

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На II редовној седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 23. новембра 2016. године, именовани смо за чланове Комисије за припрему извештаја о докторском раду **„ОБЈЕКТИВНА КЛАСИФИКАЦИЈА АТМОСФЕРСКЕ ЦИРКУЛАЦИЈЕ ИЗНАД СРБИЈЕ”** из научне области Климатологија и примењена метеорологија, коју је кандидат Сузана Путниковић предала Физичком факултету у Београду дана 21. новембра 2016. Након прегледа дисертације, подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1 ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

Сузана (Кнежевић) Путниковић је рођена 07.05.1987. године у Крушевцу. Гимназију (смер специјално математичко одељење) је завршила 2006. године у Крушевцу. Дипломирала је на Физичком факултету Универзитета у Београду, у Институту за метеорологију, 2010. године са просечном оценом 9,73. Мастер студије на Физичком факултету Универзитета у Београду завршила је 2011. године са просечном оценом 10,0 и темом мастер рада: *„Утицај источно – атлантске осцилације на минималне температуре и максималне падавине у Београду и Нишу“*. Докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду уписала је 2011. године, научна област метеорологија. Као најбољи студент метеорологије 2009. године добија награду Светске метеоролошке организације из фонда Боровоје Добриловић. Од 01. 01. 2011. до 31.12.2011. године је радила у Хидрометеоролошком заводу Србије. Од 01. јануара 2012. године запослена је као истраживач приправник, а од новембра 2013. године као истраживач сарадник на пројекту *„Метеоролошки екстрем и климатске промене*

у Србији“ на Физичком факултету Универзитета у Београду под руководством проф. др Млађена Ђурића. Од школске 2012/13. држи вежбе из предмета: Климатологија, Модификација времена и Моделирање атмосфере I, а од 2014/15. и вежбе из Микрометеорологије. У школској 2014/15. је држала вежбе из Опште метеорологије I и Опште метеорологије II.

1.2 Научна активност

Област истраживања Сузане Путниковић је Климатологија и примењена метеорологија. Из поменуте области објавила је 3 рада у међународним часописима чији је импакт фактор већи од 1 (два у M22 и један у M23), који су цитирани 7 пута, један рад у домаћем научном часопису (M51), као и три рада штампана у изводу у зборницима међународних конференција (M34).

Учесник је пројекта финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја - „*Метеоролошки екстрем и климатске промене у Србији*“ (од 2012. год.).

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Основни подаци

Руководилац ове докторске дисертације је проф. др Ивана Тошић, ванредни професор Физичког факултета Универзитета у Београду. Бави се научно-истраживачким радом из области климатологије и примењене метеорологије, нумеричког моделирања у метеорологији и загађујућих материја кроз атмосферу. Аутор је и коаутор преко 100 научних радова, објављених у признатим међународним часописима и зборницима међународних конференција. Руководила је израдом пет дипломских радова и четири мастер рада. Најважнији сарадници су јој: проф. др М. Ункашевић, проф. др Л. Лазић, проф. др М. Гаврилов и С. Путниковић. Испуњава услове за ментора, јер има 14 радова са SCI листе у последњих 5 година.

Докторска дисертација „Објективна класификација атмосферске циркулације изнад Србије“ написана је на 89 страна текста, са 11 табела и 29 слика. Материја писана на српском језику подељена је у 7 поглавља, после чега следи списак

цитиране литературе од 100 јединица и три прилога: Увод (стр. 1-3), Историјски развој метода за класификацију атмосферске циркулације (стр. 4-10), Коришћени подаци и област истраживања (стр. 11-14), Методи (стр. 15-23), Резултати (стр. 24-62), Дискусија (стр. 63-67), Закључак (стр. 68-70), Литература (стр. 71-77), Прилог 1 (стр. 78-81), Прилог 2 (стр. 82-84), Прилог 3 (стр. 85-89).

У уводном поглављу објашњена је мотивација за дато истраживање о класификацији атмосферске циркулације, као и циљеви докторске дисертације.

У другом поглављу је приказана историја класификације атмосферске циркулације у свету и код нас. Методе за класификацију су подељене у две групе: субјективне (ручне) и објективне (аутоматске). За ове методе наведени су примери студија у свету. Најпознатије и много пута анализиране ручне класификације су: Гросветерлаген (Grosswetterlagen) типови за централну Европу и Ламбови типови развијени за Британска острва. Са појавом рачунара, класификација је постала објективна и може бити примењена у било ком региону света. За класификацију циркулационих типова све више се користе и методи са техником фази логике и неуралним мрежама. За подручје Балкана до сада су урађене само субјективне методе које су приказане у овом поглављу.

У трећем поглављу је наведено који су подаци коришћени и дат је опис области истраживања. Све анализе су рађене за све четири сезоне и за шест метеоролошких станица.

Четврто поглавље описује методе рада. Дневни циркулациони типови изнад Србије за период од 1961-2010. су добијени користећи објективан приступ развијен од стране Џенкинсона (Jenkinson) и Колисона (Collison), који је заснован на Ламбовим типовима, којег је допунио и потврдио Џонс (Jones). Овај метод користи три основне променљиве које дефинишу циркулацију преко области од интереса: правац и јачину средњег тока и вртложност. Карактеристике тока и вртложности се рачунају помоћу дневних вредности површинског притиска у изабраној мрежи тачака. Веза између падавина и циркулационих типова је анализирана помоћу два параметра, један описује појаву, а други количину падавина за време одређеног циркулационог типа. Присуство или одсуство тренда циркулационих типова одређено је помоћу Мен-Кендаловог (Mann-Kendall) теста.

Падавине су моделоване помоћу линеарног регресионог модела са постепеном (stepwise) процедуром. На крају су дате оцене модела.

У петом поглављу су приказани резултати. Прво су дате карактеристике свих 26 циркулационих типова изнад Србије и одговарајућих аномалија геопотенцијалне висине на 500 hPa. Затим су анализиране учесталости циркулационих типова и добијено је да је антициклонални тип најучесталији тип изнад Србије. Приказани су трендови за све циркулационе типове по сезонама. На основу два падавинска параметра, добијено је да су падавине чешће, а и количина падавина је већа, за време циклоналних, него за време антициклоналних типова. Линеарни регресиони модели су били урађени за 26 циркулационих типова, као и за 10, да би се испитало да ли смањење броја типова, даје боље резултате. Циркулациони типови су били успешно примењени као потенцијални предиктори у постепеној регресији за зимске падавине у Србији, док за остале сезоне ни један од модела није задовољавајући, осим за Златибор где модел са 10 потенцијалних предиктора добро прогнозира јесење падавине. Модели су најбољи за Зрењанин за зимску сезону. Анализирана је и веза између циркулационих типова и средњих сезонских, средњих максималних и средњих минималних температура. Показано је да су југозападни типови повезани са највишим температурама, а у зависности од станице и сезоне то је или хибридни циклонални или антициклонални тип или усмерен југозападни тип. Ово важи за све станице осим за Неготин, где је најтоплије када изнад Србије влада северозападни тип. Најхладније је када преко наше земље влада неки од источних типова за време зиме и прелазних сезона, док је лети најхладније за време северног типа.

У шестом поглављу су добијени резултати упоређивани са резултатима осталих истраживача у Европи.

У последњем поглављу су сумарно дати најважнији закључци докторске дисертације, очекивани доприноси докторске дисертације науци и прогнози, као и преглед могућих будућих истраживања.

После списка коришћене литературе, дата су три прилога. У првом су дате слике циркулационих типова и одговарајућих аномалија геопотенцијалне висине на 500 hPa за пролеће. У другом су приказане учесталости типова за пролеће, лето и јесен, а у трећем слике и учесталости 10 циркулационих типова по сезонама.

2.2 Предмет и циљ рада

Област истраживања припада научној области *Климатологија и примењена метеорологија* за коју је матичан Физички факултет Универзитета у Београду, а подобласт је *синоптичка климатологија*.

Од почетка 21. века синоптичка климатологија наставља да се развија као примењена, а у исто време и као теоријска дисциплина, посебно у погледу техника класификације атмосферске циркулације. Проучавање типова циркулације је актуелна тема од 50-тих година прошлог века, која се стално унапређује и допуњује. Један од главних циљева синоптичке климатологије је анализирање везе између циркулације атмосфере и метеоролошких променљивих. Да би се лакше проучавала ова веза врши се класификација синоптичких система, тј. одређују се типови циркулације. Класификација атмосферске циркулације се користи за описивање и анализирање времена и климатских услова, као метод за раздвајање стања атмосфере у групе са сличним карактеристикама које се понављају. Једна од примена класификације циркулационих типова је да утврди учесталост, постојаност и јачину прошле, садашње и будуће циркулације атмосфере.

Главни циљ истраживања је био да се изврши идентификација типова атмосферске циркулације за подручје Србије, јер до сада објективна класификација атмосферске циркулације за Србију није урађена. На основу тако одређених типова циркулације и њиховог објашњења, испитана је веза добијених типова са падавинама и температурама у Србији.

Употреба циркулационих типова може бити врло користан алат за тестирање излаза из глобалних климатских модела. Метод који се користи у овој дисертацији је значајан и у погледу истраживања дугорочне прогнозе. Наиме, са подацима из нумеричких модела могли би се израчунати будући типови циркулације за одређени период, а потом и веза са различитим метеоролошким величинама. Корисно би било урадити класификацију атмосферске циркулације и помоћу неког другог модела, као и са подацима из других реанализа и добијене типове упоредити са типовима из дисертације.

2.3 Публикације

Неки од резултата који су добијени током израде ове дисертације су публиковани у међународним часописима са импакт фактором:

Putniković, S., Tošić, I., Đurđević, V., 2016: Circulation weather types and their influence on precipitation in Serbia. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128:649–662.

(Категорија часописа је **M23**, импакт фактор је **1,172**)

Tošić, I., Unkašević, M., **Putniković, S., 2016:** Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theor. Appl. Climatol.* DOI 10.1007/s00704-016-1749-2

(Категорија часописа је **M22**, импакт фактор је **2,433**)

2.4 Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Испитивање је текло у три правца:

- Идентификована су и описана 26 типова циркулације изнад Србије, израчунате су њихове учесталости и трендови
- Анализирана је веза тако добијених типова са падавинама и температурама
- Падавине су моделоване вишеструком линеарном регресијом са постепеном процедуром, где су циркулациони типови предиктори, прво за 26 потенцијалних типова, а затим за 10.

Објективна класификација атмосферске циркулације изнад Србије до сада није урађена. Метод који се користи има недостатак, јер описује само циркулацију на нивоу мора, зато се у дисертацији разматрају аномалије геопотенцијалне висине на 500 hPa, да би се описала вертикална структура атмосфере. Такође, број типова је смањен у односу на оригинални метод, да би се видело да ли мањи број типова даје боље резултате.

2.4.1 ДЕО 1

Радови: [A1]

Објективна класификациона шема је примењена изнад Србије за временски период од 1961-2010. Анализирани су резултати за ниво мора и ниво од 500 hPa за зимску и летњу сезону. Идентификована и описана су 26 циркулационих типова (осам усмерених, 16 хибридних, циклонални и антициклонални). Сваки од циркулационих типова имају различите синоптичке ситуације који приказују очекиван тип и правац струјања изнад испитиване области. Анализиране су релативне учесталости циркулационих типова и везе између падавина и типова за три станице на сезонском нивоу. Антициклонални тип је најучесталији зими (18.93%) и лети (18.70%), следе североисточни тип (16.65%) у лето, и циклонални тип (12.83%) зими. Циклонални типови (чист и хибридни) имају вероватноћу већу од просечне и за појаву и за количину падавина за све станице. Супротно, антициклонални типови су повезани са вероватноћом мањом од просека за појаву, као и за количину падавина.

2.4.2 ДЕО 2

Радови: [A2]

Испитиване су екстремне дневне падавине у Србији на 16 станица за временски период од 1961-2014. Анализиране су две синоптичке ситуације, када је изнад Србије био заступљен циклонални тип, једна у мају, а друга у септембру 2014, када су падавине достигле рекордне количине у западној и источној Србији, респективно. Синоптичка ситуација од 14. до 16. маја 2014. је постојала преко западне и централне Србије током целог периода. Дневна количина кише је 15. маја 2014. премашила историјски рекорд у Београду (109,8 mm), Ваљеву (108,2 mm) и Лозници (110 mm). Падавине су прелазиле 200 mm током 72 сата, производећи катастрофалне поплаве у новијој историји Србије. У Неготину, дневне падавине од 161,3 mm биле су забележене 16. септембра 2014, што је максимум за период од 1961-2014. Дневни максимум падавина у 2014. био је забележен на 6 од 16 испитиваних станица. Укупна количина падавина за 2014. је била највећа за период 1961-2014. за скоро све станице у Србији.

3 СПИСАК ПУБЛИКАЦИЈА КАНДИДАТА

A. Радови у водећим међународним часописима са импакт фактором (>0,5)

[A1] **Putniković, S.**, Tošić, I., Đurđević, V. 2016: Circulation weather types and their influence on precipitation in Serbia. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128, 649–662.

[A2] Tošić, I., Unkašević, M., **Putniković, S.**, 2016: Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theor. Appl. Climatol.* DOI 10.1007/s00704-016-1749-2.

[A3] **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. *Theor. Appl. Climatol.* 116, 435-446.

B. Радови у зборницима међународних конференција

[BY-1] Gavrilov, M.B., Markovic, S.B., Randall, J.S., Tošić, I., Zeeden, C., Emunds, K., Sipos, G., Ruman, A., **Putnikovic, S.**, Obreht, I., Peric, Z., Lehmkuhl, F, 2016: Prevailing winds in Northern Serbia: recent data, geomorphological evidences and numerical simulations. International conference on loess research - Loess2M - Modelling & Mapping. 26-29 August 2016, Novi Sad, Serbia, 10-11. ISBN 978-86-7031-408-5

[BП-1] **Putniković, S.**, Tošić, I., Unkašević, M., 2015: Monthly analysis of indices based on daily minimum temperatures in Serbia. European Geosciences Union 2015, Geophysical Research Abstracts, EGU2015-3461, 13 – 17 April, Vienna, Austria.

[BП-2] **Putniković, S.**, Tošić, I., Đurđević, V., 2016: The classification of atmospheric circulation over Serbia. 16th EMS Annual Meeting & 11th European Conference on Applied Climatology (ECAC), EMS2016-81, 12–16 September 2016, Trieste, Italy.

Д. Радови у домаћим часописима

[Д-1] **Knežević, S.**, Tošić, I., Unkašević, M., 2011: Analiza minimalnih dnevnih temperatura za Beograd i Niš. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 91 (2), 71-82.

4 ЦИТАТИ

[A3] **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. *Theor. Appl. Climatol.* 116, 435-446.

1. Basarin, B., Kržič, A., Lazić, L., (...), Hrnjak, I., Matzarakis, A., 2014: Evaluation of bioclimate conditions in two special nature reserves in Vojvodina (Northern Serbia). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 9 (4), pp. 93-108
2. Rimbu, N., Stefan, S., Necula, C., 2014: The variability of winter high temperature extremes in Romania and its relationship with large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology* 121 (1-2), pp. 121-130
3. Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J., Tošić, I., 2015: Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010. *Theor. Appl. Climatol.* 121, 289-301
4. Arsenović, P., Tošić, I., Unkašević, M., 2015: Trends in combined climate indices in Serbia from 1961 to 2010. *Meteor. Atmos. Phys.*, 127, 489-498
5. Basarin, B., Lukić, T., Pavić, D., Wilby, R.L., 2016: Trends and multi-annual variability of water temperatures in the river Danube, Serbia. *Hydrological Processes* 30 (18), pp. 3315-3329
6. Ruml, M., Gregorić, E., Vujadinović, M., (...), Počuča, V., Stojičić, D., 2017: Observed changes of temperature extremes in Serbia over the period 1961 – 2010. *Atmospheric Research* 183, pp. 26-41
7. Feidas, H., 2016: Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: recent trends and an update to 2013. *Theoretical and Applied Climatology*. doi:10.1007/s00704-016-1854-2

ЗАКЉУЧАК

На основу изложеног може се закључити да је кандидат СУЗАНА ПУТНИКОВИЋ у докторској дисертацији под називом „ОБЈЕКТИВНА КЛАСИФИКАЦИЈА АТМОСФЕРСКЕ ЦИРКУЛАЦИЈЕ ИЗНАД СРБИЈЕ” добила оригиналне научне резултате и дала значајан научни допринос у области *Климатологије и примењене метеорологије*. Делови тезе кандидата су публиковани у врхунским и признатим међународним часописима и задовољени су сви прописани услови за одобравање одбране тезе. Стога, сматрамо да овај рад може да буде прихваћен као докторска дисертација и

ПРЕДЛАЖЕМО

Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри њену јавну одбрану.

Београд, 23.12.2016.

Комисија:

др Ивана Тошић
ванредни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

др Мирослава Ункашевић
редовни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

др Мирјана Румл
редовни професор
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду

др Владимир Ђурђевић
доцент
Физички факултет, Универзитет у Београду