	+20,5	81	118.9
Златибор	+43,7	+19,7	1028	346.6	Палић	+46,1	+19,9	102	120.1
Сјеница	+43,3	+20	1038	313.9	Ниш	+43,3	+21,9	202	122.7
Драгаш	+42,1	+20,7	1060	255.1	Зрењанин	+45,4	+20,4	80	123.9
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	248.5	Неготин	+44,2	+22,6	42	126.9

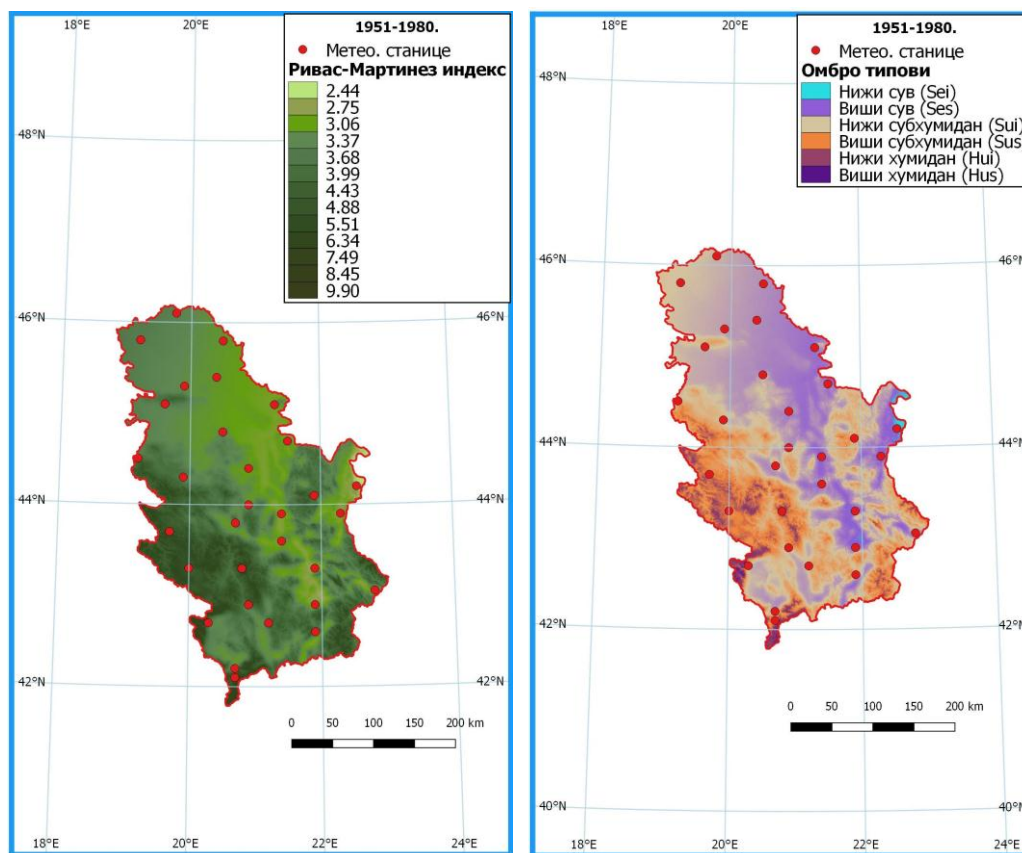
Компаративни приказ односа вредности  $IE$  индекса на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикону 3.



Графикон 3. Компаративни приказ вредности  $IE$  индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.

На карти 7 приказан је Ривас-Мартинез индекс и њему комплементарни омбро типови за период 1951-1980. На свим метеоролошким станицама (31), укљученим у анализу, вредности овог индекса су се кретале од нижих до виших позитивних, што подразумева да је заступљен умерени тип климата (вредности на свим станицама су  $>2$ ). То је у складу са географским положајем Србије и доминантним физичко-географским факторима који одређују климат наше територије. Вредности овог индекса варирају од 2,4 (Призрен), до 9,9 (Копаоник). Апсолутна разлика у вредности овог омротермичког индекса на посматраним станицама износи 7,5. Најниже ефекте овог индекса имају станице Призрен, Ниш, Неготин, Пећ и Приштина, тј. може се говорити о евентуалном утицају медитеранског климата на ширем простору око поменутих метеоролошких станица. Насупрот овим станицама, налазе се станице у вишим планинским пределима које имају веће ефекте овог индекса, тј. утицаји медитеранског климата су, у овом случају, минимални. У складу са поменутих вредностима омротермичког индекса Ривас-Мартинеза просторно су распоређени и комплементарни омбро типови од нижег сувог (Sei) у Неготинској, Призренској, Нишкој котлини и у околини Приштине, па све до вишег хумидног (Hus) типа на највишим станицама. Визеулно, просторна дистрибуција омбро типова је

у складу са просторном дистрибуцијом вредности омбротермичког индекса Ривас-Мартинеза.



Карта 7. Просторна дистрибуција Ривас-Мартинез индекса (лево) и омбро типова према истом индексу (десно) за период 1951-1980.

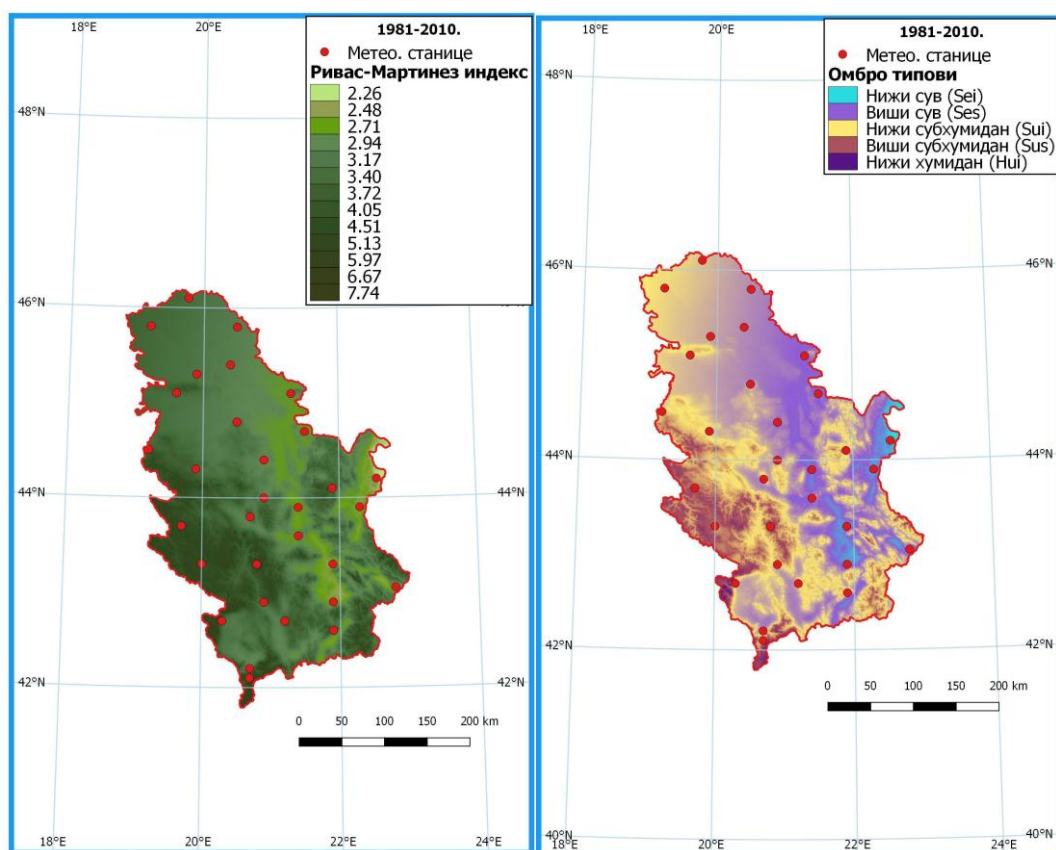
У табели 18 приказане су највише и најниже вредности Ривас-Мартинез индекса за 30-годишњи период.

Табела 18. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности омбротермичког индекса за период 1951-1980.

Мах омбротермичког индекса					Мин омбротермичког индекса				
Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$I_o$	Станице	$\lambda$ [°]	$\phi$ [°]	$h$	$I_o$
Кобаоник	+43,2	+20,8	1710	9.9	Призрен	+42,2	+20,7	402	2.4
Златибор	+43,7	+19,7	1028	5.8	Ниш	+43,3	+21,9	202	2.5
Сјеница	+43,3	+20	1038	4.8	Неготин	+44,2	+22,6	42	2.5
Лозница	+44,5	+19,2	121	4.4	Пећ	+42,7	+20,3	498	2.6
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	4.3	Приштина	+42,7	+21,2	573	2.6

Из табеле 18 се може закључити да се максималне вредности омбротермичког индекса јављају управо на станицама на већим надморским висинама, које у току године примају веће суме падавина и

лоциране су претежно у југозападном делу и западном делу уже Србије. Минималне вредности се јављају у оним деловима Србије који примају мање количине падавина, тј. под мањим су утицајем маритимних ваздушних маса, што је у складу са општим географским распоредом падавина у нашој земљи. Просечна вредност Ривас-Мартинез индекса за 30-годишњи период 1951-1980. износи 3,6, што говори о томе да се територија Србије налази у умереном климату са одговарајућим вегетационим типовима, тј. распон омбро типова и омбротермичких хоризоната се креће од нижег сувог (Sei), до вишег хумидног (Hus) типа.



Карта 8. Просторна дистрибуција Ривас-Мартинез индекса (лево) и омбро типова према истом индексу (десно) за период 1981-2010.

Омбротермички индекс (1981-2010) је приказан на карти 8. На свим метеоролошким станицама укљученим у анализу забележене су вредности сличне као у претходном периоду, тј. на територији Србије је заступљен умерени климат са одговарајућом типичном вегетацијом. Визуелно, може се рећи да у Србији преовладава умерени тип климата, али да поједине станице показују извесне ефекте медитеранског климата. Најнижи ефекти омбротермичког индекса забележени су на станицама Ниш, Врање, Призрен, Зајечар и Неготин (слично као и у претходном периоду), тј. ефекти показују блиске вредности онима у медитеранском климату, па се може рећи да су ови утицаји на датим станицама извесни. Распоред омбро

типова је у складу са вредностима које показује Ривас-Мартинез индекс и креће се од нижег сувог (Sei), до нижег хумидног (Hui).

Табела 19 приказује максималне и минималне вредности омбротермичког индекса за 30-годишњи период 1981-2010.

Табела 19. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности омбротермичког индекса за период 1981-2010.

Мах омбротермичког индекса					Мин омбротермичког индекса				
Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_o$	Станице	$\lambda$ [°]	$\varphi$ [°]	$h$	$I_o$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	7.7	Ниш	+43,3	+21,9	202	2.3
Златибор	+43,7	+19,7	1028	5.7	Врање	+42,6	+21,9	432	2.41
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	4.5	Призрен	+42,2	+20,7	402	2.43
Сјеница	+43,3	+20	1038	4.4	Зајечар	+43,9	+22,3	144	2.45
Лозница	+44,5	+19,2	121	4.3	Неготин	+44,2	+22,6	42	2.45

Максималне вредности омбротермичког индекса, као и минималне вредности у посматраном периоду, јављају се на сличним станицама у Србији као и у првом периоду. Просечна вредност Ривас-Мартинез индекса од 3,3 у овом случају показује незнатно смањење омбротермичког ефекта (за 0,3). Може се рећи да је у другом периоду у Србији климат постао ариднији, што је у вези и са порастом средње годишње температуре ваздуха на већини станица, а то се може довести у везу и са опште заступљеном тезом о глобалном загревању и регионалним климатским променама у свету и Европи. Овај закључак је поткрепљен и визуелним посматрањем карте 7 и карте 8, где се промене уочавају на макро нивоу у поједним деловима наше земље.

У табели 20 дат је компаративни приказ класификационих типова према омбротермичком индексу Ривас-Мартинеза (Rivas-Martinez, 1996) за два нестандардна 30-годишња климатска периода: 1951-1980. и 1981-2010.

Табела 20. Класификација климата према омбротермичком индексу Rivas-Martinez (1996) за периоде 1951-1980. и 1981-2010.

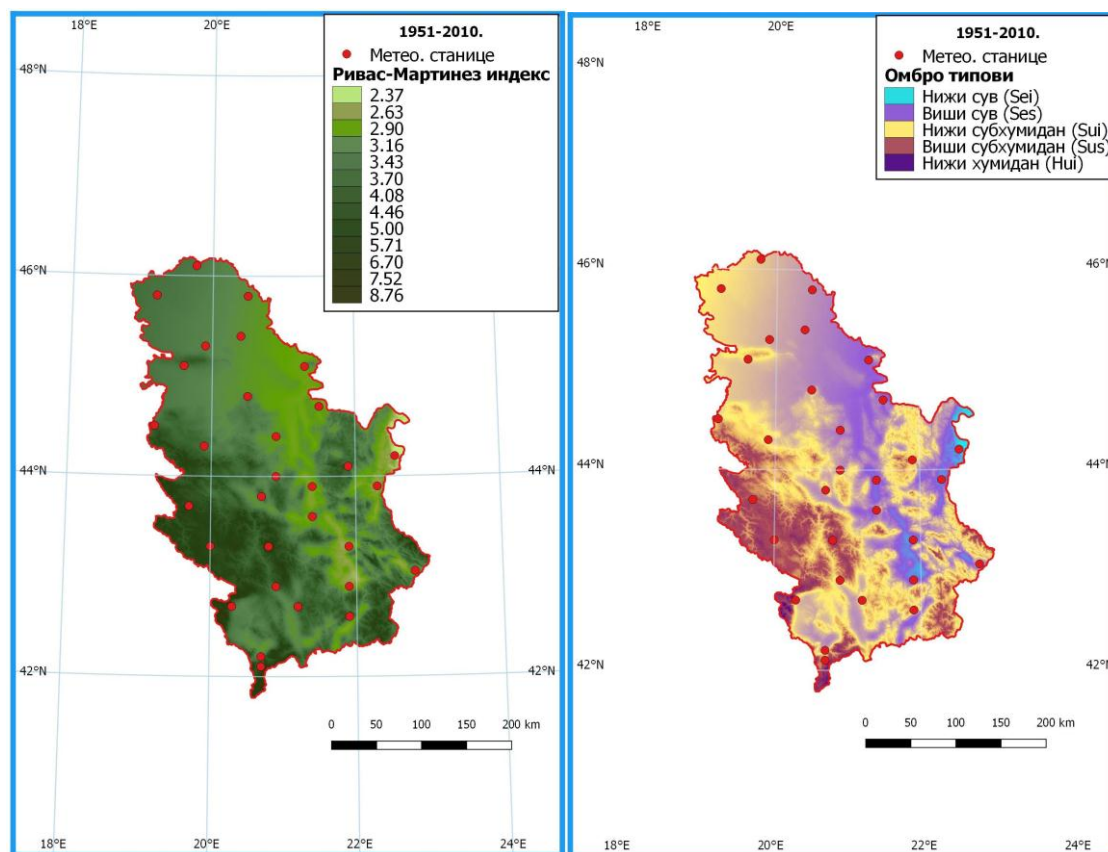
Макробиоклимат	$I_o$	1951-1980.		1981-2010.	
		Фреквенција $I_o$	Однос $I_o$ (%)	Фреквенција $I_o$	Однос $I_o$ (%)
Медитерански	<1.5	0	0	0	0
Умерени	>2	31	100	31	100
Прелазни	$1.5 < I_o < 2$	0	0	0	0

Из табеле 20 се види да је на територији Србије, на свим посматраним метеоролошким станицама, заступљен умерени климат



(100%) у оба периода, али да поједине станице показују и извесне утицаје медитеранског климата, што је опет у вези са физичко-географским положајем и факторима који утичу на климу наше земље, генерално. Прави медитерански и прелазни тип климата нису детектовани у Србији ни у једном посматраном климатском периоду.

На карти 9 и у табели 21 дата је просторна дистрибуција, као и највише и најниже вредности омбротермичког индекса за 60-годишњи период 1951-2010.



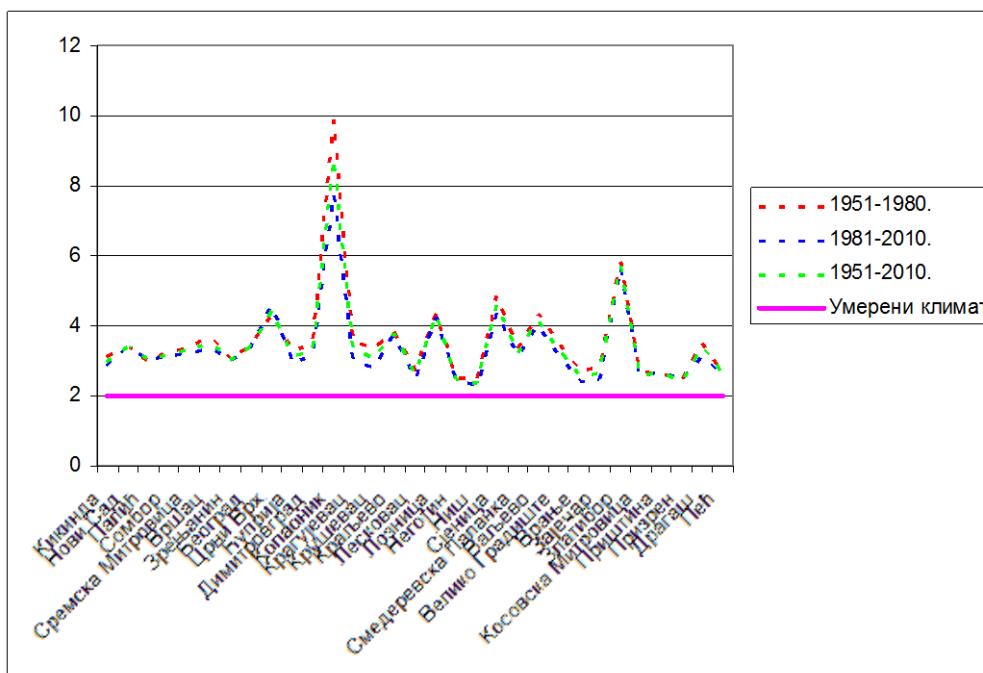
Карта 9. Просторна дистрибуција Ривас-Мартинез индекса (лево) и омбро типова према истом индексу (десно) за период 1951-2010.

Табела 21. Метеоролошке станице које имају максималне и минималне вредности омбротермичког индекса за период 1951-2010.

Мах омбротермичког индекса					Мин омбротермичког индекса				
Станице	$\lambda$ [ $^{\circ}$ ]	$\varphi$ [ $^{\circ}$ ]	$h$	$I_o$	Станице	$\lambda$ [ $^{\circ}$ ]	$\varphi$ [ $^{\circ}$ ]	$h$	$I_o$
Копаоник	+43,2	+20,8	1710	8.8	Ниш	+43,3	+21,9	202	2.4
Златибор	+43,7	+19,7	1028	5.7	Призрен	+42,2	+20,7	402	2.4
Сјеница	+43,3	+20	1038	4.6	Неготин	+44,2	+22,6	42	2.5
Црни Врх	+44,1	+21,9	1037	4.4	Врање	+42,6	+21,9	432	2.56
Лозница	+44,5	+19,2	121	4.3	Пећ	+42,7	+20,3	498	2.59



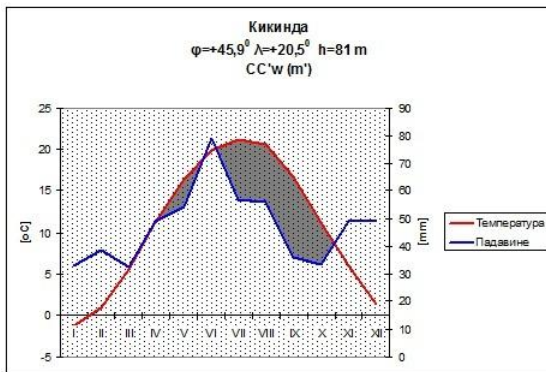
Компаративни приказ односа вредности омбротермичког индекса на посматраним метеоролошким станицама приказан је на графикаону 4.



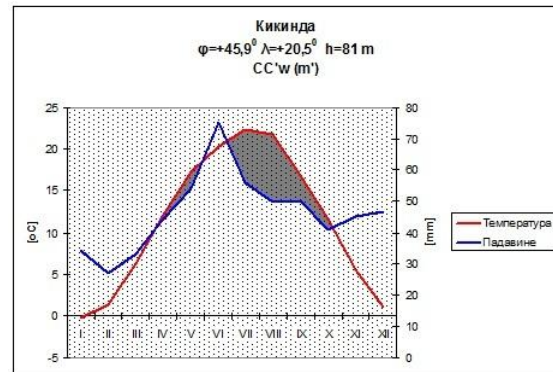
Графикон 4. Компаративни приказ вредности  $I_o$  индекса за метеоролошке станице укључене у анализу у три периода: 1951-1980, 1981-2010 и 1951-2010.

#### 6.4.1. Приказ метеоролошких станица типичних представника климата омбротермичким дијаграмима

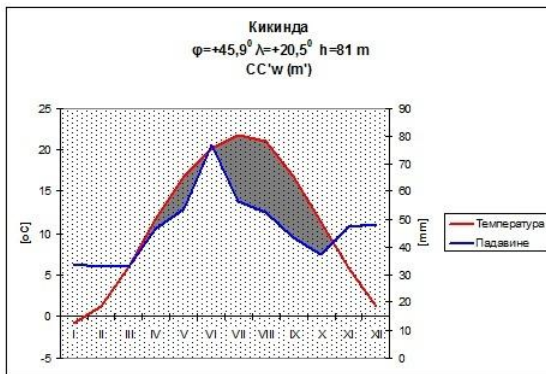
Просечне вишегодишње месечне вредности (за 60-годишњи и 30-годишње периоде) тока температуре ваздуха и падавина приказане су методом омбротермичких дијаграма за поједине станице у Србији. Изведени су омбротермички дијаграми са укупно 6 (Кикинда, Копачица, Крагујевац, Ниш, Призрен и Златибор) од 31 метеоролошке станице укључене у анализу. Одабрано је шест станица, типичних представника климата према Торнтвајтовом индексу влажности ( $IE$ ), које су лоциране у различитим деловима Србије (северном, јужном, централном, источном, западном) и смештене у физичко-географски специфичним областима – јужном делу дна Панонског басена и планинско-долинско-котлинској Србији, тј. у низији, котлинама и планинским областима. Станице Крагујевац и Ниш представљају ефекте већих урбаних подручја на климат датог простора. Следећи графикони приказују климатске типове према Торнтвајтовом индексу влажности, а представљени су методом омбротермичких дијаграма. Сушни период на станицама је осенчен сивом бојом и дефинисан је релацијом (7). За сваку метеоролошку станицу урађена су по три омбротермичка дијаграма, за периоде: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.



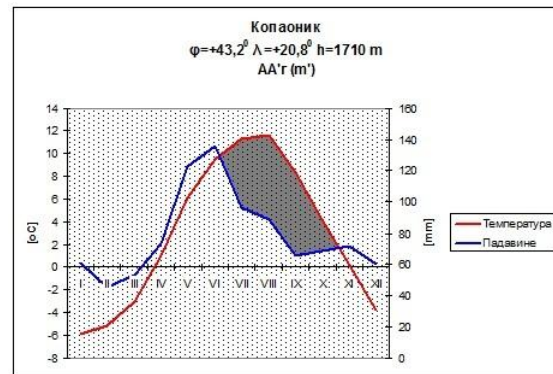
Графикон 1. 1951-1980.



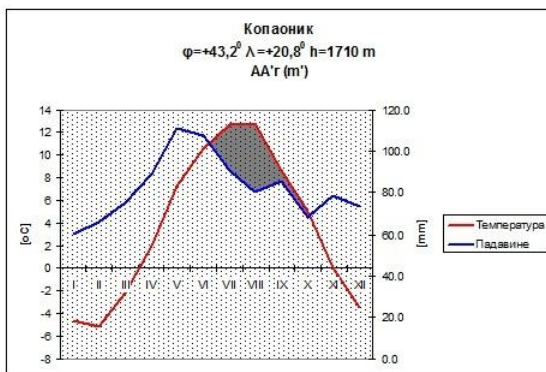
Графикон 2. 1981-2010.



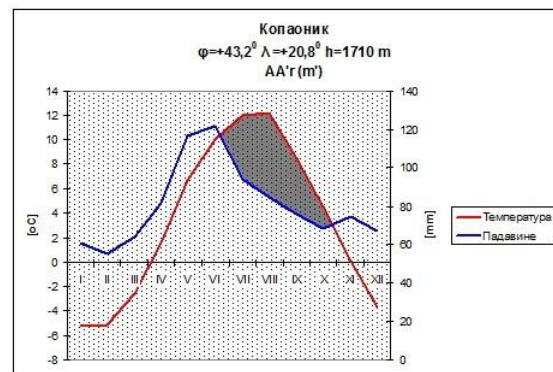
Графикон 3. 1951-2010.



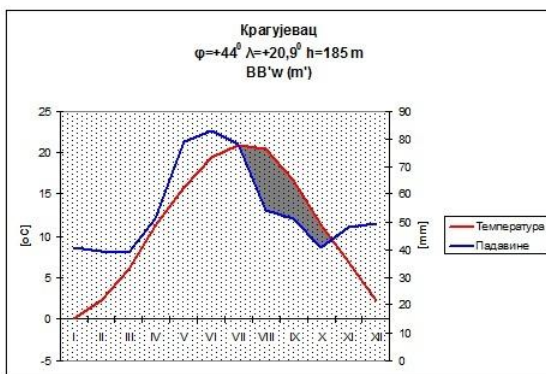
Графикон 1. 1951-1980.



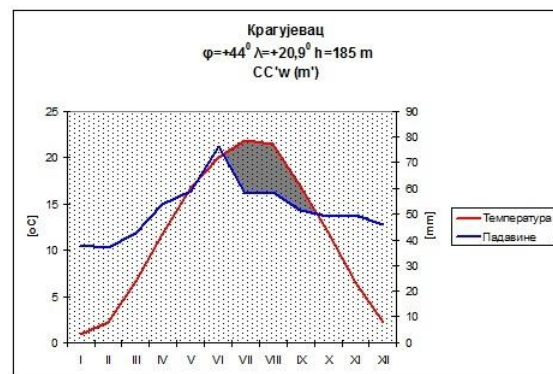
Графикон 2. 1981-2010.



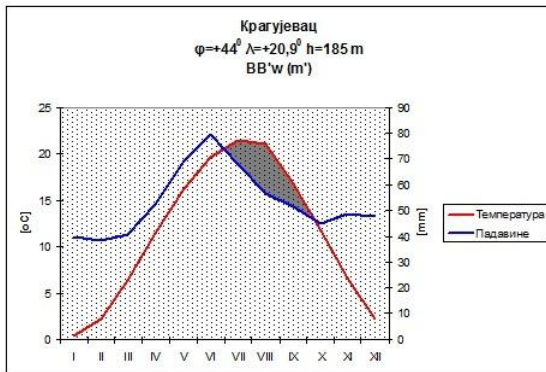
Графикон 3. 1951-2010.



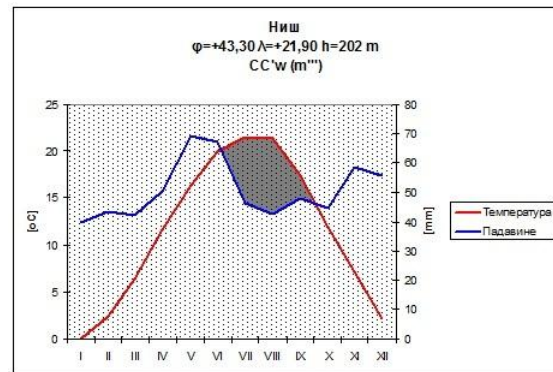
Графикон 1. 1951-1980.



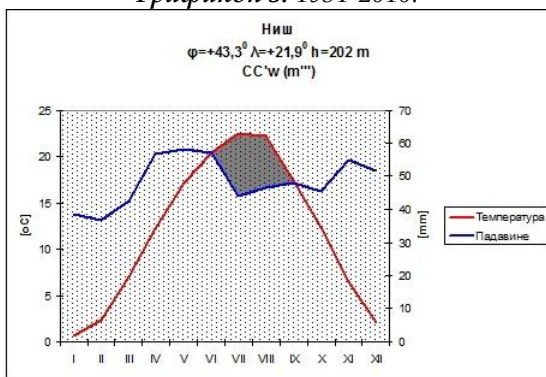
Графикон 2. 1981-2010.



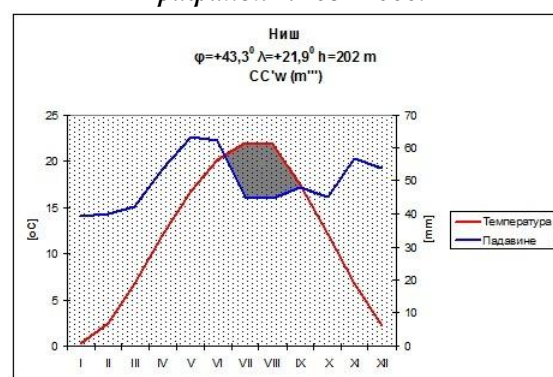
Графикон 3. 1951-2010.



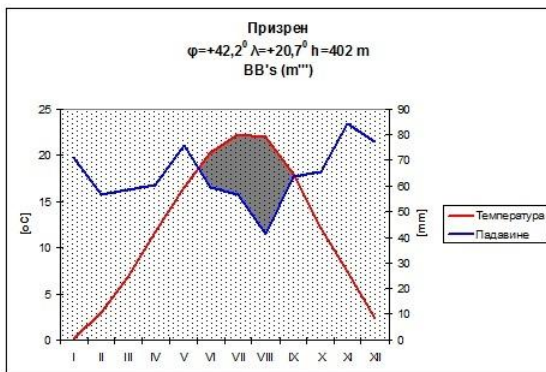
Графикон 1. 1951-1980.



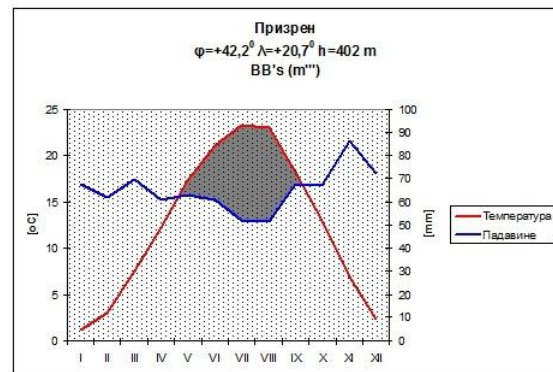
Графикон 2. 1981-2010.



Графикон 3. 1951-2010.

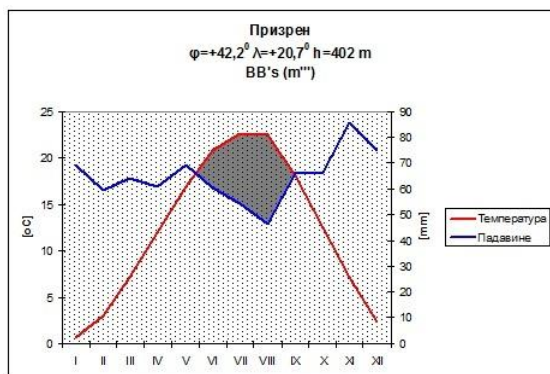


Графикон 1. 1951-1980.

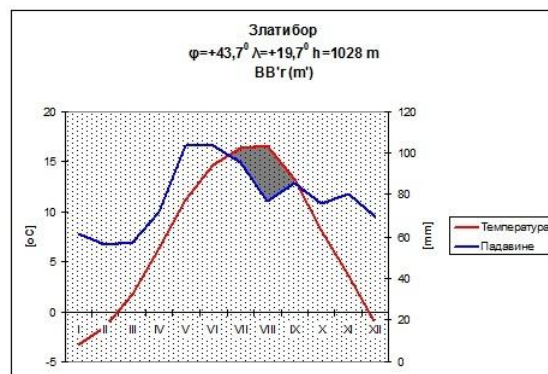


Графикон 2. 1981-2010.

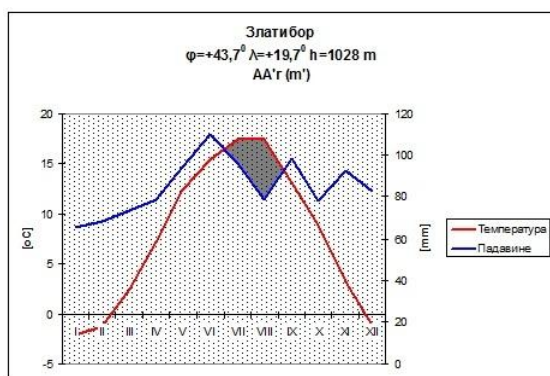




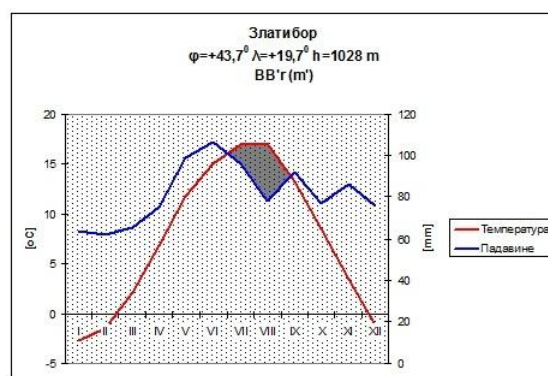
Графикон 3. 1951-2010.



Графикон 1. 1951-1980.



Графикон 2. 1981-2010.



Графикон 3. 1951-2010.

Посматрајући графиконе изнад и табелу 22, могу се извести следећи закључци:

- 1) Станица Кикинда има у сва три периода исту формулу Торнтвајтовог климата- $CC'w (m')$ , тј. субхумидан климат са травом као доминантним типом вегетације и са зимским дефицитом падавина и максимумом падавина у летњим месецима. Промене су најбоље уочљиве посматрајући термичку и омбрографичку криву на графиконима; сушни период се јавља у касно пролеће, током лета и почетком јесени;
- 2) Станица Копаоник у сва три периода има исту климатску формулу по Торнтвајту- $AA'r (m')$ , тј. влажан климат са шумом са постојаним падавинама као главним типом вегетације, равномерно распоређеним падавинама током целе године и летњим максимумом падавина. Промене се уочавају посматрањем термичке и омбрографичке криве. Сушни период је јаче изражен у првом периоду и јавља се у касно лето и рану јесен;
- 3) Станица Крагујевац у првом и целом периоду има исту формулу- $BB'w (m')$ , а чита се хумидан климат са шумом као доминантним типом вегетације и зимским дефицитом падавина с максимумом падавина у летњим месецима. У другом периоду има формулу-

$CC'w (m')$ , а чита се субхумидан климат са травом као доминантним типом вегетације и зимским дефицитом падавина с максимумом у летњим месецима. Поред промене у самој климатској формули, промене су евидентне и посматрањем термичке и омбрографичке криве на овој станици. Сушни период се јавља крајем лета и почетком јесени;

- 4) Станица Ниш у сва три периода има исту климатску формулу према Торнтвајту- $CC'w (m''')$ , тј. субхумидан климат са травом као доминантним типом вегетације и зимским дефицитом падавина са максимумом падавина у касно пролеће. Промене су уочљиве посматрањем термичке и омбрографичке криве на овом графикону. Сушни период је јасно изражен током летње половине године;
- 5) Станица Призрен током сва три периода има исту климатску формулу- $BB's (m''')$ , тј. хумидан климат са шумом као доминантним типом вегетације и летњим дефицитом падавина са максимумом падавина у касну јесен. Промене на овој станици најбоље описују термичка и омбрографичка крива на графиконима. Сушни период је у летњој половини године;
- 6) Станица Златибор у првом и целом периоду има исту климатску формулу- $BB'r (m')$ , тј. хумидан климат са шумом као главним типом вегетације и равномерно распоређеним падавинама током целе године и максимумом падавина у летњем делу године. У другом периоду, климатска формула је  $AA'r (m')$ , а чита се влажан климат са шумом са постојаном кишом као вегетацијом и равномерно распоређеним падавинама током целе године и максимумом падавина у летњим месецима. Поред промена у самој климатској формули, промене на овој станици се уочавају и посматрањем односа термичке и омбрографичке криве на графиконима. Сушни период је слабо изражен у касно лето.

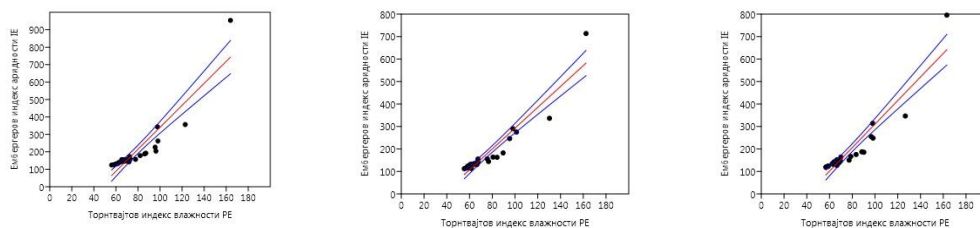
Табела 22. Торнтвајтова климатска формула за станице укључене у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010., према аутору

Метеоролошка станица	Торнтвајтова климатска формула		
	1951-1980.	1981-2010.	1951-2010.
Кикинда	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$
Нови Сад	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$
Палић	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$
Сомбор	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$
Сремска Митровица	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$
Вршац	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Зрењанин	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$
Београд	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Црни Врх	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Ђуприја	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Димитровград	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Копаоник	$AA'r (m')$	$AA'r (m')$	$AA'r (m')$
Крагујевац	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$
Крушевац	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$
Краљево	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Лесковац	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$
Лозница	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Неготин	$BB's (m''')$	$CC'w (m'')$	$BB's (m')$
Ниш	$CC'w (m''')$	$CC'w (m''')$	$CC'w (m''')$
Сјеница	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Смедеревска Паланка	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$BB'w (m')$
Ваљево	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Велико Градиште	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$	$BB'w (m')$
Брање	$BB'w (m')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m')$
Зајечар	$BB'w (m''')$	$CC'w (m')$	$CC'w (m''')$
Златибор	$BB'r (m')$	$AA'r (m')$	$BB'r (m')$
Косовска Митровица	$BB'w (m''')$	$CC'w (m''')$	$BB'w (m''')$
Приштина	$BB'w (m''')$	$BB'w (m''')$	$BB'w (m''')$
Призрен	$BB's (m''')$	$BB's (m''')$	$BB's (m''')$
Драгаш	$BB'r (m''')$	$BB'r (m''')$	$BB'r (m''')$
Пећ	$BB's (m''')$	$BB's (m''')$	$BB's (m''')$

\*иширафирана поља у табели означавају промене у климатској формули између два периода осматрања

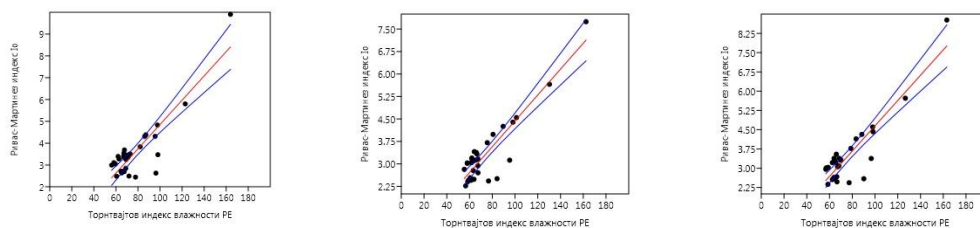
#### 6.4.2. Статистички преглед вредности индекса влажности (PE) према Thornthwaite (1931), индекса аридности (IE) према Emberger (1932) и омбротермичког индекса према Rivas-Martinez (1996)

Примењен је модел линеарне регресије најмањих квадрата у циљу компаративне анализе резултата добијених применом биоклиматских индекса према Торнтвајту, Ембержеу и Ривас-Мартинезу, као и евалуације њихове просторне дистрибуције и варијације. Добијено је 6 графикана линеарног модела регресије са интервалом поверења од 95% покретањем одговарајућих опција у софтверу PAST 3.17, а циљ је био да се верификује или одбаци постављена хипотеза (*H<sub>0</sub>*). Просечни годишњи Торнтвајтов индекс влажности (PE) за период 1951-1980. износи 77,3, за период 1981-2010. износи 74,3, а за цео период 1951-2010. износи 75,8. Ово указује на хумидни (B) климат са шумом као доминантним типом вегетације на простору Србије. Просечни годишњи индекс аридности према Emberger (1932) за први период (1951-2010) износи 197,5, за други (1981-2010) износи 173,7, а за цео низ (1951-2010) износи 184,0. Изнете вредности индекса аридности говоре у прилог томе да је климат у Србији хумидан. Просечне вредности омбротермичког индекса Rivas-Martinez (1996) за период 1951-1980. износе 3,6, за период 1981-2010. износе 3,3, а за цео период (1951-2010) износе 3,5. Изнете просечне вредности говоре да је климат у Србији умерен. Максималне и минималне вредности индекса према Торнтвајту и Ембержеу су откривене на сличним станицама (Копаоник, Златибор, Сјеница, Драгаш, Црни Врх, Пећ; Палић, Кикинда, Ниш, Зрењанин, Врање, Неготин), а то указује на чињеницу да између поменутих метода постоји одређена корелација и сродност у проценама. Сличности у максималним и минималним вредностима су пронађене и компарацијом станица према Торнтвајтовом и индексу Ривас-Мартинеза. Станица у Србији која показује највеће ефекте влажности климата као и ефекте омбротермичког индекса је Копаоник у сва три случаја и у сва три посматрана периода. Најмањи ефекти применом ових климатских индекса у сва три периода забележени су на различитим станицама, али које су просторно веома блиске или исте у сва три примера. То су делови Баната, североисточне Бачке, Неготинске крајине, Нишке и Врањске котлине, тј. они делови наше земље коју примају најмање количне падавине у току године.



**Графикон 5.** Статистичка анализа између индекса влажности PE и аридности IE за период (1951-1980)(лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)

Извршено је поређење између индекса влажности PE (Thornthwaite, 1931) и индекса аридности IE (Emberger, 1932) за периоде 1951-1980, 1981-2010. и 1951-2010., а графикон 5 показује корелацију између њих. Висок коефицијент детерминације за сва три случаја ( $r^2 = 0,83; 0,89; 0,87$ ) добијен статистичком анализом ова два индекса је потврдио горепоменуто подударане у проценама. Добијене индексне вредности указују на сличну просторну дистрибуцију и варијацију ове две класификације. Евалуацијом добијених резулата применом ова два индекса, предност се даје Торнтвајтовом индексу влажности PE у односу на индекс аридности IE према Ембержеу (1950), јер даје прецизнију дефиницију климата сваке станице укључене у анализу бројем климатских класификационих категорија. Ембержеов индекс аридности IE све станице укључене у анализу класификује као станице са хумидним климатом, али са различитим ефектом ове климатске категорије. Наиме, Емберже је поставио свој квоцијент влажности у складу са вегетационим зонама, а као северну границу је узео аридну зону у северозападној Африци. Изводи се закључак да је постављена почетна хипотеза (*h3*) потврђена, тј. између ова два биоклиматска индекса постоји подударност у просторној дистрибуцији и варијацији климатско-вегетацијских зона у Србији.



**Графикон 6.** Статистичка анализа између индекса влажности PE и омбротермичког индекса Io за период (1951-1980)(лево), (1981-2010) (у средини), (1951-2010) (десно) (плаве линије означавају интервал поверења од 95%)



Компарација је урађена и између индекса влажности  $PE$  (Thornthwaite, 1931) и омбротермичког индекса  $I_o$  (Rivas-Martinez, 1932) за периоде 1951-1980, 1981-2010. и 1951-2010., а графикон 6 показује корелацију између њих. Висок коефицијент детерминације за сва три случаја ( $r^2 = 0,77; 0,82; 0,80$ ) добијен статистичком анализом ова два индекса је потврдио горепоменуто подударане у проценама. Добијене индексне вредности указују на сличну просторну дистрибуцију и варијацију ове две класификације. Евалуацијом добијених резултата применом ова два индекса, предност се даје Торнтвајтовом индексу влажности  $PE$  у односу на омбротермички индекс  $I_o$  (Rivas-Martinez, 1932), јер даје прецизнију дефиницију климата сваке станице укључене у анализу бројем климатских класификационих категорија. Омбротермички индекс Ривас-Мартинеза све станице укључене у анализу класификује као станице са умереним климатом, али различитим степеном овог ефекта. С друге стране, овај биоклиматски индекс разликује и омбро типове и омбротермичке хоризонте који се подударају са типовима вегетације које даје Торнтвајтов индекс влажности  $PE$ . Закључак је да је верификована постављена почетна хипотеза ( $H_3$ ), тј. између ова два биоклиматска индекса постоји подударност у просторној дистрибуцији и варијацији климатско-вегетацијских зона у Србији.

### 6.5. Закључак

Ако се упореде резултати добијени за простор Србије у овом поглављу применом Торнтвајтовог биоклиматског индекса влажности  $PE$  са резултатима које износи Обуљен (1979) за простор бивше СФРЈ (за периоде 1925-1940. и 1948-1956.), посматрајући слику 4, визуелно постоји сличност у просторној дистрибуцији Торнтвајтових климатских класификационих категорија. Може се рећи да је карта коју је дао Обуљен веома генерализована слика просторне дистрибуције Торнтвајтових климата приказана методом изолинија. Као и у резултатима приказаним у овом поглављу, Обуљен (1979), такође, издваја област западне и југозападне Србије као област са највлажнијим климатом. Може се рећи да недостатак резултата његове класификације представља и сама чињеница да је урађена за веома мали климатски период (<30 година) и без континуираних података (прекиди у низу година осматрања).

Према наводима Vurić et al. (2014), климатска класификација према Торнтвајту која је израђена 1979. бива напуштена јер није била адекватна за физичко-географски простор СФРЈ. Пошто је у овом поглављу урађена анализа карте Северне Америке коју је дао Торнтвајт 1933. године, требало би извршити поређење климатске регионализације Србије према Торнтвајту са климатским провинцијама у Северној Америци. Пошто су на територији Србије у 60-годишњем периоду заступљена само три климатска типа (А, В и С), док су на територији Северне Америке

заступљени сви климатски типови, компаративна анализа биће урађена за исте климате. Влажан (А) климат са шумом са постојаном кишом заступљен је у Србији у оба периода на станици Копаоник, а у другом периоду на станици Златибор. У Северној Америци, овај тип климата је заступљен на Приморским планинама у Британској Колумбији, државама Вашингтон и Орегон и местимично на деловима Апалача. Ови планински системи се простиру између 30. и 50. паралеле, а просечне надморске висине ових планинских венаца се крећу од 2000 до 4000 m. Већу сличност, како у погледу географске ширине, тако и у погледу надморске висине, Копаоник показује са Апалачи планинама. У овом случају, могу се подвући извесне црте сличности у просторној дистрибуцији влажног (А) климата. Хумидан (В) климат са шумом као доминантним типом вегетације је у највећем делу САД заступљен око Великих језера и јужније, у долини реке Мисисипи, и на целој Источној обали. Највећи број станица укључених у анализу у Србији има овај тип климата. У погледу географске ширине и надморске висине, може се рећи да постоји извесна подударност у просторној дистрибуцији климата у Србији и САД. Међутим, ако се у обзир узме и општа циркулација атмосфере и орографски фактори, као и продори топлих и хладних ваздушних маса, може се рећи да између ових простора постоје битне разлике. Субхумидан (С) климат је просторно најзаступљенији тип климата у Србији са травом као доминантним типом вегетације. Највећу сличност показује са климатом Високих Равница у САД (*High Plains*), физиографској субрегији Великих Равница (*Great Plains*). Високе Равнице обухватају делове савезних држава Вајоминг, Јужна Дакота, Небраска, Колорадо, Канзас, Њу Мексико, Оклахома и Тексас. Високе Равнице су регион у средњим географским ширинама, просечне висине од 300 до 2000 m, са сувим континенталним климатом. Просечни годишњи опсег падавина се креће од 300 до 800 mm, а просечне годишње температуре варирају од 6°C на северу, до 17°C на југу ове области. Сличност у просторној дистрибуцији овог климатског типа у Србији и на простору Високих равница је, у овом случају, само делимична.

Циљ овог поглавља био је да се изврши биоклиматска делинација региона различитог степена влажности у Србији применом Торнтвајтовог индекса влажности *PE*, а затим и изврши евалуација добијених резултата применом климатских индекса према Ембержеу и Ривас-Мартинезу. Израчунавања су урађена за 31 метеоролошку станицу у Србији за 60-годишњи (1951-2010.) и два 30-годишња климатска периода (1951-1980. и 1981-2010.). Валидација постављених почетних хипотеза приказана је у табели испод:

Табела 23. Резултат претходно постављених почетних хипотеза

хипотеза	коментар:
<i>h1</i>	потврђена
<i>h2</i>	потврђена
<i>h3</i>	потврђена

Биоклиматска класификација према Торнтвајтовом индексу влажности  $PE$  указује да се на простору Србије, у сва три посматрана периода, јављају три типа климата: субхумидни (C) климат са травом као доминантним типом вегетације, хумидан (B) климат са шумом као доминантним типом вегетације (на највећем броју станица укључених у анализу-77,4% у првом периоду, односно 58,1% у другом периоду) и влажан (A) климат са шумом са постојаном кишом као вегетацијом који се јавља само на високопланинским станицама (3,2% у првом, тј. 6,5% у другом периоду). Семиаридан (D) и аридан (E) климат нису откривени ни на једној станици укљученој у анализу. Просечан годишњи Торнтвајтов индекс влажности  $PE$  за сва три периода указује да је климат, генерално, у Србији окарактерисан као хумидан (B) климат са шумом као доминантним типом вегетације. Изнети резултати су, може се рећи, у складу са физичко-географским особеностима простора у којем је Србија лоцирана, тј. у складу са општим климатско-вегетацијским законитостима.

Валидација добијених резултата је извршена применом модела регресије најмањих квадрата између станичних вредности за Торнтвајтову и за класификације према Ембержеу и Ривас-Мартинезу. Ако се упореде резултати које даје Торнтвајтова класификација са онима који су добијени Ембержеовом класификацијом, може се рећи да постоји висок степен подударности у просторној дистрибуцији класификационих категорија ова два различита индекса. Ембержеов индекс на простору Србије не препознаје аридне зоне, а све станице класификује као хумидне, али с различитим степеном овог ефекта. Индекс Ривас-Мартинеза све станице категоризује као станице са умереним климатом и издваја више омбро типова и омбротермичких хоризоната. Валидација применом линеарног модела регресије најмањих квадрата показала је висок степен корелације, тј. просторне подударности између ова два биоклиматска индекса. Просечне годишње вредности Ембержеовог и индекса Ривас-Мартинеза, за сва три посматрана климатска периода, говоре у прилог томе да је климат у Србији окарактерисан као хумидан и умерен, генерално. Може се закључити да између поменутих климатских индекса несумњиво постоји подударност у просторној дистрибуцији и варијацији класификационих категорија у датом временском опсегу, што потврђује тезу о подударности израчунавања и постављених почетних хипотеза.

Омбротермички дијаграми представили су укупно 6 станица типичних представника Торнтвајтових климата с циљем да се издвоје сушни периоди у току године који могу потенцијално представљати опасност по вегетацију, тј. у терминима агроклиматологије, опасност по приносе. На већини станица типичних представника климата, сушни период различитог интензитета јавља се у летњим и раним јесењим месецима када је омбрографичка крива испод термичке, а на станици Кикинда тај сушни период мањег интензитета се јавља и током пролећних месеци.

Главни закључак у овом поглављу је да је просторна дистрибуција и варијација Торнтвајтових климатских класификационих категорија у највећој мери условљена динамичко-оргографским факторима, тј. резултат је разлика у просторној дистрибуцији и годишњем ходу температуре ваздуха и падавина у Србији, и да примена Торнтвајтове класификације на простор Србије може бити оправдана само уз примену још неке „помоћне“ класификације и модификовањем климатске формуле коју је дао Торнтвајт 1931. Ако би се резултати добијени у овом поглављу упоредили са резултатима које је сам Торнтвајт дао на карти Северне Америке, класификација би била одбачена као неадекватна у смислу физичко-географских и општих климатских законитости.

Хијерархијска, емпиријска „рационална“ класификација климата коју је развио амерички географ и климатолог Charles Warren Thornthwaite (1899-1963) до данас није ушла у свакодневну употребу, за разлику од убиквитетне Кепенове класификације. Многи данашњи географски и климатски атласи, универзитетски уџбеници, научни часописи и друге сличне публикације приказују карте света, континената или појединих регија и држава према Кепеновој класификацији (National Geographic Society, 1995). Сам теоријско-методолошки модел Торнтвајтове хијерархијске класификације је компликован и заснива се на годишњем распореду услова за влажност земљишта, тј. на концепту индекса влажности (PE) који је први развио Carl Linsser (Thornthwaite, 1943). У савременом периоду, од највећег је значаја Торнтвајтова класификација из 1948. године, која се заснива на комплексном односу падавина и евапотранспирације, а представља радикалан искорак у односу на већ раније постављене климатске класификационе системе (Thornthwaite, 1948). Иако овај концепт несумњиво представља непроцењиво научно „оруђе“ за анализу водног буџета и рационалнији је од Кепеновог система климата, може се рећи су емпиријске једначине које Торнтвајт изводи за израчунавање својих индекса доста компликоване и мање разумљиве, а сами прорачуни за дефинисање климатских провинција би одузели много времена. Вујевић (1956) истиче и битну чињеницу да се евапорација мери на малом броју метеоролошких станица, због чега и сам Торнтвајт уводи још сложеније емпиријске једначине како би отклонио овај потенцијални недостатак своје климатске класификационе шеме. Као референтну основу за добијање ових емпиријских једначина, Торнтвајт испитује везе између падавина, температуре и евапорације у западном делу САД. Логично питање би се односило на апликативни значај и оправданост ових једначина у другим областима на Земљи које и сам Торнтвајт оспорава у свом оригиналном раду, а које истиче Вујевић (1956). Како би олакшао дефинисање климатских провинција, Торнтвајт у „Атласу климатских типова у Сједињеним Државама 1900-1939“ уводи и номограм који симплификује прорачунавање индекса (Thornthwaite, 1941).

Иако сувише компликовани за схватање, Торнтвајтов систем класификације климата и аутоматски методи су и даље присутни у

савременој климатологији, о чему сведочи и обимна научна грађа (неки од чланака су: Chang, 1959; Mather, 1978; Muller & Oberlander, 1984; Anyadike, 1987; Kalkstein et al., 1987; Yarnal, 1993; Lockwood, 1995; Yao, 1997; Feddema, 2005; Santamouris et al., 2007; Grundstein, 2008; Lee & Sheridan, 2012).

Израда карте Торнтвајтових климатских провинција на глобалном нивоу одузела би доста времена због компликованих прорачуна (Muller & Oberlander, 1984). Oliver (2005) наводи да се емпиријском једначином за израчунавање евапотранспирације манипулише водним билансом метеоролошке станице. Leighly (1955) сматра да Торнтвајтов емпиријски приступ не промовише склоност ка детерминизму животне средине, јер Торнтвајт третира вегетацију као одговор на формирање климата неке области, а не као њену детерминанту.

Проучавајући климатску регионализацију Новог Зеланда, климатолошке студије указују да Торнтвајтов приступ има више смисла од Кепеновог у овом конкретном случају. Међутим, потенцијални недостаци Торнтвајтовог система су уочљиви на нижим географским ширинама (Linacre<sup>27</sup>, 2000).

Класификација климата, као и многи други класификациони системи који налазе употребу у науци и на глобалном нивоу, подложни су критици. Полазећи од чињенице да ниједна класификација нужно не може бити савршена у својој суштини, Торнтвајтова класификација из 1948. данас је од историјског значаја. У тренутку публикавања своје карте климата Северне Америке и постављања теоријских темеља своје класификације, Торнтвајт је учинио велики корак у науци уопште, а оставио значајно завештање будућим генерацијама климатолога које ће учити на његовим научним открићима и можда учинити покушај да створе још „рационалнији“ модел Торнтвајтове класификације. Данашњи системи класификација климата користе модерне математичко-статистичке поступке за груписање сличних климата у одређене групе, а такви поступци се заснивају на мање познатим алгоритмима који користе један или више инпута (климатских варијабли). Овакви статистички модели су се у низу случајева показали научно легитимним, о чему говоре и бројне научне студије у климатологији у скоријем периоду, док физички модели класификација, какви су Кепенов и Торнтвајтов, остају као оријентир за будућа истраживања класификација климата на Земљи.

---

<sup>27</sup> [http://www-das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap16/clim\\_class.html](http://www-das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap16/clim_class.html)

## Поглавље 7

### Регионализација климата Србије коришћењем Кепеновог, Кепен-Гајгеровог и Кепен-Треварта класификационог система

*„На ово се може гледати као на Кепенов главни допринос модерној климатологији, те шеме класификације морају да остану као објективна, нумеричка база.“*  
(Hare, 1951)

#### 7.1. Увод

Владимир Петровић Кепен (*рус.* Владимир Петровић Кёппен; *нем.* Wladimir Peter Köppen) (Санкт Петербург, Руска Империја, 1846.-Грац, Аустрија, 1940.) је био први који је дао комплетну квантитативну, емпијску и генеричку класификацију светских климата 1918<sup>28</sup>. године, која се у изворном или модификованом облику користи и данас (Kottek et al., 2006). Несумњиво и без претеривања, може се рећи да је Кепенова класификациона шема из 1918. прва савремена класификација климата која је остала у најширој употреби до данас, тј. тачно 100 година касније. Sanderson (1999) наводи да савремени уџбеници географије као и географски атласи и публикације и даље користе Кепенову класификацију климата које је базирана на Де Кандоловим вегетационим групама, тј. на 5 климатских зона древних Грка и поставља следеће питање: *„Зар није време да савремени научници који се баве атмосфером развију „нову“ класификацију светских климата?“*. Одговор на ово питање дају Kottek et al. (2006), и сматрају да би се Кепенова класификација климата која и даље испуњава захтеве савремене климатологије, уз одређене допуне различитим климатских подацима и применом на климатске предикционе моделе, могла користити наредних 100 година (Kottek et al., 2006; Essenwanger, 2001; Kraus, 2004, Hantel, 2005, Lohmann et al., 1993; Kleidon et al., 2000, Rohli et al., 2015; Baker et al., 2010; Peel et al., 2007; Chen & Chen, 2013; Gallardo et al., 2013; Feng et al., 2013; Belda et al., 2014; Rubel & Kottek, 2010; Beck et al., 2005). Заправо, прави одговор на питање које је

---

<sup>28</sup> Кепен је још 1900. године дао теоријско-методолошке основе нама познатом климатском класификационом систему из 1918. (Kottek et al., 2006) (слика 1 и 2). У свом првом покушају израде климатском класификационог система (табела 5, према Oliver, 2005), Кепен уводи словне ознаке за климатске класе (А-Е), а поједине климатске регионе назива према именима биљака и животиња користећи приступ из 19. века. Такође, Кепен је дао и извесне квантитативне границе (температурни критеријум) својих климатских региона. У том смислу, ово се може сматрати претечом његовог најпознатијег и оригиналног климатског класификационог система из 1918.

поставила Sanderson (1999) можда је дао још Hare (1951) који је рекао да је Кепенов климатски класификациони систем објективна, нумеричка база на којој ће почивати сви каснији системи. Или, према Marcus (1979) Кепенов климатски класификациони систем је суштински пример савремене физичке географије. Дакле, Кепенова генијална класификациона шема је у употреби већ више од једног века, а то дугује и простој чињеници да су биљке, тј. вегетација или биоми, најбољи показатељ тренутних и дугорочних одлика климата неког простора на Земљи, тј. може се слободно рећи да за разлику од других класификационих шема које користе компликоване математичке формуле, биљке „не познају“ бројеве и законе математике, већ опште физичко-географске законитости у географском омотачу Земље. Будућност класификација климата би требало да иде у правцу развоја динамичких/синоптичких класификационих шема и савремених геостатистичких процедура које би омогућиле још детаљнију, прецизнију нумеричку квантификацију и диференцијацију климата.

Кепен се школовао за биљног физиолога на Универзитетима у Хајделбергу и Лајпцигу (Sanderson, 1999; Rubel & Kottek, 2010), а докторирао је 1870. у Лајпцигу са темом из области ботанике, о вези између температуре и раста биљака-„Топлота и клијање биљака<sup>29</sup>“. С обзиром на своју научну позадину из области ботанике, није невероватно да је управо Кепен увидео да биљке могу да послуже као показатељи за „синтезу многих климатских елемената“ (Sanderson, 1999), тј. успоставио је правилан однос између раста биљака и граница климатских зона. Кепен је први дао пример генеричке класификације повезане са растом биљака или вегетацијом која се заснива на два критеријума-степену сушности и толоте. Кепенов класификациони систем и класификационе шеме су у својим детаљима веома комплексне, а развијене су у периоду између 1900. и 1936. године. Oliver (2005) истиче да се Кепенов систем може посматрати као „климатски детерминизам вегетационих типова“.

Кепен је за ознаке у свом климатском класификационом систему одабрао слова 5 вегетационих група француског ботаничара De Candolle (1874), а који је предложио класификацију која прати развој биљака кроз геолошке периоде (Sanderson, 1999; Oliver, 2005). С друге стране, класификација De Candolle (1874) била је заснована на климатским зонама старих Грка (Sanderson, 1999). Вегетационе групе<sup>30</sup> у овој класификацији су следеће: А, биљке жарког појаса (*мегатерме*); В групу представљају биљке сувог појаса (*ксерофите*); С, биљке умереног појаса (*мезотерме*); док D и E

---

<sup>29</sup> <http://www.encyclopedia.com/people/science-and-technology/weather-and-climate-biographies/wladimir-peter-koppen>

<sup>30</sup> Постојала је и још једна вегетациона група, тзв. *мегистотерми* (средња годишња температура изнад 30°C), а која је касније избачена како је њихов ареал распрострањености фрагментисан на области врелих извора (Oliver, 2005).

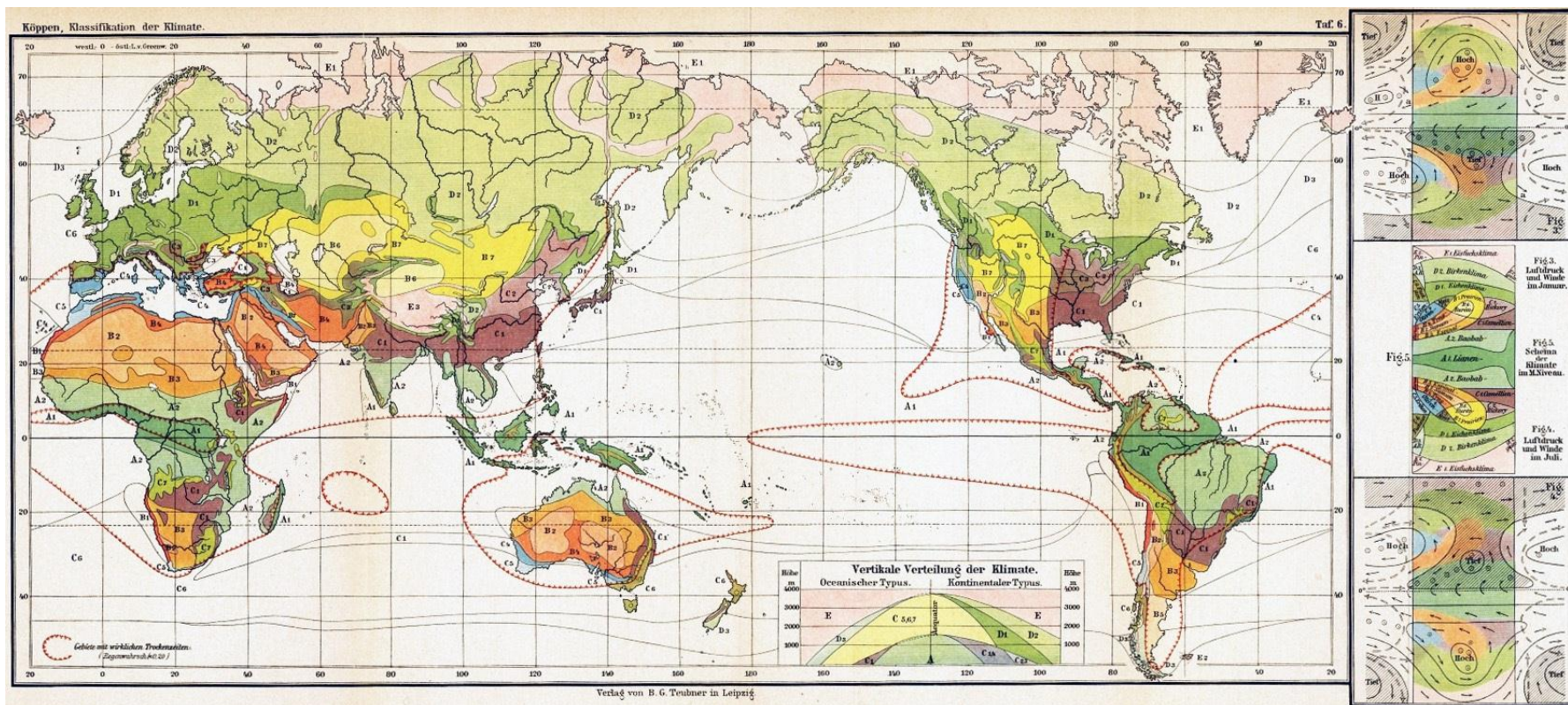
хладне зоне чине микротерме и хексиотерме (Oliver, 2005). Oliver (2005) даје пример међусобне климатско-вегетацијске повезаности (табела 1).

Табела 1. Повезаност климе и вегетације

Климат	Вегетациони тип	Вегетација
Тропски кишни	Малајски	Стално зелена кишна шума
Тропски субхумидни	Никарагвански Тиморански Визајански	Листопадна или монсунска шума Саванска шума или шумовита вегетација Тропске саване
Топли семиаридни	Тампикоански Тамаулипански	Трновита шума, трновито жбуње Пустињска савана, влажнији делови
Топли аридни	Тамаулипански Сонорански Триполитански	Пустињска савана, сушнији делови Суптропска пустиња Ниска трава; пустињска трава
Хипераридни	Атакамски	Пустиња
Суптропски кишни	Кјушуунски Аргентински	Топла умерена шума Прерија
Суптропски климат са сувим летом	Медитерански	Склерофилна шума и скраб
Океански кишни	Тасманијски	Субантрактичка шума
Умерени са влажном зимом	Орегонски	Четинарска шума
Умерени кишни	Вирџинијски	Мешовита листопадна и четинарска шума
Хладни семиаридни	Патагонијски	Хладна пустиња, влажнији делови
Хладни аридни	Патагонијски	Хладна пустиња, сувљи делови
Субполарни	Аљаски	Тајга
Поларни	Алеутски	Тундра и поларне пустиње

(Извор: Putnam et al., 1960-адаптирано)

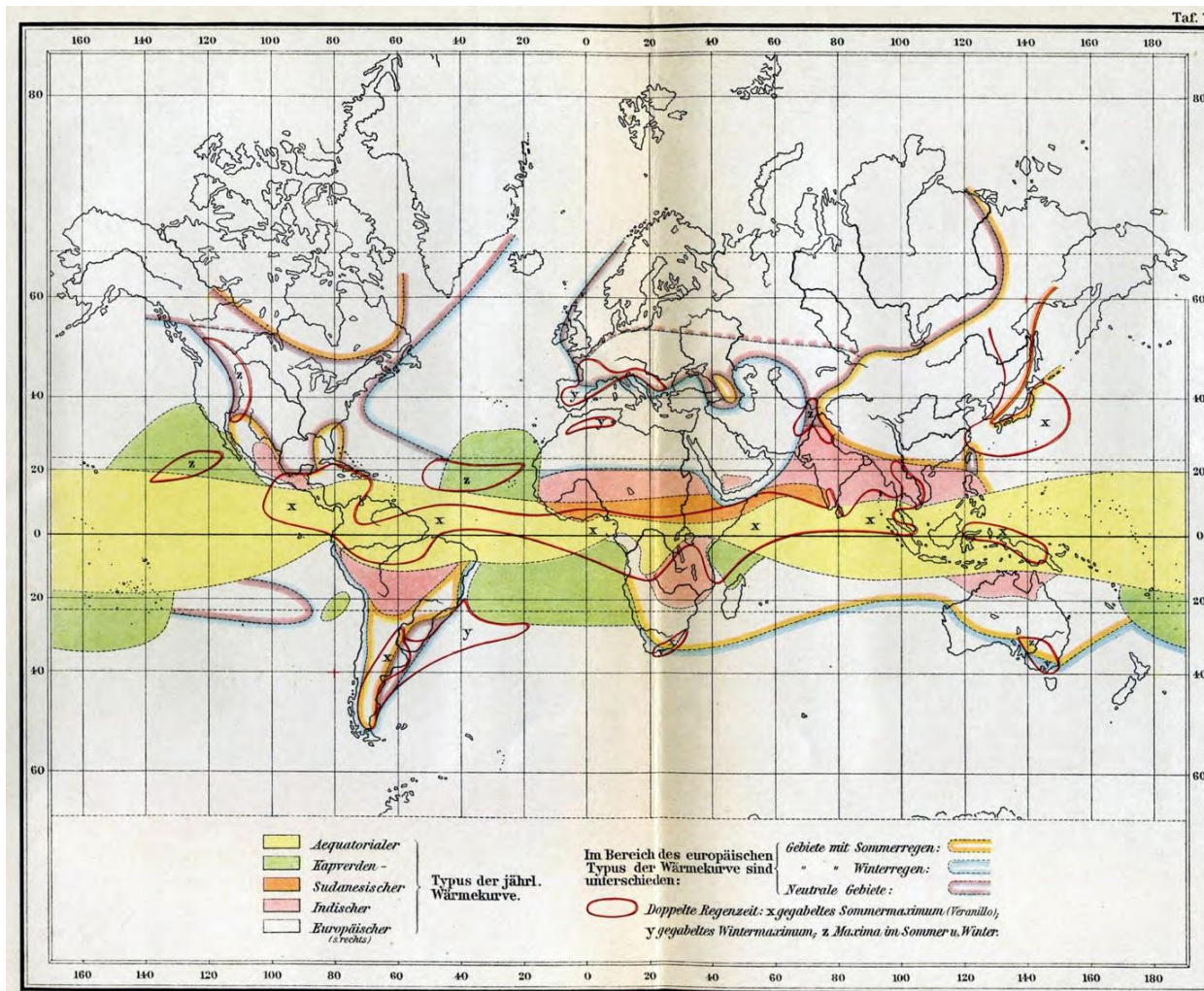




Слика 1<sup>31</sup>. Карта Кепенове класификације климата из 1900. године (Köppen, 1900)  
(преузето са сајта <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm>)

<sup>31</sup> Треба истаћи чињеницу да многи Кепенови радови и карте класификација климата (Köppen, 1868-1940), као и радови његових сарадника и следбеника (Geiger 1954, 1957), нису лако доступни свима како у штампаној, тако ни у дигиталној форми (Kottek et al., 2006; Hantel, 1989; Essenwanger, 2001). Међутим, значајан корак у том погледу је учињен на веб страници <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>, где су у дигиталном формату (у виду .pdf фајлова) доступни скенирани оригинални Кепенови радови, као и карте класификација климата.





Слика 2. Карта Кепенове класификације климата из 1900. године (Көрпен, 1900)  
 (преузето са сајта <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm>)

Кепен<sup>32</sup> је свој први чланак објавио 1868. године, а свој научни опус је ширио и допуњавао све до своје смрти 1940. године (Oliver, 2005). Пре тачно 134 године, Кепен је објавио свој чланак о топлотним појасевима Земље и израдио карту тих појасева (слика 3) (Körppen, 1884a, 1884b). Затим 1900. године даје теоријско-методолошке основе своје главне класификационе шеме из 1918. године (слика 4) (Körppen, 1900, 1901, 1918). Према Rubel & Kottek (2011), Кепен је 1919. године успоставио везу између границе шума и температуре (Körppen, 1919). Затим је 1931. објавио студију под насловом „Главне црте науке о клими“ (слика 5) (Körppen, 1931), а 1936. године је објавио књигу „*Handbuch de Klimatologie*“, која је на себе скренула пажњу светске научне јавности (Körppen, 1936). У овој књизи, Кепен је предложио финалну верзију свог климатског класификационог система, а коју је после његове смрти објавио, у виду светске карте климатске класификације, његов колега Рудолф Гајгер 1954. године (Geiger, 1954, 1961) (табела 2) (слика 6).

Табела 2. Хронолошки приказ Кепенових главних научних доприноса

Година	Научни допринос
1884.	Топлотни појасеви на Земљи
1900., 1901.	Теоријско-методолошке основе својих каснијих класификација
1918.	Главна класификациона шема
1919.	Веза између границе шума и температуре
1931.	„Главне црте науке о клими“
1936.	„ <i>Handbuch de Klimatologie</i> “
1954., 1961.	Финална верзија климатске класификационе шеме

Кепенова нумеричка климатска класификација из 1918. године од објављивања до данас, а посебно након превођења његовог рада на енглески језик (Mather & Sanderson, 1996), са ентузијазмом је дочекана и прихваћена широм света и од стране светских научних институција и организација које се баве климатологијом, а нашла је примену не само у настави географије (Peel et al., 2007), климатологије и метеорологије, већ и за потребе уже стручних научних истраживања из поменутих области. Кепенов систем, било у свом изворном, оригиналном или неком облику модификације, налази широку примену у географији, климатологији, хидрологији, метеорологији, агрометеорологији, биоклиматологији,

<sup>32</sup> Кепен је 1924. године објавио коауторско дело „Климате геолошке прошлости“ са Алфредом Вегенером који је заступао теорију о континенталном дрифту (Körppen & Wegener, 1924).

екологији и др. дисциплинама (McMahon et al., 1992; Peel et al., 2007; Rohli & Vega, 2012; Ometto, 1981; Vianello and Alves, 2013; Petersen et al., 2012; Adams, 2009; Wrege et al., 2011; Gnanadesikan & Stouffer, 2006; McMahon et al., 2007). Такође, Кепенова класификација је нашла примену и у растућем броју научних чланка који третирају проблематику глобалног отошљавања и климатских промена, као и у регионалним климатским моделима високе резолуције (*RCM-Regional Climate Models*<sup>33</sup>), атмосферским генералним циркулационим моделима (*GCM-General Circulation Models*<sup>34</sup>) и удвојеним атмосфера-океан циркулационим моделима (*AOGCM-Atmosphere-Ocean General Circulation Models*<sup>35</sup>) (Beck et al., 2005; Fraedrich et al., 2001; Grieser et al., 2006; Suckling & Mitchell, 2000; Kalvova et al., 2003; Lohmann et al., 1993; Mitchel et Jones, 2005; Wang & Overland, 2004; Triantafyllou & Tsonis, 1994; Guetter & Kutzbach, 1990; Gallardo et al., 2013; Leemans et al., 1996; Jylhä et al., 2010; Feng et al., 2012; Baker et al., 2010; Gao & Giorgi, 2008; Roderfeld et al., 2008; Castro et al., 2007; Diaz and Eischeid, 2007; Gerstengarbe & Werner, 2009; Christensen & Kuhry, 2000; Achberger et al., 2003; Jacob et al., 2006; Chen & Chen, 2013). Кепенов класификациони систем налази примену и у картирању климата на глобалном нивоу (изради карте света Кепенових климата), као и регионализацији климата одређених области на Земљи (континентата, острва и полуострва, регија, па чак и метрополитанских урбаних подручја) (Lima et al., 2017; Kottek et al., 2006; Peel et al., 2007; Stern et al., 2000; Rubel & Kottek, 2010; Alvares et al., 2013; Baker et al., 2010; Morize, 1922; Mattos, 1905; Serebrenick, 1940, 1941; Yun et al., 2012; Crosbie et al., 2012; de Sa et al., 2012; Sparovek et al., 2007; Feng et al., 2012).

Као и сваки климатски класификациони систем који има ширу употребу и на глобалном нивоу, тако је и Кепен систем, подложен критици и одличан осврт на то дали су Thornthwaite (1943) и Wilcock (1968). Торнтвајт је, заправо, био и највећи критичар Кепенове класификационе шеме и може се слободно рећи и њен научни „ривал“ и „опонент“. Торнтвајт је сам покушао да направи бољу, „рационалну“ класификацију климата и знао је да Кепен своју класификацију није сматрао за коначну, „савршену“ верзију (Thornthwaite, 1943). Поред бројних недостатака које истиче Торнтвајт за Кепенову класификациону шему, треба истаћи и чињеницу да Торнтвајтова класификација није примењива на океане, самим тим, није могуће разумевање климата ових великих водених површина на Земљи. А познато је да океани играју једну од кључних улога у климатском систему Земље, а то је најбоље приказано удвојеним системом океан-атмосфера. Rohli et al. (2015) истичу управо ову карактеристику Кепеновог класификационг система јер може помоћи у разумевању садашњих и будућих позиција климатских типова изнад

---

<sup>33</sup> [http://glossary.ametsoc.org/wiki/Regional\\_climate\\_model](http://glossary.ametsoc.org/wiki/Regional_climate_model)

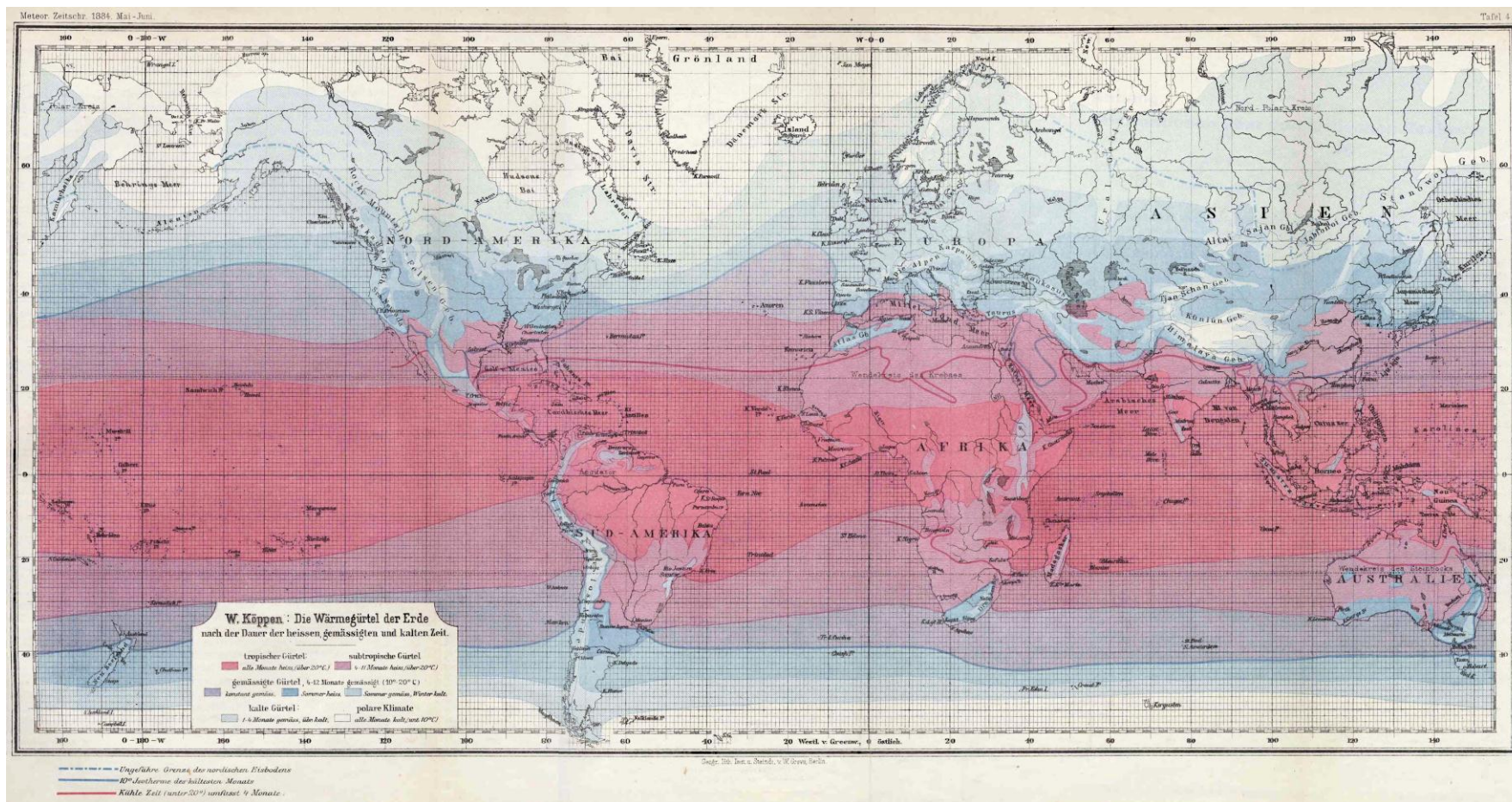
<sup>34</sup> [http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm\\_guide.html](http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html)

<sup>35</sup> <http://www.narccap.ucar.edu/about/aogcms.html>

океана и копна, тј. може се утврдити магнитуда климатских промена. Затим, као следећа ограничења и слабости наводе се „арбитрарна природа нумеричких лимита, широка зоналност и емпиризам“ (Powell, 1978). Међутим, Торнтвајтова класификациона шема иако пружа прецизније границе климата, користи сложене емприријске једначине за прорачуне и мање размуљив концепт „потенцијалне евапотранспирације“ (Sanderson, 1999). Такође, сам Торнтвајт је говорио о ограничењима примене његових једначина у другим областима на Земљи, како је за референту основу својих емприријских формула користио податке са 21 станице у западном делу САД (Вујевић, 1956). Исти аутор (Вујевић, 1956) наводи да се на релативно малом броју станица мери испаравање. Торнтвајтова класификација показује и извесна, већа ограничења на нижим географским ширинама, где нема шумских или травнатих региона (самим тим не постоји ни процес евапотранспирације). Дакле, Торнтвајтов систем вероватно поседује неке карактеристике које су боље од Кепеновог, али је теже применљив или границе је компликовано одредити (Powell, 1978). Према Peel et al. (2007), Торнтвајт тврди да је Кепен преузео првих 5 слова латинице од француског ботаничара Де Кандола, како би означио вегетационе групе у својој класификацији. Међутим, исти аутори (Peel et al., 2007), сматрају да је непојмљиво да Кепен то није урадио како су климатски подаци на светском нивоу били оскудни у том периоду.

Постоје две најпознатије модификације оригиналног Кепеновог климатског класификационог система. Прву је предложио немачки климатолог Рудолф Гајгер, а та класификација је позната као Кепен-Гајгеров (KGC) климатски класификациони систем (Geiger 1954, 1961) (слика 6). Следећу модификацију Кепеновог оригиналног система дао је амерички климатолог Глен Треварта (Trewartha, 1967, 1968, 1980, 1981), а познатија је као Кепен-Треварта (KTC) климатски класификациони систем. Број климатских класификационих класа или категорија је у овој модификацији смањен са 24 на 11. Тревартин приступ је био да прошири копнене климате на океанске површине и извршио је диференцијацију климата средњих ширина (Walterscheid, 2009; Rohli et al., 2015) (слика 7).

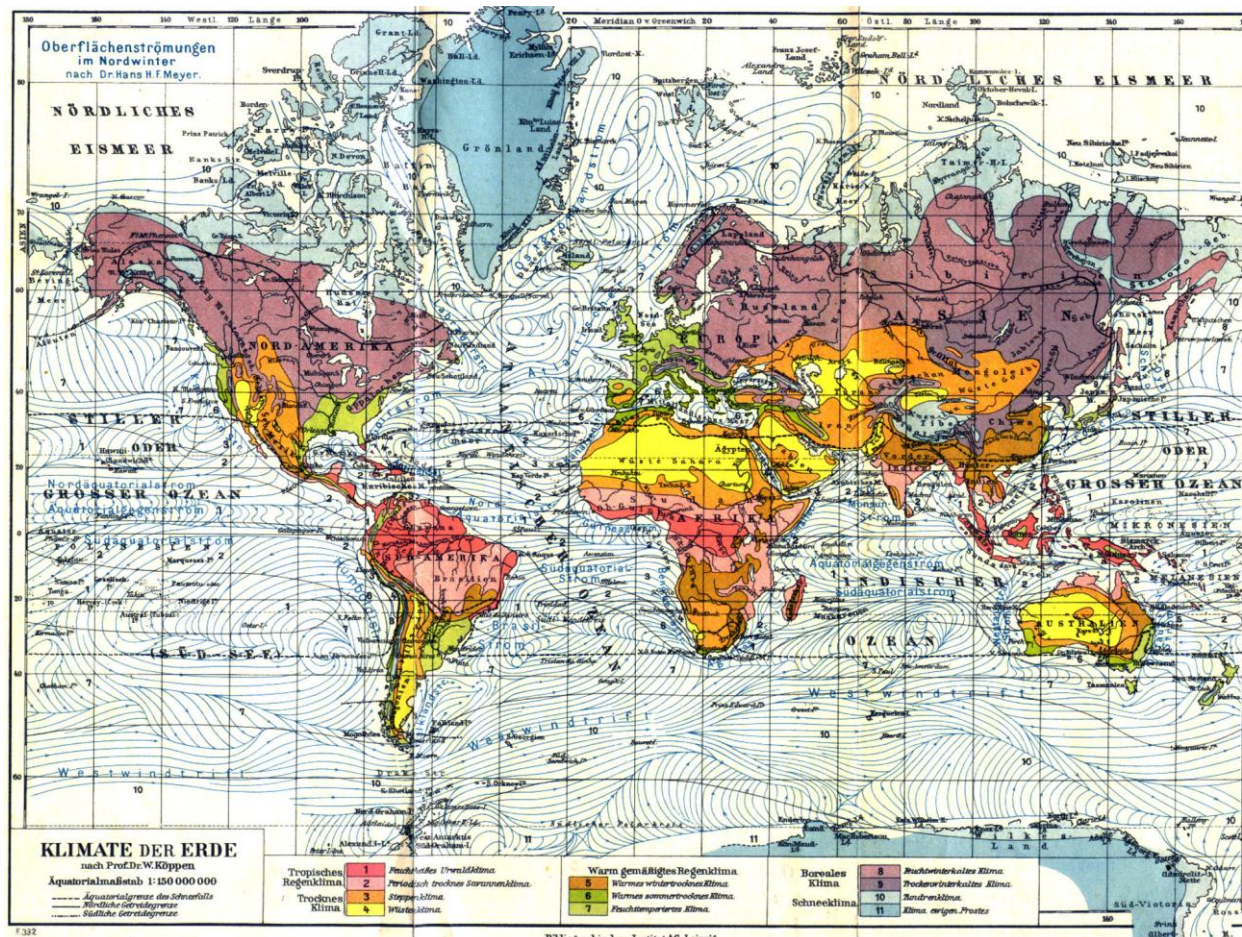




Слика 3. Топлотни појасеви на Земљи (Көрпен, 1884) (извор: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm>)

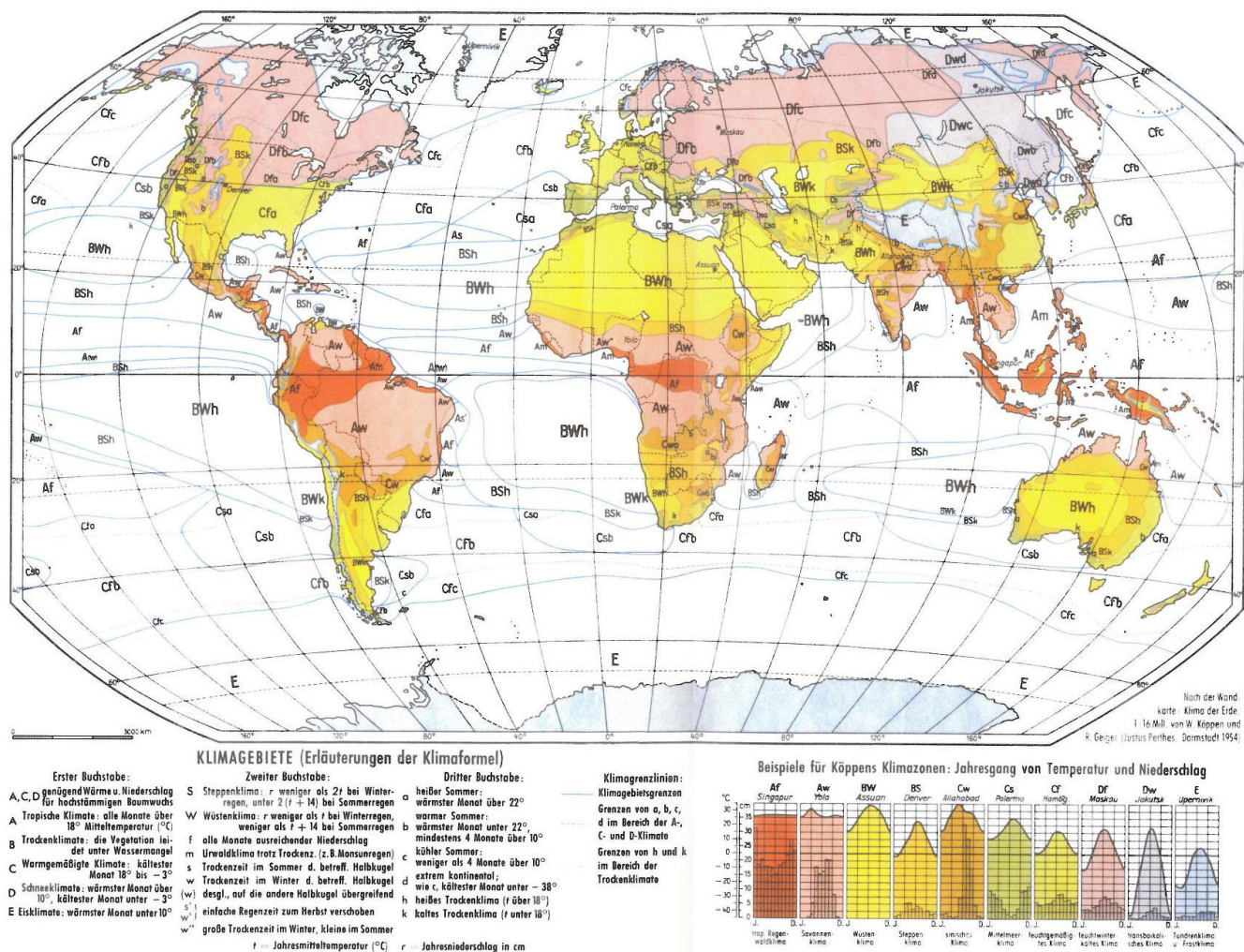






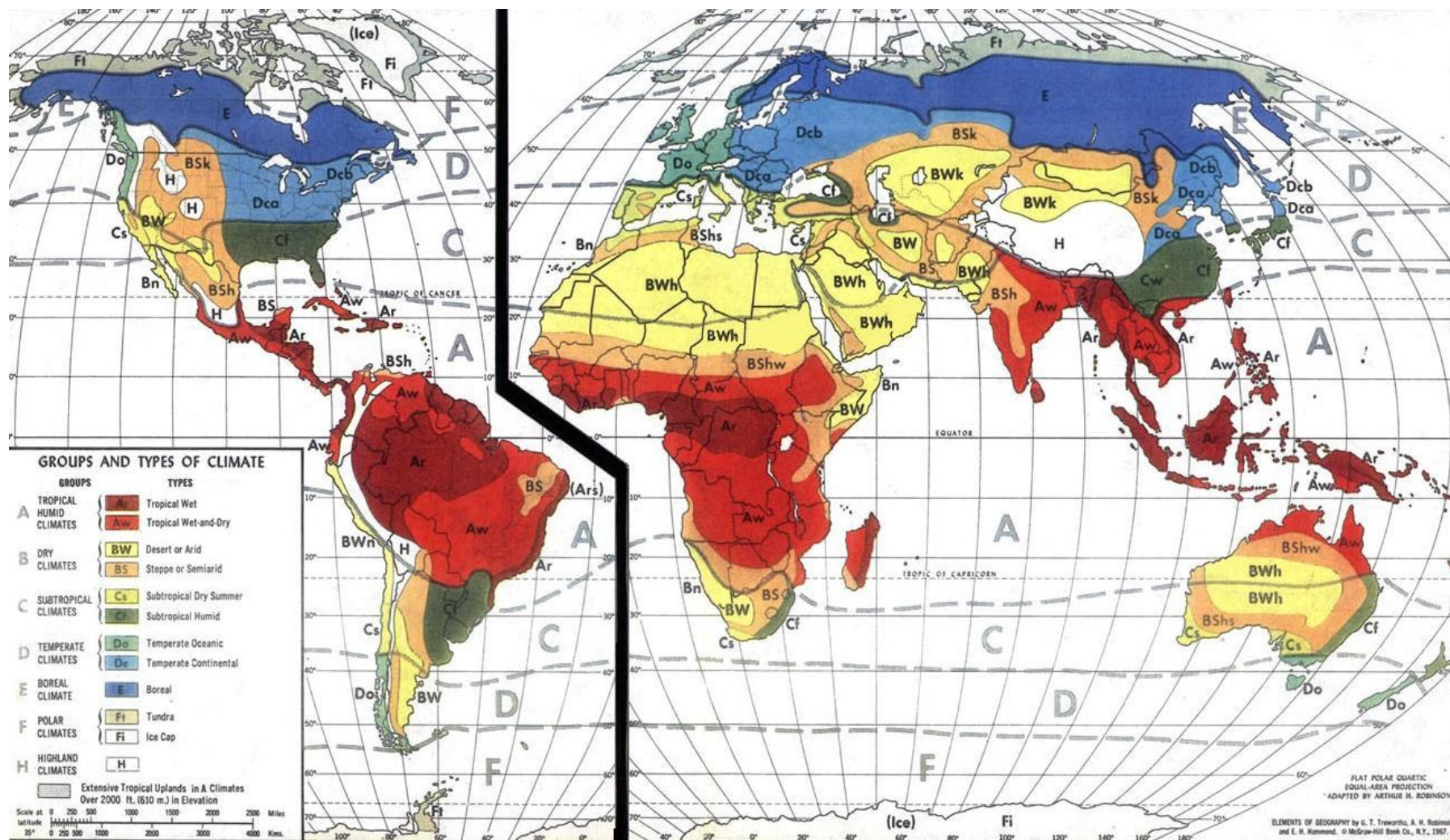
Слика 5. Главне црте климатологије (Көppen, 1919) (извор: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm>)





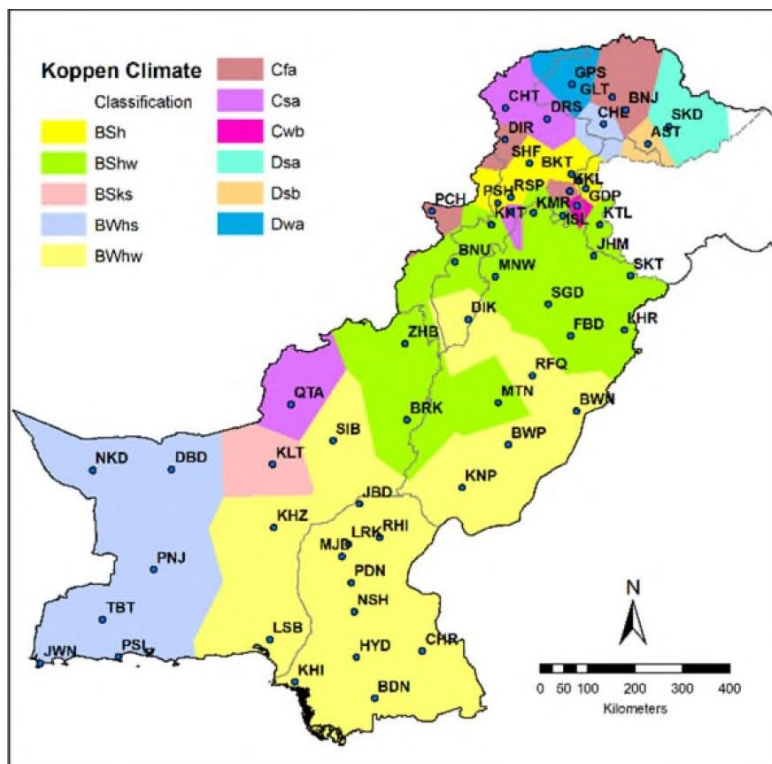
Слика 6. Кепен-Гајгер климатски класификациони систем (Köppen & Geiger, 1954) (извор: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.htm>)





Слика 7. Кепен-Треварта климатски класификациони систем (Trewartha, 1967, из Walterscheid, 2009)

Sarfaraz et al. (2014) су извршили регионализацију климата Пакистана према Кепен-Гајгер (KGC) климатском класификационом систему, тј. методологији одређивања граница климатских класа коју су предложили Peel et al. (2007). Исти аутори (Sarfaraz et al., 2014) су користили податке о вишегодишњим средњим месечним вредностима температуре ваздуха и падавина са 59 метеоролошких станица у Пакистану, за 30-годишњи нормални период (1981-2010). Резултати њихове студије указују на велике контрасте у просторној дистрибуцији и варијацији температуре ваздуха и падавина на северу и југу Пакистана, а самим тим ти исти контрасти се јављају и у просторној дистрибуцији Кепен-Гајгер (KGC) климатских класа. Битно је истаћи да је у Пакистану најзаступљенија климатска варијанта *BWhw*-суви жарки пустињски климат са сувом зимом (30,5%), затим следи варијанта *BWhs*-суви жарки пустињски климат са сувим летом (11,9%). Дакле, пустињски климат (*BW*) обухвата укупно 42,4% метеоролошких станица укључених у анализу. Затим следе варијанте сувог степског климата са следећим процентуалним учешћем: *BShw* (23,7%), *BSh* (10,2%) и *BSks* (1,7%). Односно, укупан проценат станица са различитим варијантама сувог степског климата износи 35,6%. Може се рећи да је на укупно 78% (или  $\frac{3}{4}$  области) метеоролошких станица укључених у анализу заступљен сув пустињски и степски климат, као главна карактеристика климатских региона Пакистана. Најзаступљенија варијанта умерено топлог кишног (*C*) климата је *Cfa*-умерено топли кишни климат без сушног доба са жарким летом, који је забележен на укупно 5 метеоролошких станица у северном делу Пакистана. Одлика бореалног или снежно-шумског (*D*) климата у Пакистану је да нема ознаку *f*, тј. да није без сушног доба.



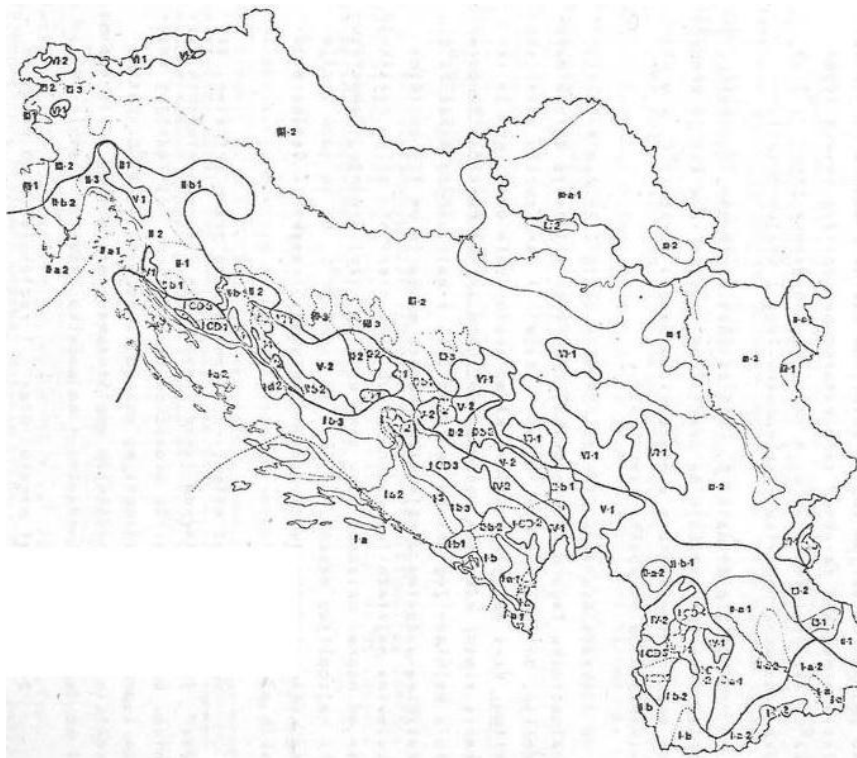
Слика 8. Климатски региони Пакистана према Кепен-Гајгер (КГК) климатском класификационом систему (Sarfaraz et al., 2014)

Прву климатску регионализацију Југославије урадио је Милутиновић (1974) на основу података о просечним месечним вредностима температуре ваздуха и сума падавина за нормални климатски период 1931-1960., са 400 метеоролошких станица. Резултати које даје Милутиновић (1974) презентовани на карти испод (слика 9), разликују две основне климатске класе према Кепеновом климатском класификационом систему: варијанте умерено топлог кишног (C) климата и варијанте бореалног снежно-шумског (D) климата. Према Милутиновићу (1974), први тип климата је заступљен у областима са мањим надморским висинама, док је бореални климат ограничен само на планинска подручја изнад 1000 m надморске висине.

Следећа климатска регионализација Југославије изведена је од стране Савић (1979). Класификација је добијена на основу података о вишегодишњим средњим вредностима температуре ваздуха и сума падавина за периоде 1925-1940. и 1946-1958., са 97 метеоролошких станица.

Најскорију климатску регионализацију Србије према изворном Кепеновом (КСС) климатском класификационом систему дали су Milovanović et al. (2017). Користили су податке о вишегодишњим средњим месечним вредностима температуре ваздуха и падавина за 50-годишњи низ (1961-2010). Подаци су добијени са 64 климатолошке и 421 кишомерне станице. Исти аутори (Milovanović et al., 2017) издвајају следеће климатске класе: Cfb-која је најзаступљенија, затим Cfa, Dfb, и Dfc. Презентација резултата дата је у виду резултујуће карте растерског ГИС-а климатских

региона Србије. Такође, исти аутори у свом чланку уводе и додатне ознаке за Кепенову климатску формулу, а које се односе на плувиометрисјки режим- $q$  и  $r$ .



Слика 9. Класификација климата бивше СФРЈ према Кепену (Милутиновић, 1974)

Главни циљ овог поглавља је да се помоћу Кепеновог (КСС), Кепен-Гајгеровог (КГС) и Кепен-Треварта (КТС) климатског класификационог система изврши регионализација климата Србије у различитим климатским периодима. У складу са изнетим циљем истраживања, следеће радне хипотезе су постављене: (h1) Класификација климата према Кепену, Кепен-Гајгеру и Кепен-Треварти је у највећој мери условљена динамичко-оргографским факторима, тј. резултат је разлика у просторној дистрибуцији и годишњем ходу температуре ваздуха и сума падавина у Србији; (h2) Између два 30-годишња нестандардна климатска субпериода дошло је до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класа према КСС, КГС, КТС систему; (h3) Просторна дистрибуција и варијација климатских класа према КСС, КГС, КТС климатском класификационом систему у великој мери показује међусобну подударност.



## 7.2. База података и методологија

Коришћени су месечни подаци климатских нормала температура ваздуха и падавина за 60-годишњи период осматрања (1951-2010.) са 31 метеоролошке станице. Месечне вредности података су прикупљене током 12 месеци како би се одредиле годишње вредности. У циљу детектовања могућих промена у просторној дистрибуцији климатских класификационих категорија посматрана су и два нестандардна климатска субпериода од 30 година: 1951-1980. и 1981-2010. Картографска визуелизација резултата добијених применом одговарајуће климатске формуле представљена је у виду 9 тематских карата растерског ГИС-а. По три тематске карте за сваку класификацију, а појединачно свака тематска карта за одређени период осматрања.

Кепен је дао први пример квантитативне, генеричке класификације повезане са растом биљака или вегетацијом, коришћењем такозване климатске формуле које препознаје два климатска елемента-температуру ваздуха и падавине. За ова два најважнија климатска елемента, користе се подаци о средњим месечним и средњим годишњим вредностима. При одређивању ове климатске формуле не узима се у обзир географски положај климатског типа (Дуцић и Анђелковић, 2004). Ова класификација задовољава неколико битних услова (Radinović, 1984, а према Köppen, 1936):

1. Коришћењем нумеричких метеоролошких података може се једнообразно установити тип климата;
2. Примена класификација је могућа на целој планети;
3. Постоји извесна подударност између климатских и вегетацијских типова;
4. Климатска формула одређује тип климата и може се користити на глобалном нивоу.

Табела 3. Кепенови главни климатски типови

Климатско слово	Опис
A	Тропски
B	Аридни
C	Умерени
D	Континентални
E	Поларни
H*	Висински

(Извор: Essenwanger, 2001)

\*Изнад 3000 m надм. висине, примењује само по потреби (Дукић, 1976)

Кепен је издвојио 5 главних климатских група (табела 3), а у свакој од њих по 2 или 3 климатска типа, тако да његов класификациони систем

разликује укупно 11 главних климатских типова. Општа једначина која описује све варијанте климатских типова дефинисана је следећом релацијом (Дуцић и Анђелковић, 2004; Burić et al., 2014; модификована од стране аутора):

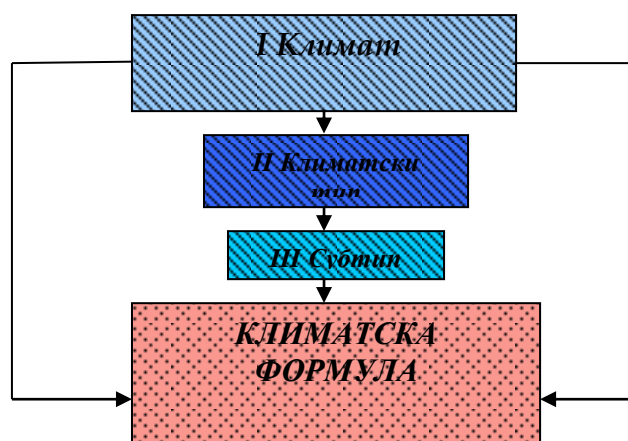
$$k = \sum 2(A) + 2(B) + 3(C) + 2(D) + 2(E), \quad (1)$$

тј. коначни облик ове релације би био:

$$k = \sum 11 \text{ климатских типова} \quad (2)$$

У свом систему, Кепен разликује три нивоа која одређују климатску формулу (Дуцић и Анђелковић, 2004) (слика 10):

1. **Климат**-одређен на основу средњих вредности температура ваздуха;
2. **Климатски тип**-одређен на основу плувиометријског режима;
3. **Субтип**-време појаве температурних и падавинских екстрема;



Слика 10. Шематски приказ нивоа у Кепеновом климатском систему (према аутору)

Ако би се словом  $N$  означила климатска група, словом  $n_r$  режим падавина, словом  $N'$  степен хладноће и сушности, словом  $n_t$  температурни режим, а словом  $n'$  појава екстрема, Кепенова климатска формула ( $k_n$ ) за одређену метеоролошку станицу или климатски регион, у општем облику, могла би се описати следећом једначином (према аутору):

$$k_n = \sum N + n_r + N' + n_t + (n'), \quad (3)$$

са извесним модификацијама ове једначине у најопштијем облику. Дакле, за поједине климатске групе једначина (3) има следећи облик:

$$k_A = \sum N + n_r, \quad (4)$$

$$k_B = \sum N + N' + n_t, \quad (5)$$

$$k_C = \sum N + n_r + n_t + (n'), \quad (6)$$

$$k_D = \sum N + n_r + n_t + (n'), \quad (7)$$

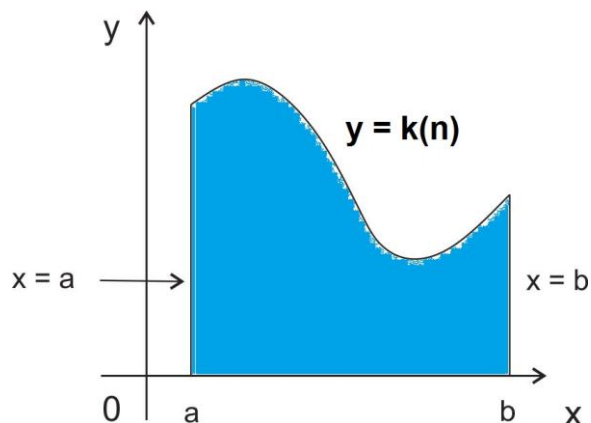
$$k_E = \sum N + N', \quad (8)$$

тј. за тропски влажни климат (A), суви климат (B), умерено топли климат (C), умерено хладни или бореални климат (D) и хладни климат (E), респективно.

Кепенова климатска формула може се, у општем облику, написати и као функција  $k(n)$ , реалне варијабле  $n$  која је ограничена интервалима  $[x=a$  и  $x=b]$ , тада се добија одређени интеграл (према аутору):

$$k(n) = \int_a^b k(n)dn, \quad (9)$$

где одређени интеграл представља површину неког имагинарног подручја на Земљи у  $x/y$  равни (слика 11), ограничену графиком функције  $k$  и вертикалним правцима  $x=a$  и  $x=b$ .



Слика 11. Приказ површине ограничене графиком функције  $y=k(n)$

Кепен је 1900. предложио мање познати климатски класификациони систем који се у великој мери ослања на корелацији између климата и биома и увео је словне ознаке за климате које је користио и касније: A, B, C, D и E. Као границе ових климатских региона, Кепен је увео термални критеријум. Тако у A климатима, температура најхладнијег месеца је већа од  $18^{\circ}\text{C}$ . За B климате не наводи термални критеријум, већ само да имају континуирану оскудицу у падавинама. За C климате, граничне вредности за најхладнији месец су  $>18^{\circ}\text{C}$ , а најтоплији месец  $>22^{\circ}\text{C}$ . Код D климата, температуре најтоплијег месеца се крећу између  $10^{\circ}\text{C}$  и  $22^{\circ}\text{C}$ . E климати имају температуре најтоплијег месеца између  $0^{\circ}\text{C}$  и  $10^{\circ}\text{C}$ . Овај први климатски класификациони модел са почетка



20. века може се сматрати Кепеновим покушајем изградње квантитативне генеричке класификације климата која ће повезати климате и биоме, а коју ће Кепен и коначно представити 1918. године. У табели 4. представљени су климатски региони по Кепеновој класификационој шеми из 1900. године, а приказани од стране Oliver (2005).

Већ 1918. године, Кепен даје квантитативни климатски класификациони систем који који представља базу из које ће се развити и модификоване Кепенове класификације у наредном периоду. Ова класификациона шема из 1918. данас има најширу примену (Дуцић и Анђелковић, 2004) и представља универзални климатски класификациони модел који се користи као нумеричка и објективна база (табела 5).

Табела 4. Климатски региони према Кепеновој класификацији из 1900. године

<p><b>А. Мегатермални или тропски низијски климати; најхладнији месеци &gt;18°C</b></p> <p>1. Лијана 2. Баобаб</p>
<p><b>В. Ксерофитни климати-аридни и семиаридни. Континуирана оскудица у падавинама</b></p> <p><b>I Приобалне пустиње малих географских ширина</b> 3. Гаруа (магла)</p> <p><b>II Низијске пустиње и степе под утицајем веће летње врелине</b> 4. Дагула 5. Мескит 6. Трагакант 7. Источна Патагонија</p> <p><b>III Низијске пустиње и степе са хладним зимама и кратким жарким летима</b> 8. Буран 9. Прерије</p>
<p><b>С. Мезотермални или умерени климати. Најхладнији месец испод 18°C, а најтоплији месец изнад 22°C</b></p> <p><b>I Суптропски климати са влажним, жарким летима</b> 10. Камелија 11. Хикори 12. Кукуруз</p> <p><b>II Суптропски климати са благим, влажним зимама и сувим летима</b> 13. Маслина 14. Вресак</p> <p><b>III Тропски планински климати и маритимни климати средњих ширина</b> 15. Фуксије 16. Висинске саване</p>

<p><b>D. Микротермални или хладни климати.</b> Најтоплији месец између 10°C и 22°C</p> <p>17. Храст 18. Смрча 19. Јужна буква</p>
<p><b>E. Хекистотермни или хладни климати.</b> Најтоплији месец између 0°C и 10°C</p> <p>20. Тундра 21. Пингвин или Антарктик 22. Јак (Памир) 23. Рододендрон 24. Ледена капа</p>

Наставак табеле 4. (Извор: Oliver, 2005-адаптирано)

Табела 5. Кепенов класификациони систем из 1918. године

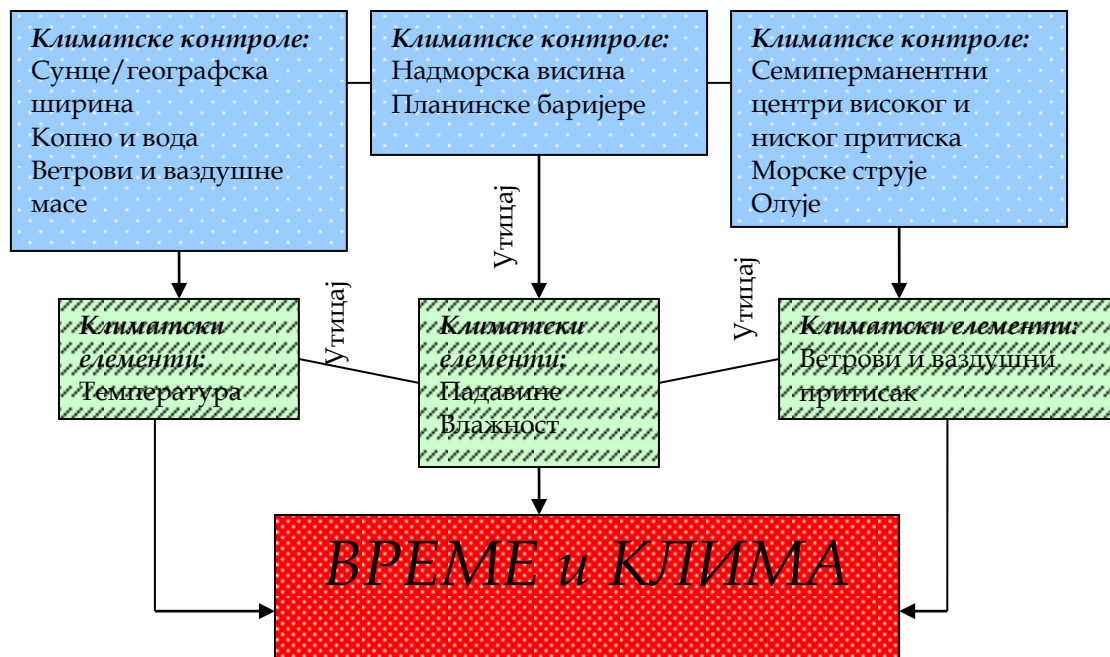
<p><b>A.</b> Температура најхладнијег месеца изнад 18°C <i>f</i>: падавине најсувљег месеца најмање 6 cm <i>m</i>: падавине најсувљег месеца &gt; (10-годишње падавине/25) али &lt; 6 cm <i>w</i>: падавине најсувљег месеца, 6 cm и без падавина у сушном периоду (не испуњава критеријум под <i>m</i>) <i>s</i>: падавине најсувљег месеца, 6 cm и без падавина у влажном периоду (не испуњава критеријум под <i>m</i>)</p>	<p>Такође препознаје:</p> <p><i>w'</i>: максимум падавина у лето <i>w'</i>: два максимума падавина <i>i</i>: годишња амплитуда температуре &lt;5°C <i>g</i>: најтоплији месец претходи летњем солстицијуму</p>
<p><b>B.</b> Евапорација је већа од годишњих падавина <i>BW</i> (пустиња) и <i>BS</i> (степа) је одређена према следећем: Заменити <i>r</i> (годишње падавине у cm) и <i>t</i> (температуру у °C) у <math>r=2(t+14)</math> када 70% кише падне у 6 летњих месеци <math>r=2t</math> када 70% кише падне у 6 зимских месеци <math>r=2(t+7)</math> када је киша равномерно распоређена или ништа од претходног Када је <math>r &gt;</math> од десне стране једначине климат није пустињски Када је <math>r &lt;</math> од десне стране једначине онда је климат пустињски (<i>BS</i> или <i>BW</i>) Када је десна страна једначине <math>&lt; r/2</math> онда је <i>BW</i>, а ако није онда је <i>BS</i></p> <p><i>h</i>: просечна годишња температура &gt;18°C <i>k</i>: просечна годишња температура &lt; 18°C</p>	<p>Такође препознаје:</p> <p><i>k'</i>: просечна температура најтоплијег месеца &lt; 18°C <i>n</i>: висока учесталост магли <i>s</i>: 70% падавина у 6 зимских месеци (суво лето) <i>w</i>: 70% падавина у 6 летњих месеци (сува зима)</p>

<p><b>C.</b> Просечна температура најхладнијег месеца <math>&lt; 18^{\circ}\text{C}</math> и изнад <math>-3^{\circ}\text{C}</math>; просечна температура најтоплијег месеца <math>&gt; 10^{\circ}\text{C}</math>  <i>f</i>: најмање 3 cm падавина сваког месеца  <i>w</i>: најмање 3 пута падавина у летњем месецу као у најсувљем зимском месецу  <i>s</i>: најмање 3 пута падавина у зимском месецу као у најсувљем летњем месецу, са 1 месецом <math>&lt; 3</math> cm  <i>a</i>: најтоплији месец изнад <math>22^{\circ}\text{C}</math>  <i>b</i>: најтоплији месец испод <math>22^{\circ}\text{C}</math> али најмање 4 месеца <math>&gt; 10^{\circ}\text{C}</math>  <i>c</i>: само 1-3 месеца <math>&gt; 10^{\circ}\text{C}</math></p>	<p>Такође препознаје:</p> <p><i>x</i>: максимум падавина у касно пролеће или рано лето; суво касно лето  <i>l</i>: висока учесталост магле  <i>i</i>: годишња амплитуда температуре <math>&lt; 5^{\circ}\text{C}</math>  <i>g</i>: најтоплији месец претходи летњем солстицијуму  <i>t'</i>: најтоплији месец у јесен  <i>s'</i>: максимум падавина у јесен</p>
<p><b>D.</b> Просечна температура најхладнијег месеца <math>&lt; -3^{\circ}\text{C}</math>; најтоплији месец <math>&gt; 10^{\circ}\text{C}</math></p> <p><i>d</i>: најхладнији месец <math>&lt; -38^{\circ}\text{C}</math>  Остале категорије исте као и у C климатима</p>	
<p><b>E.</b> Просечна температура најтоплијег месеца <math>&lt; 10^{\circ}\text{C}</math></p> <p><i>ET</i>: просечна температура најтоплијег месеца између <math>0^{\circ}\text{C}</math> и <math>10^{\circ}\text{C}</math>  <i>EF</i>: просечна температура најтоплијег месеца <math>&lt; 0^{\circ}\text{C}</math></p>	

Наставак табеле 5. (Извор: Oliver, 2005-адаптирано)

Позивајући се на наводе Oliver (2005), прва модификација Кепеновог климатског класификационог система урађена је 1953. годне од стране Geiger-Pohl. Peel et al. (2007) у свом чланку користе Кепен-Гајгерову класификацију према упутствима из Кепен-Гајгеровог Приручника (Körppen, 1936), али са изменама које је предложио Russell (1931). Измене се односе на доњу температурну границу између умереног (C) и бореалног (D) климата. Уместо границе од  $< -3^{\circ}\text{C}$ , узима се граница  $> 0^{\circ}\text{C}$ , тј.  $= < 0^{\circ}\text{C}$  (Wilcox, 1968; Essenwanger, 2001; Peel et al., 2007). Основе овог модификованог класификационог система су приказане у табели 6 према Peel et al. (2007).

Следећа, и последња до сада, модификација Кепеновог система дата је од стране Trewartha (1954), позивајући се на наводе Oliver (2005). Trewartha (1967) уводи листу тзв. „климатских контрола“, а морске струје су важан фактор у његовој класификацији (слика 12, табела 7).



Слика 12. Климатске контроле према Треварту 1967. године (аутор)

Табела 6. Кепен-Гајгеров климатски класификациони систем

Прво слово	Друго слово	Треће слово	Опис климата	Критеријум*
<b>A</b>	<i>f</i> <i>m</i> <i>w</i>		<b>Тропска</b> -Прашумска -Монсунска -Саванска	$T_{најхл.} \geq 18$ $R_{најсув.} \geq 60$ $He\ A(f)\ и\ R_{најсув.} \geq 100 - RSR / 25$ $He\ A(f)\ и\ R_{најсув.} \leq 100 - RSR / 25$
<b>B</b>	<i>W</i> <i>S</i>	<i>h</i> <i>k</i>	<b>Аридна</b> -Пустиња -Степа -Топла -Хладна	$RSR < 10 \times R_g$ $RSR < 5 \times R_g$ $RSR \geq 5 \times R_g$ $TSR \geq 18$ $TSR < 18$
<b>C</b>	<i>s</i> <i>w</i> <i>f</i>	<i>a</i> <i>b</i> <i>c</i>	<b>Умерена</b> -Суво лето -Сува зима -Без сушног периода -Жарко лето -Топло лето -Хладно лето	$T_{најтопл.} > 10\ и\ 0 < T_{најхлад.} < 18$ $R_{најсув.л.} < 40\ и\ R_{најсув.л.} < R_{највлаж.з.} / 3$ $R_{најсув.з.} < R_{највлаж.л.} / 10$ $He\ (Cs)\ или\ (Cw)$ $T_{најтопл.} \geq 22$ $He\ (a)\ и\ T_{10m} \geq 4$ $He\ (a\ или\ b)\ и\ 1 \leq T_{10m} < 4$
<b>D</b>	<i>s</i> <i>w</i> <i>f</i>	<i>a</i> <i>b</i> <i>c</i> <i>d</i>	<b>Хладна</b> -Суво лето -Сува зима -Без сушног периода -Жарко лето -Топло лето -Хладно лето -Веома хладна зима	$T_{најтопл.} > 10\ и\ T_{најхлад.} \leq 0$ $R_{најсув.л.} < 40\ и\ R_{најсув.л.} < R_{највлаж.з.} / 3$ $R_{најсув.з.} < R_{највлаж.л.} / 10$ $He\ (Ds)\ или\ (Dw)$ $T_{најтопл.} \geq 22$ $He\ (a)\ и\ T_{10m} \geq 4$ $He\ (a, b\ или\ d)$ $He\ (a\ или\ b)\ и\ T_{најхл.} < -38$
<b>E</b>	<i>T</i> <i>F</i>		<b>Поларна</b> -Тундра -Лед	$T_{најтопл.} < 10$ $T_{најтопл.} > 0$ $T_{најтопл.} \leq 0$

(Извор: Peel et al., 2007-адаптирано од стране аутора)

\*RSR-средње годишње падавине; TSR-средња годишња температура;  $T_{најтопл./најхл.}$ -температура најтоплијег и најхладнијег месеца;  $T_{10m}$ -број месеци у којима је температура изнад 10;  $R_{најсув.л./л./з.}$ -падавине најсувљег месеца/лети/зими;  $R_{највлаж.з./л.}$ -падавине највлажнијег месеца зими/лети;  $R_g$ -варира према следећим правилима: када 70% RSR се догоди зими онда је  $R_g=2 \times TSR$ , ако се 70% догоди лети онда је  $R_g=2 \times TSR+28$ , у другом случају је  $R_g=2 \times TSR+14$ . Зима (лето) је дефинисана као хладнији (топлији) период од 6 месеци ОНДЈФМ и АМЈЈАС.

Табела 7. Кепен-Треварта климатски класификациони систем

Климатски тип	Опис климе	Класификациони критеријуми***
<i>Ar</i>	тропска хумидна	Сви месеци изнад 18 <sup>0</sup> С и мање од 3 сушна месеца
<i>Aw</i>	тропска влажна-сува	Исто као и <i>Ar</i> само три или више сушних месеци
<i>BW</i>	сува аридна	Годишње падавине $R(cm) \leq 0.5A$
<i>BS</i>	сува семиаридна	Годишње падавине $R(cm) > 0.5A$ али мање или једнаке <i>A</i>
<i>Cs</i>	суптропска сува лети	8-12 месеци изнад 10 <sup>0</sup> С, годишње падавине испод 89 cm и суво лето
<i>Cw</i>	суптропска сува зими	Исти термални критеријум као <i>Cs</i> , само сува зима
<i>Cr</i>	суптропска хумидна	Исто као <i>Cw</i> , без сушне сезоне
<i>DO</i>	умерена океанска	4-7 месеци изнад 10 <sup>0</sup> С и најхладнији месеци изнад 0 <sup>0</sup> С
<i>DC</i>	умерена континентална	4-7 месеци изнад 10 <sup>0</sup> С и најхладнији месеци испод 0 <sup>0</sup> С
<i>EO</i>	субарктичка океанска	До 3 месеца изнад 10 <sup>0</sup> С и температура најхладнијег месеца изнад -10 <sup>0</sup> С
<i>EC</i>	субарктичка континентална	До 3 месеца изнад 10 <sup>0</sup> С и температура најхладнијег месеца =< -10 <sup>0</sup> С
<i>FT</i>	клима тундре	Сви месеци испод 10 <sup>0</sup> С
<i>FI</i>	клима ледене капе	Сви месеци испод 0 <sup>0</sup> С

(Извор: Gallardo et al., 2013-адаптирано од стране аутора)

\*\*\* Сушан месец: < 6 cm месечних падавина;

$A=2,3 T -0,64 R_w + 41$ , где је *T* годишња температура ваздуха (°C) и *R<sub>w</sub>* проценат падавина који се излучи у 6 најхладнијих месеци;

Суво лето: најсувљи летњи месец мање од 3 cm падавина и мање од једне трећине количине падавина које се излуче у највлажнијем зимском месецу;

Сува зима: падавине у највлажнијем летњем месецу су 10 пута веће него оне у најсувљем зимском месецу.

### 7.2.1. Одређивање Кепенове (KCC), Кепен-Гајгерове (KGC) и Кепен-Треварта (KTC) климатске формуле у Србији

На основу климатских података о температури ваздуха и падавинама за 60-годишњи (1951-2010.) период осматрања, тј. два нестандардна климатска периода 1951-1980. и 1981-2010., Кепенова (KCC) климатска формула одређена је на основу једначина:

$$k_c = \sum N + n_r + n_t + (n'), \quad (10)$$

$$k_D = \sum N + n_r + n_t + (n'), \quad (11)$$

тј., Кепенова (КСС) климатска формула за све варијанте климата могла би бити представљена следећом релацијом:

$$k = 2N + 3n \vee 2n' \vee 2n'' + 3n_1 + 2n_2, \quad (12)$$

тј., ова једначина се чита као:

$$k = 2 \text{ типа климата} + 3 \text{ режима падавина} + 3 \text{ режима температуре} + 2 \text{ помака екстрема} \quad (13)$$

или ако се напише као функција  $y=F(k)$ , добија се имагинарна површина која се израчунава одређеним интегралом (према аутору):

$$F(k) = \int_a^b f(k) dk, \quad (14)$$

где су интервали у првом случају,  $x=a= -3^{\circ}\text{C}$  и  $x=b= 18^{\circ}\text{C}$ , односно у другом случају,  $x=a< -3^{\circ}\text{C}$  и  $x=b> 10^{\circ}\text{C}$ .

Применом наведених једначина (10-14), у Србији је у 60-годишњем климатском периоду (1951-2010.), заступљен умерено топли (C) климат и умерено хладни или бореални (D) климат. Умерено топли климат је идентификован на највећем броју станица укључених у анализу у Панонској, Перипанонској и планинско-долинско-котлинској Србији. Умерено хладни бореални климат је откривен на високопланинским станицама Копаоник, Сјеница и Златибор (> 1000 m надморске висине). КСС систем у Србији, у општем облику, приказан је у табели 8.

Табела 8. КСС систем у Србији

Климатски разред (климат)	Климатски тип	Климатски субтип	Опис климата
C	Cf	Cfw	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом
		Cfs	Умерено топла и влажна клима са сувим летом
D	Df	Dfw	Бореална и влажна клима са сувом зимом

(према аутору)

На основу сличног модела, а према већ познатим критеријумима, одређени су и Кепен-Гајгеров климатски систем у Србији (KGC), као и Кепен-Треварта климатски систем (KTC). Главни типови климата у овим климатским системима, представљени су у табелама 9 и 10, респективно.



Табела 9. КГС систем у Србији

Климатски разред (климат)	Климатски тип	Климатски субтип	Опис климата
C	Cf	Cfa	Умерени климат без сушне сезоне са жарким летом
		Cfb	Умерени климат без сушне сезоне са топлим летом
D	Df	Dfa	Хладан климат без сушне сезоне са жарким летом
		Dfb	Хладан климат без сушне сезоне са топлим летом
		Dfc	Хладан климат без сушне сезоне са хладним летом

(према аутору)

Табела 10. КТС систем у Србији

Климатски разред (климат)	Климатски тип	Опис климата
D	DC	Умерени континентални
	DO	Умерени океански
E	EO	Бореални океански

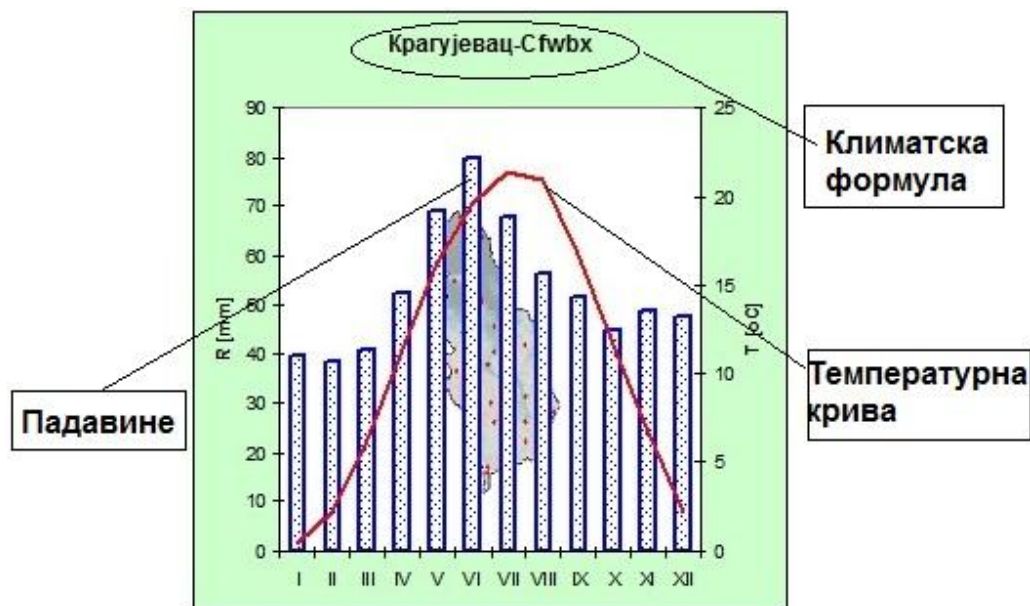
(према аутору)

Полазећи од чињенице да су у климатологији веома важне методе очигледног представљања података (Дуцић и Анђелковић, 2004), у овом случају температуре ваздуха и падавина као главних климатских елемената у Кепеновом климатском класификационом систему, три метода комплексних визуелних средстава су употребљена:

- 1) метод климадијаграма за КСС систем,
- 2) метод хајзерграфа за КГС систем и
- 3) метод климографа за КТС систем.

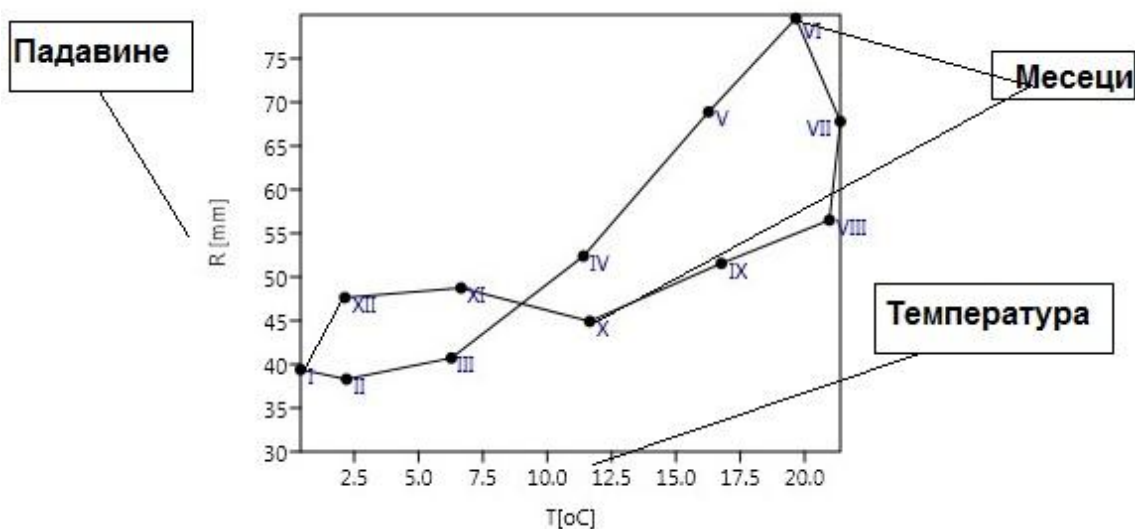
Иако се ради о истим подацима о температури ваздуха и падавинама, за исте климатске периоде—један 60-годишњи (1951-2010.) и два 30-годишња (1951-1980., 1981-2010.), за сваки климатски класификациони систем (КСС, КГС, КТС) представљене су различите станице типични представници одређеног климатског типа.

1) Метод климадијаграма је употребљен за КСС систем. У питању је дијаграм на коме су на једном координатном систему приказани и температура ваздуха и падавине (Дуцић и Анђелковић, 2004), тј. у конкретном примеру на левој ординати су приказане падавине (стубићи) у mm, а на десној ординати температура ваздуха (крива) у °C. Слика 13 приказује пример овог комплексног дијаграма за Крагујевац. Такође, за сваку станицу је приказана и климатска формула према КСС систему.



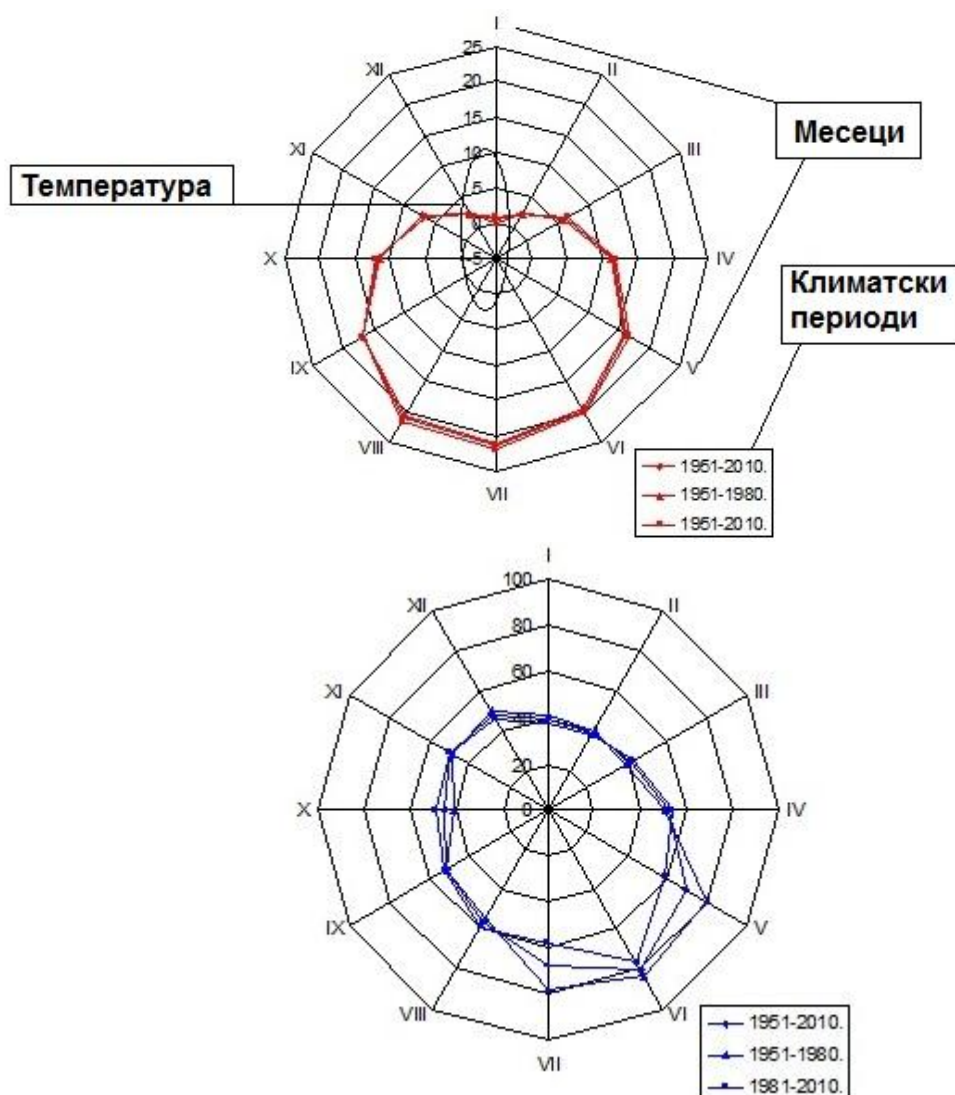
Слика 13. Пример климадијаграма за станицу Крагујевац за период 1951-2010.

2) Метод хајзерграфа је употребљен за графичко представљање станица типичних представника климата у КГС систему. У конкретном случају, на апсиси су представљене температуре ( $^{\circ}\text{C}$ ), а на ординати су представљене падавине (mm). Температуре и падавине се уносе на одређена места у координатном систему на графикону (Дуцић и Анђелковић, 2004), добија се 12 тачака-12 месеци у години, римским бројевима означени. Све тачке су спојене дужима, и као резултат се добијају хајзерграфи различитих облика који говоре о односу температуре ваздуха и падавина по месецима у току године, тј. „описују“ климат неког одређеног простора. Слика 14 даје пример једног таквог хајзерграфа за станицу Крагујевац.



Слика 14. Пример хајзерграфа за станицу Крагујевац за период 1951-2010.

3) Метод климографа је употребљен за представљање станица типичних представника КТС климатског класификационог система. Климोगрафи су урађени као поларни графикони, а према методологији коју предлаже Т. Ракићевић (1960) у свом раду „Клима Београда“. Поларни графикон је посебно урађен за температуру, а посебно за падавине. Према Ракићевићу (1960), сваки концентрични круг на графикону означава исту температуру, односно исту суму падавина. Размак између кругова износи  $5^{\circ}$ . Размак између кругова на поларном графикону је  $5^{\circ}\text{C}$  у случају температуре, тј. 10 mm када су у питању падавине. Слика 15 најбоље показује примену поменуте методологије на станици Крагујевац.



Слика 15. Пример климографа за станицу Крагујевац за сва три климатска периода

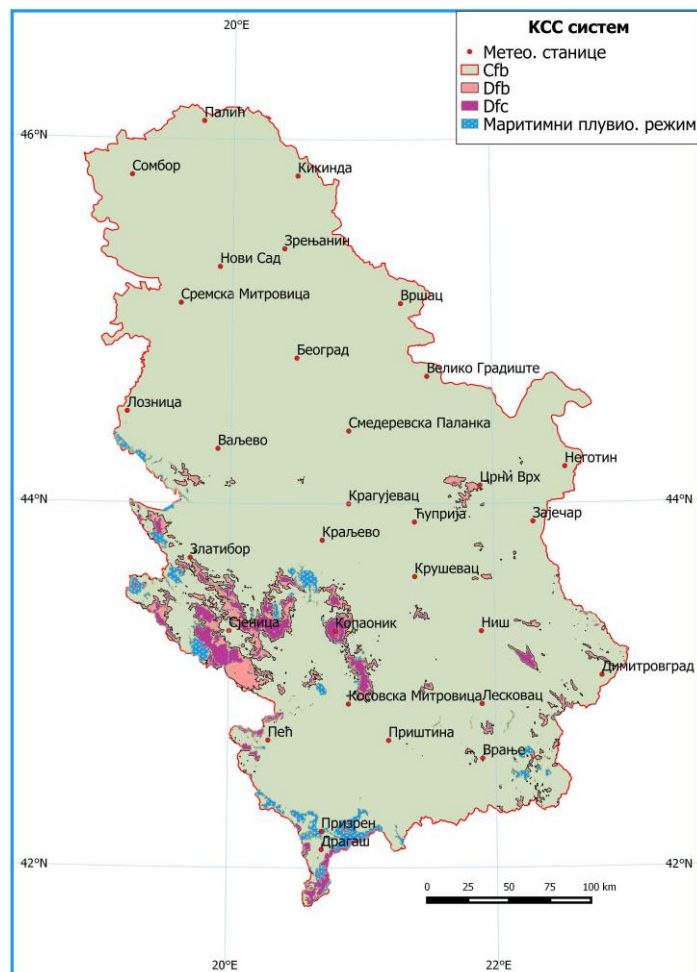
### 7.3. Резултати

У складу са претходно дефинисаним циљевима истраживања у овом поглављу, као и постављеним почетним хипотезама, извршена је анализа просторне дистрибуције и варијације климатских типова за Кепенов (КСС), Кепен-Гајгеров (КГС) и Кепен-Треварта (КТС) климатски класификациони систем. Климатске варијабле (температура ваздуха и падавине) употребљене у КСС, КГС и КТС системима израчунате су на основу података са 31 метеоролошке станице за 60-годишњи (1951-2010.) и два 30-годишња (1951-1980. и 1981-2010.) климатска периода. Добијено је укупно 9 резултујућих тематских карата климатских региона Србије у виду растерског ГИС-а (по једна карта за сваки климатски период и по једна карта за сваки од три климатска класификациона система,  $3 \times 3 = 9$ ). Затим је примењен и компаративни метод анализе резултата добијених за два нестандардна 30-годишња климатска субпериода: 1951-1980. и 1981-2010. Карте су детаљно анализирани и прегледане.

На основу података са 31 метеоролошке станице укључене у анализу у нестандардном климатском субпериоду, 1951-1980., у Србији су заступљена два климата-умерено топли (С) и умерено хладни или бореални (D) климат (табела 8). Резултати указују да је умерено топли (С) климат заступљен на 90,3% станица укључених у анализу, док је бореални (D) климат заступљен само са 9,7% (на укупно 3 планинске метеоролошке станице укључене у анализу) (табела 11, карта 1).

**Табела 11.** Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепеновом климатском класификационом систему за период 1951-1980.

Кепенов климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Cfwbx</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	20	64,5
<i>Dfwcx</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и свежим летом	1	3,2
<i>Cfs'ax''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом	1	3,2
<i>Cfs'w'bx</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом и сувом зимом	2	6,5
<i>Dfwbx</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	2	6,5
<i>Cfws'bx''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом и сувом зимом	1	3,2
<i>Cfws'bx</i>		1	3,2
<i>Cfsax''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом	1	3,2
<i>Cfsbx''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом	2	6,5



Карта 1. Климатска класификација Србије базирана на КСС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 3 КСС климатске класе са доминантном Cfbwх класом и осталим

Посматрајући карту 1, јасно се уочава да је око 90% климата Србије умерено топло (већи део територије наше земље, сем виших планинских предела). У просеку, на већини станица, заступљен је умерено топли и влажни климат са сувом зимом и топлим летом (64,5%). Типичан представник овог типа климата је станица Крагујевац. 28 метеоролошких станица укључених у истраживање је под С климатом (већи део територије Србије), док су 3 метеоролошке станице приказане D климатом (Копаоник, Сјеница и Златибор). Јасно се уочава да је D климат присутан само на већим надморским висинама (9,7%), где се јавља другачији температурни и падавински режим.

Први, С климат се јавља са 2 типа, тј. са 4 субтипа и 7 варијанти. Други, D климат се јавља у планинским пределима (пределима са већом надморском висином) и има 1 тип, 2 субтипа и 2 варијанте. Дакле, применом једначина (10) и (11) дефинисана је прецизна и комплетна климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у првом 30-годишњем климатском субпериоду (1951-1980.) 2 климата, 3 типа, 6 субтипова и 9 варијанти.

Ако се посматра режим и ток температуре ваздуха у овом 30-годишњем субпериоду не постоје разлике на станицама укљученим у анализу, а просечно најтоплији месец је јул, односно најхладнији је јануар (на већини станица). Што се плувиометријског режима тиче, издвајају се два доминантна типа режима-континентални и измењено медитерански (субмедитерански). Може се рећи да Србија у овом смислу представља прави „мозаик клима“ (Burić et al., 2014).

У табели 12 приказана је Кепенова (КСС) формула за све станице укључене у анализу у сва три посматрана климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Методом класичног климадијаграма презентоване су станице типични представници климата према КСС климатском класификационом систему, тј. приказан је годишњи ток температуре ваздуха и падавина (вишегодишње средње месечне вредности). Основне карактеристике приказаних климатских типова и субтипова у КСС климатском класификационом систему су следеће:

**1. *Cfwbx*** је варијанта умерено топлог и влажног климата са сувом зимом и топлим летом (64,5%) станица укључених у анализу. Дакле, падавине су равномерно распоређене у току године, тј. нема изразитог сушног доба, ознака *f*. Најсувље доба у току године јесте зима (ознака *w*). Ознака *x* говори у прилог томе да се на већини станица максимална количина падавина излучи у рано лето (обично јун месец), а да је остатак лета ведар и без падавина. То је одлика континенталног плувиометријског режима (графикон 1, 2 и 3).

Табела 12. Кепенова климатска формула за станице укључене у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010., према аутору

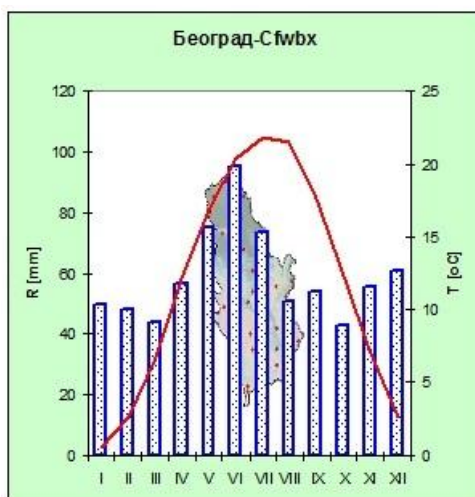
Метеоролошка станица	Кепенова климатска формула		
	1951-1980.	1981-2010.	1951-2010.
Кикинда	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwbx$
Нови Сад	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Палић	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwbx$
Сомбор	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Сремска Митровица	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Вршац	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwbx$
Зрењанин	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwbx$
Београд	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwax$
Црни Врх	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Ђуприја	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Димитровград	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Копаоник	$Dfwcx$	$Dfwcx$	$Dfwcx$
Крагујевац	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Крушевац	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Краљево	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Лесковац	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Лозница	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Неготин	$Cfs'ax''$	$Cfwax''$	$Cfs''w''ax$
Ниш	$Cfs'w'bx$	$Cfs'w'ax$	$Cfs'w'bx$
Сјеница	$Dfwbx$	$Dfwbx$	$Dfwbx$
Смедеревска Паланка	$Cfwbx$	$Cfwax$	$Cfwbx$
Ваљево	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Велико Градиште	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Брање	$Cfwbx$	$Cfwbx$	$Cfs'w'bx$
Зајечар	$Cfs'w'bx$	$Cfs'w'ax$	$Cfs''w''bx$
Златибор	$Dfwbx$	$Cfwbx$	$Cfwbx$
Косовска Митровица	$Cfws'bx''$	$Cfwbx''$	$Cfs'w'bx''$
Приштина	$Cfws'bx$	$Cfwbx''$	$Cfwbx''$
Призрен	$Cfsax''$	$Cfsax''$	$Cfsax''$
Драгаш	$Cfsbx''$	$Cfsbx''$	$Cfsbx''$
Пећ	$Cfsbx''$	$Cfsax''$	$Cfsbx''$

\*ишрафирана поља у табели означавају промене у климатској формули између два периода осматрања

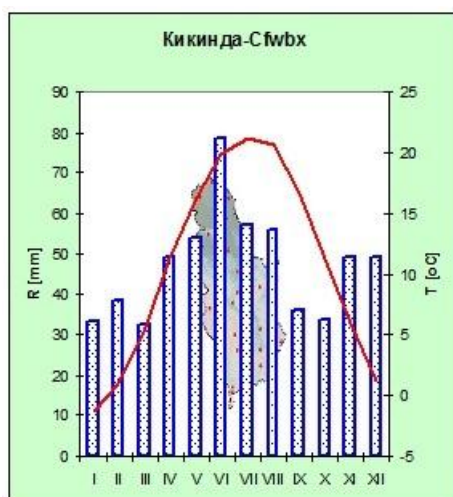




Графикон 1. Климадијаграм за станицу Крагујевац за период 1951-1980.



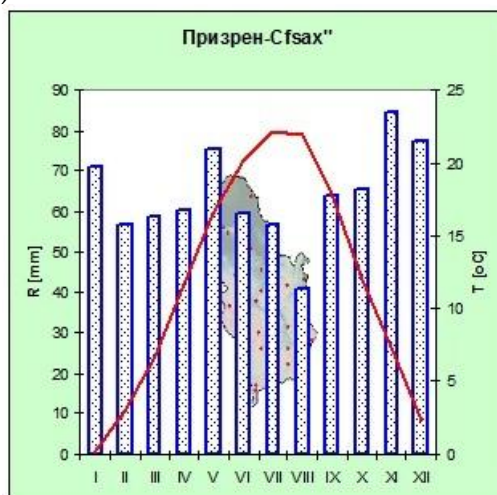
Графикон 2. Климадијаграм за станицу Београд за период 1951-1980.



Графикон 3. Климадијаграм за станицу Кикинда за период 1951-1980.

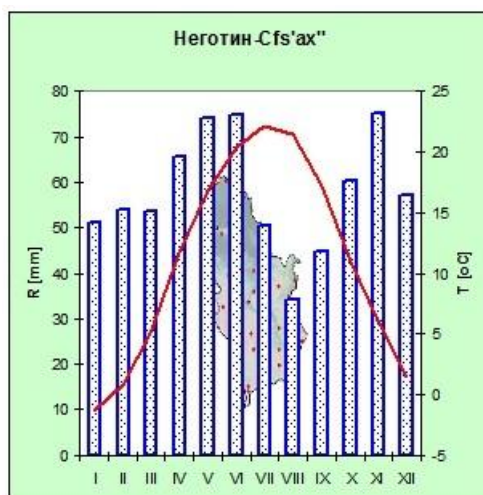
Посматрањем климадијаграма за станице Крагујевац, Београд и Кикинда (графикон 1, 2 и 3) јасно се уочавају сличности у температурном и падавинском режиму, иако постоје евидентне разлике у њиховој висини. Најкишовитији месец на све три станице је јун, а најмање падавина се излучио у марту. Ово несумњиво указује на типичан континентални плувиометријски режим, када се најмања количина падавина управо излучи крајем зиме или почетком метеоролошког пролећа, у овом конкретном примеру месец март.

**2. Cfsax''** и **3. Cfsbx''** су варијанте умерено топлог кишног климата, које се од типичне медитеранске (етезијске) климе разликују по томе што немају типично сушно доба у току године (ознака *f*). Просечна температура ваздуха најхладнијег месеца је између 18°C и -3°C (ознака *C*). У обе варијанте, најсувље доба у току године је лето (ознака *s*). Средња месечна температура најтоплијег месеца се креће испод и изнад 22°C (ознака *a* или *b*). Овај тип климата има два максимума падавина, од којих се први јавља у позну јесен (обично новембар), а други у касно пролеће (обично мај месец) (ознака *x''*). Типични представници ове варијанте климата су Призрен, Драгаш и Пећ. Пример је измењеног медитеранског плувиометријског режима (графикон 4).



Графикон 4. Климадијаграм за станицу Призрен за период 1951-1980.

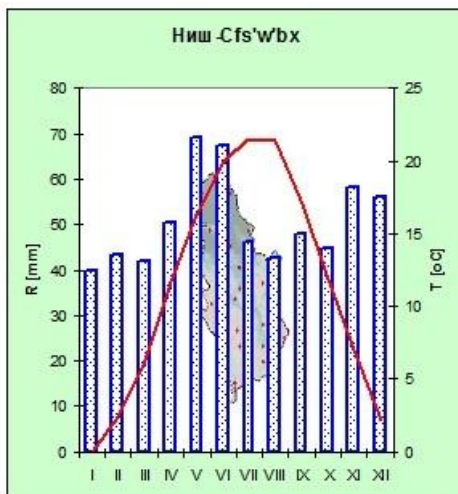
**4. Cfs'ax''** је варијанта умерено топлог кишног климата који се од претходних разликује по томе што има суво лето са падавинама помереним у јесен-октобар, новембар (ознака *s'*). Плувиометријски режим је исти-измењени медитерански (ознака *x''*). Типичан представник овог климата је станица Неготин (графикон 5).



Графикон 5. Климатодјаграм за станицу Неготин за период 1951-1980.

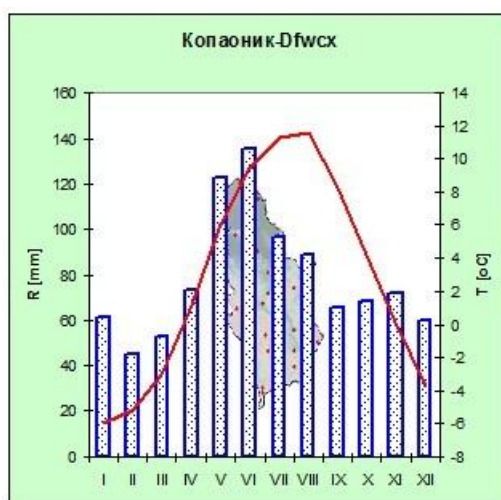
5.  $Cfws'bx''$  и 6.  $Cfws'bx$  су такође варијанте умерено топлог кишног климата, које се од типичне медитеранске (етезијске) климе разликују по одсуству сушног периода (ознака  $f$ ), тј. могу се назвати и „измењено медитеранским“ климатом. Просечна температура ваздуха најхладнијег месеца је између  $18^{\circ}\text{C}$  и  $-3^{\circ}\text{C}$  (ознака  $C$ ). Разликује се од претходног климата по томе што има најсувље доба у зиму (ознака  $w$ ), као и суво лето где су падавине померене у јесен (ознака  $s'$ ). У обе варијанте температура најтоплијег месеца не прелази  $22^{\circ}\text{C}$ , па имају топло лето (ознака  $b$ ). Максимум падавина се, у првом случају, јавља у јесен, а секундарни у пролеће, док се у другом случају, максимум падавина јавља у рано лето. Типични представници овог климата су станице у Косовској котлини-Косовска Митровица и Приштина. На овом примеру се види да се јављају два плувиометријска режима-измењено медитерански и континентални.

7.  $Cfs'w'bx$  је варијанта умерено топлог кишног климата која је од претходних разликује по томе што има суво лето и зиму, а падавине су померене у јесен-септембар, новембар (ознака  $s'w'$ ). Пошто је максимум падавина јасно изражен у рано лето (јун) са ведрим позним летом (ознака  $x$ ), ово је одлика континенталног плувиометријског режима у којем се виде извесни утицаји медитеранског плувиометријског режима (падавине померене у позну јесен-децембар). Типичан представник ове варијанте климата је станица Ниш (графикон 6).

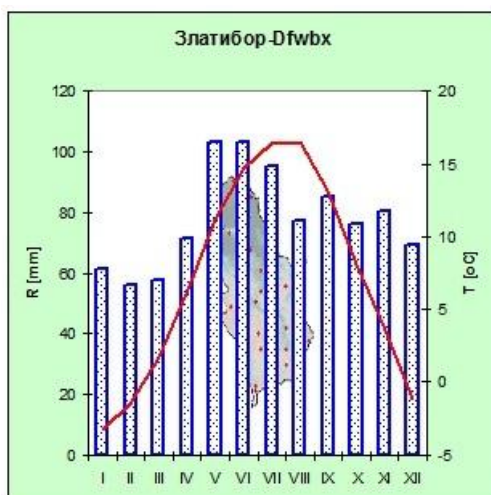


Графикон 6. Климацијаграм за станицу Ниш за период 1951-1980.

8. *Dfwsx* и 9. *Dfwbx* су варијанте бореалног снежно-шумског климата и заступљени су на вишим планинским пределима у Србији, углавном изнад 1000 m надморске висине. Ови климати имају средњу месечну температуру најхладнијег месеца испод  $-3^{\circ}\text{C}$ , а најтоплијег месеца изнад  $10^{\circ}\text{C}$  (ознака *D*). То је умерено хладна, тј. бореална снежно-шумска стално влажна клима (ознака *f*). Ипак, најсувље доба је у зимској половини године (ознака *w*), у оба случаја. На висини изнад 1700 m надморске висине (станица Копаоник), лета су свежа, тј. мање од 4 месеца у току године имају просечну месечну температуру вишу од  $10^{\circ}\text{C}$  (ознака *c*). На надморским висинама изнад 1000 m (станице Сјеница и Златибор), јавља се топло лето (ознака *b*), тј. највиша просечна месечна температура је испод  $22^{\circ}\text{C}$ , а најмање 4 месеца у години имају просечне температуре изнад  $10^{\circ}\text{C}$ . Климацијаграми станица Копаоник и Златибор то најбоље описују (графикон 7 и 8).



Графикон 7. Климацијаграм за станицу Копаоник за период 1951-1980.



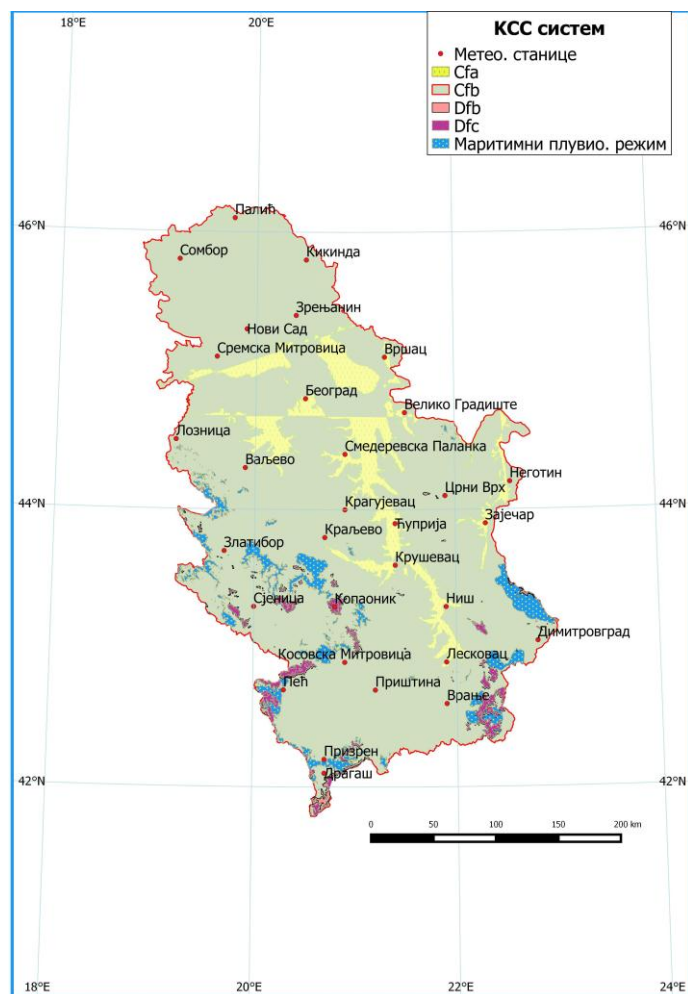
Графикон 8. Климодијаграм за станицу Златибор за период 1951-1980.

Посматрајући други климатски нестандардни субпериод, 1981-2010., на основу података прикупљених са 31 метеоролошке станице укључене у анализу, у Србији се издвајају два типа климата-умерено топли (C) и умерено хладни или бореални снежно-шумски (D) климат (табела 8). Резултати указују да је умерено топли (C) климат заступљен на 93,7% станица укључених у анализу, док је бореални (D) климат заступљен само са 6,3% (на укупно 2 планинске метеоролошке станице укључене у анализу) (табела 13, карта 2).

Табела 13. Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепеновом климатском класификационом систему за период 1981-2010.

Кепенов климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Cfwbx</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	15	48,4
<i>Dfwcx</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и свежим летом	1	3,2
<i>Cfwax''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и жарким летом	1	3,2
<i>Cfs'w'ax</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом и сувом зимом	2	6,5
<i>Dfwbx</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	1	3,2
<i>Cfwax</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и жарким летом	6	19,4
<i>Cfwbx''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	2	6,5
<i>Cfsax''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом	2	6,5
<i>Cfsbx''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом	1	3,2





**Карта 2.** Климатска класификација Србије базирана на КСС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 4 КСС климатске класе са доминантном *Cfbw* класом и осталим

Посматрајући карту 2, уочава се да је око 90% климата Србије под утицајем умерено топлог кишног (C) климата (већи део територије наше земље, сем предела већих надморских висина). У просеку, на скоро половини станица укључених у анализу, заступљен је умерено топли и влажни климат са сувом зимом и топлим летом (48,4%). Типичан представник овог типа климата је станица Крагујевац, и у другом климатском субпериоду. 29 метеоролошких станица укључених у истраживање је под умерено топлим и кишним C климатом (већи део територије Србије), док су 2 метеоролошке станице приказане D климатом (Копаноник и Сјеница). Јасно се уочава да је D климат присутан само на већим надморским висинама (6,5%), где се јавља другачији температурни и падавински режим.

Први, C климат се јавља са 2 типа, тј. са 5 субтипова и 7 варијанти. Други, D климат се јавља у планинским пределима (пределима са већом надморском висином) и има 1 тип, 2 субтипа и 2 варијанте. Дакле, применом једначина (10) и (11) дефинисана је прецизна и комплетна климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у другом 30-

годишњем климатском субпериоду (1981-2010.) 2 климата, 3 типа, 7 субтипова и 9 варијанти.

Између два периода осматрања (1951-1980. и 1981-2010.) промене у просторној дистрибуцији климатских типова су забележене на укупно 13 метеоролошких станица укључених у анализу (табела 12), тј. обим промена климатских класификационих категорија према Кепеновој класификацији износи 41,9%. Може се рећи да је обим промена климатских класификационих типова између два нестандардна климатска периода осматрања значајан јер су промене верификоване скоро на половини станица укључених у анализу. Промене климатских формула свих станица укључених у анализу су најбоље описане у табели 12, а промене у вишегодишњем току просечних температура ваздуха и падавина на климадијаграмима. У другом нестандардном субпериоду (1981-2010.), јављају се три нове варијанте климата:

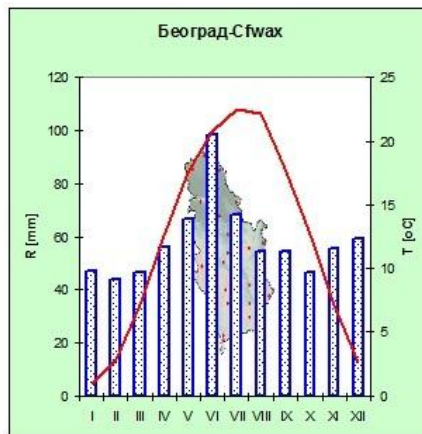
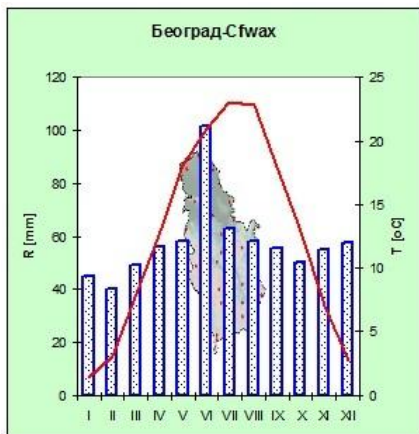
**1. *Cfwax''*** је варијанта умерено топлог кишног климата која је типична за простор Неготинске крајине, а одликује је одсуство сушног доба у току године (ознака *f*). Средња месечна температура најхладнијег месеца у овом климату се креће између 18<sup>0</sup>С и -3<sup>0</sup>С (ознака *C*). Температура најтоплијег месеца је виша од 22<sup>0</sup>С, па се јавља жарко лето (ознака *a*). Јављају се два максимума падавина, један изражен у касну јесен (новембар или децембар), а други секундарни у касно пролеће (мај или јун) (ознака *x''*). Ово је одлика измењеног медитеранског плувиометријског режима (померање максимума падавина на следећи месец). На формирање ове варијанте климата, од пресудног значаја су морфологија рељефа у којој је смештена Неготинска крајина, као и удаљеност од мора.

**2. *Cfs'w'ax*** је варијанта умерено топлог кишног климата која је заступљена у Нишкој котлини, и разликује се од претходне варијанте (*Cfs'w'bx*), по томе што има средњу температуру најтоплијег месеца вишу од 22<sup>0</sup>С, тј. има жарко, а не топло лето (ознака *a*).

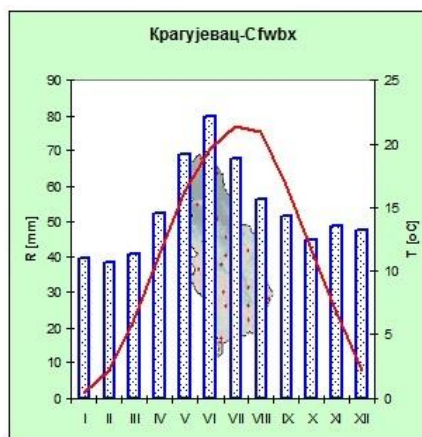
**3. *Cfwbx''*** је варијанта умерено топлог и кишног климата која је углавном заступљена у Косовској котлини, а разликује се од претходне варијанте (*Cfws'bx''*) по одсуству израженог сувог лета и падавина померених у јесен (без ознаке *s'*). Типични представници овог климата су станице Косовска Митровица и Приштина.

Графички приказ тока годишњег тока средње месечне температуре ваздуха и падавина представљен је климадијаграмима (графикон 9-16) станица типичних представника климата за периоде 1981-2010. и 1951-2010.

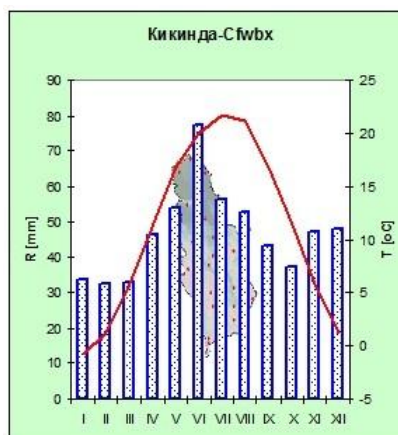
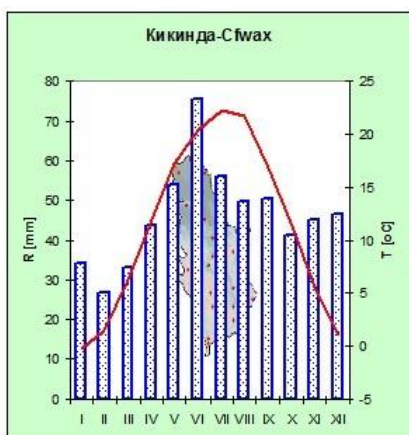




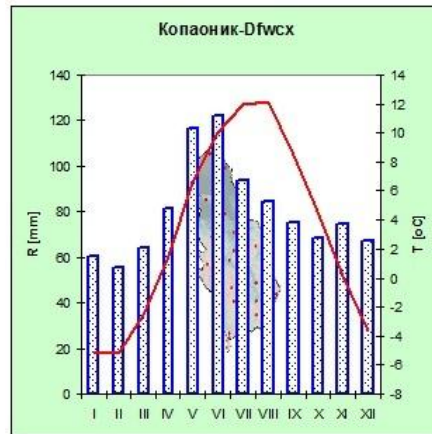
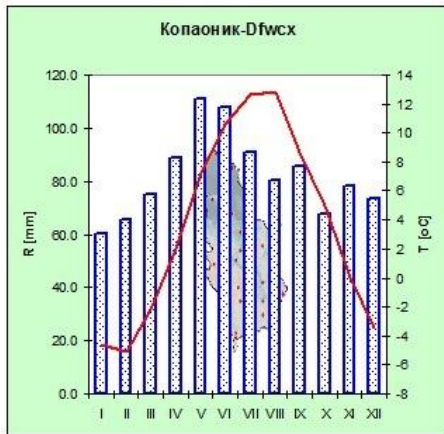
Графикон 9. Климадијаграм за станицу Београд за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



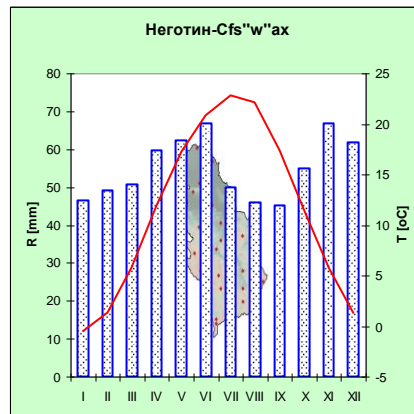
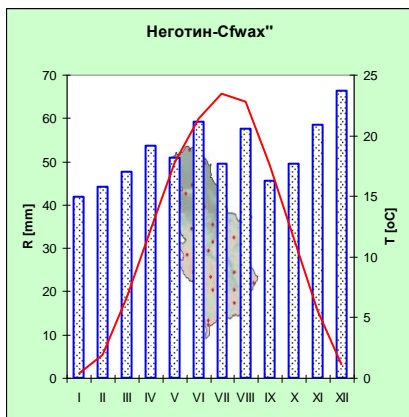
Графикон 10. Климадијаграм за станицу Крагујевац за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



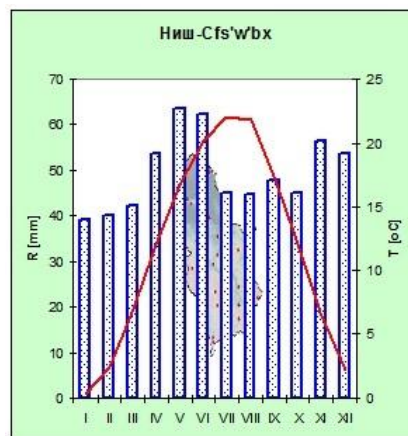
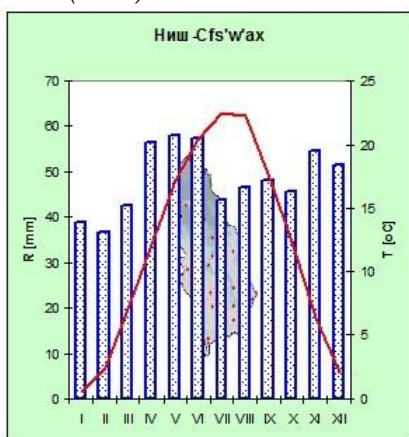
Графикон 11. Климадијаграм за станицу Кикинда за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



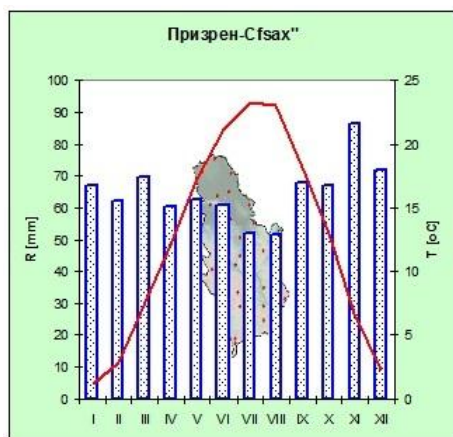
**Графикон 12.** Климадијаграм за станицу Копаник за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



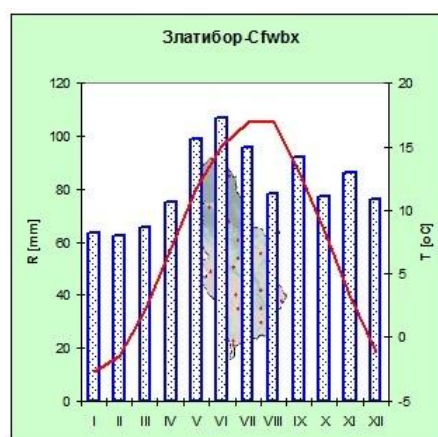
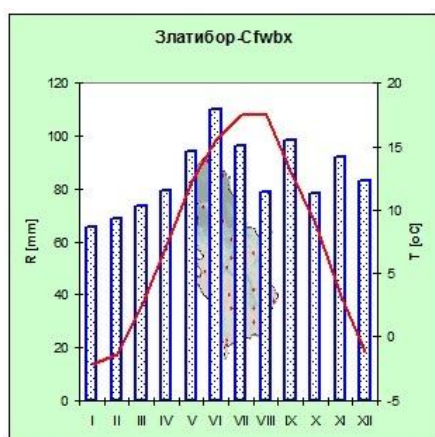
**Графикон 13.** Климадијаграм за станицу Неготин за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



**Графикон 14.** Климадијаграм за станицу Ниш за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)

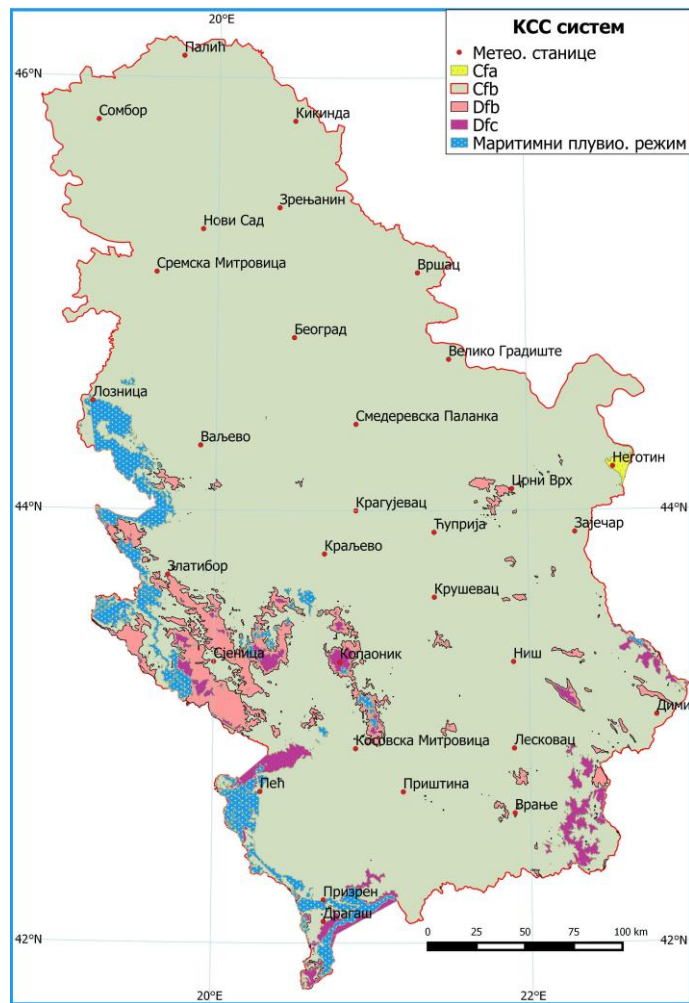


Графикон 15. Климадијаграм за станицу Призрен за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



Графикон 16. Климадијаграм за станицу Златибор за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)

На карти 3 и табели 14 приказане су климатске варијанте у Кепеновом (КСС) климатском класификационом систему, као и просторна дистрибуција и варијација климатских типова у Србији, за период 1951-2010., респективно.



Карта 3. Климатска класификација Србије базирана на КСС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 4 КСС климатске класе са доминантном Cfbwх класом и осталим

Табела 14. Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепеновом климатском класификационом систему за период 1951-2010.

Кепенов климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Cfwbx</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	19	61,3
<i>Cfwaх</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и жарким летом	1	3,2
<i>Dfwсх</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и свежим летом	1	3,2
<i>Cfs''w''ах</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом и сувом зимом	1	3,2
<i>Cfs''w''bх</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом и сувом зимом	1	3,2
<i>Dfwbх</i>	Умерено хладна и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	1	3,2
<i>Cfs'w'bх''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом и сувом зимом	1	3,2
<i>Cfwbх''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувом зимом и топлим летом	1	3,2
<i>Cfах''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и жарким летом	1	3,2
<i>Cfsbх''</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом	2	6,5
<i>Cfs'w'bх</i>	Умерено топла и влажна клима са сувим и топлим летом и сувом зимом	2	6,5

Применом модификоване шеме Кепеновог класификационог система, тј. применом Кепен-Гајгер климатске класификације (по методологији коју предалажу Peel et al., 2007), на простору Србије је заступљено укупно 5 климатских варијанти према овој класификационој шеми у сва три посматрана климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Процентуално, промене су уочене на станицама и приказане табеларно, а визуелно, промене у просторној дистрибуцији и варијацији ових климатских варијанти су репрезентоване у виду одговарајућих тематских карата. У овом случају, анализу ће олакшати и униформни број климатских класификационих категорија (варијанти) јер је формула дефинисана само са три слова (климатске ознаке). У том смислу, примењен је и компаративни метод анализе два нестандардна климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) у циљу квантификовања евентуалних климатских промена или колебања, тј. промена у просторној дистрибуцији и варијацији ових климатских класификационих категорија.

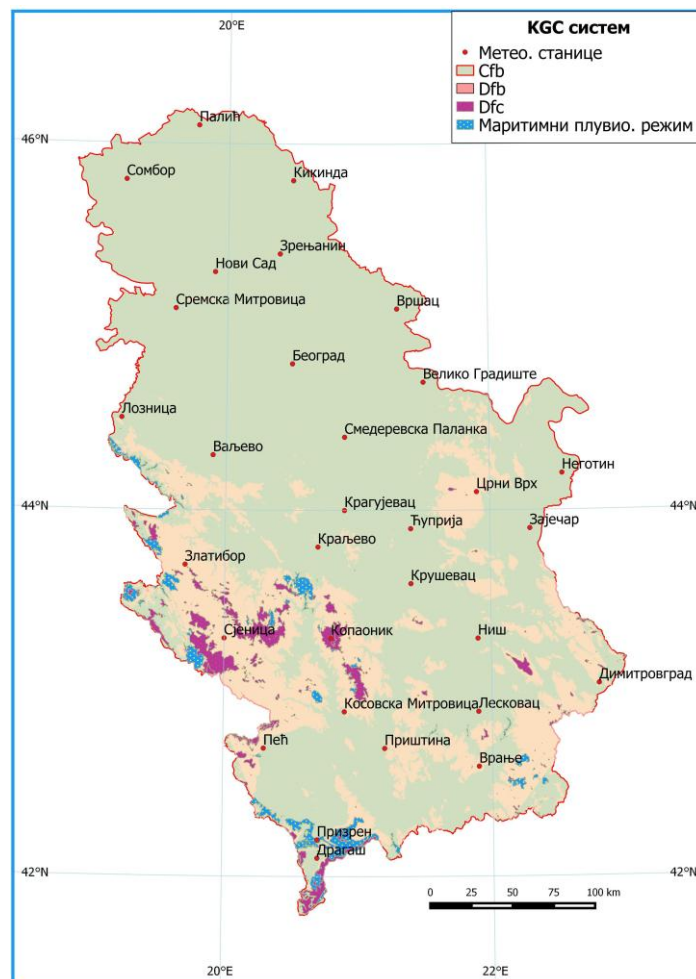
На основу података са 31 метеоролошке станице укључене у анализу у нестандардном климатском субпериоду, 1951-1980., у Србији су



заступљена два климата-умерено (C) и хладни (D) климат (табела 9). Резултати указују да је умерени (C) климат заступљен на 9,7% станица укључених у анализу (Београд, Ниш и Призрен), док је хладни (D) климат заступљен на 90,3% (на већини станица укључених у анализу) (табела 15, карта 4).

**Табела 15.** Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Гајгер климатском класификационом систему за период 1951-1980.

Кепен-Гајгер климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Dfb</i>	Хладан климат без сушне сезоне са топлим летом	26	83,9
<i>Cfb</i>	Умерени климат без сушне сезоне са топлим летом	2	6,5
<i>Dfc</i>	Хладан климат без сушне сезоне са хладним летом	1	3,2
<i>Dfa</i>	Хладан климат без сушне сезоне са жарким летом	1	3,2
<i>Cfa</i>	Умерени климат без сушне сезоне са жарким летом	1	3,2



**Карта 4.** Климатска класификација Србије базирана на KGC климатском класификационом систему показује дистрибуцију 3 KGC климатске класе са доминантном Dfb класом и осталим

Посматрајући карту 4, уочава се да је око 90% климата Србије под утицајем хладног (D) климата (већи део територије наше земље). У просеку, на већини станица укључених у анализу, заступљен је хладан климат без сушне сезоне са топлим летом (83,9%). Типичан представник овог типа климата је станица Сјеница. 28 метеоролошких станица укључених у истраживање је под хладним D климатом (већи део територије Србије), док су 3 метеоролошке станице приказане C климатом (Београд, Ниш и Призрен). Јасно се уочава да је C климат (9,7%) присутан само на станицама на којима се јавља другачији термички и падавински режим, што због утицаја урбаног острва топлоте, што због ушлива медитеранских утицаја долином Лепенца и Качаничке клисуре.

Први, D климат се јавља са 1 типом, тј. са 3 субтипа или 3 варијанте. Други, C климат се јавља са 1 типом, 2 субтипа или 2 варијанте. Дакле, применом горепоменуте одговарајуће методологије одређена је климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у првом 30-годишњем климатском субпериоду (1951-1980.) 2 климата, 2 типа, 5 субтипова и 5 варијанти.



Режим и ток вишегодишњих средњих вредности температуре ваздуха и падавина станица типичних представника сваке климатске варијанте, представљен је у виду хајзерграфа (графикон 17).

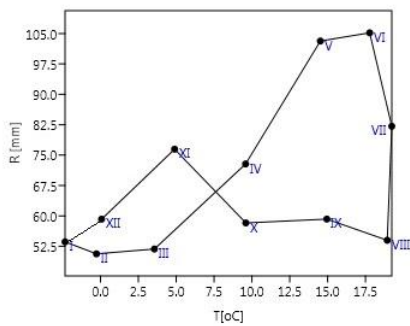
У табели 16 приказана је Кепен-Гајгерова (KGC) формула за све станице укључене у анализу у сва три посматрана климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Основне карактеристике приказаних климатских типова и субтипова у KGC климатском класификационом систему су следеће:

1. **Dfb** је варијанта хладног климата заступљена на већини станица у Србији. Одликује је одсуство сушног доба у току године (ознака *f*). Има топла лета јер је највиша средња месечна температура најтоплијег месеца испод 22°C, док је више од 4 месеца у току године температура ваздуха изнад 10°C (ознака *b*).
2. **Cfb** је варијанта умереног климата која је од претходне разликује под томе што има температуру најхладнијег месеца у години између 0°C и 18°C, док је температура најтоплијег месеца виша од 10°C (ознака *C*). Детектована је на станицама Ниш и Београд.
3. **Dfc** је варијанта хладног климата која је заступљена само на станици Копаоник, тј. на надморским висинама изнад 1700 m. Нема сушног доба у току године (ознака *f*), али је температура најтоплијег месеца испод 22°C, док мање од 4 месеца у току године има средњу температуру испод 10°C (ознака *c*).
4. **Dfa** је варијанта хладног климата која је заступљена у Неготинској крајини због специфичних морфолошких одлика рељефа, као и атмосферске циркулације у том простору. Нема сушног доба (ознака *f*), а највиша средња месечна температура најтоплијег месеца је једнака или изнад 22°C (ознака *a*).
5. **Cfa** је варијанта умереног климата која је заступљена у Призренској котлини, а разликује се од типичне медитеранске (етезијске) климе по томе што нема изразито сушан период у току године (ознака *f*). Највиша средња месечна температура најтоплијег месеца је једнака или изнад 22°C (ознака *a*).

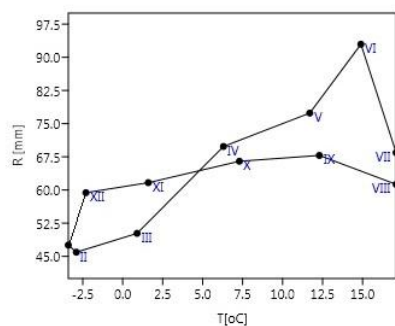
**Табела 16.** Кепен-Гајгер климатска формула за станице укључене у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010., према аутору

Метеоролошка станица	Кепен-Гајгер климатска формула		
	1951-1980.	1981-2010.	1951-2010.
Кикинда	<i>Dfb</i>	<i>Dfa</i>	<i>Dfb</i>
Нови Сад	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Палић	<i>Dfb</i>	<i>Dfa</i>	<i>Dfb</i>
Сомбор	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Сремска Митровица	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Вршац	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Cfb</i>
Зрењанин	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Београд	<i>Cfb</i>	<i>Cfa</i>	<i>Cfa</i>
Црни Врх	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Ђуприја	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Димитровград	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Копаоник	<i>Dfc</i>	<i>Dfc</i>	<i>Dfc</i>
Крагујевац	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Cfb</i>
Крушевац	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Краљево	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Лесковац	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Лозница	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Cfb</i>
Неготин	<i>Dfa</i>	<i>Cfa</i>	<i>Dfa</i>
Ниш	<i>Cfb</i>	<i>Cfa</i>	<i>Cfb</i>
Сјеница	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Смедеревска Паланка	<i>Dfb</i>	<i>Cfa</i>	<i>Cfb</i>
Ваљево	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Cfb</i>
Велико Градиште	<i>Dfb</i>	<i>Cfb</i>	<i>Dfb</i>
Брање	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Зајечар	<i>Dfb</i>	<i>Dfa</i>	<i>Dfb</i>
Златибор	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Косовска Митровица	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Приштина	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Призрен	<i>Cfa</i>	<i>Cfa</i>	<i>Cfa</i>
Драгаш	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>	<i>Dfb</i>
Пећ	<i>Dfb</i>	<i>Cfa</i>	<i>Cfb</i>

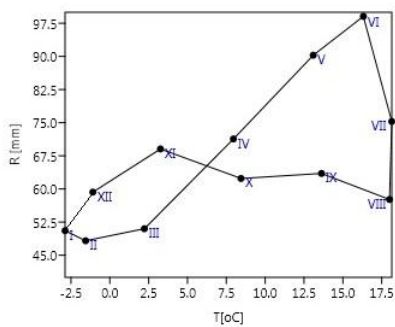
\*ишрафирана поља у табели означавају промене у климатској формули између два периода осматрања



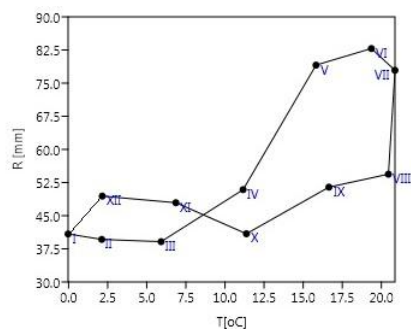
1-a



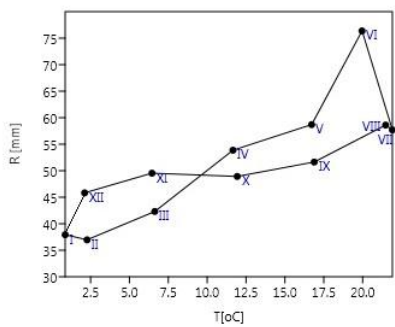
2-a



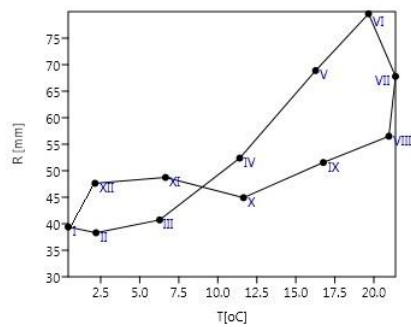
3-a



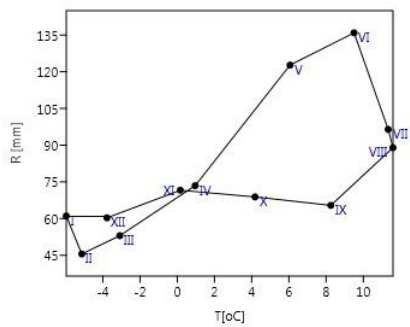
1-b



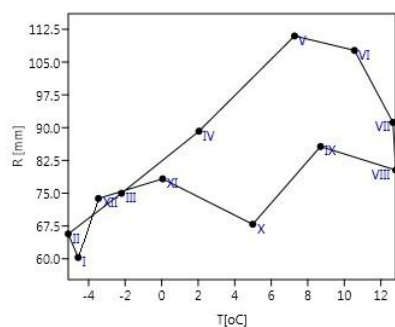
2-b



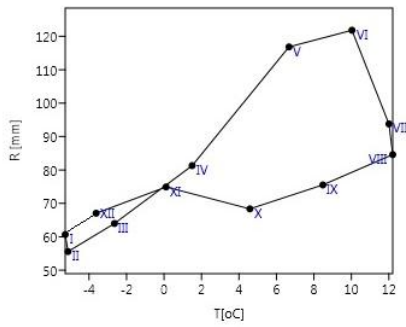
3-b



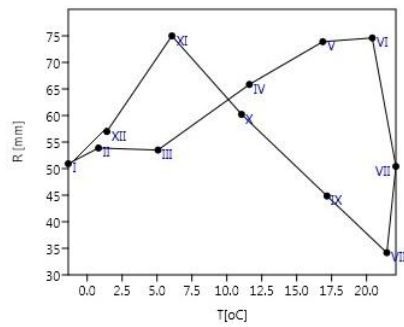
1-c



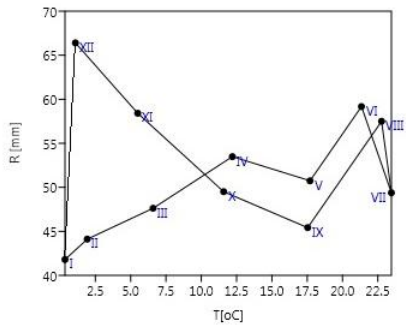
2-c



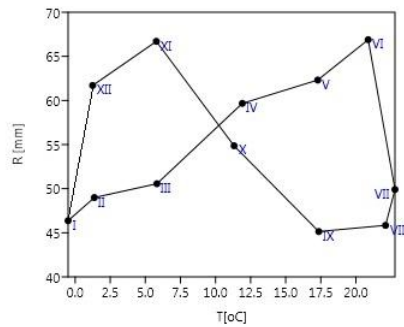
3-c



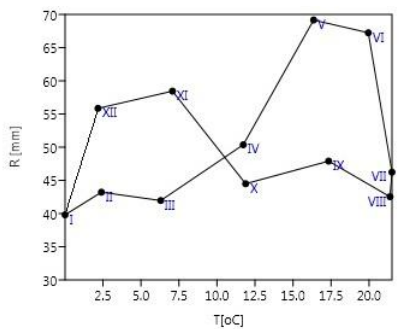
1-d



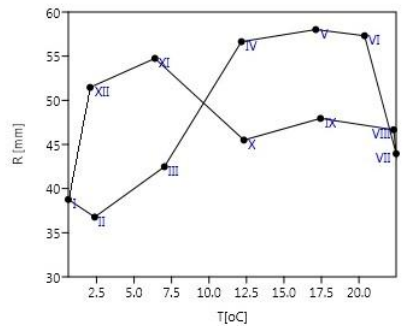
2-d



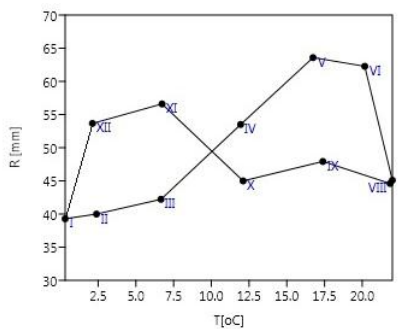
3-d



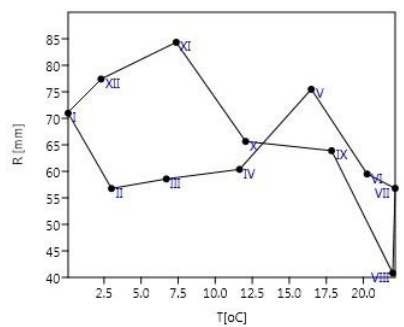
1-e



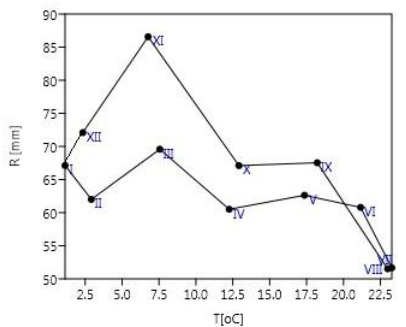
2-e



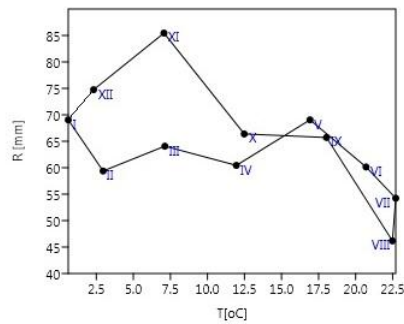
3-e



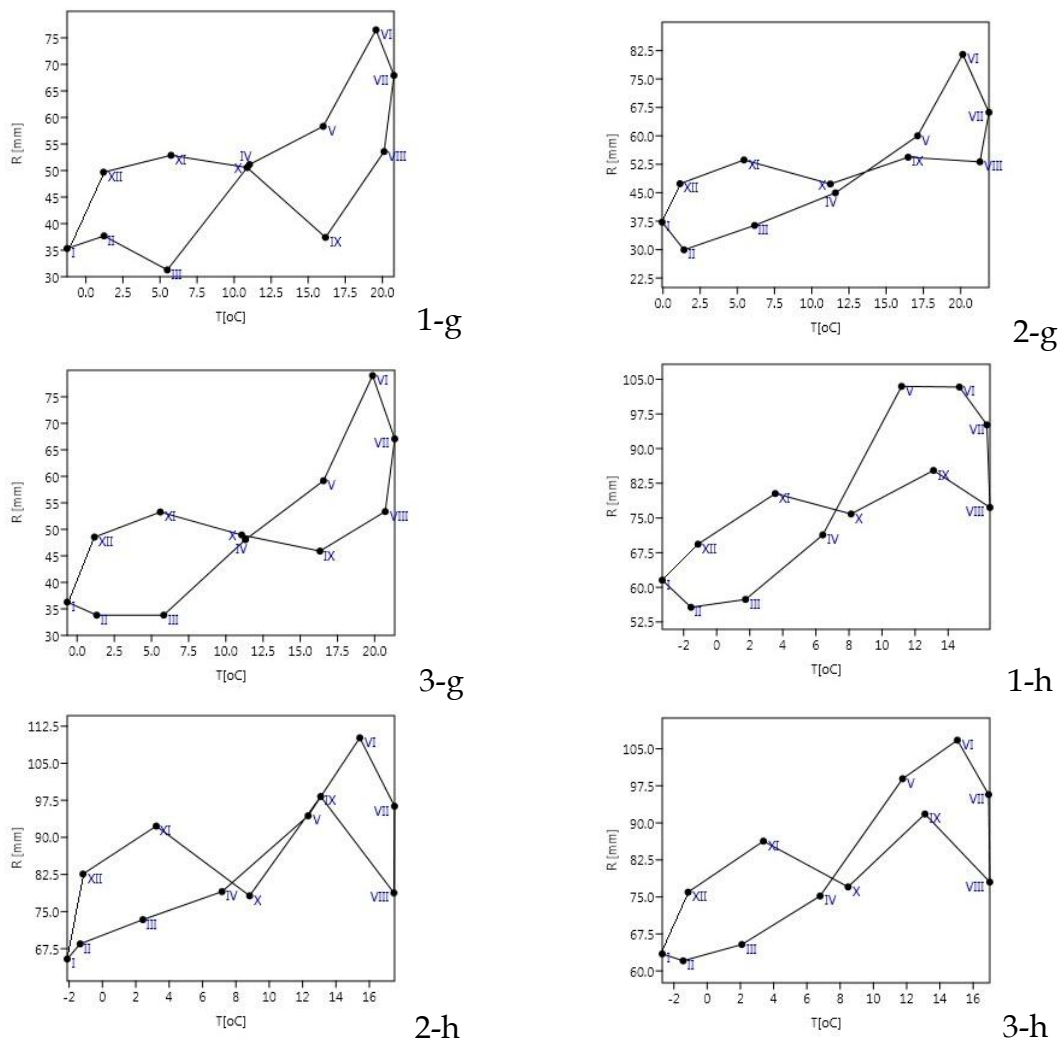
1-f



2-f



3-f



**Графикон 17.** Хајзерграфи станица типичних представника климата за сва три периода: 1-1951-1980., 2-1981-2010., 3-1951-2010., за следеће станице: а-Црни врх, б-Крагујевац, с-Копаоник, д-Неготин, е-Ниш, ф-Призрен, г-Сомбор, h-Златибор

Хајзерграфима (графикон 17) представљен је годишњи ток температуре ваздуха и падавина за поједине, одабране станице укључене у анализу, а које се налазе на приближно истим или сличним географским ширинама, али су лоциране на различитим надморским висинама и физичко-географским просторима који су под различитим утицајем континенталних или маритимних ваздушних маса у склопу општих, генералних синоптичких шема изнад Србије у вишегодишњем периоду осматрања. Ако је хајзерграф издужен у хоризонталном смислу, то значи да постоје велике разлике између сезона, у овом случају када је у питању годишња амплитуда температуре ваздуха пошто је на апсциси она представљена. Ако је хајзерграф сферичног облика или сличног (најближи облик сферичном има станица Копаоник 1,2,3-с), то значи да нема већих разлика између сезона у погледу температуре ваздуха и падавина. Ако је хајзерграф издужен у вертикалном правцу, то значи да постоје веће разлике између највлажнијег и најсушнијег месеца. Све

станице приказане на графикону 17, генерално, показују неправилан, издужен облик у хоризонталном и вертикалном правцу, што значи да су годишње амплитуде температуре и падавина велике, тј. да постоје јасне разлике између сезона.

Посматрајући други климатски нестандардни субпериод, 1981-2010., на основу података прикупљених са 31 метеоролошке станице укључене у анализу, у Србији се издвајају два типа климата-умерени (C) и хладни (D) климат (табела 9). Резултати указују да је умерени (C) климат заступљен на 54,9% станица укључених у анализу, док је хладни (D) климат заступљен на 45,1% (табела 17, карта 5).

**Табела 17.** Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Гајгер климатском класификационом систему за период 1981-2010.

Кепен-Гајгер климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Dfb</i>	Хладан климат без сушне сезоне са топлим летом	10	32,3
<i>Cfb</i>	Умерени климат без сушне сезоне са топлим летом	11	35,5
<i>Dfc</i>	Хладан климат без сушне сезоне са хладним летом	1	3,2
<i>Dfa</i>	Хладан климат без сушне сезоне са жарким летом	3	9,7
<i>Cfa</i>	Умерени климат без сушне сезоне са жарким летом	6	19,4



**Карта 5.** Климатска класификација Србије базирана на KGC климатском класификационом систему показује дистрибуцију 4 KGC климатске класе са доминантном Cfb класом и осталим

Посматрајући карту 5, уочава се да је око 50% климата Србије под утицајем умереног (C) климата, а скоро исто толико под утицајем хладног (D) климата. У просеку, на већини станица укључених у анализу, заступљен је умерени климат без сушне сезоне са топлим летом (35,5%). Типичан представник овог типа климата је станица Крагујевац. 17 метеоролошких станица укључених у истраживање је под умереним C климатом (већи део територије Србије), док је 14 метеоролошких станица приказано D климатом.

Први, D климат се јавља са 1 типом, тј. са 3 субтипа или 3 варијанте. Други, C климат се јавља са 1 типом, 2 субтипа или 2 варијанте. Дакле, применом горепоменуте одговарајуће методологије одређена је климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у другом 30-годишњем климатском субпериоду (1981-2010.) 2 климата, 2 типа, 5 субтипова и 5 варијанте.

Између два периода осматрања (1951-1980. и 1981-2010.) промене у просторној дистрибуцији климатских типова су забележене на укупно 20 метеоролошких станица укључених у анализу (табела 16), тј. обим промена климатских класификационих категорија према Кепен-Гајгеровој

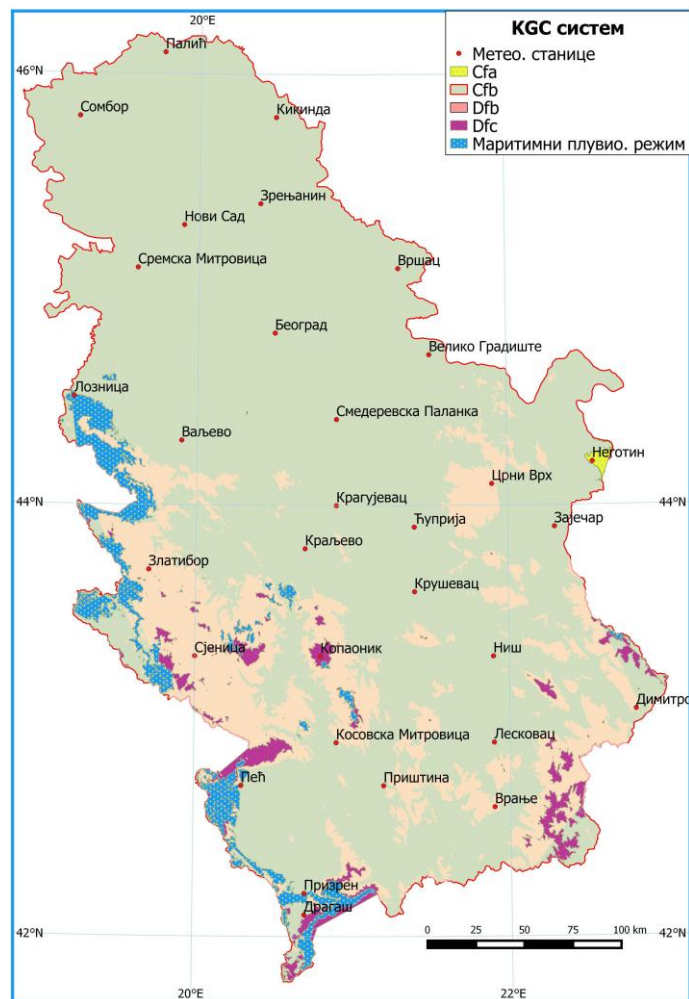


класификацији износи 64,5%. Може се рећи да је обим промена климатских класификационих типова између два нестандардна климатска периода осматрања значајан јер су промене верификоване на више од половине метеоролошких станица укључених у истраживање. Промене климатских формула свих станица укључених у анализу су најбоље описане у табели 16, а промене у вишегодишњем току просечних температура ваздуха и падавина на хајзерграфима (графикон 17).

На карти 6 и табели 18 приказане су климатске варијанте у Кепен-Гајгеровом (KGC) климатском класификационом систему, као и просторна дистрибуција и варијација климатских типова у Србији, за период 1951-2010., респективно.

**Табела 18.** Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Гајгер климатском класификационом систему за период 1951-2010.

Кепен-Гајгер климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>Dfb</i>	Хладан климат без сушне сезоне са топлим летом	20	64,5
<i>Cfb</i>	Умерени климат без сушне сезоне са топлим летом	7	22,6
<i>Dfc</i>	Хладан климат без сушне сезоне са хладним летом	1	3,2
<i>Dfa</i>	Хладан климат без сушне сезоне са жарким летом	1	3,2
<i>Cfa</i>	Умерени климат без сушне сезоне са жарким летом	2	6,5



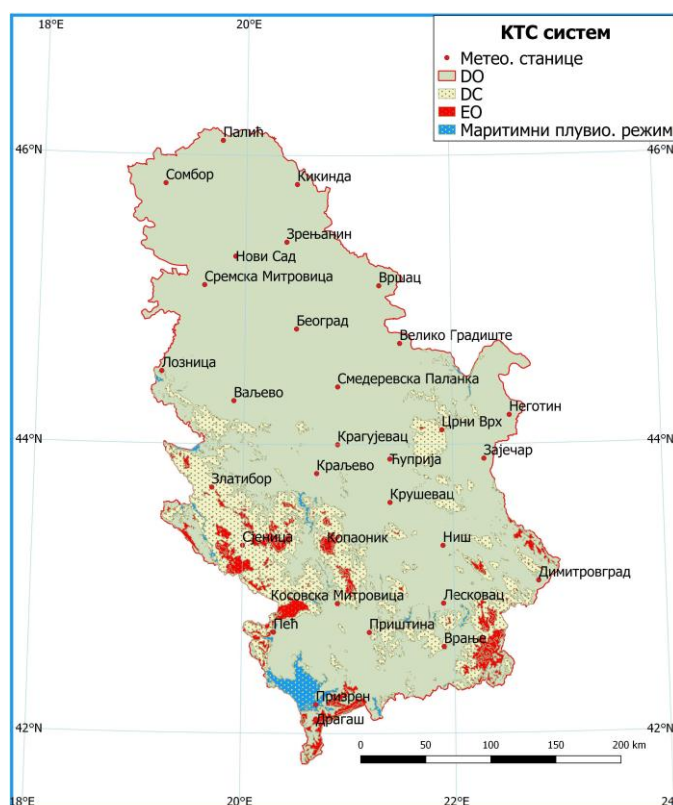
Карта 6. Климатска класификација Србије базирана на KGC климатском класификационом систему показује дистрибуцију 4 KGC климатске класе са доминантном Dfb класом и осталим

Применом модификоване шеме Кепеновог класификационог система, тј. применом Кепен-Треварта климатске класификације (по методологији коју предалажу Gallardo et al., 2013), на простору Србије је заступљено укупно 3 климатске варијанте према овој класификационој шеми у сва три посматрана климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Процентуално, промене су уочене на станицама и приказане табеларно, а визуелно, промене у просторној дистрибуцији и варијацији ових климатских варијанти су репрезентоване у виду одговарајућих резултатујућих тематских карата. У овом случају, анализу ће олакшати и униформни број климатских класификационих категорија (варијанти) јер је формула дефинисана само са два слова (климатске ознаке). У том смислу, примењен је и компаративни метод анализе два нестандардна климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) у циљу квантификовања евентуалних климатских промена или колебања, тј. промена у просторној дистрибуцији и варијацији ових климатских класификационих категорија.

На основу података о температури и падавинама са 31 метеоролошке станице укључене у анализу у нестандартном климатском субпериоду, 1951-1980., у Србији су заступљена два климата-умерени (D) и субарктички (E) климат (табела 10). Резултати указују да је умерени (D) климат заступљен на 96,8% станица укључених у анализу, док је субарктички (E) климат заступљен са 3,2% (само на станици Копаоник, тј. на надморским висинама изнад 1700 m) (табела 19, карта 7).

Табела 19. Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Треварта климатском класификационом систему за период 1951-1980.

Кепен-Треварта климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
DC	Умерени континентални	27	87,1
DO	Умерени океански	3	9,7
EO	Субарктички океански	1	3,2



Карта 7. Климатска класификација Србије базирана на КТС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 3 КТС климатске класе са доминантним DC класом и осталим

Посматрајући карту 7, јасно се уочава да је више од 90% климата Србије под умереним (D) климатом (већи део наше територије, сем виших планинских предела). У просеку, на већини станица, заступљен је умерено

континентални (*DC*) климат (87,1%). Типичан представник овог типа климата је станица Врање. 30 метеоролошких станица укључених у истраживање је под *D* климатом (већи део територије Србије), док је 1 метеоролошка станица приказана *E* климатом (Копаоник). Јасно се уочава да је *E* климат присутан само на већим надморским висинама (> 1700 m) (3,2%), где се јавља другачији температурни и падавински режим.

Први, *D* климат се јавља са 2 субтипа, тј. са 2 варијанте. Други, *E* климат се јавља у планинским пределима (пределима вишим од 1700 m) и има 1 субтип и 1 варијанту. Дакле, применом одговарајуће методологије коју предлажу Gallardo et al. (2013), дефинисана је прецизна и комплетна климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у првом 30-годишњем климатском субпериоду (1951-1980.) 2 климата, 3 субтипа и 3 варијанте.

Режим и ток вишегодишњих просечних вредности температуре ваздуха и сума падавина станица типичних представника сваке климатске класе, представљен је у виду климографа (графикон 18).

У табели 20 приказана је Кепен-Треварта (*KTC*) формула за све станице укључене у анализу у сва три посматрана климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Основне карактеристике приказаних климатских класа и субтипова у *KTC* климатском класификационом систему су следеће:

**1. DC** је варијанта умереног континенталног климата који је заступљен на већини станица укључених у анализу. На станицама које припадају овом климату, 4 до 7 месеци у току године има средњу месечну температуру изнад 10°C (ознака *D*), а најхладнији месец у години испод 0°C (ознака *C*). Типичан представник овог климата у сва три климатска периода је станица Зајечар (табела 20), а дат је и климограф станица (графикон 18-*i*).

**2. DO** је варијанта умереног океанског климата који је заступљен на мањем броју станица у Србији у сва три периода, а које су под већим утицајем маритимних ваздушних маса у вишегодишњим климатским токовима. На станицама које припадају овој класи 4-7 месеци има просечну температуру изнад 10°C (ознака *D*), а најхладнији месец у години изнад 0°C (ознака *O*). Овде се огледа океански утицај, тј. на станицама ове климатске класе нема негативних просечних зимских температура. Типични представници овог климата су станице Ниш и Београд (за сва три периода) и станица Крагујевац (у другом и целом периоду) (табела 20, графикон 18-*f,a,b*).

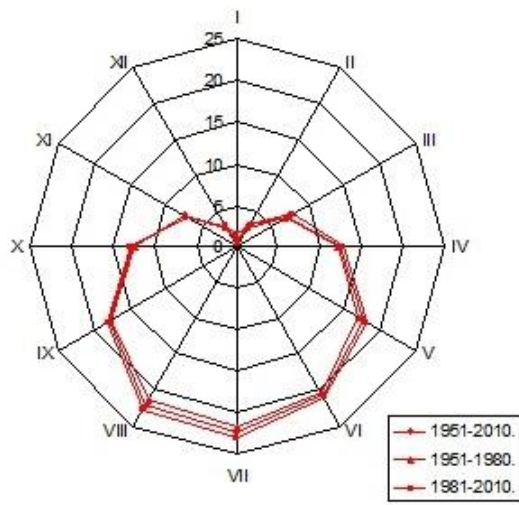
**3. EO** је варијанта субарктичког океанског климата који је заступљен само на станици Копаоник у сва три периода. Три месеца у току године имају средњу температуру ваздуха изнад 10°C (ознака *E*), а температура најхладнијег месеца је изнад -10°C (ознака *O*). Типичан и једини представник овог климата је станица Копаоник (табела 20), која је представљена климографом (графикон 18-*d*). Према наводима Gallardo et al. (2013), овај тип климата је заступљен северно од 60°N, а јужније се јавља и на Алпима, јер у Кепен-Треварта (*KTC*) не постоји засебан планински

или алпски климат који дефинише климате виших планинских предела. Ако се ова чињеница и резултати које дају Gallardo et al. (2013) упореде са резултатима у овој дисертацији, долази се до закључка да постоји извесна подударност у резултатима.

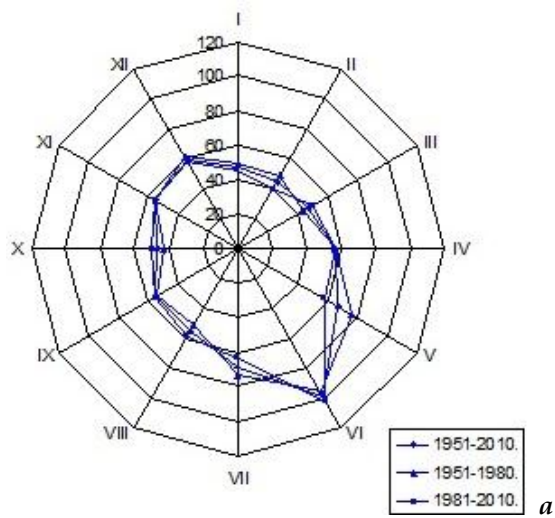
Табела 20. Кепен-Треварта климатска формула за станице укључене у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010., према аутору

Метеоролошка станица	Кепен-Треварта климатска формула		
	1951-1980.	1981-2010.	1951-2010.
Кикинда	DC	DC	DC
Нови Сад	DC	DO	DC
Палић	DC	DC	DC
Сомбор	DC	DC	DC
Сремска Митровица	DC	DO	DC
Вршац	DC	DO	DO
Зрењанин	DC	DO	DC
Београд	DO	DO	DO
Црни Врх	DC	DC	DC
Ђуприја	DC	DO	DC
Димитровград	DC	DC	DC
Копаоник	EO	EO	EO
Крагујевац	DC	DO	DO
Крушевац	DC	DO	DC
Краљево	DC	DO	DC
Лесковац	DC	DC	DC
Лозница	DC	DO	DO
Неготин	DC	DO	DC
Ниш	DO	DO	DO
Сјеница	DC	DC	DC
Смедеревска Паланка	DC	DO	DO
Ваљево	DC	DO	DO
Велико Градиште	DC	DO	DC
Брање	DC	DC	DC
Зајечар	DC	DC	DC
Златибор	DC	DC	DC
Косовска Митровица	DC	DC	DC
Приштина	DC	DC	DC
Призрен	DO	DO	DO
Драгаш	DC	DC	DC
Пећ	DC	DO	DO

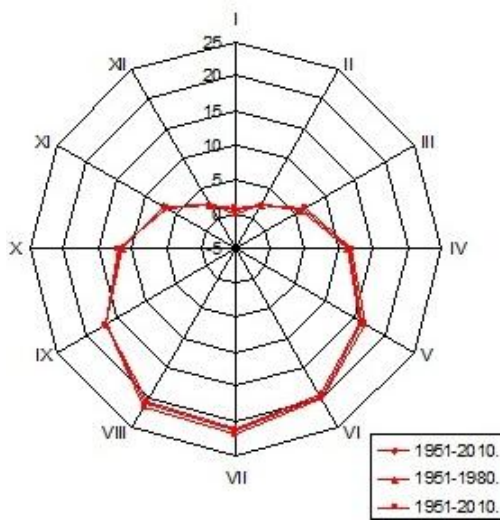
\*ишрафирана поља у табели означавају промене у климатској формули између два периода осматрања



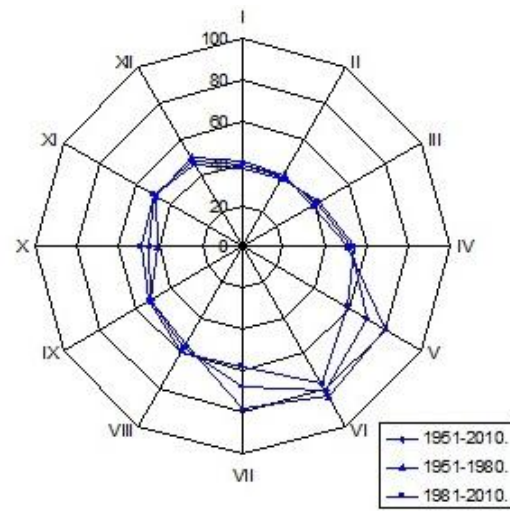
a



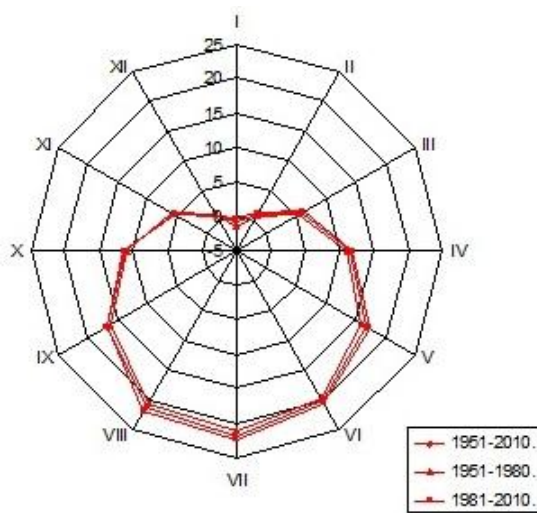
a



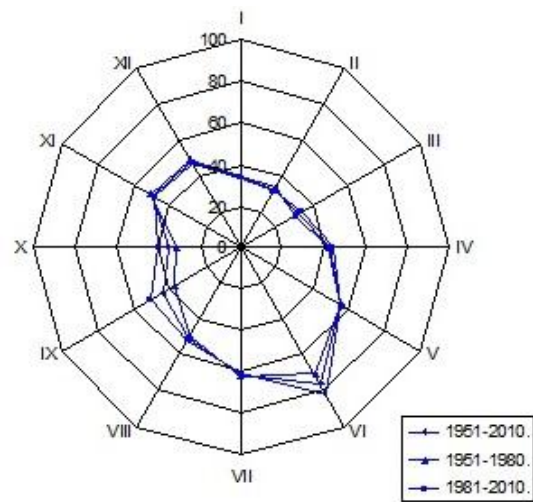
b



b

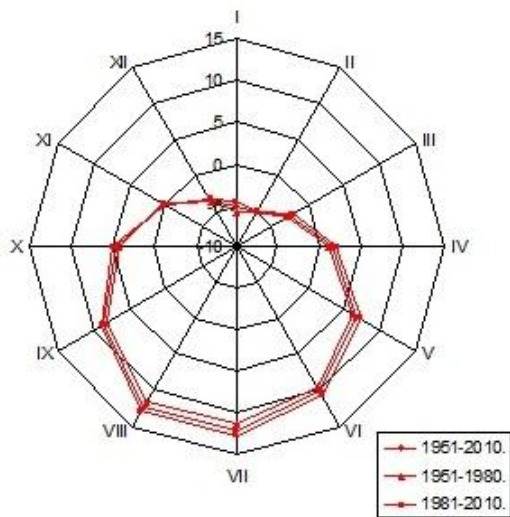


c

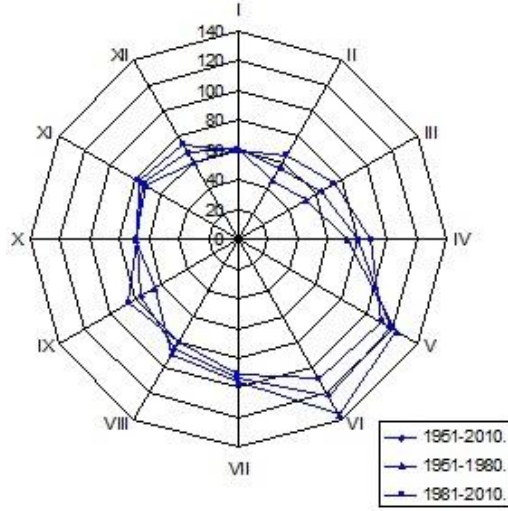


c

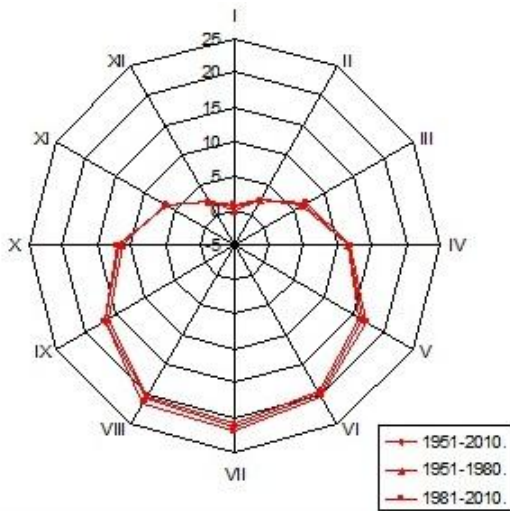




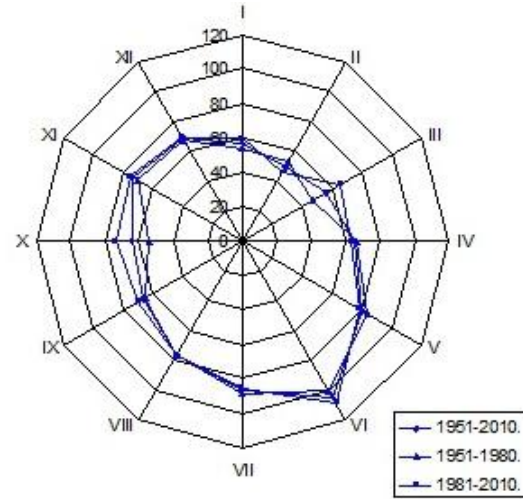
d



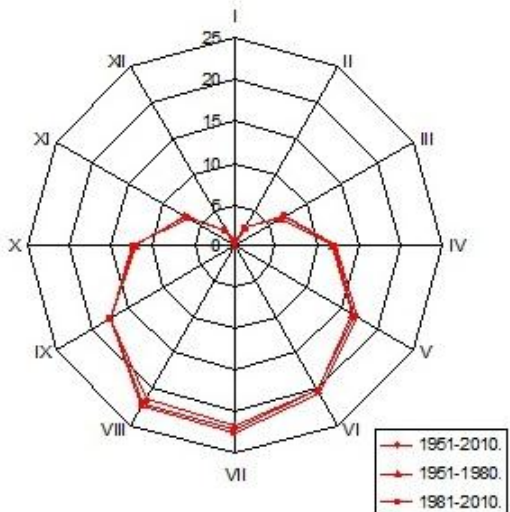
d



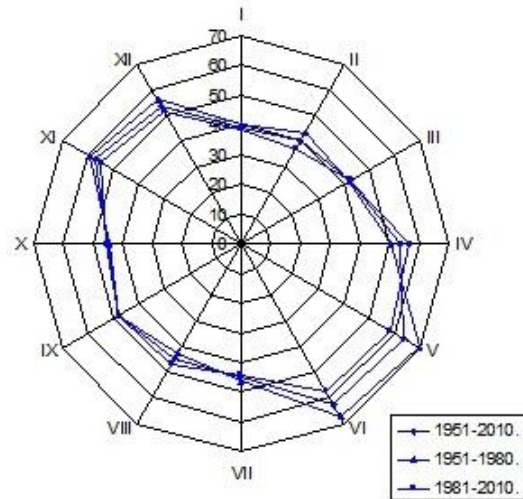
e



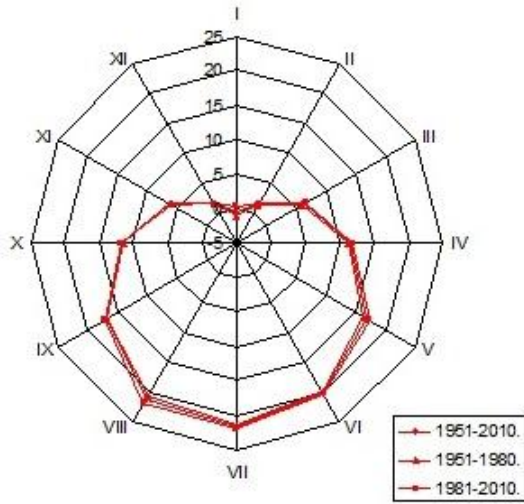
e



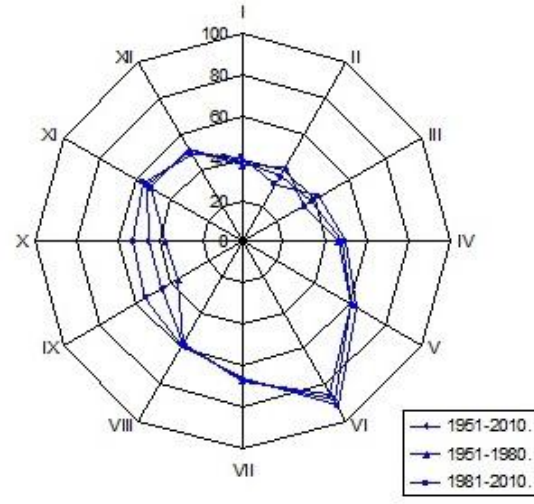
f



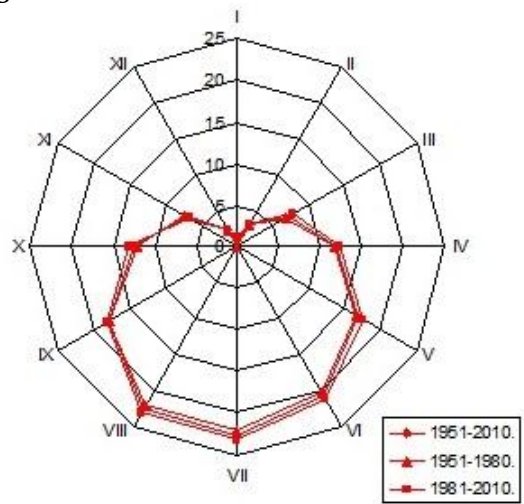
f



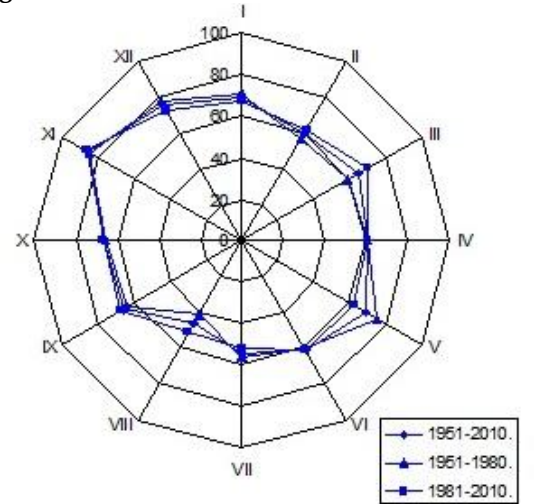
g



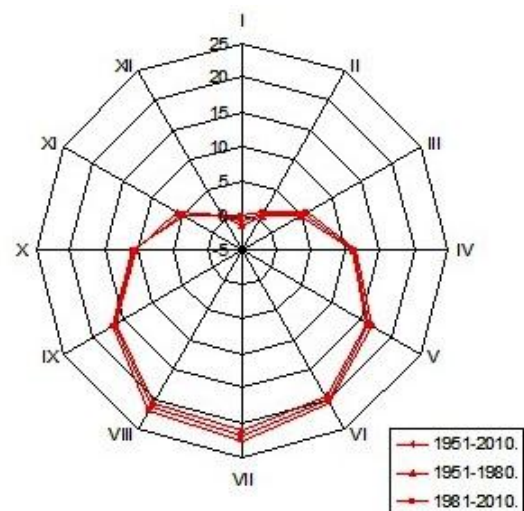
g



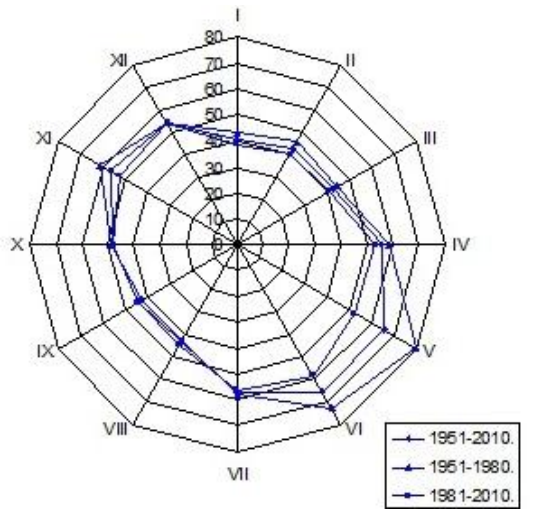
h



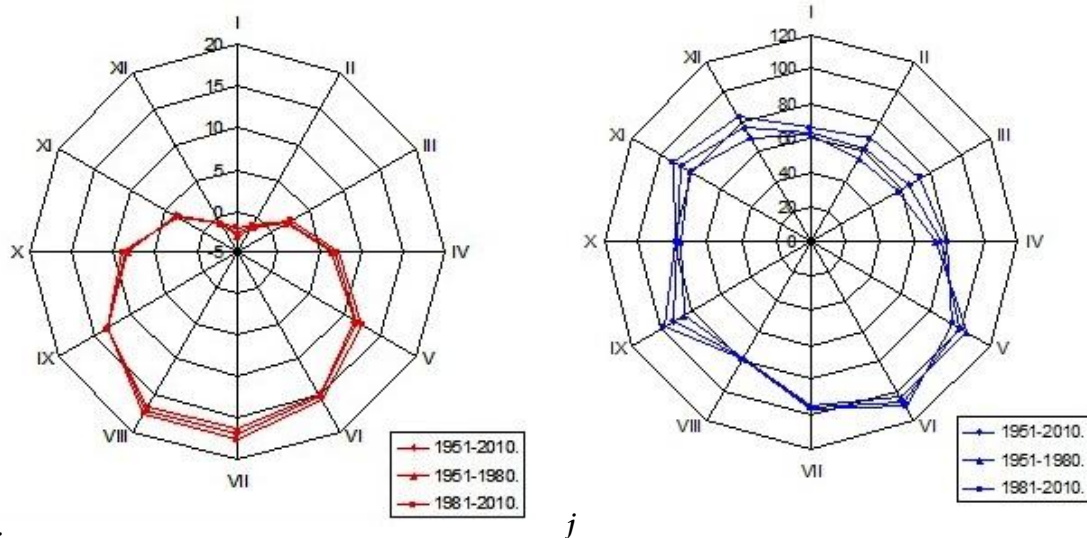
h



i



i



**Графикон 18.** Климографи (лево-температура, десно-висина падавина) станица типичних представника климата за сва три периода (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), за следеће станице:  
*a*-Београд, *b*-Крагујевац, *c*-Палић, *d*-Копаноник, *e*-Лозница, *f*-Ниш, *g*-Нови Сад, *h*-Призрен, *i*-Зајечар, *j*-Златибор

На климографима (графикон 18) су приказани годишњи токови температуре ваздуха (лево) и годишња расподела падавина (десно) за сва три посматрана климатска периода. Предност оваквог графичког приказа је у томе што се лако може извршити компарација међусобног односа два најважнија климатска елемента по месецима у години, а највећи значај има и међусобни утицај температуре и падавина на вегетациони период, а који може бити повољан или неповољан.

Посматрајући други климатски нестандартни субпериод, 1981-2010., на основу података прикупљених са 31 метеоролошке станице укључене у анализу, у Србији се издвајају два типа климата-умерени (*D*) и субарктички (*E*) климат (табела 10). Резултати указују да је умерени (*D*) климат заступљен на 96,7% станица укључених у анализу, док је субарктички (*E*) климат заступљен на 3,2% (табела 21, карта 8).

**Табела 21.** Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Треварта климатском класификационом систему за период 1981-2010.

Кепен-Треварта климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
<i>DC</i>	Умерени континентални	13	41,9
<i>DO</i>	Умерени океански	17	54,8
<i>EO</i>	Субарктички океански	1	3,2





**Карта 8.** Климатска класификација Србије базирана на КТС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 3 КТС климатске класе са доминантном DO класом и осталим

Посматрајући карту 8, уочава се да је око 90% климата Србије под утицајем умереног (*D*) климата, тј. половина приближно половина станица је под утицајем умерено континенталне (*DC*) варијанте, а половина станица је под утицајем умерено океанске варијанте (*DO*) овог климата. У просеку, на већини станица укључених у анализу, заступљен је умерено океански климат (54,8%). Типичан представник овог типа климата је станица Београд. 13 метеоролошких станица укључених у истраживање је под умерено континенталним климатом, док је 1 метеоролошка станица приказана *E* климатом.

Први, *D* климат се јавља са 2 субтипа или 2 варијанте. Други, *E* климат се јавља са 1 субтипом или 1 варијантом. Дакле, применом горепоменуто одговарајуће методологије одређена је климатска формула, тј. у Србији је укупно заступљено у другом 30-годишњем климатском субпериоду (1981-2010.), 2 климата, 2 субтипа и 2 варијанте.

Између два периода осматрања (1951-1980. и 1981-2010.) промене у просторној дистрибуцији климатских типова су забележене на укупно 14 метеоролошких станица укључених у анализу, тј. обим промена климатских класификационих категорија према Кепен-Треварта класификацији износи 45,2%. Може се рећи да је обим промена климатских класификационих типова између два нестандардна климатска периода осматрања значајан јер су промене верификоване скоро на половини станица укључених у анализу.

На карти 9 и табели 22 приказане су климатске варијанте у Кепен-Треварта (КТС) климатском класификационом систему, као и просторна дистрибуција и варијација климатских типова у Србији, за период 1951-2010., респективно.

Табела 22. Класификација метеоролошких станица укључених у анализу према Кепен-Треварта климатском класификационом систему за период 1951-2010.

Кепен-Треварта климатски класификациони систем	Опис	Бр. станица	Процент метеоролошких станица са којих су коришћени подаци [%]
DC	Умерени континентални	21	67,7
DO	Умерени океански	9	29
EO	Субарктички океански	1	3,2



Карта 9. Климатска класификација Србије базирана на КТС климатском класификационом систему показује дистрибуцију 3 КТС климатске класе са доминантном DC класом и осталим

#### 7.4. Закључак

Циљ овог поглавља био је да се изврши регионализација климата Србије на основу изворне Кепенове (КСС) климатске класификационе шеме, као и Кепен-Гајгер (КГС) и Кепен-Треварта (КТС) климатског

класификационог система. Израчунавања су урађена за три различита климатска периода, на основу података о климатским варијаблама са 31 метеоролошке станице укључене у истраживање. Валидација постављених почетних хипотеза приказана је у табели испод:

Табела 24. Резултат претходно постављених почетних хипотеза

хипотеза	коментар:
<i>h1</i>	потврђена
<i>h2</i>	потврђена
<i>h3</i>	потврђена

Климат неке области или региона најбоље описују температура ваздуха и падавине, тј. два најважнија климатска елемента. Ово поглавље је резултат анализирања 60-годишњих (1951-2010.) и 30-годишњих (1951-1980. и 1981-2010.) нестандардних климатских података у циљу класификације образаца климатских класа у Србији. Циљ је био и да се одреди климатска формула за сваку станицу укључену у анализу према КСС, КГС и КТС климатском систему.

КСС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен умерено топли кишни (C) климат на 93,5% станица у различитим варијантама, са доминантном *Sfwbx* класом. Бореални или снежно-шумски (D) климат је заступљен на 2 метеоролошке станице са укупно 6,5% учешћа. То су станице изнад 1000 m надморске висине-Сјеница и Копаоник. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 41,9%.

КГС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен хладни (D) климат на 71% станица у различитим варијантама, са доминантном *Dfb* класом. Умерени (C) климат је заступљен на 9 метеоролошких станица са укупно 29,1% учешћа. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 64,5%.

КТС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен умерени (D) климат на 96,7% станица у различитим варијантама, са доминантном *DC* класом. Субарктички (E) климат је заступљен на 1 метеоролошкој станици са укупно 3,2% учешћа. То је варијанта *EO*-субарктичког океанског климата на станици Копаоник. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 45,2%.

Аутор предлаже да се резултати добијени у овом поглављу могу побољшати коришћењем података током дужих периода осматрања, од нпр. 90 година, или да се израде карте климатских пројекција Кепенових класификационих категорија у будућности.



## Поглавље 8

### Анализа временских серија температуре и падавина и њихова географска дистрибуција

#### 8.1. Кратак преглед досадашњих истраживања

Анализа временских серија температуре и падавина, као и њихова географска дистрибуција за простор Србије за 60-годишњи климатски период (1951-2010), са посебним акцентом на два нестандартна 30-годишња (1951-1980. и 1981-2010.) климатска субпериода, до сада није урађена. У даљем текст наведен је кратак преглед досадашњих истраживања ове проблематике на простору наше територије.

Од најранијих публикација које третирају ова два климатска елемента, могу се навести следеће: Атлас климе СФРЈ (1960), Вујевић (1922, 1927, 1933, 1953, 1966), Дукић (1978), Ђукановић (1966), Милосављевић и Милосављевић (1957), Милосављевић (1951, 1955, 1969), Младеновић (1951), Ракићевић (1960, 1969, 1976, 1968), Ћирковић (1977). У свом раду о географском распореду падавина у Србији (Ракићевић, 1979) анализира период од 1930-1960. године на основу података са 122 кишомерне станице. Као главни закључак његовог рада може се истаћи да су атмосферска циркулација и орографија главни климатски фактори који утичу на падавине у Србији. Ракићевић (1979) дао је изохијетну карту Србије. Затим, Ракићевић (1960) је анализирао климу Београда, тј. дао је опште карактеристике главних метеоролошких елемената за ову станицу за периоде 1921-1945. и 1888-1959. Истиче да на климат Београда највећи утицај има циркулација атмосфере. Проучавајући секуларне промене климе Београда, Ракићевић (1983) је методом клизних средњака проучавао низове температура и падавина за период 1888-1980. година.

Дуцић и Радовановић (2005) дају приказ просторне дистрибуције температуре и падавина на простору Србије за 30-годишњи климатски период 1961-1990., а на основу резултата дају изотермну и изохијетну карту Србије за исти период. Луковић (2013) за период 1961-2010. год. добија изотермну карту Србије.

Од референтне литературе на ову тему могу се поменути и следеће студије: Bajat et al. (2012), Тошић (2004, 2005), Тошић & Unkašević (2004, 2005, 2013a, 2013b), Unkašević et al. (2004, 2005), Unkašević & Тошић (2011, 2013), Savić et al. (2010, 2012), Дуцић и др. (2011) Миловановић (2005), Станојевић (2011, 2012), Пејовић и др. (2012), Луковић (2013), Milovanović et al. (2017).

Луковић (2013) у својој докторској тези даје детаљан приказ досадашњих истраживања и референтне литературе, тако да овом

приликом о томе овде неће бити речи. Исти аутор (Луковић, 2013) даје изохијетну карту Србије за период 1961-2009. и анализира тренд, док Вајат et al. (2012) дају изохијетну карту Србије за период 1961-1990.

Не улазећи у детаљну анализу претходних резултата које су дали горепоменути истраживачи, главни циљеви у овом поглављу су следећи:

- 1) Анализа временских серија температуре и падавина у три различита климатска периода (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.) коришћењем следећих метода: метод линеарног тренда, проста периодичност, клизни средњази, покретне декадне и пентадне вредности;
- 2) Анализа тренда температуре ваздуха и падавина применом непараметарског Ман Кендал теста и оцена нагиба тренда Сеновим методом на годишњем (за два 30-годишња и један 60-годишњи климатски период) и сезонском нивоу (за све четири сезоне): зиму (децембар, јануар, фебруар-ДЈФ), пролеће (март, април, мај-МAM), лето (јун, јул, август-ЈЈА) и јесен (септембар, октобар, новембар-СОН);
- 3) Израда изотермне и изохијетне карте Србије на вишегодишњем (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.) и на сезонском нивоу (ДЈФ, МAM, ЈЈА, СОН). Израда јулских и јануарских изотермних карата у сва три климатска периода. Израда карти Сенове оцене нагиба тренда на вишегодишњем и сезонском нивоу;
- 4) Компаративни метод анализе два нестандардна 30-годишња климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.), а у циљу утврђивања и квантификације могућих климатских промена, тј. промена у просторној дистрибуцији и варијацији температуре ваздуха и падавина.

Основна, полазна хипотеза у овом поглављу гласи:

( $h_1$ ) Између два нестандардна климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) дошло је до промена у просторној дистрибуцији и варијацији температуре ваздуха и падавина на простору Србије.

## 8.2. База података и методологија

За потребе ове анализе коришћени су месечни подаци о температури ваздуха и сумама падавина за 60-годишњи период осматрања (1951-2010.), са посебним акцентом на компаративној анализи између два нестандардна 30-годишња климатска субпериода на које је овај 60-годишњи низ подељен: 1951-1980. и 1981-2010. Србија има 4 сезоне, које у умереном појасу одређују у највећој мери годишњи токови и флукуације температуре ваздуха и падавина: зима (ДЈФ), пролеће (МAM), лето (ЈЈА) и јесен (СОН). Поред анализе на годишњем нивоу, анализа ће бити вршена и по сезонама за два 30-годишња и цео 60-годишњи период.

Како би се што боље сагледале промене у динамици кретања температуре ваздуха и сума падавина у периоду 1951-2010., тренд линија је графички представљена у виду просте линеарне регресије. Линеарна регресија је метод прогнозирања у којем се математички развија однос између две појаве, тј. између зависне променљиве и неког другог фактора који утиче на понашање зависне променљиве (независна променљива). У случају да зависна променљива има очигледан тренд током времена, линија регресије најмањих квадрата или линеарна тренд линија може да се користи за прогнозу зависне променљиве. Општи облик линеарне једначине је:

$$y = a + bx, \quad (1)$$

где је  $a$  вредност на  $y$ -оси када је  $x$  нула,  $b$  је нагиб правца (линије),  $x$  је период, а  $y$  прогноза променљиве за период  $x$ ; тј. нагиб правца позитиван у случају ако порасту вредности  $x$  одговара пораст вредности  $y$  и обрнуто.

Статистичка значајност корелација одређена је помоћу двосмерног Студентовог  $t$ -теста, а трендова према следећој једначини:

$$y = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}, \quad (2)$$

где су  $R$  Пирсонов коефицијент корелације<sup>36</sup>,  $R^2$  коефицијент детерминације, а  $n$  дужина серија.

У циљу детаљног испитивања временске серије температуре ваздуха и сума падавина и елиминисања одређених екстремних вредности, тј. наглашених одступања ових варијабли, примењен је метод тзв. „уравњавања“ или метод покретних средњих петогодишњих и десетогодишњих вредности, а који се скраћено назива метод клизних средњака (Дуцић и Анђелковић, 2004). Ако је дат низ  $\{a_i\}_{i=1}^N$ ,  $n$ -клизни средњак је нови низ  $\{s_i\}_{i=1}^{N-n+1}$  дефинисан из  $a_i$  узимајући аритметичку средину субнизова из  $n$  услова<sup>37</sup>:

$$s_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{i+n-1} a_j. \quad (3)$$

---

<sup>36</sup> Пирсонов коефицијент просте линеарне корелације ( $p$ ) има следећи облик:

$$p = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}},$$

где је  $n$  величина узорка, а  $x, y$  променљиве.

<sup>37</sup> <http://mathworld.wolfram.com/MovingAverage.html>

Тако да су  $S_n$  низови који дају  $n$ -клизне средњаке дефинисани на следећи начин:

$$S_2 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2, a_2 + a_3, \dots, a_{n-1} + a_n), \quad (4)$$

$$S_3 = \frac{1}{3}(a_1 + a_2 + a_3, a_2 + a_3 + a_4, \dots, a_{n-2} + a_{n-1} + a_n), \quad (5)$$

итд.

Поред представљања тренд линије коришћењем прости линеарне регресије, присуство монотоничног растућег или опадајућег тренда је тестирана непараметарским Ман-Кендаловим тестом, а нагиб линеарног тренда је израчунат непараметарским Сеновим методом (Gilbert, 1987). Постоји више предности који ови методи имају у анализирању различитих варијабли у климатологији, тј. у овом случају температуре ваздуха и падавина. Ман-Кендалов тренд тест претпоставља да је тренд монотон, тј. да нису присутни сезонски ни други циклуси у посматраним подацима. На Сенову оцену нагиба тренда не утичу грешке поједначних података или тзв. „аутлајера“ (*outliers*). За објашњење методологије Ман-Кендаловог теста и Сеновог метода у великој мери је коришћен текст из MAKESENS<sup>38</sup> мануала за кориснике (Salmi et al., 2002).

Ман-Кендалов тренд је израчунат на годишњем и сезонском (ДЈФ, МАМ, ЈЈА и СОН) нивоу за све станице укључене у анализу у сва три различита низа (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), а Сенова оцена нагиба тренда је просторно визуелизована коришћењем интерполацијског геостатистичког метода инверзних дистанци.

Према Salmi et al. (2002), Ман-Кендалов тест је примењив у следећем случају:

$$x_i = f(t_i) + \varepsilon_i, \quad (6)$$

где је  $f(t_i)$  стално монотонно растућа или опадајућа функција времена, а за резидуале  $\varepsilon_i$  се може претпоставити да су из исте дистрибуције са средњом вредности нула. У овом случају, тестирана је нулта хипотеза:

- $h_0$ -нулта хипотеза која претпоставља да су опсервације  $x_i$  насумично поређане у времену, тј. да нема тренда;
- $h_1$ -алтернативна хипотеза која претпоставља присуство растућег или опадајућег тренда у временској серији.

Ман-Кендалов тест статистике  $S$  се израчунава на следећи начин (Mann, 1945; Kendall, 1975):

---

<sup>38</sup> [http://en.ilmatietaanlaitos.fi/documents/30106/335634754/MAKESENS-Manual\\_2002.pdf/25bbe115-7f7e-4de3-97d8-5a96ac88499f](http://en.ilmatietaanlaitos.fi/documents/30106/335634754/MAKESENS-Manual_2002.pdf/25bbe115-7f7e-4de3-97d8-5a96ac88499f)

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_i), \quad (7)$$

где је  $n$  број података,  $x_j$  и  $x_i$  су вредности података у временским серијама  $j$  и  $i$  ( $j > i$ ). Пошто је у овом случају број вредности података  $n \geq 10$ , користи се тест нормалне апроксимације. Израчунава се варијанса  $S$  према следећој једначини (Salmi et al., 2002):

$$\operatorname{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right], \quad (8)$$

где је  $q$  број везаних група, а  $t_p$  је број вредности података у  $p$ -тој групи. Евалуација присуства статистички сигнификантног тренда се израчунава коришћењем  $Z$  вредности:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & \text{ако је } S > 0 \\ 0 & \text{ако је } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{VAR}(S)}} & \text{ако је } S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Позитивна, односно негативна вредност  $Z$  указује на узлазни, тј. силазни тренд. Вредности  $Z$  има нормалну дистрибуцију, а статистичка значајност тренда се одређује на основу  $Z$  вредности у табели двосмерног теста за  $\alpha$  нивое значајности:  $\alpha = 0.001$ ,  $\alpha = 0.01$ ,  $\alpha = 0.05$  и  $\alpha = 0.1$  (Salmi et al., 2002).

Непараметарска Сенова оцена нагиба тренда је коришћена за прорачун нагиба тренда температуре ваздуха и сума падавина у посматраним периодима (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.). Претпоставља се да је тренд линеаран.  $f(t)$  у једначини (6) је (Salmi et al., 2002):

$$f(t) = Qt + B, \quad (10)$$

где је  $Q$  нагиб, а  $B$  константа.

Оцена нагиба тренда ( $Q$ ) из једначине (10) се рачуна:

$$Q_i = \frac{x_j - x_i}{j - k}, \quad (11)$$

где је услов  $j > k$ .

Спектрална анализа просте периодичности приказана је помоћу Ломбовог периододиграма. Како би се математички дефинисао класични

периодограм, полази се од једначине дискретне Фуријеове трансформације (VanderPlas, 2017):

$$\hat{g}_k = \sum_{n=0}^N g_n c^{-2\pi i k n / N}, \quad (12)$$

где је свако  $g_n$  комплексан број који означава и амплитуду и фазу комплексне синусоидалне компоненте  $(c^{-2\pi i k n / N})$  функције  $\hat{g}_k$ ; синусоидална фреквенција је  $k$  циклуса по  $N$  узорку; као и дефиниције Фуријеовог спектра јачине:

$$P_g \equiv |F\{g\}|^2, \quad (13)$$

где су  $P_g$  -Фуријеов спектар јачине,  $F$ -оператор Фуријеове трансформације,  $g$ -функција.

Применом једначина (12) и (13) добија се тзв. Шустеров периодограм (Schuster, 1898):

$$P_s(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=1}^N g_n e^{-2\pi i f t_n} \right|^2. \quad (14)$$

Нову дефиницију периодограма даје Scargle (1982), тј. рedefиницију која гласи:

$$P_x(\omega) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\left[ \sum_j X_j \cos \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_j \cos^2 \omega(t_j - \tau)} + \frac{\left[ \sum_j X_j \sin \omega(t_j - \tau) \right]^2}{\sum_j \sin^2 \omega(t_j - \tau)} \right\}, \quad (15)$$

где је  $\tau$  дефинисано на следећи начин:

$$\tan(2\omega\tau) = \left( \sum_j \sin 2\omega t_j \right) / \left( \sum_j \cos 2\omega t_j \right). \quad (16)$$

Scargle (1982) је у свом чланку навео две главне предности које има овако дефинисан периодограм: 1) има просто статистичко понашање, и 2) еквивалентан је редукцији суме квадрата у фитовању најмањих квадрата синусоиде на податке. Овако дефинисан неуниформни периодограм се

може користити за откривање периодичних сигнала (VanderPlas, 2017), тј. скривених периодичних компоненти (тзв. хармоника) у временској серији (Kovačić, 1995). PAST<sup>39</sup> даје Ломбов периодограм за неједнако узорковане податке (Press et al., 1992), са временским вредностима у првој колони и зависним вредностима у другој колони. Подаци се аутоматски детрендизују пре спровођења анализе. Периодичност (у годинама) се рачуна према следећем обрасцу:

$$1/(\text{фреквенција} / \text{основна временска јединица}) \quad (17)$$

Оса јачине је у јединицама пропорционалним квадрату амплитуда синусоида присутних у подацима.

За интерполацију климатских параметара, у овом случају Сенове оцене нагиба тренда температуре ваздуха и сума падавина за све станице укључене у анализу за посматрани период (1951-2010) на годишњем и сезонском нивоу, коришћен је интерполацијски геостатистички метод инверзних растојања (*Inverse Distance Weight-IDW*) (слика 1). Према Sarfaraz et al. (2014), овај геостатистички метод се базира на претпоставци да се утицај варијабле која се картира смањује са удаљеношћу од локације узорка, тј. да је тежина функција обрнуте дистанце. Основна једначина овог метода је следећа (Медвед и сарад., 2010):

$$z(s_0) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}, \quad (18)$$

где су:

$z_i$  -познате вредности варијабле у околини подручја тзв. контролне тачке;

$z(s_0)$  -вредност варијабле добијене проценом;

$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2}$  -ефективни тежински коефицијент;

$d_{ij}$  -вредност између контролне тачке  $i$ -те вредности која се процењује  $j$ ;

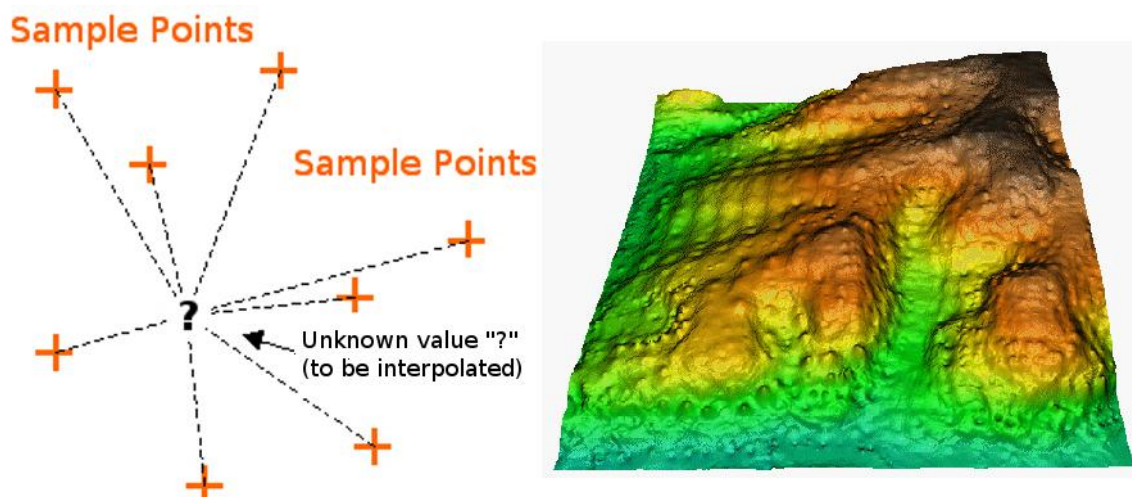
$\delta$  -параметар заглађивања;

$\beta$  -експонент растојања.

---

<sup>39</sup> <https://folk.uio.no/ohammer/past/past3manual.pdf>





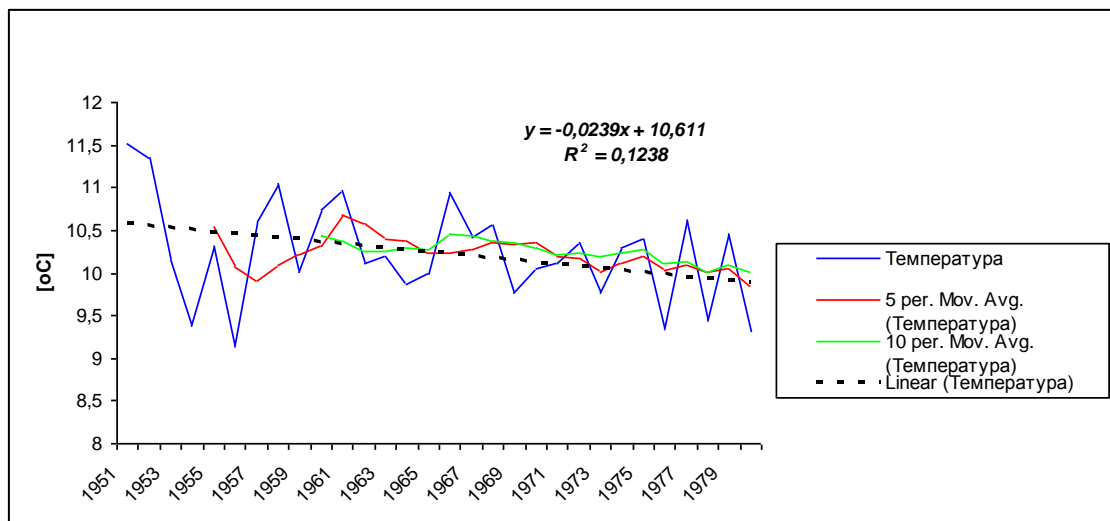
Слика 1. Пример метода инверзних растојања (IDW)-базиран на дистанци тежинских узорак тачака (лево) и површина IDW са векторских тачака висине (десно) ([https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html#figure-idw-interpolation](https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html#figure-idw-interpolation); Mitas & Mitasova, 1999)

### 8.3. Резултати

#### 8.3.1. Температура ваздуха

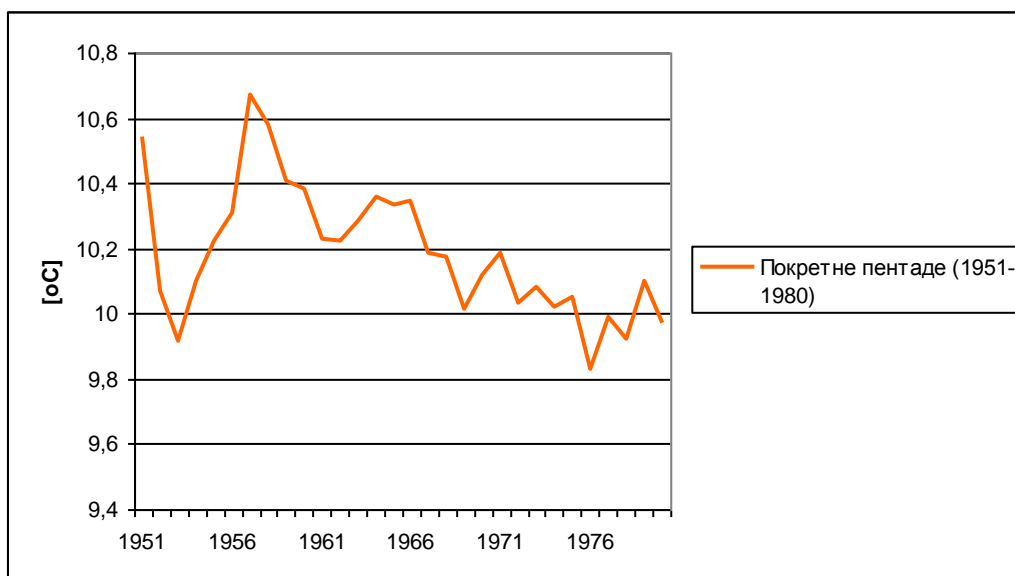
Прорачуни су урађени за 60-годишњи климатски период (1951-2010), а у складу са постављеном почетном хипотезом овај период је подељен на два 30-годишња нестандардна климатска субпериода: 1951-1980. и 1981-2010. Подаци се односе на средње годишње вредности температуре ваздуха са 31 метеоролошке станице укључене у анализу.

Ради што бољег сагледавања промена у динамици кретања средње годишње температуре ваздуха у Србији за први 30-годишњи нестандардни климатски субпериод (1951-1980.), тренд линија је графички представљена коришћењем просте линеарне регресије (графикон 1). Посматрајући 30-годишњи период, линеарни тренд средњих вишегодишњих температура ваздуха на простору Србије показује силазни карактер и опада по стопи од  $-0,023^{\circ}\text{C}$  по години, тј.  $-0,24^{\circ}\text{C}$  по декади. Посматрани тренд је статистички значајан на  $p = 0.10$ . На основу 5-годишњих и 10-годишњих клизних средњака могу се издвојити периоди повећања, тј. смањења температуре ваздуха. Период најнижих температура ваздуха наступио је од средине 1950-их све до почетка 1960-их, када се у овом периоду бележе и највише температуре. Од 1962. све до краја овог периода, тј. све до 1980., наступа хладнији период, тј. тренд је у паду.



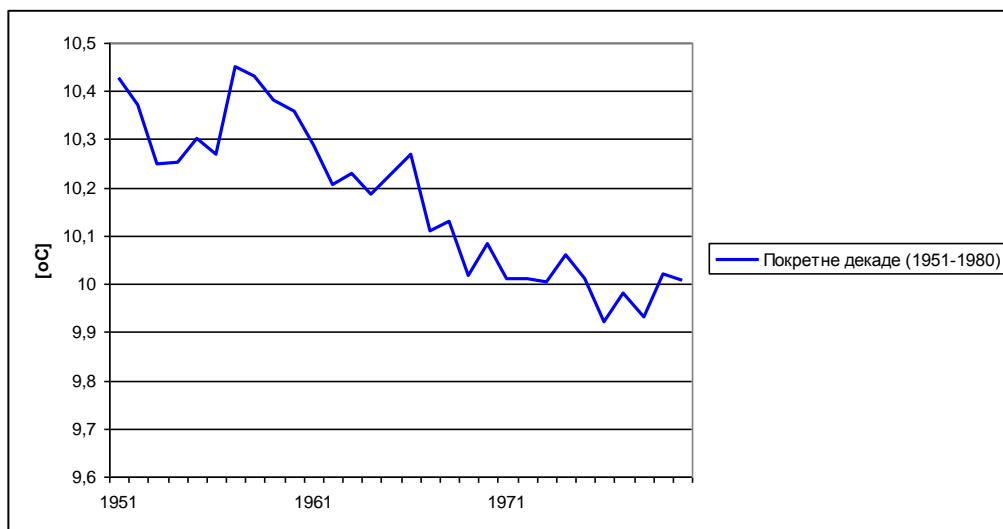
Графикон 1. Линеарни тренд средњих вредности температуре ваздуха са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњацама за период 1951-1980.

Ако се целокупни низ посматра као покретне пентадне вредности, уочава се да је најхладнија година била 1976. ( $9,8^{\circ}\text{C}$ ), тј. последња пентада у низу (1976-1980.). Најтоплија година је била 1957. ( $10,7^{\circ}\text{C}$ ), тј. пентада 1956-1960. година (графикон 2).



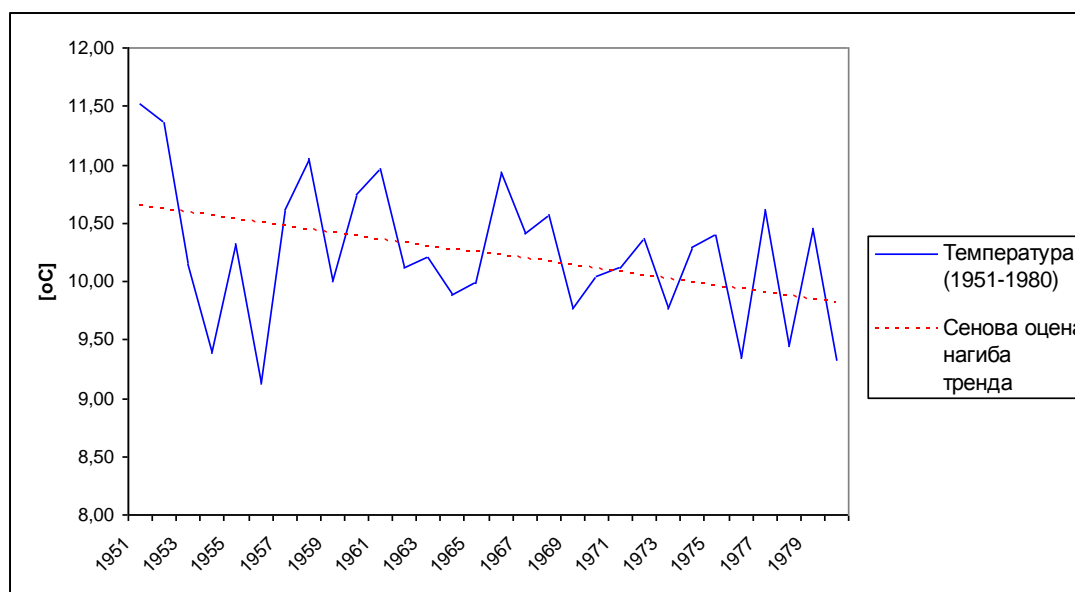
Графикон 2. Покретне пентадне вредности за период 1951-1980.

У случају да се посматрају покретне декадне вредности овог низа, уочава се да је најтоплија декада била 1951-1960. (просечно  $10,3^{\circ}\text{C}$ ). Најхладнија декада је забележена у периоду 1971-1980. (просечно  $9,9^{\circ}\text{C}$ ) (графикон 3).



Графикон 3. Покретне декадне вредности за период 1951-1980.

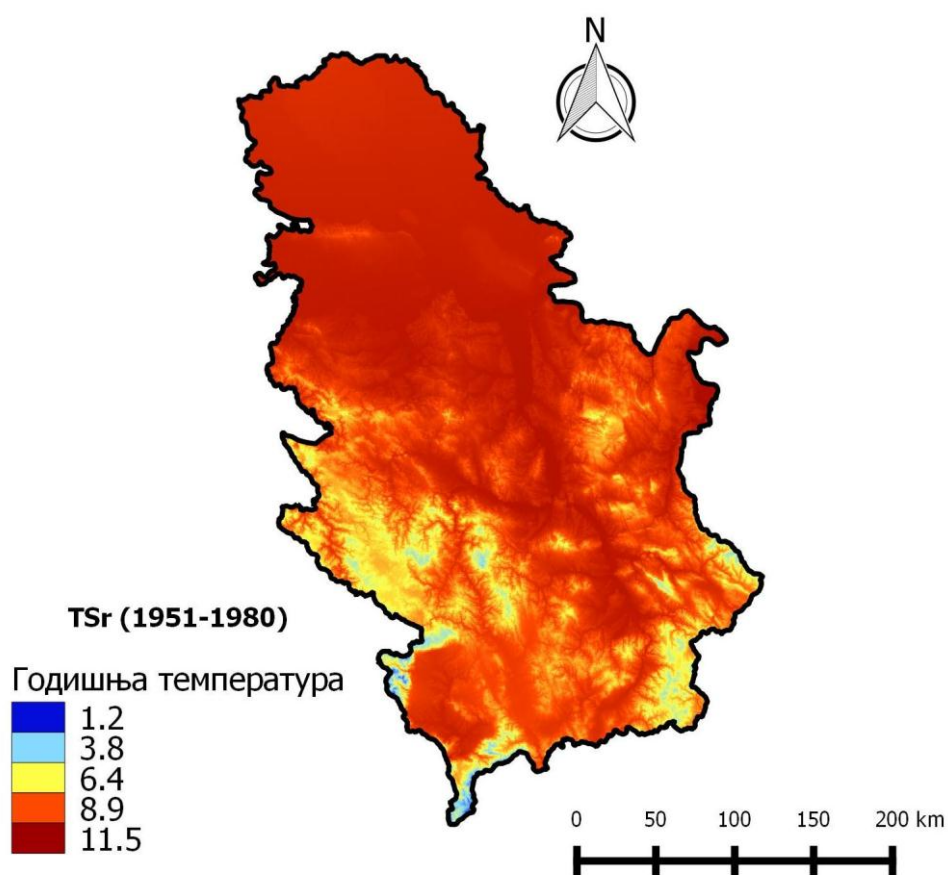
Ман Кендалов тренд тест је показао негативне вредности ( $Z = -1,68$ ) на нивоу значајности од  $\alpha = 0.1$ . Графикон 4 показује овај тренд и Сенову оцену нагиба тренда.



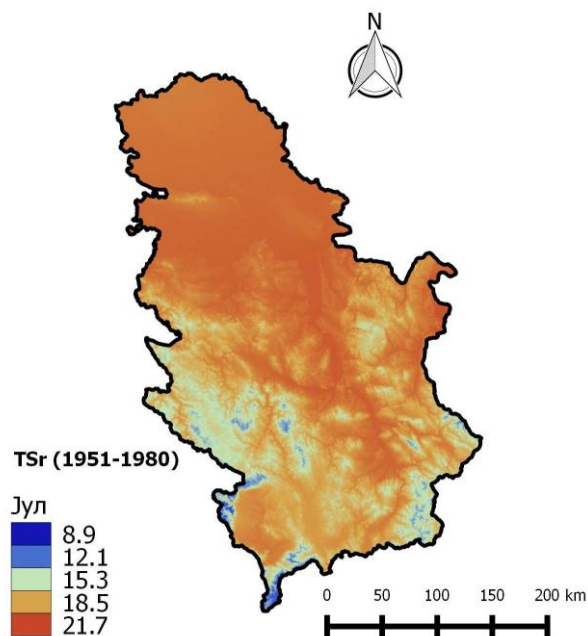
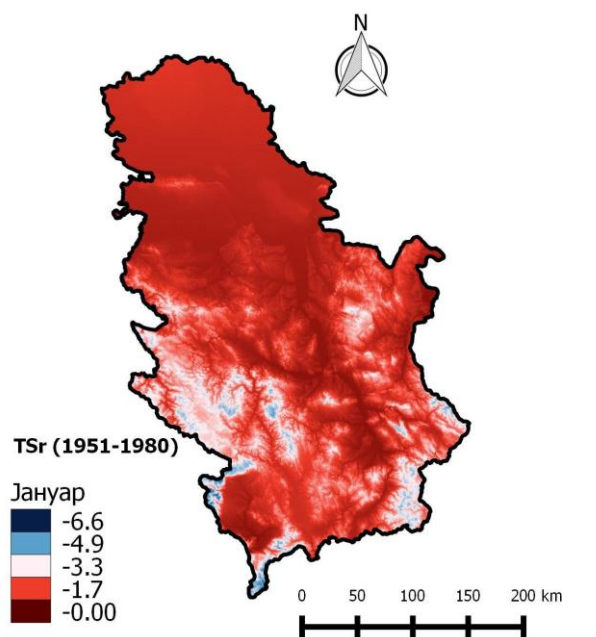
Графикон 4. Ман Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1951-1980.

Карта 1 приказује просторну дистрибуцију средње годишње температуре ваздуха у Србији за 30-годишњи период 1951-1980. Карта евидентно показује да се средња годишња температура креће од  $1,2^{\circ}\text{C}$  у вишим планинским пределима до  $11,5^{\circ}\text{C}$  у равничарским и котлинским деловима Србије. Правац опадања температуре ваздуха је од севера ка југу, односно граничним југозападним и југоисточним деловима Србије због пораста надморске висине. Највише температуре ваздуха су детектоване у Панонској низији, перипанонском ободу, у долинама Велике, Јужне и

Западне Мораве, Косовској и Метохијској котлини, долини Тимока, Неготинској крајини и мањим и већим котлинама. Најниже температуре ваздуха су у планинским деловима југозападне и западне Србије, као и у југоисточној Србији. Гранични делови Косова и Метохије (Шарско-пиндски и Проклетијски масив) такође имају најниже вредности температура ваздуха. Може се закучити да је рељеф, пре свега надморска висина, дисекција и правац пружања планина, један од кључних фактора у формирању просторне дистрибуције температуре ваздуха. Карта 2 приказује просторну дистрибуцију средњих температура ваздуха екстремних месеци-јануара и јула за период 1951-1980.

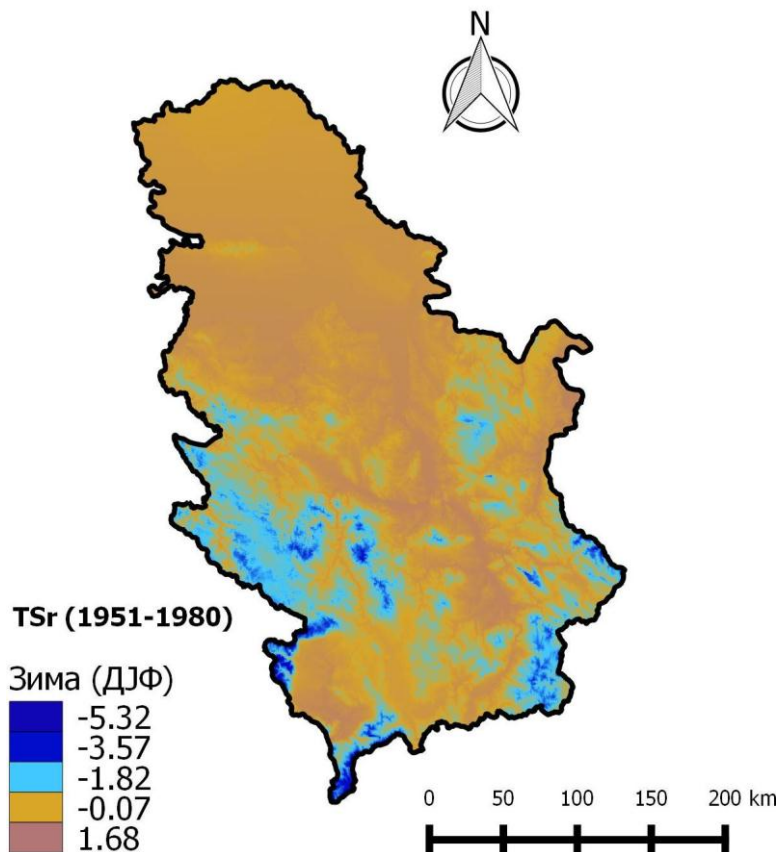


Карта 1. Просторни распоред средњих годишњих вредности температура ваздуха у Србији за период 1951-1980.



Карта 2. Средње јануарске (горе) и јулске (доле) температуре вазуа у посматраном периоду

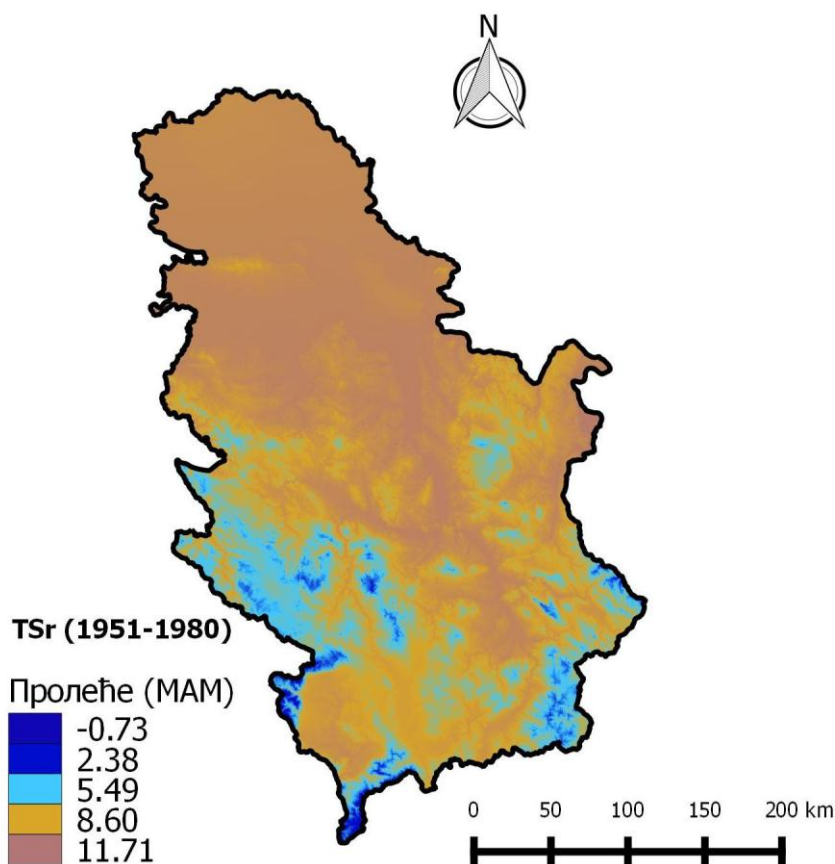
Карта 3 описује просторну дистрибуцију средњих 30-годишњих зимских (ДЈФ) температура ваздуха у Србији. Северне области и котлинско-долинске области евидентно бележе температуре од  $+1,68^{\circ}\text{C}$  до  $-0,07^{\circ}\text{C}$ . Рубни делови котлина са већом надморском висином и виши планински предели у југозападном, западном, југоисточном делу Србије показују ледене услове и негативне температуре ваздуха ( $-5,32^{\circ}\text{C}$ , тамно плаво осенчено).



Карта 3. Просторна дистрибуција средњих зимских температура ваздуха за период 1951-1980.

На карти 4 су презентоване просечне вредности пролећних (МАМ) температура ваздуха које су просторно дистрибуисане. Максималне температуре ( $11,71^{\circ}\text{C}$ ) просторно су распоређене у Панонској низији и долинско-котлинској Србији. Минимални опсег позитивних просечних температура од  $-0,73$ - $2,38^{\circ}\text{C}$  ваздуха је забележен на само на изолованим вишим планинским деловима на западу, југозападу и југоистоку земље, као и на крајњем рубу Косова и Метохије.

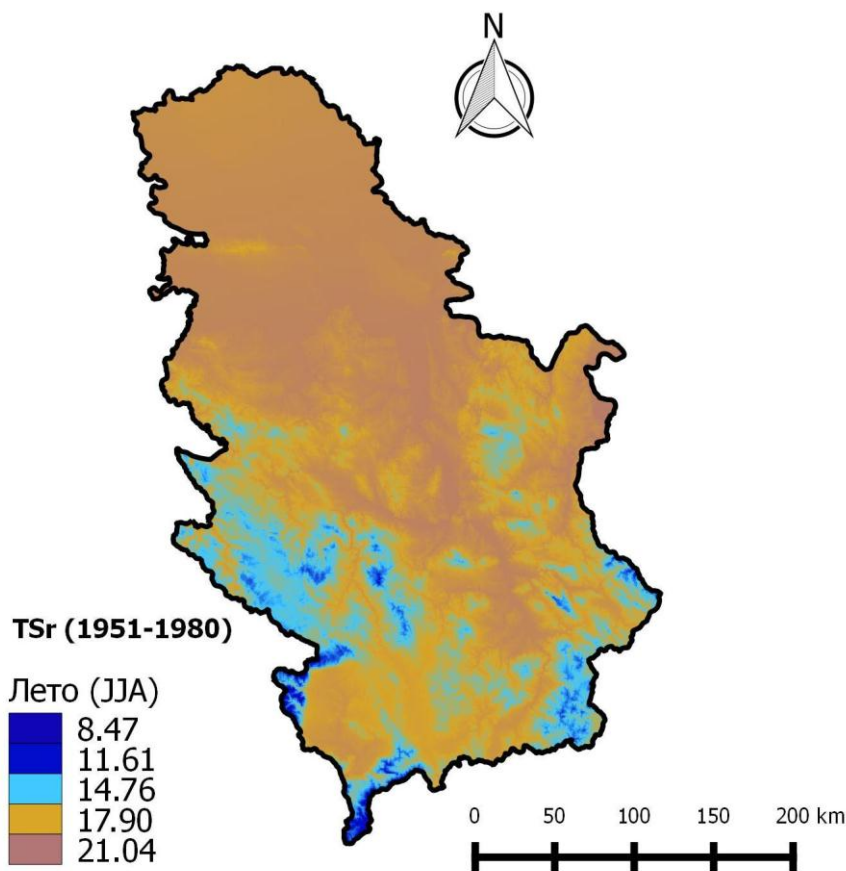




*Карта 4. Просторна дистрибуција средњих пролећних температура ваздуха за период 1951-1980.*

Просторна дистрибуција просечних летњих (ЈЈА) температура ваздуха приказана је на карти 5. Просторно дистрибуисане вредности просечних летњих температура ваздуха показују висок степен сличности са просторном дистрибуцијом пролећних температура ваздуха, с разликом у минималном и максималном опсегу који се креће од 8,47-21,04°C. Може се закључити да је лето (ЈЈА) најтоплије од све четири сезоне, а температурна амплитуда у овом случају износи 12,57°C, тј. температурна амплитуда просторне дистрибуције просечне летње температуре ваздуха у Србији у првом 30-годишњем климатском субпериоду.

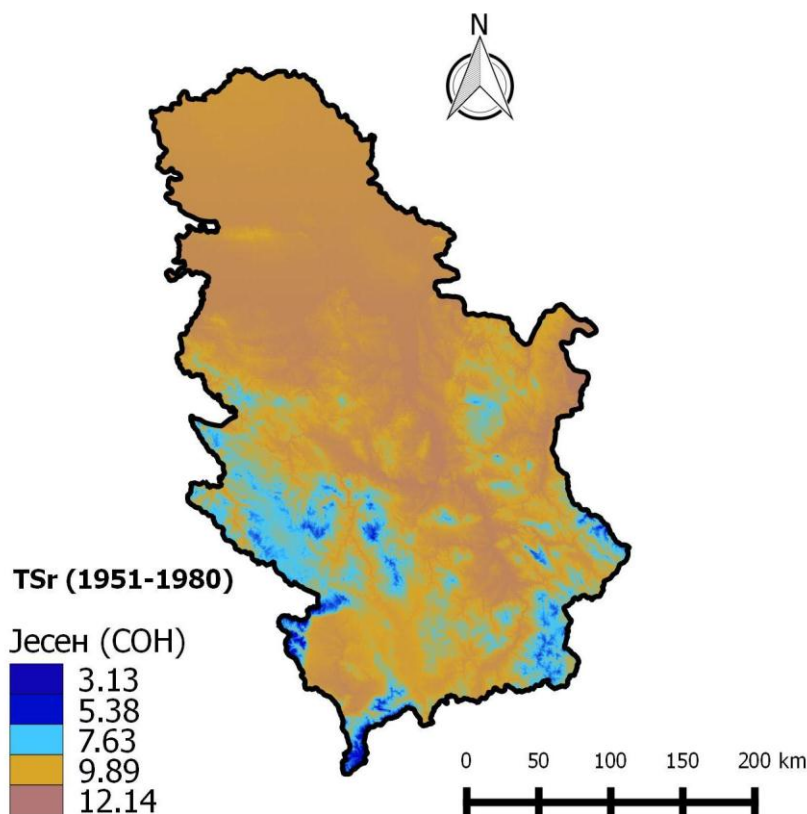




Карта 5. Просторна дистрибуција средњих летњих температура ваздуха за период 1951-1980.

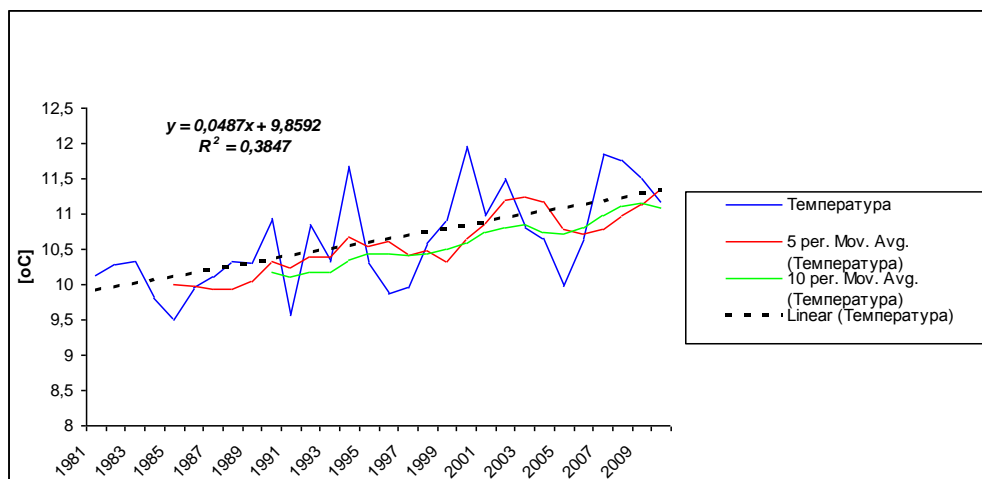
Карта 6 показује просечну температурну дистрибуцију јесење (СОН) сезоне чији се минимални опсег креће од  $3,13^{\circ}\text{C}$ , док максимални температурни опсег достиже  $12,14^{\circ}\text{C}$ . Просторна дистрибуција средњих јесењих температура ваздуха у складу је са просторном дистрибуцијом просечних вредности температуре ваздуха осталих сезона, што је у вези са доминантним физичко-географским факторима који обликују климат наше земље. Температурна амплитуда у овој сезони износи  $9,01^{\circ}\text{C}$ .

Ако би се упоредили пролећна (МАМ) и јесења (СОН) сезона, по температурном опсегу јесења сезона је одмах иза летње, док је пролећна сезона на трећем месту по хладноћи. Температурна амплитуда просечне дистрибуције температура ваздуха у пролећној сезони износи  $12,44^{\circ}\text{C}$ , док у јесењој износи  $9,01^{\circ}\text{C}$ . Максимални температурни опсег у јесењој сезони износи  $12,14^{\circ}\text{C}$ , док у пролећној износи  $11,71^{\circ}\text{C}$ . Разлика је  $0,43^{\circ}\text{C}$  у корист јесење сезоне, што значи да је на простору Србије у овом периоду јесен била топлија од пролећа.

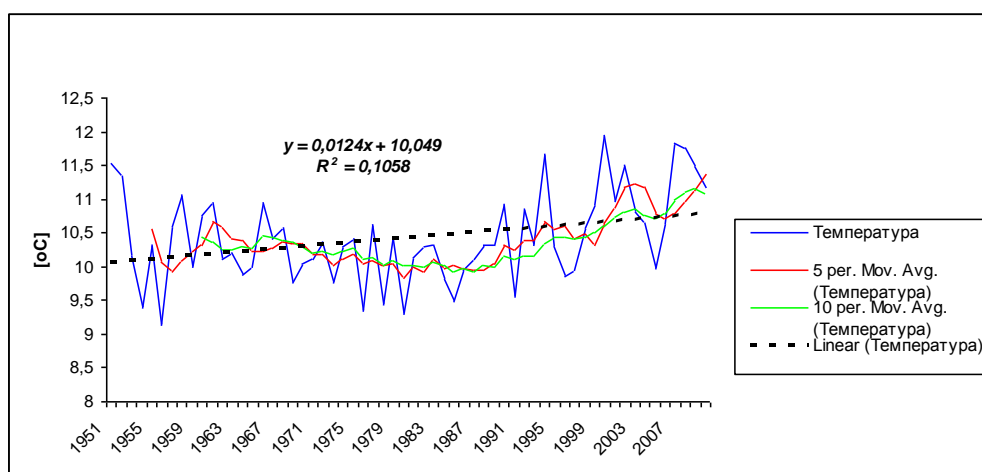


Карта 6. Просторна дистрибуција средњих јесењих температура ваздуха за период 1951-1980.

За разлику од првог 30-годишњег климатског субпериода, у другом периоду (1981-2010) линеарни тренд просечне вишегодишње температуре ваздуха у Србији је позитиван и расте по стопи од  $0,049^{\circ}\text{C}$  годишње, тј.  $0,5^{\circ}\text{C}$  по декади (графикон 5). Посматрани тренд је статистички сигнификантан на нивоу значајности од  $p = 0,001$ . Ако се посматра линеарни тренд средњих вишегодишњих температура ваздуха за цео 60-годишњи период осматрања (1951-2010), уочава се узлазни тренд који је сигнификантан на нивоу  $p = 0,02$ . Средња температура ваздуха расте по стопи од  $0,012^{\circ}\text{C}$  годишње, тј.  $0,12^{\circ}\text{C}$  по декади (графикон 6). 5-годишњи и 10-годишњи клизни средњази указују на топлије и хладније периоде у посматраним низовима, тј. на периоде повећања или смањења температуре ваздуха. 5-годишњи клизни средњази указују на тренд повећања температуре ваздуха који је наступио почетком 1990-их и траје све до краја 20. века, када почетком 21. века наступа топлија фаза. Ако се посматрају 5-годишњи и 10-годишњи клизни средњази у 60-годишњем низу, уочава се једна изразито негативна фаза која је наступила с краја 1970-их и трајала је све до краја 1990-их. Тек почетком 21. века наступа топлија фаза, када тренд линија 5-годишњих и 10-годишњих клизних средњака прелази линију линеарног тренда средње температуре ваздуха у целом низу.



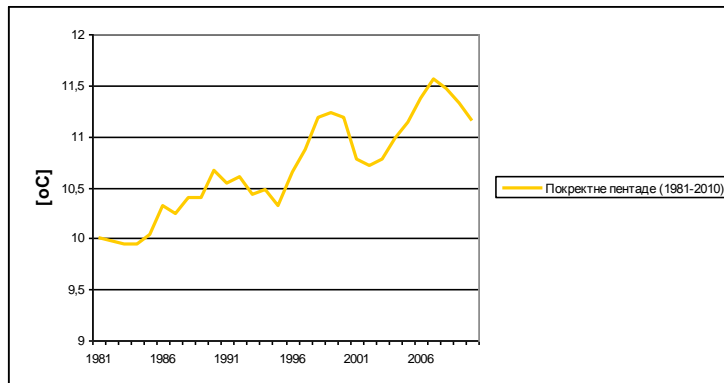
Графикон 5. Линерани тренд средњих вредности температура ваздуха са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњањима за период 1981-2010.



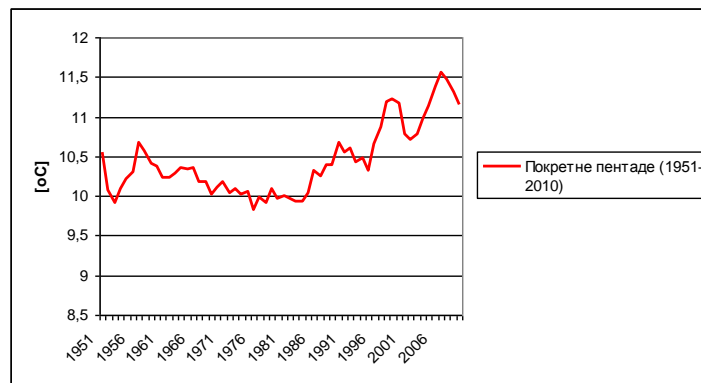
Графикон 6. Линерани тренд средњих вредности температура ваздуха са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњањима за период 1951-2010.

Ако се други 30-годишњи климатски субпериод (1981-2010) посматра као покретне пентадне вредности, уочава се да је најхладнија пентада била 1981-1985. са просечном температуром од  $9,98^{\circ}\text{C}$ . Најтоплија пентада је 2006-2010. са вредностима температуре ваздуха од  $11,37^{\circ}\text{C}$  (графикон 7). Најтоплија година у целом низу покретних пентада је 2007. година са просечном температуром од  $11,55^{\circ}\text{C}$  (графикон 8).

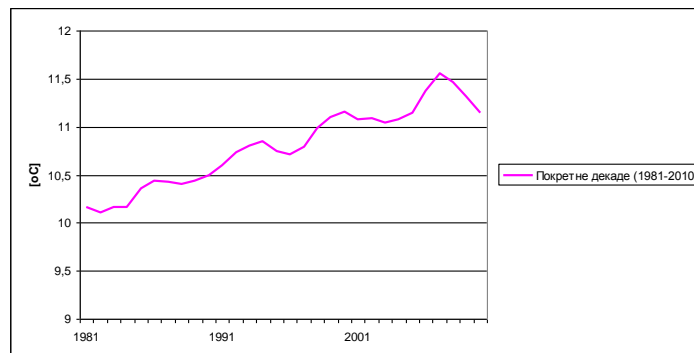
У случају да се посматрају покретне декадне вредности у периоду 1981-2010., уочава се да је најтоплија декада била 2001-2010. (просечно  $11,22^{\circ}\text{C}$ ). Најхладнија декада је забележена у периоду 1981-1990. (просечно  $10,31^{\circ}\text{C}$ ) (графикон 9). Најтоплија година у целом низу покретних декадних вредности је 2007. година, а најхладнија година је 1976. година са температуром од  $9,34^{\circ}\text{C}$  (графикон 10).



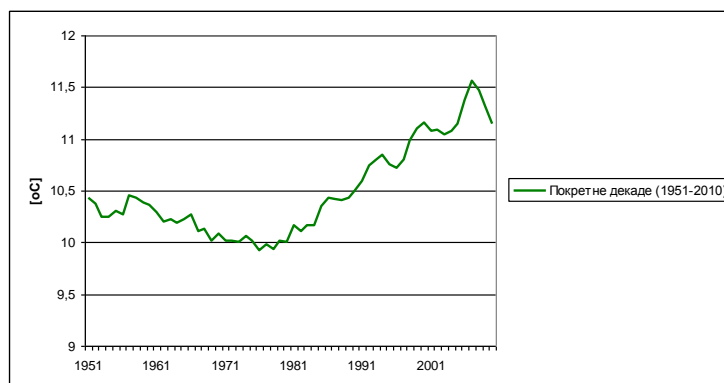
Графикон 7. Покретне пентадне вредности за период 1981-2010.



Графикон 8. Покретне пентадне вредности за период 1951-2010.

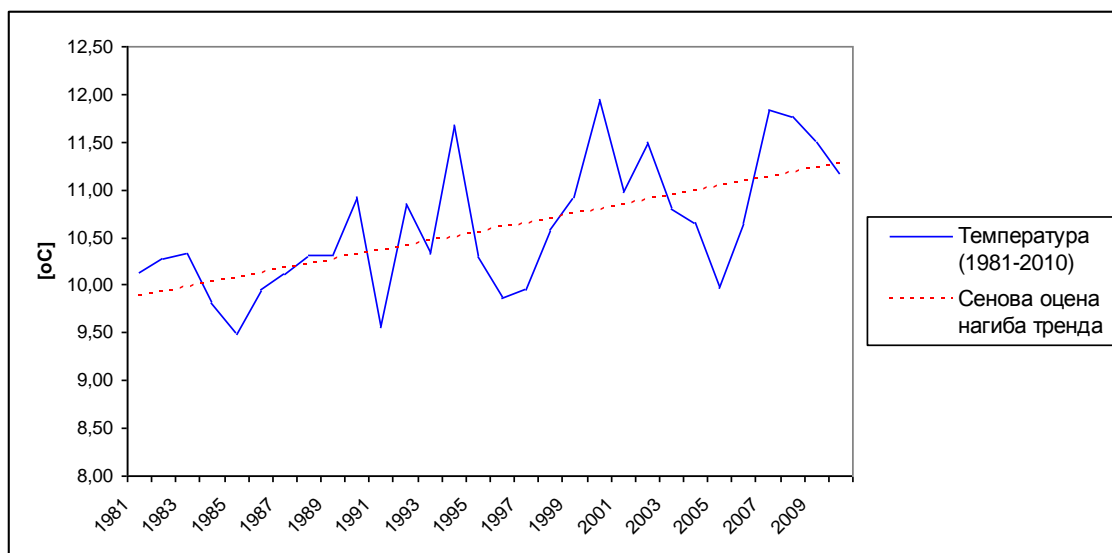


Графикон 9. Покретне декадне вредности за период 1981-2010.

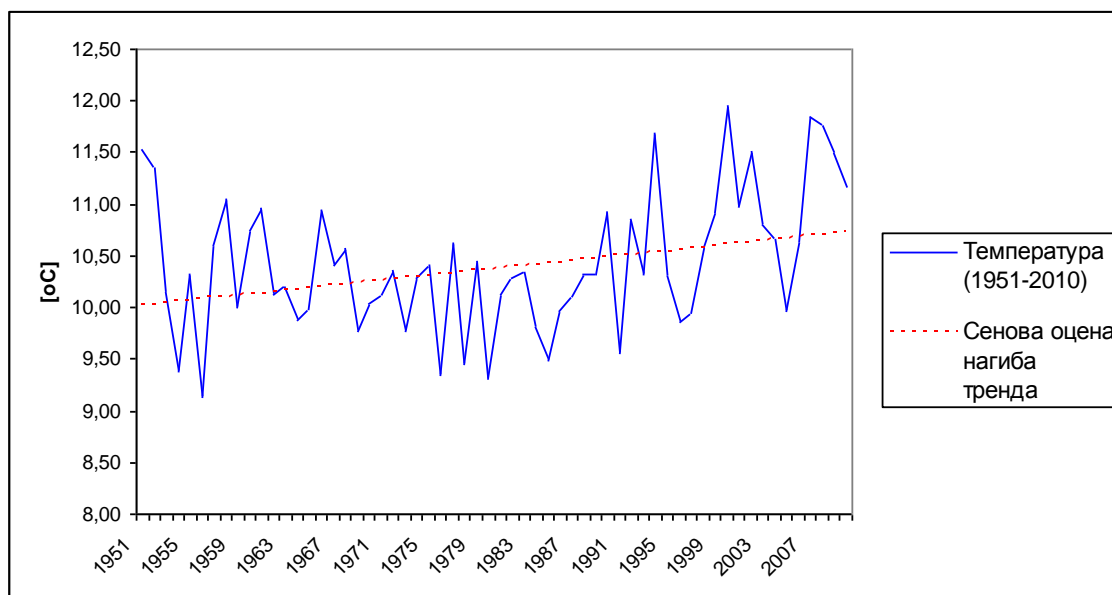


Графикон 10. Покретне декадне вредности за период 1951-2010.

Ман Кендалов тренд тест за други 30-годишњи климатски период (1981-2010) је показао позитивне вредности ( $Z= 3,28$ ) на нивоу значајности од  $\alpha = 0,01$ . Графикон 11 показује овај тренд и Сенову оцену нагиба тренда. У случају да се посматра цео низ (1951-2010), Ман Кендал тренд је позитиван ( $Z= 2,14$ ) на нивоу сигнификантности  $\alpha = 0,05$  (графикон 12).



Графикон 11. Ман Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1981-2010.

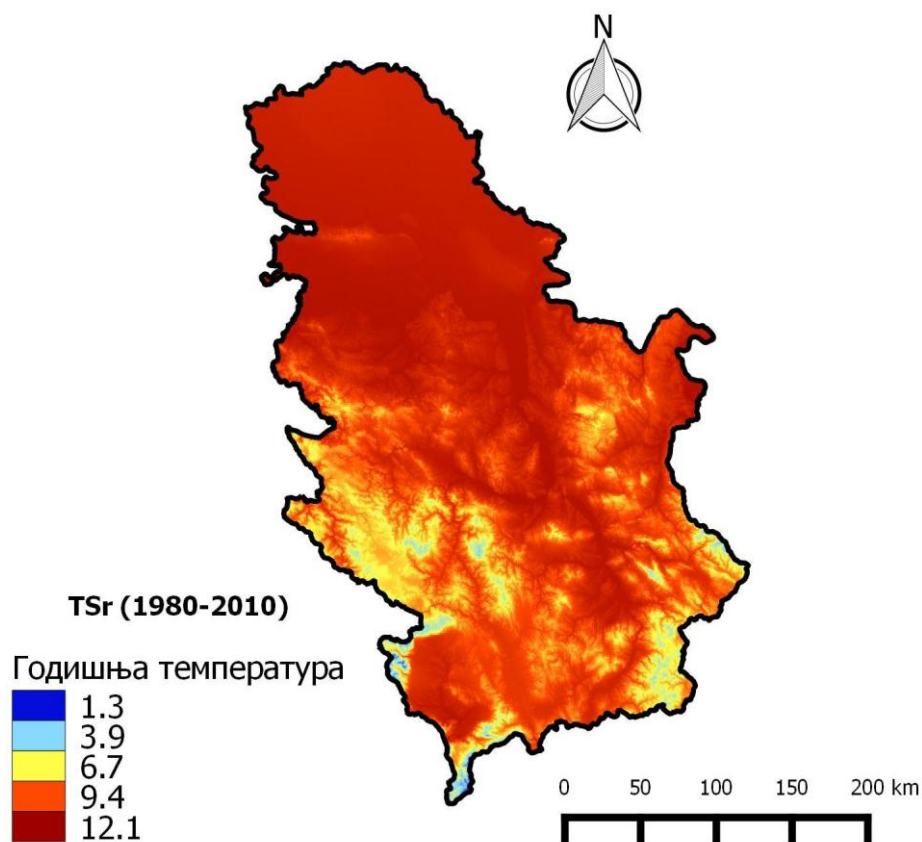


Графикон 12. Ман Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1951-2010.

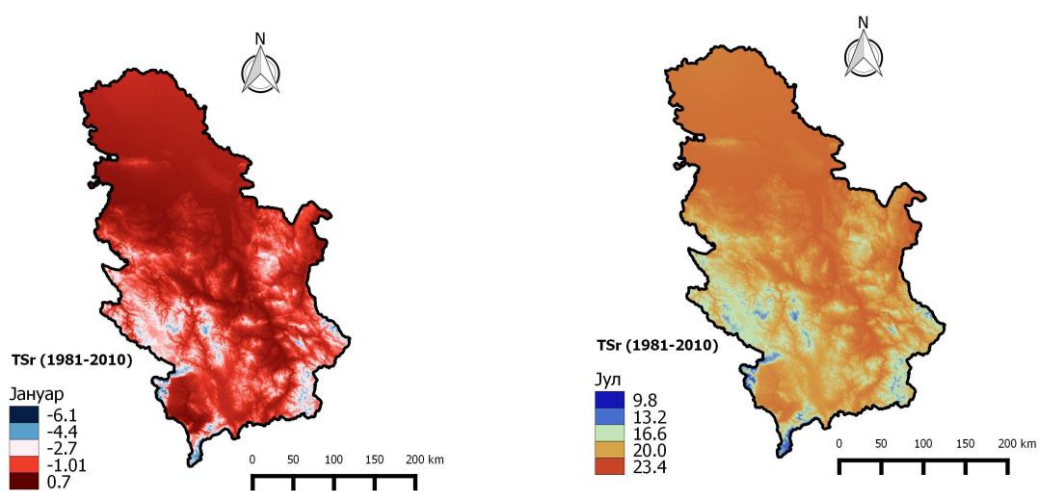
На карти 7 је приказана просторна дистрибуција просечних вишегодишњих температура ваздуха за други 30-годишњи климатски субпериод (1981-2010). Ако се карта 7 посматра детаљно, види се да нема значајнијих промена у просторној дистрибуцији у односу на први период

осматрања (карта 1). Међутим, дошло је до промена у температурном опсегу минималних и максималних температура ваздуха: минимална температура је порасла са  $1,2^{\circ}\text{C}$  на  $1,3^{\circ}\text{C}$  у другом периоду (тамно плава боја на карти); максимална температура је такође порасла са  $11,5^{\circ}\text{C}$  на  $12,1^{\circ}\text{C}$  у другом периоду. Закључак је да су промене евидентне и да је дошло до општег пораста температуре ваздуха у другом климатском периоду, о чему говоре и резултати приказани методом Ман Кендал теста и Сенове оцене нагиба тренда. Пошто исти физичко-географски фактори делују и обликују климат у оба климатска субпериода, може се рећи да просторно промене нису толико уочљиве као када је у питању температурни опсег. Просечне вишегодишње вредности температуре ваздуха екстремних месеци (јануара и јула) за период 1981-2010. приказане су на карти 8, а резултати се подударују са онима који се добијени када се упореде карте средњих годишњих температура првог и другог климатског субпериода (1951-1980. и 1981-2010.)-у другом периоду је дошло до пораста температурног опсега на картама екстремних месеци (јануара и јула).

На карти 9 је приказан просторни распоред средњих вишегодишњих вредности температуре ваздуха за 60-годишњи климатски период (1951-2010), а на карти 10 је приказан просторни распоред средњих вишегодишњих вредности температуре ваздуха најхладнијег (јануар) и најтоплијег месеца (јул) у посматраном низу.

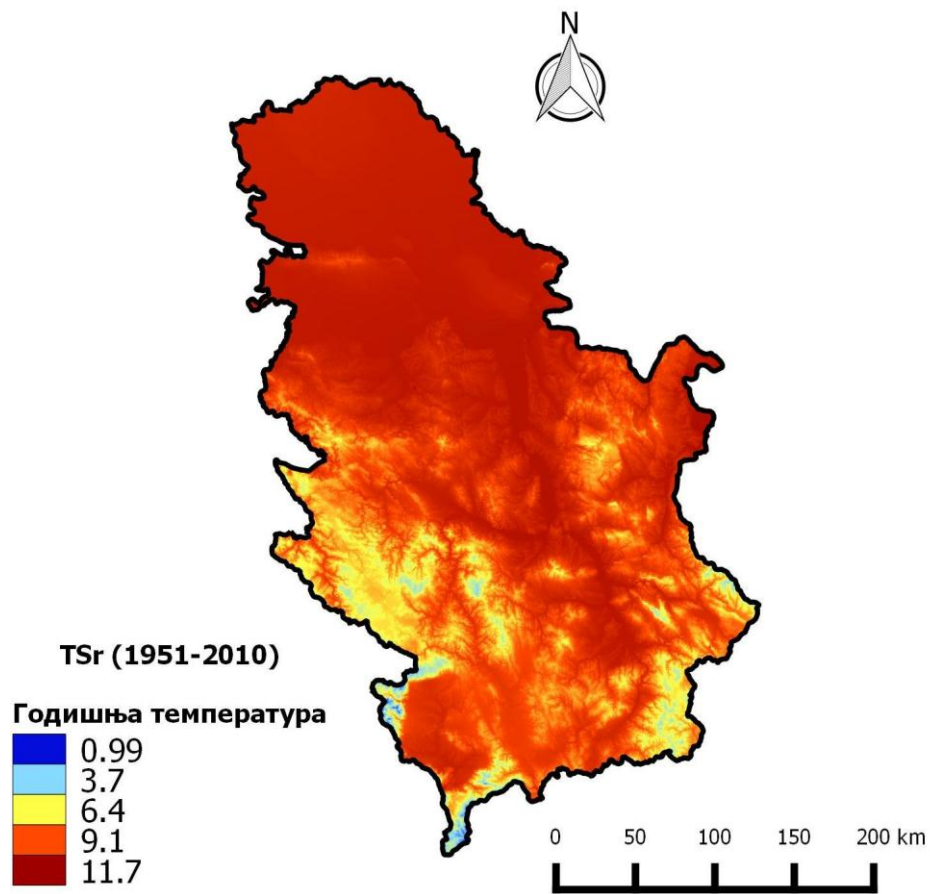


Карта 7. Просторни распоред средњих годишњих вредности температуре ваздуха у Србији за период 1981-2010.

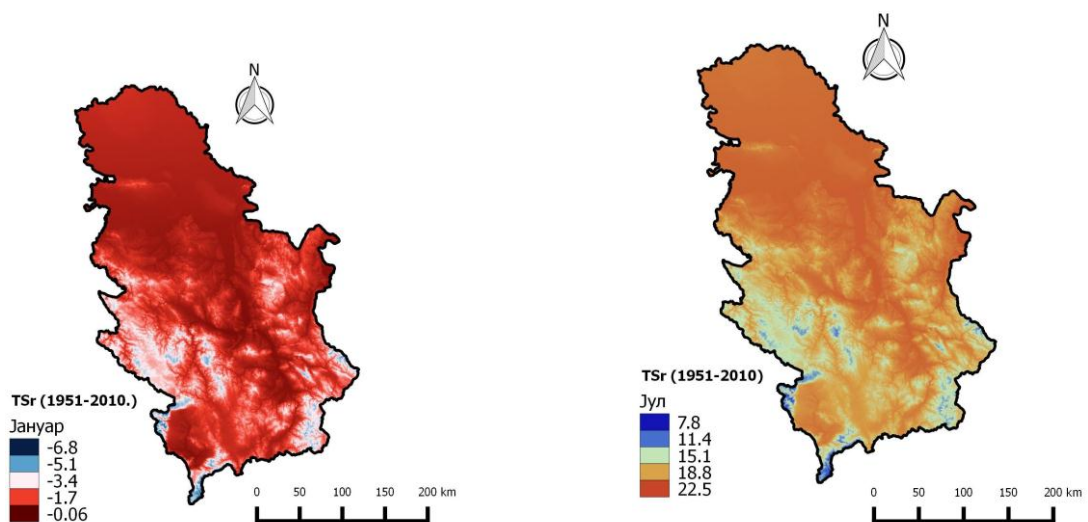


Карта 8. Средње јануарске (лево) и јулске (десно) температуре вазуа у посматраном периоду



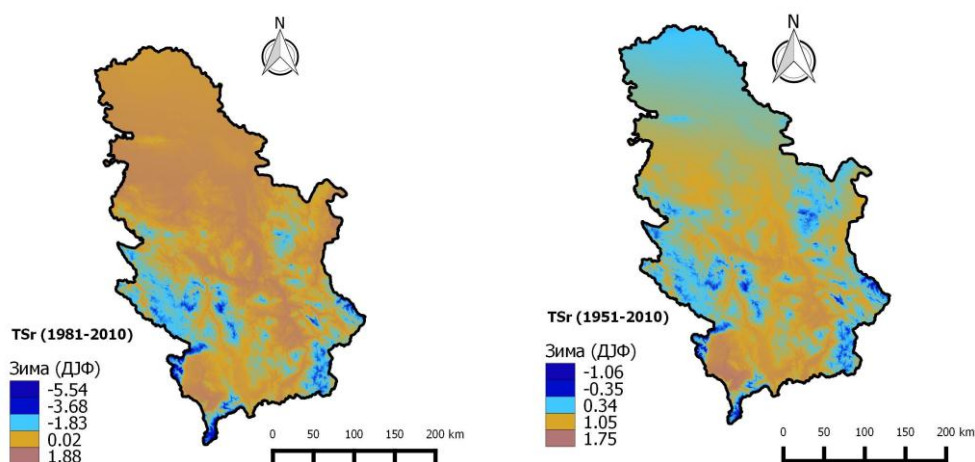


Карта 9. Просторни распоред средњих годишњих вредности температура ваздуха у Србији за период 1951-2010.

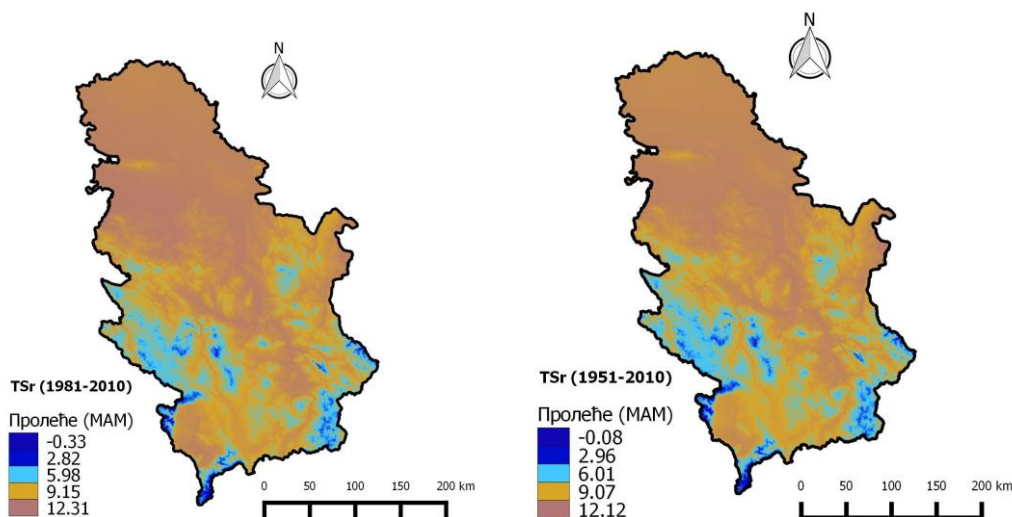


Карта 10. Средње јануарске (лево) и јулске (десно) температуре ваздуха у посматраном периоду

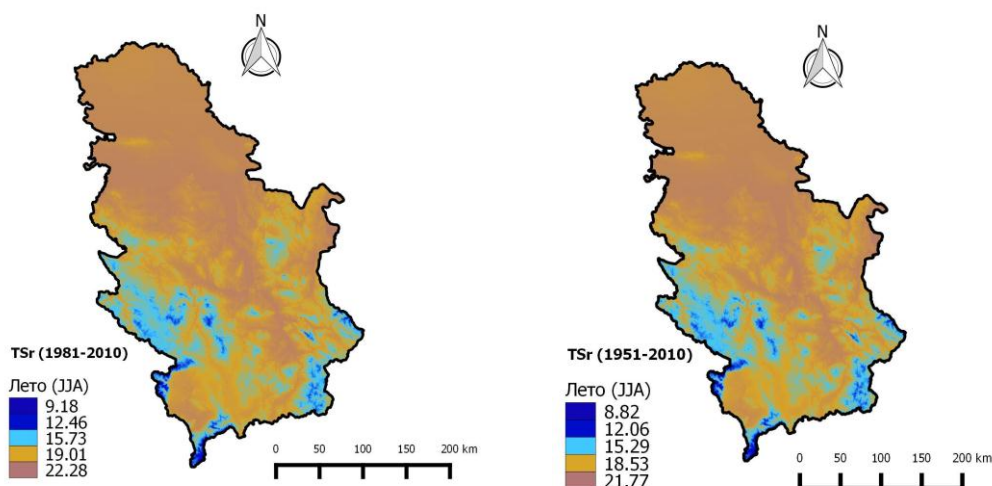
Ако се примени компаративни метод анализе просторне дистрибуције и варијације температурних опсега између првог (1951-1980) и другог (1981-2010) 30-годишњег климатског субпериода, добиће се слични резултати онима добијеним за годишњу дистрибуцију, као и дистрибуцију и варијацију температуре ваздуха екстремних месеци у посматраним периодима. Визуелно, промене су уочљиве ако се упореде карте 3 и 11 за сезону ДЈФ, затим карте 4 и 12 за сезону МАМ, карте 5 и 13 и карте 6 и 14 за сезоне ЈЈА и СОН, респективно. На картама 11-14 приказана је просторна дистрибуција и варијација средњих вредности вишегодишњих сезонских температура за периоде 1981-2010. и 1951-2010.



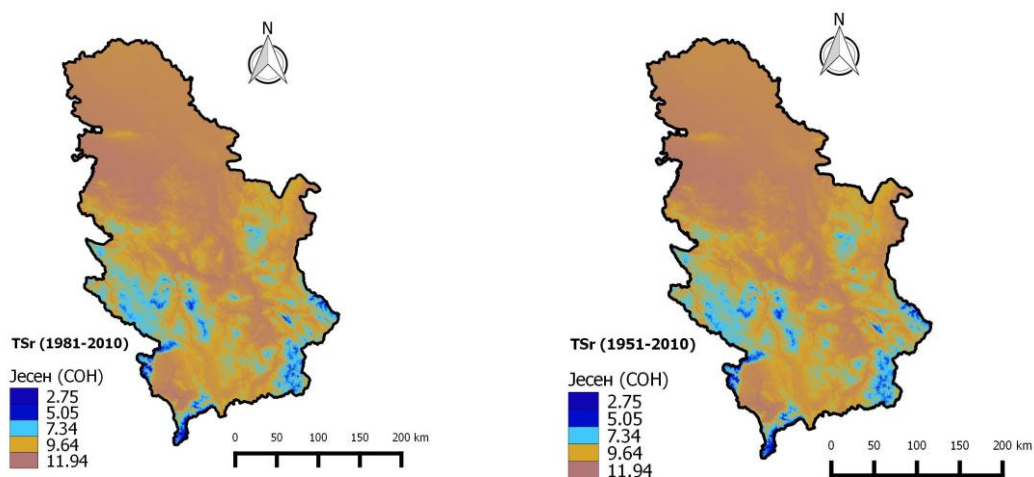
Карта 11. Просторна дистрибуција средњих зимских температура ваздуха за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



Карта 12. Просторна дистрибуција средњих пролећних температура ваздуха за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



Карта 13. Просторна дистрибуција средњих летњих температура ваздуха за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)



Карта 14. Просторна дистрибуција средњих јесењих температура ваздуха за период 1981-2010. (лево) и 1951-2010. (десно)

На основу горе изнетих резултата, може се закључити да су просторна дистрибуција и варијација средњих вредности температура ваздуха на простору Србије у оба 30-годишња климатска периода (1951-1980. и 1981-2010.), као и у 60-годишњем периоду осматрања (1951-2010.) последица деловања различитих физичко-географских фактора: географске ширине Србије, особина рељефа (орографије, надморске висине), математичко-географских фактора (трајање инсолације), вегетације. Као пример може се навести и апсолутна разлика између најниже тачке у Србији (28 m, на ушћу Тимока у Дунав) и највише тачке (2 656 m, врх Ђеравица, Проклетијски планински масив), која износи укупно 2 629 m. Заправо, може се рећи да физичко-географске карактеристике Србије резултирају термичким варијацијама и контрастима. Овакве температурне разлике и контрасти диктирају формирање различитих климатских региона и специфичности на простору наше земље.

Тренд средње годишње температуре ваздуха у Србији статистички је значајан и на већини станица негативан у периоду 1951-1980 (табела 1). Једино станица Црни Врх бележи позитиван тренд у овом периоду статистички сигнификантан на  $\alpha > 0.1$ . Тренд има благу тенденцију пораста идући од југа ка северу Србије. Најизразитији и статистички сигнификантан ( $\alpha = 0.001$  и  $\alpha = 0.01$ ) пад се јавља на станицама Драгаш, Лесковац и Копаоник (у просеку  $0,5^{\circ}\text{C}$  по декади) (карта 15).

У другом 30-годишњем климатском субпериоду (1981-2010) (табела 1), јавља се позитиван и статистички сигнификантан тренд на свим посматраним станицама. Највећу тенденцију пораста температуре ваздуха бележи станица Косовска Митровица ( $0,75^{\circ}\text{C}$  по декади) на нивоу сигнификантности  $\alpha = 0.001$ . Просторна дистрибуција и варијација тренда температуре ваздуха приказана је на карти 16.

Када се посматра цео 60-годишњи низ, уочава се да је статистички сигнификантан тренд пораста температуре ваздуха присутан на скоро свим посматраним станицама, сем на станици Црни Врх<sup>40</sup> где се бележи пад тренда температуре од  $-0,05^{\circ}\text{C}$  по декади (на нивоу  $\alpha = 0.001$ ). Генерално тренд расте ако се иде ка западу и северу земље. Статистички сигнификантан на нивоу  $\alpha = 0.001$  и највећи тренд пораста средње годишње температуре ваздуха забележен је на две станице Лозница и Неготин- $0,23^{\circ}\text{C}$  по декади. Карта 17 приказује просторну дистрибуцију овог тренда.

У циљу детаљније анализе, математичко-статистички посматрано, потребно је извршити анализу тренда температуре ваздуха за све четири сезоне (зиму, пролеће, лето и јесен) на метеоролошким станицама укљученим у анализу. Сезонски карактер тренда у посматраном периоду показује унутаргодишњу варијабилност температуре ваздуха на посматраним станицама у Србији. У том смислу, анализу није било потребно „спустити“ на месечни ниво.

У табели 2 дате су вредности тренда средње зимске (ДЈФ) температуре ваздуха за периоде: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. У првом 30-годишњем климатском периоду (1951-1980), Сеновим методом је утврђен позитиван тренд на укупно 18, као и негативан тренд на укупно 13 станица укључених у анализу. Генерално, негативан тренд је присутан на појединим станицама у источној, југоисточној и јужној Србији, као и на Косову и Метохији. Највећу тенденцију пада температуре ваздуха бележи станица Драгаш, од  $-0,4^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантно на  $\alpha > 0.1$ ). Статистички сигнификантан на  $\alpha = 0.05$  и највећи тренд пораста средње зимске температуре ваздуха забележен је на станици Црни Врх од  $0,6^{\circ}\text{C}$  по декади.

---

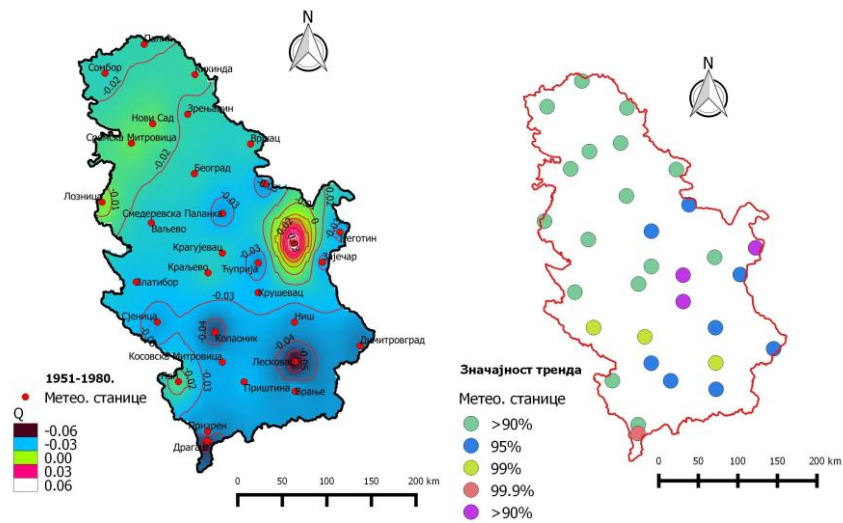
<sup>40</sup> Ова станица је променила локацију 1981. године, тј. „добила“ је већу надморску висину (Лазаревић, 1998).

**Табела 1.** Тренд средње годишње температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

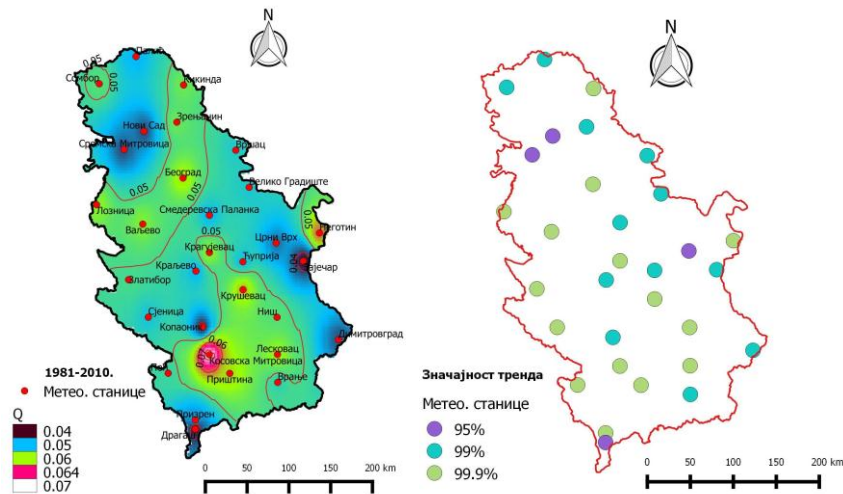
Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	-0.019		0.052	***	0.017	**
Нови Сад	-0.012		0.041	*	0.017	**
Палић	-0.020		0.046	**	0.021	***
Сомбор	-0.022		0.051	**	0.017	**
Сремска Митровица	-0.011		0.041	*	0.013	*
Вршац	-0.021		0.048	**	0.014	*
Зрењанин	-0.021		0.052	**	0.018	**
Београд	-0.022		0.056	***	0.021	***
Црни Врх	0.059		0.043	*	-0.052	***
Ђуприја	-0.036	+	0.047	**	0.009	
Димитровград	-0.040	*	0.041	**	0.001	
Копаоник	-0.047	**	0.038	**	0.019	***
Крагујевац	-0.023		0.054	***	0.018	**
Крушевац	-0.030	+	0.058	***	0.016	**
Краљево	-0.022		0.046	**	0.012	*
Лесковац	-0.057	**	0.055	***	0.002	
Лозница	-0.007		0.054	***	0.023	***
Неготин	-0.031	+	0.060	***	0.023	***
Ниш	-0.035	*	0.051	***	0.012	*
Сјеница	-0.033	**	0.047	***	0.017	**
Смедеревска Паланка	-0.035	*	0.046	**	0.015	*
Ваљево	-0.025		0.053	***	0.017	**
Велико Градиште	-0.035	*	0.048	**	0.008	
Врање	-0.033	*	0.049	**	0.005	
Зајечар	-0.032	*	0.037	**	0.019	**
Златибор	-0.027		0.050	***	0.018	**
Косовска Митровица	-0.032	*	0.073	***	0.015	*
Приштина	-0.030	*	0.056	***	0.014	*
Призрен	-0.028		0.045	***	0.018	***
Драгаш	-0.059	***	0.037	*	0.001	
Пећ	-0.015		0.049	***	0.015	***
Бр. станица са поз./нег. трендом	1/30		31/0		30/1	

\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)

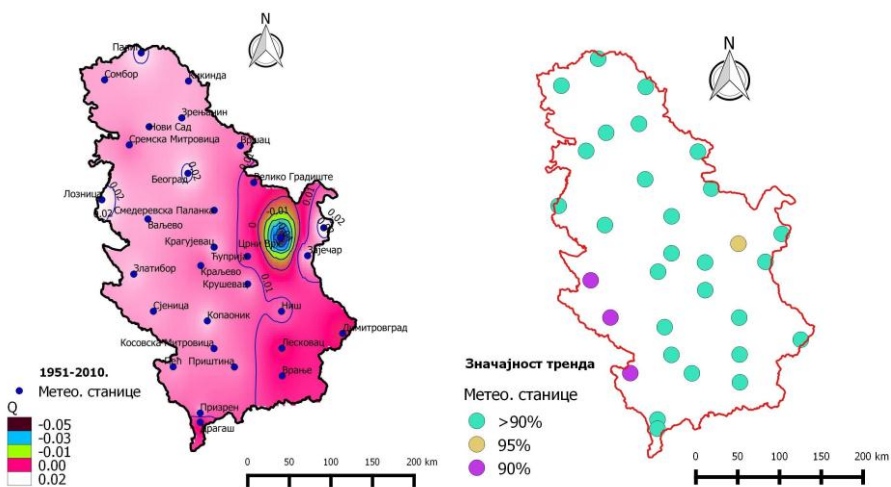




Карта 15. Просторна дистрибуција тренда средње годишње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 16. Просторна дистрибуција тренда средње годишње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 17. Просторна дистрибуција тренда средње годишње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

**Табела 2.** Тренд средње зимске температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.011		0.043		0.017	
Нови Сад	0.008		0.026		0.017	
Палић	0.008		0.028		0.014	
Сомбор	0.007		0.036		0.013	
Сремска Митровица	0.021		0.022		0.008	
Вршац	0.004		0.019		0.007	
Зрењанин	0.006		0.035		0.019	
Београд	0.005		0.032		0.014	
Црни Врх	0.061	*	0.033		-0.040	*
Ђуприја	-0.023		0.026		0.002	
Димитровград	-0.018		0.024		0.000	
Копаоник	-0.002		0.007		0.017	
Крагујевац	0.000		0.029		0.010	
Крушевац	-0.013		0.040		0.010	
Краљево	0.000		0.041		0.011	
Лесковац	-0.024		0.042		0.004	
Лозница	0.010		0.048		0.012	
Неготин	-0.019		-0.002		0.015	
Ниш	0.000		0.033		0.009	
Сјеница	0.017		0.032		0.025	+
Смедеревска Паланка	-0.007		0.026		0.007	
Ваљево	-0.004		0.036		0.011	
Велико Градиште	-0.005		0.023		0.005	
Врање	0.002		0.044		0.007	
Зајечар	-0.023		-0.006		0.005	
Златибор	0.014		0.032		0.020	+
Косовска Митровица	-0.012		0.081	**	0.017	
Приштина	0.003		0.076	*	0.020	
Призрен	-0.013		0.059		0.017	
Драгаш	-0.035		0.024		0.004	
Пећ	0.002		0.064	+	0.019	+
Бр. станица са поз./нег. трендом	18/13		29/2		30/1	

\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)

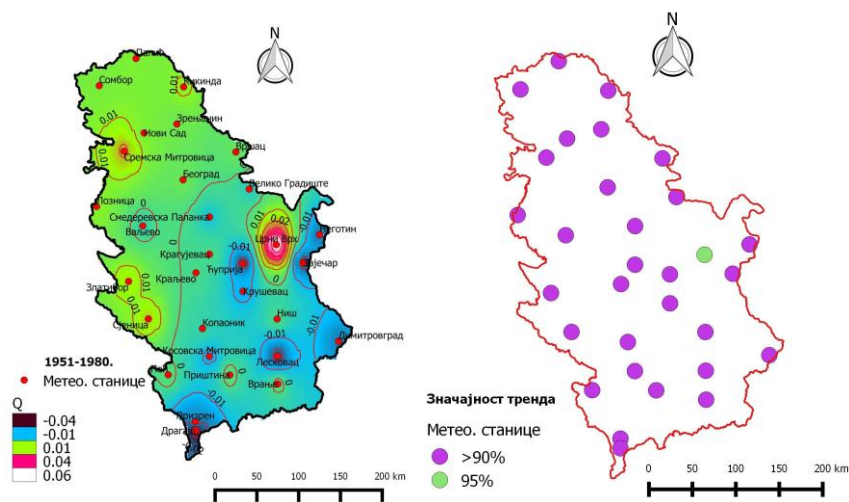


У случају да се посматра други 30-годишњи период (1981-2010.) (табела 2), долази се до закључка да је тренд средње зимске температуре ваздуха на већини станица статистички сигнификантан и позитиван, а само две станице бележе негативан тренд сигнификантан на  $\alpha > 0.1$ : Неготин ( $-0,02^{\circ}\text{C}$  по декади) и Зајечар ( $-0,06^{\circ}\text{C}$  по декади). Просторно посматрано, највећи тренд пораста средње зимске температуре ваздуха забележен на станицама на југу Србије и Косову и Метохији. Апсолутно највиши позитиван тренд средње зимске температуре ваздуха сигнификантан на  $\alpha = 0.01$  је забележен на станици Косовска Митровица од  $0,8^{\circ}\text{C}$  по декади.

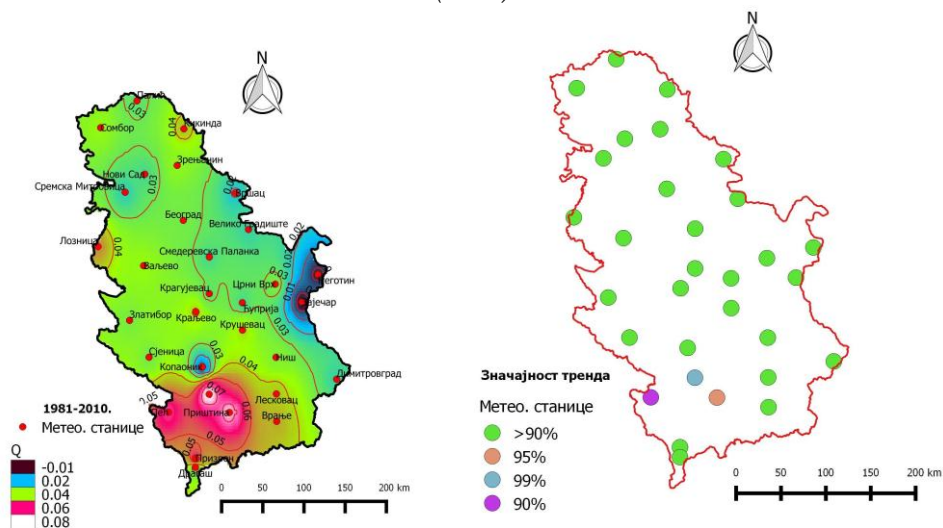
Ако се посматра цео 60-годишњи низ података (1951-2010) (табела 2), уочава се статистички значајан и позитиван тренд на 30 станица укључених у анализу, сем на станици Црни Врх где је тренд средње зимске температуре негативан и сигнификантан на нивоу  $\alpha = 0.05$  и опада за  $-0,4^{\circ}\text{C}$  по декади. Апсолутно највећи тренд пораста средње зимске температуре ваздуха забележен је на станици Сјеница од  $0,3^{\circ}\text{C}$  по декади (значајан на  $\alpha = 0.1$ ).

На картама 18, 19 и 20 је приказана просторна дистрибуција тренда средњих зимских температура ваздуха у Србији у сва три посматрана периода.

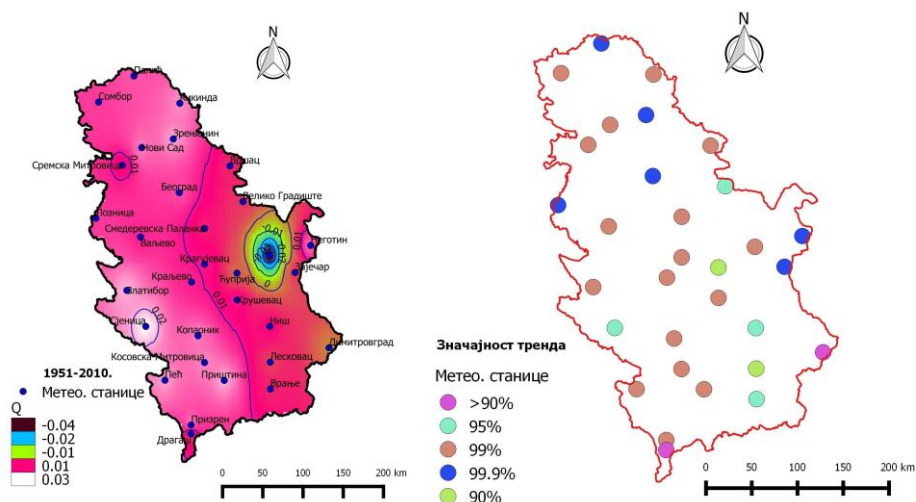
С друге стране, ако се посматра тренд просечних вредности пролећних (МAM) температура ваздуха (табела 3) у сва три периода (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), на скоро свим станицама се бележи статистички сигнификантан позитиван тренд, са следећим односима: 27/4, 31/1, 30/1 у првом, другом и целом периоду, респективно. У првом периоду (1951-1980) само станице Драгаш, Косовска Митровица, Сјеница и Копаоник бележе статистички сигнификантан негативан тренд средње пролећне температуре ваздуха. Просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста у централној Србији и Војводини. Станица Црни Врх бележи највећу тенденцију пораста тренда средње пролећне температуре од  $+1,2^{\circ}\text{C}$  по декади. У другом посматраном периоду (1981-2010), на свим метеоролошким станицама укљученим у анализу бележи се статистички сигнификантан позитиван тренд, а просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста од југа ка северу и ка истоку земље. Станица на којој се бележи највећа статистички сигнификантна (на  $\alpha = 0.01$ ) тенденција пораста тренда просечне пролећне температуре ваздуха је Неготин (од  $0,7^{\circ}\text{C}$  по декади). У целом 60-годишњем низу података (1951-2010), само је на станици Црни Врх забележен статистички сигнификантан (на  $\alpha = 0.01$ ) негативан тренд средње пролећне температуре ваздуха од  $-0,6^{\circ}\text{C}$  по декади. Просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући ка западу и северу земље. Највећу тенденцију пораста има станица Неготин од  $0,4^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантно на  $\alpha = 0.001$ ). На картама 21, 22 и 23 је приказана просторна дистрибуција и значајност овог тренда.



Карта 18. Просторна дистрибуција тренда средње зимске температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 19. Просторна дистрибуција тренда средње зимске температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

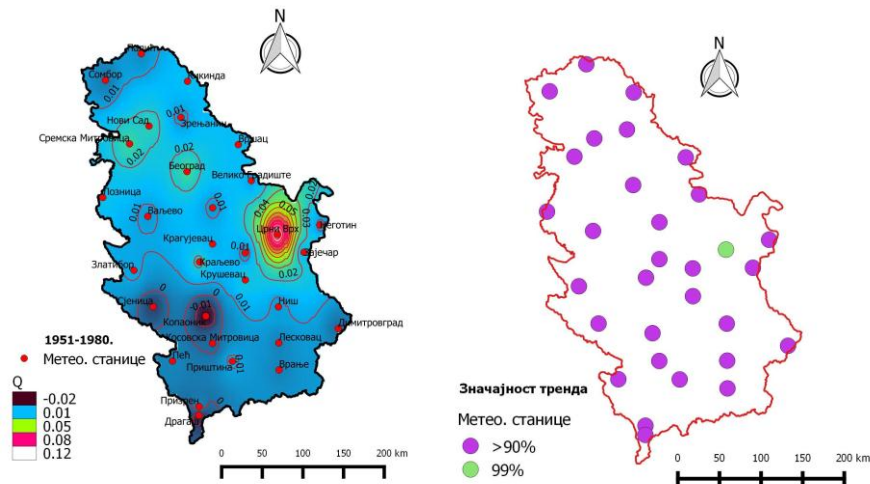


Карта 20. Просторна дистрибуција тренда средње зимске температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

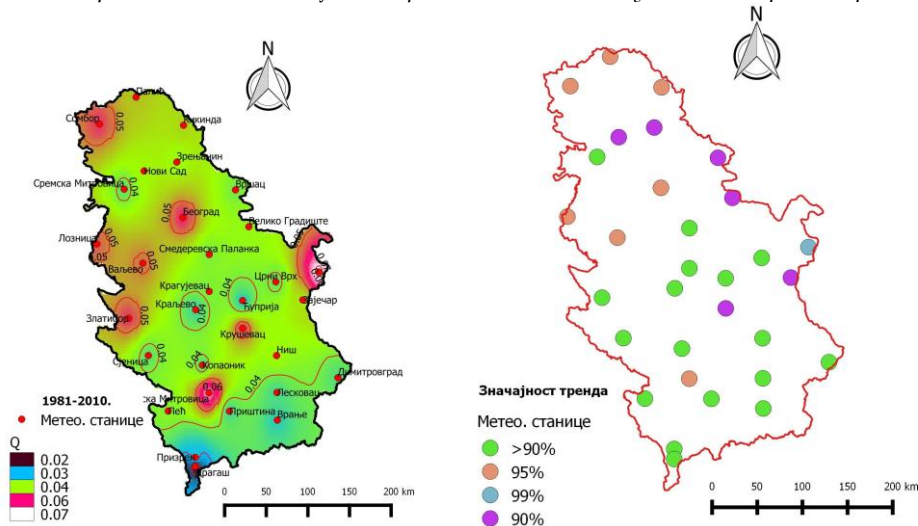
Табела 3. Тренд средње пролећне температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.015		0.046	*	0.028	**
Нови Сад	0.024		0.044	+	0.029	**
Палић	0.006		0.047	*	0.031	***
Сомбор	0.002		0.054	*	0.027	**
Сремска Митровица	0.027		0.038		0.025	**
Вршац	0.015		0.040	+	0.025	**
Зрењанин	0.008		0.043	+	0.030	***
Београд	0.029		0.056	*	0.033	***
Црни Врх	0.120	**	0.039		-0.057	**
Ђуприја	0.007		0.033		0.016	+
Димитровград	0.000		0.037		0.014	
Копаоник	-0.021		0.038		0.029	**
Крагујевац	0.012		0.041		0.024	**
Крушевац	0.019		0.054	+	0.028	**
Краљево	0.022		0.035		0.022	**
Лесковац	0.004		0.036		0.014	+
Лозница	0.017		0.052	*	0.029	***
Неготин	0.009		0.071	**	0.036	***
Ниш	0.008		0.044		0.024	*
Сјеница	-0.008		0.038		0.020	*
Смедеревска Паланка	0.007		0.040		0.023	**
Ваљево	0.008		0.051	*	0.027	**
Велико Градиште	0.011		0.043	+	0.020	*
Врање	0.004		0.033		0.019	*
Зајечар	0.015		0.044	+	0.030	***
Златибор	0.011		0.054		0.029	**
Косовска Митровица	-0.001		0.067	*	0.026	**
Приштина	0.011		0.036		0.025	**
Призрен	0.007		0.033		0.026	**
Драгаш	-0.017		0.016		0.013	
Пећ	0.004		0.041		0.023	**
Бр. станица са поз./нег. трендом	27/4		31/0		30/1	

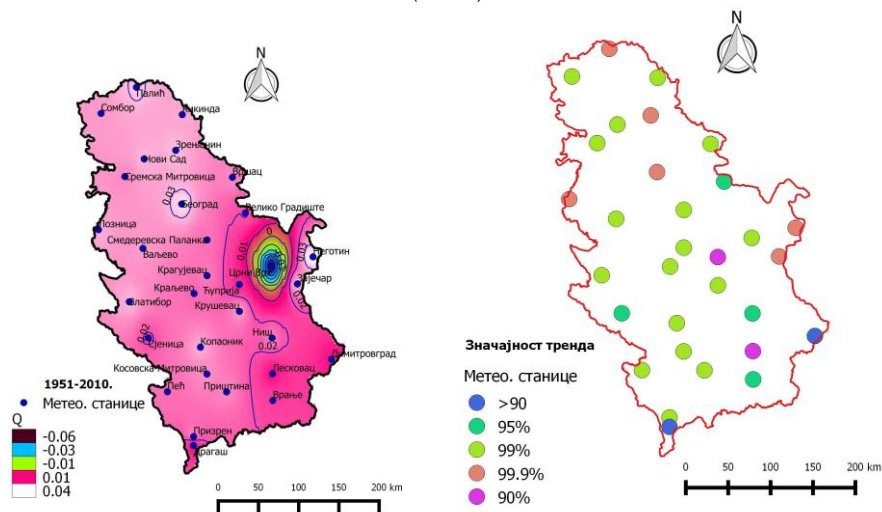
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 21. Просторна дистрибуција тренда средње пролећне температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 22. Просторна дистрибуција тренда средње пролећне температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 23. Просторна дистрибуција тренда средње пролећне температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

У табели 4 дате су вредности тренда средње летње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику за све станице укључене у анализу у сва три климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Док се у првом периоду на 30 станица бележи негативан тренд, овај однос је другачији у другом и целом периоду у корист позитивног тренда и то на 31, тј. 30 станица, респективно. У првом периоду је једино на станици Црни Врх забележен позитиван тренд од  $0,2^{\circ}\text{C}$  по декади, значајан на  $\alpha > 0.1$ . Апсолутно највећи тренд опадања средње летње температуре ваздуха забележен је на станици Копаоник од  $-0,9^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантан на  $\alpha = 0.001$ ). У другом посматраном периоду, на свим станицама се бележи статистички сигнификантан позитиван тренд средње летње температуре ваздуха. Просторно посматрано, тренд расте идући ка истоку и југоистоку земље. Апсолутно највећи и статистички сигнификантан на  $\alpha = 0.001$  позитиван тренд је забележен на станици Косовска Митровица од  $0,95^{\circ}\text{C}$  по декади. Док је најнижи позитиван тренд забележен на станици Драгаш од  $0,5^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантан на  $\alpha = 0.05$ ). У целом 60-годишњем периоду, једино станица Црни Врх бележи статистички сигнификантан ( $\alpha = 0.001$ ) негативан тренд средње летње температуре ваздуха од  $-0,5^{\circ}\text{C}$  по декади. Док је апсолутно највећи тренд пораста средње летње температуре ваздуха забележен на станици Копаоник од  $0,3^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантан на  $\alpha = 0.01$ ). На картама 24, 25 и 26 приказана је просторна дистрибуција овог тренда и његова значајност.

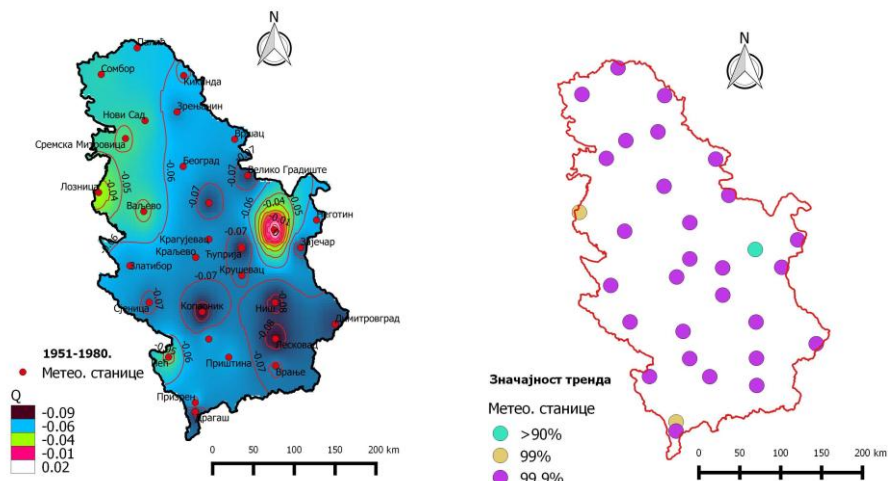
У табели 5 су дате вредности тренда средње јесење (СОН) температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Укупан број станица са позитивним, тј. негативним трендом према Сеновој оцени нагиба тренда, у сва три периода, има следећи однос: 1/30, 31/0 и 17/14, респективно. У првом периоду, само станица Црни Врх бележи статистички (на  $\alpha > 0.1$ ) сигнификантан позитиван тренд од  $0,4^{\circ}\text{C}$  по декади. Апсолутно највећи пад тренда средње јесење температуре бележи се на станици Лесковац од  $-0,9^{\circ}\text{C}$  по декади. У другом посматраном периоду, на свим станицама је забележен позитиван тренд. Просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући ка истоку и североистоку земље. Апсолутно највећи тренд пораста средње јесење температуре ваздуха забележен је на станици Косовска Митровица од  $0,5^{\circ}\text{C}$  по декади (значајан на  $\alpha = 0.05$ ). Ако се посматра цео 60-годишњи период, просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући ка западу и северозападу земље. Апсолутно највећу тенденцију пада тренда средње јесење температуре има станица Црни Врх од  $-0,6^{\circ}\text{C}$  (на  $\alpha = 0.001$ ), док највећи пораст тренда бележи станица Лозница од  $0,08^{\circ}\text{C}$  по декади (на  $\alpha > 0.1$ ). На картама 27, 28 и 29 је приказана просторна дистрибуција и значајност посматраног тренда средње јесење температуре ваздуха.

Табела 4. Тренд средње летње температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

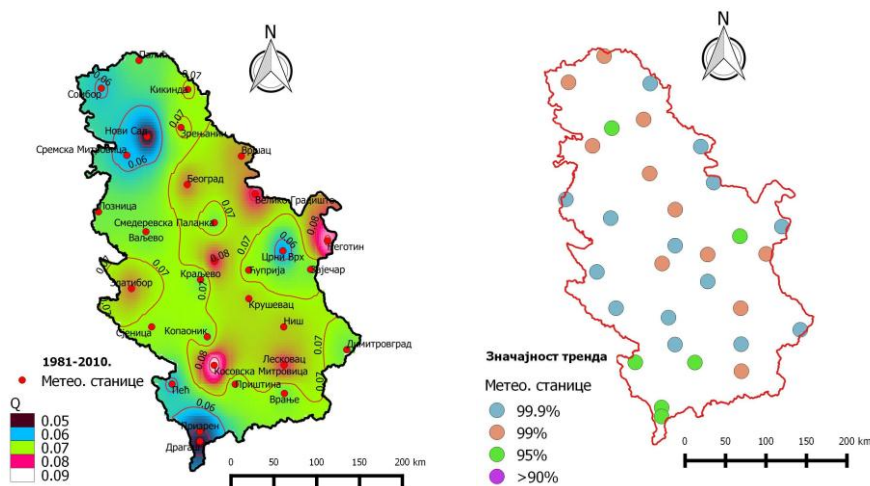
Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	-0.060	***	0.070	***	0.022	**
Нови Сад	-0.052	***	0.046	*	0.013	*
Палић	-0.058	***	0.065	**	0.029	***
Сомбор	-0.053	***	0.060	**	0.023	**
Сремска Митровица	-0.048	***	0.058	**	0.015	*
Вршац	-0.064	***	0.075	***	0.018	*
Зрењанин	-0.067	***	0.071	**	0.018	*
Београд	-0.063	***	0.076	**	0.025	**
Црни Врх	0.017		0.056	*	-0.047	***
Ђуприја	-0.081	***	0.069	**	0.013	
Димитровград	-0.077	***	0.067	***	0.007	
Копаоник	-0.087	***	0.067	***	0.032	**
Крагујевац	-0.067	***	0.082	***	0.027	**
Крушевац	-0.070	***	0.072	***	0.021	*
Краљево	-0.068	***	0.067	**	0.018	*
Лесковац	-0.086	***	0.079	***	0.008	
Лозница	-0.033	**	0.067	***	0.028	***
Неготин	-0.063	***	0.091	***	0.029	**
Ниш	-0.083	***	0.073	**	0.018	+
Сјеница	-0.072	***	0.069	***	0.023	**
Смедеревска Паланка	-0.077	***	0.067	**	0.020	*
Ваљево	-0.047	***	0.067	***	0.025	**
Велико Градиште	-0.077	***	0.081	***	0.014	
Врање	-0.069	***	0.067	**	0.013	
Зајечар	-0.074	***	0.067	**	0.028	**
Златибор	-0.065	***	0.076	***	0.026	**
Косовска Митровица	-0.064	***	0.095	***	0.029	**
Приштина	-0.063	***	0.068	*	0.020	*
Призрен	-0.057	**	0.050	*	0.024	**
Драгаш	-0.083	***	0.045	*	0.007	
Пећ	-0.047	***	0.059	*	0.021	**
Бр. станица са поз./нег. трендом	1/30		31/0		30/1	

\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)

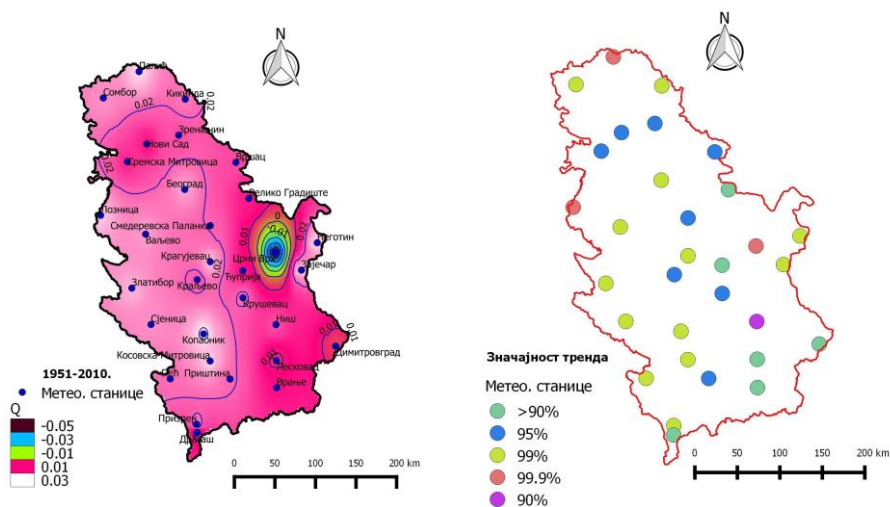




Карта 24. Просторна дистрибуција тренда средње летње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 25. Просторна дистрибуција тренда средње летње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



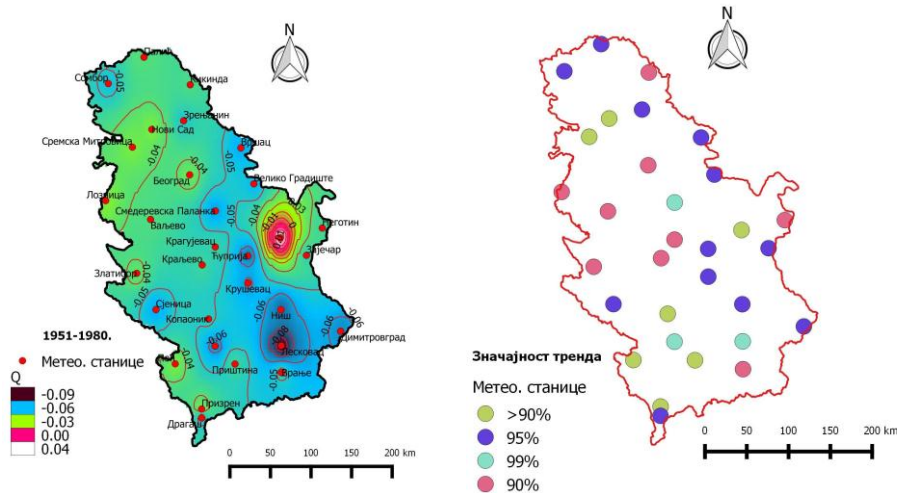
Карта 26. Просторна дистрибуција тренда средње летње температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



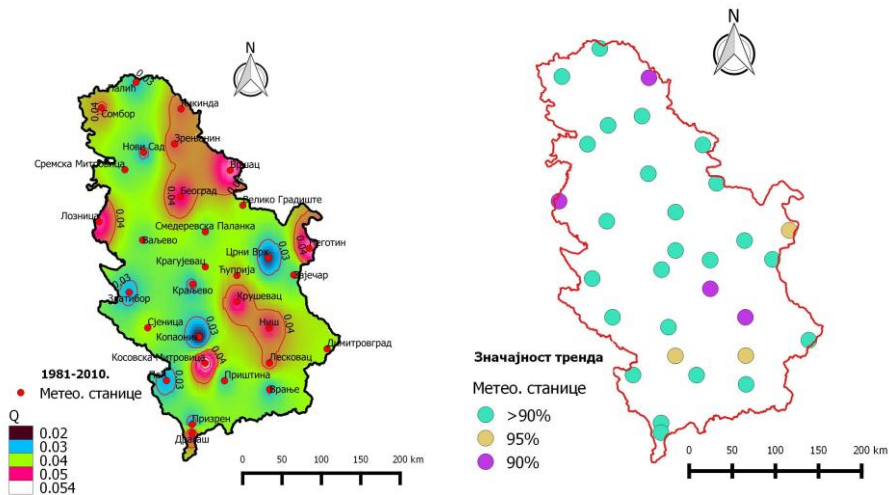
Табела 5. Тренд средње јесење температуре ваздуха на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	-0.042	+	0.042	+	0.000	
Нови Сад	-0.033		0.029		0.000	
Палић	-0.040	*	0.030		0.002	
Сомбор	-0.052	*	0.040		0.000	
Сремска Митровица	-0.033		0.033		0.004	
Вршац	-0.058	*	0.050		-0.004	
Зрењанин	-0.050	*	0.042		0.001	
Београд	-0.036	+	0.046		0.005	
Црни Врх	0.036		0.021		-0.060	***
Ђуприја	-0.067	*	0.039		-0.008	
Димитровград	-0.063	*	0.037		-0.010	
Кобаоник	-0.048		0.019		0.005	
Крагујевац	-0.046	+	0.036		0.002	
Крушевац	-0.061	*	0.047	+	-0.002	
Краљево	-0.044	+	0.029		-0.003	
Лесковац	-0.087	**	0.042	*	-0.014	
Лозница	-0.031	+	0.048	+	0.008	
Неготин	-0.044	+	0.050	*	0.003	
Ниш	-0.069	*	0.044	+	-0.003	
Сјеница	-0.058	*	0.037		0.000	
Смедеревска Паланка	-0.060	**	0.033		-0.002	
Ваљево	-0.041	+	0.033		0.004	
Велико Градиште	-0.056	*	0.036		-0.007	
Врање	-0.048	+	0.030		-0.009	
Зајечар	-0.047	*	0.032		-0.004	
Златибор	-0.038	+	0.028		0.000	
Косовска Митровица	-0.064	**	0.054	*	0.000	
Приштина	-0.044		0.031		-0.001	
Призрен	-0.031		0.025		0.004	
Драгаш	-0.054	*	0.047		-0.010	
Пећ	-0.033		0.027		0.002	
Бр. станица са поз./нег. трендом	1/30		31/0		17/14	

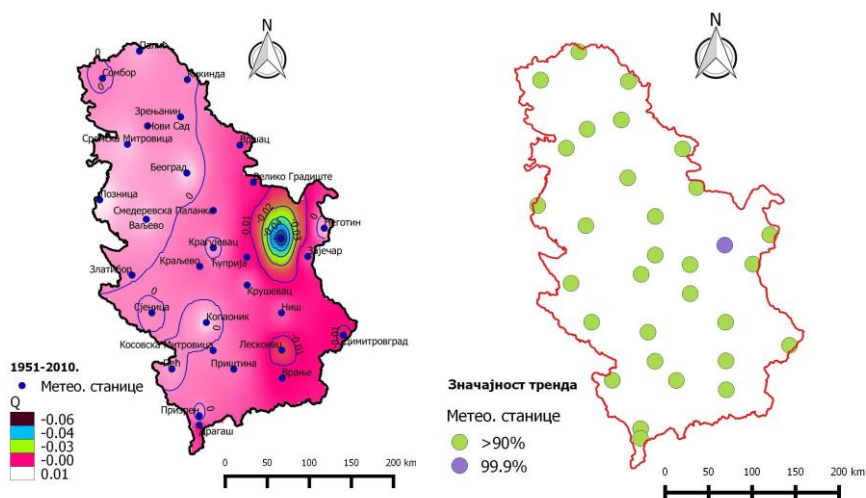
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 27. Просторна дистрибуција тренда средње јесење температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



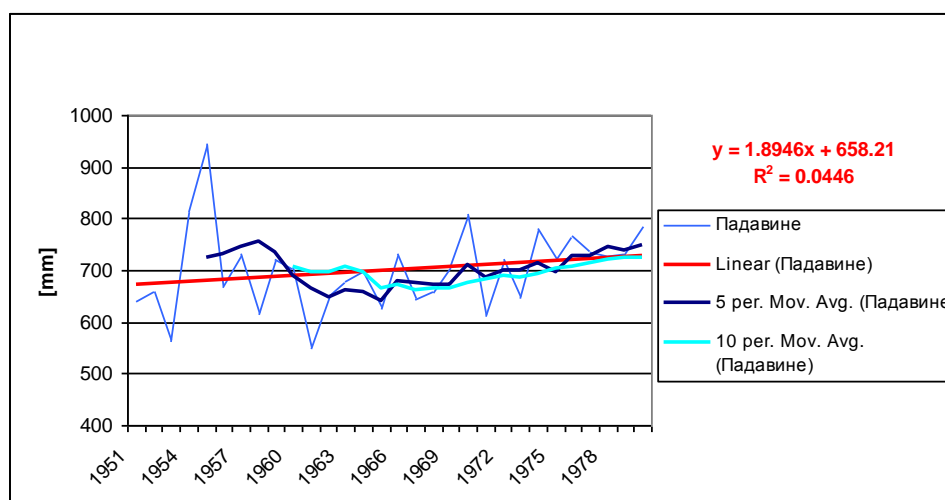
Карта 28. Просторна дистрибуција тренда средње јесење температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 29. Просторна дистрибуција тренда средње јесење температуре ваздуха према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

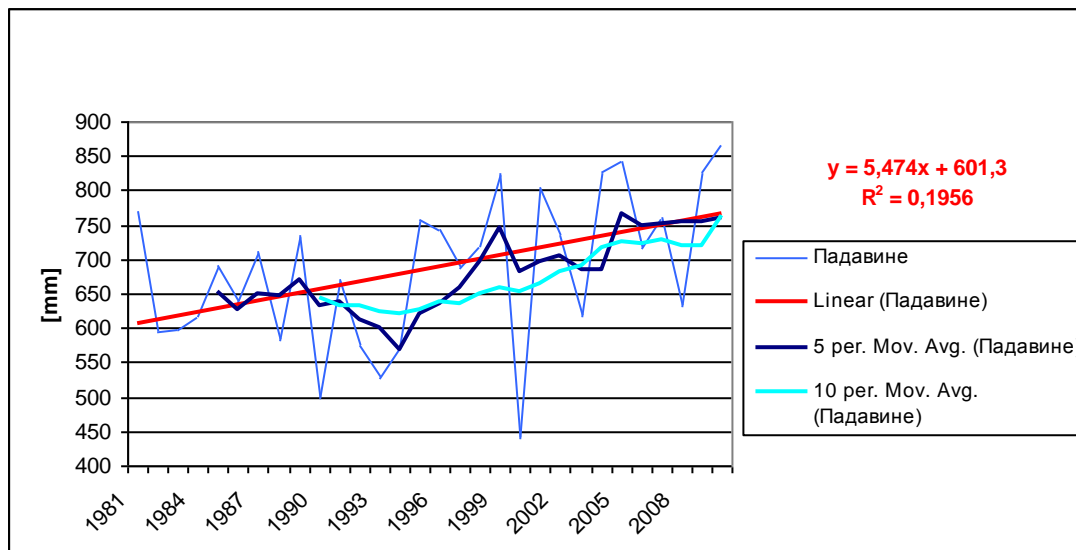
### 8.3.2. Суме падавина

Посматрајући први 30-годишњи период осматрања (1951-1980), линеарни тренд (графикон 13) годишњих сума падавина на простору Србије има узлазни карактер и расте по стопи од 18,9 mm по декади (сигнификантан на  $p = 0,20$ ). 5-годишњи и 10-годишњи клизни средњаци не указују на нагле варијације у количини падавина у посматраном 30-годишњем нестандардном климатском периоду, већ на благи тренд пораста који почиње с краја 1960-их година.



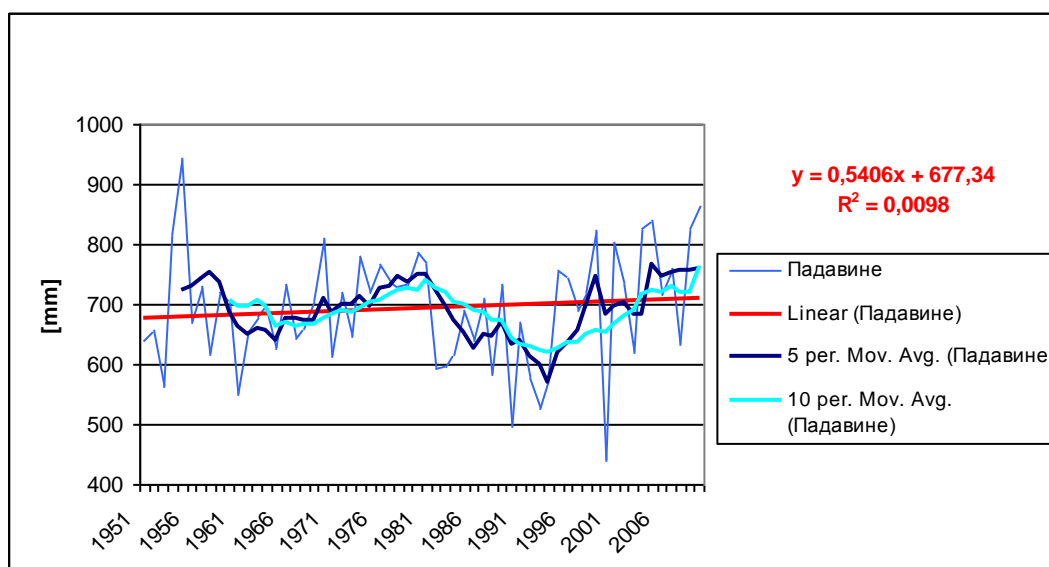
Графикон 13. Линеарни тренд средњих вредности сума падавина са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњацама за период 1951-1980.

Ако се посматра други нестандардни 30-годишњи климатски субпериод (1981-2010) (графикон 14), линеарни тренд методом најмањих квадрата је позитиван и указује на највећу стопу пораста укупних падавина од 54,7 mm по декади (сигнификантан на  $p = 0,02$ ). Клизни средњаци оба ступња за исти период осматрања указују на тренд пораста падавина који почиње почетком 21. века.



Графикон 14. Линеарни тренд средњих вредности сума падавина са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњацама за период 1981-2010.

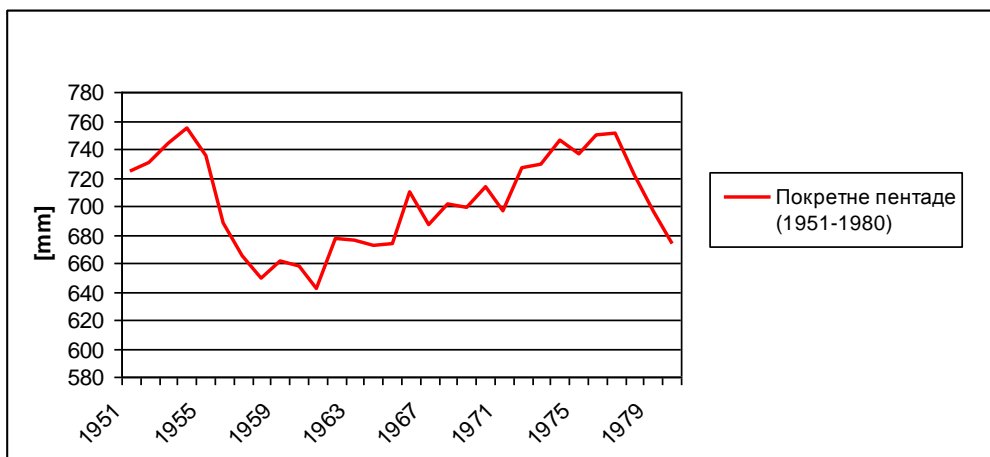
У случају да се посматра цео 60-годишњи период (1951-2010), линеарни тренд годишњих сума падавина за простор Србије показује узлазни карактер и расте по стопи од 5,4 mm по декади (сигнификантно на  $p = 0,5$ ) (графикон 15). На основу 5-годишњих и 10-годишњих клизних средњака могу се издвојити периоди повећања, тј. смањења количине падавина. Посматрајући цео низ, уочава се да благи тренд повећања почиње крајем 1960-их и траје све до краја 1980-их, када наступа нагли пад. Период најмањих количина падавина наступа почетком 1990-их и траје све до 2000-их, када наступа улазак у влажнији период.



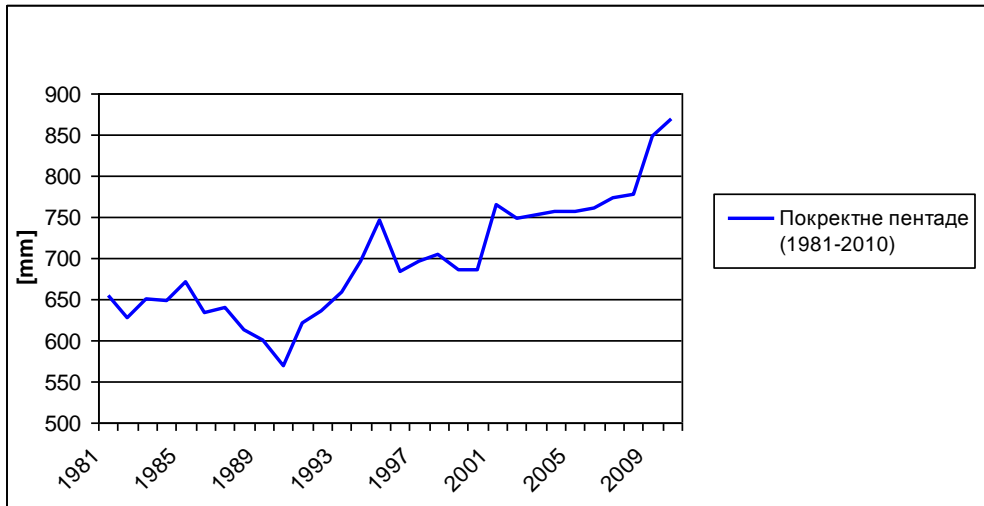
Графикон 15. Линеарни тренд средњих вредности сума падавина са 5-годишњим и 10-годишњим клизним средњацама за период 1951-2010.

Ако се први 30-годишњи климатски субпериод (1951-1980) посматра као покретне пентадне вредности (графикон 16), уочава се да је највлажнија пентада била 1951-1955. са просечно 737,6 mm падавина, док је најсувља пентада била следећа, 1956-1960., са просечно 663,9 mm падавина. У случају да се посматра други 30-годишњи период (1981-2010) као покретне пентадне вредности (графикон 17), издваја се пентада 1986-1990. као најсувља са просечно 610,9 mm падавина, док је највлажнија пентада била последња у низу, 2006-2010., са просечно 804,9 mm падавина. Ако би се посматрао цео 60-годишњи климатски период (1951-2010) као покретне пентадне вредности (графикон 18), јасно је да је пентада 1987-1991. најсиромашнија падавинама, у просеку 608,5 mm падавина, док је пентада 2007-2011. најбогатија падавинама, просечно 815,8 mm падавина.

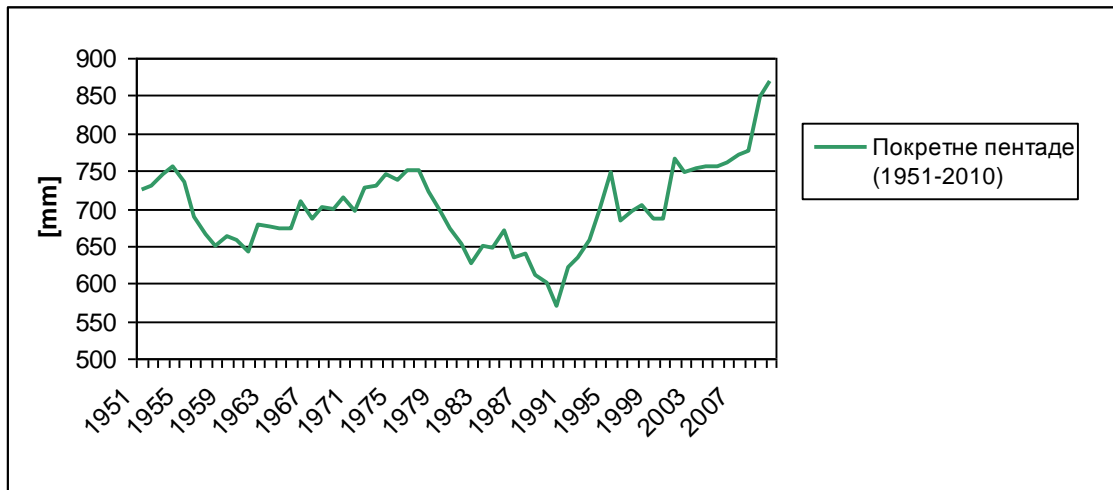
У случају да се посматрају покретне декадне вредности за први 30-годишњи климатски субпериод (1951-1980) (графикон 19), уочава се да је декада са највећом количином падавина била 1971-1980. са просечно 703,5 mm падавина, док је декада са најмањом количином падавина била 1951-1960. са просечно 683,4 mm падавина. У другом 30-годишњем периоду осматрања (1981-2010), најактивнија је била последња декада (2001-2010) са просечно 786,4 mm падавина, док је декада са најмањом количином падавина била 1981-1990. са просечно 635,9 mm падавина (графикон 20). Графикон 21 приказује покретне декадне вредности за цео 60-годишњи климатски период (1951-2010).



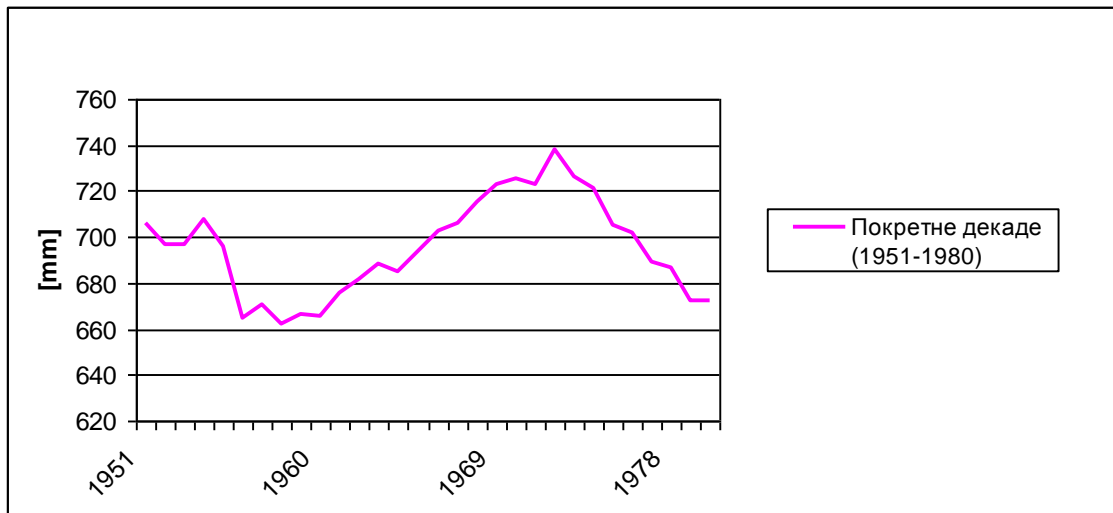
Графикон 16. Покретне пентадне вредности за период 1951-1980.



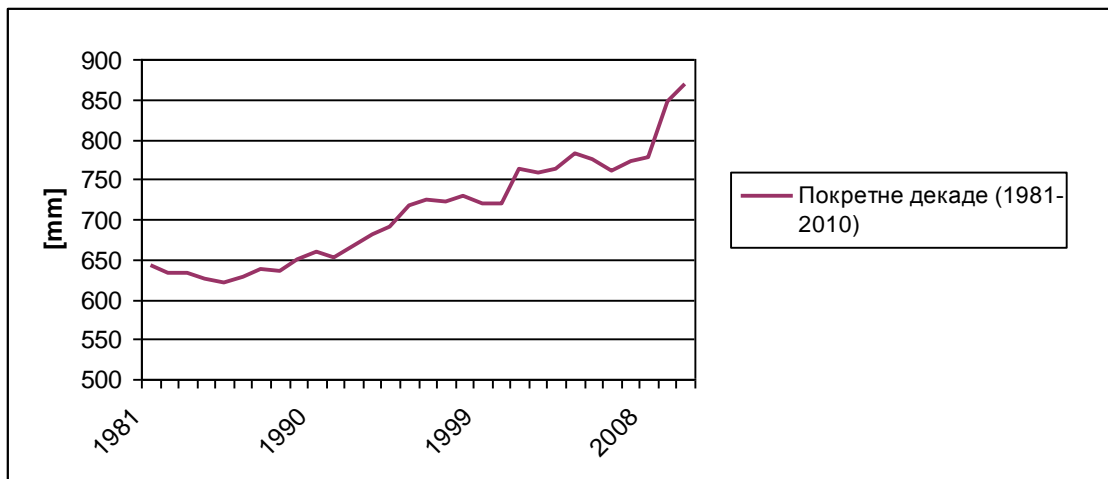
Графикон 17. Покретне пентадне вредности за период 1981-2010.



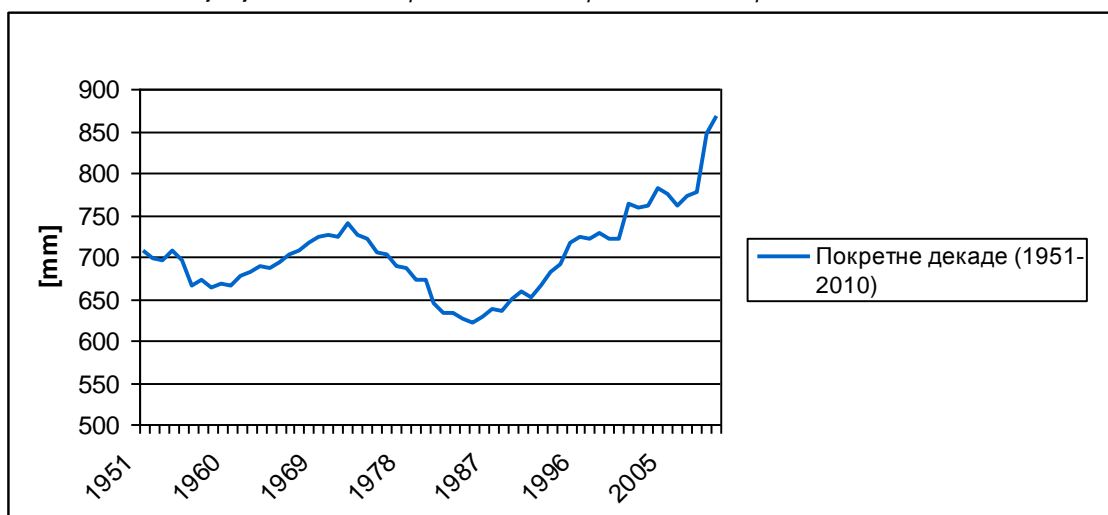
Графикон 18. Покретне пентадне вредности за период 1951-2010.



Графикон 19. Покретне декадне вредности за период 1951-1980.



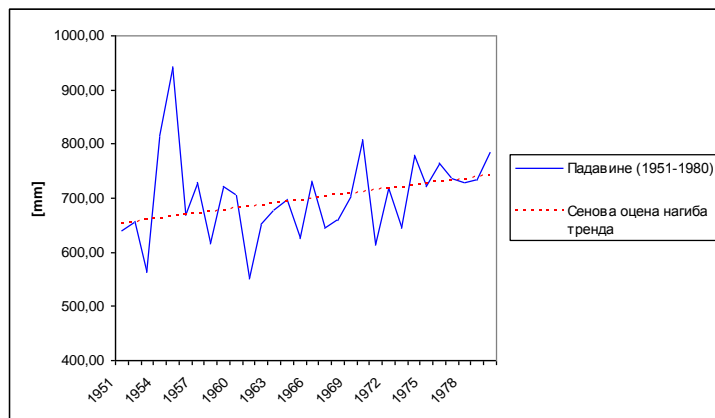
Графикон 20. Покретне декадне вредности за период 1981-2010.



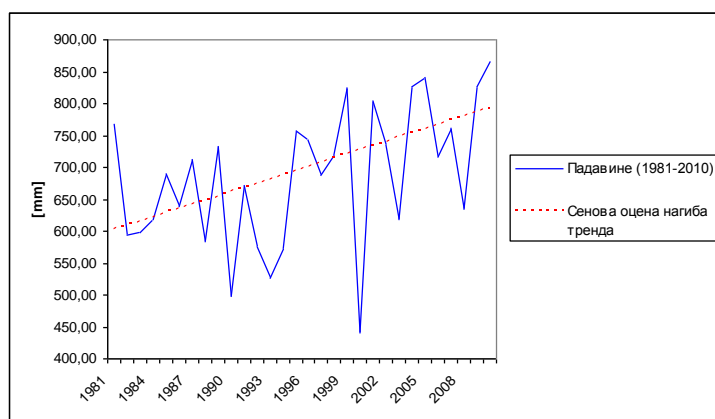
Графикон 21. Покретне декадне вредности за период 1951-2010.

Ман Кендалов тренд тест за први период (1951-1980) је показао позитивне вредности ( $Z= 2,00$ ) на нивоу значајности од  $\alpha = 0.05$ . Графикон 22 показује овај тренд и Сенову оцену нагиба тренда. У случају да се посматра други нестандардни климатски субпериод (1981-2010), вредности тренда су позитивне ( $Z= 2,57$ ) и сигнификантне на  $\alpha = 0.05$ . Графикон 23 показује овај тренд и Сенову оцену нагиба тренда. Графикон 24 показује тренд и Сенову оцену нагиба тренда за период 1951-2010.

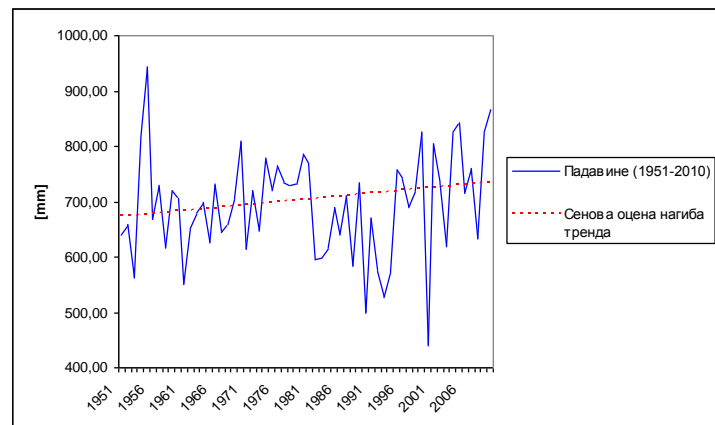




Графикон 22. Ман-Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1951-1980.



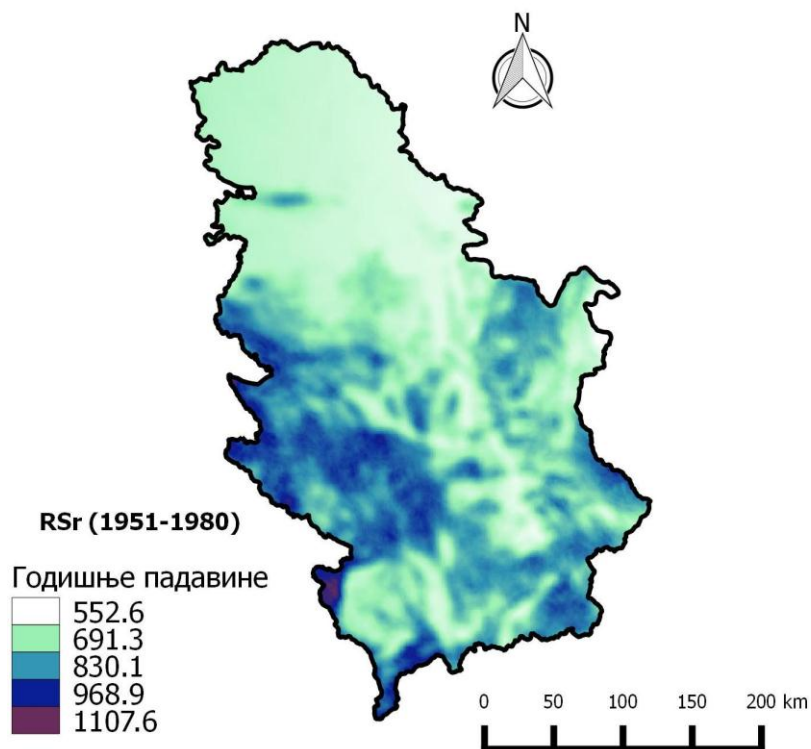
Графикон 23. Ман-Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1981-2010.



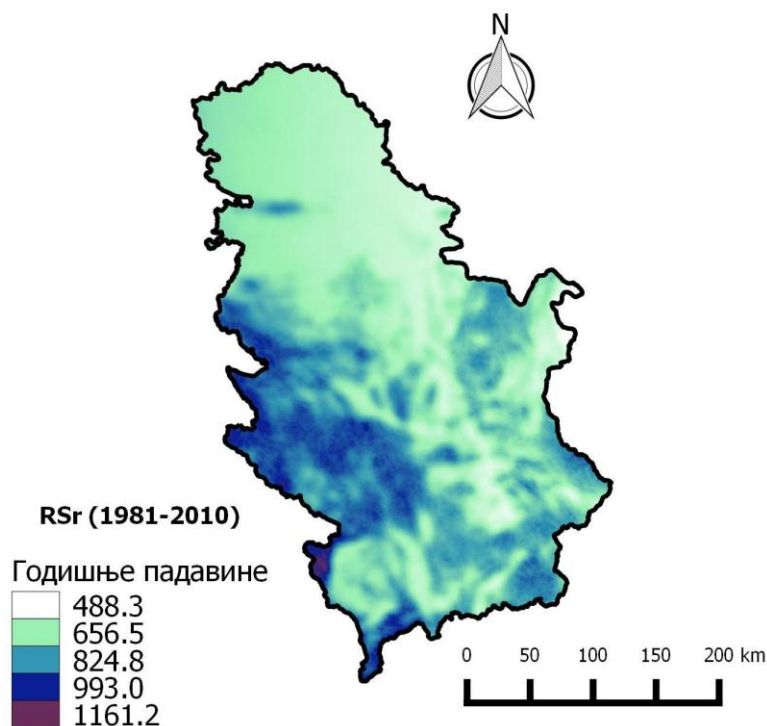
Графикон 24. Ман-Кендалов тест значајности тренда и Сенова оцена нагиба тренда за период 1951-2010.

Карте 30-31 приказују како су просечне годишње падавине просторно дистрибуиране над Србијом у два 30-годишња климатска периода: 1951-1980. и 1981-2010. Визуелно посматрајући карту, уочава се велико варирање падавина ако се иде од севера ка југу. На обе карте се може издвојити југозападна и западна област Србије која прима

максималне количине падавина (око 830,1-968,9 mm у првом, тј. око 824,8-993 mm у другом климатском периоду) (плаво-зелена и тамноплава боја). Максимум падавина, на обе карте, означен је нијансом љубичасте боје-област Проклетија (1107,6-1161,2 mm). Генерално, просторно посматрано, падавине опадају идући ка североистоку земље, где су забележене и минималне вредности.

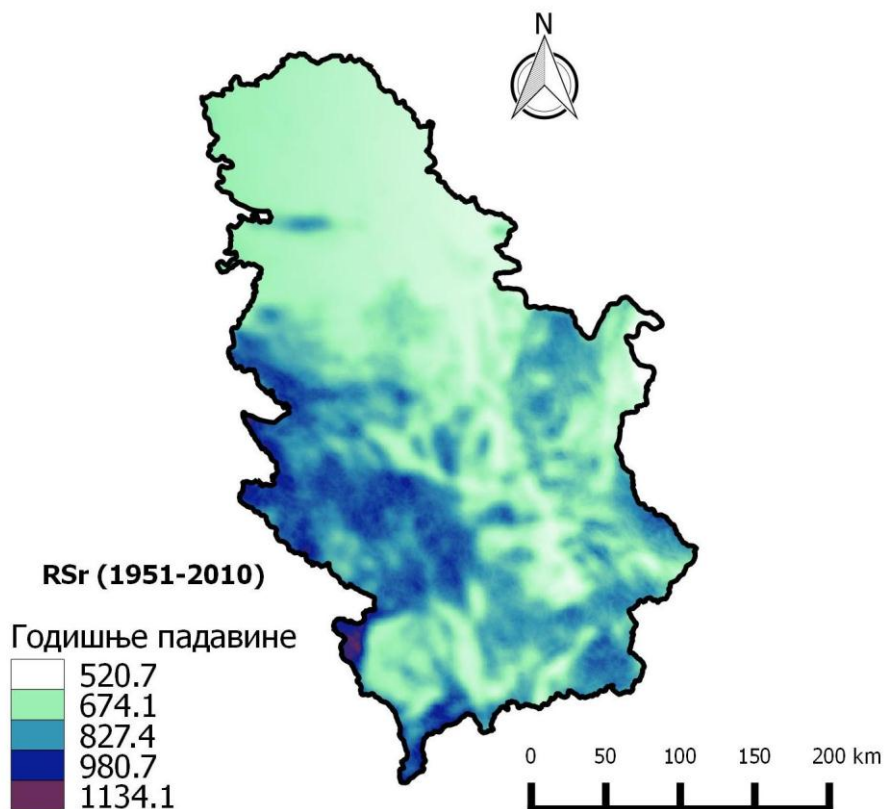


Карта 30. Средње годишње суме падавина за период 1951-1980.



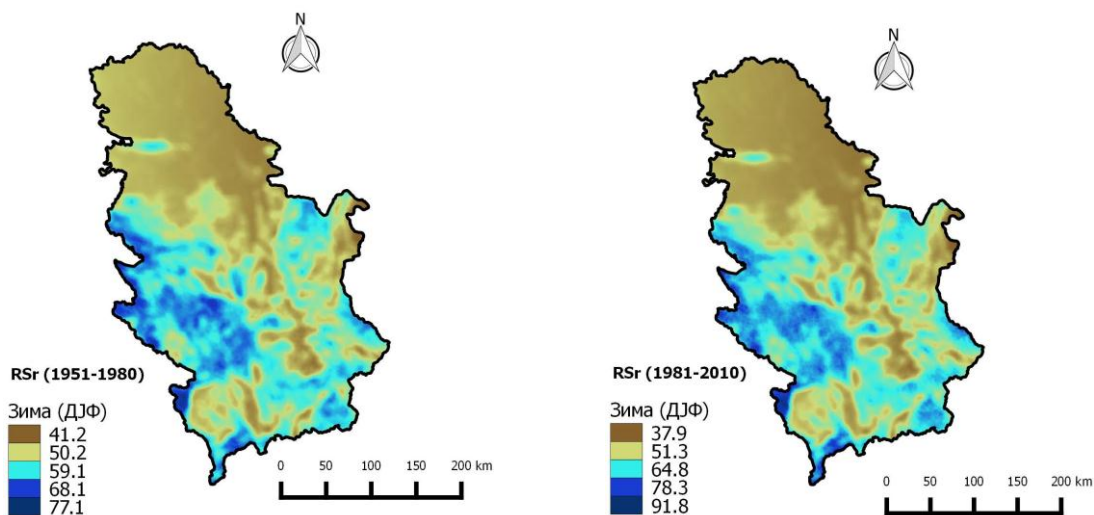
Карта 31. Средње годишње суме падавина за период 1981-2010.

Падавине достижу свој минимум (552,6 mm у првом, тј. 488,3 mm у другом периоду) (бела боја) у следећим областима: Неготинска крајина, Банат (посебно југоисточни део), долине Велике и Јужне Мораве, Косовска и Пиротска котлина. Промене у просторној дистрибуцији падавина између ова два 30-годишња климатска субпериода визуелно су уочљиве на картама 30 и 31, а квантитативно верификоване посматрајући скалу боја која указује на опсеге просторно дистрибуисаних падавина. Закључак је да у Србији постоји истакнут климатски диверзитет који означава ове евидентне унутар-регионалне варијације у просторној дистрибуцији падавина (апсолутна разлика износи 555 mm у првом, односно 672,9 mm у другом периоду) условљене доминантним физичко-географским факторима. Карта 32 показују просторну дистрибуцију падавина у 60-годишњем климатском периоду (1951-2010).

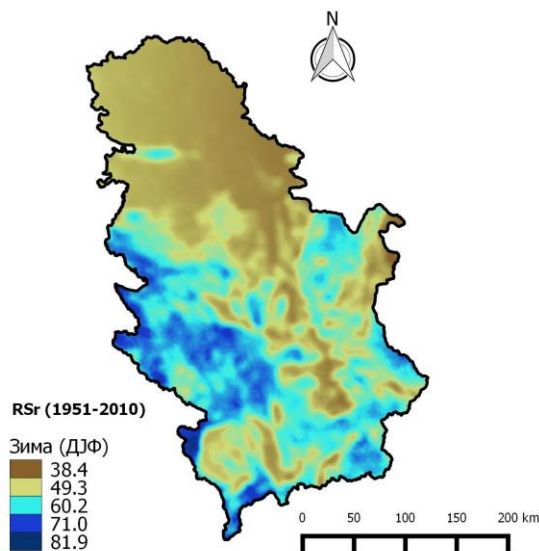


Карта 32. Средње годишње суме падавина за период 1951-2010.

Карте 33 и 34 показују просторну дистрибуцију падавина изнад Србије у зимском (ДЈФ) периоду за низове податка од 30 година (1951-1980. и 1981-2010.) и 60 година (1951-2010.). Примећује се да је највећа концентрација падавина у западним и југозападним деловима Србије (70-80 mm у просеку). Следећа област већег обима падавина је Проклетијска у северозападном делу Метохије и Шарска област на крајњем југу Косова и Метохије. Трећу област већег обима падавина (>60 mm) представљају различите области у југоисточној Србији, област око Старе планине и Карпатске планине у источној Србији.

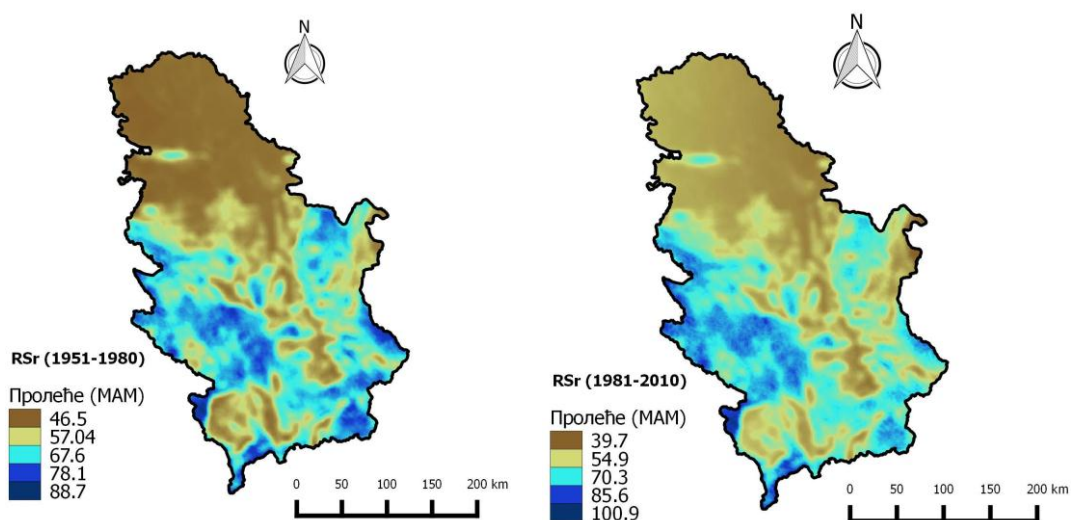


Карта 33. Просечне зимске суме падавина у периоду 1951-1980. (лево) и 1981-2010. (десно)

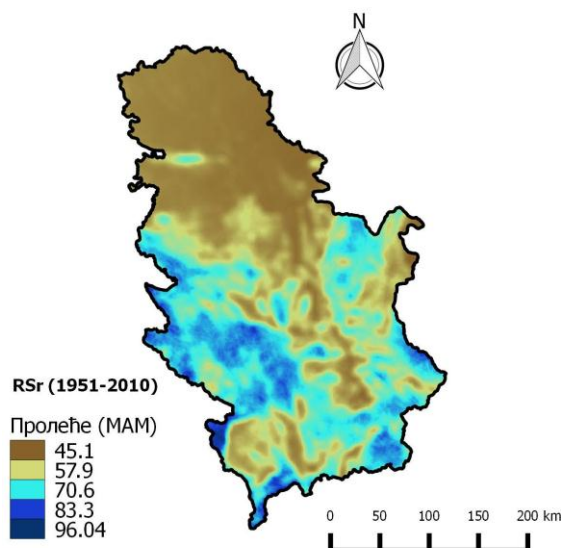


Карта 34. Просечне зимске суме падавина у периоду 1951-2010.

Карте 35 и 36 указују на просторну дистрибуцију и варијацију просечних сума падавина у пролећној (МAM) сезони за сва три посматрана низа: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Визуелно, посматрајући све три карте промене у просторној дистрибуцији су евидентне, као и у варијацији количине падавина посматрајући скалу боја. Највећи падавински обим (> 75 mm) налази се у западној и југозападној Србији, тј. јавља се на истим географским локацијама, али у различитом опсегу, као и у случају ДЈФ просечних сума падавина. Минимални обим падавина имају сличне локације и у случају МAM и ДЈФ просторне дистрибуције просечних сума падавина и креће се у просеку од око 40-50 mm.



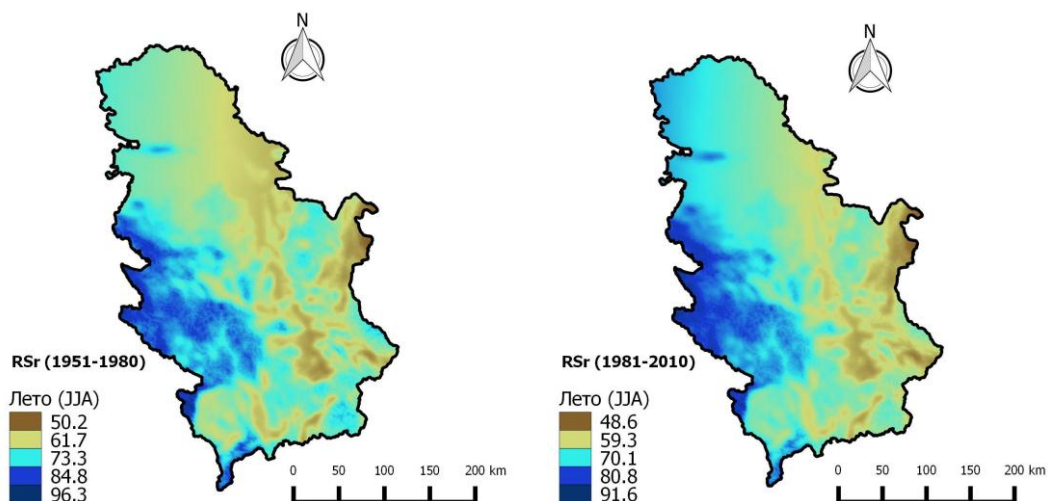
Карта 35. Просечне пролећне суме падавина у периоду 1951-1980. (лево) и 1981-2010. (десно)



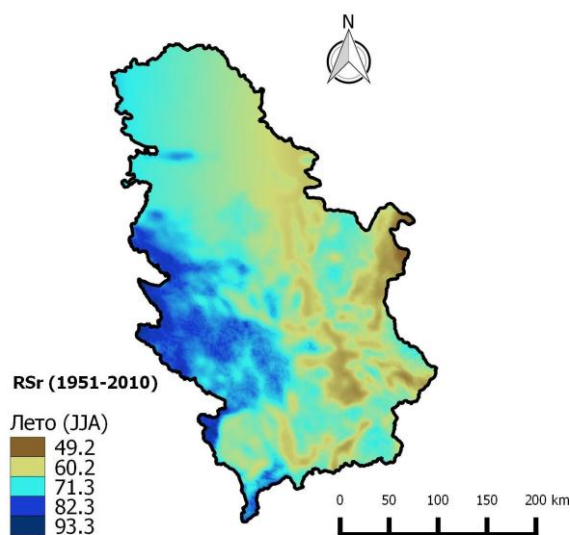
Карта 36. Просечне пролећне суме падавина у периоду 1951-2010.

Карте 37 и 38 показују просторну дистрибуцију и варијацију просечних летњих (ЈЈА) сума падавина за сва три посматрана низа (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.). Највећи удео у укупној просечној годишњој суми падавина изнад Србије управо имају ове ЈЈА падавине. Визуелно, посматрајући све три карте могу се уочити промене у просторној дистрибуцији падавина у сва три периода. Просечно, обими падавина се крећу од 50-90 mm. Област највеће концентрације падавина је западна и југозападна Србија (>80 mm падавина) и иако је на истој географској локацији као и у случајевима ДЈФ и МAM падавина, захвата просторно много већу област. Минимални обим падавина (<50 mm) добијају следећи региони: југоисточни Банат, долина Велике Мораве, Нишка и Лесковачка котлина, Пиротска котлина и Неготинска крајина.





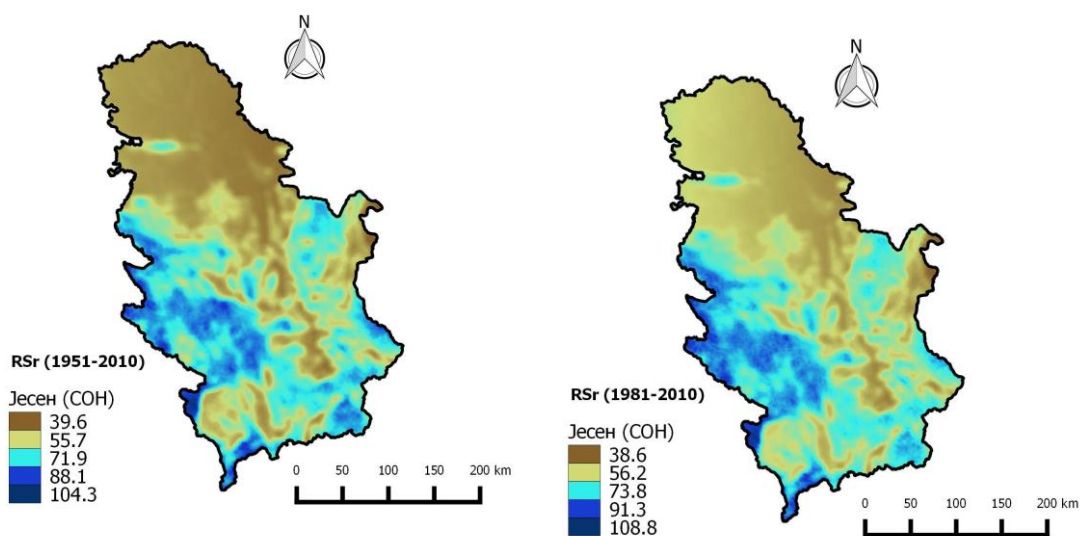
Карта 37. Просечне летње суме падавина у периоду 1951-1980. (лево) и 1981-2010. (десно)



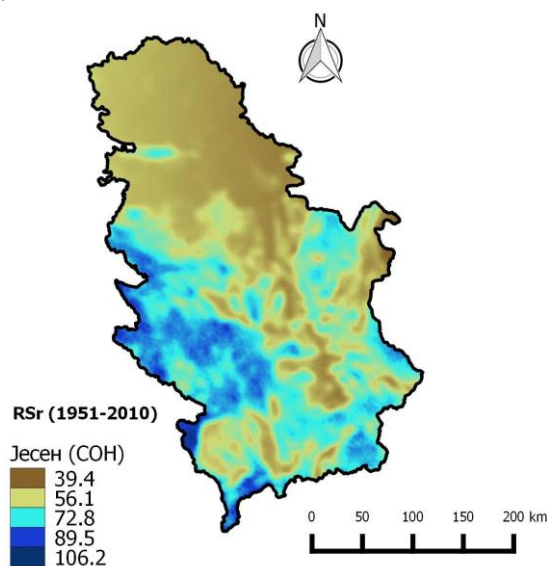
Карта 38. Просечне летње суме падавина у периоду 1951-2010.

Карте 39 и 40 показују просторну дистрибуцију средњих сума падавина током јесење сезоне (СОН) у периоду 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Визуелно, посматрајући карте 39 и 40, могу се уочити промене у просторној дистрибуцији и варијацији просечних сума падавина у сва три низа. У климатском погледу, ово је сезона која је одмах после летње (ЈЈА), највлажнија сезона у години по сумама падавина. Супротно од свих претходно дискутованих сезона (ДЈФ, МАМ, ЈЈА), може се рећи да је област највеће концентрације падавина на истој географској локацији (западна и југозападна Србија), под највишим максимумом од 80-90 mm падавина. Заправо, у овој сезони се јављају и највеће количине падавина у поменутој области. Док су, с друге стране, најнижи минимуми падавина слични онима у зимској (ДЈФ) сезони (у просеку испод 40 mm падавина), а лоцирани у сличним областима као код ДЈФ и МАМ падавина.





Карта 39. Просечне јесење суме падавина у периоду 1951-1980. (лево) и 1981-2010. (десно)



Карта 40. Просечне јесење суме падавина у периоду 1951-2010.

Дакле, други најважнији климатски елемент и посматрана варијабла, падавине, према Walterschied (2009), зависе од географске ширине, правца пружања планинских венаца и топографије. Може се несумњиво рећи да су ти фактори које наводи поменути аутор били доминантни и у обликовању просторне дистрибуције и варијације падавина на простору Србије. Главни планински Динарски систем, који има правац пружања северозапад-југоисток, има не само важну улогу у просторној дистрибуцији падавина, већ и температуре. Такође, овај планински систем утиче и на општу циркулацију атмосфере на целом полуострву, тј. на ваздушне масе које долазе у склопу јужног и југозападног струјања. Управо, југозапно струјање је најдоминантније у летњој (ЈЈ) сезони, када се и излучи највећа количина падавина на највећем броју станица у Србији. На просторну варијабилност падавина у Србији у

посматраном периоду, дакле, поред топографије, надморске висине и правца пружања планинских венаца, утичу и опште синоптичке шеме изнад Србије у све четири посматране сезоне: ДЈФ, МАМ, ЈЈА и СОН.

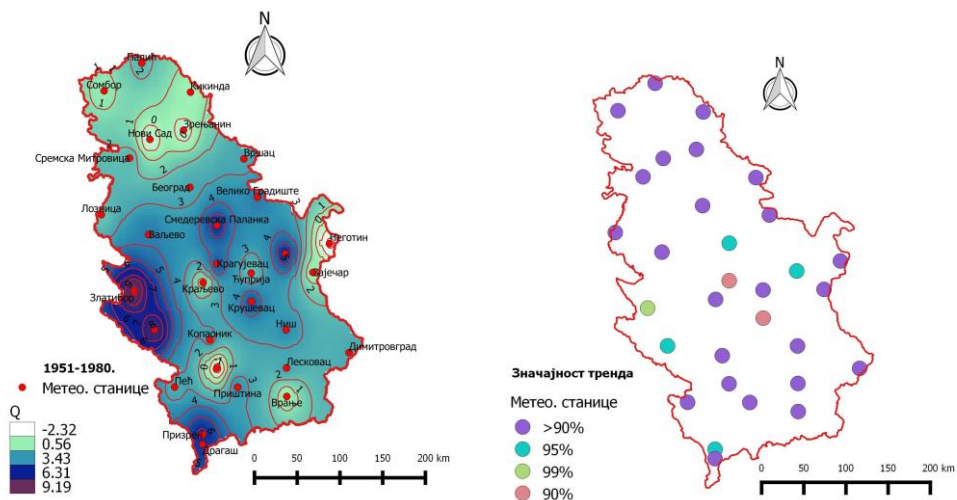
Тренд средњих годишњих сума падавина у Србији статистички је значајан и на већини станица позитиван у периоду 1951-1980. (табела 6). 4 станице од укупно 31 показује статистички сигнификантне (на  $\alpha > 0.1$ ) негативне вредности тренда: Нови Сад, Зрењанин, Неготин и Косовска Митровица. Станица Неготин има статистички значајну највећу тенденцију пада од укупно -23,24 mm по декади. Статистички сигнификантну (на  $\alpha = 0.01$ ) највећу тенденцију пораста тренда средњих годишњих сума падавина има станица Златибор са укупно 91,9 mm по декади. Просторно гледано, тренд има тенденцију пораста идући ка југозападу, западу и крајњем југу Косова и Метохије (карта 41). У другом 30-годишњем климатском субпериоду 1981-2010. (табела 6) јавља се статистички значајан позитиван тренд средњих годишњих сума падавина на свим метеоролошким станицама укљученим у анализу. Највећу тенденцију пораста тренда средњих годишњих сума падавина има станица Црни Врх од укупно 117,8 mm по декади (статистички сигнификантну на  $\alpha = 0.01$ ). Просторна дистрибуција и варијација овог тренда најбоље је приказана на карти 42. У случају да се посматра цео 60-годишњи период (1951-2010) (табела 6), запажа се позитиван статистички значајан тренд на укупно 22 од 31 метеоролошке станице укључене у анализу. Просторно посматрано (карта 43), види се да тренд има тенденцију пораста у крајњим западним и југозападним деловима уже Србије, као и у јужним деловима Косова и Метохије. Апсолутно највећу и статистички сигнификантну тендецију пораста (на  $\alpha = 0.001$ ) има станица Златибор са укупно 410,0 mm по декади. Најнижа тендеција пада тренда средњих годишњих сума падавина статистички значајна на  $\alpha = 0.1$  забележена је на станици Неготин од укупно -150,7 mm по декади. Визуелна репрезентација овог тренда приказана је на карти 43.

У циљу детаљније анализе просторне дистрибуције тренда на станицама укљученим у анализу према Сеновој оцени нагиба тренда и његове значајности према Z-статистику за оба 30-годишња и 60-годишњи период осматрања, потребно је извршити анализу овог тренда на сезонском нивоу, тј. у следећим сезонама: зима (ДЈФ), пролеће (МАМ), лето (ЈЈА) и јесен (СОН).

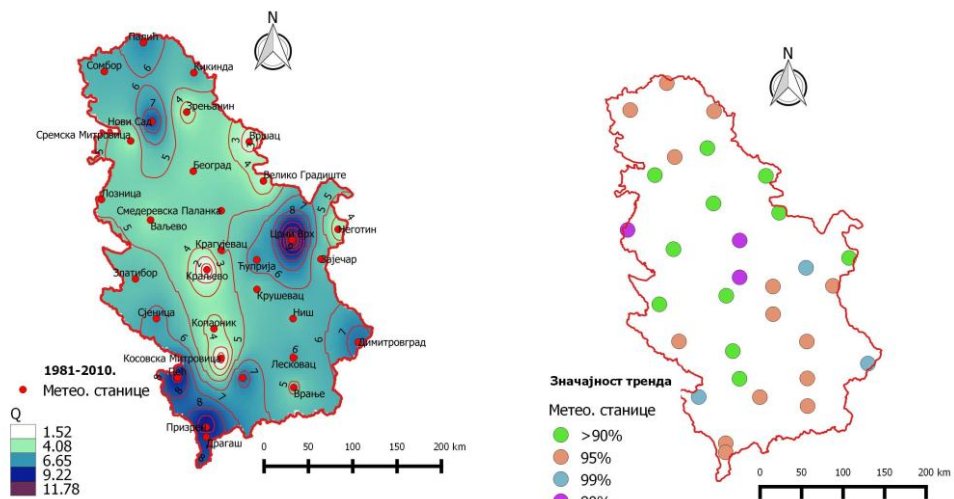
**Табела 6.** Тренд средње годишње суме падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.160		5.793	*	0.033	
Нови Сад	-0.817		7.985	*	1.748	
Палић	2.283		6.767	*	1.778	*
Сомбор	0.575		5.856	*	0.874	
Сремска Митровица	2.333		4.000		-0.043	
Вршац	2.756		2.489		-0.127	
Зрењанин	-0.556		3.483		0.346	
Београд	2.755		4.523		0.453	
Црни Врх	5.967	*	11.784	**	0.914	
Ђуприја	1.907		6.645	*	0.926	
Димитровград	2.729		7.396	**	0.367	
Копаоник	3.205		3.556		2.141	*
Крагујевац	4.872	+	5.106	+	0.319	
Крушевац	5.025	+	5.143	*	0.623	
Краљево	0.544		1.518		-0.367	
Лесковац	2.874		6.025	*	1.401	
Лозница	1.966		4.930	+	2.600	*
Неготин	-2.324		3.536		-1.507	+
Ниш	3.575		5.445	*	0.642	
Сјеница	8.050	*	6.308	*	2.523	*
Смедеревска Паланка	5.858	*	4.982	+	0.879	
Ваљево	3.982		4.230		0.553	
Велико Градиште	4.040		3.307		-0.410	
Врање	0.125		4.900	*	-0.967	
Зајечар	0.471		5.391	*	-0.709	
Златибор	9.193	**	5.456		4.100	***
Косовска Митровица	-1.572		1.623		-0.884	
Приштина	3.350		7.467	*	2.021	+
Призрен	6.330	*	9.760	*	2.174	+
Драгаш	5.696		8.428	*	1.842	
Пећ	2.679		9.210	**	-0.779	
Бр. станица са поз./нег. трендом	27/4		31/0		22/9	

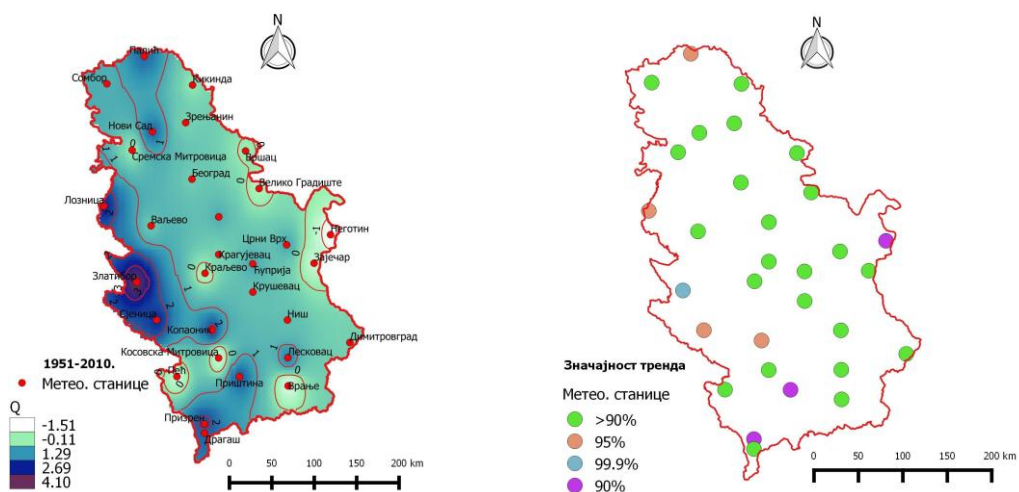
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 41. Просторна дистрибуција тренда средњих годишњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 42. Просторна дистрибуција тренда средњих годишњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 43. Просторна дистрибуција тренда средњих годишњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

У табели 7 су дате вредности тренда средњих зимских (ДЈФ) сума падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Укупан број станица са позитивним, тј. негативним трендом према Сеновој оцени нагиба тренда, у сва три периода, има следећи однос: 5/26, 30/1 и 13/18, респективно. У првом периоду, највећу тенденцију пораста тренда средњих зимских сума падавина има станица Златибор са укупно 22,2 mm по декади (сигнификантну на  $\alpha=0.05$ ). Док највећу тенденцију пада тренда сума падавина има станица Пећ од укупно -28,7 mm по декади (значајну на  $\alpha=0.1$ ). У другом посматраном периоду, на скоро свим станицама је забележен позитиван тренд. Једино је на станици Косовска Митровица забележен благи тренд у паду средњих зимских сума падавина од укупно -1,9 mm по декади (значајан на  $\alpha>0.1$ ). Ако се посматра цео 60-годишњи период, просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући ка западу, југозападу и југу Косова и Метохије. Апсолутно највећу тенденцију пораста тренда средњих зимских сума падавина има станица Златибор од 10,5 mm по декади (на  $\alpha=0.05$ ), док највећи пад тренда бележи станица Пећ од -13,9 mm по декади (на  $\alpha=0.05$ ). На картама 44, 45 и 46 је приказана просторна дистрибуција и значајност посматраног тренда средњих зимских сума падавина.

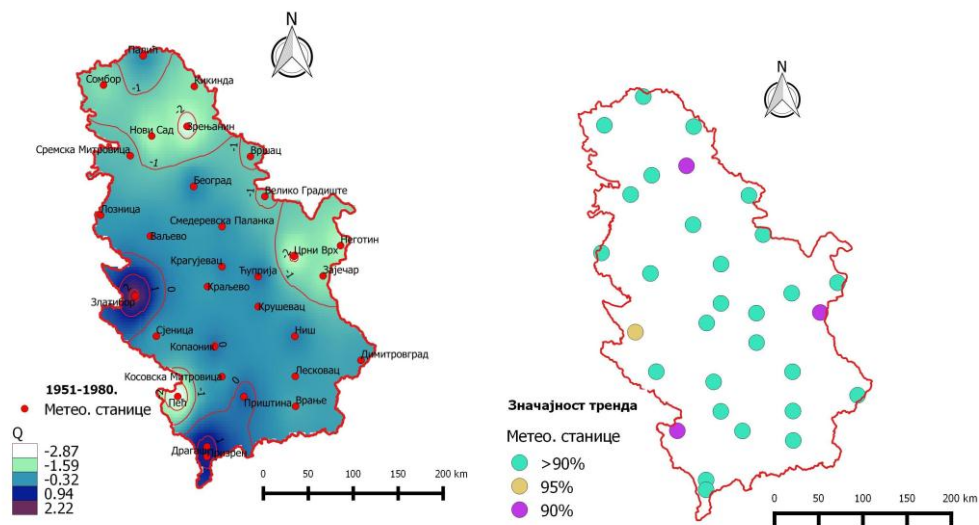
С друге стране, ако се посматра тренд просечних вредности пролећних (МAM) сума падавина (табела 8) у сва три периода (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), на већини станица се бележи статистички сигнификантан позитиван тренд, са следећим односима: 21/10, 21/10, 11/20 у првом, другом и целом периоду, респективно. У првом периоду (1951-1980) станица Косовска Митровица бележи апсолутно највећи пад у тренду средњих пролећних сума падавина од укупно -15,9 mm по декади (значајну на  $\alpha>0.1$ ). Просторно посматрано, тренд има тенденцију пада у деловима Срема, Бачке и Баната. Станица Златибор бележи највећу тенденцију пораста тренда средњих пролећних сума падавина од +17,7 mm по декади. У другом посматраном периоду (1981-2010), на већини метеоролошких станица укључених у анализу бележи се статистички сигнификантан позитиван тренд. Станица на којој се бележи највећа статистички сигнификантна (на  $\alpha=0.01$ ) тенденција пораста тренда просечних пролећних сума падавина је Драгаш (33,5 mm по декади). У целом 60-годишњем низу података (1951-2010), на станици Неготин је забележен највећи пад у тренду сума падавина од укупно -13,2 mm по декади (на  $\alpha=0.001$ ). Просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући ка западу и југозападу земље. Највећу тенденцију пораста има станица Копаоник од 9,4 mm по декади (сигнификантно на  $\alpha>0.1$ ). На картама 47, 48 и 49 је приказана просторна дистрибуција и значајност овог тренда.

Табела 7. Тренд средње зимске суме падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

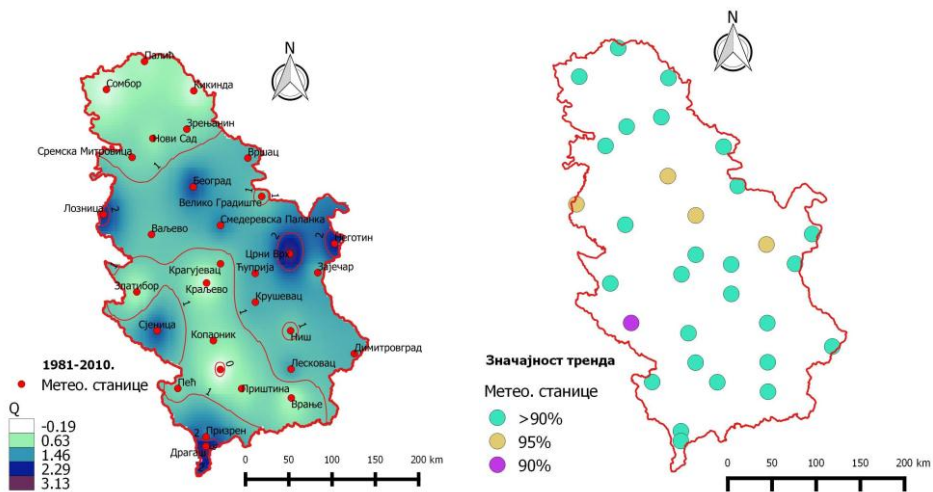
Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	-1.456		0.188		-0.484	
Нови Сад	-1.876		0.644		-0.133	
Палић	-0.291		0.463		-0.098	
Сомбор	-1.360		0.094		-0.288	
Сремска Митровица	-0.810		0.862		-0.594	
Вршац	-1.069		1.179		-0.188	
Зрењанин	-2.476	+	0.789		-0.348	
Београд	-0.117		1.977	*	0.028	
Црни Врх	-2.073		2.778	*	-0.160	
Ђуприја	-0.015		1.294		0.279	
Димитровград	-0.500		1.220		0.080	
Копаоник	0.023		0.685		0.871	+
Крагујевац	-0.164		0.825		-0.111	
Крушевац	-0.250		1.238		0.044	
Краљево	-0.430		0.125		-0.509	
Лесковац	-0.427		1.333		0.401	
Лозница	-0.365		2.150	*	0.286	
Неготин	-2.000		2.274		-0.419	
Ниш	-0.100		0.941		-0.145	
Сјеница	-0.450		1.933	+	0.609	
Смедеревска Паланка	-0.308		1.600	*	0.181	
Ваљево	-0.254		1.010		-0.252	
Велико Градиште	-1.080		0.927		-0.460	
Врање	-0.625		0.400		-0.324	
Зајечар	-1.560	+	1.188		-0.348	
Златибор	2.223	*	0.471		1.050	*
Косовска Митровица	-0.400		-0.196		-0.604	
Приштина	0.246		0.583		0.499	
Призрен	1.200		1.380		0.322	
Драгаш	1.211		3.127		0.983	+
Пећ	-2.871	+	0.879		-1.386	*
Бр. станица са поз./нег. трендом	5/26		30/1		13/18	

\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)

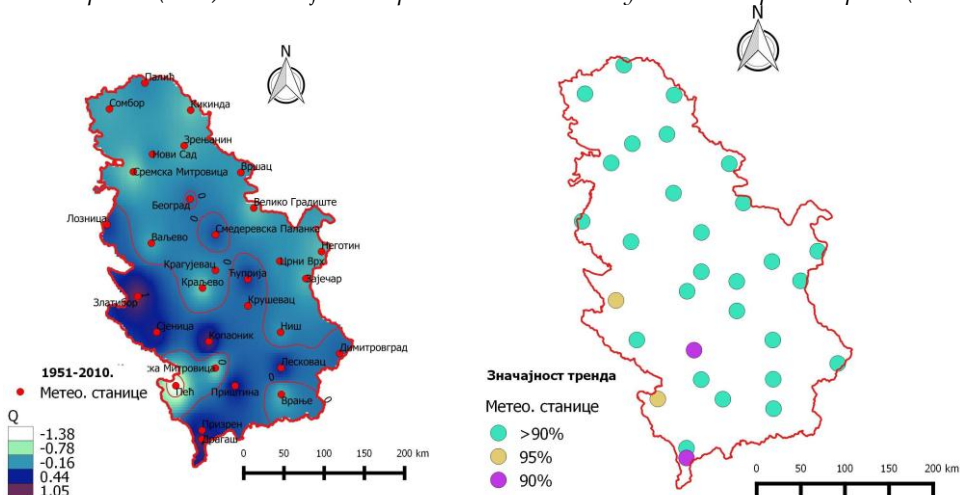




Карта 44. Просторна дистрибуција тренда средњих зимских сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 45. Просторна дистрибуција тренда средњих зимских сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



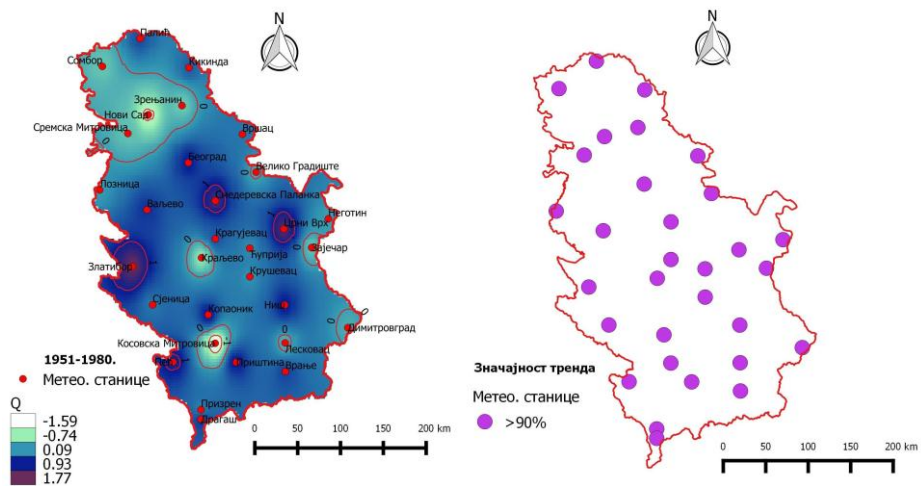
Карта 46. Просторна дистрибуција тренда средњих зимских сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



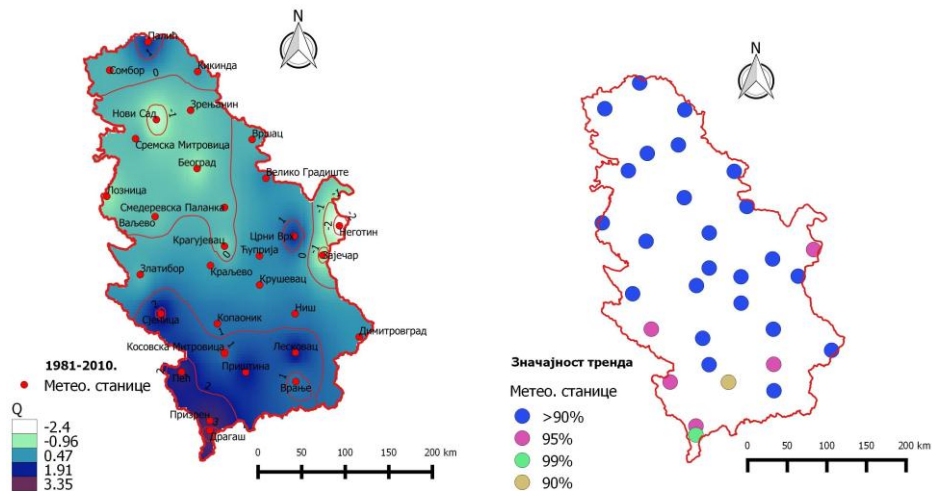
Табела 8. Тренд средње пролећне суме падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.471		0.271		-0.099	
Нови Сад	-1.140		-1.560		-0.026	
Палић	0.583		1.579		0.298	
Сомбор	-0.344		0.000		-0.193	
Сремска Митровица	-0.308		-0.079		-0.300	
Вршац	0.311		0.006		-0.079	
Зрењанин	-0.400		-0.470		-0.429	
Београд	0.952		-0.953		-0.421	
Црни Врх	1.550		1.660		-0.551	
Ђуприја	0.167		0.595		-0.131	
Димитровград	-0.120		0.480		-0.480	
Копаоник	0.965		0.895		0.942	
Крагујевац	0.577		-0.506		-0.400	
Крушевац	0.109		0.514		-0.683	
Краљево	-0.705		0.400		-0.501	
Лесковац	-0.165		2.000	*	0.091	
Лозница	0.050		-0.875		0.224	
Неготин	0.000		-2.400	*	-1.315	***
Ниш	1.019		0.840		0.051	
Сјеница	0.308		2.094	*	0.452	
Смедеревска Паланка	1.453		-0.200		-0.371	
Ваљево	0.794		-0.293		-0.157	
Велико Градиште	-0.080		0.609		-0.510	
Врање	0.683		0.833		-0.349	
Зајечар	-0.320		-1.133		-0.973	*
Златибор	1.771		0.008		0.574	
Косовска Митровица	-1.586		0.967		-0.386	
Приштина	1.000		1.991	+	0.316	
Призрен	0.200		2.654	*	0.487	
Драгаш	0.756		3.353	**	0.421	
Пећ	1.129		2.546	*	0.330	
Бр. станица са поз./нег. трендом	21/10		21/10		11/20	

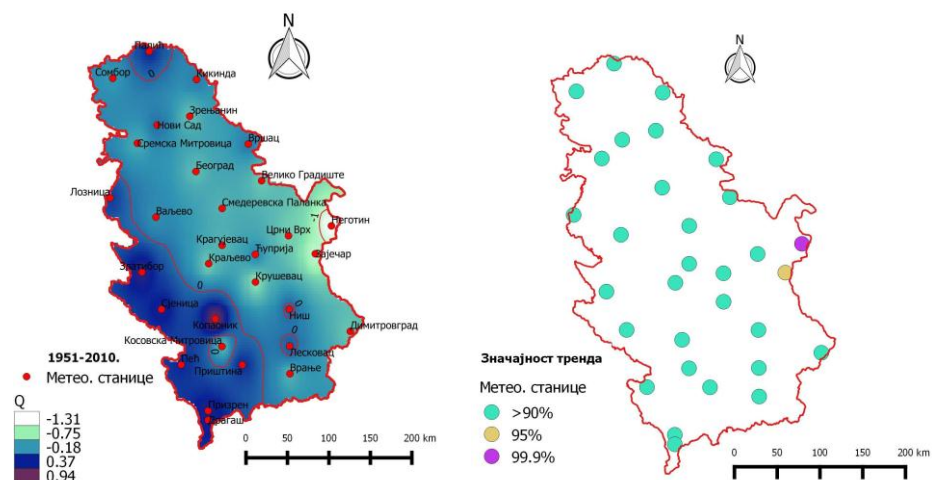
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 47. Просторна дистрибуција тренда средњих пролећних сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 48. Просторна дистрибуција тренда средњих пролећних сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 49. Просторна дистрибуција тренда средњих пролећних сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

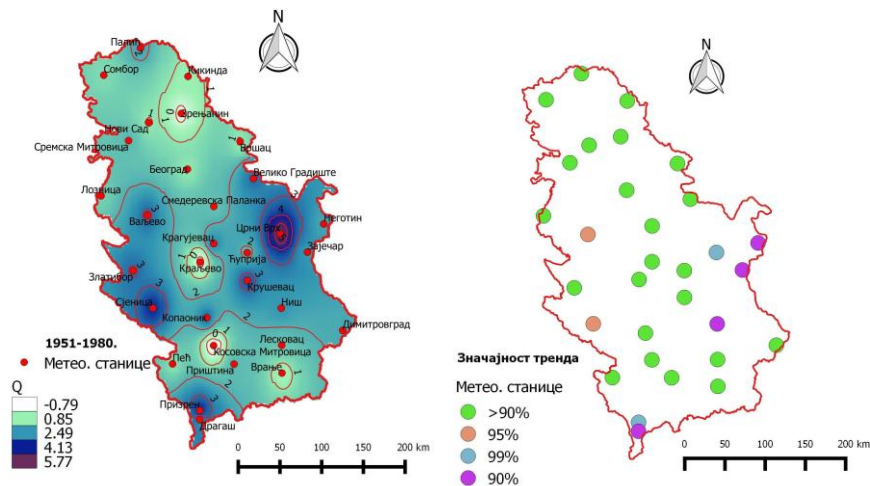
У табели 9 дате су вредности тренда средњих летњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику за све станице укључене у анализу у сва три климатска периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. У сва три периода осматрања на већини станица је забележен позитиван статистички значајан тренд са следећим односима: 28/3, 26/5 и 23/8, респективно. У првом периоду је на станици Црни Врх забележен позитиван тренд од 57,7 mm падавина под декади, значајан на  $\alpha=0.01$ . Апсолутно највећи тренд опадања средњих летњих сума падавина забележен је на станици Косовска Митровица од укупно -7,9 mm по декади (сигнификантан на  $\alpha>0.1$ ). У другом посматраном периоду (1981-2010), просторно посматрано, тренд опада у југозападној и јужној Србији, као и у највећем делу Косова и Метохије. Апсолутно највећи и статистички сигнификантан на  $\alpha=0.05$ , позитиван тренд је забележен на станици Кикинда од 29,5 mm по декади. Док је најнижи негативан тренд забележен на станици Драгаш од -8,1 mm по декади (сигнификантан на  $\alpha>0.1$ ). У целом 60-годишњем периоду, станица Копаоник бележи статистички сигнификантан ( $\alpha>0.1$ ) негативан тренд средњих летњих сума падавина од -5,5 mm по декади. Док је апсолутно највећи тренд пораста средњих летњих сума падавина забележен на станици Призрен од 9,5 mm по декади (сигнификантан на  $\alpha=0.1$ ). На картама 50, 51 и 52 приказана је просторна дистрибуција овог тренда и његова значајност.

У табели 10 су дате вредности тренда средњих јесењих (СОН) сума падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за сва три периода: 1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010. Укупан број станица са позитивним, тј. негативним трендом према Сеновој оцени нагиба тренда, у сва три периода, има следећи однос: 26/6, 31/0 и 27/4, респективно. У првом периоду, станица Пећ бележи статистички сигнификантан (на  $\alpha>0.1$ ) позитиван тренд од 22,1 mm падавина по декади. Апсолутно највећи пад тренда средњих јесењих сума падавина бележи се на станици Неготин од -14,3 mm по декади (сигнификантан на  $\alpha>0.1$ ). У другом посматраном периоду (1981-2010), на свим станицама је забележен статистички сигнификантан позитиван тренд. Апсолутно највећи тренд пораста средњих јесењих сума падавина забележен је на станици Црни Врх од 57,7 mm по декади (значајан на  $\alpha=0.01$ ). Ако се посматра цео 60-годишњи период, просторно посматрано, тренд има тенденцију пораста идући од југоистока ка северозападу. Апсолутно највећу тенденцију пада тренда средњих јесењих сума падавина има станица Неготин од -3,8 mm по декади (на  $\alpha>0.1$ ), док највећи пораст тренда бележи станица Нови Сад од 16,3 mm по декади (на  $\alpha=0.01$ ). На картама 53, 54 и 55 је приказана просторна дистрибуција и значајност посматраног тренда средњих јесењих сума падавина.

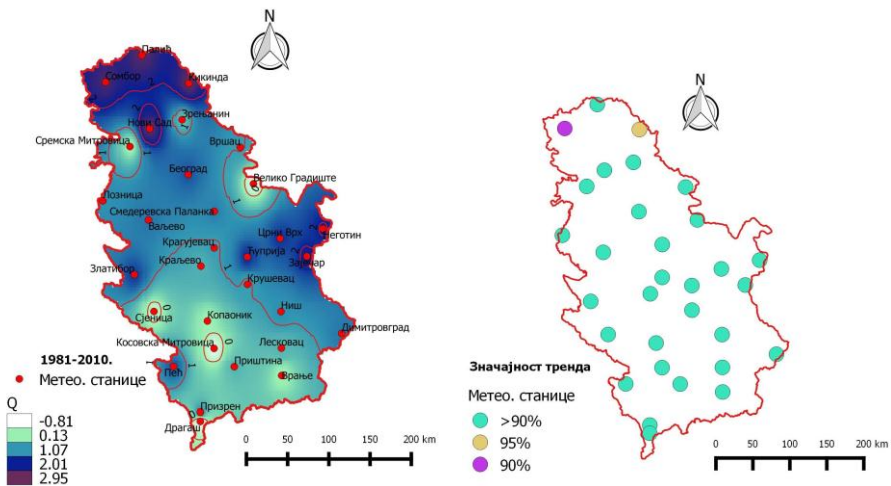
Табела 9. Тренд средњих летњих сума падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.800		2.950	*	0.288	
Нови Сад	0.963		2.833		0.508	
Палић	2.147		2.780		0.871	
Сомбор	1.229		2.620	+	0.568	
Сремска Митровица	1.833		-0.042		0.222	
Вршац	0.964		1.017		-0.069	
Зрењанин	-0.238		0.570		0.054	
Београд	0.992		1.583		0.384	
Црни Врх	5.767	**	1.850		0.519	
Ђуприја	1.859		1.914		0.018	
Димитровград	2.100		1.300		-0.150	
Копаоник	2.938		0.017		-0.550	
Крагујевац	2.636		0.970		-0.081	
Крушевац	3.386		0.948		-0.187	
Краљево	-0.273		0.775		0.261	
Лесковац	1.608		0.730		0.003	
Лозница	1.400		1.095		0.437	
Неготин	2.188	+	2.040		0.471	
Ниш	2.467	+	1.117		0.245	
Сјеница	4.007	*	-0.250		0.596	
Смедеревска Паланка	1.694		1.240		0.225	
Ваљево	3.124	*	1.322		0.582	
Велико Градиште	3.018		-0.520		-0.108	
Врање	0.520		0.018		-0.298	
Зајечар	2.400	+	2.143		0.139	
Златибор	3.035		1.800		0.812	
Косовска Митровица	-0.786		-0.600		-0.294	
Приштина	1.850		0.757		0.552	
Призрен	4.015	**	1.200		0.945	+
Драгаш	2.520	+	-0.808		0.168	
Пећ	1.110		1.531		0.406	
Бр. станица са поз./нег. трендом	28/3		26/5		23/8	

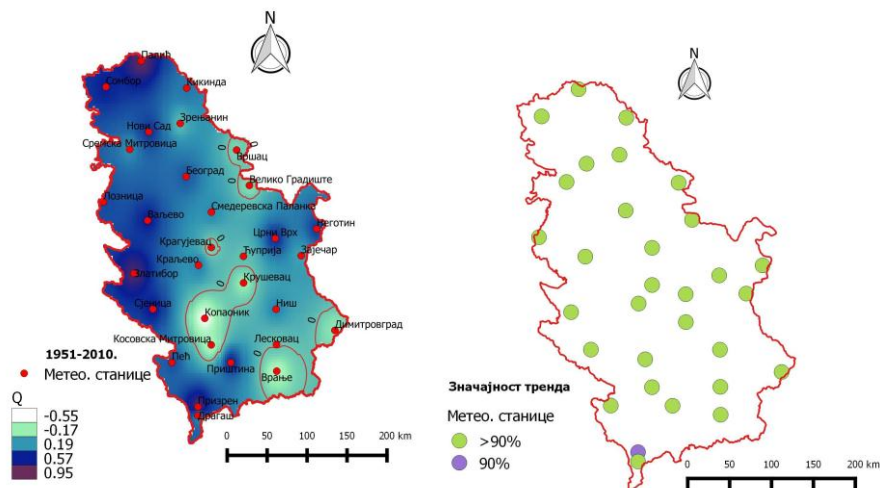
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 50. Просторна дистрибуција тренда средњих летњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 51. Просторна дистрибуција тренда средњих летњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

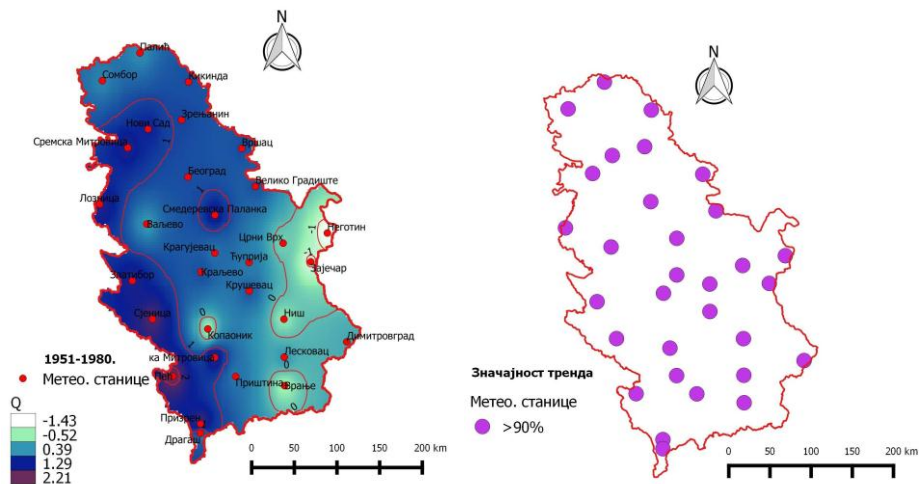


Карта 52. Просторна дистрибуција тренда средњих летњих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)

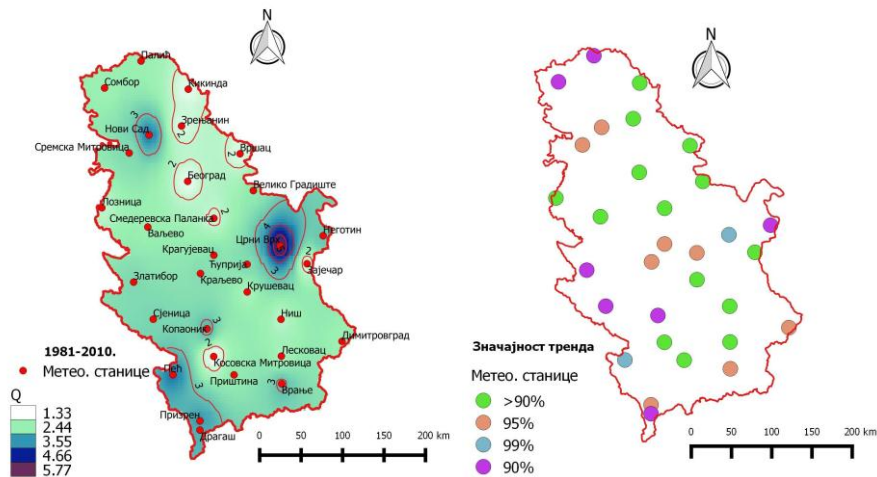
**Табела 10.** Тренд средњих јесењих сума падавина на метеоролошким станицама укљученим у анализу за периоде 1951-1980., 1981-2010., 1951-2010. према Сеновој оцени нагиба тренда и значајност према Z-статистику

Метеоролошка станица	Сенова оцена нагиба тренда и Z-статистик					
	Q1*	Значај. *	Q2*	Значај. *	Q3*	Значај. *
Кикинда	0.919		1.586		0.905	*
Нови Сад	1.280		3.831	*	1.626	**
Палић	0.467		2.408	+	0.934	*
Сомбор	0.528		2.380	+	1.040	+
Сремска Митровица	1.462		2.670	*	1.069	*
Вршац	0.939		1.678		0.693	+
Зрењанин	1.000		1.700		0.915	*
Београд	0.936		1.562		0.601	
Црни Врх	-0.178		5.771	**	0.816	
Ђуприја	0.584		2.675	*	0.723	
Димитровград	0.177		2.363	*	0.607	
Кобаоник	-0.563		3.136	+	0.884	
Крагујевац	0.665		2.629	*	0.651	
Крушевац	0.860		2.217		0.452	
Краљево	0.924		2.657	*	0.181	
Лесковац	0.350		2.236		0.411	
Лозница	1.517		2.031		1.168	*
Неготин	-1.433		2.940	+	-0.383	
Ниш	-0.471		2.067		0.014	
Сјеница	1.933		2.758	+	0.968	+
Смедеревска Паланка	1.424		1.862		0.806	
Ваљево	0.347		2.409		0.605	
Велико Градиште	0.900		2.500		0.534	
Врање	-0.630		3.082	*	-0.039	
Зајечар	-1.064		1.787		-0.074	
Златибор	1.480		2.720	+	1.380	*
Косовска Митровица	1.562		1.330		-0.155	
Приштина	0.625		2.513		0.595	
Призрен	1.892		3.521	*	0.819	
Драгаш	0.497		3.159	+	0.055	
Пећ	2.208		3.839	**	0.518	
Бр. станица са поз./нег. трендом	25/6		31/0		27/4	

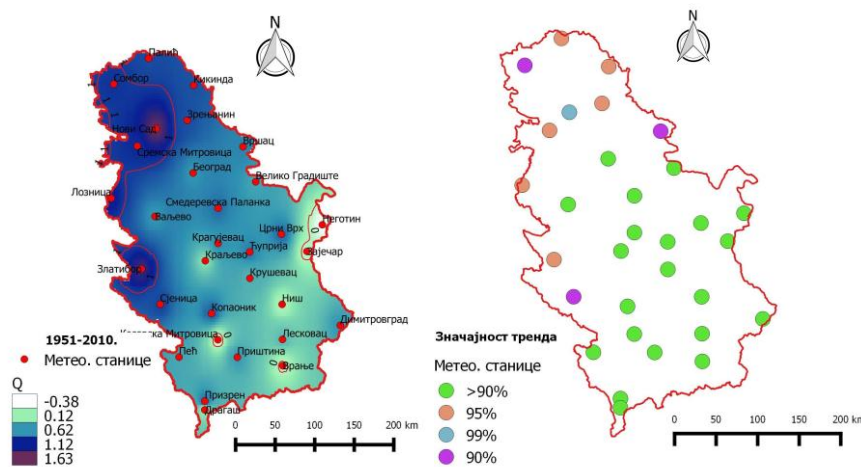
\*Значајност тренда на нивоу: \*\*\*  $\alpha=0.001$ ; \*\*  $\alpha=0.01$ ; \*  $\alpha=0.05$ ; +  $\alpha=0.1$ ; празна ћелија табеле  $\alpha>0.1$   
 \*Q1 (1951-1980); Q2 (1981-2010); Q3 (1951-2010)



Карта 53. Просторна дистрибуција тренда средњих јесењих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 54. Просторна дистрибуција тренда средњих јесењих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



Карта 55. Просторна дистрибуција тренда средњих јесењих сума падавина према Сеновој оцени нагиба тренда (лево) и значајност према Z-статистику за посматрани период (десно)



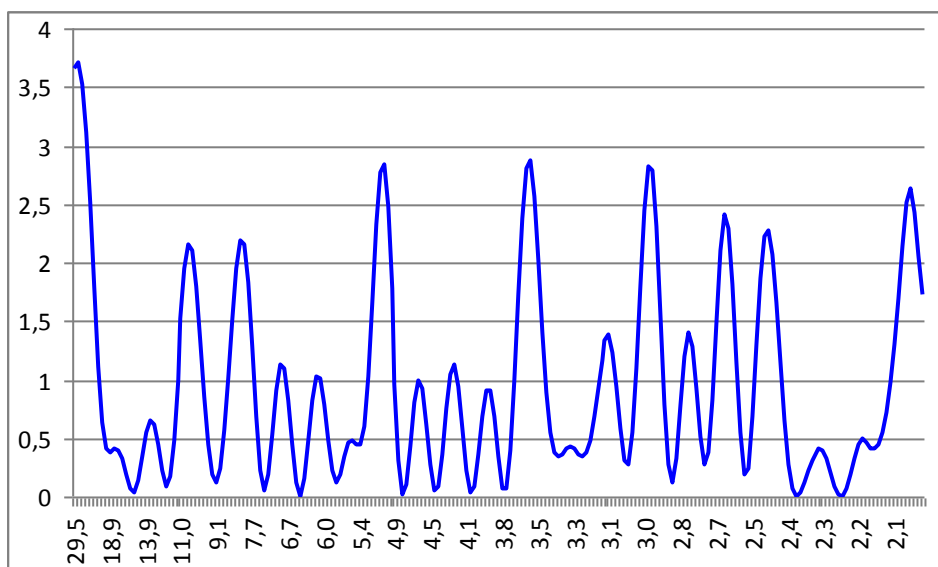
#### 8.4. Анализа елементарне периодичности

Покретањем одговарајућих опција у софтверу PAST 3.17 извршена је анализа елементарне периодичности за низове података од 60 (1951-2010.) и 30 (1951-1980. и 1981-2010.) година, а који се односе на средње годишње температуре ваздуха и суме падавина на посматраним станицама. Проста периодичност је графички приказана Ломбовим периодограмом.

Ако се посматрају суме падавина у 60-годишњем периоду (1951-2010) (табела 11, графикон 25), анализа елементарне периодичности је показала да се у посматраном периоду издваја пет већих пикова, а најзначајнија периодичност од 27,8 година постоји код отицаја на рекама у Европи, што је у складу са закључцима које износе Rekarova et al. (2006). Исти аутори су у периоду од 1850-1997. године анализирали појаву влажних и сушних периода на 18 већих река у Европи и детектовали су појаве сувих циклуса од 13,5 и 28-29 година. На реци Неви је јасно идентификован овај циклус варијабилности отицаја од 28-29 година.

Табела 11. Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова сума падавина (1951-2010)

Јачина пика	Циклус дужине (год.)
<b>3,72</b>	<b>27,8</b>
2,84	5,0
<b>2,87</b>	<b>3,6</b>
2,82	2,9
2,63	2,1



Графикон 25. Ломбов периодограм временске серије суме падавина (1951-2010)

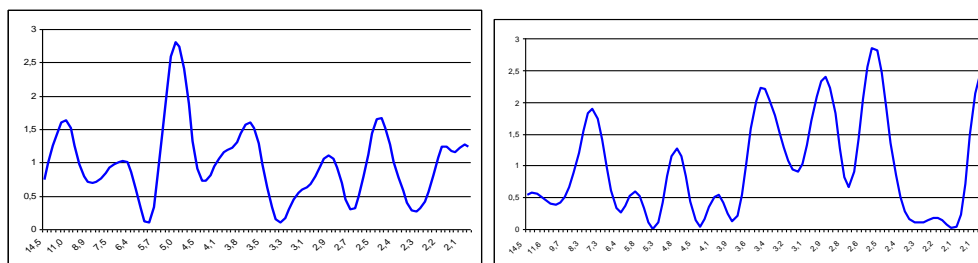
Друга најзначајнија периодичност од 3,6 година може се довести у везу са квази-бијеналном осцилацијом, а уочавају се у 100-годишњим

временским серијама падавина у Загребу и Цриквеници (Gajić-Šarka, 1994). Утврђено је да осцилације од 4-5 година постоје у временским серијама падавина у Европи и на Медитерану (Neuber and Schönwiese, 1985; Maheras et al., 1992) и кратки периоди у централној Европи од 2-5 година (Brazdil, 1985). Karagiannidis et al. (2008) наводе да се главна периодичност *SOI* (*Southern Oscillation Index*) везује за циклус дужине од 3,5 година. У посматраној временској серији падавина уочена је и значајна периодичност од 2,1 и 2,9 година, а може се довести у везу са квази-бијеналном осцилацијом (Karagiannidis et al., 2008). Док су периодичности од 3 до 4 године јасни сигнали за *ENSO* (Karagiannidis et al., 2008).

У случају да се посматра 30-годишња временска серија сума падавина (1951-1980) (табела 12-лево, графикон 26), анализом просте периодичности издвајају се 4 већа пика, а најзначајнија периодичност од 5,0 и 2,5 године. У другој 30-годишњој временској серији (1981-2010) (табела 12-десно, графикон 27), такође се издвајају 4 већа пика, од којих је назначјанија периодичност од 2,6 година. Издвојене периодичности се могу довести у везу са квази-бијеналном осцилацијом.

Табела 12. Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова временске серије сума падавина

Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)
1,6	11	2,2	3,5
<b>2,8</b>	<b>5,0</b>	2,4	2,9
1,6	3,7	<b>2,8</b>	<b>2,6</b>
<b>1,7</b>	<b>2,5</b>	2,4	2,1
1951-1980.		1981-2010.	

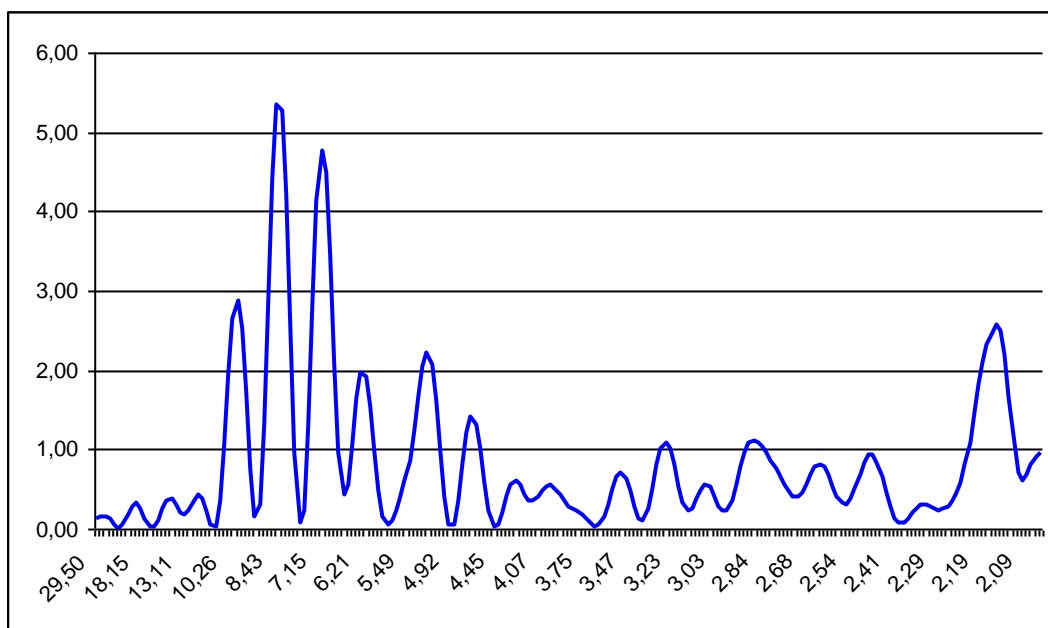


Графикон 26. и 27. Ломбов периодограм (1951-1980) (лево) и (1981-2010) (десно) временске серије сума падавина

Ако се посматра 60-годишња временска серија температура ваздуха (1951-2010) (табела 13, графикон 28) , као и две 30-годишње (1951-1980. и 1981-2010.) (табела 14, графикони 29 и 30), анализом елементарне периодичности издвајају се најзначаније периодичности од 7-8 година.

**Табела 13.** Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова временске серије температуре ваздуха (1951-2010)

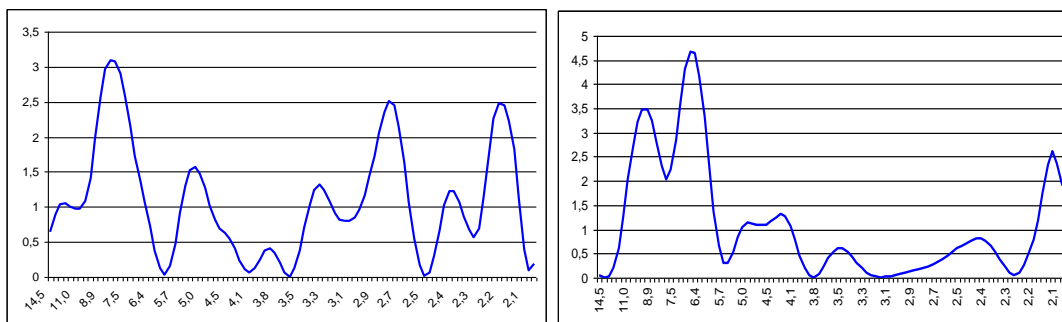
Јачина пика	Циклус дужине (год.)
2,9	9,8
<b>5,3</b>	<b>8,3</b>
<b>4,8</b>	<b>7,04</b>
2,2	5,2
2,6	2,2



**Графикон 28.** Ломбов периодограм временске серије температуре ваздуха (1951-2010)

**Табела 14.** Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова временске серије температуре ваздуха

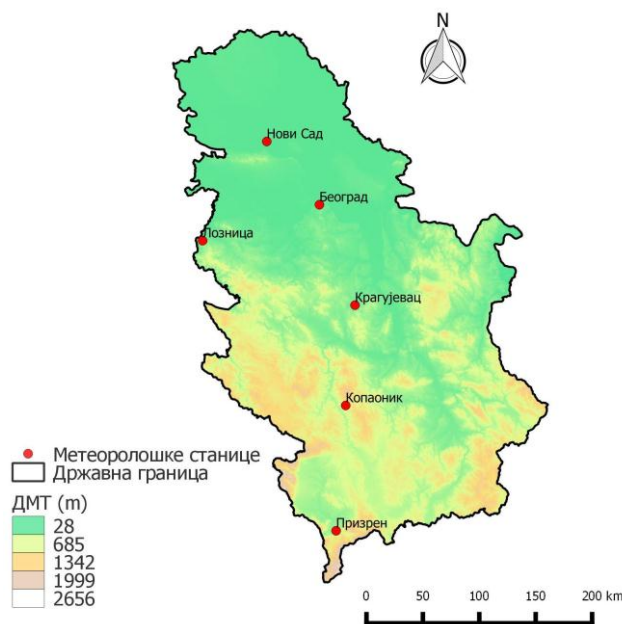
Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)
<b>3,1</b>	<b>8,3</b>	3,5	8,9
1,6	5,2	<b>4,7</b>	<b>6,6</b>
2,5	2,8	2,6	2,1
2,5	2,2		
1951-1980.		1981-2010.	



**Графикон 29. и 30.** Ломбов периодограм (1951-1980) (лево) и (1981-2010) (десно) временске серије температуре ваздуха

Plaut et al. (1995) су анализирајући температуре ваздуха у централној Енглеској у периоду од 335 година утврдили овај циклус од 7-8 година. Сличне резултате за различите локације у Европи и Медитерану, за исту климатску осцилацију од 7-8 година за приземне температуре ваздуха (*SAT-surface air temperatures*), добили су и други истраживачи (Baliunas et al., 1997; Benner, 1999; Paluš and Novotná, 1998; Pišoft et al., 2004; Brázdil et al., 2012; Grieser et al., 2002; Sen and Ogrin, 2015; Cermák et al., 2014; Gámiz-Fortis et al., 2002; Kondrashov et al., 2005; Feliks et al., 2010). Резултати указују да је утврђена периодичност од 7-8 година важан фактор који утиче на варијабилност температуре ваздуха на дужим и краћим временским скалама (Jajcaj et al., 2016), као и да је ова периодичност детектована у NAO индексу (Gámiz-Fortis et al., 2002; Paluš and Novotná, 2004; Jajcaj et al., 2016).

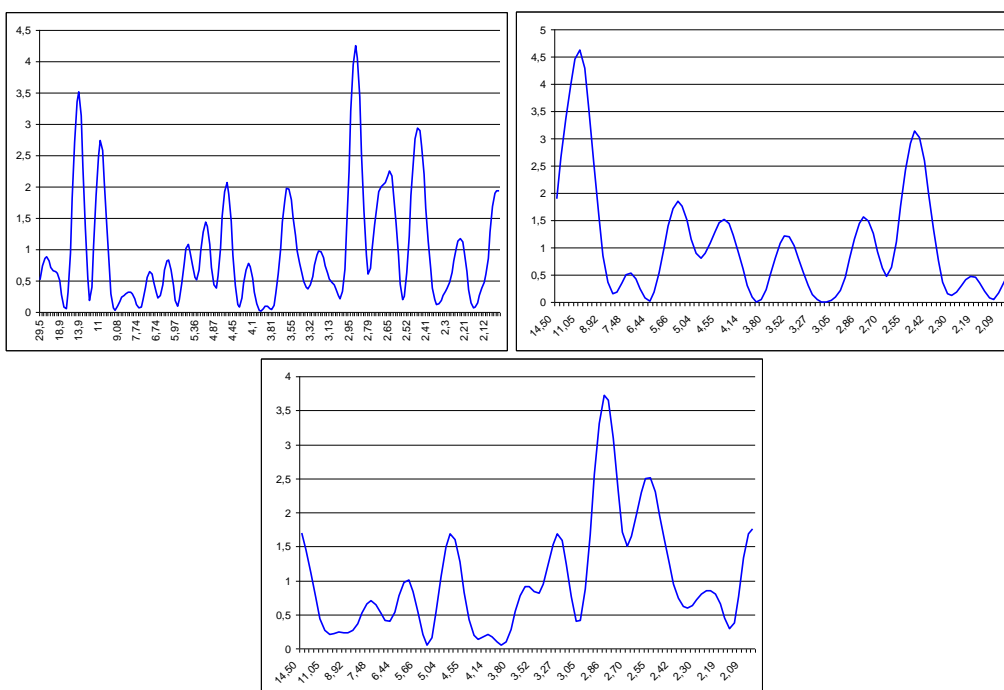
Ради што детаљније анализе елементарне периодичности, одабрано је укупно шест метеоролошких станица у Србији (карта 56) јер су лоциране у различитим деловима земље, као и у различитим физичко-географским областима (у погледу рељефа, надморске висине, климатско-вегетацијских услова и других фактора). Резултати спроведене анализе су приказани табеларно (табела 15 и 16), као и графички у виду Ломбовог периодограма (графикони 31-42), за сва три низа, посебно за суме падавина, посебно за температуре ваздуха.



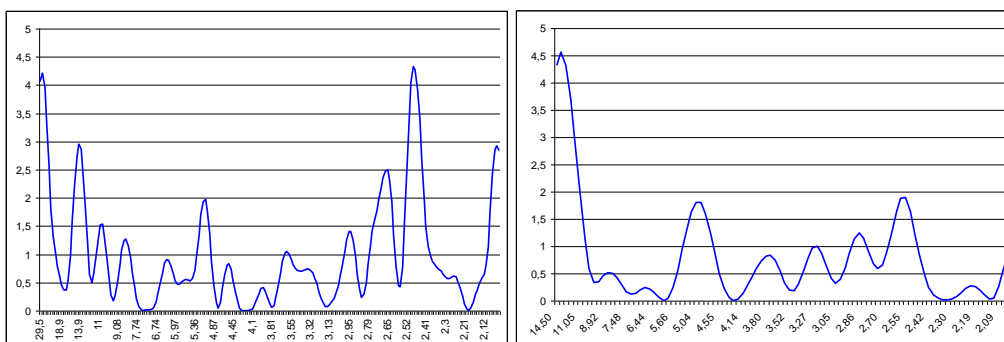
Карта 56. Приказ одабраних метеоролошких станица укључених у анализу елементарне периодичности

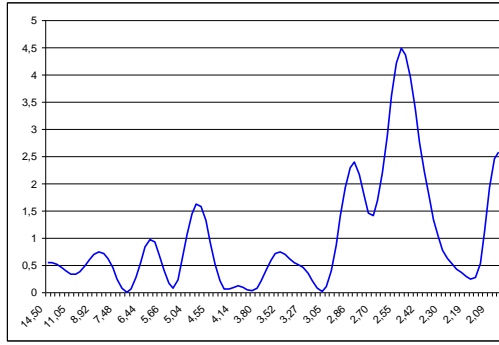
Табела 15. Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова временске серије сума падавина на одабраним станицама у сва три низа

Метеоролошка станица	Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)
Нови Сад	4,6	11,04	3,7	2,9	4,2	2,9
Београд	4,6	13,6	4,5	2,5	4,2	27,8
Лозница	3,5	11,6	4,1	2,5	3,5	2,9
Крагујевац	3,7	3,9	3,2	2,5	3,4	29,5
Копаоник	6,1	9,7	3,2	3,6	4,2	10,3
Призрен	3,9	2,6	2,3	2,9	3,9	8
	1951-1980.		1981-2010.		1951-2010.	

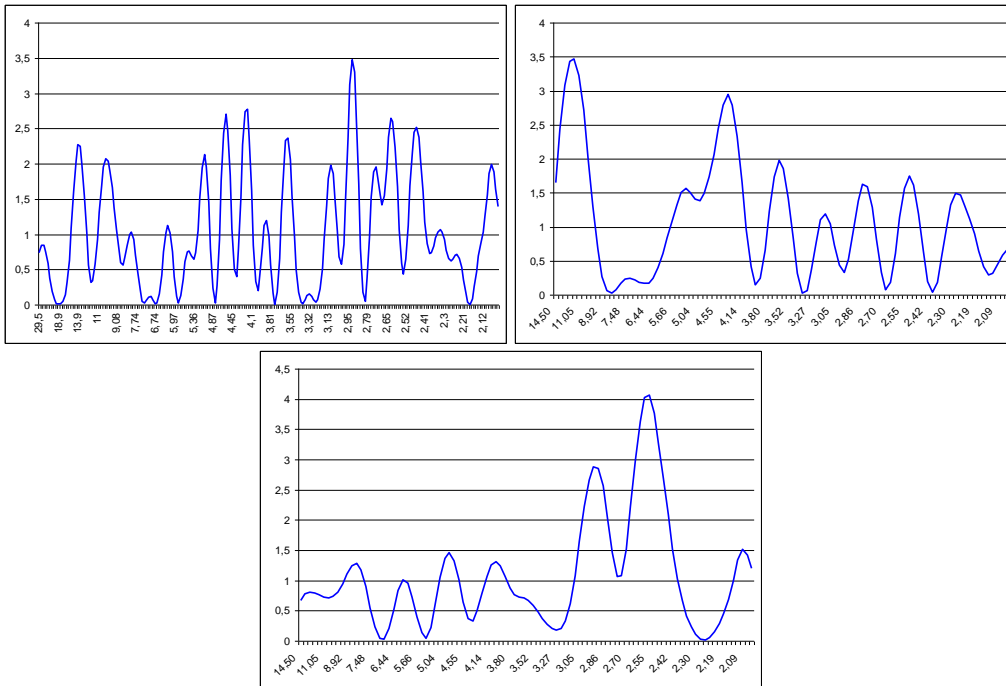


Графикон 31. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Нови Сад

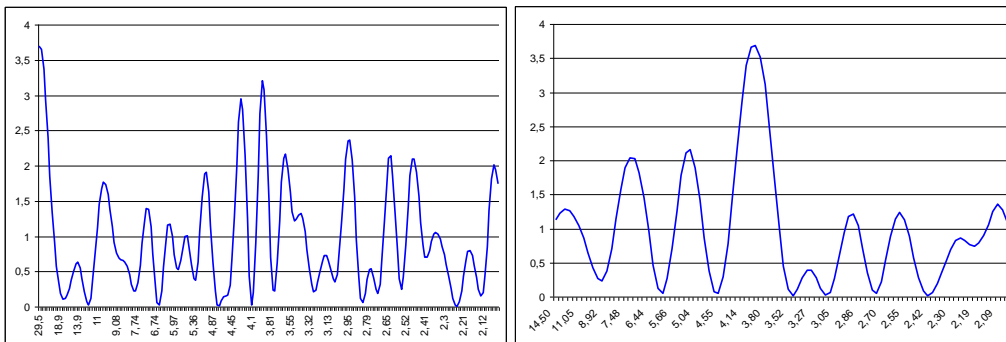


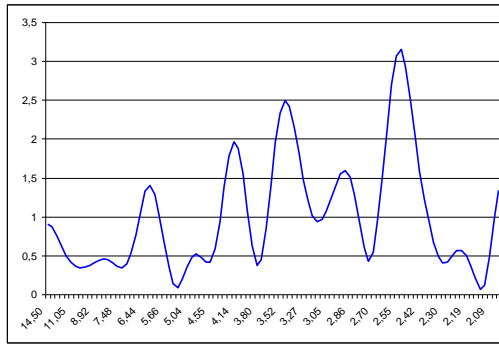


Графикон 32. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Београд

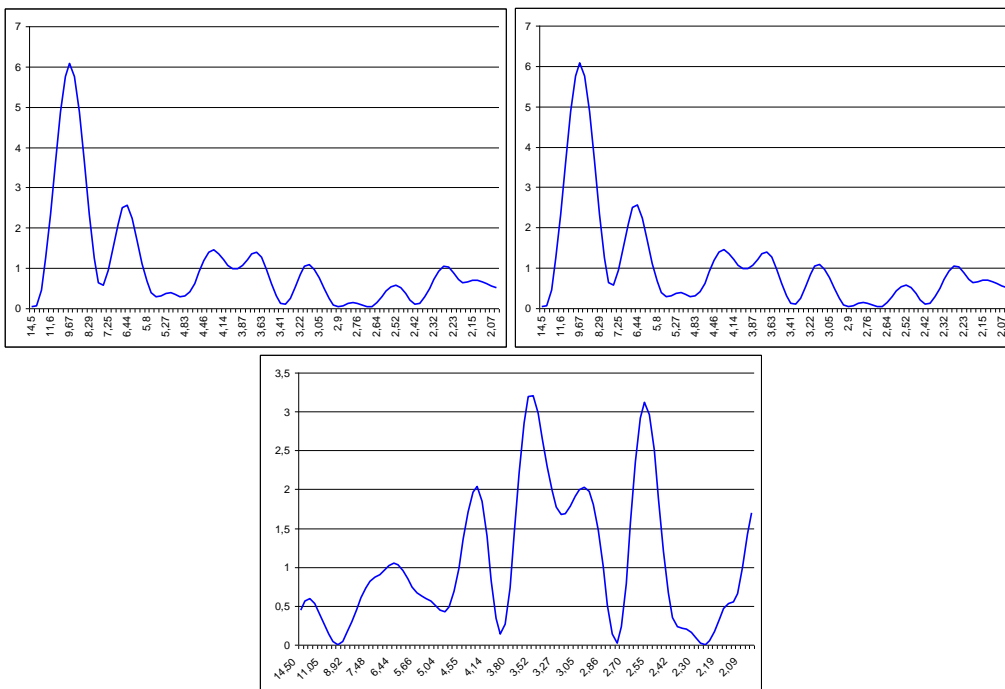


Графикон 33. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Лозница

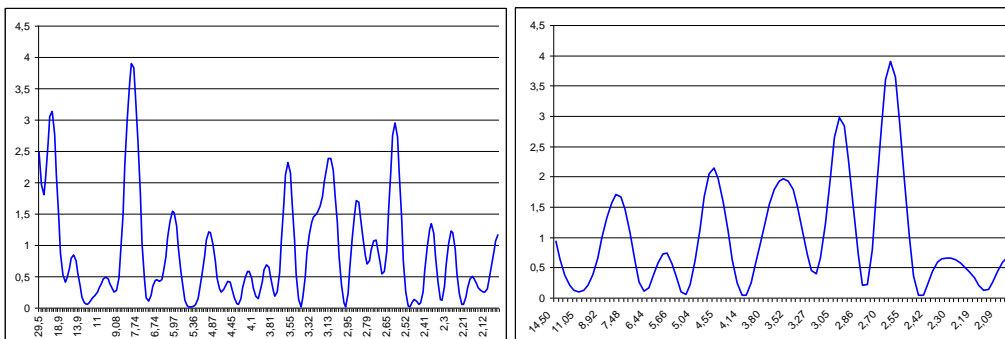




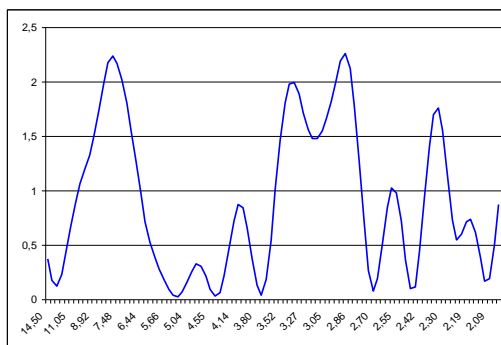
Графикон 34. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Крагујевац



Графикон 35. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Копаоник



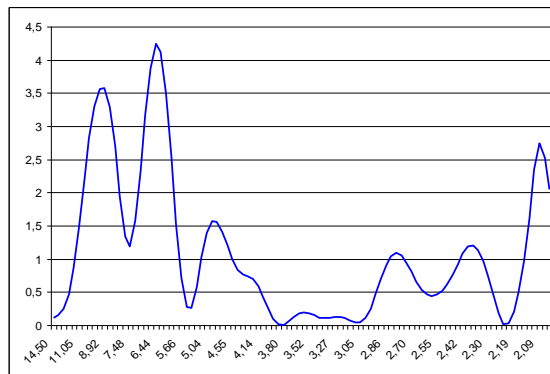
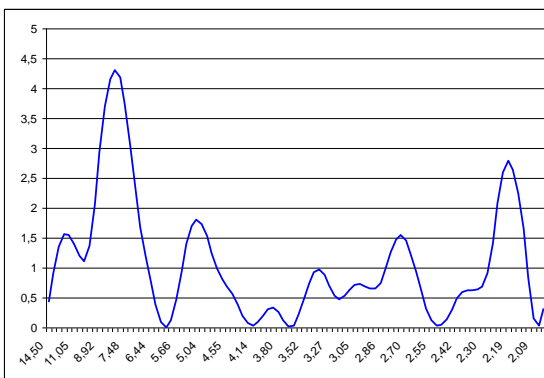
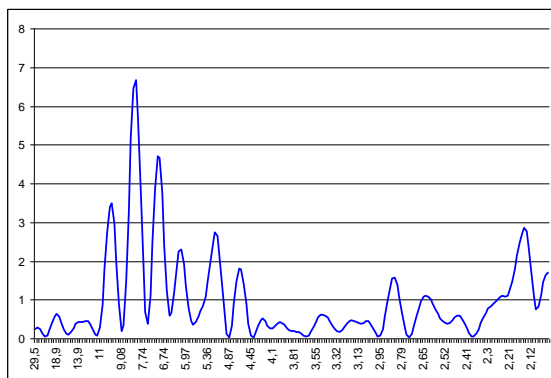




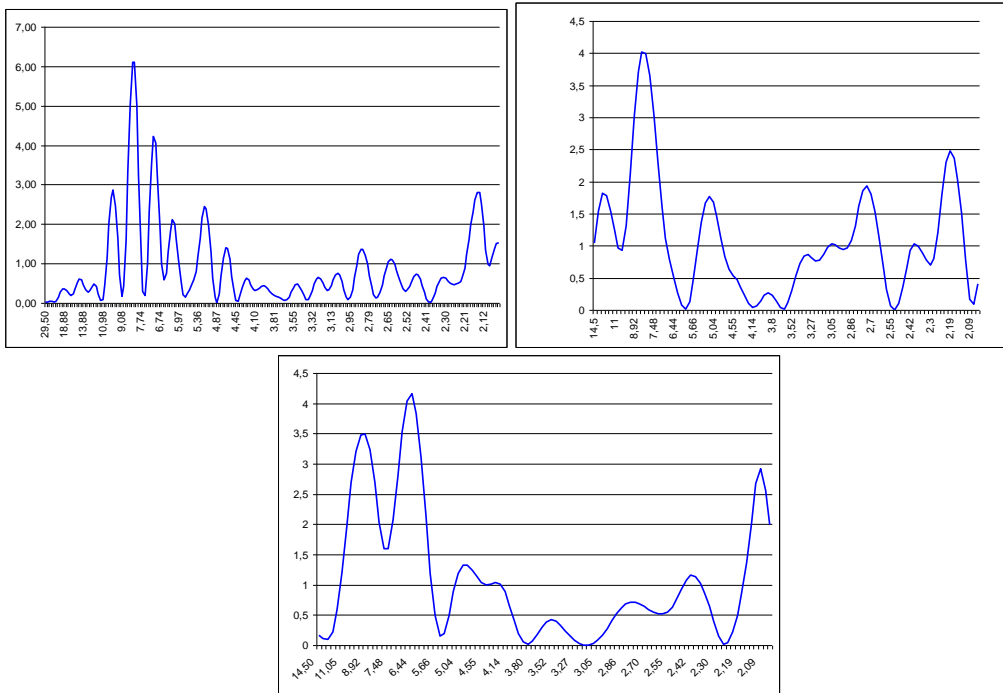
Графикон 36. Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије сума падавина за станицу Призрен

Табела 16. Циклуси дужине (у годинама) најзначајних пикова временске серије температуре ваздуха на одабраним станицама у сва три низа

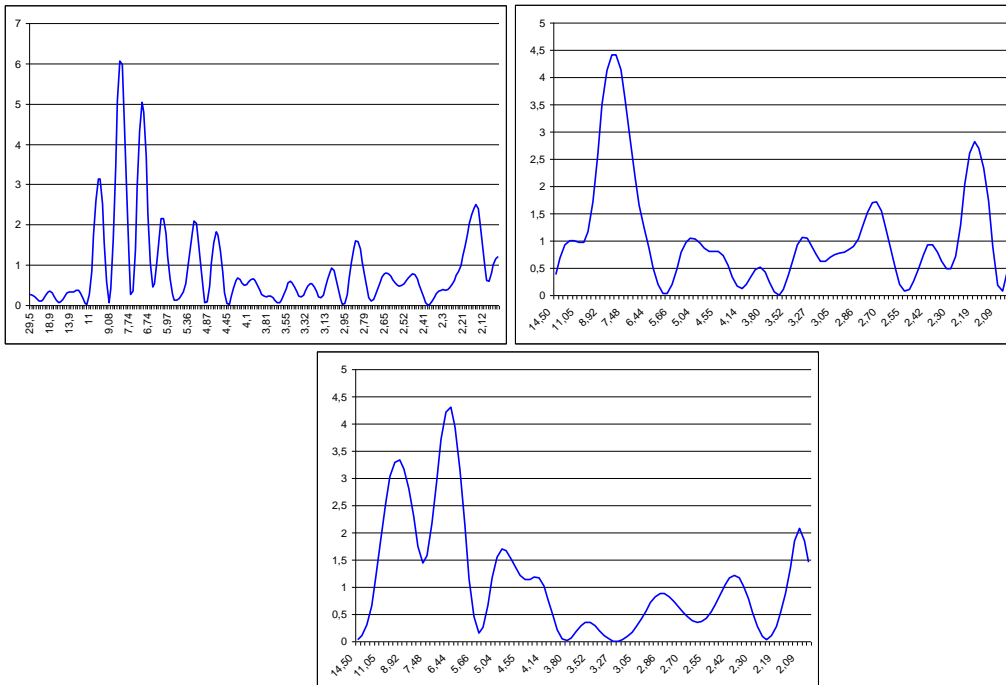
Метеоролошка станица	Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)	Јачина пика	Циклус дужине (год.)
Нови Сад	4,3	8	4,2	6,4	6,7	8,1
Београд	4,01	8,3	4,1	6,4	6,1	8,14
Лозница	4,4	8	4,3	6,4	5,9	8,1
Крагујевац	3,2	8	5,4	6,4	4,8	7,04
Копоник	4,9	14,5	4,4	7,03	3,7	8,3
Призрен	3,1	8,9	4,5	6,8	5	8,1
	1951-1980.		1981-2010.		1951-2010.	



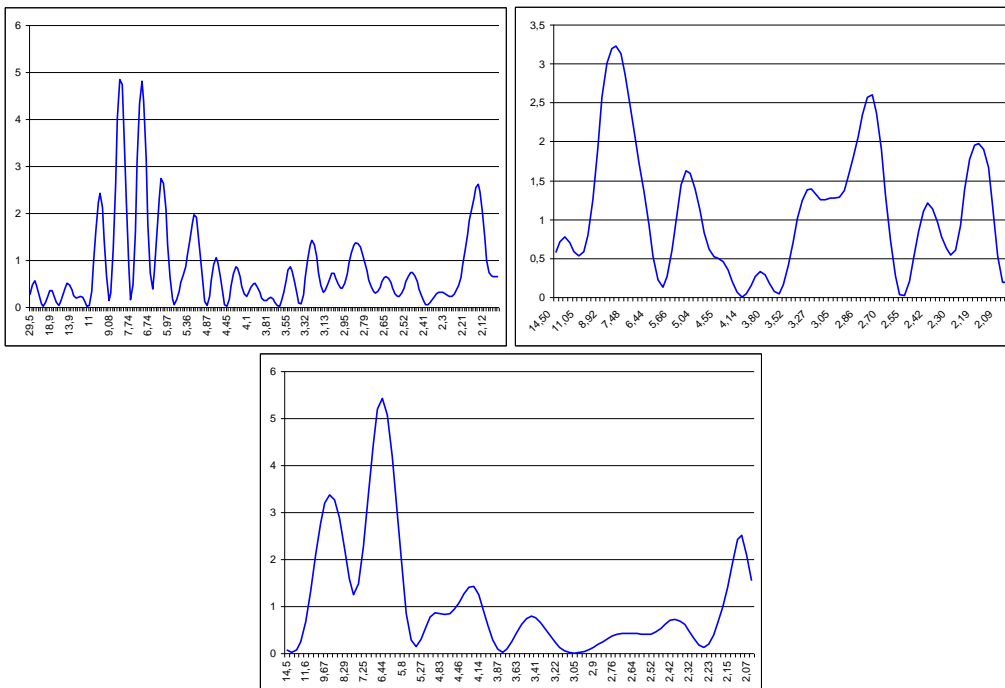
**Графикон 37.** Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Нови Сад



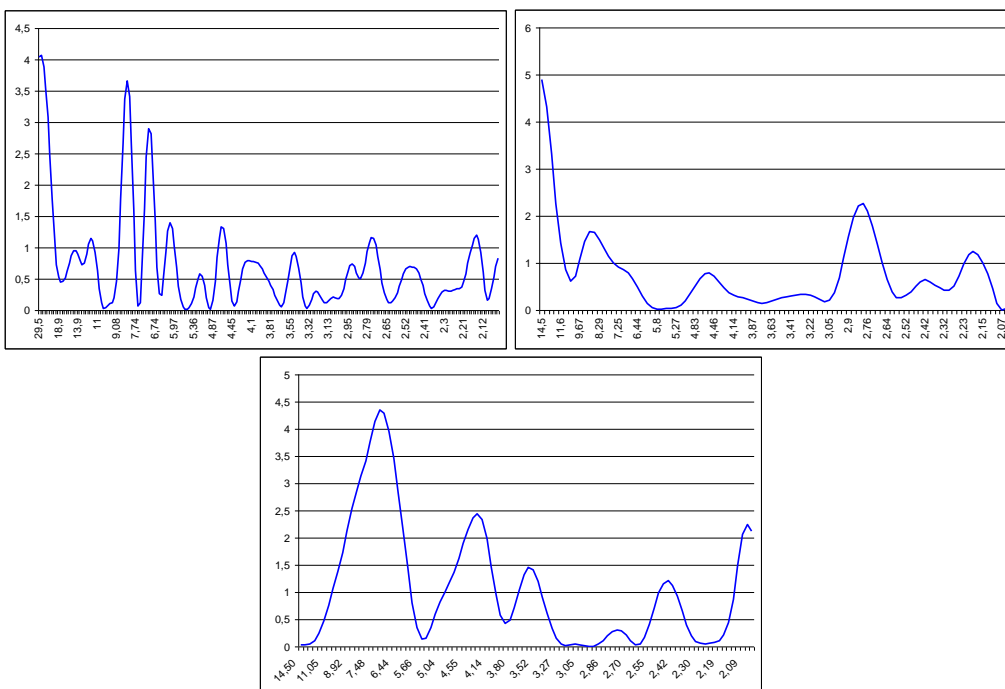
**Графикон 38.** Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Београд



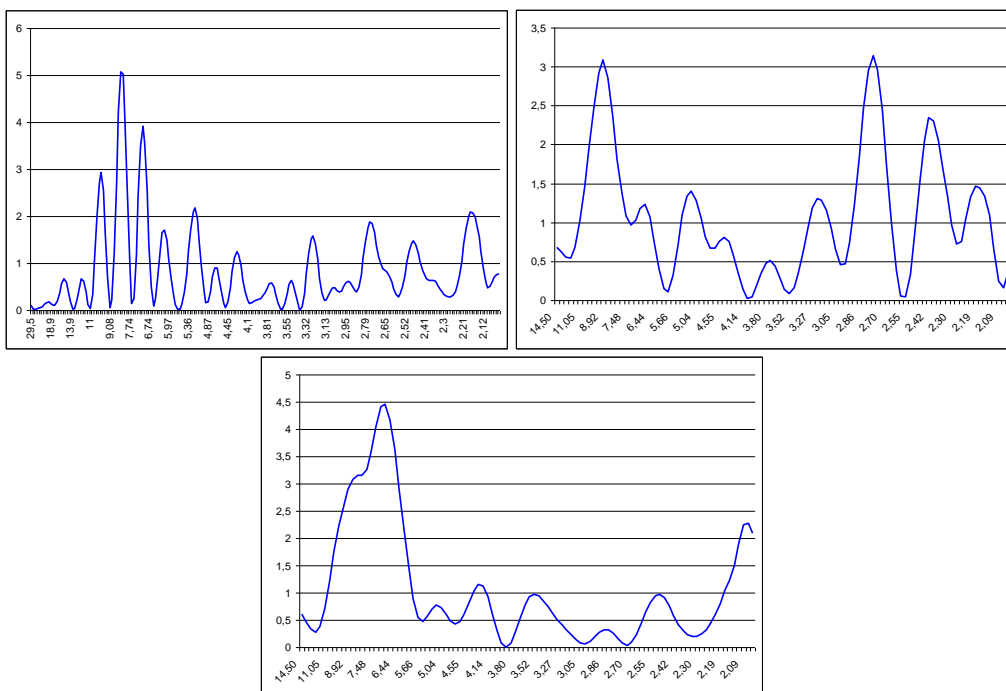
**Графикон 39.** Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Лозница



Графикон 40. Ломбов периододиграма (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Крагујевац



Графикон 41. Ломбов периододиграма (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Копаоник



**Графикон 42.** Ломбов периодограм (1951-2010) (горе лево), (1951-1980) (горе десно) и (1981-2010) (доле у средини) временске серије температуре ваздуха за станицу Призрен

### 8.5. Закључак

Циљ овог поглавља био је вишеструк. Извршена је анализа временских серија температуре и сума падавина, а приказана је и географска дистрибуција ових варијабли на простору Србије, на основу података са 31 метеоролошке станице за 60-годишњи климатски период: 1951-2010., а који је ради компаративне анализе подељен на два 30-годишња нестандардна климатска субпериода: 1951-1980. и 1981-2010. На основу претходно дефинисаних циљева овог поглавља, постављена је и основна полазна хипотеза, чија је валидација приказана у табели испод:

**Табела 17.** Резултат претходно постављене почетне хипотезе

хипотеза	коментар:
<i>h1</i>	потврђена

Могу се подвући следећи главни закључци у овом поглављу:

1. Ради што бољег сагледавања промена у динамици кретања средњих вишегодишњих вредности температуре ваздуха за посматране низове (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), тренд линија је графички представљена помоћу просте линеарне регресије и испитана је њена значајност. У првом посматраном периоду (1951-1980) линеарни

- тренд је негативан и температура опада по стопи од  $-0,24^{\circ}\text{C}$  по декади, а сигнификантно је на  $p = 0,10$ . У другом нестандартном климатском периоду (1981-2010) је позитиван и расте по стопи од  $0,5^{\circ}\text{C}$  по декади (значајно на  $p = 0,001$ ). Ако се посматра цео 60-годишњи низ, линеарни тренд указује на узлазни карактер и расте по стопи од  $0,12^{\circ}\text{C}$  по декади (сигнификантан на  $p = 0,02$ );
2. Резултати добијени применом Ман Кендаловог (Z-) тренд теста и Сеновог метода се подударују са претходним резултатима добијеним применом линеарног тренда, што говори о сродности примењених метода и прорачуна. Добијени су следећи резултати: у првом низу тренд је негативан ( $Z = -1,68$ ,  $\alpha = 0,1$ ), у другом је позитиван ( $Z = 3,28$ ,  $\alpha = 0,01$ ), а у целом 60-годишњем периоду је такође позитиван ( $Z = 2,14$ ,  $\alpha = 0,05$ );
  3. Ако се цео низ посматра као покретне пентадне вредности, уочава се да је најхладнија пентада била 1981-1985. са просечном температуром од  $9,98^{\circ}\text{C}$ , а најтоплија пентада је 2006-2010. са вредностима температуре ваздуха од  $11,37^{\circ}\text{C}$ . У случају да се посматрају покретне декадне вредности, најхладнија декада је забележена у периоду 1971-1980. (просечно  $9,9^{\circ}\text{C}$ ), а уочава се да је најтоплија декада била 2001-2010. (просечно  $11,22^{\circ}\text{C}$ );
  4. Просторна дистрибуција и варијација средњих годишњих и сезонских вредности температура ваздуха на простору Србије у оба 30-годишња климатска периода (1951-1980. и 1981-2010.), као и у 60-годишњем периоду осматрања (1951-2010.) последица деловања различитих физичко-географских фактора: географске ширине Србије, особина рељефа (орографије, надморске висине), математичко-географских фактора (трајање инсолације), вегетације. Посматрајући карте, визуелно, промене се уочавају како на годишњем, тако и на сезонском нивоу;
  5. Када је у питању просторна дистрибуција и варијација тренда према Сеновој оцени нагиба тренда и његове значајности према Z-статистику годишњих и сезонских температура ваздуха на нивоу станица укључених у анализу, резултати су крајње различити за два 30-годишња климатска субпериода, сем у пролећној (МAM) сезони, где су трендови у оба периода на већини станица позитивни;
  6. Када је у питању динамика кретања средњих годишњих сума падавина, применом линеарног тренда најмањих квадрата и Ман Кендал тренд теста добијени су резултати који се у великој мери подударују, што указује на сродност поменутих метода и израчунавања. У сва три периода осматрања (1951-1980., 1981-2010. и 1951-2010.), линеарни тренд има узлазни карактер на различитом нивоу сигнификантности и просечно расте по стопи од  $18,9 \text{ mm}$  по декади (сигнификантан на  $p = 0,20$ ), тј.  $54,7 \text{ mm}$  по декади (сигнификантан на  $p = 0,02$ ), односно  $5,4 \text{ mm}$  по декади

- (сигнификантно на  $p = 0,5$ ), у првом, другом и целом низу, респективно. Ман Кендал тренд тест за исте низове показује следећи карактер: ( $Z = 2,00$ ) на нивоу значајности од  $\alpha = 0.05$ , тј. ( $Z = 2,57$ ) и сигнификантне на  $\alpha = 0.05$ , односно ( $Z = 1,38$ ) на нивоу сигнификантности  $\alpha > 0.1$ , у првом, другом и целом периоду, респективно;
7. Ако се цео низ посматра као покретне пентадне, тј. декадне вредности, уочава се да је пентада са најмањом количином падавина била 1986-1990., са просечно 610,9 mm падавина. Највлажнија пентада у целом низу је последња-2006-2010., са просечно 804,9 mm падавина. Декада са просечно најмањом количином падавина била је 1981-1990. са просечно 635,9 mm падавина, а са највећом количином падавина последња декада (2001-2010) са просечно 786,4 mm падавина;
  8. На просторну варијабилност падавина у Србији у посматраним периодима, дакле, поред топографије, надморске висине и правца пружања планинских венаца, утичу и опште синоптичке шеме изнад Србије у све четири посматране сезоне: ДЈФ, МАМ, ЈЈА и СОН;
  9. Када је у питању просторна дистрибуција и варијација тренда према Сеновој оцени нагиба тренда и његове значајности према Z-статистику годишњих и сезонских сума падавина на нивоу станица укључених у анализу, резултати указују на позитиван тренд на већини станица на годишњем и МАМ, ЈЈА, СОН нивоу. Дакле, на већини станица, у оба 30-годишња периода на поменутом нивоу, тренд сума падавина је позитиван и статистички значајан на различитим нивоима. Једино у зимској (ДЈФ) постоје разлике у просторној дистрибуцији тренда у ова два 30-годишња климатска периода: у првом је на већини станица у паду, док у другом периоду показује узлазни карактер.
  10. Спектрална анализа елементарне периодичности за 60-годишњи (1951-2010.) и два 30-годишња (1951-1980. и 1981-2010.) низа података који се односе на средње годишње температуре ваздуха и суме падавина на простору Србије, графички је представљена Ломбовим периодограмом, а циклуси дужине (у годинама) најзначајнијих пикова сума падавина и температуре представљени су табеларно. Ради детаљније анализе, извршена је спектрална анализа просте периодичности за шест одабраних метеоролошких станица: Нови Сад, Београд, Лозница, Крагујевац, Копоник и Призрен. Када су у питању суме падавина, анализа елементарне периодичности указује на најзначајнију периодичност од 27,8 година, а која постоји код отицаја на рекама у Европи, тј. у вези је са појавама сувих циклуса од 13,5 и 28-29 година (Pekarova et al., 2006). Друга најзначајнија периодичност од 3,6 година може се довести у везу са квази-

бијеналном осцилацијом (Gajić-Šarka, 1994), а осцилације од 4-5 година постоје у временским серијама падавина у Европи и на Медитерану (Neuber and Schönwiese, 1985; Maheras et al., 1992) и кратки периоди у централној Европи од 2-5 година (Brazdil, 1985). Периодичности од 3 до 4 године су јасни сигнали за ENSO, док се главна периодичност SOI (*Southern Oscillation Index*) везује за циклус дужине од 3,5 година, а периодичност од 2,1 и 2,9 година може се довести у везу са квази-бијеналном осцилацијом (Karagiannidis et al., 2008). Анализа елементарне периодичности на нивоу шест одабраних станица у великој мери показује сличне резултате, када су у питању сума падавина. У случају да се посматрају 60-годишња временска серија температура ваздуха (1951-2010), као и две 30-годишње временске серије (1951-1980. и 1981-2010.), анализом елементарне периодичности издвајају се најзначајније периодичности од 7-8 година, а које су потврђене и од стране других истраживача (Baliunas et al., 1997; Benner, 1999; Paluš and Novotná, 1998; Pišoft et al., 2004; Brázdil et al., 2012; Grieser et al., 2002; Sen and Ogrin, 2015; Cermák et al., 2014; Gámiz-Fortis et al., 2002; Kondrashov et al., 2005; Feliks et al., 2010; Jajcay et al., 2016).

Дакле, на основу горе изнетих резултата, може се рећи да су физичко-географски фактори заједно са општим синоптичким шемама изнад Србије у вишегодишњем периоду главни фактори у обликовању просторне дистрибуције и варијације температуре ваздуха и сума падавина, тј. контраста који постоје између различитих делова наше земље. Позивајући се на наводе које износи Г. Станојевић (2016), може се рећи да се трендови температуре ваздуха и сума падавина могу довести у везу са акционим центрима атмосфере и њиховом утицају на кретање и размену ваздушних маса изнад Европе. Управо ти климатски контрасти формирају једну комплексну климатску слику Србије или тзв. „климатски мозаик“. Као најважнији физичко-географски фактори издвајају се следећи: географска ширина, правац пружања планинских венаца и топографија, а који утичу на општу циркулацију атмосфере изнад Србије, тј. на главне синоптичке шеме у току године које се смењују изнад нашег простора. У том смислу, „најтачнија“, тј. у научном погледу најпрецизнија класификација климата би била она која би комбиновала ове физичко-географске и факторе циркулације атмосфере, јер њиховим међусобним утицајима и преплитањима се формира комплексна слика просторне дистрибуције климата у нашој земљи.



## Поглавље 9

### Закључак

#### 9.1. Закључне напомене

Докторска дисертација је имала више дефинисаних циљева у складу са постављеним хипотезама истраживања, али као два најважнија могу се издвојити: (1) примена савремених класификација климата на регионализацију климата Србије у периоду 1951-2010., као и (2) квантификација евентуалних промена у просторној дистрибуцији и варијацији климата у два 30-годишња нестандардна климатска субпериода: 1951-1980. и 1981-2010. Истраживање у оквиру теме дисертације реализовано је на основу података о средњим месечним, тј. годишњим вредностима температуре ваздуха и сума падавина са укупно 31 метеоролошке станице укључене у анализу (3 климатолошке и 28 синоптичких станица). Сагласно степену комплексности и обима предмета проучавања докторске дисертације, коришћено је више математичко-статистичких и геостатистичких метода. Као најважније и најпознатије класификације коришћене су Кепенова и Торнтвајтова, чијој анализи је посвећена и највећа пажња. Разматрано је укупно 13 класификационих шема, а постављена је и теоријско-методолошка база за објективну регионализацију климата Србије применом мултиваријационе кластер анализе. С обзиром на чињеницу, да до сада у овом виду није урађена објективна класификација климата на простору Србије, резултати презентовани у овој дисертацији су, у том смислу, значајни за будућа истраживања климатске регионализације. Добијени резултати указују на чињеницу да је између два 30-годишња нестандардна климатска субпериода (1951-1980. и 1981-2010.) дошло до промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија, тј. температуре ваздуха и сума падавина. У другом нестандардном климатском субпериоду (1981-2010) на већини станица забележен је статистички значајан (на различитим нивоима) тренд пораста средње температуре ваздуха и сума падавина, како на сезонском тако и на годишњем нивоу. Такође, може се рећи да докторска дисертација представља први корак ка изради климатског атласа Србије применом савремених геостатистичких метода, а који ће бити први такве врсте после Атласа климе СФРЈ (за период 1931-1960) из 1969. године.

Следећи главни закључци дисертације по поглављима су:

- 1) У Поглављу 3 резултати сугеришу да дистрибуција станица јасно одражава највећи део климатског диверзитета Србије (као што је

истакао у свом раду и Т. Ракићевић 1980. године) и сугеришу на просторну димензију температуре ваздуха и падавина, као и на могућу детекцију регионалних климатских промена у одређеним деловима Србије. Пошто се методи у одређеној мери слажу, презентовани резултати истраживања се могу узети као уверљиви. Резултати добијени применом различитих хијерархијских агломеративних метода, у случају издвајања температурних и падавинских кластер региона, показују висок степен сличности у погледу издвајања кластер региона иако користе различите методе кластеризације; такође, резултати у оба случаја показују висок степен сличности са климатским рејонима Т. Ракићевића. *K-means* анализа је указала на логично груписање станица засновано на реалним физичко-географским факторима у простору. У оквиру издвојених кластер региона долази до квантитативних (промена броја станица које улазе у дати кластер) и квалитативних промена (промене станица које чине кластер, без промене броја станица).

- 2) Добијени резултати у Поглављу 4 указују на то да је класификација климата према Ланговом кишном фактору за 31 станицу показала да се опсег климатских класификационих категорија креће од семихумидних до веома хумидних на територији Србије. Резултати су показали да у Србији није детектована „права“ климатолошки сува зона, али је између два периода степен аридизације на нивоу земље порастао. Према резултатима Де Мартоновог индекса суше, на територији Србије не постоје аридне, семиардине и медитеранске климатске зоне. Опсег климатских категорија овог индекса варира од семихумидног до веома хумидног климата. У другом 30-годишњем периоду у Србији долази до аридизације климата, а то најбоље показује чињеница се проценат семихумидних области у другом периоду удвостручио;
- 3) Презентовани резултати у Поглављу 5 показују да је ефекат континенталности откривен на већини станица у Србији, док је ефекат маритимности откривен на станицама које се налазе у југозападном и западном брдско-планинском делу Србије. Ово се може приписати општим синоптичким обрасцима изнад Србије у вишегодишњем периоду (Станојевић, 2016; Дуцић и Радовановић, 2005; Група аутора, 2017). Постоји значајна корелација између термалних индекса маритимности и континенталности. Због података о температури ваздуха и падавинама на годишњем нивоу, термални индекси не подржавају сезонске обрасце, иако постоји реална прихватљива разлика у просторној дистрибуцији падавина и температуре и коришћених термалних индекса маритимности и континенталности;
- 4) Главни закључак у Поглављу 6 је да је просторна дистрибуција и варијација Торнтвајтових климатских класификационих категорија у највећој мери условљена динамичко-орографским факторима, тј.

- резултат је разлика у просторној дистрибуцији и годишњем ходу температуре ваздуха и падавина у Србији, и да примена Торнтвајтове класификације на простору Србије може бити оправдана само уз примену још неке „помоћне“ класификације и модификовањем климатске формуле коју је дао Торнтвајт 1931. Ако би се резултати добијени у овом поглављу упоредили са резултатима које је сам Торнтвајт дао на карти Северне Америке, класификација би била одбачена као неадекватна у смислу физичко-географских и општих климатских законитости;
- 5) У Поглављу 7 се издваја неколико главних закључака: КСС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен умерено топли кишни (C) климат на 93,5% станица у различитим варијантама, са доминантном *Cfwbx* класом. Бореални или снежно-шумски (D) климат је заступљен на 2 метеоролошке станице са укупно 6,5% учешћа. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 41,9%; КГС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен хладни (D) климат на 71% станица у различитим варијантама, са доминантном *Dfb* класом. Умерени (C) климат је заступљен на 9 метеоролошких станица са укупно 29,1% учешћа. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 64,5%; КТС климатски класификациони систем на 31 метеоролошкој станици показује да у целом 60-годишњем периоду осматрања у Србији је заступљен умерени (D) климат на 96,7% станица у различитим варијантама, са доминантном *DC* класом. Субарктички (E) климат је заступљен на 1 метеоролошкој станици са укупно 3,2% учешћа. То је варијанта *EO*-субарктичког океанског климата на станици Копаоник. Процент промена у просторној дистрибуцији и варијацији климатских класификационих категорија између два нестандардна климатска субпериода је значајан и износи 45,2%;
- 6) Резултати у Поглављу 8 указују на две чињенице: када је у питању просторна дистрибуција и варијација тренда према Сеновој оцени нагиба тренда и његове значајности према *Z*-статистику годишњих и сезонских температура ваздуха на нивоу станица укључених у анализу, резултати су крајње различити за два 30-годишња климатска субпериода, сем у пролећној (*МAM*) сезони, где су трендови у оба периода на већини станица позитивни; када је у питању просторна дистрибуција и варијација тренда према Сеновој оцени нагиба тренда и његове значајности према *Z*-статистику

годишњих и сезонских сума падавина на нивоу станица укључених у анализу, резултати указују на позитиван тренд на већини станица на годишњем и МАМ, ЈЈА и СОН нивоу.

Треба истаћи чињеницу да су све полазне хипотезе у дисертацији, као и оне постављене посебно по поглављима, потврђене. Као одговор на главни циљ или питање у дисертацији, а то је проналажење адекватне, у физичко-географском смислу, климатске класификације, издвојене су следеће три класификационе шеме:

**1. Класификација климата према индексу суше Е. де Мартона** која у највећој мери, преко својих климатских класификационих категорија, одражава физичко-географске карактеристике простора Србије, тј. може се рећи да има највише географских обележја;

**2. Кепенова и модификације Кепенове класификационе шеме** као највише коришћене и на глобалном нивоу најпознатије класификације;

**3. Торнтвајтова класификациона шема** која, поред бројних недостатака, показује највећу математичку егзактност и има највише метеоролошких обележја.

Резултати презентовани у овој дисертацији би могли послужити као објективна теоријско-методолошка база за израду карата будућих климатских пројекција које би обухватиле знатно дуже периоде од 90, 120 или више година. Такође, могла би се пронаћи веза између пројектованих климатских категорија и просторне дистрибуције и варијације различитих климатских елемената (температуре ваздуха, сума падавина, ваздушног притиска, ветра, итд.) на мезо и макро нивоу. Примењене класификационе шеме у дисертацији могле би се користити у регионалним климатским моделима високе резолуције (RCM).

Како због лимитације у погледу времена, тако и простора, у овој дисертацији није било речи о генетским класификацијама климата повезаним са ваздушним масама, као и о синоптичким (динамичким) класификацијама које анализирају слојеве атмосфере на различитим изобарским површинама, а које су изузетно примењиве у нумеричким моделима и симулацијама атмосфере. У том смислу, било би корисно урадити класификацију климата Србије на основу генезе ваздушних маса или на основу синоптичких шема на различитим изобарским површинама и упоредити са класификацијама климата које су предложене у овој дисертацији.

Дакле, „најтачнија“, тј. у научном погледу најпрецизнија класификација климата би била она која би комбиновала класификације климата засноване на термичком и фактору влажности и синоптичке (динамичке) класификације, јер међусобним утицајем физичко-географских фактора и фактора опште циркулације атмосфере и њиховим преплитањима се формира комплексна слика просторне дистрибуције климата у нашој земљи, као и у свету.

## 9.2. Остварени резултати, ограничења и будућа примена

Када су у питању циљеви у докторској дисертацији, може се рећи да су сва три кључна циља успешно остварена:

1. да се пронађе одговарајућа класификација климата на основу које се може извршити регионализација климата на нашем простору у складу са физичко-географским особеностима Србије и свеукупном утицају климатских елемената на климу наше земље у просторно-временском континууму климатског система Земље;
2. да се укаже на одређене предности и недостатке различитих климатских класификација на простору Србије користећи различите статистичке методе;
3. да се на основу резултата добијених за 30-годишње субпериоде (1951-1980. и 1981-2010.) квантификују промене у просторној дистрибуцији и варијацији климатских региона, индекса и климата коришћењем статистичких метода;

Међутим, одређени делови дисертације показују извесне лимитације као што су дужина низа података, анализа само два климатска елемента, непотпуни низови података за одређене станице, неравномерна дистрибуција станица на простору Србије и број станица укључених у анализу, као и одређивање „граница“ климатских региона дефинисаних различитим критеријумима у свакој појединачној класификацији.

Докторска теза је истраживала могућности примене 13 различитих климатских класификационих шема на простору Србије и анализираше резултате тих примена у складу са физичко-географским одликама географског простора у којем је лоцирана. Анализа је обухватила две главне приземне синоптичке варијабле, тј. два најважнија климатска елемента: температуру и падавине. У циљу анализе добијених резултата и њихове компарације коришћене су различите математичко-статистичке и геостатистичке методе, тј. апликативни значај концепта и методологије истраживања у овој тези пружиће основу за даља истраживања ове и сличне проблематике у климатологији, а могу се истаћи и следеће практичне примене:

- дат је научни допринос и унапређена је методологија проучавања климе са аспекта регионалне климатологије и климатографије, а истакнут је апликативни значај;
- створена је теоријско-методолошка основа и израђена је адекватна база података у ГИС-у за даља истраживања;
- примењене су модерне геостатистичке методе које су омогућиле нов „увид“ у просторну анализу климатских података и примењена је картографска визуелизација геопросторних података;

- апликативни значај истраживања, не само са аспекта географских наука, већ и осталих научних дисциплина и области људског деловања;

Резултати истраживања у дисертацији су дали допринос бољем разумевању климе Србије и указали на објективно чињенично стање, а поткрепљени су математичко-геостатистичким методама.

## Поглавље 10

### Препоруке за даљи рад

#### 10.1. Генетске класификације (засноване на типовима ваздушних маса) и синоптичке/динамичке класификације климата

Како због ограниченог времена, тако и простора, у оквиру задате теме и циљева ове дисертације није било могуће обухватити све релевантне научне концепте климатских класификација који се примењују у савременој климатолошкој и метеоролошкој литератури. У првом реду, могу се навести нумеричке класификације, генетске и синоптичке/динамичке класификације. У дисертацији су због доступности података, као и због научне области проучавања (физичка географија), првенствено анализирани приземне синоптичке варијабле (температура ваздуха и падавине) које су од највећег значаја у формирању климата одређеног географског простора.

Температура ваздуха и падавине имају највећи утицај на формирање климата неког географског простора, а самим тим утичу на животну средину и човека, те спадају у групу примењених емпиријских класификација са наглашеним термичким и ефектима биланса влаге. Дакле, имају наглашене географске црте. Међутим, постоје класификације које доводе у везу постанак (генезу) ваздушних маса и факторе који томе доприносе, тј. чиниоце које утичу на генезу климата одређеног географског простора. Овај тип климатских класификација је настао са развојем синоптичке метеорологије и климатологије, тј. са развојем знања о пореклу ваздушних маса (Oliver, 2005). Називају се генетским класификацијама. Основа проучавања макроклимата у овом типу класификација је атмосферска циркулација, заправо, може се рећи да је то регионална климатологија ваздушних маса. Међу најзначајнијим, могу се навести радови следећих истраживача: Willet (1933), Showalter (1939), Berry and Bollay (1945), Flohn (1950), Strahler (1951, 1969) и Oliver (1970).

Према генетској класификацији коју је предложио Strahler (1969) климат Србије спада у **II групу**-Климате средњих географских ширина које контролишу тропске и поларне ваздушне масе. У оквиру ове групе могу се издвојити три класе климата у нашој земљи:

1. Влажни континентални климат (35<sup>0</sup>-60<sup>0</sup>N): фронтални циклони, хладне зиме, топла до жарка лета, велики годишњи температурни опсег, равномеран плувиометријски режим;
2. Континентална пустиња и степа средње географске ширине (35<sup>0</sup>-50<sup>0</sup>N): летњи  $cT$  ваздух се смењује зимским  $cP$ , годишња температурна амплитуда је под утицајем жарког лета и хладне зиме.



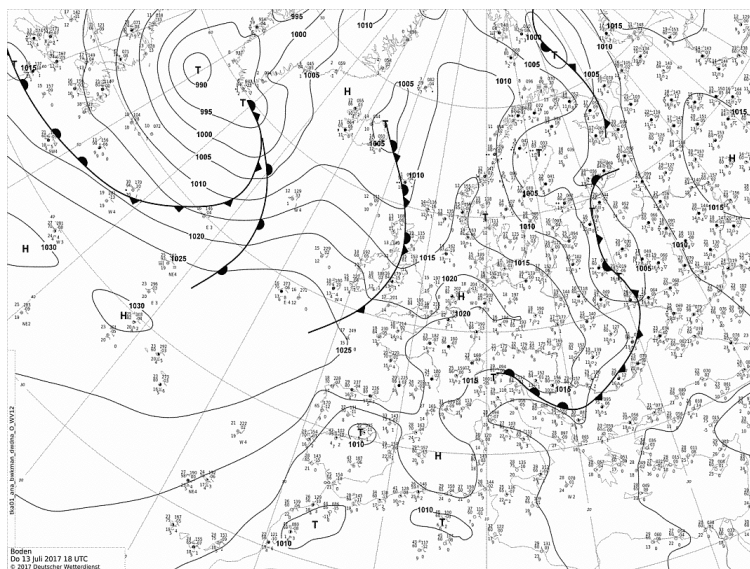
3. Медитерански климат (30<sup>0</sup>-45<sup>0</sup>N): жарка и сува лета повезана са суптропским високим притиском се наизменично смењују са зимским циклонима који доносе обилне кише. Овај тип климата се јавља у деловима Косова и Метохије.

Поред ове три класе климата, заступљен је и *Климат висоравни*, који је локализован на брдско-планинским пределима у Србији и разноврстан је по свом карактеру.

Наравно, оваква подела је крајње генерализована и пружа само опште климатске црте наше земље. Детаљнија анализа је пожељна, а корисно би било упоредити резултате ове анализе са резултатима приказаним у овој дисертацији, тј. са приземним метеоролошким варијаблама: температуром ваздуха и падавинама у што дужем временском периоду. Резултати оваквих компарација би имали реперкусија на неке будуће прогностичке моделе.

И овом случају, постоје извесне лимитације. Главна представља недостатак и недоступност података о средњем дневном пристику на нивоу мора и геопотенцијалним висинама. Део проблема може бити решен коришћењем података о поменутих варијаблама из NOAA NCEP/NCAR реанализа<sup>41</sup>. На основу ових података могу се исцртати карте апсолутне топографије на 500 и 1000 mb, коришћењем софтвера GrADS.

На слици 1 приказан је пример једне синоптичке ситуације на дан 13.07.2017. где је на станици Велико Градиште регистрована маскимална дневна количина падавина од 80,4 mm. Хладни сектор фронталне непогоде у склопу приземног циклона премештао се преко наше територије условљавајући непогоде, обилне падавине и пад температуре.

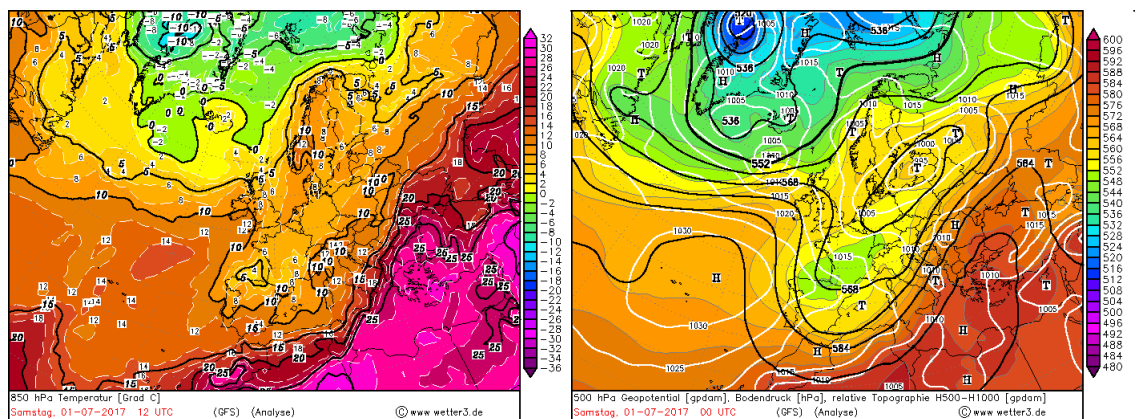


Слика 1. Приземна синоптичка карта, 13. јул 2017.

([http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv\\_dwd.html](http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_dwd.html))

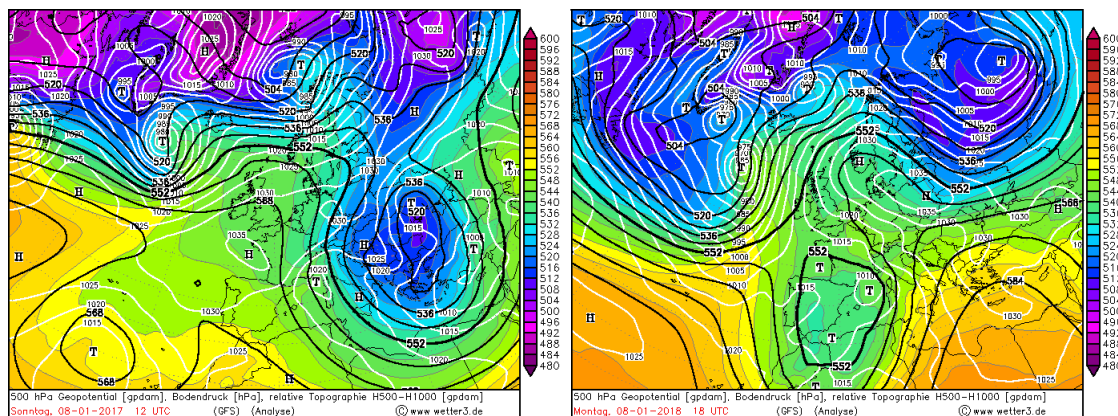
<sup>41</sup> <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>

На следећем екстремном примеру може се видети утицај летњих  $cT$  ваздушних маса које продиру до наше територије из Сахаре. Пример је појава другог топлотног таласа у Србији у периоду 27.06.-01.07.2017. у Неготину. На карти АТ 850 mb и на карти релативне топографије 500-1000 mb (слика 2) уочава се оса висинског термобаричког гребена која се простире од Сахаре, преко Грчке, Босфора, Црног мора, па све до Крима. Високе вредности геопотенцијалних висина у самој оси гребена означавају силазно струјање топлог ваздуха са висине.



Слика 2. Карта АТ 850 mb (температура) (лево) и карта релативне топографије 500-1000 mb (десно) 13. јула 2017. (<http://www1.wetter3.de/Archiv/>)

На следећем екстремном примеру може се видети и утицај  $cAV$ , који се у нижим ширинама трансформише тако да може да има својства  $cP$  ваздуха. Пример за то је први хладни талас у јануару 2017. који је трајао од 6. до 12. јануара. На слици 3 (лево) се запажа висинска долина у виду дугог таласа са веома ниским геопотенцијалним висинама која означава негативну адвекцију, тј. продор хладног ваздуха на висини. Оса ове долине простире се од арктичке области, преко источне Европе, па скоро до обала Египта и Либије. Изнад Србије, оса долине формира област затворених изобара у облику висинског циклона у чијем се језгру налази јако хладан ваздух, док се у приземљу формира центар високог притиска и гребен у виду кратког таласа. На слици 3 (десно) уочава се супротна синоптичка ситуација у истом периоду у 2018. години. Наша територија је сада под утицајем  $cT$  ваздуха из области Северне Африке и Арабије. На карти релативне топографије (слика 3-десно) уочава се оса висинског гребена која се простире од Арабијског полуострва, преко Египта и Либије, Турске и Грчке, Балканског полуострва па све до Северног мора. Више вредности геопотенцијалних висина у оси гребена означавају силазно кретање топлог ваздуха са висине, а у приземљу је развијен пространи антициклон са центром изнад Украјине, условљавајући топло, ведро и суво време.



Слика 3. Карта релативне топографије 500-1000 mb, 08. јануара 2017. (лево) и 2018. године (десно) (<http://www1.wetter3.de/Archiv/>)

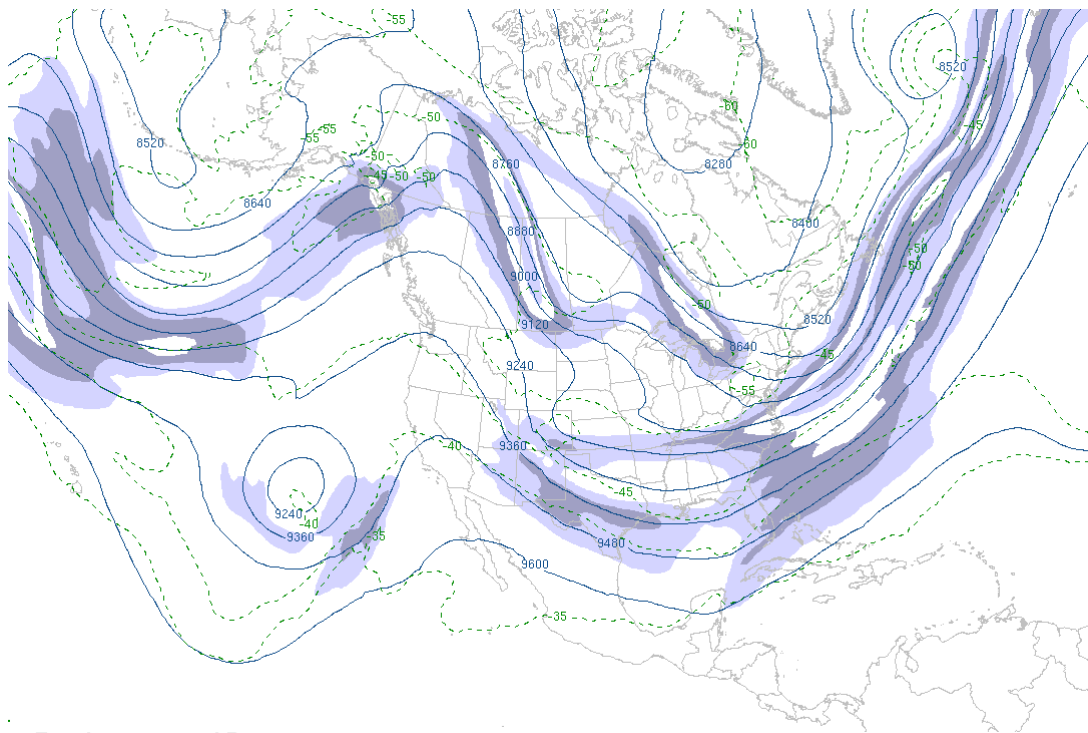
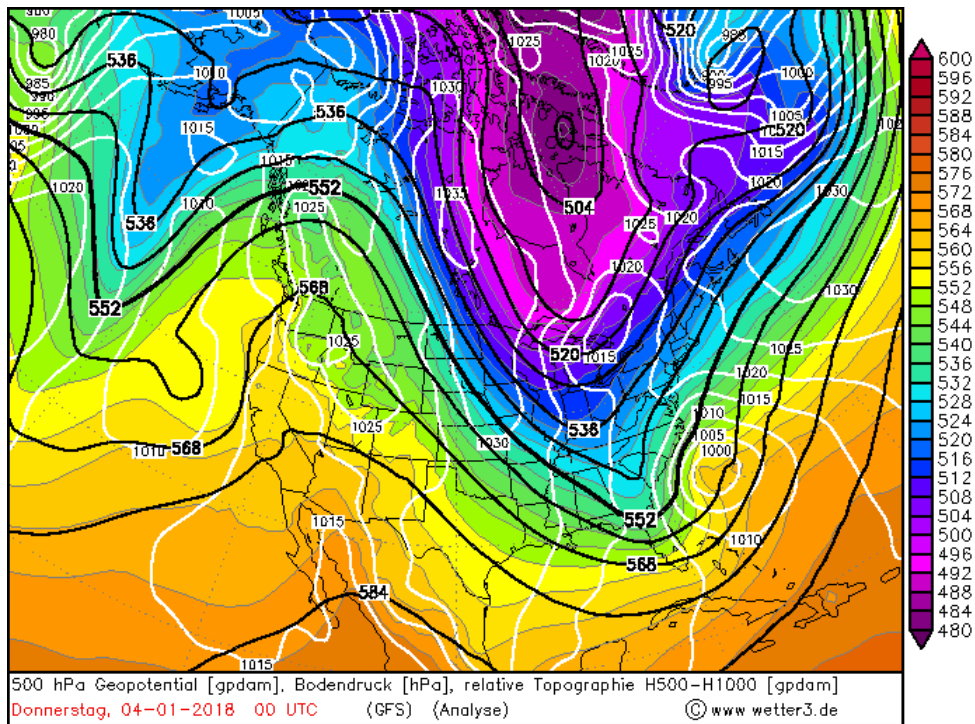
Још један од приступа у генетским класификацијама је приступ који је предложио Flohn (1950). Према овом приступу климат Србије би, у најопштијој форми, могао бити класификован као **бореални, континентални подтип**, са летњим падавинама и ограниченим зимским снежним падавинама. Детаљна анализа је потребна у овом случају.

Неке од најзначајних савремених климатских класификационих шема развијају се у оквирима динамичке/синоптичке климатологије. Концепт *gross wetterlagen* (временска шема великог формата), као и теоријско-методолошке основе синоптичке класификације, могу се пронаћи у радовима следећих истраживача: Hettner (1930), Flohn (1950), Barry & Perry (1973), Yarnal & White (1987), Oliver et al. (1989), итд. Постоје два основна приступа која се користе у синоптичкој класификацији (Oliver, 2005):

- a. **статички образац** (особине циркулације атмосфере укључујући обрасце за притисак);
- b. **кинematички образац** (анализа струјница од важности);

Евидентан је напредак у процедурама синоптичке класификације, као и њиховој евалуацији, и примени мултиваријационих кластер техника. Синоптичке класификације користе се у великој мери у нумеричкој таксономији (Oliver, 2005). Један пример овакве анализе приказан је на слици 4, која приказује екстремно хладни талас који је погодио Сједињене Америчке Државе почетком ове године. Слика 4 (горе) приказује позицију осе висинске долине и баричку топографију на 1000 и 500 mb (статички образац), док доњи део слике 4 показује позицију осе млазне струје на 300 mb површи. Позиција млазне струје (кинematички образац) била је од велике важности за амплификацију процеса продирња хладног ваздуха по висини у склопу висинске долине.





12Z 02 Jan 2018 300 hPa

University of Wyoming

Слика 4. Карта релативне топографије 500-1000 тв (горе) и карта апсолутне топографије на 300 тв (доле) изнад Северне Америке, 02. јануара 2018. у 00 UTC (<http://www1.wetter3.de/Archiv/>; <http://weather.uwyo.edu/cgi-bin/uamap?REGION=naconf&OUTPUT=gif&TYPE=an&LEVEL=300&date=2018-01-02&hour=12>)

## ЛИТЕРАТУРА

- Achberger, C., M., Linderson L., and Chen, D. (2003). Performance of the Rossby Centre regional atmospheric model in Southern Sweden: comparison of simulated and observed. *Theor. Appl. Climatol.*, 76, 219-234
- Adams, J.M. (2009). *Vegetation-Climate Interaction: How Plants Make the Global Environment*. 2 ed. – Springer, New York, 293 pp.
- Alvares, C. A. et al. (2014). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonc, J.L.M., Alves (2013). Modeling monthly mean air temperature for Brazil. – *Theor. Appl. Climatol.* 113, 407-427.
- Anyadike, R. N. C. (1987). A multivariate classification and regionalization of west African climates. *Journal of Climatology*, 7, 157-164. doi:10.1002/joc.3370070206
- Appendini, K., Liverman D. (1994). Climate change and food security in Mexico Food Policy. *Agric. Policy*, 19, 149-164.
- Arbabi, A. (2011). Cluster-based method for understanding the climactic diversity of Iran. *Afr J Agric Res* 6, 6525-6529.
- Arsenović, P., Tošić, I., & Unkašević, I. (2015). Trends in combined climate indices in Serbia from 1961 to 2010. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 127(4), 489-498.
- Aspinall, W. (2010). "A route to more tractable expert advice." *Nature* 463 (7279), 294-95.
- Aurenhammer, F. and Klein, R. (2000). "Voronoi Diagrams." Ch. 5 in *Handbook of Computational Geometry* (Ed. J.-R. Sack and J. Urrutia). Amsterdam, Netherlands: North-Holland, pp. 201-290.
- Aziz, Gh. (2000). Estimation of effect precipitation in relationship with implant of wheat: Case study" Plan Khoramabad". *J. Res. Geogr.*, 3, 115-123.
- Bagrow, L. (1964). *History of Cartography*. Revised by R. A. Skelton, C. A. Watts and Co., 311 pp.
- Bajat, B., Pejović, M., Luković, J., Manojlović, P., Ducić, V. and Mustafić, S. (2012). Mapping average annual precipitation in Serbia (1961-1990) by using regression kriging. *Theoretical and Applied Climatology*, 112: 1-13.
- Baker, B., Diaz, H., Hargrove, W., Hoffman, F. (2010). Use of the Köppen-Trewartha climate classification to evaluate climatic refugia in statistically derived ecoregions for the People's Republic of China. *Climate Change* 98, 113-131.
- Baltas, E. (2007). Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. *Meteorological Applications*, 14, 69-78.
- Bagnouls, F., Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *Annales De Geographie*, 355, 193-220.

- Barber, C. B., Dobkin, D. P., and Huhdanpaa, H. T. (1996). "The Quickhull Algorithm for Convex Hulls." *ACM Trans. Mathematical Software*, 22, 469-483.
- Baliunas, S., Frick, P., Sokoloff, D., and Soon, W. (1997). Time scales and trends in the central England temperature data (1659–1990): A wavelet analysis, *Geophys. Res. Lett.*, 24(11), 1351–1354, doi:10.1029/97GL01184.
- Belda, M., Holtanová, E., Halenka, T., Kalvová, J. (2014). Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Clim Res*, 59, 1-13. <https://doi.org/10.3354/cr01204>
- Benner, T. C. (1999). Central England temperatures: Long-term variability and teleconnections, *Int. J. Climatol.*, 19(4), 391–403. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(19990330)19:4<391::AID-JOC365>3.0.CO;2-Z.
- Berry, F. A., Bollay, E., and Beers, N. R. (1945). *Handbook of Meteorology*. McGraw-Hill, 1068 pp.
- Barry, G.R. and Chorley, R.J. (1972). *Atmosfera*. Tiempo y Clima, Barcelona.
- Barry, R.G. and Perry, A.H. (1973). *Synoptic climatology*. London : Methuen.
- Beck, C., Grieser, J., Rudolf, B. (2005). *A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. – Climate status report 2004, 181–190*, German Weather Service, Offenbach, Germany. Reprint available at <http://gpcc.dwd.de>.
- Blaney, H.P., Cridle, W.D. (1950). Determining water requirement in Irrigated areas climatological and Irrigation Data, *USDA Soil Cons. Ser. Tech.*, p. 96.
- Bow, S. T. (1984). *Pattern recognition*. Marcel Dekker, New York.
- Brazdil, R. (1985). Variation of spatial annual precipitation sums in Central Europe in the period 1881–1980. *J. Climatol.* 5, 617–631.
- Brazdil, R., Zahradniček, P., Pišoft, P., Štěpanek, P., Bělinova, M., and Dobrovolný, P. (2012). Temperature and precipitation fluctuations in the Czech Republic during the period of instrumental measurements, *Theor. Appl. Climatol.*, 110(1–2), 17–34, doi:10.1007/s00704-012-0604-3.
- Brown, M. B. and Forsythe, A. B. (1974). *Journal of the American Statistical Association*, 69, pp. 364-367.
- Brunt, D. (1924). Climatic continentality and oceanity. *Geogr. J*, 44-43.
- Bugar, D., Papić Blagojević, N. (2009). Konkurentnost agrobiznis sektora Srbije u funkciji poboljšanja spoljnotrgovinske razmene, *Škola biznisa naučnostručni časopis*, no. 3, 43-48.
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J. (2014). Klima Crne Gore: Modifikatori i tipovi – drugi deo. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 94(1), 73-90.
- Carter, D. B. and Mather, J. R. (1966). Climatic classification for environmental biology. *Publications in Climatology*, Vol. 19, No. 1, 305–395.
- Castro, M., Gallardo, C., Jylha, K., Tuomenvirta, H. (2007). The use of climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change*, 81, 329–341.

- Chang, J. H. (1959). An evaluation of the 1948 Thornthwaite classification. *Annals of the Association of American Geographers*, 49, 24–30.
- Charles-Edwards, D. A. (1984). *Physiological determination of crop growth*. Academic Press, Sydney. Pp 161.
- Chen, D., and Chen, H.W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901– 2010. *Environ. Dev.*, 6, 69–79, doi:10.1016/j.envdev.2013.03.007.
- Christensen, J.H. and Kuhry, P. (2000). High-resolution regional climate model validation and permafrost simulation for the East European Russian *Artic. J. Geophys. Res.*, 105(D24), 29647-29658.
- Chronopoulou - Sereli A. (1996). *Courses of Agricultural Meteorology*. Publications Agricultural University of Athens; Athens, OH.
- Clark, P.J. & Evans, F.C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35, 445-453.
- Cline, M. G. (1949). Basic principals of soil classification. *Soil Science* 67 (2), 81–91.
- Conway, D., Wilby, R.L., Jones, P.D. (1996). Precipitation and airflow indices over the British Isles. *Climate Research*, 7, 169–183.
- Conrad, V. (1946). Usual formulas of continentality and their limits of validity. *Trans. Am. Geophys. Union*, 27-663.
- Conrad, V., Pollak, L.W. (1950). *Methods in climatology, 2nd edition*. Harvard university press, Cambridge,Massachusetts.
- Crosbie, R.S., Pollock, D.W., Mpelasoka, F.S., Barron, O.V., Charles, S.P., Donn, M.J. (2012). Changes in Köppen-Geiger climate types under a future climate for Australia. *Hydrological implications. – Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 3341–3349.
- Cvijić, J. (1918). Hydrographie souterraine et évolution morphologique du karst. *Rec. Trav. Inst. Géogr. Alpine (Grenoble)*, 6, No. 4, 56pp.
- Čermak, V., Bodri, L., Šafanda, J., Krešl, M., and Děděček, P. (2014). Ground-air temperature tracking and multi-year cycles in the subsurface temperature time series at geothermal climate-change observatory, *Stud. Geophys. Geod.*, 58(3), 403–424, doi:10.1007/s11200-013-0356-2.
- Dalezios, N.R., Zarpas, C.D. (1996). The role of NDVI and meteorological indices in the phenology of cotton, vineyards and apples in Greece. *International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, 24–26 April 1996 (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities), pp 185–190.
- Dalezios, N., Domenikiotis, X., Tzortzios, S., Loukas, A., Tzanetopoulou, I. (2000). The importance of the agrometeorological indicators on the development of the wheat crop in the area of Larisa. In *Practical of the 2nd National Congress of Agricultural Mechanics*, Volos.
- Davis, J.C. (1986). *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons.de Berg, M.; van Kreveld, M.; Overmans, M.; and Schwarzkopf, O. "Voronoi Diagrams: The Post Office Problem." Ch. 7



- in *Computational Geometry: Algorithms and Applications*, 2nd rev. ed. Berlin: Springer-Verlag, pp. 147-163, 2000.
- De Castro, M. et al. (2007). The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change*, 81, 329-341.
- DeGaetano, A.T., Shulman, M.D.(1990). A climatic classification of plant hardiness in the United States and Canada. *Agric. For. Meteorol.*, 51, 333-351.
- De Martonne, E. (1925). *Traité de Géographie Physique*. A. Colin, Paris.
- De Martonne, E. (1941). *Traite de Géographie Physique: 3 tomes*, Paris.
- Deniz, A., Toros, H., Incecik, S. (2011). Spatial variations of climate indices in Turkey. *International Journal of Climatology*, 41 (3), 394-403.
- Diaz, H.F., Eischeid, J.K. (2007). Disappearing "alpine tundra" Köppen climatic type in the western United States. *Geophysical Research Letter* (34): L18707, DOI: 10.1029/2007GL031253.
- Dove, H. W. (1853). *The Distribution of Heat Over the Surface of the Globe*. Translated from German for the British Association for the Advancement of Science, Taylor and Francis, 27 pp. plus maps.
- Driscoll, D. M., Yee Fong, J. M. (1992). Continentality: a basic climatic parameter re-examined. *International Journal of Climatology*, 12, pp. 185-192.
- Ducić, V., & Radovanović, M. (2005). *Klima Srbije*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Дуцић, В., Бурић, Д., Луковић, Ј. и Станојевић, Г. (2011). Промене количине падавина у Подгорици у периоду 1951-2010. *Гласник Српског географског друштва*, 91(2):51-70.
- Дукић, Д. (1998). *Климатологија*. Београд: Географски факултет.
- Elsa, E., Moreira, N., Paulo, A., Pereira, L., Mexia, T. (2006). Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models. *J. Hydrol.*, 33, 349-359.
- Emberger L. (1930). La végétation de la région méditerranéenne: essai d'une classification des groupements végétaux. *Revue de Botanique, Librairie générale de l'enseignement*, 503, 642-662 ; 504, 705-721.
- Emberger, E. (1932). Su rune formule climatique et ses applications en botanique. *La Météorologie*.
- Essenwanger, O. M. (2001). *Classification of climates*. In World Survey of Climatology 1C, General Climatology, Elsevier, Amsterdam, pp. 102.
- Everitt, B.S., Landau, S. and Leese, M. (2001). *Cluster Analysis, Fourth edition*, Arnold.
- Fasghandic, E., Sarafei, B., Jahanei, M., Molavei, A. (2005). Evaluating of models potential evaporation transpiration for Ahar zone. *J. Space Geogra.*, 20, 65-79.
- Feddema, J.J. (2005). A revised Thornthwaite-type global climate classification. *Phys Geogr*, 26, 442-466.

- Feliks, Y., Ghil, M., and Robertson, A.W. (2010). Oscillatory climate modes in the Eastern Mediterranean and their synchronization with the North Atlantic Oscillation, *J. Clim.*, 23(15), 4060–4079, doi:10.1175/2010JCLI3181.1.
- Feng, S., Ho, C.H., Hu, Q., Oglesby, R.J., Jeong, S.J., Kim, B.M. (2012). Evaluating observed and projected future climate changes for the Arctic using the Köppen–Trewartha climate classification. *Climatic Dynamics*, 38, 1359–1373, DOI: 10.1007/s00382-011-1020-6.
- Feng, S., Hu, Q., Huang, W., Ho, C.-H., Li, R. and Tang, Z. (2014). Projected climate regime shift under future global warming from multi-model, multi-scenario CMIP5 simulations. *Global Planet. Change*, 112, 41–52, doi:10.1016/j.gloplacha.2013.11.002.
- Feyen, L. and Dankers, R. (2009). Impact of global warming on streamflow drought in Europe. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D17), D17116, doi:10.1029/2008JD011438.
- Field, R. T. (2005). John Russell (Russ) Mather at the Laboratory of Climatology. *Physical Geography, Vol. 26*, 434–441.
- Filatov, N., Salo, Y., Nazarova, L. (2005). Effect of climate variability on natural water bodies in Northwest Russia. *15th International Northern Research Basins Symposium and Workshop*. Luleå to Kvikkjokk: Sweden.
- Flocas, A.A. (1994). *Courses of Meteorology and Climatology*. Ziti Publications: Thessaloniki.
- Flohn, H. (1950). “Klimaschwankungen im Mittelalter und ihre historisch-geographischen Bedeutung”, *Berichte zur Deutschen Landeskunde*, 72, pp. 347-357.
- Folland, C.K. and Co-authors. (1999). Workshop on indices and indicators for climate extremes. Asheville, NC, USA, 3–6 June 1997: Breakout Group C: temperature indices for climate extremes. *Climatic Change*, 42, 31–43.
- Fovell, R. G. and Fovell, M.-Y. C. (1993). Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis. *J. Climate*, 6, 2103–2135.
- Fraedrich, K., Gerstengarbe, F.-W. and Werner, P. C. (2001). Climate shifts during the last century. *Climatic Change*, 5, 405-417.
- Fujihara, Y., Tanaka, K., Watanabe, T., Nagano, T. and Kojiri, T. (2008). Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations. *Journal of Hydrology*, 353(1-2), 33-48.
- Gadiwala, M.S., Usman, A., Akhtar, M., Jamil, K. (2013). Empirical models for the estimation of global solar radiation with sunshine hours on horizontal surfaces in various cities of Pakistan. *Pakistan J. Meteorol.*, 9 (18), 43-49.
- Gajić-Čapka, M. (1994). Periodicity of annual precipitation in different climate regions of Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 49/4, 213-216.
- Gallardo, C., Gil, V., Hagel, E., Tejeda, C. and de Castro, M. (2013). Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional

- climate models by the use of Köppen–Trewartha classification. *Int. J. Climatol.*, 33, 2157–2166, doi:10.1002/joc.3580.
- Gamiz-Fortis, S., Pozo-Vazquez, D., Esteban-Parra, M., and Castro-Diez, Y. (2002). Spectral characteristics and predictability of the NAO assessed through Singular Spectral Analysis, *J. Geophys. Res.*, 107(D23), 4685, doi:10.1029/2001JD001436.
- Gao, X. and Giorgi, F. (2008). Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global and Planetary Change*, 62(3-4), 195-209.
- Gausson, H. (1956). Le XVIII congress international de Geographie, Rio de Janeiro, Aout 1956. *Annales De Geographie*, 353,1-19.
- Garnier, B. J. (1951). "Thorntwaite's New System of Climatic Classification in Its Application to New Zealand," *Transaction of the Royal Society of New Zealand*, Vol. 79, pp. 87-103.
- Gavilan, R.G. (2005). The use of climatic parameters and indices in vegetation distribution. A case study in the Spanish Sistema Central. *International Journal of Biometeorology*, 50, 111–120.
- Gerstengarbe, F.W., Werner, P.C. (2009). A short update on Köppen climate shifts in Europe between 1901 and 2003. *Clim Change* 92, 99–107.
- Gilbert, R.O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Gnandesikan, A., Stouffer, R.J. (2006). Diagnosing atmosphere-ocean general circulation model errors relevant to the terrestrial biosphere using the Köppen climate classification. *Geophys. Res. Lett.*, 33, L22701, 1–5.
- Goodess, C., Jacob, D., Déqué, M., Gutiérrez, J., Huth, R., Kendon, E., Leckebusch, G., Lorenz, P. and Pavan, V. (2009). Downscaling methods, data and tools for input to impacts assessments. In: *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of Research and Results from the ENSEMBLES Project [van der Linden, P. and J.F.B. Mitchell (eds.)]*. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, pp. 59-78.
- Gorczyński, L. (1920). *Sur le Calcul Degré du Continentalisme et son Application dans la Climatologie*. *Geogr. Ann.* Stockholm.
- Gorczyński, L. (1922). The calculation of the degree of continentality. *Monthly Weather Review*, 50, 369-370.
- Gorczyński, W. (1948). Decimal System of World Climates. *Przegląd Meteor. Hydrol.*, 1, 30–43.
- Grieser, J., M., Kotteck, C., Beck, F., Rubel and Rudolf, B. (2006). World Maps of Köppen-Geiger Climates calculated from CRU TS 2.1 and VASCLIM0 v1.1, *in preparation*.
- Grieser, J., Tromel, S. and Schonwiese. C.-D. (2002). Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature, *Theor. Appl. Climatol.*, 71(3–4), 171–183, doi:10.1007/s007040200003.

- Groisman, P.Y. (1999). Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. *Climatic Change*, 43, 243–283.
- Grundstein, A. (2008). Assessing climate change in the contiguous United States using a modified Thornthwaite climate classification scheme. *Professional Geographer*, 60, 398–412. doi:10.1080/00330120802046695
- Група аутора (2017). *Географуја Србије*. Београд: Географски институт “Јован Цвијић” САНУ.
- Guetter, P.J., Kutzbach, J.E. (1990). A modified Koeppen classification applied to model simulation of glacial and interglacial climates. *Clim Change*, 16, 193–215.
- Guibas, L. and Stolfi, J. (1985). "Primitives for the Manipulation of General Subdivisions and the Computations of Voronoi Diagrams." *ACM Trans. Graphics*, 4, 74-123.
- Hann J. (1883). *Handbuch der Klimatologie*, Engelhorn: Stuttgart, 774.
- Hantel, M. (2005). *Observed Global Climate, Series Landolt- Börnstein – Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, New Series Vol. 6A. – Springer, Berlin.*
- Hare, K. (1951). Climatic Classification. In: *Climate in Review*, eds. L. D. Stamp and S. W. Wooldridge, 111-134 Palo Alto, CA: Houghton Mifflin Company.
- Harley, J. B., and Woodward, D. (1987). *The History of Cartography, Volume 1.* University of Chicago Press, 599 pp.
- Haylock, M., Nicholls, A. (2000). Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality dataset for Australia. 1910–1998. *International Journal of Climatology*, 20, 1533–1541.
- Hershfield, D.M. (1964). Effective Rainfall and Irrigation Water Requirements. *J. Irrig. Dr. Div. ASCE*, 90 (3920): 33-47.
- Hettner, A. (1930). *Die Klimate der Erde*. Geographische Schriften (Leipzig and Berlin) 5, 115 pp.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griss, D.J., Noguera, M., Van der Linden, P.J., Xiaosu, D. (2001). *Climate change: The Scientific Basics*. Contribution of Working Group I to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press: Cambridge, UK; 944.
- Hulme, M. (1994). Validation of large-scale precipitation fields in general circulation models. *Global Precipitations and Climate Change*. Springer-Verlag: Berlin; 387–405.
- IPCC, (2000). Emissions Scenarios. *A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 599 pp.
- IPCC, (2001). Climate change 2001: The scientific basis. *Contribution of working group I to the Third Assessment Report of the IPCC*. Houghton, J. T. et al. (eds) Cambridge University Press.

- Istva, J., Mika, J., Dunkel, Z. (2005). Palmer drought severity index as soil moisture indicator: physical interpretation, statistical behavior and relation to global climate. *Phys. Chem. Earth*, 30, 231-243.
- Jacob, D., Bärring, L., Christensen, O. B., Christensen, J. H., de Castro, M., M. Déqué, F. Giorgi, S. Hagemann, M.Hirschi, R. Jones, E. Kjellström, G. Lenderink, B.Rockel, E. Sánchez, C. Schär, S. I. Seneviratne, S. Somot, A.van Ulden, B. van den Hurk (2005). *An inter-comparison of regional climate models for Europe: Design of the experiments and model performance*. Accepted in Clim. Change Special Issue on the PRUDENCE project.
- Jacobeit, J. (2010). Classifications in climate research. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, 411-421.
- Jajcay, N. *et al.* (2016). Time scales of the European surface air temperature variability: The role of the 7-8 year cycle. *Geophys. Res. Lett.* **43**, doi: 10.1002/2015GL067325
- James, P. E., & Jones, C. F. (Eds.). (1954). *American geography, inventory and prospect*. Syracuse, NY: Syracuse University Press.
- James, P. E., & Martin, G. J. (2005). *All possible worlds: A history of geographical ideas (4th ed.)*. Oxford: Oxford University Press.
- Johansson, O.V. (1926). Über die Asymmetrie der meteorologischen Schwankungen. In: *Soc. Sci. Fennica, Commentationes Phys. Math.* 3, Iff.
- Johnson, D.E. (1998). *Applied multivariate methods for data analysts, edit 2*, Duxbury Press, New York.
- Jones, P.D. (1994). Hemispheric surface air temperature variability - a reanalysis and an update to 1993. *Journal of Climate*, 7, 1794-1802.
- Jones, P.D., Conway, D., Briffa, K.R. (1997). Precipitation variability and drought. *Climates of the British Isles*, Hulme M (ed). Routledge: London; 197-219.
- Jones, P.D., Horton, E.B., Folland, C.K., Hulme, M., Parker, D.E., Basnett, T. A. (1999). The use of indices to identify changes in climatic extremes. *Climatic Change*, 42, 131-149.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Ruosteenoja, K., Niemi-Hugaerts, H., Keisu, K., Karhu, J.A. (2010). Observed and projected future shifts of climatic zones in Europe, and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate and Society*, 2, 148-167.
- Kalkstein, L. S., Tan, G., & Skindlov, J. A. (1987). An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, 717-730. doi:10.1175/1520-0450(1987)026<0717:AEOTCP>2.0.CO;2
- Kalvova, J., Halenka, T., Bezpalcova, K. and Nemesova, I. (2003). Köppen climate types in observed and simulated climates. *Stud. Geophys. Geod.* 47, 185-202.
- Karaca, M., Deniz, A., Tayanç, M. (2000). Cyclone tracks variability over Turkey in association with regional climate. *International Journal of Climatology*, 20, 1225-1236.

- Karagiannidis, A.F., Bloutsos, A.A., Maheras, P.P., Sachsamanoglou, Ch. (2008). Some statistical characteristics of precipitation in Europe. *Theor. Appl. Clim.* 91, 193-204.
- Karl, T.R., Knight, R.W., Baker, B. (2000). The record breaking global temperature of 1997 and 1998: Evidence for an increase in the rate of global warming. *Geophysical Research Letters*, 27, 719-722.
- Kejna (1999). Air temperature on King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Polish Polar Research*, 20, 183-201.
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin, London.
- Kenney, J. F. and Keeping, E. S. (1962). "Root Mean Square." §4.15 in *Mathematics of Statistics, Pt. 1*, 3rd ed. Princeton, NJ: Van Nostrand, pp. 59-60.
- Kim, H. J. et al. (2008). Changes in arid climate over North China detected by the Koppen climate classification. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II.* 86, 981-990,
- Kjellström, E., Nikulin, G., Hansson, U., Strandberg, G. and Ullerstig, A. (2011). 21st century changes in the European climate: *uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations*. *Tellus A, Series A*, 63A(1), 24- 40, doi: 10.1111/j.1600-0870.2010.00475.x
- Klee, V. (1980). "On the Complexity of  $d$ -Dimensional Voronoi Diagrams." *Archiv. Math.*, 34, 75-80.
- Kleidon, A., Fraedrich, K., Heimann, M. (2000). A green planet versus a desert world: Estimating the maximum effect of vegetation on the land surface climate. *Climate Change* 44, 471-493.
- Klein, A. and Co-authors. (2002). Daily dataset of 20th century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assesment. *International Journal of Climatology*, 22, 1441-1453.
- Knežević, S., Tošić, I., Unkašević, M., & Pejanović, G. (2014). The influence of the East Atlantic Oscillation to climate indices based on the daily minimum temperatures in Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 116(3-4), 435-446.
- Kolić, B. (1988). *Šumarska ekoklimatologija sa osnovama fizike atmosfere*. Beograd: Naučna knjiga.
- Kömüscü, A.U. (2001). Analysis of the recent drought conditions in Turkey in relation to circulation patterns. *Drought Network News*, 13, 5-6.
- Kondrashov, D., Feliks, Y., and Ghil, M. (2005). Oscillatory modes of extended Nile River records (A.D. 622-1922), *Geophys. Res. Lett.*, 32, L10702, doi:10.1029/2004GL022156.
- Köppen, W. P. (1918). Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermanns Geog. Mitt.*, 64, 193-203; 243-248.
- Köppen, W. P. (1931). *Grundriss der Klimakunde. 2d ed.*, Berlin: Walter de Gruyter.
- Köppen, W. P., and R. Geiger (1930-1939). *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebruder Borntraeger, 6 vols.

- Koppen, W. (1936). "Das Geographische System der Klimate," In: W. Koppen and G. C. Geiger, Eds., *Handbuch der Klimatologie*, Gebr, Borntraeger, 1936, pp. 1-44.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263.
- Koutroulis, A.G., Vrochidou, A. and Tsanis, I.K. (2010). Spatiotemporal characteristics of meteorological drought for the Island of Crete. *Journal of Hydrometeorology*, 12(2), 206-226, doi: 10.1175/2010JHM1252.1.
- Kovačić, Z. (1995). *Analiza vremenskih serija*. Ekonomski fakultet, Beograd,
- Kraus, H. (2004). *Die Atmosphäre der Erde*. Eine Einführung in die Meteorologie. - Springer, Berlin, 422 pp.
- Laaksonen, K. (1977). The influence of sea areas upon mean air temperatures. In: *Fennoscandia (1921-1950)*. *Fennia*, 151, 57-128.
- Lang, F. (1920). *Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde*. Schweizerbatsche Verl., Stuttgart.
- Лазаревић, Р. (1998): Крас Дубашнице, Горњана и Мајданпека, СГД, Београд.
- Lee, C. C., & Sheridan, S. C. (2012). A six-step approach to developing future synoptic classifications based on GCM output. *International Journal of Climatology*, 32, 1792-1802. doi:10.1002/joc.2394
- Legates, D. R. and Willmott, C. J. (1990). Mean seasonal and spatial variability in global surface air temperature. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 41, 11-21.
- Leighly, J. (1955). What has happened to physical geography? *Annals of the Association of American Geographers*, 45, 309-317.
- Levene, H. (1960). *Contributions to probability and statistics*. Stanford University Press, Stanford, 278-292
- Leemans, R., Cramer, W., van Minnen, J.G. (1996). Prediction of global biome distribution using bioclimatic equilibrium models. In *Effects of Global Change on Coniferous Forests and Grassland*, Melillo JM and Breymeyer A (eds). J. Wiley and Sons: New York, 413-450.
- Lockwood, J. G. (1995). Classics in physical-geography revisited - Thornthwaite, C.W. 1948 - An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review*, vol. 38, pp. 55-94. *Progress in Physical Geography*, 19, 243-248.
- Луковић, Ј. (2013). Увођење просторне димензије у проучавању колебања климе у Србији у инструменталном периоду (докторска дисертација). Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Maheras, P., Balafoutis, C., Vafiadis, M. (1992). Precipitation in the central Mediterranean during the last century. *Theor Appl Climatol*, 45, 209-216.



- McMahon, T. A., Finlayson, B. L., Haines, A. T., and Srikanthan, R. (1992). *Global Runoff – Continental Comparisons of Annual Flows and Peak Discharges*, Catena Verlag, Cremlingen, 166pp.
- McMahon, T.A., Peel, M.C., Vogel, R.M., Pegram, G.G. (2007). Global streamflows–Part 3: Country and climate zone characteristics. *J. Hydrol.* 347, 272–291.
- Malinović-Milićević, S., Radovanović, M., Stanojević, G., & Milovanović, B. (2015). Recent changes in Serbian climate extreme indices from 1961 to 2010. *Theoretical and Applied Climatology*, Online first, DOI 10.1007/s00704-015-1491-1
- Mann, H.B. (1945). *Nonparametric tests against trend*. *Econometrica*, vol 13, pp. 245-259.
- Manly, B.F.J. (2005). *Multivariate Statistical Methods: A primer, Third edition*, Chapman and Hall.
- Marcus, M. G. (1979). Coming full circle: physical geography in the twentieth century. *Annals of the Association of American Geographers* 69 (4): 521-532.
- Marsz, A., Rakusa-Suszczewskis (1987). Charakterystyka ekologiczna rejonu Zatoki Admiralicji (King George Island, South Shetland Islands). 1. Klimat i obszary wolne od lodu. *Kosmos*, 36, 103-127.
- Mather, J. R. (1978). *The Climatic Water Budget in Environmental Analysis*. Lexington, MA: Lexington Books.
- Mather, J.R., and Sanderson, M. (1996). *The genius of C. Warren Thornthwaite, climatologist–geographer*. Norman: University of Oklahoma Press.
- Mattos, J.N.B. (1905). *Breve nota sobre o clima de São Paulo*. *Serviço de Meteorologia do Estado de São Paulo*, São Paulo, 16 pp.
- Медвед, И., Прибичевић, Б., Медак, Д., Кузманић, И. (2010): Успоредба метода интерполације батиметријских мјерења за праћење промјена волумена језера. *Геодетски лист, бр. 2*, стр. 71-86, Загреб, Croatia.
- Mikolášková, K. (2009). A regression evaluation of thermal continentality, *Geografie. Sborník české geografické společnosti*, 114, 350–362.
- Милосављевић, М. (1972). *Метеорологија*. Научна књига, Београд
- Milovanović, B. (2005). Statistical procedures application and results of research of precipitation on mountain Stara planina. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 54: 33-44.
- Milovanović, B., Ducić, V., Radovanović, M., & Milivojević, M. (2017). CLIMATE REGIONALIZATION OF SERBIA ACCORDING TO KÖPPEN CLIMATE CLASSIFICATION. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 67(2), 103-114. doi:<http://dx.doi.org/10.2298/IJGI1702103M>.
- Milovanović, B., Schuster, P., Radovanović, M. et al. *Theor Appl Climatol* (2017) 130: 687. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2118-5>

- Milutinović, A. (1974). Klima Jugoslavije po Keppenovoj klasifikaciji i modifikacija ove klasifikacije prema našim uslovima. *IX savetovanje klimatologa Jugoslavije* Sarajevo: Stambulčić, Beograd: SHMZ.
- Mirzaei, S., Shamchei, A., Jahanei, M. (1999). Evaluating and Analysis models potential evaporation transpiration in basic Gharesu. *J. Space Geogr.*, 23, 147-165.
- Mitas, L., Mitsova, H. (1999). *Spatial Interpolation*. In: P.Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W.Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, Wiley.
- Morize, H. (1922). *Contribuição estudo do clima do Brasil*. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 116 pp.
- Muller, R. A. and Oberlander, T. M. (1978). *Physical Geography Today: A Portrait of a Planet. 2nd ed.* New York: Random House.
- Nagy, Z, Pintér, K., Czóbel, Sz., Balogh, J., Horváth, L., Fóti, Sz., Barcza, Z., Weidinger, T., Csintalan, Zs., Dinhe, N.Q., Groszf, B., Tuba, Z. (2007). the carbon budget of semi-arid grassland in a wet and a dry year in Hungary Agriculture. *Ecosyst. Environ.*, 121, 21-29.
- Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G.A., Shahandeh, H. (2006). Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. *Archives agron. Soil Sci.*, 52, 1-12.
- Neuber, E., Schönwiese, C.D. (1985). Spektral-statistische charakteristika europäischer niederschlagsreihen 1874-1980. *Meteorol. Rdsch.*, 38, 54-62.
- New, M., Hulme, M., Jones, P.D. (1998). Representing twentieth century climate. Part I: construction of a 1961-1990 mean monthly terrestrial climatology. *Journal of Climate*, 13, 2217-2238.
- Nicholls, N., Murray, W. (1999). Workshop on indices and indicators for climate extremes. Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997: Breakout Group B: precipitation. *Climate Change*, 42, 23-29.
- Obuljen, A. (1979). *Klimatska klasifikacija Jugoslavije po Thornthwaiteu. Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, sv.7*. Beograd: SHMZ
- Okabe, A., Boots, B., and Sugihara, K. (2000). *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams, 2nd ed.* New York: Wiley.
- Oliver, J. E. (1970). A GENETIC APPROACH TO CLIMATIC CLASSIFICATION. *Annals of the Association of American Geographers*, 60, 615-637. doi:10.1111/j.1467-8306.1970.tb00750.x
- Oliver, J. E. (Ed.). (2005). Climate classification. In *Encyclopedia of world climatology: Encyclopedia of Earth sciences series 2005* (pp. 218-227). Dordrecht: Springer.
- Ometto, J.C. (1981). *Bioclimatologia vegetal*. Agronômica Ceres, Saõ Paulo, 440 pp.
- Paluš, M., and Novotna, D. (1998). Detecting modes with nontrivial dynamics embedded in colored noise: Enhanced Monte Carlo SSA and the case of climate oscillations, *Phys. Lett. A*, 248(2), 191-202.
- Peel, M. C. et al. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633-1644.

- Пејовић, М., Бајат, Б., Луковић, Ј. (2012). Просторна дистрибуција несигурности интерполације: пример изотермне карте Србије (1991-2009). *Гласник српског географског друштва*, ХСП(4):31-50.
- Pečarova P., Miklanek P., Pekar J. (2006). Long-term trends and runoff fluctuations of European rivers. In: Demuth S, Gustard A, Planos E, Scatena F, Servat E (Eds) *Climate Variability and Change - Hydrological Impacts, Proceedings of the 5th FRIEND World Conference*. IAHS Publication, Havana, Cuba. pp. 520-525.
- Petersen, J.F., Sack, D., Gabler, R.E. (2012). *Physical geography*. Brooks/Cole Cengage Learning, Belmont, 646 pp.
- Peterson, T.C., Vose, R. S. (1997). An overview of the global historical climatology network temperature data base. *Bulletin of American Meteorological Society*, 78, 2837-2849.
- Pišoft, P., Kalvova, J. and Brazdil, R. (2004). Cycles and trends in the Czech temperature series using wavelet transforms, *Int. J. Climatol.*, 24(13), 1661-1670, doi:10.1002/joc.1095.
- Plaut, G., Ghil M., and Vautard, R. (1995). Interannual and interdecadal variability in 335 years of central England temperatures, *Science*, 268(5211), 710-713, doi:10.1126/science.268.5211.710.
- Powell, J M. (1978). "Climatic Classifications of the Prairie Provinces of Canada." In *Essays on Meteorology and Climatology*, 211-30. Edmonton
- Preparata, F.R. and Shamos, M.I. (1985). *Computational Geometry: An Introduction*. New York: Springer-Verlag.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. & Flannery, B.P. (1992). *Numerical Recipes*. C. Cambridge University Press.
- Prohaska, F. (1976). The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. In: Schwerdtfeger W (ed) *Climates of Central and South America. World Survey of Climatology*, 12, 13-112. Amsterdam, Oxford, New York.
- Putniković, S. (2017). Objektivna klasifikacija atmosfere cirkulacije iznad Srbije (doktorska disertacija). Fizički fakultet, Institut za meteorologiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Radinović, Đ. (1981). *Vreme i klima Jugoslavije*. IRO Građevinska knjiga, Beograd, 423 str.
- Radinović, Đ. (1984). *Klimatologija*. Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Beogradu i Jugoslovenski zavod za produktivnost rada i informacione sisteme. Beograd, 236 str.
- Rakićević, T. (1960). Klima Beograda. *Zbornik radova Geografskog instituta*, 7, 126-150.
- Ракићевић, Т. (1979). Основне законитости у географском распореду падавина на територији СР Србије. *Зборник радова Географског института ПМФ*, 26, 5-18.
- Ракићевић, Т. (1980). Климатско реонирање СР Србије. *Зборник радова Географског завода ПМФ, Београд*, 27, 29-42.
- Ракићевић, Т. (1983). Секуларне промене климе Београда. *Гласник Српског географског друштва*, 63(2).

- Ракићевић Т. (1988): Регионални распоред суше у СР Србији. *Гласник Српског географског друштва*, св. 68, бр. 1, стр. 9-18, Београд.
- Ranković, S. (1974). Globalna analiza nekih karakterističnih osobina raspodele padavina u Jugoslaviji. u: *IX savetovanje klimatologa Jugoslavije, Sarajevo 1973*, Beograd: Savezni hidrometeorološki zavod.
- Ratisbona, L.R. (1976). The climate of Brazil. In: Schwerdtfeger W (ed) *Climates of Central and South America. World Survey of Climatology*, 12, 219-293. Amsterdam, Oxford, New York.
- Raunio, N. (1948). The Effect of local factors on the meteorological observations at Torshavn. *Geophysica*, 3, 173-179.
- Rencher, A.C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis, Second edition*. Wiley.
- Retuerto R, Carballeira A. (1992). Use of direct gradient analysis to study the climate-vegetation relationships in Galicia, Spain. *Vegetatio*, 101, 183-194, 1992 Kluwer Academic Publishers, Printed in Belgium.
- Rivas Martínez, S. (1996). Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Bot Matritensis*, 16, 1-20.
- Roderfeld H, Blyth, E., Dankers, R., Huse, G., Slagstad, D., Ellingsen, I., Wolf, A., Lange, M.A. (2008). Potential impact of climate change on ecosystems in the Barents Sea Region. *Climatic Change*, 87, 283-303.
- Rohli, R.V., Vega, A.J. (2012). *Climatology. 2nd ed*. Jones & Bartlett Learning, Sudbury, 425 pp.
- Rohli, R. V., Joyner, T. A., Reynolds, S. J. and Ballinger, T. J. (2015). Overlap of global Köppen-Geiger climates, biomes, and soil orders. *Phys. Geogr.*, 36, 158-175, doi:10.1080/02723646.2015.1016384.
- Rosenberg, N.J., Blad, B.L., Verma, S.B. (1983). *Microclimate: The biological environment*. Wiley, New York.
- Rubel, F., and Kottek, M. (2010). Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteor. Z.*, 19, 135-141, doi:10.1127/0941-2948/2010/0430.
- Sadeghi, R. (2002). Regional Classification Agriculture in Southern Iran. *J. Arid Environ.*, 50, 77-98.
- de Sa, A., de Carvalho, L. G., da Silva, F. F., & Alves, M. D. (2012). Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 108, 1-7. doi:10.1007/s00704-011-0507-8
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates—the Excel template application MAKESENS. Helsinki: Finnish Meteorological Institute Publications on Air Quality No. 31.
- Sarfaraz, S., Arsalan, M.H., Fatima, H. (2015). Regionalizing the Climate of Pakistan using Köppen Classification System. *Pakistan Geographical Review*, 69(2): 111-132

- Sanderson, M. (1948). "The Climates of Canada according to the New Thornthwaite Classification," *Scientific American*, Vol. 28, pp. 501-517.
- Sanderson, M. (1999). The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 80, 669-673.
- Santamouris, M., Mihalakakou, G., Patargias, P., Gaitani, N., Sfakianaki, K., Papaglastra, M.,... Zerefos, S. (2007). Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings. *Energy and Buildings*, 39, 45-51. doi:10.1016/j.enbuild.2006.04.018
- Savić, S. (1979). *Klimatska klasifikacija Jugoslavije po Kepenu. Prilozi poznavanju vremena I klime SFRJ, sv. 7*. Beograd: SHMZ.
- Savić, S., Petrović, P. and Milovanović, B. (2010). Homogenisation of Mean Air Temperature Data Series from Serbia. *European Geosciences Union – General Assembly 2010, Vienna, Austria, 02-07 May 2010, Geophysical Research Abstract*, 12:EGU2010-5521-1.
- Savić, S., Milošević, D., Marković, V. and Kujundžić-Dačović, R. (2012). Homogenisation of Mean Air Temperature Time Series from Vojvodina (North Serbia). *Geographica Pannonica*, 16 (2):38-43.
- Scargle, J. D. (1982). *ApJ*, 263, 835.
- Sen, A. K., and Ogrin, D. (2015). Analysis of monthly, winter, and annual temperatures in Zagreb, Croatia, from 1864 to 2010: The 7.7-year cycle and the North Atlantic Oscillation, *Theor. Appl. Climatol.*, doi:10.1007/s00704-015-1388-z.
- Shakoor, A., Roshan, Gh. R., Najafe kanei, A. (2010). Evaluating Climatic Potential for Palm Cultivation in Iran with Emphasize on Degree-Day Index. *Afr. J. Agric. Res.*, 13, 99-118
- Schuster, A. (1898). *Terrestrial Magnetism*, 3, 13.
- Showalter, A. K. (1939). Further studies of American air mass properties. *Monthly Weather Review* 67, 204-18.
- Sjögersten, S., Wookey, P.A. (2004). Decomposition of mountain birch leaf litter at the forest-tundra ecotone in the Fennoscandian mountains in relation to climate and soil conditions. *Plant and Soil* 262, 215-227. 2004 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Skiena, S. S. (1997). "Voronoi Diagrams." §8.6.4 in *The Algorithm Design Manual*. New York: Springer-Verlag, pp. 358-360.
- Smith SG. (1982). An index of windiness for the United Kingdom. *Meteorological Magazine*, 111, 232-247.
- Sparovek, G., Van Lier, Q. J., Dourado, N. D. (2007). Computer assisted Koeppen climate classification: a case study for Brazil. *International Journal of Climatology*, 27, 257-266.
- Serebrenick, S. (1940). Classificação meteorológica dos climas do Brasil. – In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, *Meteorol. Z.*, 22, 2013 C.A. Alvares et al.: Köppen's climate classification map for Brazil 727 eschweizerbart\_xxx 9. Proceedings... Florianópolis. – CNG/IBGE, Rio de Janeiro, 440-459 pp.

- Станојевић, Г. (2011). Анализа варијабилности сезонских температура ваздуха на простору Србије. *Зборник радова, Трећи конгрес српских географа, Бања Лука*, 171-181.
- Станојевић, Г. (2012). Анализа годишњих падавинских сума на простору Србије. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“, САНУ*, 62(2):1-13.
- Станојевић, Г. (2016). Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији (докторска дисертација). Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд.
- Stern, H., De Hoedt, G., and Ernst, J. (2000). Objective classification of Australian climates. *Aust. Meteorol. Mag.*, 49, 87-96.
- Strahler, A.N. (1951). *Physical geography*. New York: Wiley.
- Strahler, A.N. (1969). *Physical Geography (third edition)*. New York: Wiley
- Styszynska, A. (1988). Kształtowanie się wskaźnika kontynentalizmu termicznego według Gorczyńskiego na obszarze morz wokółantarktycznych. – *Zesz. Nauk. WSM, Gdynia*, 17, 1-98.
- Styszynska, A. (1995). Kształtowanie się wskaźnika oceanizmu w rejonie Półwyspu Antarktycznego I Morza Weddella, XXII Sympozjum, Wrocław, 85-98.
- Suckling, P. W. and Mitchell. M. D. (2000). Variation of the Köppen C/D climate boundary in the Central United States during the 20th century. *Physical Geography*, 21, 38-45.
- Supan, A. (1884). *Grundzüge des physischen Erdkunde*, Leipzig.
- Šegota, T. (1976). *Klimatologija za geografe*. Zagreb: Školska knjiga.
- Tayanç, M., Toros, H. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change*, 35, 501-524.
- Thornthwaite, C. W. (1931). The climates of North America according to a new classification. *Geogr. Rev.*, 21, 633-655.
- Thornthwaite, C.W. (1933). The climates of the earth. *Geogr. Rev.*, 23, 433-440.
- Thornthwaite, C. (1943). Problems in the classification of climates, *Geographical Review*, 33 (2): 233-255.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38, 55-94.
- Tošić, I. (2004). Spatial and temporal variability of winter and summer precipitation over Serbia and Montenegro. *Theoretical and Applied Climatology*, 77, 47-56.
- Tošić, I. (2005). Analysis of temperature and precipitation time series. (Ph.D. thesis). Faculty of Physics, University of Belgrade, Belgrade. p. 164.
- Tošić, I. and Unkasević, M. (2005). Analysis of precipitation series for Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology*, 80, 67-77.
- Tošić, I. and Unkasević, M. (2013). Extreme daily precipitation in Belgrade and their links with the prevailing directions of the air trajectories. *Theoretical and Applied Climatology*, 111, 97-107.
- Tošić, I. i Unkašević, M. (2013). *Klimatske promene u Srbiji (monografija)*. Narodna biblioteka Srbije, Beograd.

- Tošić, I., Hrnjak, I., Gavrilov, M. B., Unkašević, M., Marković, S., & Lukić, T. (2014). Annual and seasonal variability of precipitation in Vojvodina, Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1-2), 331-341.
- Trewartha, G. T. (1954). *An Introduction to Climate*. 3d ed., Appendix A, . 223-238.
- Trewartha, G.T. and Horn, L.H. (1980). *An Introduction to Climate*, 5th Ed., McGraw Hill, New York.
- Triantafyllou, G. N. and Tsonis, A. A. (1994). Assessing the ability of the Köppen system to delineate the general world patterns of climates. *Geophysical Research Letters*, 21, 2809-2812.
- Tsanis, I.K., Koutroulis, A.G., Daliakopoulos, I.N. and Jacob, D. (2011). Severe climate-induced water shortage and extremes in Crete. *Climatic Change*, 106(4), 667- 677.
- Türkeş, M., Sumer, U.M., Cetiner, G. (2002). Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights. *Climate Research*, 21, 59-81.
- Unkašević, M. and Tošić, I. (2011). A statistical analysis of the daily precipitation over Serbia: trends and indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 106, 69-78.
- Unkašević, M., Tošić, I. (2009). An analysis of heat waves in Serbia. *Global and Planetary Change*, 65, 17-26.
- Unkašević, M., Tošić, I. (2013). Trends in temperature indices over Serbia: relationships to large-scale circulation patterns. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3652.
- Unkašević, M., Tošić, I. and Vujovic, D. (2004). Variability and probability of annual and extreme precipitation over Serbia and Montenegro. *Theoretical and Applied Climatology*, 79, 103-109.
- Unkašević, M., Vujović, D., Tošić, I. (2005). Trends in extreme summer temperatures at Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology*, 82, 9-205.
- Unkašević, M. & Tošić, I. (2015). Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949-2012. *Theoretical and Applied Climatology*, 121(1-2), 289-301.
- Van Groenewoud, H. (1984). The climatic regions of New Brunswick: A multivariate analysis of meteorological data. *Can. J. For. Res.*, 14, 389-394.
- VanderPlas, J. T. (2017). Understanding the Lomb-Scargle Periodogram, arXiv:1703.09824 (28 Mar 2017).
- Vianello, R.L., ALVES, A.R. (2013). *Meteorologia básica e aplicações*. UFV, Viçosa, 460 pp.
- Vidal, J.P. and Wade, S. (2009). A multimodel assessment of future climatological droughts in the United Kingdom. *International Journal of Climatology*, 29(14), 2056-2071.
- Вујевић, П. (1921). Поглед на постанак, везе, значај и задатак климатологије. *Гласник географског друштва, Београд*, 5, 53-67.



- Бујевић П. (1956). *Климатолошка статистика*. Научна књига, Београд.
- Walter, H. (1955). Die Klima, Diagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für kologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 68, 321-344.
- Walterscheid, S. K. (2011). Climate classification for the earth's oceanic areas using the Köppen System. (Diss). Kansas State University.
- Wang, M., Overland, J.E. (2004). Detecting Arctic Climate Change Using Köppen Climate Classification. *Climate Change*, 67, 43-62.
- Warrington, A. (1977). Crop phenological stages. *Aust. J. Agric. Res.*, 28, 11-27.
- Wilcock, A. A. (1968). Köppen after fifty years, *Ann. Assoc. Am. Geog.*, 58(1), 12-28.
- Willett, H. C. (1933). *American air mass properties*.
- WMO-World Meteorological Organization No.100 (2009): Guide to climatological practices, 3rd ed., pp.180, URL: [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/guide\\_climat\\_practices.html](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/guide_climat_practices.html).
- Wolter, K. (1987). The Southern Oscillation in Surface Circulation and Climate over the Tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian Oceans as Captured by Cluster Analysis. *J. Climate Appl. Meteor.*, 26, 540-558, [https://doi.org/10.1175/15200450\(1987\)026<0540:TSOISC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200450(1987)026<0540:TSOISC>2.0.CO;2).
- Wrege, M.S., Steimetz, S., Reisser Júnior, C., Almeida, I.R. (2011). *Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. – Embrapa Clima Temperado/Embrapa Florestas, Pelotas and Colombo, Brasil, 336 pp.
- Yao, C. S. (1997). A new method of cluster analysis for numerical classification of climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 57, 111-118.
- Yarnal, B. and White, D. A. (1987). 'Subjectivity in a computer-assisted synoptic climatology I: classification results', *J. Climatol.*, 7, 119-128.
- Yarnal, B. (1993). *Synoptic climatology in environmental analysis: A primer*. London: Belhaven Press.
- Yun, K. S., Heo, K. Y., Chu, J. E., Ha, K. J., Lee, E. J., Choi, Y., & Kitoh, A. (2012). Changes in climate classification and extreme climate indices from a high-resolution future projection in Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 48, 213-226. doi:10.1007/s13143-012-0022-6
- Zambakas J. (1992). *General Climatology*. Department of Geology, National and Kapodistrian University of Athens: Athens, Greece.
- Zhang, Y. (1994). Numerical experiments for the impacts of temperature and precipitation on the growth and development of winter wheat. *J. Environ. Sci.*, 5, 194-200.

## ПРИЛОГ А

Парменидова карта климатских зона из 6. века пре нове ере, касније модификована од стране Питагоре и Ератостена

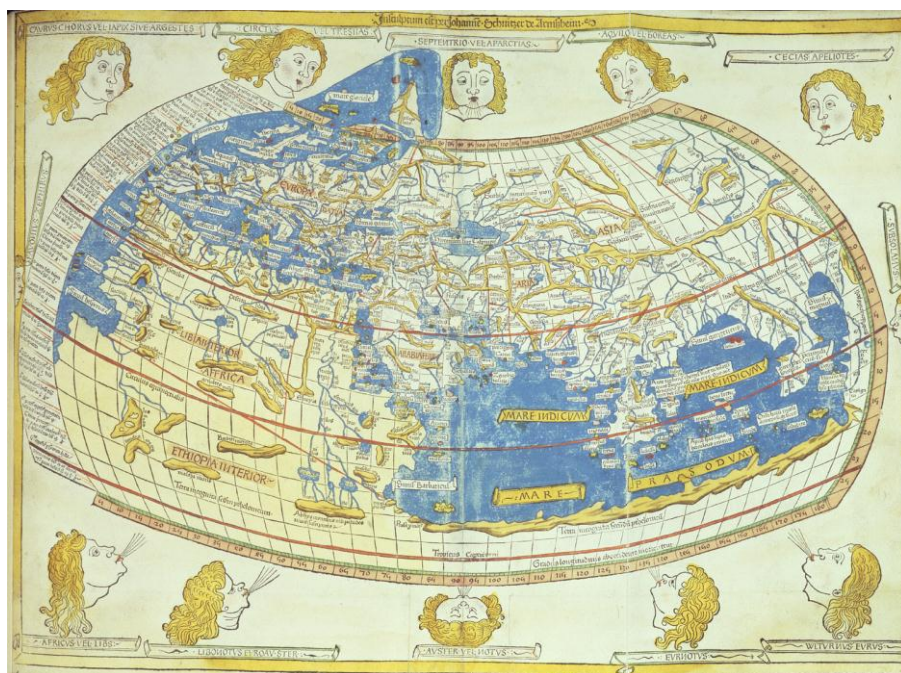


Слика 1. Ератостенових 5 климатских зона око екватора, према Пармениду (извор: <https://i.pinimg.com/736x/4c/60/3b/4c603bb70fa40ca755b5602523667020--vintage-maps-both-sides.jpg>)



## ПРИЛОГ Б

### Птоломејева и Силванусова карта света



Слика 2. Птоломејева карта света из 1482. године (извор:  
<http://www.bl.uk/learning/images/mappinghist/large2296.html>)

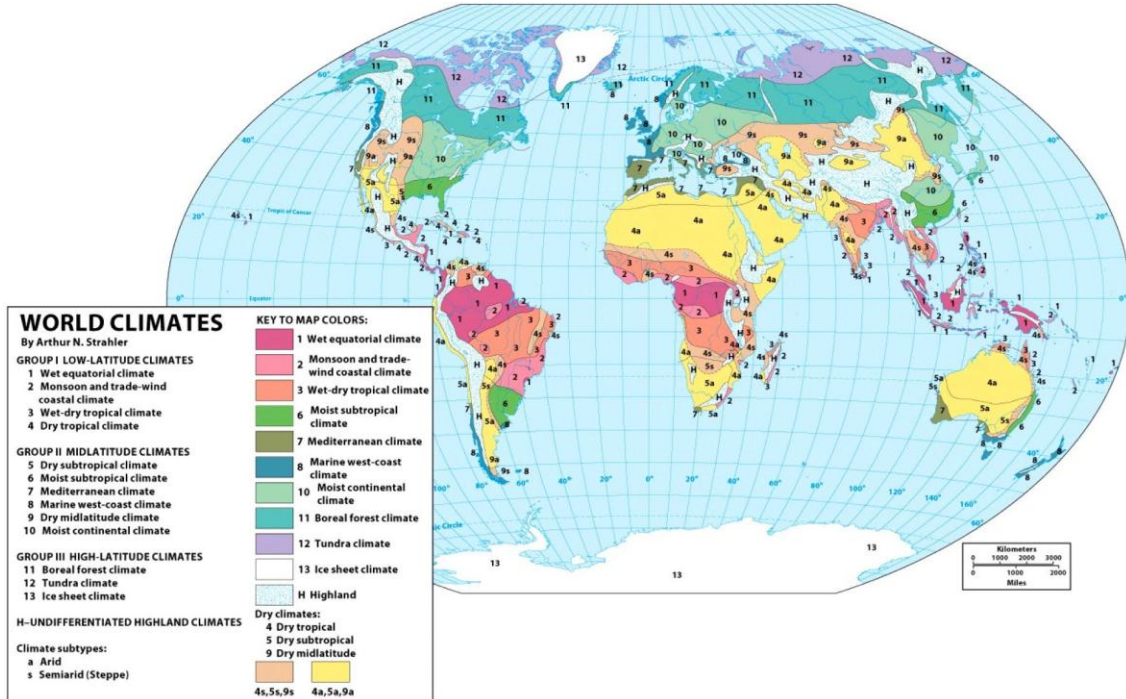


Original in the John Carter Brown Library at Brown University

Слика 3. Силванусова карта света (извор:  
<https://jcb.lunaimaging.com/luna/servlet/detail/ICBMAPS~1~1~1150~103410001:-World-map->)

# ПРИЛОГ В

## Карта класификације климата према Стралеру



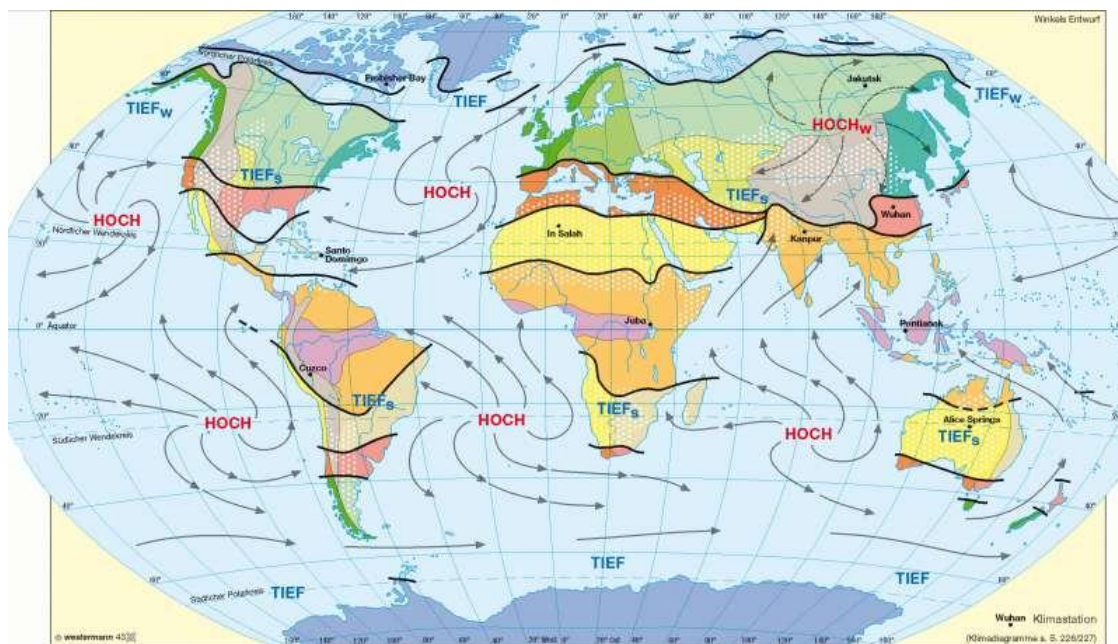
Карта 1. Класификација климата према Strahler (извор:

[https://sites.google.com/a/miamioh.edu/geo121f13/\\_/rsrc/1381929055259/home/d1-manu-national-park-peru/Strahler%2BClimate%2BMap.jpg](https://sites.google.com/a/miamioh.edu/geo121f13/_/rsrc/1381929055259/home/d1-manu-national-park-peru/Strahler%2BClimate%2BMap.jpg))



## ПРИЛОГ Г

### Карта класификације климата према Flohn



Карта 2. Класификација климата према Flohn (извор: <https://www.diercke.de/content/klimat-der-erde-nach-neefflohn-978-3-14-100700-8-230-1-0>)

## БИОГРАФИЈА

Јован Михајловић је рођен 8. јануара 1989. године у Крагујевцу, где је завршио ОШ „Светозар Марковић“ и Другу крагујевачку гимназију (општи смер) са одличним успехом. Географски факултет Универзитета у Београду уписао је 2008. године, а дипломирао за непуне четири године (13.09.2012.) као први студент у генерацији са просечном оценом 9,53. 22. јуна 2013., на прослави дана Географског факултета, награђен је Плакетом за студента генерације студијског програма географија. Године 2012-2013. уписао је мастер академске студије на Географском факултету Универзитета у Београду, студијски програм географија. Положио је све испите предвиђене планом и програмом и исте године одбранио мастер рад из климатологије на Катедри за физичку географију са оценом 10, а под менторством проф. др Владана Дуцића. Просечна оцена на мастер студијама је 9,80. Докторске академске студије је уписао 2014. године, студијски програм геонауке, научна област-физичка географија. Положио је све испите из првог, другог, трећег и четвртог семестра са просечном оценом 9,67. Климатологија представља област научног интересовања и тежиште научног деловања, а анализа екстремних временских догађаја и синоптичке ситуације која доводи до истих су посебан изазов. Посебно научно интересовање за кандидата представља анализа појаве торнада, тромби и водених пијавица на простору наше земље, као и у свету. Такође, треба истаћи да је кандидат током основних и мастер студија био стипендиста Министарства просвете Републике Србије, као и стипендиста града Крагујевца из Фонда „Академик Драгослав Срејовић“ за најуспешније студенте. Кандидат је учествовао у раду Регионалног центра за таленте Београд II током школске 2014-2015. године, као ментор на изради истраживачког рада из области климатологије и заштите животне средине. По позиву Уредника Зборника радова Географског института "Јован Цвијић" САНУ, кандидат је урадио рецензију чланка у овом научном часопису. Члан је Српског географског друштва од 2009. године и Метеоролошког друштва Србије од 2014. године.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани Јован Михајловић  
број  
уписа 3/2014

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

### **„Примена савремених класификација климата на климатску регионализацију Србије“**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 25.04.2018.





Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске  
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Јован Михајловић

Број уписа 3/2014

Студијски програм ГЕОНАУКЕ

Наслов рада „Примена савремених класификација климата на  
климатску регионализацију Србије“

Ментор проф. др Владан Дуцић

Потписани Јован Михајловић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 25.04.2018.

Потпис докторанда



### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

### **„Примена савремених класификација климата на климатску регионализацију Србије“**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

**3. Ауторство – некомерцијално – без прераде**

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, **25.04.2018.**



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.