



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ  
И ХОТЕЛИЈЕРСТВО



мр Стеван М. Савић

**КРЕТАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА  
ВАЗДУХА НА ПОДРУЧЈУ ВОЈВОДИНЕ У  
ПЕРИОДУ 1951-2000**

-докторска дисертација-

Нови Сад, 2009.

# САДРЖАЈ

|  |     |
|--|-----|
| <i>ПРЕДГОВОР</i>   |     |
| <b>УВОД</b> .....  | 7   |
| <b>ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА ПРОСТОРА ВОЈВОДИНЕ</b> .....                         | 19  |
| <b>ГЕОГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА</b> .....                                     | 26  |
| <b>ПОЛОЖАЈ ТЕРИТОРИЈЕ ВОЈВОДИНЕ</b> .....  | 26  |
| <b>ПРИРОДНЕ И ДРУШТВЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ВОЈВОДИНЕ</b> .....                             | 27  |
| Геоморфолошке и орографске карактеристике.....   | 27  |
| Хидрографске одлике.....   | 32  |
| Педолошки слој и биљни покривач.....   | 34  |
| Урбани развој и кретање броја становника.....  | 35  |
| <b>ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ ЛОКАЛИТЕТА</b> .....   | 36  |
| <b>МЕТЕОРОЛОШКИХ СТАНИЦА</b> .....   | 36  |
| Метеоролошка станица Палић.....  | 40  |
| Метеоролошка станица Сомбор.....   | 41  |
| Метеоролошка станица Сента.....  | 42  |
| Метеоролошка станица Врбас.....  | 43  |
| Метеоролошка станица Римски Шанчеви-Нови Сад.....                                      | 44  |
| Метеоролошка станица Кикинда.....  | 45  |
| Метеоролошка станица Зрењанин.....   | 46  |
| Метеоролошка станица Јаша Томић.....   | 47  |
| Метеоролошка станица Вршац.....  | 48  |
| Метеоролошка станица Сремска Митровица.....  | 49  |
| <b>МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА</b> .....  | 51  |
| <b>БАЗА ПОДАТАКА ТЕМПЕРАТУРНИХ И ПАДАВИНСКИХ ПАРАМЕТАРА</b> .....                      | 52  |
| <b>АЛЕКСАНДЕРСОНОВ ТЕСТ (SNHT)</b> .....   | 56  |
| <b>ПРОСТА ЛИНЕАРНА РЕГРЕСИЈА</b> .....   | 60  |
| <b>t-ТЕСТ</b> .....  | 67  |
| <b>МЕН-КЕНДАЛОВ ТЕСТ</b> .....   | 68  |
| <b>КОЕФИЦИЈЕНТ КОРЕЛАЦИЈЕ</b> .....  | 70  |
| <b>КЛАСТЕР АНАЛИЗА</b> .....   | 71  |
| <b>АНАЛИЗА РОЈЕВА ТАЧАКА</b> .....   | 73  |
| <b>ХИСТОГРАМ</b> .....   | 73  |
| <b>ВИШЕСТРУКА ЛИНЕАРНА РЕГРЕСИЈА</b> .....   | 74  |
| <b>АНАЛИЗА ХОМОГЕНОСТИ НИЗОВА</b> .....  | 79  |
| <b>ИСПИТИВАЊЕ РАЗЛИКЕ ХЕНОМОГЕНИЗОВАНИХ И МОДЕЛИРАНИХ ХОМОГЕНИЗОВАНИХ НИЗОВА</b> ..... | 103 |
| <b>АНАЛИЗА ТРЕНДОВА ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА</b> .....                                   | 106 |
| <b>СРЕДЊЕ МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ</b> .....                                 | 107 |
| <b>СРЕДЊЕ АПСОЛУТНО МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ</b> .....                       | 118 |

|  |     |
|--|-----|
| ДАНИ СА ЕКСТРЕМНИМ ТЕМПЕРАТУРАМА.....                        | 126 |
| ИСПИТИВАЊЕ СИГНИФИКАНТНОСТИ ТРЕНДОВА.....                    | 141 |
| t-тест (Студентов тест).....                                 | 141 |
| Мен-Кендалов тест (Mann-Kendall test).....                   | 142 |
| РАСПОН ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА (DTR И ETR).....       | 150 |
| DTR.....   | 150 |
| ETR.....   | 155 |
| ФАКТОРИ ТЕНДЕНЦИЈЕ КРЕТАЊА DTR-а И ETR-а.....                | 157 |
| ПРОСТОРНА И ВРЕМЕНСКА АНАЛИЗА ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА.....    | 164 |
| РОЈ ТАЧАКА (SCATTERPLOT).....                                | 164 |
| КЛАСТЕР (CLUSTER) АНАЛИЗА.....                               | 171 |
| ТЕСТИРАЊЕ ЛИНЕАРНЕ РЕГРЕСИЈЕ.....                            | 184 |
| АНАЛИЗА ЕКСТРЕМА ПО ДЕКАДНИМ ПЕРИОДИМА.....                  | 190 |
| УТИЦАЈ АТМОСФЕРСКЕ ЦИРКУЛАЦИЈЕ НА ЕКСТРЕМНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ..... | 212 |
| ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА.....                                     | 231 |
| ЛИТЕРАТУРА.....  | 236 |
| БИОГРАФИЈА   |     |
| КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА                           |     |

## **ПРЕДГОВОР**

*Они који желе нешто да науче,  
никада нису били беспослени.*

*МОНТЕСКИЈЕ*

*Појава топлих таласа током јула и августа 2003. и 2007. године на просторима Европе, проглашење 2005. као године урагана, рапидно повлачење гренландских ледника и северне ледене капе (Арктички ледник), учестали поплавни таласи катастрофалних размера на просторима Југоисточне и Јужне Азије и слични догађаји, у човеку буде потребу да се дубоко замисли и запита: Да ли нам то природа показује колико је моћна и немилосрдна или можда колико је крхка и осетљива и на најмање поремећаје? Заиста, све учесталије појаве маркантних екстремних климатских појава на глобалном нивоу, у последњих неколико деценија, изазвало је велику пажњу шире јавности, а нарочито климатолошких и метеоролошких научних кругова.*

*Ови велики климатски догађаји заинтригирани су моју знатижељу и занимање, зашто долази до појаве климатских промена и који фактори покрећу овај процес. Током 2005. године, након трогодишњег проучавања палеоклиматских прилика на простору Војводине, схватио сам да имам велику жељу и интересовање за рецентним климатолошким истраживања, која су добила свој конкретан почетак октобра 2005, након што сам ангажован на Департману за географију, туризам и хотелијерство при ПМФ-у и заједно са др Лазаром Лазићем, редовним професором, започео заједничка истраживања из ове области. Данас ми велику радост доноси чињеница да сам један од чланова огромне светске породице истраживача-климатолога, који улажу напоре да открију тајне планетарних климатских процеса, као и узроке и последице глобалних климатских промена.*

*Истраживања на анализама екстремних температура ваздуха на простору Војводине, која су тема ове докторске дисертације, започела су децембра 2006. године и током двогодишњег рада велику помоћ пружили су ми моји професори, бројне колеге и пријатељи, којима овом приликом желим посебно да се захвалим.*

*На првом месту желим да се захвалим мојим поштованим родитељима, који су ме до сада небројено пута помагали и подржавали, а свакако то није био изузетак ни приликом мог рада на докторској дисертацији. Њихова, пре свега морална подршка, умногоме је допринела брзини и ефикасности израде дисертације.*

*Велику захвалност желим да упутим ментору др Лазару Лазићу, редовном професору, који ме је корисним саветима усмеравао током истраживања, непрестано ми пружао подршку и сво време имао велико поверење у мене и мој рад и ангажовање током израде ове дисертације. Свакако, не могу изоставити ни др Зорану Лужанин и др Милана Радовановића, чланове комисије, који су својим сугестијама и предлозима подпомогли да овај рад добије свој коначан облик.*

*Посебну захвалност дугујем академику др Олги Хаџић редовном професору на Департману за математику и информатику при ПМФ-у, која ми је својим ангажовањем и саветима помогла око проучавања статистичких метода које су коришћене приликом анализа временских серија.*

*Велику захвалност дугујем др Ивани Тошић и др Мирослави Ункашевић са Института за метеорологију при Физичком факултету у Београду, које су ми у неколико наврата несебично помогле да проучим и применим Александерсонов тест приликом анализе хомогености временских низова.*

*Посебна ми је част што могу истаћи да су током реализације ове студије помоћу у виду савета пружили др Андерс Моберг (Anders Moberg) и др Петер Домонкош (Péter Domonkos). Др Андерс Моберг је са Департмана за метеорологију при Универзитету у Штокхолму и представља једног од водећих светских климатолога данашњице који је током деведестих година, заједно са др Хансом Александерсоном, унапредио Александерсонов тест за испитивање хомогености података. Др Петер Домонош тренутно је најреферентнији мађарски климатолог, који у последњих неколико година посебан акценат у својим истраживањима ставља управо на проучавање хомогености низова. Њихове препоруке у вези примене Александерсоновог теста умногоме су ми помогли и олакшали даљи рад.*

*Такође, захваљујем се Метеоролошкој опсерваторији Републичког хидрометеоролошког завода у Петроварадину, односно Златици Попов, дипломираном метеорологу, Милану Хргићу и Милану Такачију на помоћи*

*приликом утврђивања географског положаја и обиласка одређених метеоролошких станица на простору Војводине.*

*Желим да се захвалим поштованом колеги мр Бошку Миловановићу са Географског института "Јован Цвијић"-САНУ у Београду на помоћи приликом коришћења Мен-Кендал теста (Mann-Kendall Test), кластер анализе, анализе вишеструке линеарне регресије и добијања вредности NAO и AO индекса.*

*Несебичну помоћ приликом коришћења Студентовог теста (t-test) пружио је др Владан Дуцић, ванредни професор Географског факултета Универзитета у Београду, па му се овом приликом посебно захваљујем.*

*Захвалност дугујем колегиници мр Ани Павловић, са АЦИМСИ-Центра за интердисциплинарне студије Универзитета у Новом Саду, која ми је помогла приликом математичког дефинисања модела линеарног тренда.*

*Технички део израде докторске дисертације, био би много тежи да није било помоћи (у виду коришћења техничке опреме и превозног средства) и разумевања од стране моје матичне институције, односно руководства Департамента за географију, туризам и хотелијерство, који је увек подржавао мој рад. Искрено се захваљујем на указаном поверењу.*

*Свакако, не желим да изоставим ни моје драге колеге и пријатеље из асистентског кабинета, др Драгана Долинаја, мр Милану Пашић и мр Тању Арменски, који су ми помогли у изради ове докторске дисертације. Најискреније им захваљујем. Такође, желим да се захвалим мом великом пријатељу мр Душану Госпођиначком, на стручној помоћи и саветима приликом писања одређених делова докторске дисертације.*

*Надам се да ће резултати у овој студији, бар мало, допринети откривању климатских прилика и промена на простору Војводине и утабати стазу за будућа детаљнија климатолошка истраживања.*

*У Новом Саду, августа 2008.*

*Аутор*

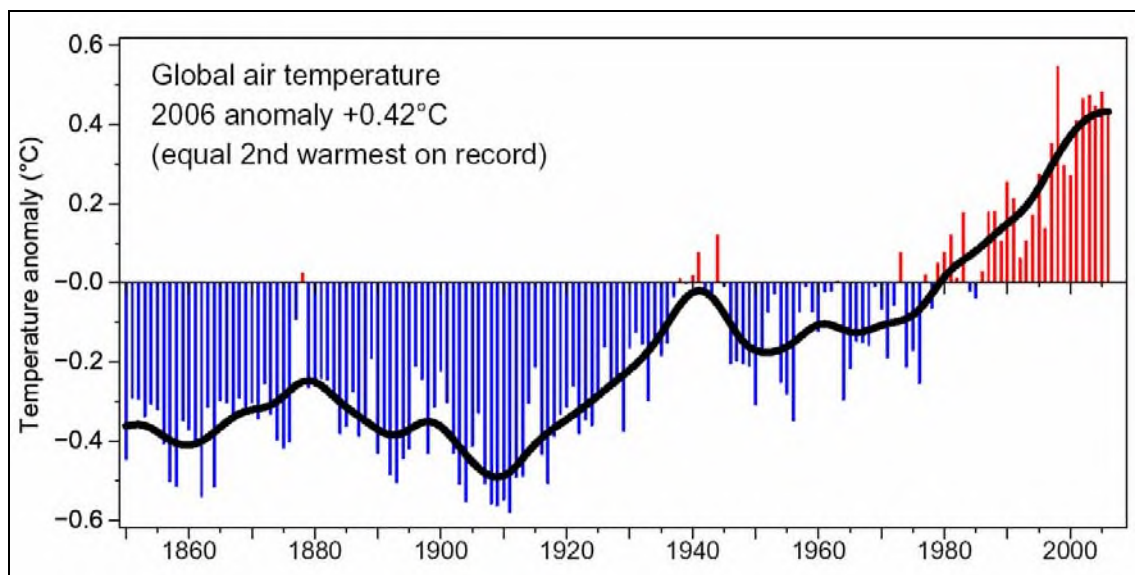
## УВОД

Последњих неколико деценија представља временски период у којем долази до учесталих појава екстремних временских и климатских догађаја, који имају разорни утицај на људско друштво и животну средину. Овакве екстремне појаве, последица су промена метеоролошких елемената (температуре ваздуха, количине и просторног распореда падавина, брзине и правца ветра, појаве облачности, количине осунчаности и др.), које, са друге стране, непосредно утичу на интензитет и дужину метеоролошких појава (учесталији периоди појаве топлотних таласа и суша, повећање фреквентности појаве временских непогода разорне моћи и др.). Као примери, могу се издвојити, топлотни талас у Чикагу током 1995. године који је усмртио више од 500 људи (Karl and Knight, 1997). Током 2000. и 2004. топлотни таласи појавили су се у Аустралији (подручје Бризбејна)(Nicholls and Alexander, 2007). Јужни, западни и централни део Европског континента захваћен је интензивним топлотним таласом током 2003. године, усмртивши преко 30.000 људи и наносећи материјалну штету у пољопривреди и шумским пожарима од преко 15 милијарди US\$ (Schär and Jendritzky, 2004). Такође, олујне временске непогоде и поплаве, које су такође последица климатских промена, имају огроман негативан утицај на људско друштво. Тако су велике поплаве у Централној Европи током 2000. године, нанеле штету у износу од преко 15 милијарди € (RMS, 2003).

Учесталост екстремних климатских догађаја, а међу њима свакако и појава флукуација температуре ваздуха, активирало је климатологе и метеорологе, на глобалном нивоу, да фокусирају своја истраживања на детектовању и дефинисању узрока и последица климатских промена. Као последица, у последњих двадесетак година, формирано је неколико, данас водећих, међународних научних институција које се баве проучавањем и анализом климатских промена, на основу резултата осматрања метеоролошких елемената и појава у последњих 100 до 150 година, покушавајући да предвиде могуће сценарије климатских кретања на планети током XXI века.

Међувладин Панел за климатске промене (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007. године, објавио је Четврти извештај о процени климатских промена (претходна три Извештаја, IPCC је објавио 1992, 1995. и 2001), где износи да је у последњих 105 година, односно од 1901. до 2005, тренд пораста средње температуре ваздуха на глобаном нивоу износио  $0,06 \pm 0,021^\circ\text{C}/\text{декади}$  (IPCC, 2007а). У истом периоду, на простору Европе тренд пораста температуре износио је  $0,90^\circ\text{C}$  (IPCC, 2007б). Према истом извештају, тренд средњих максималних и минималних температура ваздуха изнад копнених површина планете, у периоду 1950-2004, износио је  $0,14^\circ\text{C}/\text{дек}$ , односно  $0,20^\circ\text{C}/\text{дек}$ . (IPCC, 2007а).

Резултати истраживања CRU (Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK) за временски низ глобалне средње температуре ваздуха у периоду 1850-2006, говоре да је последња декада XX века најтоплији период у серији. Чак једанаест најтоплијих година појављује се током последњих дванаест година низа (1995-2006), а дванаеста најтоплија година је 1990. Најтоплија година у читавој временској серији је 1998. (Brohan et al., 2006) (прилог 1).



Прилог 1. Одступања просечних годишњих температура ваздуха за читаву Планету у последњих 156 година. Извор: Brohan et al., 2006.

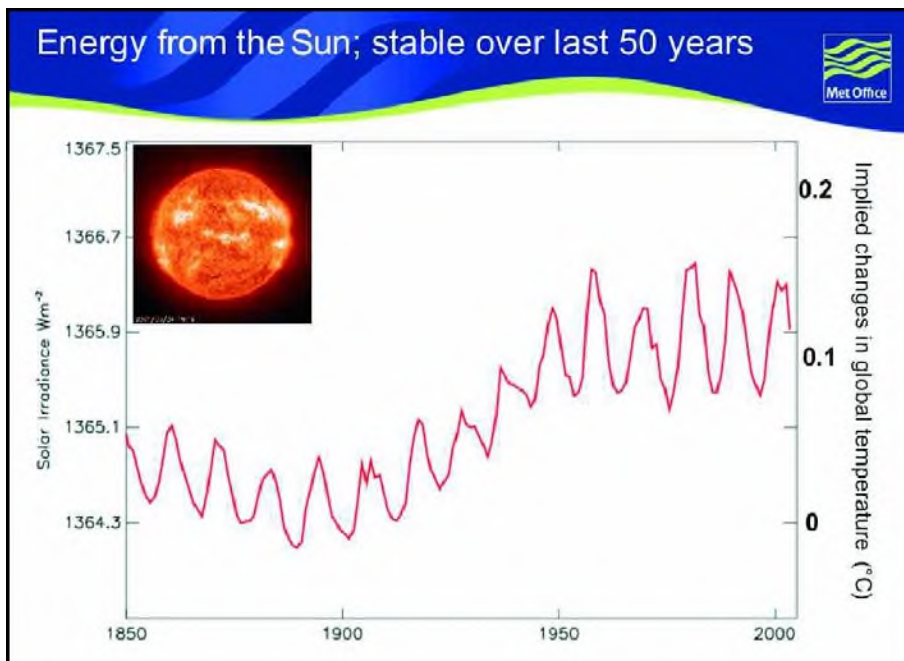
Хедли центар, при Британској метеоролошкој организацији (Met Office - Hadley Centre for Climate Prediction and Research, Exeter, UK), данас представља



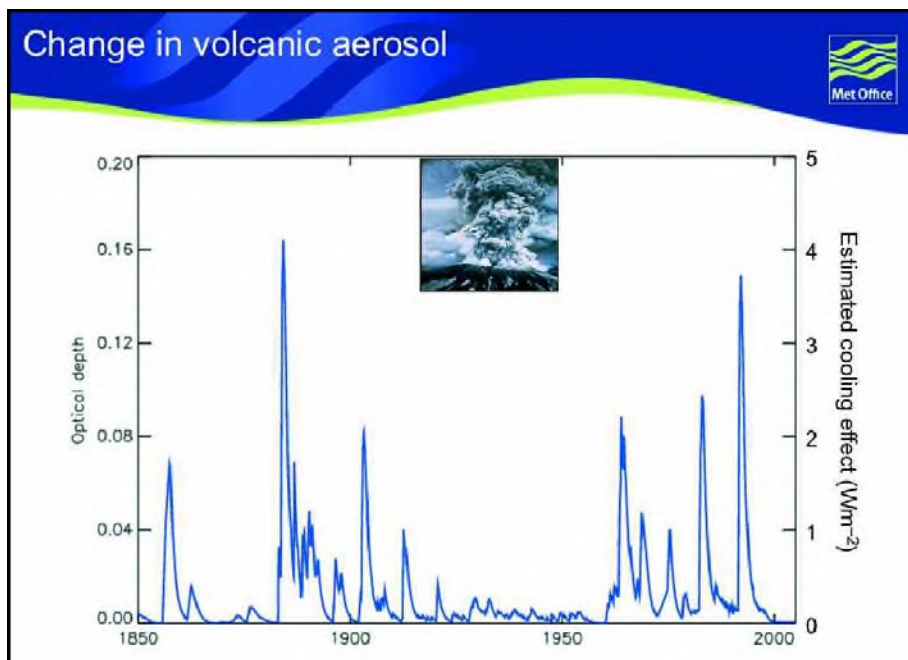
водећу научну институцију у проучавању и предикцији глобалних климатских промена. У извештају ДЕФРЕ (DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs) и Хедли центра (Hadley Centre, 2005), јасно се истиче да планетарну температуру ваздуха детерминише краткоталасна енергија са Сунца, односно соларна радијација и дуготаласна енергија, са Земље у ванатмосферски простор, односно терестичка радијација. Као закључак претходно изнетог, температура Планете је резултат баланса ове две радијације. Фактори који могу да поремете топлотни баланс на Земљи су: промена количине соларне радијације (услед промена Земљине орбите или промена на Сунцу), способност рефлектовања Сунчевог зрачења променом албеда, количине аеросоли у атмосфери или повећане облачности и задржавање дуготаласног зрачење као последица промене концентрације гасова који узрокују "ефекат стаклене баште" у атмосфери.

Свакако да интензитет Сунчеве радијације умногоме утиче на температурне карактеристике Планете, с обзиром на то да представља основног покретача свих атмосферских процеса (прилог 2). Међутим, у последњих неколико година, све више на значају добијају истраживања сунчевог ветра, који може имати велики утицај на атмосферске процесе, односно на кретање ваздушних маса. Сунчев ветар, преко магнетосферских врата на висини од 120 до 150 km, приближно изнад 65° магнетосферске ширине, брзином преко 500km/s, улази у Земљину атмосферу и проузрокује нагле промене синоптичких ситуација изнад одређеног планетарног простора (Радовановић и сар., 2003). Може се закључити да услед промена синоптичких ситуација, након дужег временског периода, као последица може се формирати слика о појави климатских промена. Међутим, потребно је нагласити да су ова истраживања у повоју и науци још нису у потпуности јасни механизми на који начин се тај утицај остварује.

Истовремено, неопходно је узети у обзир и одређене терестичке факторе који утичу на глобална температурна кретања. Пре свега, снажне ерупције вулкана који избацују велике количине гасова и других честица високо у стратосферу, могу имати вишегодишњи утицај на температурне прилике на Земљи. Наиме, сулфатне аеросоли, које остају у атмосфери и неколико година, рефлектују краткоталасну сунчеву радијацију у ванпланетарни простор и омогућавају процес хлађења, односно опадања температуре ваздуха. Вишегодишње последице по температурне прилике, након ерупција вулкана



Прилог 2. Осцилација количине Сунчеве енергије по  $m^2/s$  површине највишег слоја атмосфере и могуће промене глобалне температуре ваздуха. Извор: Lean et al., 1995. (updated to 2003)

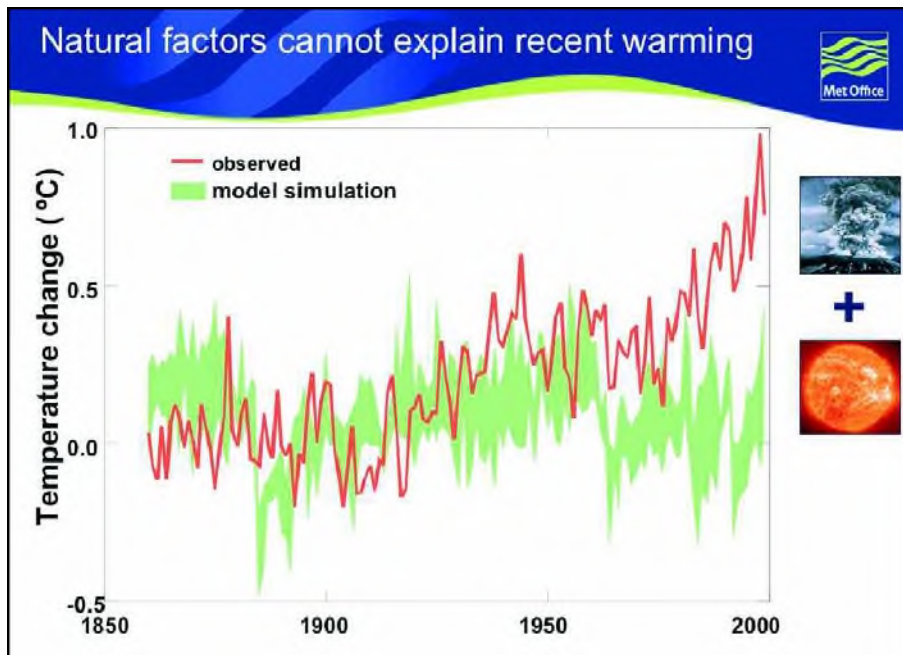


Прилог 3. Утицај вулканских ерупција на температурни систем Земље. Извор: Hadley Centre, 2005.

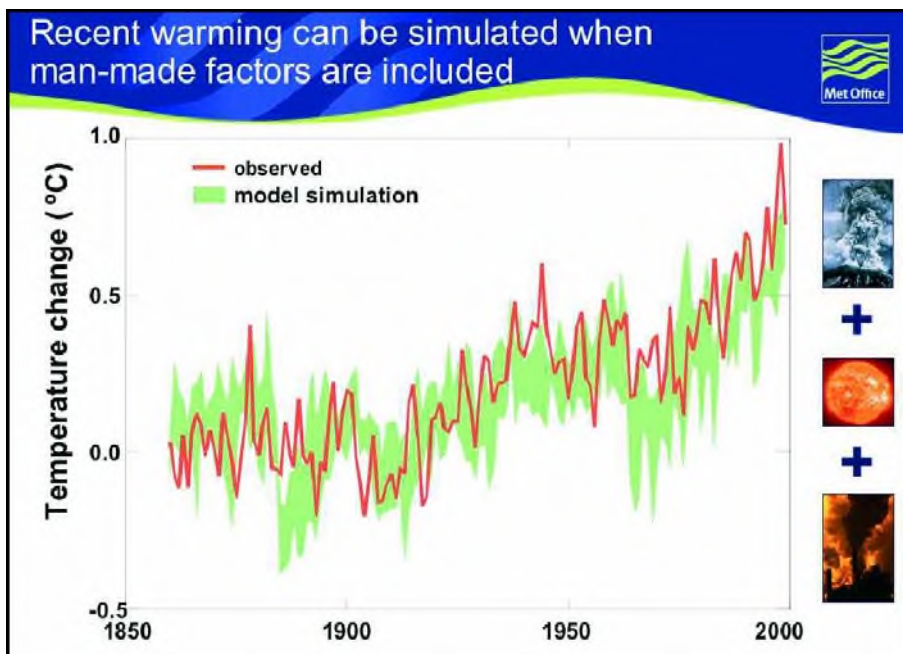
Кракатау 1883. и Пинатубо на Филипинима 1991. године, показује крива ефекта захлађења у прилогу 3 (Hadley Centre, 2005).

Облаци имају значајан утицај на климатске промене. Ниски облаци рефлектују сунчеве зраке, али имају мали утицај да задрже инфрацрвено зрачење, па на тај начин подстичу процес опадања температуре. Са друге стране, високи облаци не рефлектују у великој мери сунчеву радијацију, а истовремено задржавају дуготаласно израчивање, па утичу на процес загревања. У сваком случају, промене у карактеристикама облака, као што су: заступљеност, висина, моћност или величина водених капљица или ледених кристала, могу драматично утицати на температурне промене, односно облаке ефекта хлађења претворити у облаке ефекта загревања (Hadley Centre, 2005).

И даље, према већини научних публикација и елабората, повећање концентрације гасова у атмосфери који формирају "ефекат стаклене баште", представља есенцијални узрок "глобалног отопљавања". Нормални је природни процес постојања концентрације гасова у атмосфери, који задржавају одређену количину дуготаласних зрачења и враћају је према Земљиној површини и на тај начин спречавају претерано хлађење Земље које би спречило нормално одржавање екосистема. Међутим, повишена концентрација гасова (водене паре, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O и озона у нижој атмосфери) враћа већу количину израчене топлотне енергије и омогућава почетак процеса загревања нижих слојева тропосфере. Поставља се питање да ли на количину ових гасова у атмосфери утичу искључиво природни фактори или одређеног утицаја имају антропогене активности и ако имају да ли су оне значајне или нису? Поједини истраживачи констатују да антропогене активности доприносе појави екстремних климатских догађаја, који су непосредна последица повећане концентрације гасова "ефекта стаклене баште" (Allen, 2003; Kiktev et al., 2003; Stott et al., 2004; Christidis et al., 2005; Stone and Allen, 2005; Caesar et al., 2006). Климатски модел Хедли центра (Hadley Centre, 2005) (прилози 4 и 5) указује да уколико се природни фактори, који могу довести до повишења концентрације гасова "ефекта стаклене баште" у атмосфери, прикључе са антропогеним изворима ових гасова, креирани модел кретања температуре ваздуха знатно се боље поклапа са измереним температурама, нарочито након 1970. године.

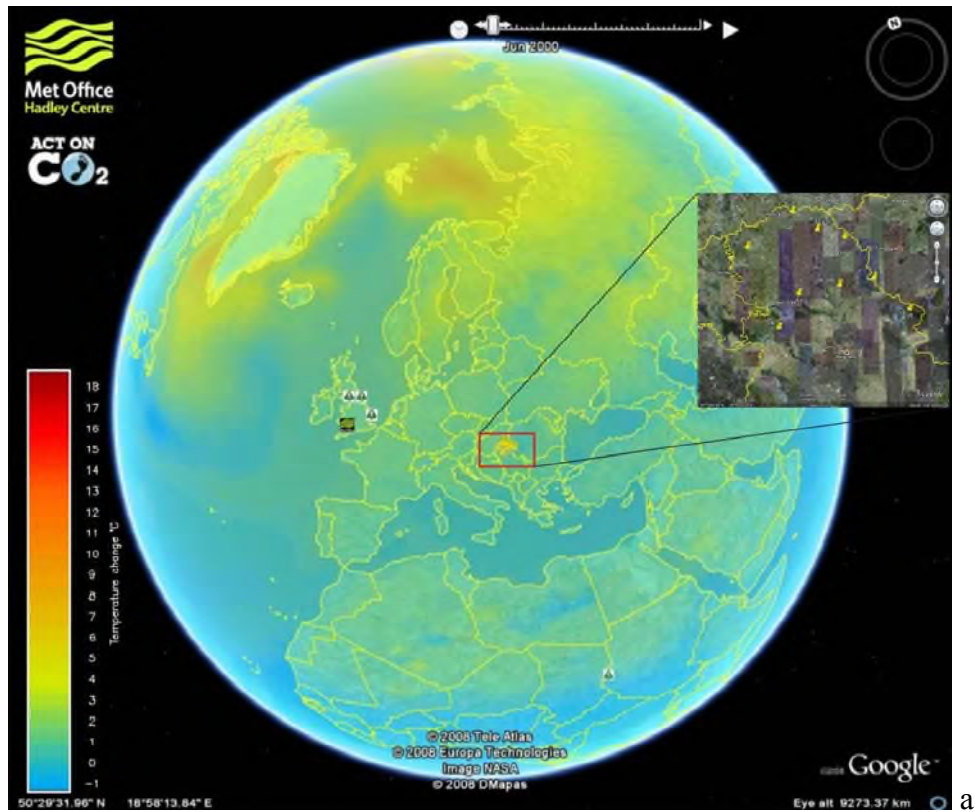


Прилог 4. Измерене температуре ваздуха (црвена линија) и моделиране температуре ваздуха на основу природних утицаја (зелена крива). Извор: Hadley Centre, 2005.

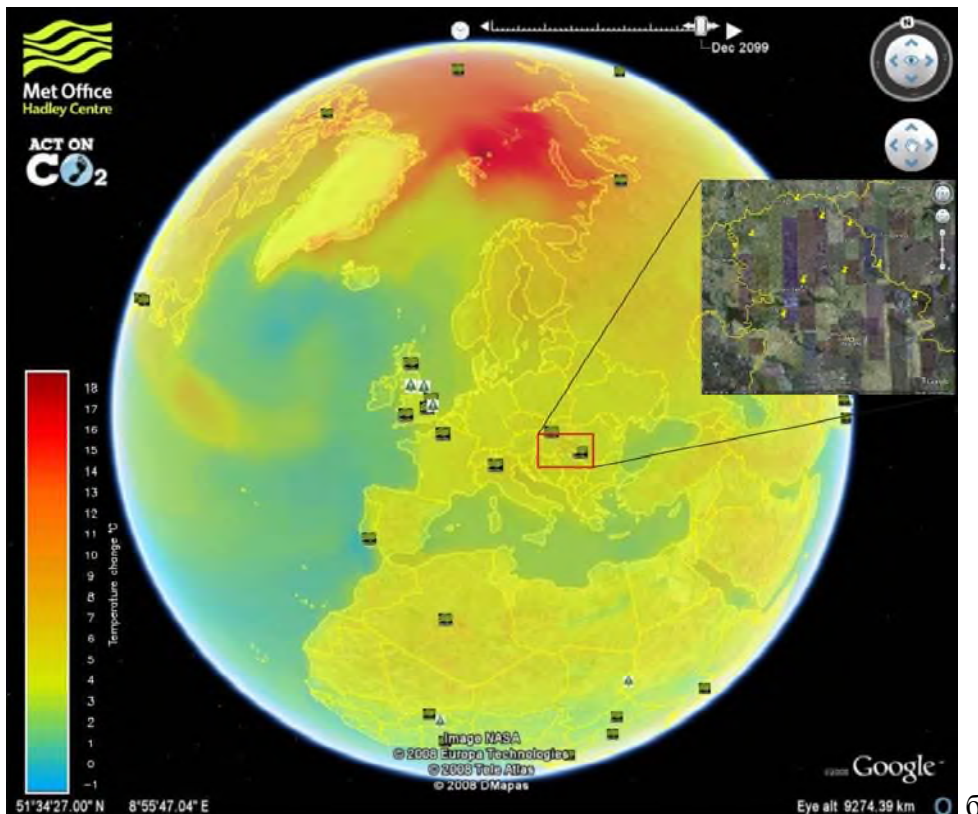


Прилог 5. Измерене температуре ваздуха (црвена линија) и моделиране температуре ваздуха на основу природних и антропогенних утицаја (зелена крива). Извор: Hadley Centre, 2005.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



а



б

Прилог б. а) просечна температура 2000. године; б) просечна температура 2009. године; Напомена: иглице означавају анализиране метеоролошке станице у Војводини. Извор: [www.metoffice.gov.uk](http://www.metoffice.gov.uk)

На основу природних и антропогених фактора промене глобалне температуре ваздуха, Хедли центар представио је предикцију кретања просечне температуре у наредних сто година (током XXI века). Уочава се да ће на простору Европе од условно речено пораста између 0 и 1°C у 2000. години, доћи до скока просечне температуре од око 5°C до 2099. године (прилог 6).

У досадашњим климатолошким истраживањима, уочено је да и релативно мале промене просечне температуре могу имати за узрок значајну осцилацију у тенденцији кретања екстремних вредности. На основу претходне констатације, може се закључити да промене екстрема представљају први индикатор климатских промена, вредности интензитета који може негативно утицати на људско друштво и одрживост животне средине (Nicholls and Alexander, 2007).

Са друге стране, проблем код проучавања дугорочних низова екстремних вредности, јесте недостатак континуитета осматрања и високог степена хомогености, у односу на временске серије средњих вредности. Ови недостаци приморавају коришћење различитих анализа код истраживања различитих региона, што у значајној мери доводи до конфузије и компликује дефинисање екстрема и фреквенције њихових промена на глобалном нивоу (Nicholls, 1996).

На глобалном нивоу, од почетка XX века, уочен је значајан тренд пораста екстремних температура, нарочито минималних (Nicholls and Alexander, 2007). На основу узорка који представља 70% планетарне копнене површине, прорачунато је сигнификантно опадање годишње појаве хладних ноћи и још израженији пораст појаве топлих ноћи. У неким регионима, учесталост појаве топлих ноћи виша је за ½ или чак двоструко, у односу на глобалне вредности (Alexander et al., 2006).

Уочени значај екстремних температура ваздуха, у последњих петнаестак година, довео је до појаве великог броја научних радова, књига и елабората у којима се, коришћењем различитих метода, анализирају тенденције кретања, пре свега средњих максималних и минималних температура ваздуха, узроци њихових промена, као и евентуалне последице по планетарни и регионални климатски систем.

Да сада је публикован значајан број радова који се баве анализама екстремних температура на **планетарном нивоу**: Karl et al., 1993; Cairns, 1995; Easterling and Peterson, 1995; Hansen et al., 1995; Horton, 1995; Parker, 1995; Shea et al., 1995; Ye et al., 1995; Easterling et al., 1997; Wiin-Nielsen, 1997; Dai et al., 1999;

Jones et al., 1999; Jones and Moberg, 2003; Houghton, 2004; McGuire, 2004; Meehl et al., 2004; Kharin and Zwiers, 2005; Ochoa et al., 2005; Salinger, 2005; Schaeffer et al., 2005; Vose et al., 2005; Clark et al., 2006; Hunt and Elliott, 2006; Tebaldi et al., 2006; U.S.CCSP, 2006; Kharin et al., 2007; Nicholls and Alexander, 2007; Sillmann and Roeckner, 2008.

Велики број досадашњих публикација, анализира екстремне температуре **Европског континента**, пре свега из разлога што на овом континенту постоји густа мрежа метеоролошких станица чији квалитетни низови података углавном премашују стотину година: Jones, 1995; Yan et al., 2002; Wijngaard et al., 2003; Schär et al., 2004; Brázdil et al., 2005; Cassou et al., 2005; Kisely and Dubrovský, 2005; Moberg et al., 2006; Beniston et al., 2007; Hanson et al., 2007; Scaife et al., 2008.

Као последица густе мреже станица и других временских низова, дошло је до интензивног проучавања овог континента по државама или регионима:

- **Југоисточна Европа:** Ogrin, 1994; Tomozeiu et al., 2002; Ogrin, 2003; Unkašević et al., 2005; Anđelković, 2007; Nikolova and Penev, 2007; Tošić et al., 2008,
- **област Медитерана:** Proedrou et al., 1997; Brunetti et al., 2000; Türkeş et al., 2002; Brunetti et al., 2004; Founda et al., 2004; Prieto et al., 2004; Sánchez et al., 2004; Flocas et al., 2005; Brunetti et al., 2006; Emmanouil et al., 2006; Luna et al., 2006; Miró et al., 2006; del Rio et al., 2007; Kostopoulou et al., 2007; Tomozeiu et al., 2007; Bartolini et al., 2008; Nastos and Matzarakis, 2008; Toreti and Desiato, in press,
- **Централна Европа:** Brázdil et al., 1995; Dessens and Bücher, 1995; Brázdil et al., 1996; Domonkos, 1998; Domonkos and Piotrowicz, 1998; Heino et al., 1999; Domonkos, 2001; Jungo and Beniston, 2001; Rebetez, 2001; Kysely, 2002; Domonkos and Tar, 2003; Domonkos et al., 2003; Beniston and Diaz, 2004; Beniston and Stephenson, 2004; Bottyán et al., 2005; Hundedcha and Bárdossy, 2005; Moberg and Jones, 2005; Štěpánek, 2005; Bartholy and Pongrácz, 2006; Beniston, 2006; Dall'Amico and Hornsteiner, 2006; Della-Marta and Wanner, 2006; Huth, 2006,
- **Западна Европа:** Walsh et al., 2001; Jones and Lister, 2004; Parker and Horton, 2005; Della-Marta et al., 2007; Parey, 2008,
- **Скандинавске земље:** Kaas and Frich, 1995; Tuomenvirta et al., 2000; Moberg et al., 2002; Tuomenvirta, 2004. и

• **Источна Европа:** Razuvaev et al., 1995; Jones and Lister, 2002.

Приметно је и интензивније проучавање **Азијског** (Baker et al., 1995; Jones, 1995; Zhai et al., 1999; Yan et al., 2002; Dimri, 2004; Mahakur et al., 2004; Griffiths et al., 2005; Su et al., 2006; Bhutiyani et al., 2007; Limsakul and Goes, 2008), **Аустралијског** (Plumer et al., 1995; Plummer et al., 1999; Gil-Alana, 2004; Maxino et al., 2007; Perkins et al., 2007) и **Америчког** (пре свега Северноамеричког) континента (Kukla et al., 1995; Robinson et al., 1995; Vincent, 1998; Durre and Wallace, 2001; Vincent et al., 2005; Alfaro et al., 2006; Maravilla and Jáuregui, 2006; Vavrus et al., 2006; Rusticucci and Renom, 2007; Lin and Hubbard, 2008; Szeto, 2008). Једино је истраживање екстремних температура **Афричког континента** (Gbetibouo and Hassan, 2005) до сада било најмањег обима, вероватно из разлога мале густине и квалитета метеоролошких станица.

• • •

**Циљ** ове дисертације је да дефинише просторно-временске карактеристике екстремних температура ваздуха у другој половини XX века на подручју Војводине, коришћењем климатолошких и статистичких метода који се тренутно широко примењују у климатолошким истраживањима, као и да укаже који од метода дају најбоље резултате за временске серије на овом простору. Корелација добијених резултата за Војводину и резултата других истраживача, показује да ли су температурне промене екстрема у складу са трендовима промена на Европском континенту, односно планетарном нивоу или постоје одређене регионалне разлике.

• • •

### **Кратак опис садржаја дисертације**

У поглављу *"Преглед досадашњих истраживања простора Војводине"* представљена је хронолошка ретроспектива досадашњих истраживања температуре ваздуха на подручју Војводине и кратак опис коришћене базе података и добијених резултата у поменутих публикацијама.



У следећем поглављу *"Географски опис истраживаног подручја"*, генерално су представљене физичко-географске и друштвено-географске карактеристике Војводине, као и детаљнији географски описи локалитета испитиваних метеоролошких станица.

*"Материјал и методе истраживања"* представља део дисертације у којем је изложен опис коришћене базе података и климатолошко-статистичких метода: Александерсонов тест, проста линеарна регресија, t-тест, Мен-Кендалов тест, коефицијент корелације, кластер анализа, анализа ројева тачака, тестирање линеарне регресије, анализа помоћу хистограма и анализа вишеструке линеарне регресије.

У поглављу *"Анализа хомогености низова"* приказани су резултати хомогености временских серија параметара екстремних температура ваздуха на годишњем, сезонском и месечном нивоу.

У наредном поглављу *"Анализа трендова екстремних температура"*, добијене су висине трендова екстремних температура на годишњем, сезонском и месечном нивоу, а затим је анализирана сигнификантност трендова помоћу t-теста и Мен-Кендаловог теста. Такође, извршена је компарација резултата добијених у дисертацији и резултата других истраживача.

Део студије под насловом *"Распон екстремних температура ваздуха (DTR и ETR)"* представља вредности распона максималних и минималних температура на годишњем, сезонском и месечном нивоу. Истовремено, извршена је корелациона анализа са другим климатским елементима, у циљу дефинисања евентуалне повезаности са DTR и ETR низовима.

У поглављу *"Просторна и временска анализа екстремних температура"* представљена је просторна диференција или униформност екстрема на подручју Војводине, користећи годишње и сезонске временске серије. У циљу добијања резултата коришћена је анализа ројева тачака, кластер анализа и тестирање линеарне регресије. Такође, приказивањем података једног низа помоћу стубастог графикона – хистограма, дефинисане су декадне разлике екстрема, односно, анализа се заснивала на концепцији међусобног упоређивања фреквенције појаве одређених температурних вредности идентичног низа, у свакој од пет декада испитиваног временског периода.

Коришћењем анализе вишеструке линеарне регресије у поглављу *"Утицај атмосферске циркулације на екстремне температуре"*, тестиран је степен повезаности између фреквенције екстрема и NAO и AO индекса, односно покушало се утврдити колико ова два показатеља атмосферских циркулација, могу да објасне постојеће карактеристике екстремних температура у Војводини.

У оквиру поглавља *"Закључна разматрања"* изнете су, на основу резултата коришћених метода, карактеристике екстрема на простору Војводине, као и евентуална повезаност и узрочно-последични утицаји са другим климатским елементима. Истовремено, изнета је констатација о потреби и нивоу даљих истраживања екстремних температура ваздуха у Војводини.

## **ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА ПРОСТОРА ВОЈВОДИНЕ**

У последње две деценије у свету су се у значајној мери интензивирала климатолошка истраживања, а у последњих неколико година приметно је да овај тренд истраживања постепено захвата и простор Републике Србије. Истовремено, екстремне температуре ваздуха, на основу значајног броја истраживања, представљају један од есенцијалних показатеља савремених температурних флукуација, односно температурних промена одређеног простора, континента или промена на глобалном нивоу. Међутим, током претходних неколико деценија, мало је публикација које су се бавиле проучавањем температурних одлика на територији Војводине, а већина је углавном заснована на климатографској или основној статистичкој и графичкој анализи. На основу претходно изнетог, досадашња, углавном фундаментална истраживања, нису пружила детаљну анализу о кретањима и узрочно-последичним факторима појаве екстремних температура ваздуха на простору Војводине у последњих педесет година XX века. Неопходно је указати на проблем везан за последњу декаду XX века. Наиме, већина радова није обухватила овај временски период у својим анализама, па је за простор који се изучава у овој студији, детаљнија слика о кретању просечних и апсолутних температура ваздуха током деведесетих година готово потпуна непознаница. На основу претходно изнетих чињеница, већина досадашњих радова који се односе на температурне карактеристике Војводине, аналитички (методолошки) не пружају довољно адекватне и потпуне одговоре на питања о температурним трендовима и узрочно-последичним везама, али дају одређен допринос износећи уопштеније анализе или приказе температурних одлика заснованих на мањем броју метеоролошких станица и одређеном делу територије Војводине.

Вујевић (1957) анализира карактеристике психрометарске диференције користећи податке са сувог и влажног термометра на метеоролошкој станици на Петроварадинској тврђави. Ова публикација свакако би се могла сматрати као

значајна, с обзиром на то да представља једну од пионирских радова написаних од стране географа-климатолога након Другог светског рата, а истовремено у њој су приказане средње месечне и средње годишње кретање температуре ваздуха, као и средње месечне и годишње вредности у 7 и 14 часова за период од 1925. до 1939. године, односно између два светска рата.

Милосављевић, (1957) у публикацији "Прилог проучавању климе Фрушке горе" даје прве приказе температурних параметара на простору ове планине након Другог светског рата. У својим проучавањима користио је податке са четири метеоролошке станице за прилично кратак временски период од свега девет година, односно од 1948. до 1956. године. Аутор је вршио компарацију резултата ових станица са околином Фрушке горе, односно са Новим Садом и Сремском Митровицом.

Милосављевић и Тодоровић (1961), користећи основну климатографску анализу и прилично густу мрежу метеоролошких станица (укупно осам) представили су, између осталих параметара, температурне карактеристике климе Јужног Баната. Условни недостатак овог рада јесте прилично кратак временски низ који је различит за сваку станицу, али углавном је између 1946. и 1960. године, са изузетком Вршца (1925-1960, са краћим прекидима).

У оквиру студије Шајкашка – природа краја, Милосављевић и Тодоровић (1971) су помоћу података са три метеоролошке станице (Римски Шанчеви, Бечеј и Зрењанин) за двадесетогодишњи период (1948-1967), анализирали температурне вредности Шајкашке, а добијене криве су корелиране са подацима годишњих температурних токова мерне станице у Београду.

Милосављевић и сар. (1973) у својој студији "Климатске прилике Фрушке горе" представљају средње годишње и месечне температуре ваздуха, као и просечне температуре по годишњим добима и вегетационом периоду, затим максималне и минималне температуре ваздуха и средњи број дана са екстремним температурама ваздуха. Истовремено, приказују резултате испитивања вертикалног градијента температуре ваздуха на профилу Сремска Каменица-Иришки венац-Ириг, као и кретање средње вредности температуре ваздуха на слободном простору и у појединим врстама шумских екосистема које су заступљене на упореднички орјентисаној војвођанској планини. Своје резултате базирали су на основу мреже од дванаест метеоролошких станица које су

лоциране на самој Фрушкој гори или у непосредној околини са сремске стране, а временски низ обухватио је релативно кратак период од 1948. до 1967. године.

Дукић (1973) даје анализу температурних прилика на подручју Новог Сада на основу три метеоролошке станице у Новом Саду, Чоту и Иришком Венцу за период од 1949. до 1967. године. Своје резултате представио је по годишњим добима у оквиру проучаваног деветнаестогодишњег периода.

Анализирајући све температурне параметре, као и друге климатске елементе, Бранислав Букуров (1975) у свом делу "Физичко-географски проблеми Бачке", успева да креира, на основу мањих разлика у микроклиматским вредностима, четири климатска типа на простору Бачке, а то су: Подунавски (са западним и јужним варијететом), Потиски (са тителским варијететом), Јужнобачки и Севернобачки (са пешчарским варијететом). У свом раду користио је податке са седам метеоролошких станица на подручју Бачке, за временски период од двадесет година, односно од 1950. до 1969. године.

Букуров (1978) даје основне климатске, односно температурне прилике Бачке, Баната и Срема за период 1950-1969. године.

Нешто опширнији приказ температурних карактеристика Војводине дали су Катић и сар. (1979) користећи седамнаест мерних станица смештених на територији Покрајине, али за релативно кратак временски период од 1948. до 1970. године. У свом раду, резултате годишњег тока температуре ваздуха и екстремних вредности представили су са значајним бројем табела и графичких прилога, а истовремено, у циљу детаљнијег упознавања са топлотним условима у Војводини, анализирали су учестаност и вероватноћу појаве одређених температурних парагова, односно дана са екстремним температурама.

Ракићевић (1980), помоћу температурних и падавинских података са мреже од осамдесет метеоролошких станица на територији читаве Србије, формира климатске рејоне. На простору Војводине издвојио је четири рејона, и то: северни Банат и североисточна Бачка; јужни и југоисточни Банат; Бачка; Срем са Фрушком гором.

Бугарски и Томић (1987а) приказали су опширнију климатографску анализу температурних карактеристика Вршца и околине. У свом раду обухватили су временски период од 1950. до 1978. године, а изнети резултати измерени су на метеоролошкој станици у Вршцу.

У монографској публикацији "Новосадске општине I", Бугарски и Томић (19876) изнели су климатске прилике општине Нови Сад, међу којима су анализирали и параметре температуре ваздуха на основу четири метеоролошке станице.

Лазич (1996) даје краћу анализу температурних прилика слива Тамиша на територији Војводине. У раду користи метеоролошке станице у Зрењанину, Вршцу, Панчеву и Јаши Томићу за период од 1948. до 1981. године.

Бугарски и Марковић (Bugarski and Marković, 1996; 1997) приказују температурне карактеристике Баната за период од 1961. до 1990. године, користећи метеоролошке станице у Кикинди, Зрењанину, Јаши Томићу, Вршцу, Белој Цркви, Шушари и Панчеву.

У монографији "Клима Срема", по први пут су детаљније приказане основне температурне одлике читавог Срема (Бугарски и сар., 1998). У овој публикацији, анализирани су сви температурни параметри са сличном методологијом као и у претходно представљеним радовима. Међутим, у монографији "Клима Срема" анализирани временски низ обухвата четрдесет година (од 1951 до 1990), са метеоролошком мрежом од чак седам мерних станица.

У оквиру истраживања климатских карактеристика Шајкашке, Лазич (Lazić, 1998), међу осталим климатским елементима, износи вредности температуре ваздуха за овај простор користећи станице у Новом Саду, Бечеју и Зрењанину за период од 1951. до 1990. године.

Лазич (1998) у Едицији ТИЈА ВОДА – ПЧЕСА представља основне температурне карактеристике слива Мостонге и западне Бачке анализирајући податке са станица у Сомбору и Бачком Петровцу за четрдесетједногодишњи временски период (1950-1990).

Дуцић (2000) је у својој докторској дисертацији анализирао декадне промене температуре за простор Србије на двадесет условно хомогено распоређених станица првог реда у временском периоду 1951-1990. године. Са простора Војводине укључио је метеоролошке станице Палић, Сомбор, Римске Шанчеве, Кикинд, Вршац и Сремску Митровицу.

Радовановић (2001) током израде своје докторске дисертације користи седамдесет и осам метеоролошких станица, од којих је седамнаест лоцирано на

територији Војводине, са различитим дужинама временских низова. У студији анализира морфометријске особине рељефа и њихов утицај, између осталих, и на температуре ваздуха, као и утицај регионалне циркулације атмосфере на температурна кретања, а у циљу диференције климата у Србији.

Радовановић и Бјељац (2001) проучавају урбани утицај на промену климата на примеру већих градова Србије. У овом раду користе четири метеоролошке станице у Војводини, и то: Бачки Петровац, Панчево, Нови Сад-Петроварадин и Нови Сад-Римски Шанчеви. У циљу добијања адекватних резултата коришћене су средње месечне и годишње температуре ваздуха за прилично дугачак временски низ од шездесет година (1931-1990).

Зивлак (2001) анализира, између осталих климатских параметара, средње месечне и средње месечне ефективне температуре ваздуха у Новом Саду за период од 1993. до 1998. године, у циљу утврђивања климатских услова у функцији рационалног коришћења енергије у Новом Саду.

У својим радовима Лазић и Павић (2003а; 2003б) дали су прилично детаљну климатографску анализу температуре ваздуха на подручју Баната, за четрдесетогодишњи временски период, користећи мрежу од седам метеоролошких станица на територији самог Баната и једну станицу са простора Бачке која је смештена непосредно уз гранични простор две регије. У овим публикацијама коришћене су дескриптивне и фундаменталне (основне) статистичке методе, са циљем дефинисања Кепеновог типа климата карактеристичног за подручје Баната, а на основу резултата добијених анализом температурних и осталих метеоролошких елемената и појава.

Дуцић и Миловановић (2004), базирајући се на претходне податке и резултате Колића (1969) који је проучавао климатске карактеристике Делиблатског песка, покушавају да утврде термичке специфичности Делиблатске пешчаре користећи седам метеоролошких станица у периоду 1931-1960. године. Они су представили резултате средњих, максималних и минималних месечних, сезонских и годишњих вредности температуре, као и број дана са екстремним температурама.

Радовановић и Дуцић (2004) у научном раду под насловом "Колебање температуре ваздуха у Србији у другој половини XX века", анализирају шест метеоролошких станица на простору Војводине. Према њиховим резултатима на

свим станицама у Покрајини забележен је тренд раста просечне годишње температуре, са тим да је у Вршцу знатно нижи позитиван тренд него у осталим станицама. Истовремено, уочен је осетнији пораст просечних годишњих температура током деведесетих година, у односу на претходних неколико декада.

Дуцић и Радовановић (2005) у публикацији "Клима Србије" представљају опште географске и климатске услове на територији Србије (самим тим и подручју Војводине), атмосферску циркулацију која утиче на овај простор, просторну расподелу климатских елемената (међу којима је и температура ваздуха), регионалну климатологију Србије и пројекције климе Србије у будућности.

Проучавајући Београдско острво топлоте, Анђелковић (2003; 2005) у својим радовима врши корелацију средњих декадних температурних вредности између метеоролошке станице у Београду, као представника у урбаној зони и мерне станице у Римским Шанчевима (Нови Сад) која је лоцирана у руралној средини. Истовремено, извршена су поређења апсолутно минималних температура станице у Београду са станицама у Сремској Митровици и Вршцу, које су представљене као шира околина главног града.

Тошић (2005) у својој докторској дисертацији детаљно анализира временске серије температура и падавина на простору Србије и Црне Горе. У раду је представила резултате за шест метеоролошких станица на територији Војводине за временски период од педесет година (1951-2000).

Лазић и сарадници (Lazić et al., 2006a) на међународном научном скупу Danubius Pannonico Musicus износе анализу климатских карактеристика северног дела Бачке. У својим истраживањима користили су шест мерних станица у периоду од 1951. до 1990. године.

Свеобухватнију и детаљнију анализу температурних карактеристика Новосадског подручја дали су Лазић и сарадници (Lazić et al., 2006b), проучавајући метеоролошке станице у Римским Шанчевима и Петроварадину за период 1951-1990. године. У раду су представљени трендови средњих годишњих температура у 7, 14 и 21 час, затим просечне максималне и минималне вредности, као и трендове сезонских температура ваздуха. Такође, према анализираним резултатима, на простору Новог Сада уочена је појава температурне инверзије.



У раду "Анализа средњих годишњих температура ваздуха на подручју Бачке у периоду 1951-1990", Лазић и Савић (2006; 2007) помоћу неколико основних статистичких показатеља проучавају кретања средњих годишњих температура ваздуха и утврђују топле и хладне температурне периоде, на основу мерних података са осам метеоролошких станица.

Анђелковић (2007) анализира појаву екстремних температурних прилика у Србији, током јула месеца, користећи податке са метеоролошких станица у Палићу, Сомобру, Кикинди, Зрењанину, Римских Шанчевима и Сремској Митровици.

Тошић и сарадници (Тошић et al., 2008) на Генералној скупштини Европске геофизичке уније, користећи AR(1) модел, износе резултате анализе појаве тропских дана у Србији, на основу података са метеоролошких станица у Новом Саду (1949-2005), Београду (1943-2006) и Нишу (1948-2006).

Дуцић и сарадници (Ducić et al., 2008) извршили су упоредну анализу вредности средњих годишњих температура ваздуха, добијених мерењима на седам метеоролошких станица у Војводини и сателитских мерења. У оквиру овог рада, први пут је урађена анализа хомогености помоћу Александерсоновог теста, на свим синоптичким станицама у Војводини (изузимајући Банатски Карловац).

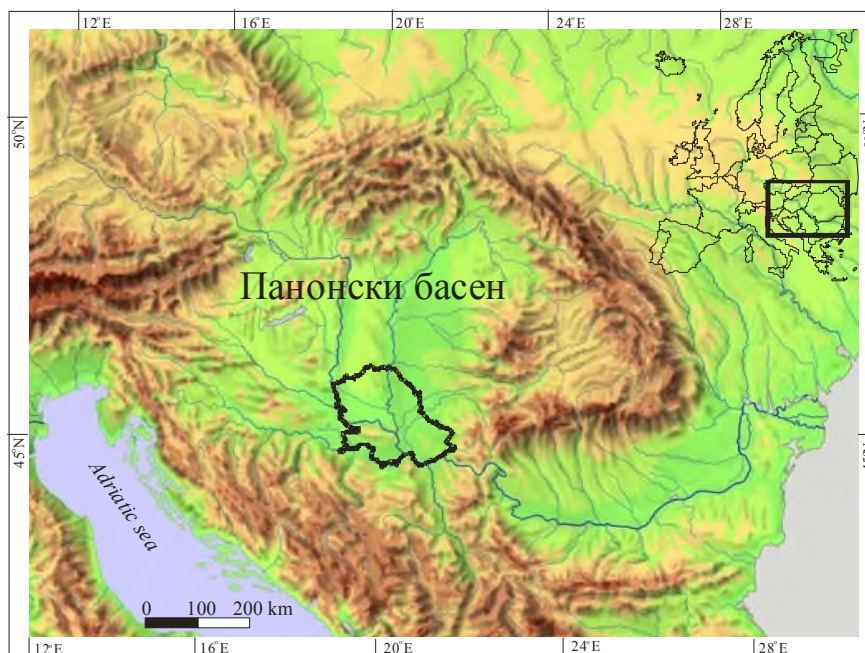
Ђорђевић (Ђорђевић, 2008) анализира је температуре ваздуха и падавине у Србији у периоду 1957-2006, користећи индикаторе промене екстрема.

## ГЕОГРАФСКИ ОПИС ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

У овом поглављу анализираће се положај, природне и друштвене карактеристике простора Војводине, као и детаљнији приказ географског положаја метеоролошких станица.

### ПОЛОЖАЈ ТЕРИТОРИЈЕ ВОЈВОДИНЕ

Подручје територије Војводине смештено је у југоисточном делу Панонског басена (прилог 7) и простире се на 21.506 km<sup>2</sup>. Географске координате овог простора износе од φN 44° 38' до φN 46° 10' и од λE 18° 10' до λE 21° 15' (Томић и сар., 2004).



Прилог 7. Положај Војводине у Панонском басену

(извор основе карте: [www.anthro.fsu.edu](http://www.anthro.fsu.edu))

Територија Војводине, односно Аутономна Покрајина Војводина, представља 24,3% површине Републике Србије, простирући се у њеном северном делу. Административна гранична линија на северу и истоку разграничава Војводину са Мађарском, односно Румунијом. Јужни гранични појас, према Босни и Херцеговини и Централној Србији, готово у потпуности је паралелан са речним токовима Саве, Дунава и Тамиша, док је Западна граница, према Хрватској, дуж Бачке и Срема својим већим делом представљена реком Дунав (прилог 8).

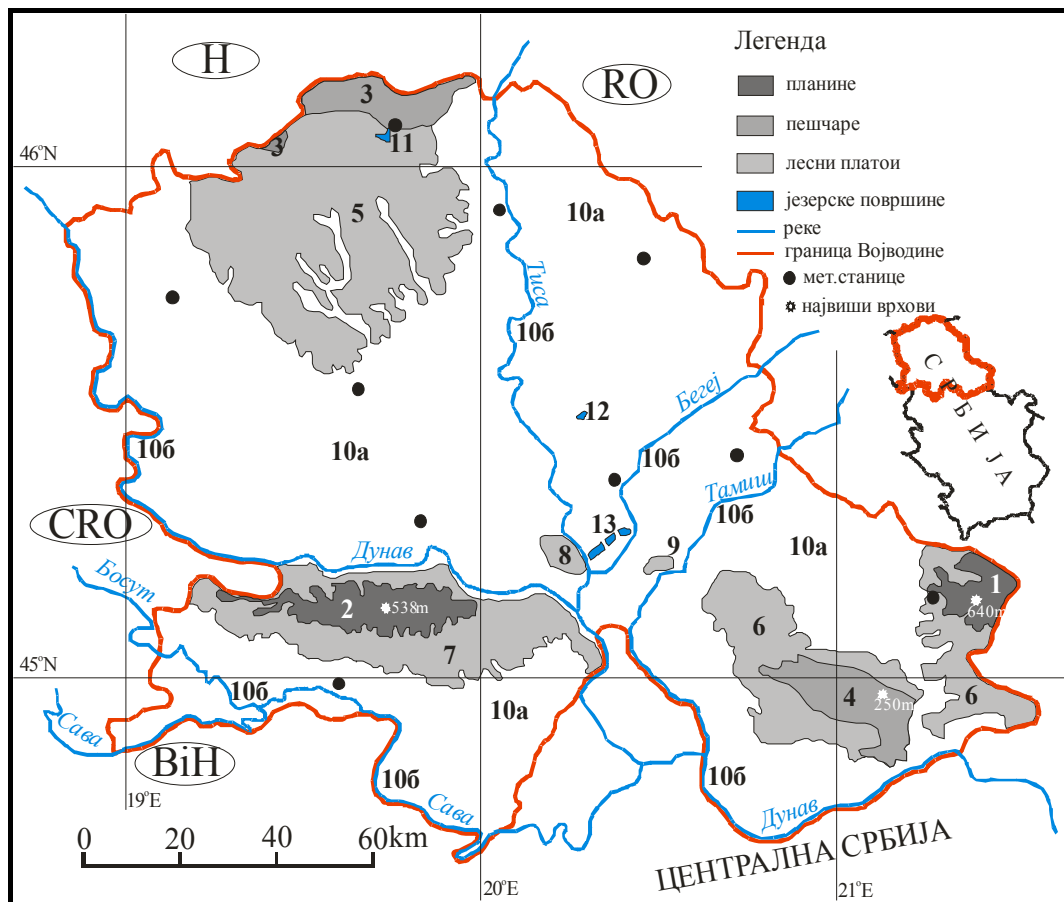
Територија Војводине генерално се одликује континенталним климатским приликама (Ракићевић, 1980; Дуцић и Радовановић, 2005), које су засигурно последица географског положаја, односно утицаја глобалних (атмосферска циркулација), регионалних и локалних (природне и антропогене појаве и процеси) географских фактора.

## **ПРИРОДНЕ И ДРУШТВЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ВОЈВОДИНЕ**

Површински рељеф, хидрографски објекти, педолошки слој, зелене површине, урбани простори и др., могу имати утицаја на кретање температура ваздуха одређеног простора. Из тог разлога, одређене природне и друштвене карактеристике простора Војводине, представљене су у даљем тексту.

### **Геоморфолошке и орографске карактеристике**

Војводина представља претежно низијско подручје у којем доминирају острвске планине Фрушка гора и Вршачке планине, као и неколико мање висински маркантних геоморфолошких објеката које се издвајају као посебне рељефне целине (прилог 8).



Прилог 8. Најмаркантнији геоморфолошки и хидролошки објекти на подручју Војводине; 1) Вршачке планине; 2) Фрушка гора; 3) Суботичка пешчара; 4) Делиблатска пешчара; 5) Бачки лесни плато; 6) Јужнобанатски лесни плато; 7) Сремски лесни плато; 8) Тителски брег; 9) Тамишки лесни плато; 10а) Лесне терасе; 10б) Алувијалне равни; 11) Палићко језеро; 12) Језеро Русанда; 13) Ечки рибњази; (извор основе карте: Геокарта, 1993)

Вршачке планине смештене су у југоисточном делу истраживаног подручја (прилог 8 [1]) укупне површине од око 170 km<sup>2</sup> и правца пружања запад-исток. Површински рељеф планинског система карактеришу четири истакнуте чуке: Вршачка кула (399 m), Вршачки врх (488 m), Гудурички врх (640 m, који уједно представља и највиши врх Војводине) и Доњи Вршишор (463 m). На попречном профилу уочава се асиметричност, односно степенасто спуштање јужне подгорине планине, док је северна страна окомита (Букуров, 1984; Давидовић и сар, 2003; Томић и сар., 2004).

*Фрушка гора* се налази у југозападном делу Војводине заузимајући површину од 498 km<sup>2</sup> и пружајући се правцима исток-запад у дужини од 78,2 km и север-југ ширине 15,6 km. Планина се одликује изразитом асиметричношћу, која се добро уочава дуж попречног профила Рума-Иришки Венац-Сремска Каменица, где је северна падина знатно стрмија у односу на јужну. Може се уочити да Фрушка гора заузима значајну површину истраживаног простора, али с обзиром на то да највиши врх Чот износи свега 538 m, она спада у тип ниских планина (Бугарски и сар., 1998; Томић и сар., 2004) (прилог 8 [2]).

*Суботичка пешчара* простира се на крајњем северу Војводине, северно од Суботице и Палићког језера, укупне површине око 192,2 km<sup>2</sup>. Највиши делови налазе се на северу и северозападу пешчаре (врх Ђомбе 140 m на самој граници са Мађарском, који представља највишу тачку Бачке), а према истоку, југу и западу висине се постепено спуштају. Површински рељеф има заталасани карактер који је пре свега последица појаве динских система и међудинских депресија и издувина (Суботица-Хоргош), чија се релативна висинска разлика креће и до 17 m. Јужна граница Суботичке пешчаре није у потпуности дефинисана, јер представља зону постепеног мешања песка са лесом Бачког лесног платоа дуж линије Хоргош-Кереш-Носе-Лудошко језеро-Палићко језеро-Суботица-Келебијско језеро<sup>1</sup> (Букуров, 1975; Давидовић и сар., 2005; Ковачевић, 2006) (прилог 8 [3]).

На простору југоисточног дела Војводине налази се *Делиблатска пешчара* (прилог 8 [4]) максималне дужине 35 km (правца северозапад-југоисток) и ширине 15 km (правца североисток-југозапад). Пешчару карактерише претежно дински и међудински рељеф заступљен на укупној површини од око 300 km<sup>2</sup>. Релативна висинска разлика између највиших и најнижих геоморфолошких елемената износи до 30 m, а на неким локалитетима и више (дина Плуц 32 m релативне висине). Апсолутни висински нивои Делиблатске пешчаре крећу се од 70-80 m у југоисточном делу, па до преко 190 m у централним и северозападним областима (кота Плус 193 m) (Букуров, 1984; Давидовић и сар., 2003). Неопходно је напоменути да се на крајњем источном ободу Делиблатске пешчаре налази Загајичко брдо висине 250 m, чију генезу и геолошки састав у својим радовима

---

<sup>1</sup> Суботичка пешчара спушта се јужно од државне границе на још две локације малих просторних димензија, код Доњег и Горњег Таванкута и код насеља Риђица.

различно дефинишу Вукашиновић (Вукашиновић, 1973) и Ракић (Ракић и сар., 1980/81; Ракић, 1985). Међутим, с обзиром на то да је Загајичко брдо оивичено песковитим седиментима, може се сматрати највишом тачком Делиблатске пешчаре.

*Бачки лесни плато*<sup>2</sup> представља благу и слабо засвођену узвишицу насталу навејавањем леса, који се простире у северном и северозападном делу истраживаног простора на површини од 2.800 km<sup>2</sup> (прилог 8 [5]). Западну, источну и јужну границу, према нижој лесној тераси, карактеришу одсеци од 10 до 30 m висине са ублаженим падовима услед утицаја плавина. Северна граница није изражена услед постепеног мешања леса у песак Суботичке пешчаре. Апсолутне висине Бачког лесног платоа опадају од северозапада (125 m код Суботице) према југоистоку (86 m код Србобрана) (Букуров, 1975; Давидовић и сар., 2005).

*Јужнобанатски лесни плато* простире се у југоисточном делу Војводине, смештен између Делиблатске пешчаре и ниже лесне терасе. Плато ограничава пешчару са североисточне, северозападне и југозападне стране, а граница представља зону постепеног прелаза лесних седимената у песковите. Јужнобанатски лесни плато орјентисан је правцем северозапад-југоисток, највеће ширине 20 km (у северозападном делу), а елевациона разлика према нижој геоморфолошкој целини износи од 5 до 35 m. Једино источна граница није морфолошки изражена, јер се на том потесу лесни плато поступно наставља на суподину Вршачких планина, односно на површ јужне подгорине. Апсолутне висине највиших тачака су од 100 до 150 m, а површина платоа износи око 1000 km<sup>2</sup> (Букуров 1984; Бугарски и сар., 1995; Давидовић и сар., 2003) (прилог 8 [6]).

У југозападном делу Војводине, односно северном Срему, налази се *Сремски лесни плато* који са свих страна окружује Фрушку гору. Апсолутне надморске висине крећу се од 100 до 140 m, а укупна површина платоа износи 1.175 km<sup>2</sup>. Северна, источна и западна граница платоа јасно су изражене, док је јужна граница прилично недефинисана услед постепеног исклињавања према лесној тераси (Бугарски и сар., 1998) (прилог 8 [7]).

---

<sup>2</sup> У нашој научној литератури, за ову геоморфолошку лесну целину, најчешће се користи термин зараван, док се у међународној литератури користи израз плато.

*Тителски брег (или плато)* представља доминантну лесну творевину, у централном делу Војводине (југоисточна Бачка), елипсастог облика са дужом осом од око 16 km правца северозапад-југоисток и краћом дужине око 7,2 km. На укупној површини од око 94 km<sup>2</sup> површински рељеф је заталасан услед појава предолица, долина и других геоморфолошких облика. Просечна надморска висина износи око 120 m, а елевациони нивои генерално се спуштају од северозапада према југоистоку. Тителски брег се изнад околиних алувијалних равни Дунава и Тисе издиже од 35 до 55 m релативне висине (Давидовић и сар., 2005; Марковић и сар., 2005).

У централном делу проучаваног подручја, северно од реке Тамиш, смештен је *Тамишки лесни плато* мале површинске распрострањености од свега 26 km<sup>2</sup>. Висинска разлика у односу на лесну терасу износи до 23 m, а надморске висине платоа крећу се од 99 m (у јужном делу) до 81 m.a.v. (у северном делу) (Давидовић и сар., 2003) (прилог 8 [8] и [9]).

У прилогу 8 [10a] и [10b] означене су најниже геоморфолошке целине, односно лесне терасе и алувијалне равни на простору Војводине. Апсолутна надморска висина лесних тераса углавном се креће од 75 до 88 m, а релативна висинска разлика у односу на вишу геоморфолошку целину, на одређеним локацијама, износи и више од 50 m. Нивелационо одступање између лесних тераса и нижих алувијалних равни река на истраживаном подручју креће се од 2 до 8 m. Површински рељеф ових геоморфолошких целина прилично је униформан, без осетних висинских разлика (Бугарски и сар., 1998; Давидовић и сар., 2003; Давидовић и сар., 2005).

Иако се претходно поменута геоморфолошка целина (лесна тераса) не одликује великим надморским висинама, нити разноврсношћу површинског рељефа, приликом проучавања временских низова метеоролошких станица у Војводини, неопходно је на максимално адекватан начин приступити анализи географских климатских фактора овог простора, с обзиром на то да је већина метеоролошких станица управо лоцирана на лесним терасама Војводине (прилог 8).

Опште је познато да орографске целине утичу на трансформацију ваздушних маса и формирање одређеног типа климата на неком простору (Дуцић и Радовановић, 2005). Међутим, орографске целине на истраживаном простору, с

обзиром на висине и просторно распрострањење, не могу представљати круцијалне факторе који креирају климатске, а самим тим и температурне, карактеристике. Планински системи Алпа, Динарида и Карпатско-балканских планина су најзначајније орографске целине које представљају основне модификаторе кретања глобалних атмосферских циркулација, које формирају годишња стања температурних и других метеоролошких параметара на простору Војводине. Може се закључити да геоморфолошки објекти различитих висинских и рељефних карактеристика на истраживаном подручју могу имати модификаторски утицај, пре свега, на локалне температурне вредности, што је могуће уочити приликом анализа временских серија са различитих метеоролошких станица.

### **Хидрографске одлике**

Општа одлика површинске хидрографије Војводине је да реке имају равничарски карактер, односно мали пад, меандарски и миран ток са повремено високим водостајем и протицајем, а постојећи језерски басени малу површинску распрострањеност (прилог 8).

Река *Дунав* представља, посматрајући морфометријске и хидролошке карактеристике, најмоћнију реку Војвођанског подручја. Она протиче кроз истраживани простор у дужини од око 350 km. Ширина речног тока креће се од 380 до 2000 m, док дубина на овом потезу има вредности између 12 и 22 m (Бугарски, 1999; Томић и сар., 2004; Богдановић и Марковић, 2005).

Кроз централни део територије Војводине протеже се река *Тиса* у дужини од 164 km. Просечна ширина Тисе током средњег водостаја износи од 180 до 250 m, а дубина од 9 до 15 m (Богдановић и Марковић, 2005).

На крајњем југозападу (Срем) протежу се реке *Сава* и *Босут*. Сава протиче кроз Срем у дужини од 207 km. Ширина речног тока креће се у распону од 200 m (код Сремске Митровице) до 780 m (код Шапца), док је највећа дубина код Сремске Митровице и износи 18 m (Плавша, 1999). Доњи ток реке Босут, који протиче кроз Срем има ширину од око 100 m, а дубину између 3-4 m (Богдановић, 1999).



Река *Бегеј* протиче кроз централни источни део Војводине у дужини од 33 km и представља највећу притоку Тисе у нашој земљи. Ова река, заједно са Пловним Бегејом, има укупну дужину од 108,5 km на простору Војводине. Највиши водостаји јављају се током априла, маја и јуна, а просечна годишња температура воде је нешто виша од температуре ваздуха и износи 12,5°C (Богдановић и Марковић, 2005).

Река *Тамиш* протиче средишњим и југозападним делом Баната у дужини од 118 km. Ширина реке износи од 50 до 80 m, а дубина од 2 до 7 m у зависности од висне водостаја (Богдановић и Марковић, 2005) (прилог 8).

*Палићко језеро* налази се у северном делу Војводине на апсолутној висини од 102 m. Правцем север-југ пружа се у дужини од 3425 m, а ширина износи од 600 до 1300 m. Укупна површина воденог огледала износи око 5 km<sup>2</sup>, а дубина не прелази 2,5 m. Током летњих периода температура језерске воде може достићи и 25°C (Станковић, 2000; Ковачевић, 2006) (прилог 8 [11]). У централном делу Војводине смештено је језеро *Русанда* (прилог 8 [12]) површине око 4 km<sup>2</sup>. Дужина језера износи 5,5 km, ширина од 200 до 600 m, а дубина није велика и креће се од 0,5 до 1,5 m. Површински слој језера током лета загрева се и до 30°C (Станковић, 2000; Богдановић и Марковић, 2005). Јужно од језера Русанда, између Бегеја и Тисе, налазе се *Језера рибњака Ечка*. Рибњак сачињавају 94 језера различитих величина, укупне површине од 21,5 km<sup>2</sup>. Просечна дубина језера не прелази 1,5 m (Богдановић и Марковић, 2005) (прилог 8 [13]).

Водене површине представљају један од изузетно важних фактора који формирају основна обележја климе неког простора. Њихов утицај се, између осталих, огледа и у ублажавању температурних амплитуда у одређеном временском периоду, а нарочито се то односи на екстремне температурне вредности. Речни токови и језерске површине, с обзиром на њихове метричке карактеристике, на територији Војводине имају прилично ограничено дејство на већину климатских елемената. Њихов утицај осећа се углавном у релативно уском приобалном појасу, а у односу на шире окружење утицај је, конкретно на вредности температуре ваздуха, занемарљив. Велика водена површина која је изузетно важан извор влаге за простор Војводине јесте Атлантски океан. Ове влажне ваздушне масе, делимично модификоване, са запада стижу на простор

Југоисточне Европе, углавном пратећи долине Саве и Дунава (Дуцић и Радовановић, 2005).

### **Педолошки слој и биљни покривач**

Најдоминантнији *педогенетски слојеви* на простору Војводине су чернозем, који има изразито мрко-црну боју и добра водно-ваздушна својства и ливадске црнице, које имају црно-смеђу нијансу и сличне водно-ваздушне карактеристике (Томић и сар., 2004). На простору Војводине, чернозем се простире на површини од 935.914 ha или око 45,6% територије Војводине, а ливадска црница захвата 370.496 ha, односно 18,1% (Ромелић и Лазић, 2000).

Из претходно наведеног, може се закључити да што се тиче *вегетацијске заступљености*, на територији Војводине доминирају обрадиве површине (76,6% територије Војводине) које су под пољопривредним културама, односно ови простори могу се сматрати огољеним површинама (нарочито у годишњим сезонама када нема никаквих култура на њима). Травнате заједнице су заступљене једино на педолошким површинама које не задовољавају услове за пољопривредно искоришћавање, а права шумска вегетација захвата незнатну површину на војвођанском простору и то једино на Фрушкој гори, Вршачким планинама и деловима Делиблатске и Суботичке пешчаре (Томић и сар., 2004). Травнате површине су заступљене на 182.000 ha, односно 8,9%, а под шумама је 127.153 ha или 6,2% територије Војводине (Ромелић и Лазић, 2000).

Биљни покривач представља значајан модификатор климе. Овај утицај се, пре свега, односи на размену топлоте између подлоге и 2 m релативне висине на којој се обављају осматрања температуре ваздуха. Свакако треба имати на уму да процес размене термичких услова зависи од врсте биљних састојина, али генерално њихов највећи утицај долази до изражаја у условима мирног времена, односно када је слабије кретање ваздушних маса из других области (Дуцић и Радовановић, 2005).

## Урбани развој и кретање броја становника

Интензивна урбанизација и повећање броја становништва у другој половини XX века довело је од препознавања великог броја проблема везаних за промену услова животне средине на великим просторима. Наиме, природни простор у градским срединама, замењен је антропогеним објектима чије се термичке карактеристике материјала, топлотни капацитет, топлопроводљивост и карактеристике влажности, у потпуности разликују од физичких одлика природних објеката околине. Генерално, утицај урбане средине и високе концентрације људи и њихове активности, веома је изражен на све компоненте физичко-географске средине, а нарочито се то одражава на атмосферу (Анђелковић, 2005).

Табела 1. Кретање броја становника десет градова Војводине у званичним пописним периодима од 1948. до 2002. године

| насеље/попис      | 1948  | 1953  | 1961   | 1971   | 1981   | 1991   | 2002   |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Суботица          | 63048 | 66057 | 74999  | 88769  | 100472 | 100386 | 102712 |
| Палић             | 3693  | 3764  | 4381   | 5179   | 7018   | 7375   | 8266   |
| Сомбор            | 33613 | 33632 | 37760  | 44100  | 48454  | 48993  | 52648  |
| Врбас             | 14837 | 15470 | 19316  | 22496  | 25143  | 25858  | 26198  |
| Сента             | 23277 | 23320 | 25062  | 24723  | 23690  | 22827  | 21119  |
| Нови Сад          | 69431 | 76752 | 102469 | 141375 | 170020 | 179626 | 195110 |
| Сремска Митровица | 13183 | 15456 | 20790  | 31986  | 37628  | 38834  | 40163  |
| Кикинда           | 28743 | 29635 | 34127  | 37691  | 41797  | 43051  | 42675  |
| Зрењанин          | 38564 | 44168 | 55539  | 71424  | 81270  | 81316  | 81390  |
| Вршац             | 23038 | 26110 | 31620  | 34256  | 37513  | 36885  | 38293  |

Извор: Републички завод за статистику, 2004

На простору Војводине, према последњем званичном попису из 2002. године живи 2098779 становника, односно 97,6 ст./km<sup>2</sup> (Републички завод за статистику, 2004). Такође, у последњих педесетак година уочава се тренд пораста броја становника у урбаним срединама, што је истовремено узроковало територијалну експанзију самих градова. У табели 1 представљено је кретање броја становника у последњих седам званичних пописа за војвођанске градове који су просторно најближи локалитетима метеоролошких станица које су анализирани у овој студији.

## **ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ ЛОКАЛИТЕТА МЕТЕОРОЛОШКИХ СТАНИЦА**

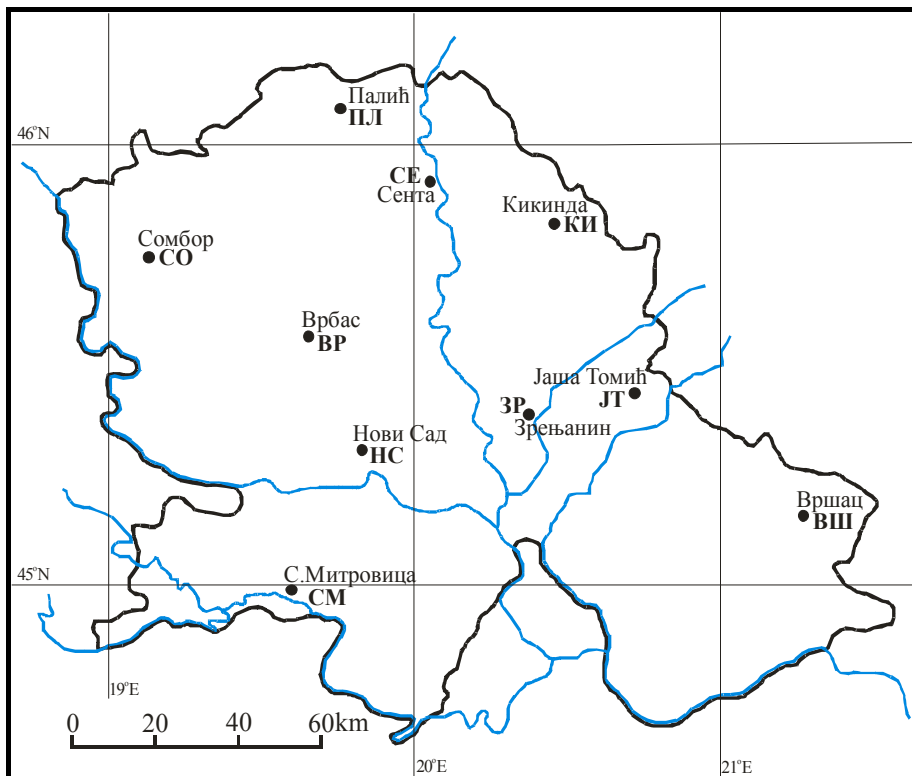
У докторској дисертацији коришћене су временске серије температурних параметара са десет метеоролошких станица, које су смештене на територији Војводине. То су следеће мерне станице: Палић (ПЛ), Сомбор (СО), Сента (СЕ), Врбас (ВР), Римски Шанчеви-Нови Сад (НС), Кикинда (КИ), Зрењанин (ЗР), Јаша Томић (ЈТ), Вршац (ВШ) и Сремска Митровица (СМ) (прилози 9 и 10).

На самом почетку анализирања географског положаја метеоролошких станица, наишло се на проблем недовољно прецизних географских координата које су представљене за сваку станицу у званичним Годишњацима РХМЗ (Републички хидрометеоролошки завод). Приликом детаљнијих истраживања овог проблема, уочене су прилично различите вредности координата за исту метеоролошку станицу између Годишњака, регистарских свесака метеоролошких станица и података о положајима који се шаљу Светској метеоролошкој организацији (WMO).

Током израде ове студије, обележене су стварне просторне локације и измерене координате високе детаљности (у стотим деловима секунде) за сваку станицу, помоћу сателитских снимака високе резолуције који су доступни преко софтверског програма GoogleEarth. Координате које су добијене након анализе сателитских снимака, показале су различите вредности у односу на познате координате у претходна три поменута извора.

У циљу минимизирања прилично хаотичне ситуације везане за податке географских ширина и дужина, узета је претпоставка да, у овом случају, координатни систем сателитских снимака високе резолуције поседује највећу тачност и поузданост. Да би се доказала тачност претходно изнете претпоставке, на самом терену су одређене координате двеју тачака у оквиру круга метеоролошке станице Римски Шанчеви помоћу уређаја за глобално позиционирање – GPS типа Magellan Map 330, који има распон грешке до 15 метара. Прве измерене координате односиле су се на стамбени објект (у којем се налази барометар), а друге на термометарски заклон.

Просторно одступање између координатних вредности GPS-а и GoogleEarth-а, за стамбени објекат износио је приближно 10 m, а за термометарски заклон 3,6 m. Одступања у оба примера налазе се у оквиру могуће грешке, па се може закључити да се координате, одређене помоћу софтвера GoogleEarth, могу сматрати довољно тачним и прихватити као нове вредности географске ширине и дужине за сваку станицу.



Прилог 9. Локације метеоролошких станица на простору Војводине  
(извор основе карте: Геокарта, 1993)

Генерални разлог одређивања нових координата, је тај што су уочена велика дужинска одступања између локације коју дефинишу координатне вредности које се шаљу WMO-у и стварних просторних локација метеоролошких станица које су уочене на сателитским снимцима. Тако је највећа разлика за мерну станицу Сремска Митровица која износи чак 10 km, затим Римски Шанчеви 2,1 km, Сента 1,6 km, Вршац 1,1 km, Кикинда 860 метара, Сомбор 500 m, Јаша Томић 430 m и Палић 300 m.

Овакву анализу није било могуће урадити за две метеоролошке станице у Војводини. Прва је Зрењанин, из разлога што за северозападни део града (где је и смештена станица) не постоји сателитски снимак високе резолуције, па самим тим није је било могуће лоцирати. Из тог разлога, координате станице Зрењанин одређене су помоћу GPS-а типа Magellan Map 330, а дужинска диференција између података РХМЗ и вредности измерених на терену износи 2,1 km. Друга мерна станица је Врбас, која је престала да функционише августа 1992. године и данас више не постоји круг ове метеоролошке станице. За географску ширину и дужину метеоролошких станица, узимане су координате стамбеног објекта, односно локација барометра. У станицама где не постоји стамбени објекат поред метеоролошког круга, одређиване су координате термометарског заклона (табела 2).

Табела 2. Географске координате испитиваних метеоролошких станица у Војводини (позиција барометра); \* - станице чије се GoogleEarth координате односе на позицију термометарског заклона; <sup>РХМЗ</sup> – координате Републичког хидрометеоролошког завода; <sup>GPS</sup> – координате станице Зрењанин измерене уређајем GPS Magellan Map 330

| станице                 | GoogleEarth  |              | РХМЗ   |        |
|-------------------------|--------------|--------------|--------|--------|
|                         | φ°N          | λ°E          | φ°N    | λ°E    |
| Палић                   | 46°05'50,40" | 19°45'52,91" | 46°06' | 19°46' |
| Сомбор                  | 45°46'02,25" | 19°08'36,10" | 45°46' | 19°09' |
| Римски Шанчеви          | 45°19'19,23" | 19°49'46,26" | 45°20' | 19°51' |
| Сента*                  | 45°55'18,89" | 20°05'49,64" | 45°56' | 20°05' |
| Врбас <sup>РХМЗ</sup>   | 45°34'       | 19°38'       | 45°34' | 19°38' |
| Кикинда                 | 45°50'32,89" | 20°27'51,45" | 45°51' | 20°28' |
| Зрењанин <sup>GPS</sup> | 45°23'56"    | 20°22'35"    | 45°24' | 20°21' |
| Вршац                   | 45°08'41,44" | 21°18'21,68" | 45°09' | 21°19' |
| Јаша Томић*             | 45°27'05,32" | 20°50'41,64" | 45°27' | 20°51' |
| Сремска Митровица       | 45°00'38,80" | 19°33'17,48" | 45°06' | 19°33' |

Неопходно је још напоменути да су апсолутне надморске висине свих станица преузете из званичних годишњака РХМЗ, из разлога што се увидело да ни софтвер GoogleEarth ни GPS типа Magellan Map 330 не пружају довољно поуздане податке надморских висина.

Да би се проверила тачност висинских података представљених у изворима РХМЗ, анализирани су изохипсе на топографским картама размере 1:25000. Након провере висинских кота локација станица, задовољавајућа прецизност уочена је за осам метеоролошких станица. За мерне станице Сента и Врбас, на основу линија изохипси и околних реперних кота, извршене су корекције вредности апсолутних висина за 2 m, односно 4 m.



Сомбор

фото: Арменски Т.



Зрењанин

фото: Савић С.



Римски Шанчеви-Нови Сад

фото: Савић С.



Вршац

фото: Савић С.

*Прилог 10. Део анализираних метеоролошких станица у Војводини*

У наредним поднасловима представљена је детаљнија слика географских карактеристика непосредног окружења свих анализираних метеоролошких станица, која је додатно документована и са графичким прилозима.

## Метеоролошка станица Палић

Метеоролошка станица Палић налази се око 300 m југоисточно од насеља (φN 46°05'50,40" и λE 19°45'52,91"). Смештена је, у зони постепеног прелаза песка Суботичке пешчаре у лесне седименте Бачког лесног платоа (Ковачевић, 2006), на апсолутној надморској висини од 102 m (прилог 11).

Уколико се узму у осматрање постојећи локални климатски модификатори, неопходно је напоменути да је станица лоцирана у непосредној близини Палићког језера, и то у делу где је језеро најшире и најдубље, и површински знатно мањег Крвавог језера. Посматрајући ваздушну линију, свега 70 m југозападно од станице налази се Палићко, а 150 m југоисточно је Крваво језеро. С обзиром на димензије водених површина, може се извести закључак да постојећи модификатори највероватније, у одређеној мери, имају утицаја на вредности временских серија, односно температурних параметара.



Прилог 11. Географски положај метеоролошке станице Палић; *плати-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1972в, сек. Суботица 4-3, 1:25000; GoogleEarth, 2008)



## Метеоролошка станица Сомбор

У северозападном делу Војводине, односно источно од насеља Сомбор и непосредно поред регионалног пута према Кљајићеву, смештена је истоимена метеоролошка станица. Налази се на Бачкој лесној тераси (Томић и сар., 1996) на 88 m.a.v. и непосредно је окружују обрадиве површине и неколико мањих индустријских објеката. Од ободног дела насеља Сомбор, праволинијски је удаљена приближно 250 m, па се може закључити да највероватније не постоји утицај модификатора антропогеног порекла. Географске координате станице су  $\varphi\text{N } 45^{\circ}46'02,25''$  и  $\lambda\text{E } 19^{\circ}08'36,10''$ . (прилог 12).



Прилог 12. Географски положај метеоролошке станице Сомбор; *плав-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1975а, Сомбор 1-3, 1:25000; ВГИ, 1975б, сек. Сомбор 1-4, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

## Метеоролошка станица Сента

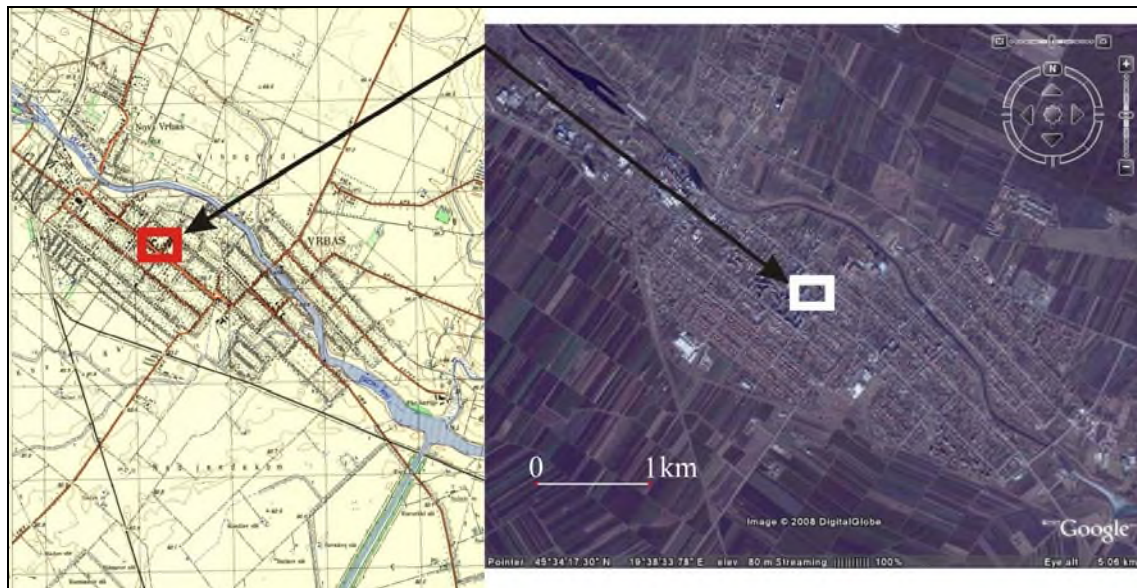
На основу вредности координата ( $\phi N 45^{\circ}55'18,89''$  и  $\lambda E 20^{\circ}05'49,64''$ ), метеоролошка станица је смештена у урбаној зони насеља, односно у југоисточном делу Сенте. Налази се на Бачкој лесној тераси (Јокић, 2004) на апсолутној висини од 82 m. У непосредној близини, око 280 m ваздушне линије, протиче река Тиса ширине речног тока од 250 m. На основу претходно изнетог, највероватније постоје фактори (урбани развој и водене површине), који донекле модификују температурне низове и низове других метеоролошких елемената (прилог 13).



Прилог 13. Географски положај метеоролошке станице Сента; *плав-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1972а, сек. Кикинда 1-1, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

## Метеоролошка станица Врбас

Ова мерна станица постојала је до августа 1992. године. На основу географских координата РХМЗ и званичних инспекцијских извештаја о локацији (које се налазе у регистарској књизи станице), станица је била смештена у градској зони насеља Врбас (прилог 14). С обзиром на то да је у другој половини XX века долазило до рапиднијег урбаног развоја градских средина у Војводини, највероватније је и ова станица (слично као и у Сенти), била у одређеном степену под утицајем урбаног модификаторског фактора. У геоморфолошком смислу, станица се налази на Бачкој лесној тераси (Миљковић и сар., 1998), а северно се постепено уздиже Бачки лесни плато (северно од канала ДТД). Надморска висина метеоролошке станице износи 83 м.

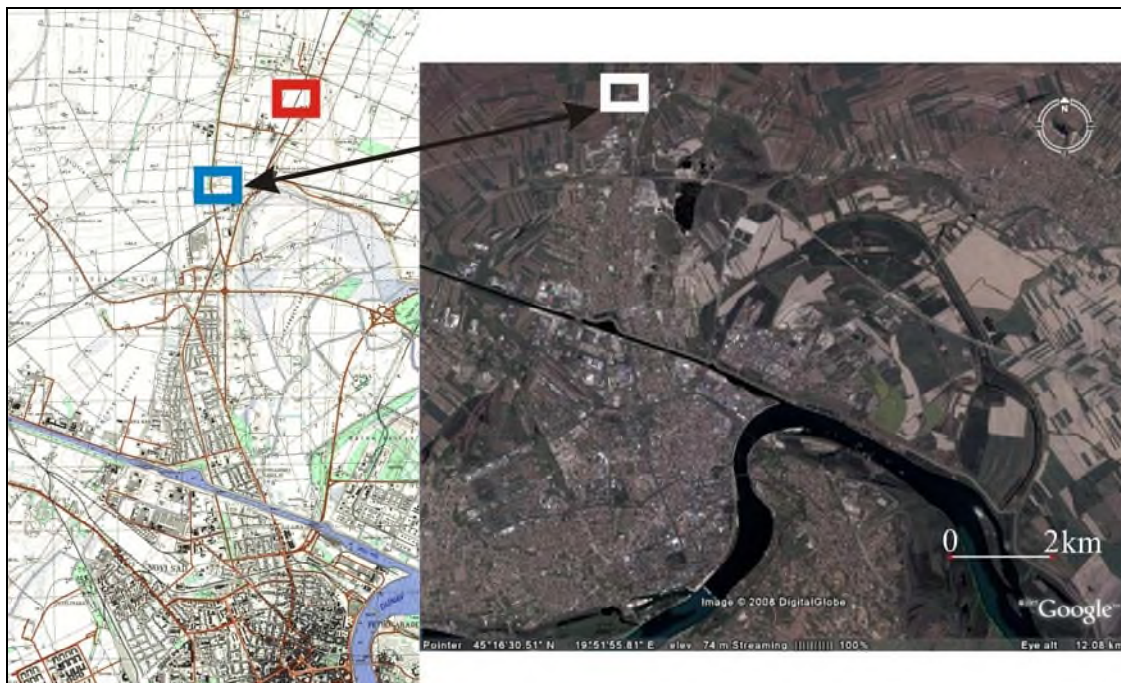


Прилог 14. Географски положај метеоролошке станице Врбас; *црвени-бели правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1969а, сек. Бачка Топола 3-4, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

## Метеоролошка станица Римски Шанчеви-Нови Сад

Метеоролошка станица Римски Шанчеви налази се на Бачкој лесној тераси (Петровић и Миљковић, 1987), удаљена ваздушном линијом 1,9 km од северног урбаног обода Новог Сада. Координатне вредности износе  $\varphi\text{N } 45^{\circ}19'19,23''$  и  $\lambda\text{E } 19^{\circ}49'46,26''$ , а надморска висина 84 m. Непосредно окружење представља обрадива површина, а просторно растојање од реке Дунав и Фрушке горе, који могу представљати значајне локалне климатске модификаторе на простору Војводине, износи 6,8 km, односно око 10 km. Станица се налази источно од регионалног пута према Србобрану (прилог 15).

На основу представљених удаљености од Дунава и Фрушке горе, као и од новосадске урбане зоне са око две стотине хиљада становника, без додатних детаљних и исцрпних климатолошких и статистичких анализа, тешко се може изнети сигурна констатација да ови модификатори имају утицаја на временске серије метеоролошке станице.



Прилог 15. Географски положај метеоролошке станице Нови Сад-Римски Шанчеви; *плати-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1984, сек. Нови Сад 2-3, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

### Метеоролошка станица Кикинда

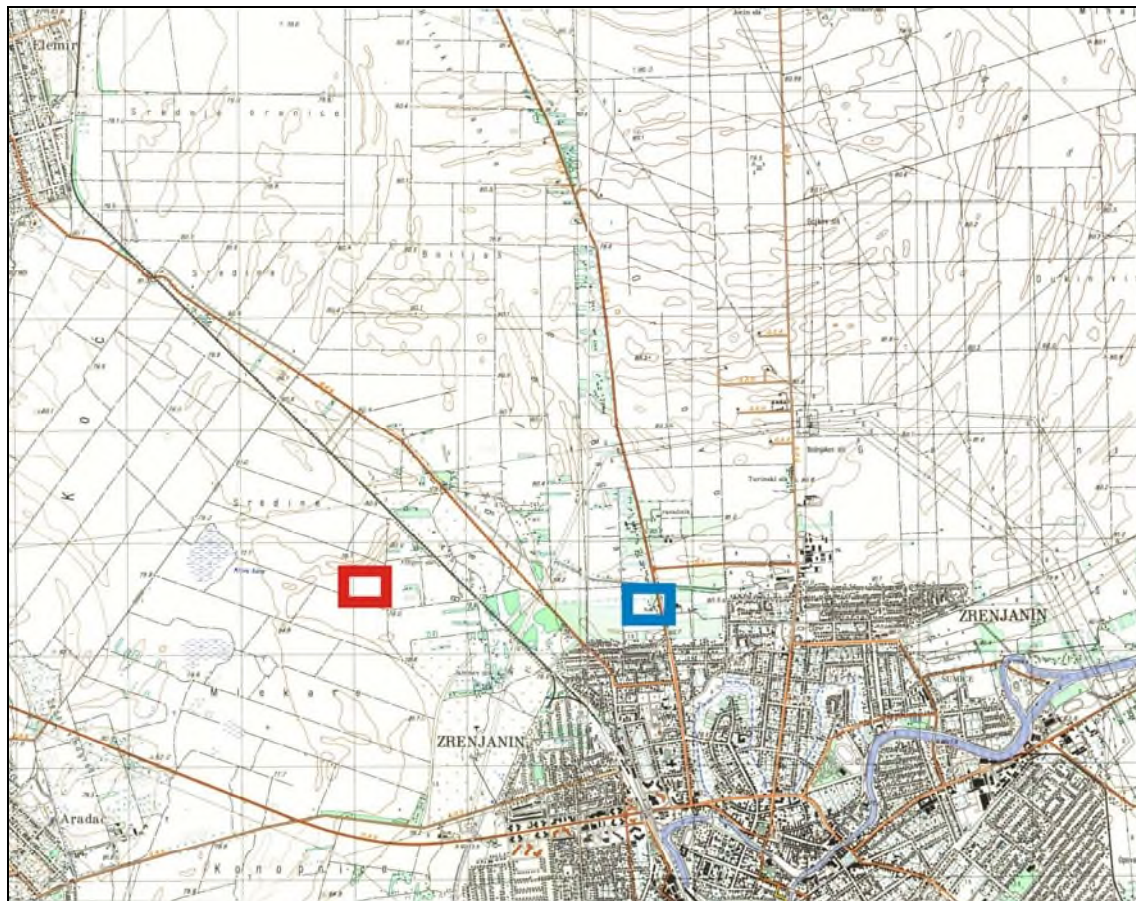
На простору прелазне зоне новобечејско-зрењанинске лесне терасе (Богдановић и сар., 1996), на 81 m.a.v, у североисточном делу насеља Кикинда, лоцирана је истоимена метеоролошка станица ( $\varphi N 45^{\circ}50'32,89''$  и  $\lambda E 20^{\circ}27'51,45''$ ). У прилогу 16 уочава се да је станица смештена у оквиру урбане зоне Кикинде, међутим, у овом делу насеља простире се зелена површина која ограничава станицу у полупречнику од око 250 m од првих грађевинских објеката. На основу тога, иако се урбана зона ширила током последњих педесетак година, са резервом треба узети могући антропогени утицај на температурне податке. Евентуални маркантни рељефни или хидролошки објекти, не уочавају се у непосредној близини метеоролошке станице.



Прилог 16. Географски положај метеоролошке станице Кикинда; *плати-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1972б, сек. Кикинда 2-4, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

## Метеоролошка станица Зрењанин

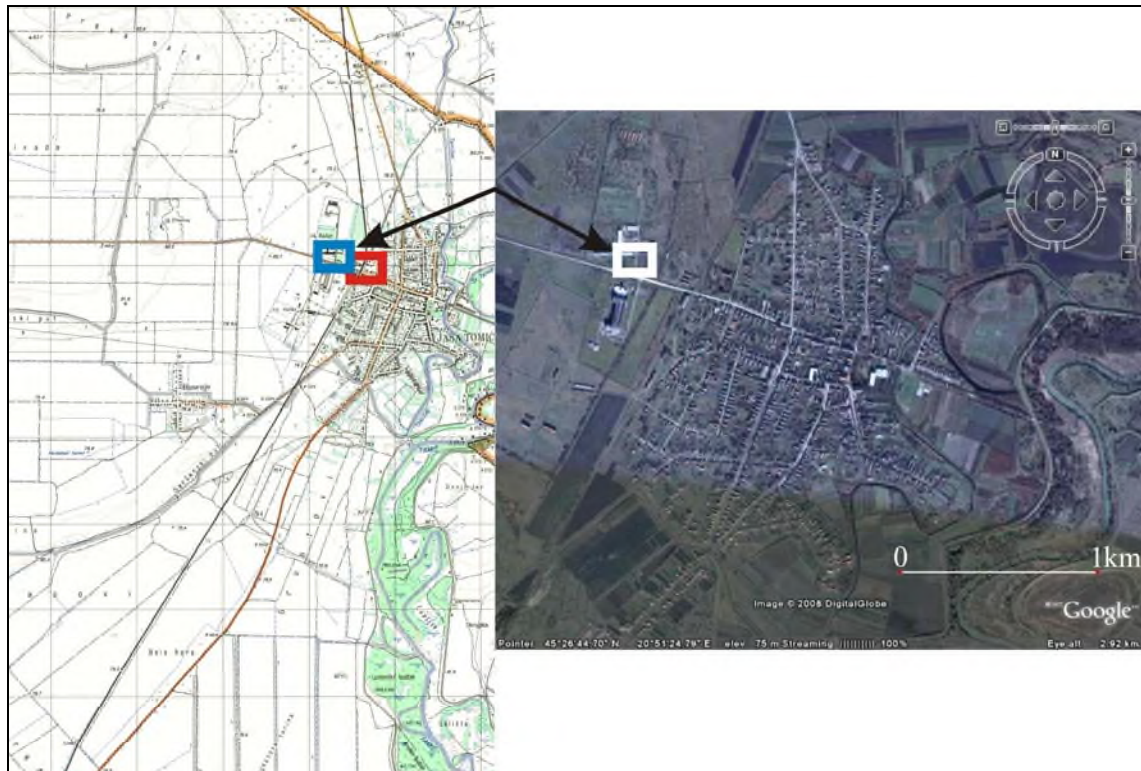
Метеоролошка станица Зрењанин смештена је северозападно од истоименог насеља, у непосредној близини регионалног пута према Меленцима, на геоморфолошкој целини познатој као новобечејско-зрењанинска лесна тераса (Богдановић и сар., 1995). Координате географског положаја износе  $\phi N 45^{\circ}23'56''$  и  $\lambda E 20^{\circ}22'35''$ , а надморска висина 80 m. Локација саме станице праволинијски је удаљена од северозападног обода зрењанинске урбане зоне приближно 400 m, а од реке Бегеј 2,8 km (прилог 17).



Прилог 17. Географски положај метеоролошке станице Зрењанин; *плав*  
*правоугаоник*-локација станице на основу координата одређених GPS Magellan  
Мар 330; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије  
(извори основе карте: ВГИ, 1994а, сек. Зрењанин 2-1, 1:25000; ВГИ, 1994б, сек.  
Зрењанин 2-2, 1:25000)

## Метеоролошка станица Јаша Томић

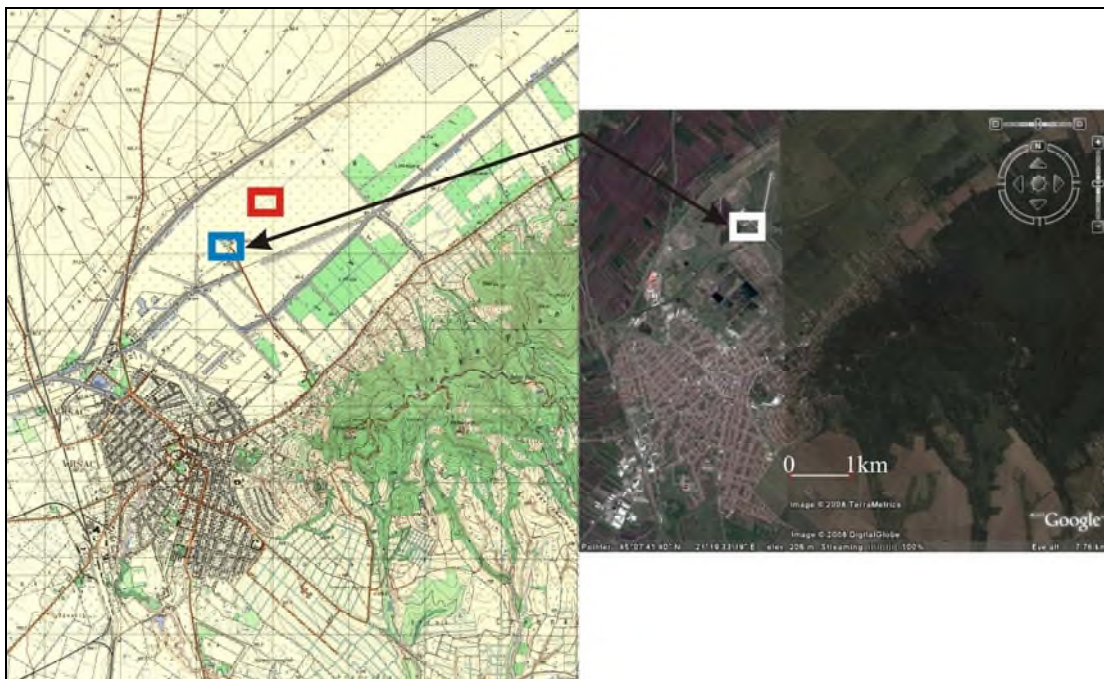
Мерна станица постављена је ваздушном линијом око 400 m западно до насеља Јаша Томић, у кругу Пољопривредног предузећа "Ратар". Униформна рељефна ситуација новобечејско-зрењанинске лесне терасе (Томић и сар., 1995), рурална одлика насеља и удаљеност реке Тамиш (која протиче 2,2 km источно од насеља), највероватније не представљају модификаторе који би утицали на мерење природних вредности температуре ваздуха. Географске координате станице износе  $\phi N 45^{\circ}27'05,32''$  и  $\lambda E 20^{\circ}50'41,64''$ , а надморска висина 80 m (прилог 18).



Прилог 18. Географски положај метеоролошке станице Јаша Томић; *плати-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1995, сек. Алибунар 2-1, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

## Метеоролошка станица Вршац

У југоисточном делу Војводине, северно од насеља Вршац, у кругу аеродрома Пилотске школе ЈАТ-а, налази се метеоролошка станица (прилог 19). Координате мерне станице износе  $\varphi\text{N } 45^{\circ}08'41,44''$  и  $\lambda\text{E } 21^{\circ}18'21,68''$ , а надморска висина 84 m, док се у рељефном смислу, у овом делу катастарске општине Вршац пружа језерско-лесна тераса (Бугарски, и сар., 1995). Посматрајући праволинијска растојања, југоисточно од станице на удаљености од 2,1 km спуштају се северни обронци Вршачких планина, а 1,7 km јужно наилази се на урбану зону Вршца. Близина маркантног орографског објекта на којем се уједно налазе и пространији шумски комплекси, као и непосредна близина грађевинских објеката који су у функцији аеродрома, могли би у одређеној мери утицати на температурне низове метеоролошке станице Вршац. Истовремено, бетонске површине на око 20 m од метеоролошког круга, које су у функцији аеродрома, могу имати модификаторски утицај на температурне временске серије на овој станици.

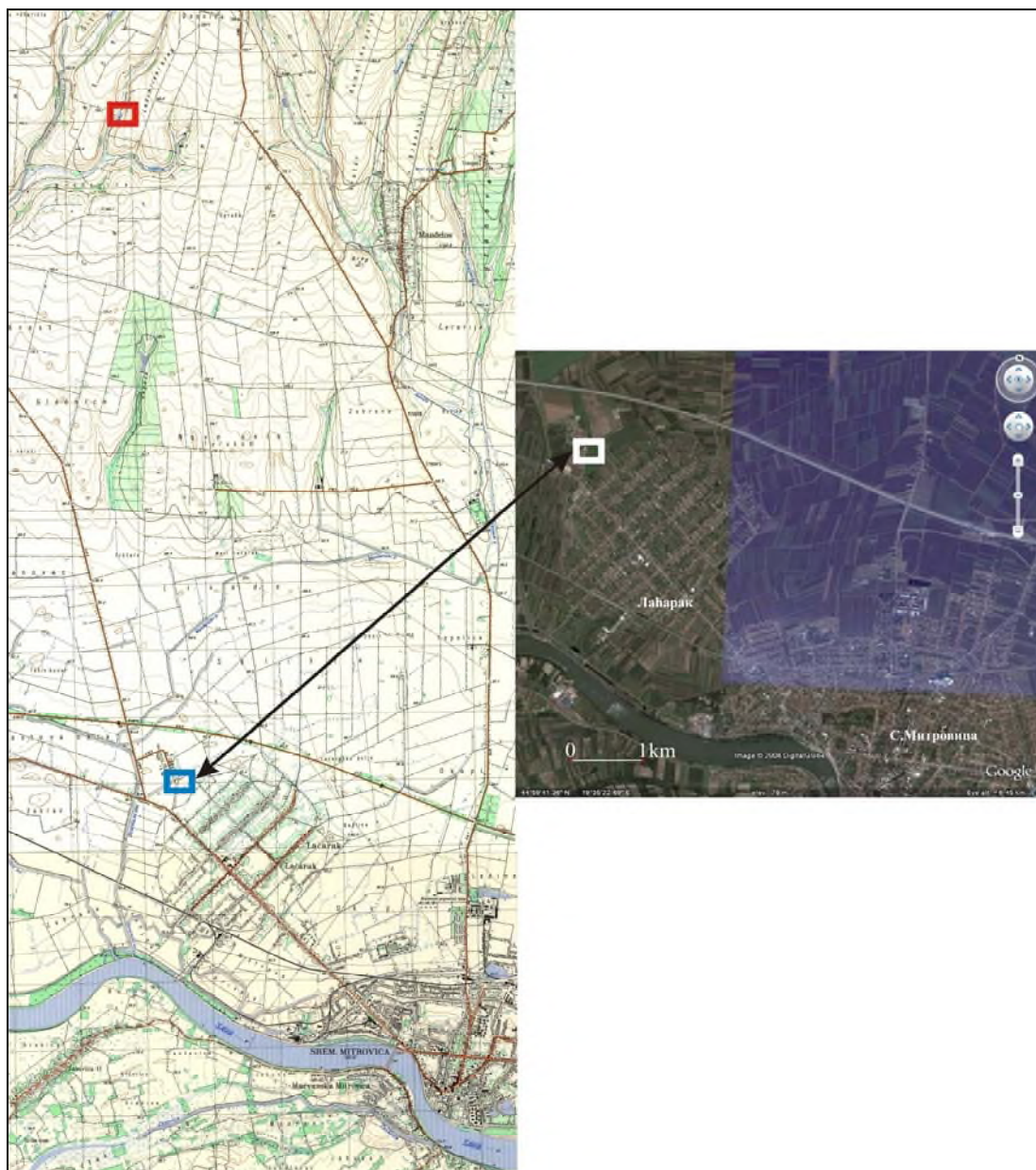


Прилог 19. Географски положај метеоролошке станице Вршац; *плави-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1969б, сек. Вршац 4-1, 1:25000; ВГИ, 1969в, сек. Вршац 4-3, 1:25000; GoogleEarth, 2008)



## Метеоролошка станица Сремска Митровица

Метеоролошка станица Сремска Митровица, удаљена је ваздушном линијом око 380 m северозападно од насеља Лаћарак (прилог 20).



Прилог 20. Географски положај метеоролошке станице Сремска Митровица; *плави-бели правоугаоник*-стварна локација станице; *црвени правоугаоник*-локација на основу координата РХМЗ Србије (извори основе карте: ВГИ, 1970а, сек. Шабац 1-1, 1:25000; ВГИ, 1970б, сек. Нови Сад 3-3, 1:25000; GoogleEarth, 2008)

Сама станица смештена је на Сремској лесној тераси (Ђурчић и сар., 2002), са надморском висином од 82 m, а вредности измерених координата су  $\phi N 45^{\circ}00'38,80''$  и  $\lambda E 19^{\circ}33'17,48''$ . На основу просторне дистанцираности метеоролошке станице од најближих значајнијих војвођанских орографских и хидрографских објеката који представљају локалне климатске модификаторе, неопходно је урадити детаљније анализе у циљу потврде постојања њихов утицај на кретање вредности метеоролошких елемената. Наиме, мерна станица Сремска Митровица, налази се 2,7 km северно од реке Саве (чија ширина речног тока на том потесу износи од 260 до 300 m) и приближно 10 km јужно до јужних обода Фрушке горе.

• • •

Генерални закључак, на основу претходно изложеног географског положаја метеоролошких станица у Војводини, јесте да су све станице постављене на орографски униформним лесним терасама (осим Палића). Релативна висинска разлика између највише и најниже мерне станице износи свега двадесет и два метра, док се девет од десет станица налази на апсолутној висини између 80 и 88 m. Утицај хидрографских објеката на временске серије је дискутабилан (осим можда за Палић и Сенту), с обзиром на измерене удаљености од метеоролошких станица, а слична претпоставка може се извести и за топлотни утицај урбаних зона.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У циљу прецизне и детаљне анализе екстремних температура ваздуха на простору Војводине неопходно је било формирати базу података температурних и падавинских параметара, а затим извршити статистичке прорачуне и добијене резултате представити графички и табеларно уз адекватну дискусиону анализу. Кабинетски вид истраживања имао је фундаменталан значај, с обзиром на то да је целокупна обрада претходно поменутих параметара и само креирање ове студије, захтевало овакав вид истраживања. Кабинетска истраживања, односно сама израда дисертације, одвијала су се од децембра 2006. до децембра 2008. године (прилог 21). Теренски рад односио се на обилазак одређених метеоролошких станица, у циљу фотографисања, утврђивања положаја и опсервирања непосредног природног окружења.



Прилог 21. Кабинетска истраживања током израде докторске дисертације

(фото: Долинај Д.)

## БАЗА ПОДАТАКА ТЕМПЕРАТУРНИХ И ПАДАВИНСКИХ ПАРАМЕТАРА

Подаци, који су коришћени за креирање базе података температурних и падавинских вредности током израде докторске дисертације, преузети су из Метеоролошких годишњака Савезног хидрометеоролошког завода за период 1951-1984, затим Климатолошких годишњака Покрајинског хидрометеоролошког завода за период 1985-1990. и Метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода за период 1991-2000. године.

У табели 3 представљене су испитиване метеоролошке станице са географским координатама, апсолутном надморском висином, временским периодом осматрања и типом станице.

Табела 3. Назив станица,  $\varphi^{\circ}N$  - географска ширина,  $\lambda^{\circ}E$  - географска дужина, а.н.в.(m) - апсолутна надморска висина, дужина временских периода осматрања и тип (гл-главна; об-обична) испитиваних метеоролошких станица у Војводини; <sup>PXM3</sup> – координате Рупбличког хидрометеоролошког завода; <sup>GPS</sup> – координате станице Зрењанин измерене уређајем GPS Magellan Mar 330

| станице                 | $\varphi^{\circ}N$ | $\lambda^{\circ}E$ | а.н.в.<br>(m) | временски период<br>осматрања | тип |
|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|-----|
| Палић                   | 46°05'50,40"       | 19°45'52,91"       | 102           | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Сомбор                  | 45°46'02,25"       | 19°08'36,10"       | 88            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Римски<br>Шанчеви       | 45°19'19,23"       | 19°49'46,26"       | 84            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Сента                   | 45°55'18,89"       | 20°05'49,64"       | 82            | 01.01.1951-31.12.2000         | об  |
| Врбас <sup>PXM3</sup>   | 45°34'             | 19°38'             | 83            | 01.01.1951-31.12.1991         | об  |
| Кикинда                 | 45°50'32,89"       | 20°27'51,45"       | 81            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Зрењанин <sup>GPS</sup> | 45°23'56"          | 20°22'35"          | 80            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Вршац                   | 45°08'41,44"       | 21°18'21,68"       | 84            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |
| Јаша Томић              | 45°27'05,32"       | 20°50'41,64"       | 80            | 01.01.1954-31.12.2000         | об  |
| Сремска<br>Митровица    | 45°00'38,80"       | 19°33'17,48"       | 82            | 01.01.1951-31.12.2000         | гл  |

У климатолошким анализама, коришћене су вредности са десет метеоролошких станица које су лоциране на подручју територије Војводине. Осам мерних станица, Палић, Сомбор, Римски Шанчеви-Нови Сад, Сента, Кикинда, Зрењанин, Вршац и Сремска Митровица, имају низове који покривају целокупан

истраживани временски период. Метеоролошка станица Јаша Томић има доступан временски низ дужине четрдесет и седам година, док станица у Врбасу садржи податке за четрдесет и једногодишњи период (табела 3).

Приликом проучавања карактеристика екстремних температура ваздуха на подручју Војводине за период 1951-2000. године, анализирани су средње ( $T_{sr}$ ), максималне ( $T_{max}$ ) и минималне ( $T_{min}$ ) температуре ваздуха на месечном, сезонском и годишњем нивоу и апсолутно максималне ( $aT_{max}$ ) и минималне ( $aT_{min}$ ) температуре ваздуха на сезонском и годишњем нивоу. Такође, по годишњим добима и на годишњем нивоу проучавани су дани са екстремним температурама, и то за ледене, мразне, летње и тропске дане. Леденим данима ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ) сматрају се они дани у којима је максимална дневна температура ваздуха нижа од  $0^\circ\text{C}$ . Мразни дани ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ) су они у којима су минималне дневне температуре ниже од  $0^\circ\text{C}$ . За летње дане ( $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ ) сматрају се ситуације када је максимална температура једнака или виша од  $25^\circ\text{C}$ , а за тропске дане ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ) када је максимална температура ваздуха једнака или виша од  $30^\circ\text{C}$ . Висине падавина ( $y$  mm) за свих десет станица, анализирани су само на годишњем нивоу ( $P_{god}$ ).

Приликом проучавања одређених метеоролошких елемената који имају временске низове дужине неколико десетина година, често се приликом креирања базе података (на самом почетку рада) наилази на проблем недостатка комплетних вредности у појединим годинама. Узроци оваквих појава најчешће су антропогеног карактера, пре свега релокације станице или инструмената, квар инструмената, губитак заваничне документације, нередовно и неадекватно осматрање и бележење вредности од стране особа које су за то задужене и др.

Због претходно наведених чињеница, општи је закључак да је прилично проблематично попунити празнине тачним вредностима, с обзиром на то да је немогуће вратити се у период када је начињен пропуст и извршити мерење одређеног параметра. Такође, неопходно је имати на уму да, без обзира на густину мреже метеоролошких станица, највероватније свака мерна станица има одређене специфичне микроклиматске одлике, које најчешће макар и у минималној мери утичу на висине вредности метеоролошких параметара.

Анализирајући велики број научних радова, наилази се на различите ситуације заступљености недостајућих вредности у испитиваним низовима, као и

начине попуњавања истих. Овде ће бити представљено само пар примера начина решавања овог проблема који се користе од стране истраживача који проучавају просторе у непосредној околини Војводине. На пример, Петер Домонкош у својим радовима укључује низове који имају од 5 до 10% недостајућих вредности, док оне са више од 10% искључује из даље анализе. Мирослава Ункашевић и Ивана Тошић у својим истраживањима користе низове који имају празнине у једној до две године испитиваног низа. Оне попуњавају недостајуће вредности са просечном вредности целокупног низа (само у случају да су у целокупном временском низу 1-2 године непотпуне), сматрајући да овакав систем даје добре резултате који не одступају значајније од евентуалне реалне вредности. Милан Радовановић користио је низове који имају и више од 5% недостајућих података, а попуњавање је вршио вредностима из комплетног низа који има највишу корелациону вредност са посматраном станицом (Радовановић, 2001).

Табела 4. Године са једним или више месеци недостајућих вредности за све испитиване станице и параметре; **болд** - % удео недостајућих података

| станица           | ср.                                   | ср. макс                                      | ср. мин                                       | ап. макс                              | ап. мин                                       | $t_x < 0^\circ\text{C}$               | $t_n < 0^\circ\text{C}$                       | $t_x \geq 25^\circ\text{C}$           | $t_x \geq 30^\circ\text{C}$           | падав.                                |
|-------------------|---------------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Палић             | 1999/2                                | 1999/2  | 1999/2  | 1999/2                                | 1999/2  | 1999/2                                | 1999/2  | 1999/2                                | 1999/2                                | 1999/2                                |
| Сомбор            | -                                     | -   | -   | -                                     | -   | -                                     | -   | -                                     | -                                     | -                                     |
| Римски Шанчеви    | -                                     | -   | -   | -                                     | -   | -                                     | -   | -                                     | -                                     | -                                     |
| Сента             | 1999/2                                | 1983<br>1999/4                                | 1999/2  | 1983<br>1999/4                        | 1999/2  | 1983<br>1999/4                        | 1999/2  | 1983<br>1999/4                        | 1983<br>1999/4                        | 1999/2                                |
| Врбас             | 1978<br>1980/5                        | 1978<br>1980/5                                | 1978-<br>-1981<br>/10                         | 1970<br>1978<br>1980/7                | 1970<br>1978-<br>-1981<br>/12                 | 1970<br>1978<br>1980/7                | 1970<br>1978-<br>-1981<br>/12                 | 1970<br>1978<br>1980/7                | 1970<br>1978<br>1980/7                | 1978<br>1980<br>1981/7                |
| Кикинда           | -                                     | -   | -   | -                                     | -   | -                                     | -   | -                                     | -                                     | -                                     |
| Зрењанин          | -                                     | -   | -   | -                                     | -   | -                                     | -   | -                                     | -                                     | -                                     |
| Вршац             | -                                     | -   | -   | -                                     | -   | -                                     | -   | -                                     | -                                     | -                                     |
| Јаша Томић        | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>1999<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>1999<br>/13 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>1999<br>/13 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>1999<br>/13 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 | 1973<br>1992-<br>-1994<br>1996<br>/11 |
| Сремска Митровица | -                                     | -   | -   | 1969/2                                | 1969/2  | 1969/2                                | 1969/2  | 1969/2                                | 1969/2                                | -                                     |

У табели 4 представљене су године које имају у једном или више месеци недостајућих просечних, односно апсолутних месечних вредности. Због

правилности појаве недостајућих података по месецима за одређену годину на једној станици, није се приступило приказивању евиденције који су то месеци у години за које недостају вредности, из разлога приличне непрегледности и конфузног изгледа саме табеле. На пример, на метеоролошкој станици Палић у свим параметрима недостају вредности за три месеца (мај, јун и јул) током 1999. године из разлога разарања станице током НАТО бомбардовања и замене мерне апаратуре. У Сенти, током 1999. године недостају подаци за фебруар, март и април, чији је узрок уништење арихве главне метеоролошке станице Палић, у периоду бомбардовања, где се према редовној процедури РХМЗ целокупна документација са метеоролошке станице Сента шаље и чува.

Приликом утврђивања које метеоролошке станице садрже адекватно временски дуге и попуњене низове података, нису се узимале у обзир серије које су краће од четрдесет година и оне серије које имају више од 10% недостајућих вредности. Приликом утврђивања процентуалног удела недостајућих података, узимали су се у обзир низови средњих годишњих вредности за сваку станицу и параметар, а не низови просечних месечних вредности. На основу претходно изнетог, може се закључити да се користио нешто оштрији критеријум приликом одређивања које су станице, односно серије поуздане за даљу анализу, а које треба одбацити<sup>3</sup>. У табели 4 уочава се да пет метеоролошких станица имају комплетне податке за период који се истражује у овој студији. Метеоролошке станице Палић и Сремска Митровица имају 2% недостајућих вредности, док мерна станица у Врбасу има од 5 до 12% недостајућих података, у зависности од параметра, али узимајући просечну вредност за све параметре она износи 7,9%. Једина станица која прелази критичну вредност од 10% јесте Јаша Томић, из разлога што процентуални удео недостајућих вредности износи од 11 до 13%, док је просечна вредност за све параметре 11,6%. Међутим, због малог одступања од максималне граничне вредности (у односу на друге станице које су искључене) и специфичне локације и простора за који је реперна станица (крајњи источни део Војводине), условно је прихваћена као станица са довољно адекватним вредностима.

---

<sup>3</sup> У случају да се вршила анализа недостјућих вредности на основу месечних серија, % удео био би знатно нижи, јер ни једна месечна серија нема више од два недостајућа податка.

За серије које су коришћене у овој докторској дисертацији, попуњавање недостајућих вредности вршено је на месечном нивоу, односно урађена је допуна просечних месечних низова. Кориштен је једноставан систем, где је празнина за одређени месец у некој години, попуњена средњом вредношћу целокупног низа тог месеца за период 1951-2000 године. Неопходно је напоменути да код апсолутних температура и дана са екстремним вредностима, попуњавање недостајућих месечних података вршено је са просечним вредностима тог низа, а не са апсолутним вредностима.

Током увида и преузимања података из званичних Годишњака, постоји могућност наиласка на погрешне вредности које најчешће настају услед пропуста у току самог читавања и прорачунавања или приликом уписивања и штампања документације. Приликом детекције оваквих типова грешака, коришћен је систем стандардне девијације четвртог нивоа (Moberg and Alexandersson, 1997). Међутим, ни у једном случају нису утврђена одступања толике висине.

### АЛЕКСАНДЕРСОНОВ ТЕСТ (SNHT)

Александерсонов тест (SNHT – Standard Normal Homogeneity Test) користи се за испитивање релативне хомогености вишегодишњих серија метеоролошких елемената и представља једну од есенцијалних метода које се користе приликом проучавања климатских промена (Alexandersson, 1986; Hanssen-Bauer et al., 1991; Toumenvirta and Alexandersson, 1997; Kalig and Ouarda, 2007). Почетну формулацију метода тестирања креирао је Хоукинс (Hawkins, 1977), која је касније развијена у SNHT од стране претходно наведених аутора.

SNHT се заснива на претпоставци да је однос између вредности на тестираној станици (тест станица) и вредности околне станице (референтна станица) готово константан са временом. Нехомогеност у једној од серија се открива помоћу систематске промене тог односа. Тако се однос  $q$  у некој години  $i$  може представити са:



$$q_i = f(T_i) - g(Q_i) \quad (\text{за температуре ваздуха})$$

$$q_i = \frac{f(P_i)}{g(Q_i)} \quad (\text{за висину падавина})$$

Овде је  $f$  функција температуре ( $T_i$ ), односно падавина ( $P_i$ ) на тестираној станици,  $Q_i$  је температура, односно падавине на референтној станици, док је  $g$  функција температуре, односно падавина на свих  $k_i$  референтних станица. Функција  $f$  дефинисана је као:

$$f(T_i) = T_i - \bar{T} \quad (\text{за температуре ваздуха})$$

$$f(P_i) = \frac{P_i}{\bar{P}} \quad (\text{за висину падавина})$$

док је функција  $g$  дефинисана као:

$$g(Q_i) = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j (Q_{i,j} - \bar{Q}_j)}{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j} \quad (\text{за температуре ваздуха})$$

$$g(Q_i) = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j (Q_{i,j} / \bar{Q}_j)}{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j} \quad (\text{за висину падавина})$$

где су са  $\bar{T}$  и  $\bar{P}$  означене средње вредности температуре и падавина у посматраном периоду за тест станицу, док  $\bar{Q}_j$  представља средње вредности температуре, односно падавина током истраживаног временског периода за  $j$ -ту референтну станицу. Са ознаком  $k_i$  представљен је укупан број референтних станица у  $i$ -тој години осматрања.

У претходно изнетим једначинама  $\sigma_j$  означава тежински фактор за референтну  $j$  станицу, која представља вредност квадрата коефицијента корелације  $\sigma_j^2$  између серије тест станице и  $j$ -те референтне станице, односно:

$$q_i = T_i - \left( \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j^2 [Q_{i,j} - \bar{Q}_j + \bar{T}]}{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j^2} \right) \quad (\text{за температуре ваздуха})$$

$$q_i = P_i / \left( \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j^2 [Q_{i,j} * \bar{P} / \bar{Q}_j]}{\sum_{j=1}^{k_i} \sigma_j^2} \right) \quad (\text{за висину падавина})$$

Коефицијент корелације  $\sigma_j^2$  увек мора бити позитиван. Неопходно је да постоји висока вредност коефицијента корелације између низова података тест и референтних станица, која према Домонкошу (Domonkos, 2006) за температуре не би требала да буде нижа од 0,7, а за падавине 0,64. Такође, потребно је нагласити да су се при израчунавању коефицијента корелације користиле узастопне разлике података ( $D_i = T_{i+1} - T_i$ , за годину  $i$ ), уместо самих вредности метеоролошких величина (Peterson and Easterling, 1994; Alexanderson and Moberg, 1997; Peterson et al., 1998). На тај начин смањује се могућност добијања лоших оцена корелације између тестираног и референтног низа, ако један или оба имају нехомогености унутар заједничког временског периода коришћеног за израчунавање коефицијента корелације.

Број референтних станица које се користе за проверу релативне хомогености низа тест станице, зависи од густине мреже метеоролошких станица и од квалитета самих података. На основу претходно изнетих услова Хансен-Бауер и Форланд (Hanssen-Bauer and Førland, 1994) користили су од пет до девет референтних станица, Петерсон и Истерлинг (Peterson and Easterling, 1994) користили су пет референтних станица, Туоменвирта (Tuomenvirta, 2001) је користио од две до девет референтних станица, Домонкош (Domonkos, 2006) минимално две, а Тошић (2005) је користила од пет до двадесет референтних станица за испитивање падавина и температура. Основни услов за одабир референтних станица, јесте да се издвоје они низови који су најбоље корелисани са тест станицом.

Стандардизована серија релације  $z_i$ , дефинисана је као:

$$z_i = \frac{q_i - \bar{q}}{s_q}$$

где су  $\bar{q}$  и  $s_q$  средња вредност и стандардна девијација узорка  $q_i$  (Alexandersson, 1986).

Претпоставља се да за величину  $z_i$  важи нормалан закон расподеле, где је средња вредност величине  $z_i$  једнака је 0, а стандардна девијација 1. На основу претходно изнетог, могу се дефинисати следеће две хипотезе:

**$H_0$**  (нула хипотеза): Цела серија је хомогена, односно било који део серије је нормално расподељен са средњом вредношћу 0 и стандардном девијацијом једнаком 1.

**$H_1$**  (алтернативна хипотеза): Серија је нехомогена. То значи да постоји нехомогеност у одређеној години  $a$ , односно у првих  $a$  година стандардизоване серије има средњу вредност једнаку  $\mu_1$ , а  $(n-a)$  последњих година има средњу вредност једнаку  $\mu_2$ . Стандардна девијација једнака је 1 у оба дела серије.

Параметар теста  $T$  израчунава се за сваку од  $n-1$  могућих година промене у временској серији:

$$T(a) = az_1^2 + (n-a)z_2^2, \quad a = 1, 2, \dots, n-1$$

где је  $\bar{z}_1$  средња вредност параметра  $z$  у првих  $a$  година, док је  $\bar{z}_2$  средња вредност у преосталом низу година  $(n-a)$ . Вредност  $a$  представља годину могућег прекида хомогености.

Максимална вредност параметра теста  $T$  у посматраној временској серији представљена је као:

$$T_{\max} = \max\{T(a)\}, \quad a = 1, 2, \dots, n-1$$

За одређивање вредности параметра теста  $T$  најчешће се користе нивои значајности од 5% и 10% ( $T_{95}$  и  $T_{90}$ ) (Hanssen-Bauer et al., 1991), чије су вредности дате у табели за SNHT (Alexandersson, 1986; Khaliq and Ouarda, 2007). Претпоставља се да се нехомогеност јавља у оној години у којој максимална

вредност параметра теста достиже или премашује максималну вредност  $T_{max}$  за претходно поменуте нивое значајности. Тачна година и узрок прекида одређује се на основу података из регистарских књига метеоролошке станице (metadata).

Средње вредности величине  $q$  пре  $\bar{q}_1$  и после  $\bar{q}_2$  појаве нехомогености, рачунају се употребом следећих једначина:

$$\bar{q}_1 = s_q \bar{z}_1 + \bar{q}$$

$$\bar{q}_2 = s_q \bar{z}_2 + \bar{q}$$

У циљу корекције нехомогених серија за временски период  $\{1, \dots, a\}$  неопходно је одредити фактор подешавања ( $A$ ):

$$A = \bar{q}_2 - \bar{q}_1 \quad (\text{за температуре ваздуха})$$

$$A = \bar{q}_2 / \bar{q}_1 \quad (\text{за висину падавина})$$

Нехомогености код серија температура ваздуха могу бити уклоњене сабирањем, а код падавина множењем, вредности сваке године у периоду пре појаве нехомогености са вредношћу фактора подешавања ( $A$ ).

## ПРОСТА ЛИНЕАРНА РЕГРЕСИЈА

Регресиона анализа је у суштини метод којим се испитује зависност између две или више променљивих, односно појава. Ако се посматрају две појаве и ако између њих постоји корелациона (стохастичка, статистичка) веза, при чему се оригиналним паровима вредности обележја ових појава може добро прилагодити линеарна функција (права линија), онда се говори о простој линеарној регресији или простој праволинијској регресији (Стојковић, 2003).

При посматрању временске серије у неком  $x/y$  координатном систему, може се уочити постојање одређене тенденције у тој серији. Таква тенденција у временској серији назива се тренд.

Велики број појава које испитује статистика имају у једном релативно дужем периоду стабилне развојне тенденције. Та стабилност није функционално везана за време као независно променљива величина. Услед тога, нама апсолутне стабилности у тенденцији посматране појаве, већ се уочава један ток са колебањима, флукуацијама око замишљене линије тренда, која може бити облика:

$$Y = f(x)$$

Поменута колебања око тренда су производ фактора који утичу на појаву. Фактори могу бити различите природе и интензитета. На основу тога, трендови се не осматрају као строге функционалне зависности, где за вредност независне променљиве добијамо тачне вредности појаве, већ се мора узети у обзир и утицај фактора.

Међу најважнијим аналитичким методама, које служе за прилагођавање теоријских модела кретања појаве израженим у временској серији, јесте метода најмањих квадрата. Помоћу аналитичких метода, из парова се одређује аналитички израз, односно изражава се законитост кретања развоја појаве у временској серији и омогућава предвиђање њеног евентуалног будућег кретања.

Најједноставнија оцена тенденције у временској серији јесте праволинијска, која дефинише постојање раста, опадања или стагнације испитиване појаве. На тај начин, одређује се постојање праволинијског или линеарног тренда, који се изражава помоћу формуле:

$$y = ax + b$$

Модел линеарног тренда приказује линеарно кретање вредности посматраног низа кроз временски период и оно може бити позитивно или негативно, у следећем смислу: позитивна веза настаје у случају ако са порастом

вредности обележја независне променљиве (варијабле), односно времена, расте и вредност обележја зависне променљиве. Негативна веза настаје онда ако са порастом вредности обележја независне променљиве, опада и вредност обележја зависне променљиве.

Осим приказа линеарног кретања појаве временског низа на основу модела, може се вршити предикција вредности појаве за одређени период у будућности.

Права (линија тренда) линеарне регресије дефинише се помоћу методе најмањих квадрата. Суштина ове методе састоји се у томе да минимизира суму квадрата одступања свих тачака од неке дате праве и да се на тај начин добије права која је најбоље прилагођена датој серији (Братина, 1975).

Током експерименталних радњи, често се јавља ситуација да нека случајна величина  $y$ , зависи од неслучајне величине  $x$ . На пример у експерименталном раду, вредности за  $x$  могу бити унапред задате од стране експериментатора, а мери се вредност која представља променљива  $y$ . За одређени избор  $x_1, x_2, \dots, x_n$  вредности променљиве  $x$ , региструју се одговарајуће вредности  $y_1, y_2, \dots, y_n$  које представљају променљиву  $y$ . Међутим, током експерименталног рада, мењају се многи услови, па се дешава да у поновљеној серији, истим вредностима  $x_1, x_2, \dots, x_n$  вредности променљиве  $x$ , могу одговарати различите вредности  $y_1', y_2', \dots, y_n'$  променљиве  $y$ , па је из тог разлога  $y$  случајна променљива (Хацић и Николић-Деспотовић, 1979; Хацић, 1992).

Ако се узме случај који је дефинисан као:

$$y = \alpha x + \beta + \varepsilon$$

где је  $\varepsilon$  случајна променљива, таква да је  $E(\varepsilon)=0$  и постоји коначна дисперзија  $D(\varepsilon)=\sigma^2$ , а  $\alpha$  и  $\beta$  су одређени, односно неслучајни бројеви. Другим речима, случајна променљива  $y$  је збир неслучајне величине  $\alpha x + \beta$  и случајне променљиве  $\varepsilon$ . Ако је  $x=x_k$ , тада је:

$$y_k = \alpha x_k + \beta + \varepsilon_k \quad k=1, 2, \dots, n$$

и у том случају се претпоставља да су случајне променљиве  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$  независне и имају исту расподелу, тако да је:

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_i) &= 0 & (i=1, 2, \dots, n) \\ D(\varepsilon_i) &= \sigma^2 & (i=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

Основни проблем линеарне регресије састоји се у оцени параметара  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\sigma^2$ , на основу регистрованог узорка. За оцене параметара  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\sigma^2$  користе се следеће статистике:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} &= \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k y_k - \bar{x}_n \times \bar{y}_n}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^2 - \bar{x}_n} \\ \hat{\beta} &= \bar{y}_n - \hat{\alpha} \bar{x}_n \\ \hat{\sigma}^2 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [y_k - (\hat{\alpha} x_k + \hat{\beta})]^2 \end{aligned}$$

и може се показати да су статистике  $\hat{\alpha}$  и  $\hat{\beta}$  центриране оцене за  $\alpha$  и  $\beta$ , односно важе релације:

$$E(\hat{\alpha}) = \alpha \qquad E(\hat{\beta}) = \beta$$

а да  $\hat{\sigma}^2$  није центрирана оцена за  $\sigma^2$ . Од великог је значаја расподела статистика  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$  и  $\hat{\sigma}^2$ , па се може показати да је код великог узорка приближно:

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} &: N\left(\alpha, \frac{\sigma^2}{ns_x^2}\right) \\ \hat{\beta} &: N\left(\beta, \frac{\sigma^2}{n} \left(1 + \frac{\bar{x}_n}{s_x^2}\right)\right) \end{aligned}$$

где је  $n$  обим узорка и  $s_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_n)^2$ . Претходно наведене релације могу се користити за тестирање хипотезе  $H_0(\alpha=A)$  и  $H_0(\beta=B)$ , где су  $A$  и  $B$  дати бројеви. У случају великог узорка параметар  $\sigma^2$  може бити замењен оценом  $\hat{\sigma}'^2$  из узорка:

$$\hat{\sigma}'^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [y_k - (\hat{\alpha}'x_k + \hat{\beta}')]^2$$

$$\hat{\alpha}' = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k y_k - \bar{x}_n \bar{y}_n}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^2 - \bar{x}_n^2}, \quad \hat{\beta}' = \bar{y}_n - \hat{\alpha}' \bar{x}_n$$

Ако се тестира хипотеза  $H_0(\alpha=A)$  против хипотезе  $H_1(\alpha \neq A)$ , код великог узорка, под претпоставком да је хипотеза  $H_0$  тачна, следи да је:

$$\frac{\hat{\alpha}' - A}{\hat{\sigma}' s_x \sqrt{n}} : N(0,1)$$

па се поступак тестирања своди на следећи алгоритам:

- бира се узорак  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$
- одређује се  $\bar{x}_n, s_x, \hat{\alpha}', \hat{\beta}'$  и  $\hat{\sigma}'$
- из таблице се за дати праг значајности  $\delta$  одређује величина  $z_{1-\delta}$ , тако да је  $2\phi(z_{1-\delta}) = 1 - \delta$ ; за  $\delta$  најчешће се узимају бројеви 0,95 или 0,99
- одређује се величина  $\frac{|\hat{\alpha}' - A|}{\hat{\alpha}'} s_x \sqrt{n}$
- упоређује се величина  $\frac{|\hat{\alpha}' - A|}{\hat{\alpha}'} s_x \sqrt{n}$  са  $z_{1-\delta}$  и доноси следећи закључак:

Ако је  $\frac{|\hat{\alpha}' - A|}{\hat{\alpha}'} s_x \sqrt{n} \geq z_{1-\delta}$ , хипотеза  $H_0(\alpha=A)$  се одбацује

Ако је  $\frac{|\hat{\alpha}' - A|}{\hat{\alpha}'} s_x \sqrt{n} < z_{1-\delta}$ , констатује се да узорак не противречи хипотези.



На сличан начин тестира се хипотеза  $H_0(\beta=B)$ , при чему се користи претпоставка, код великог узорка, ако је хипотеза  $H_0$  тачна:

$$\frac{\hat{\beta}'s_x\sqrt{n}}{\hat{\sigma}'\sqrt{s_x^2 + x_n^{-2}}}; N(0,1) \text{ (Хацић и Николић-Деспотовић, 1979)}$$

Након одређивања параметара тренд модела, поставља се питање репрезентативности, односно способности модела да објасни кретање зависне променљиве временског низа  $y$  кроз време  $x$ . У ту сврху, користе се апсолутни и релативни показатељи. Ови показатељи темеље се на расподели одступања вредности зависне променљиве  $y_i$  у тренд моделу, од њене аритметичке средине  $\bar{Y}$  и њених очекиваних вредности.

Даље следи да је:

$$SP = \sum (\hat{y}_i - \bar{Y})^2$$

где **SP** (SP-сума протумаченог) представља суму квадрата протумаченог дела одступања вредности променљиве временског низа  $y$  од аритметичке средине, односно суму квадрата одступања нумерички одређених вредности променљиве  $y$  од аритметичке средине.

Ознака **SN** (SN-сума непротумаченог) представља суму квадрата непротумаченог дела одступања вредности променљиве  $y$  од аритметичке средине, односно суму квадрата одступања оригиналних или емпиријских вредности променљиве  $y$  од нумерички дефинисаних вредности. Вредност **SN** изражена је преко формуле:

$$SN = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

**SU** (SU-сума укупног) је суму квадрата укупних одступања вредности променљиве временског низа  $y$ , од аритметичке средине, а представљен је помоћу формуле:

$$SU = \sum (y_i - \bar{Y})^2$$

односно

$$SP + SN = SU = \sum (y_i - \bar{Y})^2$$

где овај израз представља једначину анализе варијансе и чини темељ анализе репрезентативности тренд модела.

Стандардна грешка тренд модела је апсолутни показатељ репрезентативности овог модела, а показује просечан степен варијације стварних вредности зависне променљиве, у односу на очекиване тренд вредности:

$$\sigma_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{SN}{n-2}}$$

где је наведени израз стандардна грешка линеарног тренд модела. Овај показатељ изражен је у оригиналним јединицама мере променљиве временског низа  $y$ . Из тог разлога је на основу стандардне грешке тренд модела, тешко упоређивати репрезентативности модела код којих постоји разлика у мерним јединицама.

Овај проблем се елиминише увођењем релативног показатеља коефицијента варијације тренд модела, који представља проценат стандардне грешке тренд модела од аритметичке средине променљиве  $y$ , а представљен је изразом:

$$V_{\hat{y}} = \frac{\sigma_{\hat{y}}}{\bar{Y}} \times 100$$

Најмања вредност коефицијента варијације је 0%, а највећа није дефинисана. Што је коефицијент варијације тренд модела ближи нули, то је тренд репрезентативнији.

Коефицијент детерминације говори колико је %, суме квадрата одступања вредности променљиве  $y$  од аритметичке средине, протумачено тренд моделом, а изражава се:

$$r^2 = 1 - \frac{SN}{SU} = \frac{SP}{SU}$$

Вредност коефицијента детерминације креће се у интервалу  $[0,1]$ . Тренд модел је репрезентативнији ако је вредност  $r^2$  ближи броју 1 (Братина, 1975). У климатолошким истраживањима, за теоријску границу репрезентативности модела, најчешће се узима вредност 0,7. У пракси је често врло тешко пронаћи променљиву која добро објашњава кретање временског низа, па се граница репрезентативности спушта ниже.

### t ТЕСТ

Анализа t теста (Студентов тест) омогућује дефинисање постојања статистичке сигнификантности линеарног тренда испитиване временске серије (односно, да ли се разликује од нуле без обзира на предзнак), коришћењем математичког израза:

$$t = R \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}$$

где  $n$  представља величину узорка, док је  $R^2$  коефицијент детерминације. Статистика t има студентову расподелу са  $n-2$  степена слободе.

Истовремено, ова метода се користи за тестирање разлике између средњих вредности две независне варијабле, односно серије података. У случају када су обе серије (оба узорка) истог обима (иста вредност  $n$ ) и са претпоставком да обе дистрибуције имају једнаку дисперзију, прорачунавање се врши преко формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{x_1, x_2} \times \sqrt{\frac{2}{n}}}$$

где је

$$s_{x_1, x_2} = \sqrt{\frac{s_{x_1}^2 + s_{x_2}^2}{2}}$$

у претходном изразу  $s_{x_1, x_2}$  представља стандардну девијацију прве и друге варијабле ( $x_1$ ,  $x_2$ ), док је степен слободе изражен као  $2n-2$ , где  $n$  представља број случајева у сваком од низова (Petz, 1981; извор<sup>4</sup>).

Приликом утврђивања сигнификантности добијених резултата узет је ниво вероватноће ризика од  $\alpha=0,05$  (95%), а граничне вредности на основу степени слободе очитавани су помоћу таблица студендове расподеле.

## МЕН-КЕНДАЛОВ ТЕСТ

Мен-Кендалов тест (*eng.* Mann-Kendall test) представља непараметарски тест за детекцију тренда на испитиваној временској серији. Овај тест се широко примењује у климатолошким истраживањима, из разлога његове једноставности, робусности и задржавања добре аналитичке функционалности у случају да постоје недостајући подаци у серији (Libiseller, 2002).

Мен-Кендалов тест може се применити у случајевима када се за вредност  $x_i$  временске серије предпоставља да важи следећи модел:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i$$

---

<sup>4</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Student's\\_t-test](http://en.wikipedia.org/wiki/Student's_t-test)

где  $f(x_j)$  представља функцију константног монотоног пораста или опадања у времену, а  $\varepsilon_i$  је случајна грешка за коју стоји претпоставка да је  $E(\varepsilon_i)=0$ . На основу тога, такође се изводи претпоставка да је дистрибуција расподеле константна у времену.

Приликом тестирања нулте хипотезе ( $H_0$ ) – без тренда, односно да су вредности  $x_i$  уједначено распоређени у времену, против алтернативне хипотезе ( $H_1$ ), односно да постоји тренд пораста или опадања, за временске серије са више од десет случајева, користи се прорачун нормалне апроксимације ( $Z$  статистика).

Ако  $n$ , који представља број случајева у временској серији, има најмању вредност 10, онда се за утврђивање тренда низа користи  $Z$  статистика. Међутим, уколико постоји неколико идентичних вредности у серији, а та серија има  $n$  једнако или блиско броју 10, може доћи до ситуације редуковања валидности  $Z$  статистике.

Вредност  $S$  добија се преко израза:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

где су  $x_j$  и  $x_k$  годишње вредности у годинама  $j$  и  $k$ , а  $j > k$ .

Варијанса вредности  $S$  прорачунава се помоћу следеће формуле:

$$VAR(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

где је  $q$  број група истих вредности, а  $t_p$  број вредности у  $p$  групи.

Вредности  $S$  и  $VAR(S)$  користе се приликом прорачунавања  $Z$  статистике, према следећем изразу:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{ако је } S > 0 \\ 0 & \text{ако је } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{ако је } S < 0 \end{cases}$$

Постојање статистички значајног тренда испитиване временске серије, дефинише се преко добијене вредности  $Z$ . Позитивна вредност  $Z$  указује на тренд раста проучаваних података, док негативна вредност говори о опадајућој тенденцији.

Хипотеза  $H_0$  се одбацује, уколико је апсолутна  $Z$  вредност већа од  $Z_{1-\alpha/2}$ , а вредност  $Z_{1-\alpha/2}$  добија се увидом у таблице стандардне нормалне кумулативне дистрибуције (Salmi, et al., 2002).

У овој студији, приликом утврђивања сигнификантности трендова, коришћен је коефицијент значајности од 95% ( $\alpha=0,05$ ).

### КОЕФИЦИЈЕНТ КОРЕЛАЦИЈЕ

Коефицијент корелације између две случајне варијабле  $x$  и  $y$ , са средњим вредностима  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  и стандардним девијацијама  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ , дефинисан је помоћу формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}^2}{\sqrt{\sigma_{xx}^2 \sigma_{yy}^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Коефицијент корелације показује степен линеарне зависности између варијабли. Уколико су вредности  $r$  ближе 1 или -1, већа је корелација између испитиваних варијабли. У случају да је вредност једнака или приближна 0, варијабле су независне једна од друге, али обрнути случај није увек искључиво тачан (односно ако су две варијабле зависне њихов коефицијент корелације може бити 0), из разлога што коефицијент корелације дефинише једино линеарну зависност између варијабли.

За испитивање линеарне зависности две варијабле коришћен је квадратни коефицијент корелације ( $r^2$ ), који је дефинисан идентичном формулом која је квадрирана:

$$r_{xy}^2 = \frac{\sigma_{xy}^4}{\sigma_{xx}^2 \sigma_{yy}^2} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

У овом случају, вредност  $r^2$  између две варијабле увек мора бити позитивна (Wilks, 2006).

## КЛАСТЕР АНАЛИЗА

Кластер анализа или разврставање (*eng.* Cluster analysis) представља поступак поделе скупа различитих објеката у групе (кластере), при чему се води рачуна о томе да су објекти у добијеним групама међусобно што сличнији, и што више различити од објеката у осталим групама (Тепавчевић и Лужанин, 2006).

У докторској дисертацији коришћен је хијерархијски тип кластера (Joining tree), који даје низ сукцесивних подела на кластере, који се обично приказује специјалним дијаграмом – дендограмом. Овај тип кластера врши хијерархијско повезивање група, односно кластера, полазећи од једноелементних кластера, који се даље спајају у веће кластере, све док се читаво хијерархијско стабло не групише у један кластер.

Хијерархијски тип кластера користи мере различитости, односно сличности, између података приликом формирања група (кластера). Ове сличности или различитости, дефинисане су на основу задатих критеријума, које затим имају улогу да групишу или раздвајају испитиване податке. Када се жели утврдити оцена различитости између истраживаних објеката, односно варијабли, у условима више димензионалног простора, најчешће се као мера растојања

користи Еуклидово растојање (*eng.* Euclidean distance), које се изражава преко формуле:

$$d_{x,y} = \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right]^{1/2} \text{ (Wilks, 2006)}$$

или квадрат Еуклидовог растојања (*eng.* Squared Euclidean distance), који је представљен изразом:

$$d_{x,y}^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2$$

Приликом дефинисања оцене сличности између истраживаних објеката, коришћена је Метода Варда (*eng.* Ward's method), која спада у хијерархијски тип дивизивних метода. Одлике дивизивних метода су да полазе од претпоставке да су све метеоролошке станице у једном кластеру, па се затим тај кластер дели на више мањих кластера. Метода Варда се разликује од осталих метода кластер анализе по томе што се приликом рачунања растојања између две групе метеоролошких станица води рачуна и о варијацији карактера унутар групе. У првом кораку се јединствени кластер разбија на два дела, али тако да се минимизира укупни збир квадрата растојања свих разматраних тачака од центара новодобијених кластера. Даље се сваки од добијених кластера разбија на два по истом критеријуму, итд. Максимални број корака раздвајања је  $n-1$ , где је  $n$  број посматраних метеоролошких станица. Ако се изврши свих  $n-1$  итерација, тада ће метеоролошке станице бити подељене у једночлане кластере. За овај метод се сматра да често даје боље резултате од осталих метода (Тепавчевић и Лужанин, 2006).



## АНАЛИЗА РОЈЕВА ТАЧАКА

Анализа ројева тачака (*eng.* Scatterplot) представља графички израз упоређених података две испитиване варијабле. Овај тип графикона сачињава скуп тачака распоређених у оквиру правоуглог координатног система (Картезијусове координате), односно  $(x, y)$  координата. Подаци варијабле представљени су као тачке, а свака тачка садржи по једну вредност из обе варијабле, тако да је на  $x$ -оси податак са једне варијабле, а на  $y$ -оси податак са друге варијабле.

Графикон ројева тачака пружа веома очигледне резултате степена повезаности или међусобне условљености две варијабле током одређеног временског периода (Wilks, 2006).

## ХИСТОГРАМ

Хистограм – стубасти графикон, представља графички приказ фреквенције појаве испитиваних вредности. Овај метод омогућава груписање случајева зависне варијабле у одређене класе које су ограничене нумеричким интервалима. Број класа хистограма, као и број случајева у једној класи, зависи од природе података које сачињавају испитивану зависну варијаблу (Wilks, 2006).

Уколико хистограм, који дефинише распоред опсервираних вредности по одређеним категоријама (класама), означимо са  $m_i$ , затим укупан број опсервација са  $n$ , а да ознака  $k$  представља укупан број класа, може се извести следећа математичка формула:

$$n = \sum_{i=1}^k m_i \text{ (извор}^5)$$

---

<sup>5</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Histogram>

## ВИШЕСТРУКА ЛИНЕАРНА РЕГРЕСИЈА

Вишеструка линеарна регресија (*eng.* Multiple Linear Regression) представља алгебарски модел којим се аналитички одређује статистичка повезаност једне нумеричке варијабле са две или више других нумеричких варијабли. Регресиони модел је по правилу представљен формулом која садржи следеће варијабле и параметре:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) + \varepsilon$$

где  $Y$  представља зависну (критеријумску) варијаблу, односно појаву чије се варијације објашњавају помоћу независних (предикторских) варијабли  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ , а варијабла  $\varepsilon$  је случајна варијабла која моделу даје карактер стохастичности, односно представља непозната одступања (случајну грешку) од функционалног односа.

Модел вишеструке линеарне регресије дефинисан је према следећем облику:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

где се у анализи модела полази од одређених претпоставки, а то су да:

- веза између зависне варијабле и независних варијабли мора бити линеарна, као што је то представљено у претходној формули
- независне варијабле  $x_i$ ;  $i=1,2,\dots,k$  нису случајне варијабле и њихове вредности су фиксне
- матрица  $X$  је пуног ранга, односно претпоставља се да су независне варијабле  $x_i$ ;  $i=1,2,\dots,k$  међусобно независни вектори, тј. следи да је  $r[X]=k+1$ , односно ранг матрице  $X$  једнак је броју параметара у моделу
- случајне варијабле (вредност случајне грешке)  $\varepsilon_i$ ;  $i=1,2,\dots,n$  имају нормалну дистрибуцију са константном варијацијом и очекивањем једнаким нули, односно следи да је:

$$E(e_i) = 0$$

$$Var(e_i) = \sigma^2$$

$$e_i \approx N(0, \sigma^2) \text{ (Wilks, 2006; извор}^6\text{)}$$

Коефицијент вишеструке корелације представља аналитичку процедуру којом се дефинише колика је повезаност између зависне-критеријумске варијабле са две или више предикторских варијабли, а изражава се помоћу формуле:

$$R_{y.1,2,\dots,k} = \frac{\sqrt{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 + \dots + r_{yx_k}^2 - k \times r_{yx_1} \times r_{yx_2} \times \dots \times r_{yx_k}}}{\sqrt{1 - r_{x_1x_2\dots x_k}^2}}$$

где су са  $x_i$  означене независне варијабле, ознака  $k$  представља број независних варијабли, а зависна варијабла је означена са  $y$ . Висина коефицијента корелације између критеријумске и одређене предикторске варијабле представљен је са  $r$ .

Добијеним резултатима, неопходно је додати оптималну "тежину". Овако пондерисани резултати, обично се називају "**beta**-коефицијенти" и рачунају се за сваку предикторску варијаблу. У случају вишеструке линеарне регресије са варијаблама  $y$ ,  $x$  и  $l$ , где су  $x$  и  $l$  предикторске варијабле, "**beta**-коефицијенти" се израчунавају помоћу следећих израза:

$$beta_x = \frac{r_{y,x} - r_{y,x}r_{x,l}}{1 - r_{x,l}^2} \quad \text{и} \quad beta_l = \frac{r_{y,l} - r_{y,x}r_{x,l}}{1 - r_{x,l}^2}$$

Када се "**beta**-коефицијенти" помноже са одговарајућим  $z$ -вредностима и добијени резултати саберу, крајња вредност ће показати која предикторска варијабла има максимално могућу корелацију са критеријумском варијаблом (Petz, 1981).

Коефицијент вишеструке детерминације (квадрат коефицијента вишеструке корелације) показује колики проценат варијансе зависне-

<sup>6</sup> [www.efst.hr/nastava/75/MODEL%20VISESTRUKE%20REGRESIJE.pdf](http://www.efst.hr/nastava/75/MODEL%20VISESTRUKE%20REGRESIJE.pdf)

критеријумске варијабле може бити објашњен, на основу познавања варијансе предикторских варијабли:

$$R_{y,1,2,\dots,k}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2} = \frac{SP}{SU}$$

где је  $\bar{Y}$  аритметичка средина критеријумске варијабле, а  $\hat{y}_i$  представља предвиђену вредност критеријумске варијабле. То значи, да  $SU$  представља суму квадрата разлика правих вредности критеријумске варијабле у односу на аритметичке средине истоветне варијабле, док  $SP$  означава суму квадрираних разлика предвиђених вредности критеријумске варијабле у односу на аритметичку средину правих вредности исте варијабле. Показатељ  $R^2$  спада у релативне мере репрезентативности регресије и може имати вредности у распону  $[0,1]$ , односно модел вишеструке регресије је репрезентативнији у случајевима када су резултати коефицијента детерминације ближи јединици.

Коефицијент вишеструке детерминације ( $R^2$ ) добијен на узорку најчешће прецењује популацијску вредност и то са законитошћу да уколико има више предикторских варијабли и мање случајева, могућност грешке је већа. Из тог разлога, препоручљиво је, да би се добила непристрасна оцена, извршити корекцију  $R^2$  помоћу формуле:

$$\text{прилагођен } \bar{R}_{y,1,2,\dots,k}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} (1 - R_{y,1,2,\dots,k}^2)$$

где  $n$  представља број случајева у варијаблама, а  $k$  број независних-предикторских варијабли.

Стандардна грешка предвиђања представља стандардну девијацију дистрибуције резидуала, односно то је мера прилагођености регресионог модела подацима, а исказана је преко формуле:

$$SE_{y,1,2,\dots,k} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - k - 1}}$$

Стандардна грешка исказана је у идентичним јединицама у којима су дати и резултати на критеријумској варијабли и говори о томе колико је дати регресиони модел подесан као модел датих података, односно колико добро одговара подацима. Стандардна грешка критеријумске варијабле је показатељ просечне грешке која се формира приликом предвиђања резултата на критеријумској варијабли, у ситуацији када не постоје никакве информације о резултатима испитаника на предикторским варијаблама. Што је **SE** мања, то ће просечна грешка у предвиђању резултата на критеријумској варијабли бити мања, у односу на просечну грешку која би била добијена у ситуацији непознавања резултата на предикторима (Тењовић, 2002).

Значајност коефицијента вишеструке корелације може се тестирати помоћу **F** статистике, која се дефинише преко израза:

$$F = \frac{R_{y,1,2,\dots,k}^2}{1 - R_{y,1,2,\dots,k}^2} \times \frac{N - k - 1}{k}$$

где  $R_{y,1,2,\dots,k}^2$  представља коефицијент вишеструке регресије,  $N$  број случајева, а  $k$  број предикторских варијабли (Petz, 1981). Висока вредност **F** статистике доказује постојање повезаности између критеријумске и предикторских варијабли.

Тестирање расподеле и линеарног односа вредности критеријумских варијабли извршена је анализом резидуала вредности зависних варијабли. Вредности резидуала ( $e_i$ ) представљају разлику између стварних и предвиђених вредности критеријумске варијабле, а представљени су следећом формулом:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

где  $\hat{y}_i$  представља предвиђене вредности критеријумске варијабле (Wilks, 2006).

Вредност толеранције ( $T$ ) једне независне варијабле ( $x_1$ ), представља разлику броја 1 и вредности коефицијента детерминације између  $x_1$  независне варијабле и неке друге независне варијабле ( $x_i$ ), а дефинисана је изразом:

$$T = 1 - R^2_{x_1.x_2,\dots,x_k}$$

ознака  $x_i$ ;  $i=2,\dots,k$  представља број независних варијабли које се тестирају са  $x_1$  независном варијаблом. Уколико је вредност  $T$  једнака или приближна нули, модел вишеструке линеарне регресије не може пружити репрезентативне резултате. Истовремено, што је виша вредност  $R^2$  између две предикторске варијабле, вредност  $T$  је све мања.

При анализи вишеструке линеарне регресије корисно је познавати "чисту" корелациону повезаност између критеријумске и предикторске варијабле, без тренутног утицаја осталих предикторских варијабли. Такође, приликом укључивања новог предиктора у модел, неопходно је анализирати његов допринос објашњењу варијабилитета критеријумске варијабле. У циљу добијања оваквих података, користе се парцијална и семипарцијална корелација.

Парцијална корелација је поступак прорачунавања "чисте" корелације између две варијабле, када се искључи утицај треће или више других варијабли које су са њима повезане. Оваквим поступком могу се открити тзв. лажне или бесмислене корелације између критеријумске и предикторске варијабле. Уколико се узме пример три варијабле  $x$ ,  $y$  и  $z$ , и ако су познати њихови међусобни коефицијенти линеарне корелације, коефицијент парцијалне корелације између  $x$  и  $y$  рачуна се према следећој формули:

$$r_{xy.z} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{(1-r_{xz}^2)(1-r_{yz}^2)}} \quad (\text{Тењовић, 2002; Стојковић, 2003})$$

Семипарцијална корелација, уколико се узме пример три варијабле  $x$ ,  $y$  и  $z$ , представља корелацију  $x$  варијабле и резидуала  $y$  варијабле, који преостаје када се из  $y$  варијабле избаци део варијансе који она дели са  $z$  варијаблом. На основу тога, семипарцијална корелација између варијабли  $x$  и  $y$  рачуна се на следећи начин:

$$r_{x(y.z)} = \frac{r_{xy} - r_{xz}r_{yz}}{\sqrt{1-r_{yz}^2}} \quad (\text{Тењовић, 2002})$$

## **АНАЛИЗА ХОМОГЕНОСТИ НИЗОВА**

Опште је позната чињеница да дугачки временски низови метеоролошких параметара (више од 30 година) најчешће садрже дисконтинуитетни низ података, који је проузрокован различитим антропогеним утицајима, као што су: релокација метеоролошке станице, замена инструмената, промена формуле прорачуна или процедуре читавања мерних вредности. Услед таквих поремећаја, најчешће долази до изобличавања или прикривања стварног сигнала метеоролошке појаве (Heino, 1994; Moberg and Alexandersson, 1997; Tuomenvirta, 2001). Међутим, уколико су колебања временских низова климатских елемената изазвана искључиво временским или климатским променама, тада се ти низови сматрају хомогеним (Тошић, 2005).

Александерсонов тест – SNHT (Alexandersson, 1986) коришћен је као принципијелан метод приликом детекције нехомогених низова месечних, сезонских и годишњих температура ваздуха и падавина за простор Војводине.

SNHT припада групи објективних метода (Peterson et al., 1998) и користи се за утврђивање могуће нехомогености временских низова. Фундаментална функција овог теста има за циљ да коришћењем низова података околних референтних станица, маскира евентуалну нехомогеност на тест станици, односно да се помоћу SNHT изврши подешавање нехомогене серије пре почетка анализе података у климатолошким истраживањима. На основу претходно изнетих функционалних карактеристика, Александерсонов тест се често користи, у последњих десетак година, од стране значајног броја истраживача који у својим студијама анализирају климатске флукуације и промене: Alexandersson, 1984, 1986, 1994, 1995; Hanssen-Bauer and Førland, 1994; Peterson and Easterling, 1994; Easterling and Peterson, 1995; Keiser and Griffiths, 1997; Nordli et al., 1997; Moberg and Alexandersson, 1997; Moberg and Bergström, 1997; Guttman, 1998; Tuomenvirta et al., 2000; Tuomenvirta, 2001; Tomozeiu et al., 2002; Tuomenvirta, 2002; Ducré-Robitaille et al., 2003; Moberg et al., 2003; Wijngaard et al., 2003; Jones and Lister,

2004; Тошић, 2004; Tuomenvirta, 2004; Begert et al., 2005; Brunetti et al., 2006; Domonkos, 2006; Staudt et al., 2007; Тошић, 2005.

У овој студији утврђивање хомогености података извршено је за све параметре температуре ваздуха, као и за годишње суме падавина, односно укупно је анализирано 540 серија. Средње температуре, затим средње максималне и средње минималне температуре, анализирани су на месечном нивоу, односно било је неопходно урадити по 120 серија за сва три претходно поменути параметра (укупно 360 серија). По 40 серија на сезонском нивоу анализирани су за средње апсолутно максималне и минималне температуре (укупно 80 серија), док је средњи број ледених, мразних, летњих и тропских дана такође обрађен по годишњим добима (укупно 90 серија). За десет серија годишње суме падавина на простору Војводине, такође је утврђена хомогеност (табела 7).

Из претходно наведеног, може се закључити да нису сви параметри хомогенизовани на истом степену свеобухватности. С обзиром на то да је у дисертацији највећи акценат стављен на анализу средњих максималних и минималних температура, утврђивање хомогености ових низова захтевало је што је могуће већу детаљност и прецизност, па је стога она урађена на месечном нивоу. Истовремено, максимална хомогеност утврђена је и за средње температуре, иако ови подаци нису примарни за овај рад и криве средњих температура углавном ће се користити у корелацији са екстремним кривама у циљу добијања јасније слике евентуалних промена или флукуација екстрема. Међутим, у свим досадашњим научним радовима, у великој већини случајева рађена је искључиво хомогеност средњих температура на месечном, сезонском или годишњем нивоу, па је из разлога могућег корелисања са резултатима других истраживача и у циљу будућих истраживања хомогености на простору Војводине, анализирана средња температура на месечном нивоу. Месечне апсолутне максималне и минималне температуре и дани са екстремним температурама, у бази података представљени су у апсолутним вредностима. Међутим, с обзиром на то да је у радовима који су анализирали хомогеност екстремних вредности она извршена у просечним вредностима и због мање заступљености ових параметара у каснијим анализама, приступило се хомогенизовању на сезонском нивоу, након што су прорачунате средње вредности за свако годишње доба. Приликом анализе хомогености дана са екстремним температурама, нису хомогенизовани сви



сезонски нивои. Наиме, искључени су они нивои који су имали просечну сезонску вредност мању од 0,5 дана, с обзиром на то да је у тим нивовима у већини година вредност била 0 дана ( $\geq 30$  година, односно  $\geq 60\%$ ). На основу претходних чињеница, читав низ са тако ниским вредностима готово да нема никаквог значаја, а највероватније да не може бити ни поуздан показатељ било каквих флукуација или промена (табела 5). Резултати висине падавина у раду су коришћени у циљу пружања јасније слике евентуалних флукуација екстремних температура, па је стога хомогеност, за овај параметар, урађена на годишњем нивоу.

Табела 5. Вредности се односе за простор Војводине; З-Ј: просечне сезонске вредности броја дана са екстремним температурама;  $Z_0$ - $J_0$ : просечна процентуална заступљеност година са 0 дана за одређени екстрем; Напомена: З-зима, П-пролеће, Л-лето, Ј-јесен; **болд** – сезонски нивои који нису хомогенизовани

| екстре. дани | З          | П          | Л          | Ј          | $Z_0$      | $P_0$       | $L_0$      | $J_0$       |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|
| ледени дани  | 6,3        | <b>0,3</b> | <b>0,0</b> | <b>0,2</b> | 0,0        | <b>69,5</b> | <b>100</b> | <b>70,7</b> |
| мразни дани  | 20,2       | 4,6        | <b>0,0</b> | 3,9        | 0,0        | 0,0         | <b>100</b> | 0,4         |
| летњи дани   | <b>0,0</b> | 4,0        | 31,6       | 5,1        | <b>100</b> | 0,6         | 0,0        | 1,0         |
| тропски дани | <b>0,0</b> | <b>0,4</b> | 7,9        | 0,8        | <b>100</b> | <b>55,9</b> | 0,0        | 33,2        |

Хомогеност за пролећни низ тропских дана није анализирана, иако се у табели 5 види да вредност година са 0 дана износи 55,9%. Међутим, просечна вредност броја дана са овом појавом је испод 0,5, па је из тог разлога овај низ искључен.

На почетку теста, да би се хомогенизовала серија на тест станица, неопходно је било одредити довољно велики број низова околних референтних станица, које би биле у могућности да маскирају евентуалну нехомогеност испитиване серије. Број референтних станица које могу бити укључене у анализи зависи од више фактора, али пре свега од густине мреже метеоролошких станица, квалитета низова и висине  $r^2$  фактора.

Приликом утврђивања хомогености једног температурног или падавинског низа коришћено је од две до девет референтних станица. Овакав нумерички распон коришћених референтних станица уочава се и код других истраживача

(Hanssen-Bauer et al., 1991; Moberg and Alexandersson, 1997; Tuomenvirta, 2001; Domonkos, 2006). Домонкош (Domonkos, 2006) сматра да две станице представљају минималан број који омогућава да се креира референтна серија, док Кејзер и Грифитс (Keiser and Griffiths, 1997) износе мишљење да је за стварање референтног средњака довољна једна станица која би имала комплетно испуњен низ са поузданим вредностима.

У овој студији хомогенизација низова урађена је на десет метеоролошких станица, а укупан број коришћених референтних станица, такође је износио десет. Наиме, додатне метеоролошке станице као што су Бечеј, Бачки Петровац, Бачка Топола, Бела Црква, Шид и др., нису узете у обзир приликом креирања референтних серија, из разлога што у својим низовима имају непотпуне податке који премашују критичну вредност од 10%.

Идеалну референтну серију потребно је да сачињавају подаци високог квалитета са оних референтних станица на којима су варијације климе сличне варијацијама климе на тест станици (Тошић, 2005). Избор броја референтних станица (од две до девет) приликом утврђивања хомогености на простору Војводине, зависила је пре свега од висине вредности коефицијента корелације између тест и референтне станице, али и од коначног резултата  $T_{\max}$ . Приликом корелисања тест и референтних станица, коришћен је квадратни коефицијент корелације ( $r^2$ ), који увек мора да буде позитиван (Alexandersson, 1986; Alexandersson and Moberg, 1997). Такође, неопходно је нагласити да су се при израчунавању квадратног коефицијента корелације користиле узастопне разлике средњих годишњих вредности, уместо самих вредности низова метеоролошких елемената:

$$D_i = (T_{i+1} - T_i), \text{ где } i \text{ пред. одређену годину у низу тест и референ. станице}$$

На тај начин смањује се могућност добијања лоших оцена корелације између тестираног и референтног низа, уколико један или оба имају нехомогености унутар заједничког временског периода, коришћеног за израчунавање квадратног коефицијента корелације (Peterson and Easterling, 1994; Alexandersson and Moberg, 1997; Peterson et al., 1998).

Да би се могао извести закључак да временски низ на референтној станици показује довољно сличне температурне или падавинске варијације са низом на тест станици, односно да је довољно поуздан за даљу SNHT анализу, потребно је да између та два низа вредност  $r^2$  прелази одређени минимални критични ниво. Проблем се може појавити у случају корелационих односа слабијег квалитета, где долази до прикривања потенцијалног дисконтинуитета услед слабијег статистичког сигнала (Brunetti et al., 2006). Петерсон и Истерлинг (Peterson and Easterling, 1994) сматрају да минимална вредност  $r^2$  не сме да буде нижа од 0,8, док Домонкош (Domonkos, 2006) у својим истраживањима износи минимални  $r^2$  фактор за температуре од 0,7, а за падавине 0,64. У радовима Петерсона и сар. (Peterson et al., 1998) и Стауда и сар. (Staudt et al., 2007) минимална вредност је такође 0,7. Туоменвирта (Tuomenvirta, 2001) у својим SNHT анализама температуре користио је референтне станице које су имале вредност  $r^2$  од 0,93 до 0,99 са тест станицом, са тим да је просечна удаљеност референтних станица од тест станице око 50 km. Брунети и сар. (Brunetti et al., 2006) користили су висине  $r^2$  од 0,5 за температурне низове који су међусобно удаљени више од 400 km. Моберг и Бергстром (Moberg and Bergström, 1997) за две станице у Шведској користили су референтне серије чији је  $r^2$  изнад 0,97. Ипак, може се претпоставити да су временске серије максималних и минималних температура подложније варијабилности под утицајем природних и антропогених фактора (у односу на средње температуре), па су зато Истерлинг и Петерсон (Easterling and Peterson, 1995) за минималну границу  $r^2$  узели вредност од 0,6.

Приликом утврђивања реперних минимума вредности  $r^2$  између мерних станица у Војводини, условно је стављен фокус на критеријуме које је користио Домонкош (Domonkos, 2006) у анализама хомогености температура на простору Мађарске. С обзиром на то да се простор Мађарске простире непосредно северно од Војводине и да је њихов рељефни склоп врло сличан, може се закључити да постоје релативно подједнаки услови за добијање вредности  $r^2$  фактора адекватне висине између тест и референтних станица у Мађарској и Војводини<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> У претходном закључку, са резервом се мора узети постојање једнакости густине мреже метеоролошких станица и квалитета низова података у Војводини и Мађарској.

Табела 6. Максимални и минимални квадратни коефицијент корелације између тест и референтне серије за сваки испитивани параметар

| МАКСИМАЛНИ $r^2$ ФАКТОР                                   |                |             | МИНИМАЛНИ $r^2$ ФАКТОР |                |             |                 |               |
|---|----------------|-------------|------------------------|----------------|-------------|-----------------|---------------|
| мет. станице  | мес./ год.доба | $r^2_{max}$ | мет. станице           | мес./ год.доба | $r^2_{min}$ | по. $r^2 < 0,7$ | % $r^2 < 0,7$ |
| <b>просечне месечне температуре</b>                       |                |             |                        |                |             |                 |               |
| КИ-СЕ <sup>8</sup>  | јануар         | 0,9966      | СО-НС                  | јул            | 0,828       | 0               | 0             |
| <b>просечне месечне максималне температуре</b>            |                |             |                        |                |             |                 |               |
| ВР-НС   | март           | 0,9951      | СМ-СЕ                  | јул            | 0,7984      | 0               | 0             |
| <b>просечне месечне минималне температуре</b>             |                |             |                        |                |             |                 |               |
| КИ-СЕ   | јануар         | 0,993       | ВШ-ПЈЛ                 | август         | 0,7265      | 0               | 0             |
| <b>просечне сезонске апсолутно максималне температуре</b> |                |             |                        |                |             |                 |               |
| КИ-СЕ   | јесен          | 0,9414      | ПЈЛ-НС                 | зима           | 0,64        | 4               | 2,0           |
| <b>просечне сезонске апсолутно минималне температуре</b>  |                |             |                        |                |             |                 |               |
| ЗР-НС   | зима           | 0,9421      | ВШ-ПЈЛ                 | пролеће        | 0,3767      | 29              | 15,6          |
| <b>просечни сезонски ледени дани</b>                      |                |             |                        |                |             |                 |               |
| ВР-НС   | зима           | 0,9598      | ВШ-НС                  | зима           | 0,7681      | 0               | 0             |
| <b>просечни сезонски мразни дани</b>                      |                |             |                        |                |             |                 |               |
| КИ-ЗР   | зима           | 0,9378      | ВШ-СЕ                  | пролеће        | 0,5757      | 6               | 4,1           |
| <b>просечни сезонски летњи дани</b>                       |                |             |                        |                |             |                 |               |
| ЗР-КИ   | јесен          | 0,9478      | СЕ-НС                  | лето           | 0,6483      | 6               | 4,0           |
| <b>просечни сезонски тропски дани</b>                     |                |             |                        |                |             |                 |               |
| КИ-ПЈЛ  | лето           | 0,9298      | ВШ-СО                  | јесен          | 0,5449      | 8               | 8,2           |
| <b>просечне годишње суме падавина*</b>                    |                |             |                        |                |             |                 |               |
| ВР-НС   | -              | 0,7843      | ВШ-СО                  | -              | 0,476       | 16              | 32,0          |

$r^2_{max}$  – максимални квадратни коефицијент корелације

$r^2_{min}$  – минимални квадратни коефицијент корелације

по.  $r^2 < 0,7$  – број корелација нижих од 0,7

%  $r^2 < 0,7$  – процентуални удео корелација нижих од 0,7

\* минимални критични ниво за падавине износи  $r^2 < 0,64$

У табели 6 представљене су максималне и минималне вредности  $r^2$  за све температурне параметре. Уочава се да се  $r^2$  просечних температура, а такође и просечних максималних и минималних температура, налази у распону адекватних висина, односно изнад 0,7, док максималне вредности прелазе коефицијент корелације од 0,99. Максимум корелације просечних сезонских апсолутно максималних и минималних температура је виши од 0,94, док се приметна осетљивост корелационих односа низова апсолутних екстрема уочава у минималним вредностима. Наиме, минимална вредност апсолутно максималних температура уочена је у зимском периоду између Палића и Новог Сада (Римски Шанчеви) од 0,64 и представља један од четири односа који имају вредности ниже

<sup>8</sup> Пун назив скраћеница представљених у табели видети на 37 страници.

од 0,7. Знатно више корелационих односа, чак двадесет и девет (по.  $r^2 < 0,7 = 29$ ), који имају вредности испод минималног критичног нивоа забележена је за апсолутно минималне температуре. Овде минимална вредност износи знатних 0,3767 између Вршца и Палића током пролећног периода. Процентуална заступљеност  $r^2$  нижих од минималне границе износи 15,6% у односу на укупан број корелационих вредности тог параметра. Вредности  $r^2$  сезонских ледених дана су у оптималним границама, док се код осталих сезонских дана са екстремним температурама појављују минималне вредности квадратног коефицијента испод критичног нивоа. Минимална вредност корелације код мразних дана износи 0,5757 између Вршца и Сенте током пролећа (укупно по.  $r^2 < 0,7 = 6$ ), затим код летњих дана између Сенте и Новог Сада током лета вредност је била 0,6483 (укупно по.  $r^2 < 0,7 = 6$ ), а вредност од 0,5449 током јесени између Вршца и Сомбора јавила се код тропских дана (укупно по.  $r^2 < 0,7 = 8$ ). Максимуми  $r^2$  претходно поменутих температурних параметара имају вредности које прелазе 0,92. Низови просечних годишњих сума падавина показују знатно слабије корелационе односе. Чак шеснаест  $r^2$  има ниже вредности од 0,64, односно  $\%r^2 < 0,64 = 32,0$ , а минимална вредност забележена је између Вршца и Сомбора ( $r^2_{\min} = 0,476$ ).

Може се уочити да се корелациони односи нижег квалитета између тест и референтног низа углавном јављају у току пролећних, летњих и јесењих периода, док се највиши  $r^2$  бележи током зимског периода, односно зимских месеци (табела 6). Представљени резултати кретања квадратног коефицијента корелације у појединим периодима године за простор Војводине, генерално се поклапају са истраживањима других климатолога (Tuomenvirta, 2001; Domonkos, 2006). Обајшњење за овакву ситуацију лежи највероватније у великој сезонској разлици у квалитету температурних серија које су узроковане техничким проблемима и утицајима непосредне природне околине, као што су непотпуна заштита инструмената од директног ефекта радијације или локалног утицаја ефекта радијације на топлотни баланс простора у којем је смештена метеоролошка станица. Очигледно је да ови ефекти имају знатно већи утицај током летњих него у зимским периодима (Domonkos, 2006). На основу претходно изнетог, долази се до закључка да јануарске, фебруарске, новембарске и децембарске серије садрже податке високог квалитета, с обзиром на то да имају највиши просторни

коэффицијент корелације, а истовремено најнижу фреквенцију појаве нехомогених низова.

Приликом анализе вредности  $r^2_{\min}$  у табели 6, може се закључити да је на висине  $r^2_{\min}$  највероватније, у одређеној мери, утицала густина мреже метеоролошких станица и квалитет серија података. Наиме, метеоролошке станице између којих се појављују ниске корелационе вредности, одликују се знатно вишом просторном удаљеношћу у односу на просечну раздаљину тест и референтних станица (око 50 km) које су коришћене приликом анализе хомогености низова на простору Финске (Tuomenvirta, 2001). Тако се код температурних параметара чији су  $r^2$  минимума испод вредности од 0,7, уочава удаљеност тест и референтне станице од 70 km и више. На пример, удаљеност између ПЛ-НС износи 86 km ( $r^2=0,64$ ), ВШ-ПЛ – 160,2 km ( $r^2=0,3767$ ), ВШ-СЕ – 130 km ( $r^2=0,5757$ ), СЕ-НС – 70,5 km ( $r^2=0,6483$ ) и ВШ-СО – 182,5 km ( $r^2=0,5449$ ). Корелација између серија падавина знатно брже опада са порастом удаљености, него што је то случај са температурама (Domonkos, 2006), што се одразило и на резултате у Војводини, где је између ВШ-СО удаљеност 182,5 km, а  $r^2_{\min}$  износи 0,476 (табела 6). Разлози нешто квалитетнијих корелационих односа у истраживањима Домонкоша (Domonkos, 2006), у односу на резултате за Војводину, највероватније би се требали тражити у могућности већег избора мерних станица са квалитетнијим низовима, с обзиром на то да је анализирано двадесет станица за простор Мађарске. Хансен-Бауер и сар. (Hanssen-Bauer et al., 1991) у својим корелационим анализама годишњих и сезонских вредности падавина, користили  $r$  односе између тест и референтних станица које су чак 200-300 km међусобно удаљени. Такође, неопходно је напоменути да је Тошић (Тошић, 2004; Тошић, 2005) у анализама хомогености средњих годишњих серија температура и падавина на подручју Србије и Црне Горе, користила минималну вредност  $r^2$  од 0,3. Сумирањем претходно наведених чињеница, током даљих анализа хомогености у овој студији, нису се одбацивали низови који су имали корелационе односе најнижег квалитета.

Током израчунавања Александерсоновог теста за 540 серија у Војводини, уочено је да 31,9% чине дисконтинуитетни низови, односно нехомогени низови. Проучавајући хомогеност температурних низова на простору Финске, Туоменвирта (Tuomenvirta, 2001) је уочио да је  $\frac{1}{3}$  свих серија нехомогена, док је

Домонкош (Domonkos, 2006) за простор Мађарске добио чак 84% заступљености нехомогених серија. Приликом проучавања температуре Велике северне низије (САД), Кеисер и Грифитс (Keiser and Griffiths, 1997) су открили 48% серија са хомогеним прекидом.

Табела 7. Ситуација хомогености временских низова за температуре и падавине на десет метеоролошких станица

|                | број серија | хомо гено       | поде шено      | хомоге низовано | нехомогено     | фактор 5 | фактор <10% | T%   |
|----------------|-------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------|-------------|------|
| средње         | 120         | 98/81,7         | 8/6,7          | <b>106/88,3</b> | 14/11,7        | 4/3,3    | 3/2,5       | 95   |
| ср. макс.      | 120         | 82/68,3         | 21/17,5        | <b>103/85,8</b> | 17/14,2        | 2/1,7    | 1/0,8       | 95   |
| ср. мин.       | 120         | 82/68,3         | 15/12,5        | <b>97/80,8</b>  | 23/19,2        | 3/2,5    | 7/5,8       | 95   |
| ср. апс. макс. | 40          | 27/67,5         | 4/10,0         | <b>31/77,5</b>  | 9/22,5         | 3/7,5    | 1/2,5       | 95   |
| ср. апс. мин.  | 40          | 28/70,0         | 5/12,5         | <b>33/82,5</b>  | 7/17,5         | -        | 3/7,5       | 95   |
| ср. лед.       | 10          | 9/90,0          | -              | <b>9/90,0</b>   | 1/10,0         | -        | -           | 95   |
| ср. мраз.      | 30          | 22/73,3         | 3/10,0         | <b>25/83,3</b>  | 5/16,7         | -        | 1/3,3       | 95   |
| ср. лет.       | 30          | 19/63,3         | 2/6,7          | <b>21/70,0</b>  | 9/30,0         | 1/3,3    | 1/3,3       | 95   |
| ср. троп.      | 20          | 16/80,0         | 2/10,0         | <b>18/90,0</b>  | 2/10,0         | -        | 1/5,0       | 95   |
| ср. год. пад.  | 10          | 10/100,0        | -              | <b>10/100,0</b> | -              | 2/20,0   | -           | 97,5 |
| укупно         | <b>540</b>  | <b>393/72,8</b> | <b>60/11,1</b> | <b>453/83,9</b> | <b>87/16,1</b> | 15/2,3   | 18/3,3      | -    |

**хомогенизовано** – хомогено и подешено

**фактор 5** – серије које имају  $T_{max}$  изнад границе прага значајности у првих или последњих пет година низа

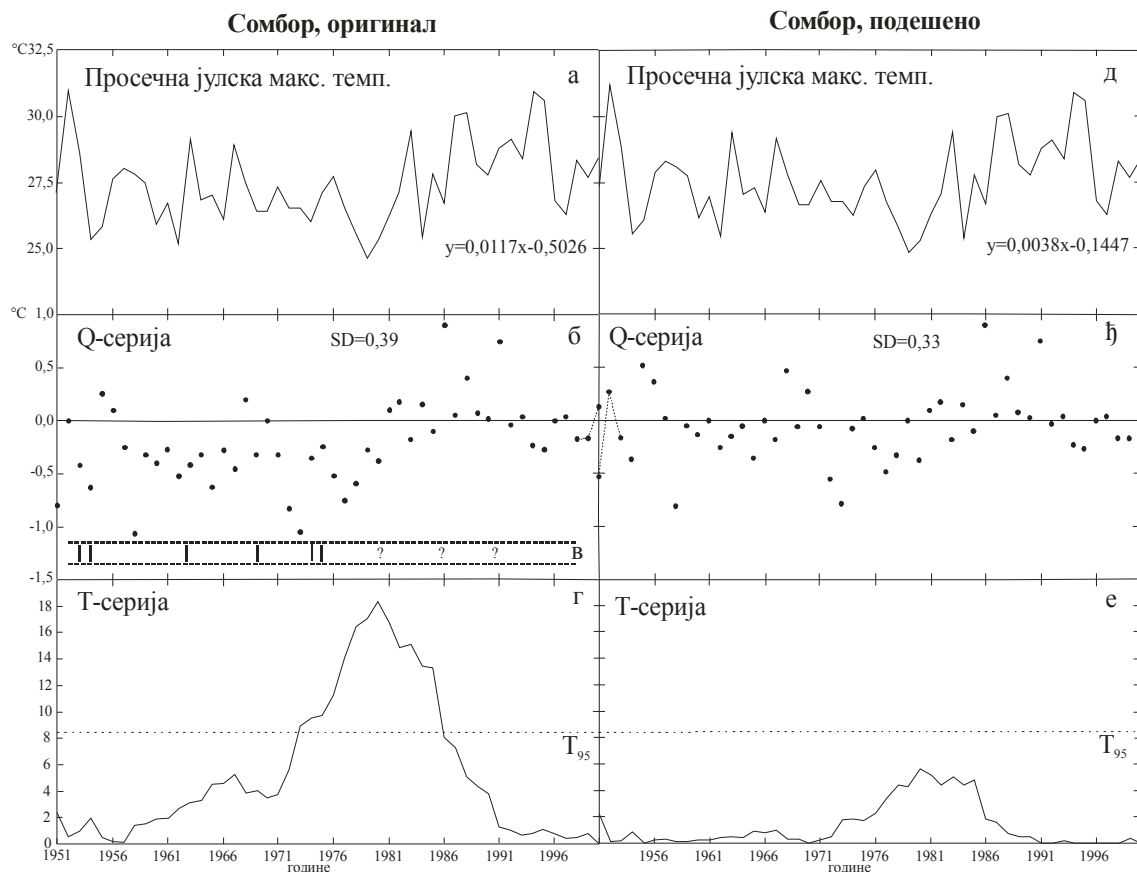
**фактор <10%** - серије чији  $T_{max}$  одступа до 10% изнад границе прага значајности  
**T%** - праг значајности од 95 или 97,5

**Напомена:** италик вредности представљају процентуалну заступљеност

У табели 7 уочава се да приликом анализе SNHT за средње вредности, у случају када се користи просечна референтна серија од две до девет референтних станица, 81,7% временских низова је хомогено. Нешто ниже вредности хомогених серија од 68,3% показују средње максималне и минималне температуре, а затим средње апсолутно максималне (67,5%) и апсолутно минималне (70,0%) температуре. Процентуални удео хомогености података дана са екстремним вредностима креће се од 63,3 до 90,0%, док је код средњих годишњих висина падавина израчуната максимална заступљеност хомогених низова.

За низове чије вредности  $T_{max}$  премашују задати праг значајности, у даљем процесу анализе хомогености приступило се корекцији нехомогених серија у циљу подешавања вредности године дисконтинуитета. У већини параметара удео подешених серија углавном износи тачно 10% или нешто ниже, међутим средње

максималне и минималне температуре одликују се већим бројем подешених серија, што се одликује уделом од 17,5%, односно 12,5%. У прилогу 22 представљен је пример разлика вредности између нехомогене серије и подешене серије за просечну јулску максималну температуру мерне станице у Сомбору.



Прилог 22. Пример разлике између нехомогене и подешене серије

- а* – оригинални подаци
- б* – разлика између низа тест станице и референтне серије (*Q*-серија)
- в* – године дисконтинуитета на основу података из регистарских књига метеоролошке станице
- г* – крива параметра теста *T* (*T*-серија)
- д* – подешени подаци
- ђ* – *Q*-серија након подешавања
- е* – *T*-серија након подешавања

Укупни процентуални удео хомогенизованих серија (хомогено и подешено) за средње вредности износи 88,3%, средње максималне температуре 85,8%, средње минималне 80,8%, затим за просечне апсолутне максималне 77,5%, и просечне апсолутне минималне температуре 82,5%. Удео од 90% представља



хомогенизоване низове средњих сезонских ледених и тропских дана, а 83,3% и 70% хомогенизованих низова односи се на мразне, односно летње дане. Сви низови средњих годишњих висина падавина су хомогенизовани. Укупни удео хомогенизованих серија за све мерне станице и све испитиване параметре на простору Војводине је 83,9% (табела 7).

За одређени број нехомогених серија код свих температурних параметара, према постављеним условима анализе SNHT, није било могуће хомогенизовати дати низ након употребе корекционог подешавања. Процентуална заступљеност нехомогених серија по параметрима креће се од 10 до 30%. Међутим, посматрајући апсолутне вредности највећи број нехомогених серија јавља се код средњих минималних (23 серије), а затим код средњих максималних (17 серија) температура. Укупан удео нехомогених серија за читав истраживани простор, односно за свих десет метеоролошких станица износи 16,1% (табела 7). Међутим, неопходно је напоменути да код већине нехомогених серија, вредности  $T_{\max}$  нису приметно више од прага значајности за  $T_{95}$ , односно  $T_{\max}$  не превазилази вредност која је два пута виша од критичне вредности  $T_{95}$  за  $n=10, \dots, 50000$  (Domonkos, 2006). Свега 28,7% нехомогених серија има  $T_{\max}$  који је два и више пута већи од вредности прага значајности за  $T_{95}$ , па се за овакве серије може сматрати да имају значајан дисконтинуитет у низу података. Истовремено, веома је уочљиво да се највећи број  $T_{\max}$  вредности високих фреквенција јавља током летњих месеци (чак 64% појава), а затим у пролећном и јесењем периоду.

Приликом прорачунавања хомогености, код одређеног броја серија температурних података вредности  $T_{\max}$  одступали су од задатог прага значајности до 10% (фактор < 10%) (табела 8). На основу закључка и резултата истраживања других аутора изнетих у претходном пасусу, ови низови су се приликом анализе SNHT сматрали хомогеним, обзиром на то да максималне вредности параметра теста  $T$  имају одступања у минималним границама изнад нивоа значајности за  $T_{95}$ . У табели 8 приказане су све метеоролошке станице чије серије низова имају  $T_{\max}$  вредности које одговарају фактору < 10%.

Табела 8. Серије чије  $T_{max}$  вредности одступају до 10% изнад границе прага значајности за  $T_{95}$  (фактор < 10%);  $n$  - број узорака сваке серије

| станица   | месец/год. доба | $T_{95}$ | $n=10,\dots,50000$ | $T_{max}$ | одступање у % |
|---|-----------------|----------|--------------------|-----------|---------------|
| <b>просечне месечне температуре</b>                       |                 |          |                    |           |               |
| С.Митровица   | јануар          | 8,432    | 50                 | 9,085     | 7,7           |
| Врбас   | март            | 8,214    | 42                 | 8,318     | 1,2           |
| Врбас   | децембар        |          |                    | 8,925     | 8,7           |
| <b>просечне месечне максималне температуре</b>            |                 |          |                    |           |               |
| Кикинда   | мај             | 8,432    | 50                 | 8,896     | 5,5           |
| <b>просечне месечне минималне температуре</b>             |                 |          |                    |           |               |
| Р.Шанчеви   | фебруар         | 8,432    | 50                 | 8,791     | 4,3           |
| С.Митровица   | март            |          |                    | 8,890     | 5,4           |
| Сомбор  |                 |          |                    | 9,055     | 7,4           |
| Р.Шанчеви   | август          |          |                    | 8,540     | 1,3           |
| Р.Шанчеви   | септембар       |          |                    | 8,733     | 3,6           |
| Собор   | октобар         |          |                    | 8,473     | 0,5           |
| Р.Шанчеви   | новембар        |          |                    | 8,946     | 6,1           |
| <b>просечне сезонске апсолутно максималне температуре</b> |                 |          |                    |           |               |
| Зрењанин  | пролеће         | 8,432    | 50                 | 8,524     | 1,1           |
| <b>просечне сезонске апсолутно минималне температуре</b>  |                 |          |                    |           |               |
| Јаша Томић  | пролеће         | 8,382    | 48                 | 8,610     | 2,7           |
| Палић   | лето            | 8,432    | 50                 | 8,586     | 1,8           |
| Јаша Томић  | јесен           | 8,382    | 48                 | 8,596     | 2,6           |
| <b>просечни сезонски мразни дани</b>                      |                 |          |                    |           |               |
| С.Митровица   | зима            | 8,432    | 50                 | 8,576     | 1,7           |
| <b>просечни сезонски летњи дани</b>                       |                 |          |                    |           |               |
| Врбас   | лето            | 8,214    | 42                 | 8,393     | 2,2           |
| <b>просечни сезонски тропски дани</b>                     |                 |          |                    |           |               |
| Р.Шанчеви   | лето            | 8,432    | 50                 | 8,740     | 3,5           |

У петнаест временских низова уочене су  $T_{max}$  вредности изнад прага значајности у првих пет или последњих пет година самог низа (табела 9). За ове низове није примењено подешавање из разлога што је број година пре појаве нехомогености (у првом случају) и после појаве нехомогености (у другом случају), сувише мали да би се могао применити поуздан корекциони фактор (Hanssen-Bauer et al., 1991; Keiser and Griffiths, 1997; Tomozeiu et al., 2002). У табели 9 представљене су све серије које одговарају фактору 5.

Табела 9. Временски низови чије максималне вредности параметра теста  $T$  одговарају фактору 5

| мет. параметар                               | мет. станица | месец/год. доба | година $T_{max}$ |
|--|--------------|-----------------|------------------|
| просечне месечне температуре                 | Јаша Томић   | април           | 1958             |
|  | Врбас        | август          | 1990             |
|  | Сомбор       | октобар         | 1954             |
|  | Врбас        | децембар        | 1990             |
| просечне месечне максималне температуре      | Кикинда      | март            | 1951             |
|  | С. Митровица | децембар        | 1997             |
| просечне месечне минималне температуре       | Сента        | март            | 1998             |
|  | Сомбор       | октобар         | 1954             |
|  | Р. Шанчеви   | новембар        | 1953             |
| просечне сезонске апсолутно мексималне темп. | Јаша Томић   | зима            | 1955             |
|  | Сента        | пролеће         | 1999             |
|  | Врбас        | јесен           | 1990             |
| просечни сезонски број летњих дана           | Врбас        | лето            | 1989             |
| просечна годишња сума падавина               | Јаша Томић   | -               | 1955             |
|  | Врбас        | -               | 1990             |

За одређивање сигнификантности максималне вредности параметра теста  $T$  за температурне податке, коришћен је ниво значајности од 5% ( $T_{95}$ ), док је за годишњу висину падавина узет ниво значајности од 2,5% ( $T_{97,5}$ ) (табела 10). Вредности прага значајности коришћени су из табеле SNHT (Alexandersson, 1986; Khaliq and Ouarda, 2007) (табела 10).

Табела 10. Величина узорка и критичних нивоа, коришћених за анализу Александерсоновог теста (SNHT)

| величина узорка | критични ниво $T(\%)$ |       |
|-----------------|-----------------------|-------|
|                 | 95                    | 97,5  |
| 42              | 8,214                 | 9,390 |
| 48              | 8,382                 | 9,592 |
| 50              | 8,432                 | 9,653 |

Извор: Khaliq and Ouarda, 2007.

Процесом подешавања нехомогених временских низова, долази до корекције оригиналних вредности, преузетих из базе података метеоролошких годишњака, у позитивном или негативном смеру (табела 11).

Табела 11. Резултати разлике температурних и падавинских параметара на подручју Војводине, 1951-2000.

| мет. параметри | ORIG t и p          | KV t и p            | %Δd | ↑↓ | KF               | KF <sub>max</sub> | мет. ст. | месец/год. доба |
|----------------|---------------------|---------------------|-----|----|------------------|-------------------|----------|-----------------|
| средње         | 10,98°              | 10,97°              | 0,1 | ↓  | 0,2°             | +0,56°            | СЕ       | март            |
| ср. макс.      | 16,31°              | 16,32°              | 0,1 | ↑  | 0,18°            | -0,58°            | СЕ       | март            |
| ср. мин.       | 6,00°               | 5,97°               | 0,5 | ↓  | 0,31°            | -0,79°            | ЈТ       | мај             |
| ср. апс. макс. | 24,30°              | 24,31°              | 0,1 | ↑  | 0,37°            | -0,51°            | НС       | пролеће         |
| ср. апс. мин.  | -1,38°              | -1,39°              | 0,7 | ↓  | 0,33°            | -0,82°            | СМ       | пролеће         |
| ср. лед.       | 6,29*               | 6,29*               | 0,0 | →  | 0,0*             | -                 | -        | -               |
| ср. мраз.      | 9,51*               | 9,53*               | 0,2 | ↑  | 0,37*            | +0,72*            | СМ       | пролеће         |
| ср. лет.       | 10,11*              | 10,12*              | 0,1 | ↑  | 0,28*            | +0,38*            | СО       | пролеће         |
| ср. троп.      | 4,35*               | 4,34*               | 0,2 | ↓  | 0,1*             | -0,13*            | НС       | лето            |
| ср. год. пад.  | 586,99 <sub>≈</sub> | 586,99 <sub>≈</sub> | 0,0 | →  | 0,0 <sub>≈</sub> | -                 | -        | -               |

**ORIG t, p** – средње вредности оригиналних података свих мерних станица

**KV t, p** – средње вредности података свих мерних станица након подешавања

**%Δd** – процентуално одступање између ORIG t, p и KV t, p

↑↓ - приказ одступања у позитивном или негативном смеру

**KF** – просечна корекциона вредност за одређени параметар услед подешавања нехомогених низова

**KF<sub>max</sub>** – максимална корекциона вредност за одређени параметар са приказом мерне станице и периода појаве дисконтинуитета

**Напомена:** ° вредности у °C; \* вредности у данима; ≈ вредности у тт

Моберг и Александерсон (Moberg and Alexandersson, 1997) проучавајући температурне одлике у Шведској, добили су просечну вредност корекције од 0,44°C приликом хомогенизовања температурних серија, док је 4% случајева да је корекциона вредност виша од 1°C у једној серији. Распон корекционих вредности од 0,24 до 1,02°C уочава се у резултатима мерних станица Упсале и Штокхолма, које су испитивали Моберг и Бергстром (Moberg and Bergström, 1997). Туоменвирта (Tuomenvirta, 2001) је изнео да је диференција између средњих оригиналних и хомогенизованих података на годишњем нивоу нижи од 0,2°C (максимално 0,4°C), док је на месечном нивоу максимална разлика изнад 1°C. Просеча корекциона вредност минималних и максималних температура у истом истраживању износила је 0,06 односно 0,10°C за сезонске и годишње вредности. Домонкош (Domonkos, 2006) је уочио да је разлика између средњих вредности оригиналних и подешених темепературних низова у Мађарској око 0,5°C. Распон корекционе вредности према истраживањима температуре у Швајцарској износи од -1,6 до 1,6°C (Begert et al., 2005). Просечне корекционе вредности за

минималне и максималне температуре у Шпанији износиле су  $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$  (Staudt et al., 2007). Канадски истраживачи (Ducré-Robitaille et al., 2003) сматрају да ако је корекциона вредност нижа од  $0,4^{\circ}\text{C}$ , такав низ можемо сматрати хомогеним.

Након корекције 11,1% низова података метеоролошких станица у Војводини, могу се уочити разлике у висинама просечних годишњих температура ваздуха на простору Војводине између оригиналних (ORIG t, p) и подешених серија (KV t, p). Процентуална одступања ( $\% \Delta d$ ) између ових серија су минимална и углавном се крећу у висини од 0,1%. Нешто виша вредност је код средњих апсолутно минималних температура и износи 0,7%, међутим, уколико се посматра разлика у  $^{\circ}\text{C}$  она износи свега  $0,01^{\circ}\text{C}$ . Такође, код средњих минималних температура одступање је 0,5% и гледајући апсолутне вредности у  $^{\circ}\text{C}$  овде је разлика између оригиналне и подешене годишње серије  $0,3^{\circ}\text{C}$ , што представља и највише одступање у односу на друге параметре (табела 11).

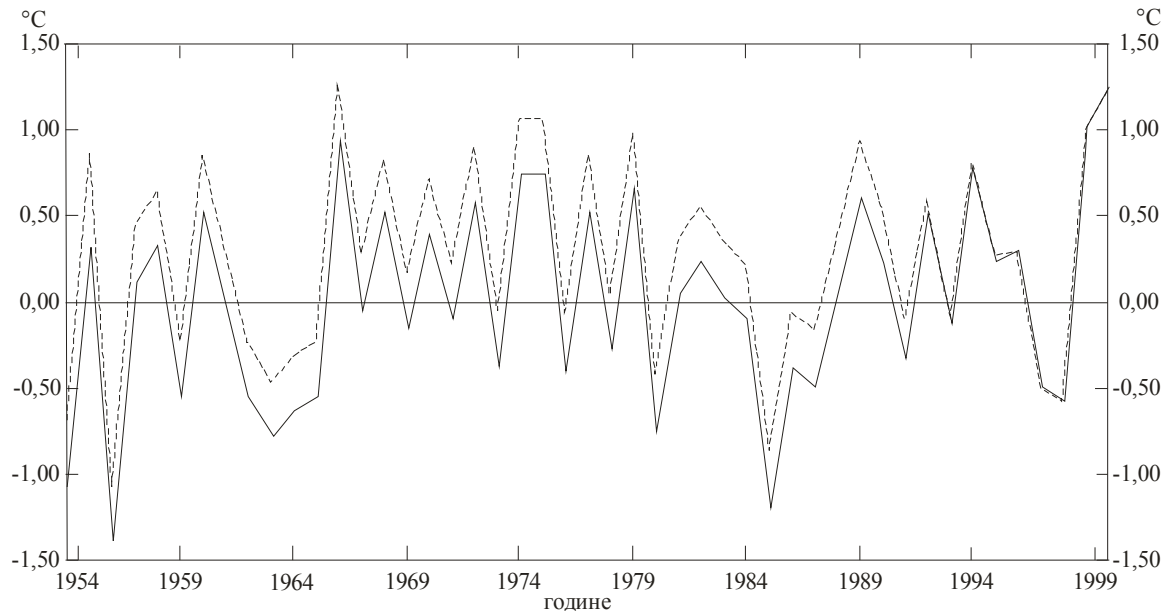
Посматрајући просечне корекционе вредности за сваки испитивани параметар (KF), може се уочити да се вредности изнад  $0,3^{\circ}\text{C}$  јављају код средњих минималних и апсолутно максималних и минималних температура, за средње температуре та вредност је  $0,2^{\circ}\text{C}$ , док најниже просечно корекционо одступање имају средње максималне температуре ( $0,18^{\circ}\text{C}$ ). Просечна корекциона вредност за мразне дане износи 0,37 дана, за летње 0,28 дана, а за тропске свега 0,1 дан. Подешавање није рађено за низове средњих ледених дана и годишњих висина падавина (табела 11).

Максималне корекционе вредности ( $KF_{\max}$ ) за сваки параметар, готово у потпуности се јављају током пролећног периода. Највећа корекциона вредност, добијена је приликом подешавања пролећног низа апсолутно минималних температура станице у Сремској Митровици, и износила је  $-0,82^{\circ}\text{C}$ , док се најнижа корекциона вредност од -0,13 дана јавља за летњу серију средњих тропских дана у Римским Шанчевима (табела 11).

Корекционе вредности за испитиване низове температурних параметара на простору Војводине, углавном се поклапају или су у неким сличајевима вредности нешто ниже од резултата других истраживача.

У прилогу 23 представљен је изглед криве пре и након подешавања низова просечних годишњих минималних температура ваздуха на мерној станици Јаша Томић. У педесетогодишњем истраживаном периоду, средња годишња вредност

оригиналних података минималне температуре ваздуха износи  $6,22^{\circ}\text{C}$ , док након подешавања ова вредност износи  $5,94^{\circ}\text{C}$ .



*Прилог 23. Разлике између крива оригиналних (испрекидана линија) и хомогенизованих (пуна линија) података просечних годишњих минималних температура ваздуха на метеоролошкој станици Јаша Томић*

Разлоге за појаву нехомогености низова, пре свега треба тражити на самој метеоролошкој станици. Основни узроци који доводе до дисконтинуитета података јесу замена мерних инструмената, промена локације станице или самих инструмената, промена формуле прорачунавања или промена природног окружења метеоролошке станице (урбанизација, изградња великих објеката, измена вегетације и др.)

Приликом замене термометара, елемент који може довести до разлике у вредностима јесте другачији тип заклона (уколико га сам инструмент поседује) који штити мерни део од радијације, а за падавине потпуно другачији систем заштите од ветра код плувиографа или кишомера. Генерално, овакве промене могу довести до тенденција пораста вредности у оба параметра. *Релокација* мерних инструмената, чак и на изузетно малим просторним раздаљинама, може довести до појаве дисконтинуитета података, јер постоји могућност микроклиматских разлика температуре (које највише утичу на термометре) и ветрова (који имају негативног ефекта на мерење плувиографа и кишомера).

*Промена формуле прорачунавања мерних података* веома лако може довести до појаве нехомогености температурних и падавинских серија приликом калкулација просечних вредности, а појава наглог или константног дисконтинуитета може се уочити у случају *промене природног окружења* метеоролошке станице (Jones et al., 1985; Karl and Williams, 1987; Gullett et al., 1990; Heino, 1994; Moberg and Alexandersson, 1997; Peterson et al., 1998; Tuomenvirta, 2001). Потребно је нагласити да појаву нехомогених серија може узроковати и *замена термометарског заклона*, који представља радијациони штит мерним инструментима који су у њему постављени (између осталих стандардни, максимални и минимални термометри).

Детекција године прекида хомогености за временске серије испитиваних мерних станица у Војводини, вршена је опсервацијом регистарских књига метеоролошких станица. Анализа регистарских књига обављена је у архиви Метеоролошке опсерваторије Републичког хидрометеоролошког завода (РХМЗ) у Петроварадину. Доступна документација омогућила је праћење претходно наведених могућих промена на метеоролошким станицама, од 1951. до 1978. године, са изузетком станице у Вршцу (до 1990. године). Нажалост, информације које би дале одговоре о евентуалним променама на мерним станицама током осамдесетих и деведесетих година, у овој архиви не постоје, услед структуралних промена која је у овој Установи спроведена 1980. године. Наиме, од 1980. године мерна инфраструктура на простору Војводине из ингеренција РХМЗ, прелази у надлежност Покрајинског хидрометеоролошког завода, па је новонастала ситуација утицала на нередовност вођења регистарских књига. Подаци о променама на појединим метеоролошким станицама у последње две деценије истраживаног периода, тамо где је то било могуће, добијани су у директним контактима са одговорним лицима која су задужена за осматрања и евиденцију метеоролошких елемената на мерним станицама.

У табели 12 представљене су све регистроване промене за свих десет анализираних метеоролошких станица у Војводини.

Табела 12. Периоди могућег дисконтинуитета на основу података из регистарских књига метеоролошких станица

| замена<br>заклона | проблеми<br>осматрања,<br>евиденције<br>података | релокација<br>мин. термо. | релокација<br>макс. термо. | релокација<br>станице              | замена<br>плувиог.,<br>кишомера              | замена мин.<br>термо.                             | замена<br>макс.<br>термо.                       | замена<br>обичног<br>термо.                        |                         |
|-------------------|--|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|--|---|---|--|-------------------------|
| 1971              |  |                           |                            |                                    | 1963(XII);<br>1999(VIII)                     | 1952(XII);<br>1958(II);<br>1960(I);<br>1999(VIII) | 1952(XII);<br>1999(VIII)                        | 1952(XII);<br>1999(VIII)                           | <b>Палић</b>            |
|                   |  | 1974                      | 1974                       | 1954(XII);<br>1969(I);<br>1975(IV) | 1968   | 1953(I);1958(III)<br>1960(I);<br>1962(VIII); 1969 | 1953(I);<br>1962(I)                             | 1953(I); 1969                                      | <b>Сомбор</b>           |
|                   |  |                           |                            | 1964(XII)                          |  | 1957(IX);<br>1963(II)                             | 1957(IX)  | 1957(IV)   | <b>Сента</b>            |
|                   | 1971(VII)  |                           |                            |                                    |  | 1953(I)   | 1953(I)   | 1953(I)  | <b>Р.Шанчеви</b>        |
|                   | 1955<br>(макс., мин.)                            |                           |                            | 1966(XI-XII);<br>1968(VIII)        |  | 1953(I)   | 1953(I)   | 1953(I)  | <b>Врбас</b>            |
|                   |  |                           |                            |                                    | 1969(IV);<br>1954(X);<br>1958(XII)           | 1953(I);1955(I<br>X)                              | 1953(I)   | 1953(I)  | <b>Кикинда</b>          |
|                   |  |                           |                            | 1953(X);<br>1967(I)                | 1959; 1968                                   | 1953(I); 1967                                     | 1953(I)   | 1953(I)  | <b>Зрењанин</b>         |
| 1954(VI); 1972    |  |                           |                            | 1967                               | 1952;1953(IV);<br>1958(XII)<br>1961(VI);1968 | 1952(IV);<br>1953(I);<br>1956(VIII);<br>1990(VII) | 1952(IV)<br>;1953(I);<br>1974(IV);<br>1990(VII) | 1952(XII);<br>1953(I);<br>1956(VIII);<br>1990(VII) | <b>Вршац</b>            |
|                   |  |                           |                            | 1963(VI)                           |  |   |   |  | <b>Ј.Томић</b>          |
|                   |  |                           |                            | 1986(I)                            | 1957(VII);<br>1960(I);1968(I)<br>1991(VIII)  | 1953(I);<br>1991(VIII)                            | 1953(I);<br>1991(VIII)                          | 1953(I);<br>1991(VIII)                             | <b>С.Митрови<br/>ца</b> |



Упоређујући представљене податке у табелама 12 и 13, на метеоролошкој станици *Палић*, уочен је нехомогени низ за јули месец 1999. године (који је подешен), што се поклапа са периодом замене инструмената током августа месеца исте године. За остале низове са ове станице, разлози нехомогености су непознати.

На мерној станици у *Сомбору*, током 1954, 1969. и 1975. године долазило је до релокације читаве станице, што се одразило на нехомогеност неколико низова средњих максималних температура (јул, август, септембар и октобар), просечних мразних дана (пролеће) и просечних тропских дана (лето)<sup>9</sup>. Заменом минималног термометра 1960. године, могло би се претпоставити да је вероватно утицало на дисконтинуитет низа средње минималне температуре марта 1961, док је релокација максималног и минималног термометра током 1974. уочена на јесењем низу просечне апсолутно максималне температуре. Разлози осталих нехомогених низова нису познати.

Метеоролошка станица у *Сенти* доживела је премештај 23.12.1964. године, па су низови са хомогеним прекидима који су уочени током 1965. године највероватније последица ове промене. Такође, замена минималног термометра 1963, уочава се у дисконтинуитету низа просечне минималне температуре децембра месеца исте године. За остале серије ове станице приказане у табели 13 узрок нехомогености је непознат.

Према извештају руководиоца Опсерваторије од 15.06.1971. године, који је контролисао рад метеоролошке станице у *Римским Шанчевима*, уочена је одређена неправилност и нестручност у осматрањима и евиденцији вредности метеоролошких елемената, па је након адекватних организационих промена од 01.07.1971. године, претходно наведена неповољна ситуација превазиђена. И у табели 13 уочава се доминантна појава нехомогених серија током шездесетих година која се временски протеже до јула 1971. Може се закључити да је на овој станици највероватније људски фактор био узрочник свих нехомогености у периоду од пре 1971. године. Након 1971. регистрација нехомогених серија не постоји (са изузетком пролећне серије апсолутног максимума 1981. године, која је подешена).

---

<sup>9</sup> Уколико је низ у следећој години, након извршене релокације или замене, такође нехомоген, условно би се могао тумачити као последица промена у претходној години.

На мерној станици у *Врбасу* релокације су извршене током новембра-децембра 1966. и у августу 1968. године. Евентуалне нехомогености услед промене положаја станице јављају се код средње температуре (децембар 1966.) и средњег броја летњих дана (јесен 1969.). За остале низове нису откривени узроци дисконтинуитета.

Све временске серије регистроване са хомогеним прекидом на метеоролошкој станици у *Кикинди* јавиле су се током осамдесетих и деведесетих година, па је узрок нехомогености непознат.

Промене положаја метеоролошке станице у *Зрењанину* вршене су октобра 1953. и јануара 1967. Највећи број дисконтинуитетних низова температурних параметара (пре свега екстремних), појавио се током 1966. године, што је највероватније последица веома лоших просторних услова непосредне околине станице која је између 1953. и 1967. била смештена у кругу фабрике "Дијамант". Из тих разлога дошло је до новог премештаја 1967. године, што је вероватно довело до појаве још два нехомогена низа средњих температура (август и септембар 1976.). Замена инструмената према евиденцији регистарских књига, на овој станици нису довеле до појаве нехомогености.

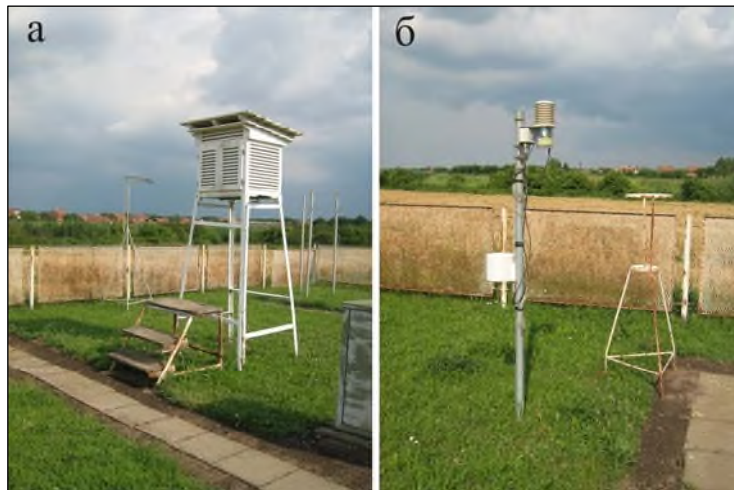
Нехомогена серија средње минималне температуре (септембар 1965.) на мерној станици у *Вршцу*, према евиденцији није последица ни једне регистроване замене инструмената или промене локације. Остали нехомогени низови појављују се током осамдесетих година. Тако се на основу претходних чињеница може закључити да се ни за једну серију не може открити узрок нехомогености.

Међу документацијом метеоролошке станице *Јаша Томић* евидентирана је једна релокација станице (20-21.06.1963.) у распону од око једног километра, из разлога проблема редовног осматрања и евиденције метеоролошких параметара. Нехомогени низови података који се појављују у првој половини 1963. године, затим током 1962. и 1961. године, углавном код максималних вредности и летњих дана, могли би се сматрати као последица услед проблема са људским фактором који је био заступљен пре премештаја. За остале низове са ове станице, разлози нехомогености су непознати.

На метеоролошкој станици у *Сремској Митровици* већина дисконтинуитетних низова појављује се током 1985. и 1986. године, највероватније као последица премештања на новој локацији, око 6 km западно, у

насељу Лаћарак, која из извршена 01.01.1986. године. Замена термометара 1953. и 1991. године није довела до појаве прекида хомогености температурних серија.

Учесталост замене или релокације обичног, максималног и минималног термометра готово да је подједнако заступљена на свим станицама у Војводини. Међутим, појава нехомогених серија знатно је већа код екстремних вредности него код средњих<sup>10</sup>, што наводи на закључак да су екстремне температуре знатно осетљивије на промене типа или локације инструмента или читаве станице, па чак и на промену природног окружења, него што је то случај са средњом температуром. На пример, у летњем периоду, појава нехомогених низова екстремних температура је знатно фреквентнија него током зиме. Наиме, током лета алbedo радиационог штита и вентилација (прилог 24) значајно утичу на максималне температуре, узрокујући велике разлике између метеоролошких станица. Током зиме, ова два фактора имају знатно мањи утицај. Минималне месечне вредности такође могу имати значајна одступања између станица, јер разлика локалне топографије и извора топлоте највише утичу на овај параметар. Идентични закључци јављају се и у резултатима других студија (Tuomenvirta, 2001).



*Прилог 24. Радијациони штитови и систем вентилације (мет. станица Кикинда):  
а) термометарски заклон за аналогне термометре;  
б) термометарски радијациони штит аутоматске метеоролошке станице  
(фото: Пашић М.)*

У наредној табели (табела 13) представљене су све подешене и нехомогенизоване серије анализираних метеоролошких станица у Војводини са годинама и периодом појаве дисконтинуитета.

<sup>10</sup> Разлика у броју нехомогених низова између средњих и екстремних вредности може износити око 30% (Tuomenvirta, 2001), што је уочљиво и на Војвођанским подацима (табеле 7 и 13).

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

Табела 13. Подешене и нехомогенизоване серије анализираних станица у Војводини за период 1951-2000. са годином и периодом појаве дисконтинуитета

| индекс        | средња годишња сума падавина | средњи број тропских дана | средњи број летњих дана       | средњи број мразних дана | средњи број ледених дана | средња апсолутна минимална температура | средња апсолутна максимална температура  | средња минимална температура   | средња максимална температура  | средња температура   |
|---------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--|--|--|--|
|               | (годишње)                    | (год. доба)               | (год. доба)                   | (год. доба)              | (год. доба)              | (год. доба)                            | (год. доба)                              | (месеци)   | (месеци)   | (месеци)   |
| <b>Палић</b>  | -                            | -                         | -                             | -                        | -                        | -                                      | -  | -  | 1999(7)<br>1967(10)  | 1978(8)<br>1976(9)   |
| <b>Сомбор</b> | -                            | 1976(л)                   | 1977(п)<br>1977(л)<br>1999(ј) | 1962(з)<br>1969(п)       | -                        | 1962(з)                                | 1978(з)<br>1952(п)<br>1985(л)<br>1974(ј) | 1965(2)<br>1961(3)<br>1966(4)  | 1979(1)<br>1988(2)<br>1975(3)<br>1977(5)<br>1978(6)<br>1980(7)<br>1975(8)<br>1976(9)<br>1976(10)<br>1968(11)<br>1973(12) | 1966(4)<br>1998(6)   |
| <b>Сента</b>  | -                            | -                         | 1991(п)                       | 1962(ј)                  | 1991(з)                  | 1961(п)<br>1980(л)<br>1959(ј)          | 1980(л)                                  | 1960(1)<br>1964(2)<br>1962(5)<br>1962(6)<br>1962(7)<br>1966(8)<br>1965(10)<br>1961(11)<br>1963(12) | 1994(1)<br>1981(2)<br>1998(3)<br>1992(6)<br>1993(9)  | 1998(3)<br>1965(5)<br>1965(6)<br>1964(7)<br>1963(8)<br>1956(9) |

Табела 13. Наставак

| средња годишња сума падавина            | (год. годишње) | -   | -                             | -              | -  | -                             |
|---|----------------|---|-------------------------------|----------------|--|-------------------------------|
| средњи број тропских дана               | (год. доба)    | 1966(п)<br>1962(ј)                                  | 1976(п)                       | -              | -  | -                             |
| средњи број летњих дана                 | (год. доба)    | -   | 1969(ј)                       | 1993(п)        | 1966(п)<br>1966(л)<br>1966(ј)                                  | -                             |
| средњи број мразних дана                | (год. доба)    | 1969(п)   | 1990(з)                       | -              | 1981(з)  | -                             |
| средњи број ледених дана                | (год. доба)    | -   | -                             | -              | -  | -                             |
| средња апсолутна минимална температура  | (год. доба)    | 1969(з)<br>1965(п)                                  | -                             | -              | 1966(л)<br>1966(ј)   | -                             |
| средња апсолутна максимална температура | (год. доба)    | 1981(п)<br>1963(л)                                  | 1977(л)                       | 1993(п)        | -  | 1983(п)                       |
| средња минимална температура            | (месеци)       | 1970(1)<br>1969(3)<br>1969(4)<br>1968(5)<br>1968(6) | -                             | -              | 1984(12)   | 1986(3)<br>1980(6)<br>1965(9) |
| средња максимална температура           | (месеци)       | 1963(6)<br>1971(7)<br>1963(8)                       | 1989(1)<br>1964(3)<br>1974(7) | 1988(7)        | 1966(3)<br>1966(4)<br>1966(5)<br>1995(6)<br>1966(9)            | -                             |
| средња температура                      | (месеци)       | -   | 1964(9)<br>1966(12)           | -              | 1984(4)<br>1966(5)<br>1966(6)<br>1966(7)<br>1967(8)<br>1967(9) | -                             |
|   |                | <b>Римски<br/>Шанчеви</b>                           | <b>Врбас</b>                  | <b>Кикинда</b> | <b>Зрењанин</b>  | <b>Вршац</b>                  |

Табела 13. Наставак

| средња годишња сума падавина  | (годишње)   |  |   |
|---|-------------|--|---|
| средњи број тропских дана   | (год. доба) |  |   |
| средњи број летњих дана   | (год. доба) | 1963(п)<br>1991(л)   |   |
| средњи број мразних дана  | (год. доба) | 1996(з)  | 1985(п)   |
| средњи број ледених дана  | (год. доба) |  |   |
| средња апсолутна минимална температура  | (год. доба) | 1993(л)  | 1998(з)<br>1986(п)<br>1985(л)   |
| средња апсолутна максимална температура   | (год. доба) | 1963(п)<br>1958(л)   | 1980(з)   |
| средња минимална температура  | (месеци)    | 1991(1)<br>1993(3)<br>1993(4)<br>1992(5)<br>1979(6)<br>1993(7)<br>1991(8)<br>1996(9)<br>1992(10)<br>1981(12) | 1973(3)<br>1985(4)<br>1965(5)<br>1985(6)<br>1986(7)<br>1985(8)<br>1985(9) |
| средња максимална температура   | (месеци)    | 1963(4)<br>1992(5)<br>1962(6)<br>1962(7)<br>1961(8)<br>1961(9)   | 1985(1)<br>1981(2)  |
| средња температура  | (месеци)    | 1985(5)<br>1973(8)<br>1965(9)  | 1985(4)   |
| Јаша Томић  |             |  |   |
| Сремска Митровица   |             |  |   |
| <p><b>Напомена:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1985(1): серије које су хомогенизоване након једног или више подешавања</li> <li>- 1985(4): серије које нису хомогенизоване</li> <li>- (12): месеци представљени арапским бројевима</li> <li>- (3): годишња доба представљена почетним словом</li> </ul> |             |  |   |

## ИСПИТИВАЊЕ РАЗЛИКЕ НЕХОМОГЕНИЗОВАНИХ И МОДЕЛИРАНИХ ХОМОГЕНИЗОВАНИХ НИЗОВА

На основу критеријума који су коришћени приликом процеса испитивања хомогености низова екстремних температура, 16,1% временских серија није хомогенизовано. С обзиром на то да ове нехомогенизоване серије нису одбачене, него су укључене у даље анализе, покушало се утврдити да ли би постојале сигнификантне разлике између вредности оригиналних временских серија (подаци из Годишњака) и комплетно хомогенизованих временских серија.

Да би било могуће извршити овакво тестирање, неопходно је знати колика би била корекциона вредност након што би се подесиле постојеће нехомогенизоване временске серије. Ова вредност добијена је моделирањем, на основу корекционе вредности подешених временских серија.

Ако  $A$  представља укупан удео (100%) почетних нехомогених временских серија, онда је:

$$A = A_h + A_n$$

где  $A_h$  представља % удео подешених временских серија, а  $A_n$  представља % удео нехомогенизованих временских серија.

Ако се претпостави да корекциона вредност расте пропорционално са порастом % удела подешених временских серија, то значи да је:

$$\Delta V_h : A_h = \Delta V_n : A_n$$

односно

$$\Delta V = \Delta V_h + \Delta V_n$$

где  $\Delta V_h$  и  $\Delta V_n$  означавају просечне израчунате корекционе вредности на основу  $A_h$ , односно  $A_n$ , односно подешених и нехомогенизованих временских серија, а  $\Delta V$  представља укупну просечну израчунату корекциону вредност.

У даљој анализи, а на основу записа пропорционалног пораста корекционе вредности, добија се просечна корекциона вредност нехомогенизованих серија ( $\Delta V_n$ ), помоћу следеће формуле:

$$\Delta V_n = \Delta V_h * (A_n \div A_h)$$

На основу претходних прорачуна, следи да је:

$$VS_{mod} = VS_{orig} + \Delta V$$

где  $VS_{mod}$  представља збир вредности оригиналне временске серије и укупне просечне израчунате корекционе вредности, односно модулиране корекционе вредности.

Тестирање, у циљу утврђивања сигнификантности разлика између вредности оригиналних ( $VS_{orig}$ ) и модулираних временских серија ( $VS_{mod}$ ), урађено је за просечне годишње температуре на нивоу Војводине, односно извршено је осредњавање просечних годишњих низова свих метеоролошких станица, а затим је прорачунавана разлика.

Након добијања средњих годишњих моделираних временских серија за Војводину, за све испитиване параметре (осим за ледене дане и падавине), вршено је тестирање сигнификантности помоћу t-testa (Студентов тест). Задати критеријуми приликом утврђивања сигнификантности, односили су се на тестирање две независне варијабле, са нормалном двопараметарском дистрибуцијом и једнаком дисперзијом. Критични ниво приликом утврђивања сигнификантности износио је 95% ( $\alpha=0,05$ ). Анализа t-testa урађена је помоћу софтверског пакета Statistica 8.0.

Резултати показују да ни у једном случају не постоји сигнификантна разлика између  $VS_{orig}$  и  $VS_{mod}$  временских серија. Такође, извршено је тестирање годишње  $T_{max}$  за станицу CO, која представља пример већег одступања (просечно



0,12°C) између  $VS_{orig}$  и  $VS_{mod}$ , али ни у овом случају није добијена сигнификантна разлика.

Из претходно наведених чињеница, може се извести закључак, да ико могу постојати одређене разлике између оригиналних и хомогенизованих временских серија, та одступања највероватније нису сигнификантна, па самим тим не би требало да доведу до значајних грешака у даљим климатолошко-статистичким анализама. На основу тога, временске серије које нису подешене, коришћене су у каснијим анализама ове докторске дисертације.

## АНАЛИЗА ТРЕНДОВА ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА

Графичко приказивање и анализирање линије тренда временских серија метеоролошких елемената, представља једну од фундаменталних статистичких метода која се широко примењује у климатолошким истраживањима. Тренд приказује општу тенденцију кретања вредности климатолошких параметара у истраживаном временском периоду.

У овој студији, статистичка анализа и графичко представљање трендова, урађено је помоћу софтверског пакета Statistica 8.0. Трендови су анализирани, на годишњем, сезонском и месечном нивоу, за осам параметара екстремних температура ваздуха на простору Војводине у периоду од 1951. до 2000. године. Висине трендова нису одређиване на основу сирових података, узетих из годишњака, већ су израчуната одступања, од "0" (нулте) вредности, за сваку анализирану временску серију, а затим су добијене криве и графички представљене. "0" вредност представља средњу вредност стандардног временског периода (од 1961. до 1990. године) и израчуната је за сваку анализирану временску серију, респективно. На овакав систем анализе и представљања, приступило се из разлога лакше визуелне уочљивости тенденције кретања температура у испитиваном временском периоду и ради лакшег упоређивања температурних крива различитих метеоролошких станица. Временске серије за простор читаве Војводине добијене су осредњавањем температурних низова свих десет метеоролошких станица.

У даљем тексту, представљени су трендови за средње максималне ( $T_{\max}$ ) и минималне ( $T_{\min}$ ) температуре, затим средње апсолутно максималне ( $aT_{\max}$ ) и минималне ( $aT_{\min}$ ) температуре и ледене ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ), мразне ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ), летње ( $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ ) и тропске ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ) дане.

На основу до сада познатих чињеница о познавању процеса кретања температуре ваздуха, чак и релативно мале промене средњих температура –  $T_{sr}$ , може значити да је дошло до осетних промена у фреквенцији кретања екстремних температура ваздуха (Nicholls and Alexander, 2007). Позитивни трендови средњих

годишњих температура ваздуха на простору Војводине (табела 14), говоре нам да је дошло до одређених температурних промена у другој половини XX века, што истовремено, оправдава потребу анализе кретања екстремних температура и откривања њихових евентуалних промена.

Табела 14. Декадни линеарни трендови средњих годишњих температура ваздуха у Војводини у периоду 1951-2000.

|          | ПЛ   | СО   | СЕ   | ВР    | НС   | КИ   | ЗР   | ВШ   | ЈТ   | СМ   | Вој. |
|----------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $T_{sr}$ | 0,11 | 0,09 | 0,15 | -0,05 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,02 | 0,12 | 0,07 | 0,09 |

## СРЕДЊЕ МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ

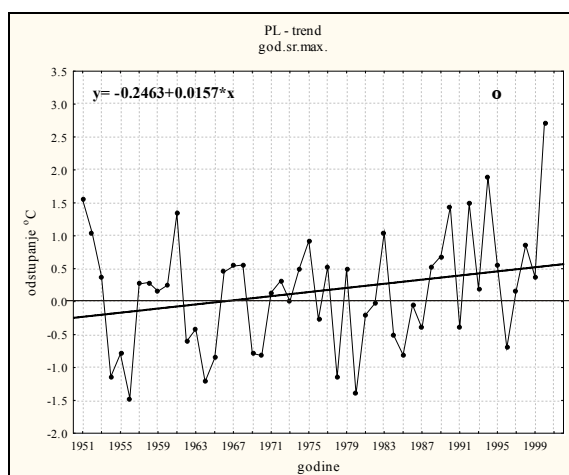
Трендови средњих максималних ( $T_{max}$ ) и минималних ( $T_{min}$ ) температура ваздуха анализирани су за годишње, сезонске и месечне временске серије, респективно.

Посматрајући годишње **средње максималне температуре ваздуха** (прилог 25), уочава се позитиван тренд кретања вредности на свим испитиваним метеоролошким станицама. Највећи пораст забележен је на станици ЈТ 0,27°C/дек. (по декади)<sup>11</sup>, затим следи СО 0,2°C/дек, ПЛ 0,16°C/дек. и СЕ 0,14°C/дек. Нешто ниже вредности имају НС 0,086°C/дек. и ЗР 0,064°C/дек, док изразито најнижу вредност има ВР, свега 0,013°C/дек. Осредњена вредност годишње  $T_{max}$  за простор читаве Војводине износи 0,13°C/дек, односно дошло је до пораста годишње  $T_{max}$  током истраживаног педесетогодишњег временског периода за 0,65°C.

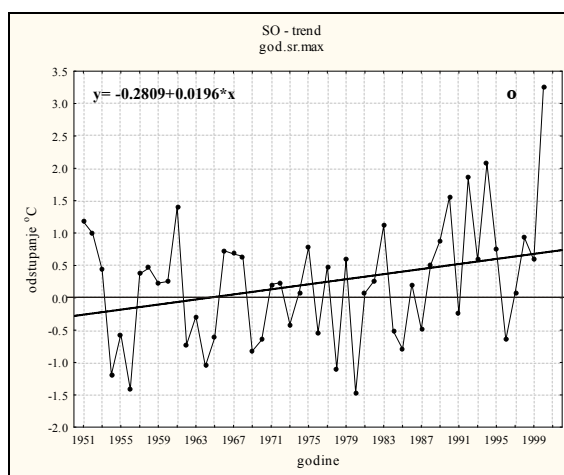
Анализирањем сезонских временских серија (прилог 26), добија се детаљнија слика тенденције кретања средњих максималних температура (а у даљем раду, такође и за друге параметре екстремних температура ваздуха) током годишњег временског периода, а уједно и објашњење резултата трендова који су добијени на годишњем нивоу.

<sup>11</sup> За свих осам параметара екстремних температура ваздуха на годишњем нивоу, у прилозима 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37 и 39, вредности линеарне функције представљене су годишњим линеарним трендовима.

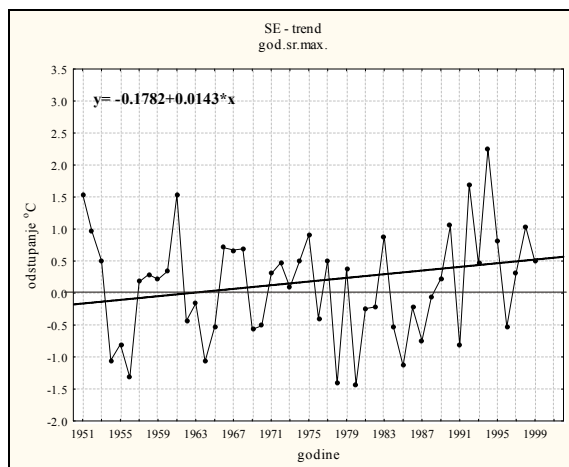
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



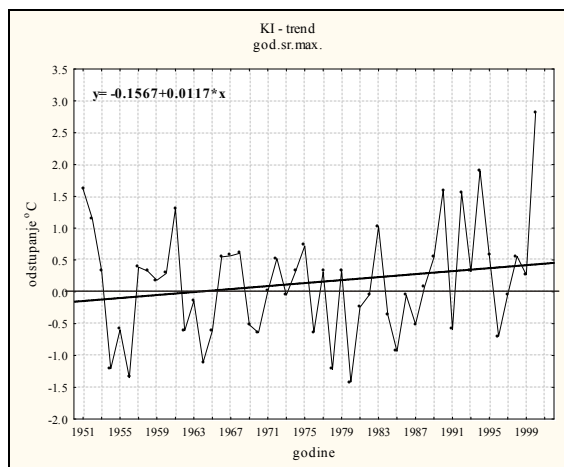
а



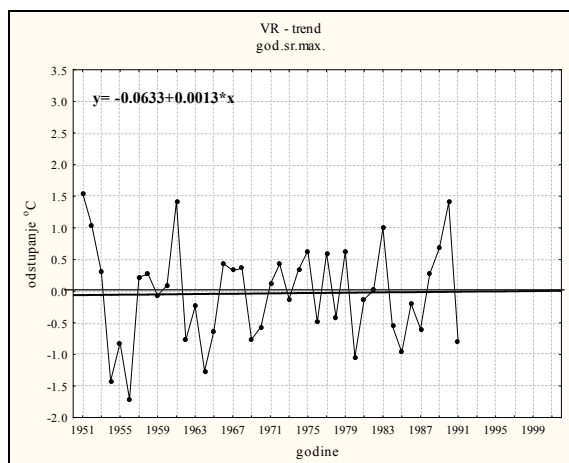
б



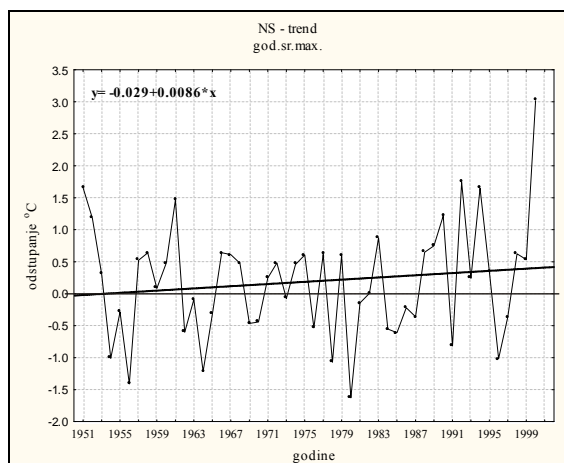
в



г



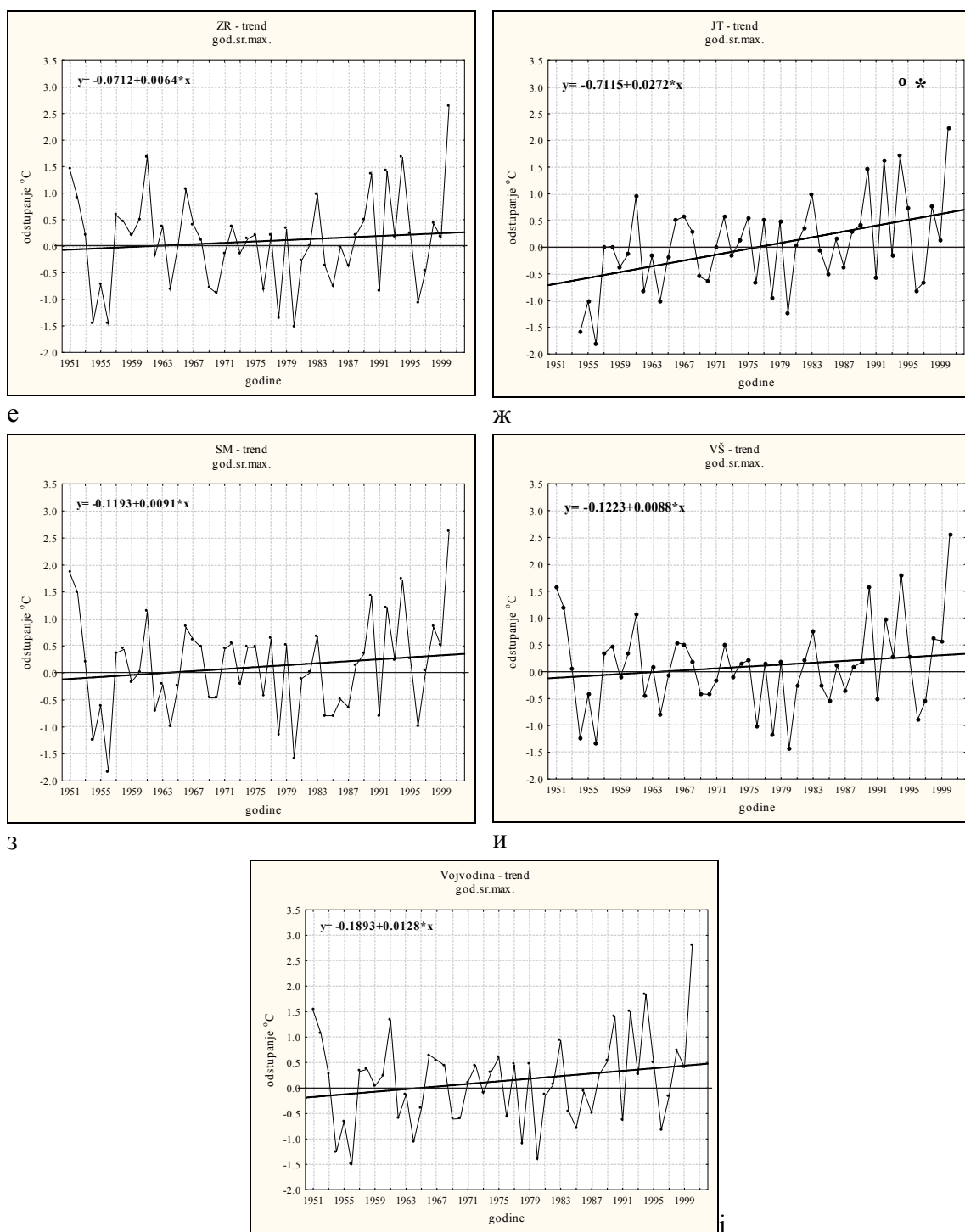
д



ђ

Прилог 25. Представљање линије тренда годишњих средњих максималних температура ваздуха; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски Шанчеви); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

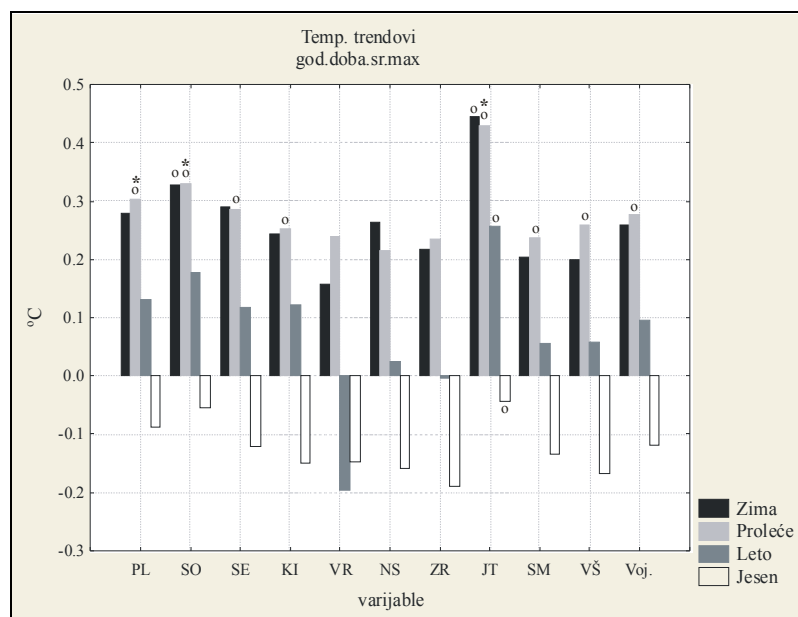


Прилог 25. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаша Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Графикон сезонских средњих максималних температура (прилог 26) показује значајне статистичке разлике<sup>12</sup> у висини трендова између зиме и пролећа (преко 0,2°C), са једне стране, док су са друге стране лето, где се трендови крећу око 0,1°C и јесен, са негативним трендовима на свим станицама. Истовремено, уочена је статистичка разлика у висини трендова и између лета и јесени.

У зимском периоду  $T_{max}$  уочавају се високе позитивне декадне вредности тренда које за простор Војводине износе 0,26°C/дек, док по станицама постоје одређене разлике. Тако су највиши трендови добијени у ЈТ 0,45°C/дек, СО 0,33°C/дек, СЕ 0,29°C/дек. и ПЛ 0,28°C/дек, а најнижи су забележени у СМ 0,21°C/дек, ВШ 0,20°C/дек. и ВР 0,16°C/дек.

На истраживаном подручју током пролећа пораст тренда износи 0,28°C/дек. и одликује се сличном тенденцијом као и у претходном годишњем добу. На метеоролошкој станици ЈТ поново је израчунат највиши тренд пролећног  $T_{max}$  од 0,43°C/дек, а затим следе СО, ПЛ и СЕ, са вредностима од 0,33, 0,30 и 0,29°C/дек. Минималну висину тренда има НС 0,22°C/дек.



Прилог 26. Трендови сезонских средњих максималних температура ваздуха за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине; Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

<sup>12</sup> За тестирање сигнификантности разлика, коришћен је t-тест у програму Statistica 8.0.

Летња средња максимална температура одликује се у просеку два ипо пута нижим висинама тренда, него што је то случај у зимском и пролећном годишњем добу. Максимуми летњих  $T_{\max}$  забележени су у ЈТ  $0,26^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , СО  $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , ПЛ  $0,13^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и СЕ  $0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , а минимуми односно по први пут вредности опадајућег тренда добијени су за ЗР  $-0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и ВР  $-0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

На свим мерним станицама и читавом истраживаном простору, у јесењем периоду,  $T_{\max}$  трендови имају негативну вредност, односно у оквиру анализираних временског периода дошло је до снижавања средњих максималних температура. Тако су највиши опадајући трендови забележени у ЗР  $-0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , ВШ  $-0,17^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и НС  $-0,16^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , а најнижи у ЈТ  $-0,04^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , СО  $-0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и ПЛ  $-0,09^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . На простору Војводине у летњем и јесењем периоду, осредњене вредности декадног линеарног тренда износе  $0,10^{\circ}\text{C}$ , односно  $-0,12^{\circ}\text{C}$ .

Анализа средњих максималних температура на месечном нивоу указује који су то месеци који имају доминантну улогу у формирању високих трендова пораста, односно опадања температуре у одређеним сезонским  $T_{\max}$ .

У табели 15 јасно се уочава да су јануар, фебруар, март и мај, месеци са релативно високим позитивним трендовима на свим мерним станицама. Трендови пада температуре, који се одликују малим вредностима и јављају на две до три станице, су у априлу, јуну, јулу и августу. Месеци у којима доминирају негативни трендови, јесу септембар, октобар, новембар и децембар. Уколико се посматрају највише вредности месечних декадних трендова, види се да се најчешће јављају на мерним станицама ЈТ и СО, а најниже вредности су у ВР, ВШ и ЗР. Интересантно је напоменути да се на станици СО само у новембру јавља тренд опадања  $T_{\max}$ , а мање негативних трендова јавља се још у ПЛ и ЈТ.

Сумирајући месечну ситуацију на подручју Војводине, највиши позитивни трендови су у фебруару, марту, јануару и мају (од  $0,56^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . до  $0,31^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .), а највиши негативни трендови у новембру, септембру, децембру и октобру (од  $-0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . до  $-0,04^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .). У осталим месецима висине трендова крећу се око  $0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

Табела 15. Висине трендова месечних ср. максималних темп. ваздуха за испитиване метеоролошке станице, респективно и простор Војводине;

Напомена: вредности представљају декадне линеарне трендове; **болд** – највише месечне вредности; *италик* – најниже месечне вредности; *\_* - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

| ст. \ м. | ЈАН         | ФЕБ         | МАР         | АПР         | МАЈ          | ЈУН         | ЈУЛ         | АВГ         | СЕП         | ОКТ         | НОВ          | ДЕЦ          |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| ПЛ       | 0,37        | 0,58        | 0,47        | 0,10        | <u>0,33*</u> | 0,09        | 0,12        | 0,19        | -0,09       | 0,01        | -0,18        | -0,11        |
| СО       | 0,40        | 0,57        | <u>0,55</u> | 0,12        | 0,32         | <b>0,19</b> | 0,19        | 0,16        | <b>0,03</b> | <b>0,03</b> | -0,22        | <b>0,01</b>  |
| СЕ       | 0,39        | 0,58        | 0,40        | 0,06        | <b>0,40</b>  | 0,10        | 0,12        | 0,13        | -0,11       | -0,07       | -0,18        | -0,09        |
| КИ       | 0,32        | 0,56        | 0,42        | 0,09        | 0,25         | 0,07        | 0,15        | 0,15        | -0,18       | -0,05       | -0,23        | -0,15        |
| ВР       | 0,23        | 0,51        | <b>0,60</b> | -0,05       | <i>0,13</i>  | -0,30       | -0,10       | -0,20       | -0,07       | -0,08       | -0,30        | -0,18        |
| НС       | 0,36        | 0,52        | 0,42        | 0,04        | 0,19         | -0,06       | 0,06        | 0,07        | -0,22       | -0,08       | -0,18        | -0,09        |
| ЗР       | 0,30        | 0,51        | 0,40        | -0,02       | 0,33         | -0,04       | -0,02       | 0,05        | -0,21       | -0,12       | -0,25        | -0,16        |
| ЈТ       | <b>0,54</b> | <b>0,85</b> | <b>0,60</b> | <b>0,37</b> | 0,32         | 0,14        | <b>0,26</b> | <b>0,36</b> | 0,02        | -0,05       | <b>-0,10</b> | <u>-0,06</u> |
| СМ       | 0,26        | 0,48        | 0,39        | 0,02        | 0,30         | 0,00        | 0,06        | 0,11        | -0,18       | -0,01       | -0,21        | -0,12        |
| ВШ       | 0,19        | 0,49        | 0,37        | 0,13        | 0,27         | 0,06        | 0,02        | 0,09        | -0,22       | -0,08       | -0,21        | -0,09        |
| Вој.     | 0,32        | 0,56        | 0,44        | 0,09        | 0,31         | 0,06        | 0,09        | 0,14        | -0,13       | -0,04       | -0,19        | -0,10        |



Трендови **средњих минималних температура** на годишњем нивоу (прилог 27), као и код годишњих  $T_{\max}$ , показују позитивне вредности на свим метеоролошким станицама (осим у ВР). Највише вредности су у СЕ  $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , затим ПЛ  $0,17^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и НС  $0,16^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , док су најнижи трендови прорачунати у ВШ  $0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , СМ  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и готово без тенденције кретања годишње  $T_{\min}$  у ВР  $-0,003^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . Просечна вредност тренда за простор Војводине такође показује тенденцију пораста средње минималне температуре и готово је идентична као и код годишње  $T_{\max}$ , односно износи  $0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . или  $0,6^{\circ}\text{C}$  за период друге половине XX века.

$T_{\min}$  генерално показују сличан распоред висине трендова по сезонама (прилог 28), као и код  $T_{\max}$ . У анализи сезонских средњих минималних температура, уочавају се изразито позитивни трендови током зиме и пролећа, који истовремено показују статистички значајне разлике у односу на летње и јесење трендове.

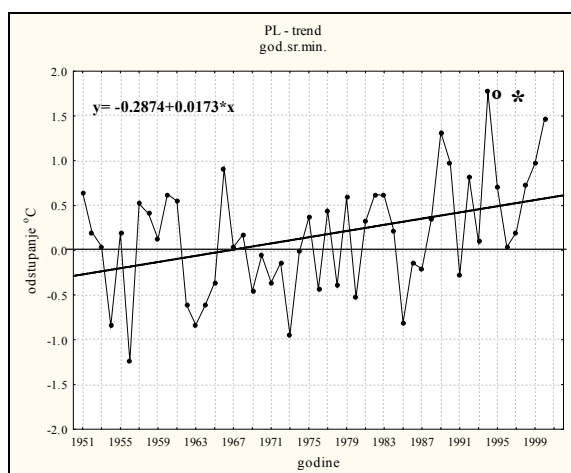
Тенденције пораста зимске минималне температуре од готово  $0,3^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , јављају се у СЕ ( $0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ), НС ( $0,28^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ), КИ ( $0,27^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ) и ЗР ( $0,27^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ). Најнижи трендови су на југу Војводине, односно у ВШ и СМ са по  $0,13^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . Осредњена вредност за истраживани простор је преко  $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , или прецизније  $0,22^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

Пролећни период одликује се нешто нижим вредностима, па тако максимални трендови у СЕ, ПЛ, НС и КИ крећу се од  $0,22$  до  $0,24^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , а најнижи у СМ  $0,07^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и ВШ  $0,14^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . Истовремено, оваква тенденција одразила се и на целокупни простор Војводине у којој пролећни  $T_{\min}$  износи  $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

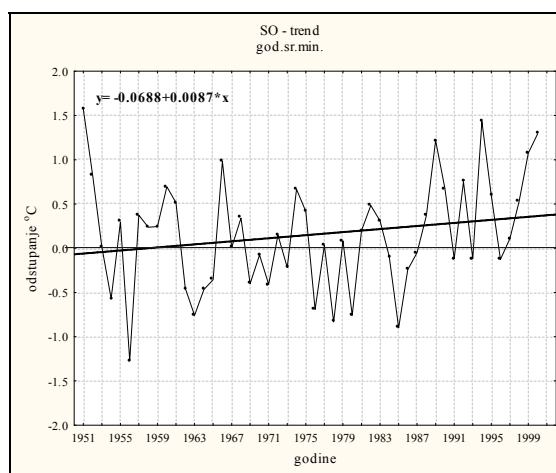
Просечна вредност летњег  $T_{\min}$  тренда за Војводину је два до три пута нижа у односу на претходне две сезоне, и износи свега  $0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . Највиши трендови су у ПЛ и СЕ ( $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ) и КИ ( $0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ), а најнижи, који имају карактер опадајућег или константног тренда, јављају се у ВР ( $-0,15^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ), СМ ( $-0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ) и ВШ ( $0,0^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ ).

Средња минимална температура, током јесени, не показује тенденцију ни раста и пада на простору Војводине. Сагледавајући вредности по станицама, највиши трендови су у СЕ  $0,09^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , ПЛ  $0,07^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , НС  $0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и ЗР  $0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , а најнижи у ВР  $-0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , ВШ  $-0,14^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ . и СМ  $-0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

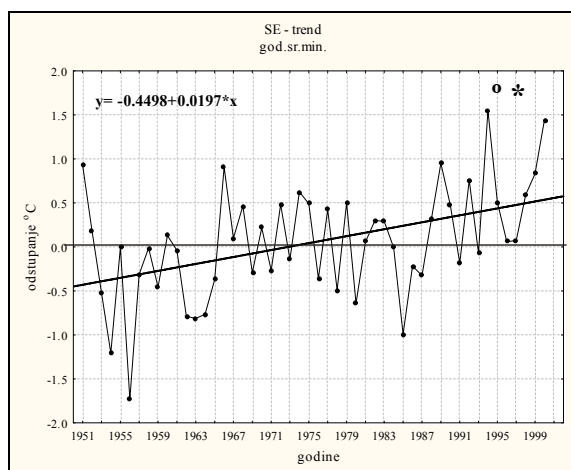
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



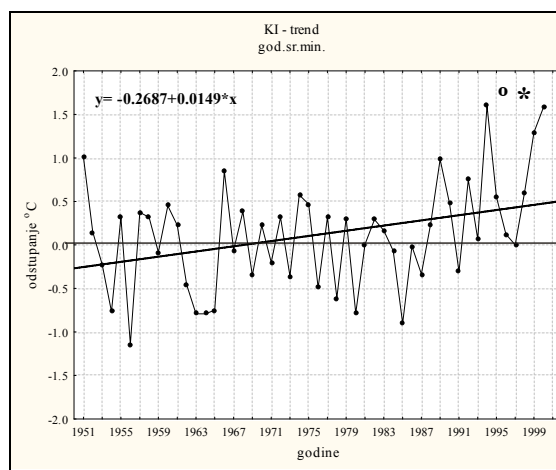
а



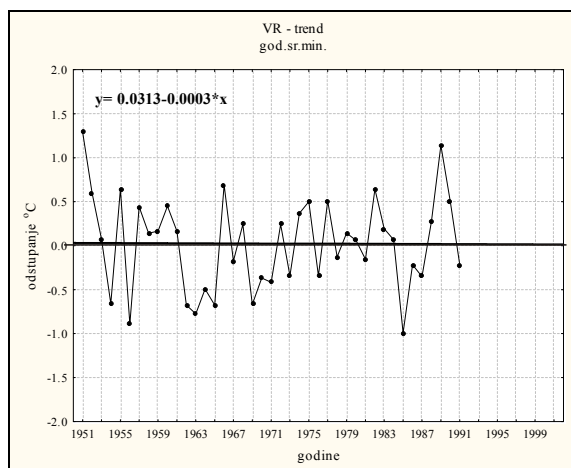
б



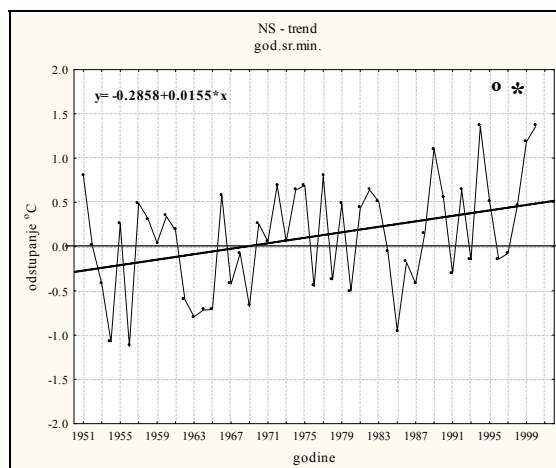
в



г



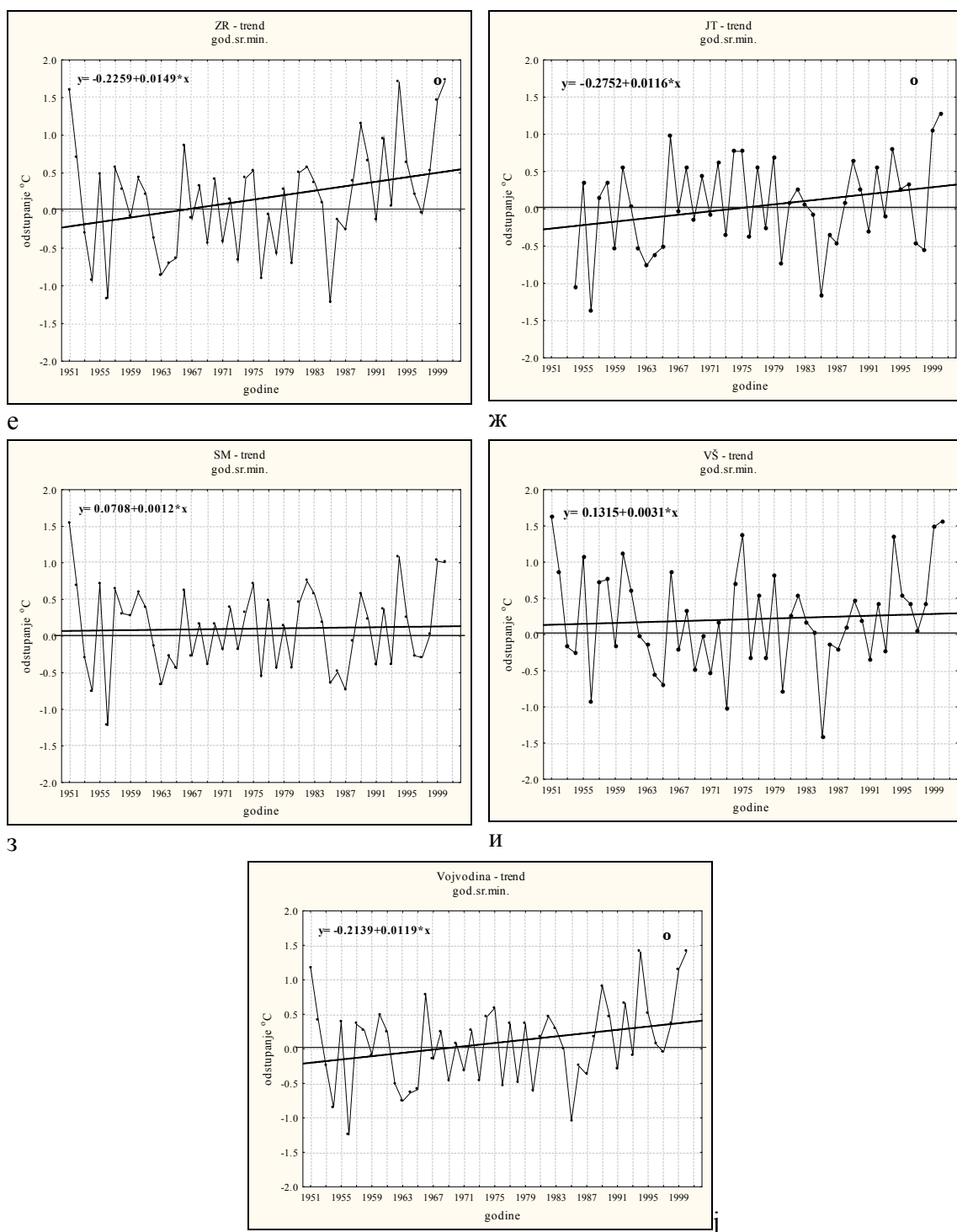
д



ђ

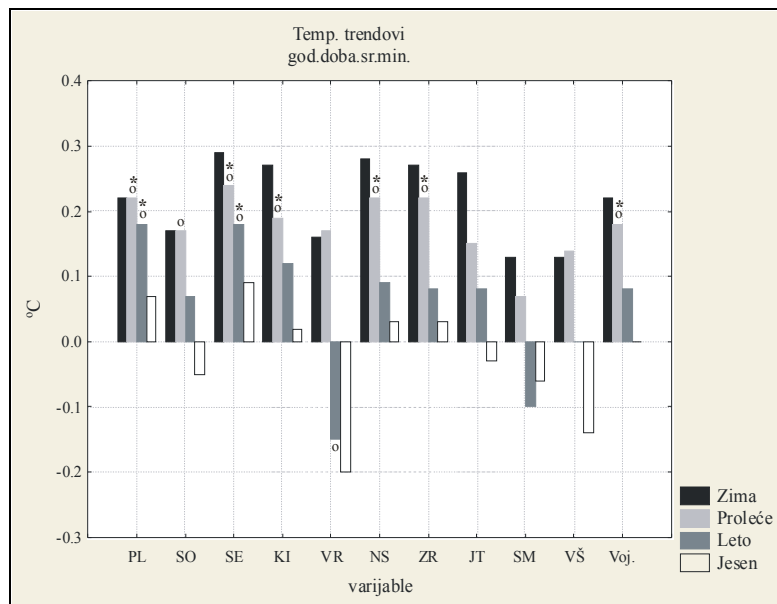
Прилог 27. Представљање линије тренда годишњих средњих минималних температура ваздуха; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски Шанчеви); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 27. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаша Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Интересантно је напоменути да се у прилогу 28 уочавају високе вредности зимских трендова, које ни на једној станици не показују сигнификантни пораст. То је из разлога што је дисперзија зимских вредности  $T_{\min}$  већа у односу на пролећне и летње вредности. Тачност претходне констатације доказана је провером помоћу две мере дисперзије, односно коришћењем стандардне девијације и коефицијента варијације.



Прилог 28. Трендови сезонских средњих минималних температура ваздуха за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине; Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

У табели 16 представљени су месечни средњи минимални декадни трендови за истраживано подручје и сваку станицу, респективно. Изразити позитивни трендови на свим станицама јављају се у јануару, фебруару, марту и мају месецу. Појединачни случајеви појаве негативне тенденције кретања месечних  $T_{\min}$  углавном се јављају у летњим и јесењим месецима, а осетнији трендови опадања температуре на свим метеоролошким станицама прорачунати су у новембру и децембру. Посматрајући појединачно метеоролошке станице, максималне вредности јављају се углавном у SE, JT и ПЛ, а минимални месечни декадни трендови у VR и SM.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

Табела 16. Висине трендова месечних ср. минималних темп. ваздуха за испитиване метеоролошке станице, респективно и простор Војводине;

Напомена: вредности представљају декадне линеарне трендове; **болд** – највише месечне вредности; *италик* – најниже месечне вредности;    - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

| ст. \ м. | ЈАН                | ФЕБ         | МАР                 | АПР          | МАЈ                 | ЈУН          | ЈУЛ                | АВГ                 | СЕП          | ОКТ          | НОВ          | ДЕЦ          |
|----------|--------------------|-------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ПЛ       | 0,41               | 0,35        | 0,31                | 0,11         | <u>0,24*</u>        | 0,07         | 0,18               | <b><u>0,30*</u></b> | <b>0,19</b>  | 0,20         | -0,19        | -0,10        |
| СО       | <i>0,31</i>        | 0,35        | 0,21                | 0,13         | <u>0,17</u>         | -0,02        | 0,05               | 0,17                | 0,09         | 0,03         | -0,27        | -0,16        |
| СЕ       | <u>0,49</u>        | 0,43        | 0,22                | 0,16         | <b><u>0,32*</u></b> | <b>0,12</b>  | <b><u>0,23</u></b> | 0,19                | 0,16         | <b>0,24</b>  | -0,15        | <b>-0,04</b> |
| КИ       | 0,45               | 0,45        | 0,23                | 0,15         | <u>0,20</u>         | 0,03         | 0,10               | <u>0,22</u>         | 0,12         | 0,14         | -0,21        | -0,10        |
| ВР       | 0,37               | 0,32        | <b><u>0,45*</u></b> | -0,09        | <i>0,15</i>         | <u>-0,27</u> | -0,11              | <u>-0,05</u>        | -0,05        | <u>-0,07</u> | <u>-0,47</u> | -0,22        |
| НС       | 0,49               | 0,42        | 0,27                | 0,14         | <u>0,25*</u>        | 0,05         | 0,02               | <u>0,20</u>         | 0,09         | 0,13         | -0,15        | -0,05        |
| ЗР       | 0,48               | 0,47        | 0,28                | <b>0,19</b>  | 0,19                | 0,01         | 0,03               | 0,19                | 0,07         | 0,13         | <b>-0,12</b> | -0,13        |
| ЈТ       | <b><u>0,63</u></b> | <b>0,52</b> | <i>0,01</i>         | <b>0,19</b>  | <u>0,24</u>         | -0,07        | 0,01               | <u>0,22*</u>        | 0,12         | 0,13         | -0,32        | -0,36        |
| СМ       | 0,33               | <i>0,21</i> | 0,14                | <i>-0,11</i> | <u>0,19*</u>        | <u>-0,18</u> | -0,16              | 0,04                | -0,06        | 0,05         | -0,16        | -0,14        |
| ВШ       | 0,33               | 0,24        | 0,06                | 0,13         | <u>0,23</u>         | -0,08        | -0,10              | 0,16                | <i>-0,10</i> | -0,02        | -0,29        | -0,18        |
| Вој.     | 0,41               | 0,37        | 0,21                | 0,11         | <u>0,23*</u>        | 0,0          | 0,04               | <u>0,19</u>         | 0,07         | 0,11         | -0,19        | -0,12        |

Месечни декадни трендови  $T_{\min}$  за Војводину, генерално прате тенденције месечних  $T_{\max}$  (табеле 15 и 16). Тако су највише позитивне вредности месечне  $T_{\min}$  у јануару, фебруару, мају и марту (од  $0,41^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  до  $0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), са тим да су нешто ниже од месечних  $T_{\max}$  за исте месеце, а негативни месечни трендови се јављају једино у новембру ( $-0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и децембру ( $-0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). У осталим месецима, трендови се крећу од  $0,0^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (јун) до  $0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (август).

### СРЕДЊЕ АПСОЛУТНО МАКСИМАЛНЕ И МИНИМАЛНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ

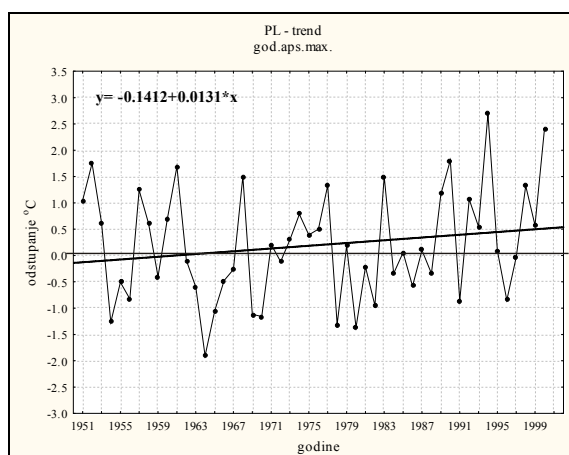
Трендови апсолутно максималних ( $aT_{\max}$ ) и минималних ( $aT_{\min}$ ) температура ваздуха, анализирани су након осредњавања годишњих и сезонских временских серија са сваке станице, респективно.

Годишња **средња апсолутно максимална температура ваздуха** (прилог 29) показује позитиван тренд који износи  $0,14^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  односно  $0,70^{\circ}\text{C}$  за педесетогодишњи период. На представљену вредност, пре свега утичу растући температурни трендови на свим метеоролошким станицама. Највише вредности забележене су у СО  $0,33^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  затим у ЈТ  $0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ВШ  $0,17^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Годишњи декадни трендови преко  $0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  јављају се у ПЛ, СЕ, КИ и СМ, а најмање тенденције пораста температуре израчунате су у ЗР  $0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  НС  $0,04^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  а у ВР готово да не постоји тенденција промене ( $0,006^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ).

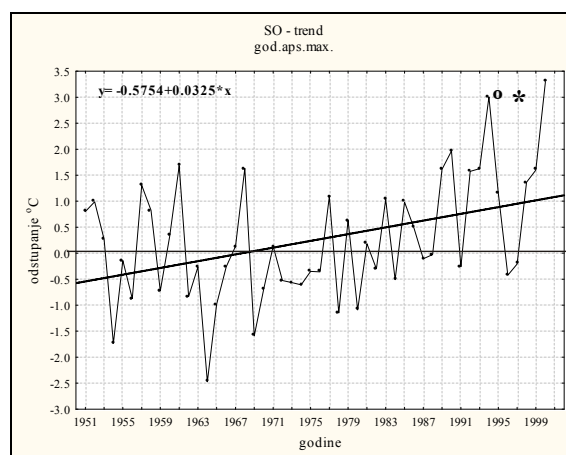
Посматрајући висине сезонских трендова (прилог 30), резултати t-теста показују да се зимски трендови значајно разликују у односу на остале три сезоне, док између трендова пролећа, лета и јесени нема сигнификантне разлике.

У зимском периоду јављају се знатно више вредности тенденције пораста средњих  $aT_{\max}$  у односу на остале три сезоне. То потврђују и највише забележене вредности у ЈТ  $0,48^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  КИ  $0,33^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и СЕ  $0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  На осталим станицама су декадни трендови такође изнад  $0,20^{\circ}\text{C}$ , осим у ВШ ( $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и СМ ( $0,09^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) које представљају станице са најнижим вредностима. На нивоу Војводине, тренд зимске средње  $aT_{\max}$  износи  $0,26^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$

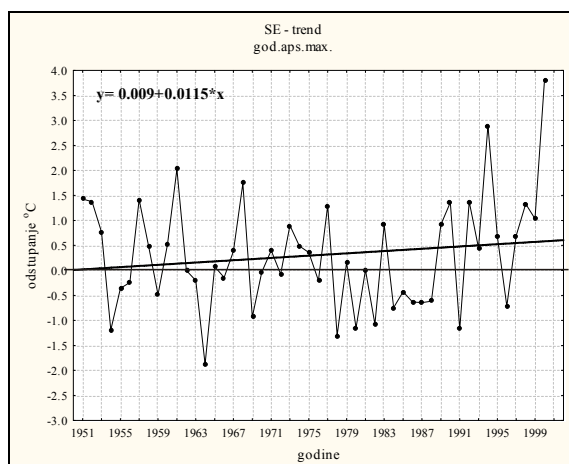
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



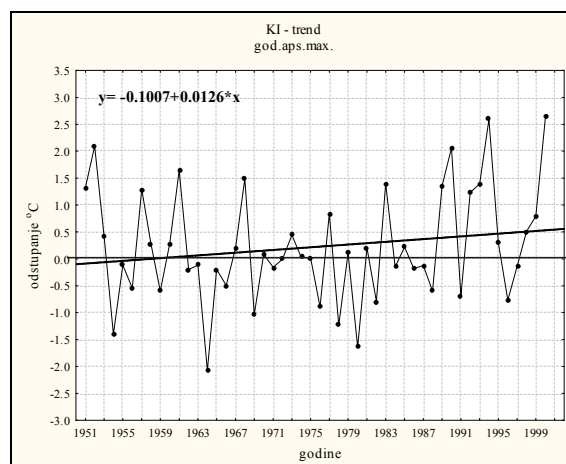
а



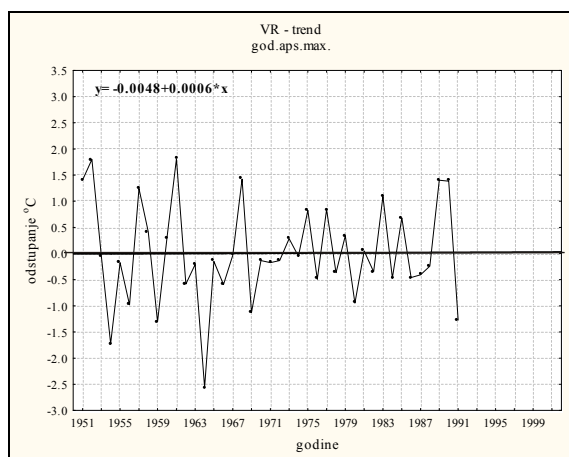
б



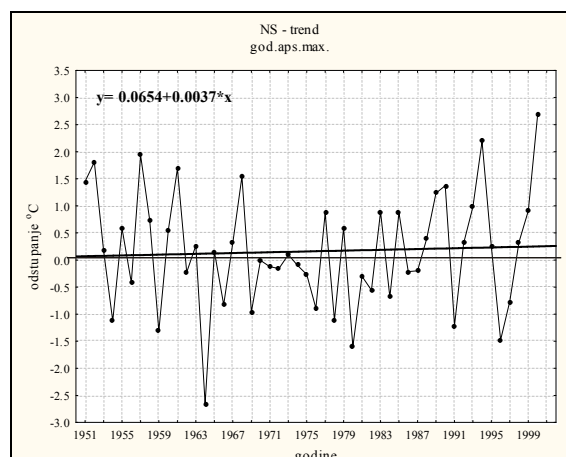
в



г



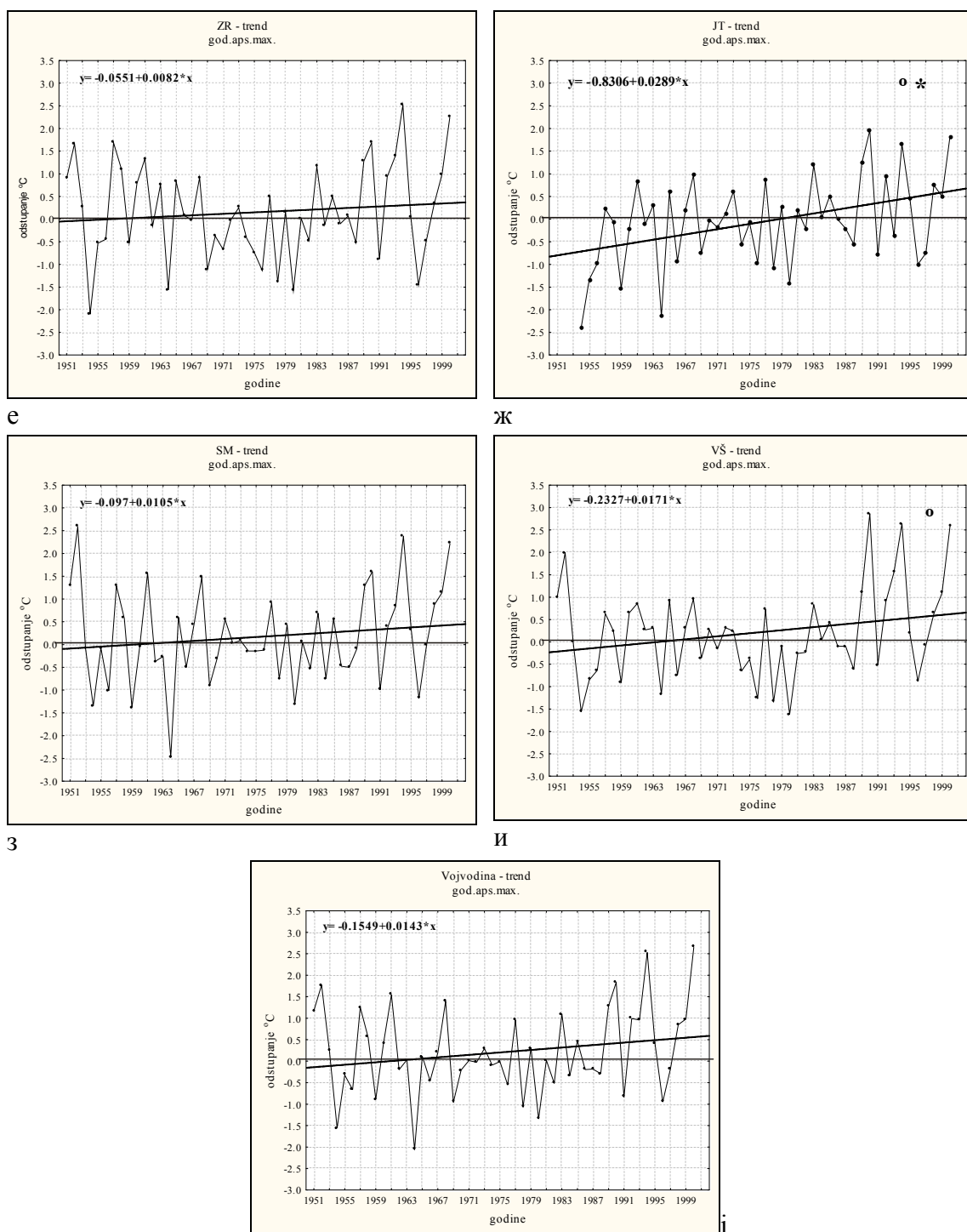
д



ђ

Прилог 29. Представљање линије тренда просечних годишњих апсолутно максималних температура ваздуха; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски Шанчеви); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



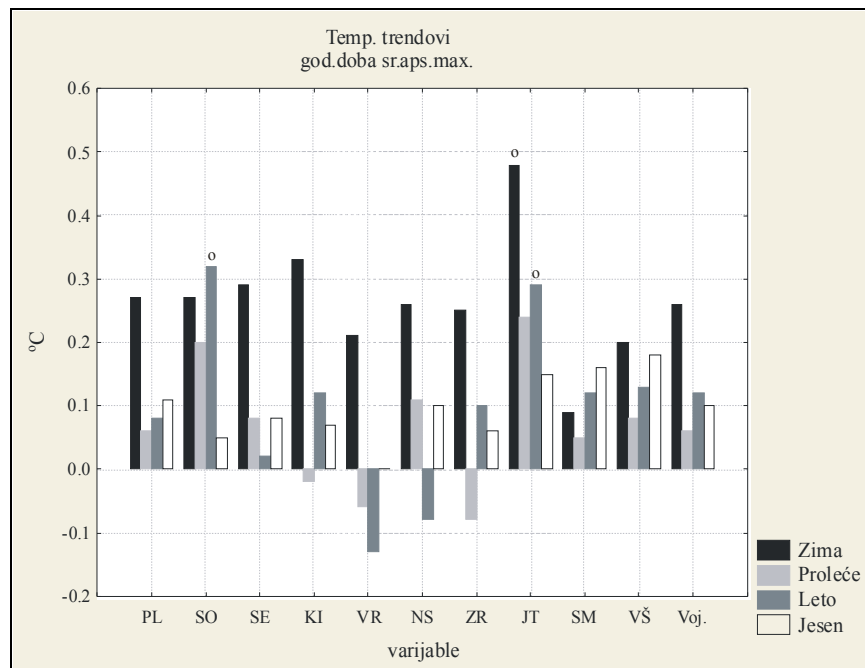
Прилог 29. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаши Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност



Пролећно годишње доба одликује се осетно нижим вредностима тренда, што се види на нивоу истраживане територије ( $0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Највише вредности се јављају у ЈТ  $0,24^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и СО  $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а најниже, које представљају опадајуће трендове, забележене су у КИ  $-0,02^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ВР  $-0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ЗР  $-0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$

У летњем периоду максималне вредности средњих  $aT_{\text{max}}$  поново се јављају у СО  $0,32^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ЈТ  $0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а минимални, односно негативни трендови на станицама НС ( $-0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ВР ( $-0,13^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). На простору Војводине летња средња  $aT_{\text{max}}$ , током друге половине XX века, порасла је за  $0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$

Јесењи период одликује се по томе што су на свим метеоролошким станицама израчунати трендови пораста температуре, која након осредњавања износи  $0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (територија Војводине). Највише вредности јављају се у ВШ ( $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), затим СМ ( $0,16^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ЈТ ( $0,15^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), а најнижи у ВР ( $0,0^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) (прилог 30).



Прилог 30. Трендови просечних сезонских апсолутно максималних температура ваздуха за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине; Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Анализом годишњих **средњих апсолутно минималних температура ваздуха** (прилог 31) уочавају се вредности опадајућих трендова, и то на станицама у СМ  $-0,09^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и СО, која се одликује занемарљиво малом негативном опадајућом тенденцијом,  $-0,005^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Са друге стране, максимални трендови годишњих  $aT_{\min}$  показују релативно високе вредности, и то на локацијама у СЕ  $0,30^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ПЛ  $0,22^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ЈТ  $0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и НС  $0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Остале станице одликују се висинама трендова од преко  $0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , осим у ВШ који је осетно нижи. Прорачунавањем тренда годишње  $aT_{\min}$  за простор истраживаног подручја, појављује се тенденција пораста, која је слична као и код претходно анализираних параметара, односно износи  $0,13^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  ( $0,65^{\circ}\text{C}$  за педесетогодишњи период).

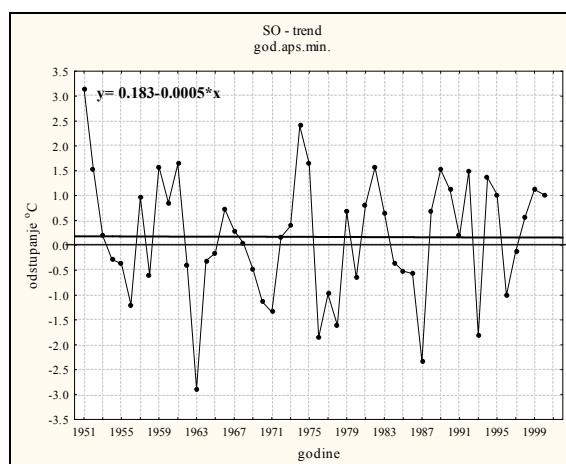
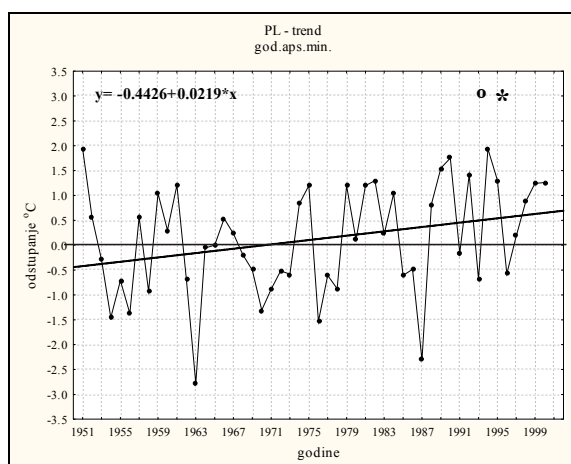
Код сезонских  $aT_{\min}$  забележене су прилично високе позитивне вредности тренда током лета и пролећа, док у летњем и јесењем периоду углавном доминирају негативне тенденције кретања температуре (прилог 32). Претходно поменуто констатацију потврђује и t-тест, где су добијене сигнификантне разлике у висини трендова између зиме и пролећа са једне стране и лета и јесени са друге.

Током зиме  $aT_{\min}$  у Војводини износи  $0,26^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Највише вредности су у ЈТ чак  $0,71^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ВР  $0,44^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и СЕ  $0,40^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а најнижа, односно чак негативна у СО  $-0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и без тенденције промене у СМ  $0,0^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  На осталим станицама трендови су преко  $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$

Пролећни период показује сличне карактеристике као и зимски, са тим што је тренд у Војводини нешто виши  $0,36^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а максималне вредности су поново у СЕ  $0,50^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , НС  $0,49^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ВР  $0,47^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Пролећни минимални трендови су осетно виши него што је то случај у току зиме, СО  $0,26^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ВШ  $0,10^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$

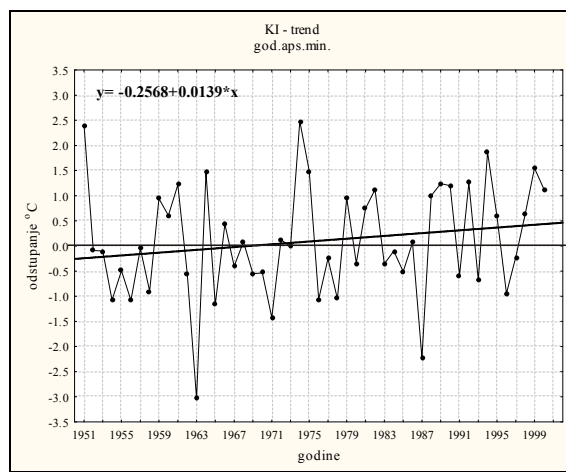
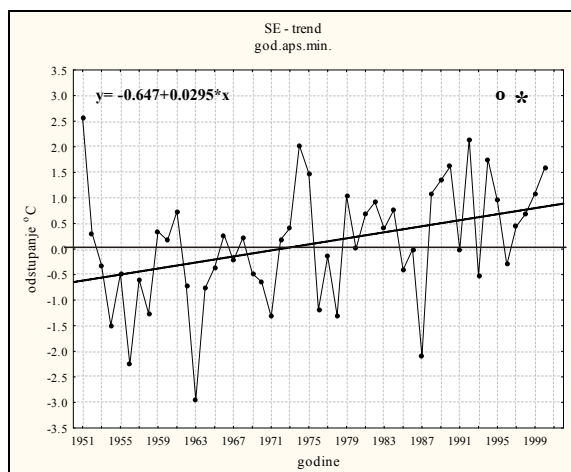
На простору Војводине током летњег и јесењег годишњег доба јављају се опадајући трендови  $aT_{\min}$ ,  $-0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и  $-0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Максимални трендови током лета су у СЕ  $0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ПЛ  $0,17^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а минимални у СМ  $-0,36^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ВШ  $-0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ВР  $-0,13^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  У јесењем делу године, највише вредности израчунате су у СЕ  $0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ПЛ и НС (по  $0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), а најниже у ВР  $-0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , ЗР и СО (по  $-0,15^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ).

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



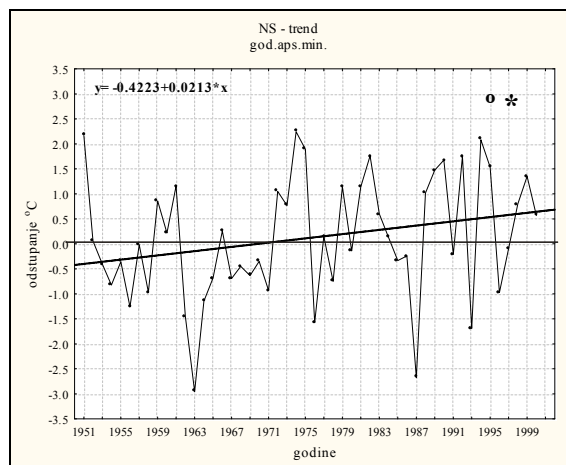
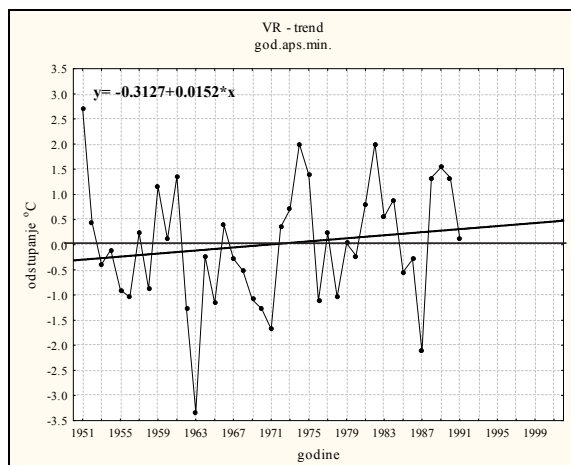
а

б



в

г

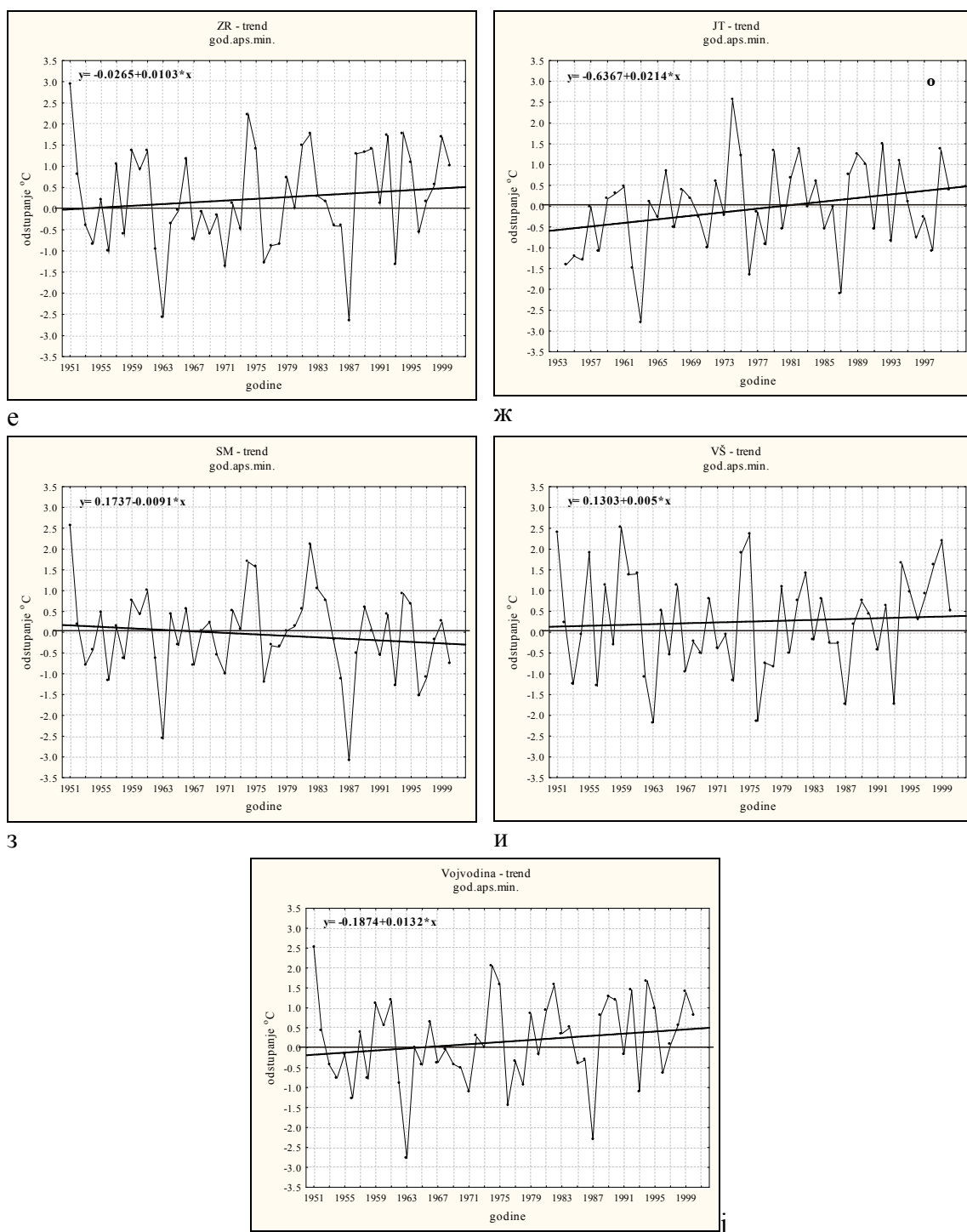


д

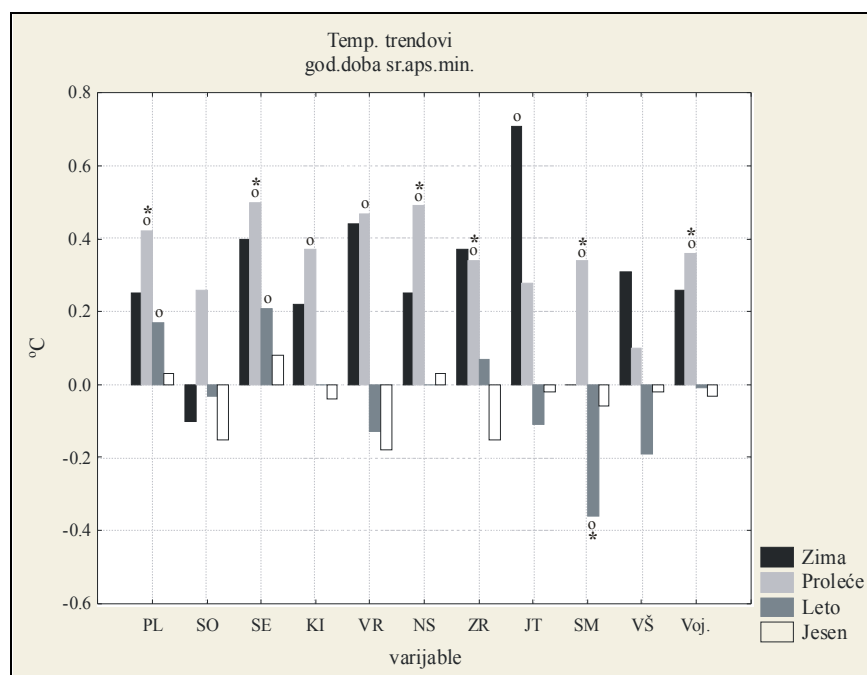
ђ

Прилог 31. Представљање линије тренда просечних годишњих апсолутно минималних температура ваздуха; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски Шанчеви); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 31. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јашиа Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; <sup>o</sup> - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност



Прилог 32. Трендови просечних сезонских апсолутно минималних температура ваздуха за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине; Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд; ° - *t*-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

## ДАНИ СА ЕКСТРЕМНИМ ТЕМПЕРАТУРАМА

Анализе дана са екстремним температурама урађене су за годишње и сезонске временске низове. На годишњем нивоу добијени су трендови годишње суме појављивања ледених, мразних, летњих и тропских дана, а на сезонском нивоу израчунати су трендови просечног броја појављивања дана са екстремним температурама.

У прилогу 33 приметно је да тренд годишње суме **ледених дана** -  $t_x < 0^\circ\text{C}$  током испитиваног педесетогодишњег периода, показује значајну тенденцију опадања на свим метеоролошким станицама, па самим тим и просечно за читаву Војводину где износи  $-0,76$  d/дек. (дана по декади), односно  $-3,8$  d/50год. Највећи пад  $t_x < 0^\circ\text{C}$  израчунат је у ЈТ  $-2,4$  d/дек, затим ВР  $-1,12$  d/дек. и СО  $-1,11$  d/дек, а најмање опадање је забележено у КИ  $-0,46$  d/дек. и ЗР  $-0,24$  d/дек. На осталим мерним станицама вредности се крећу од  $0,5$  до  $0,8$  d/дек.

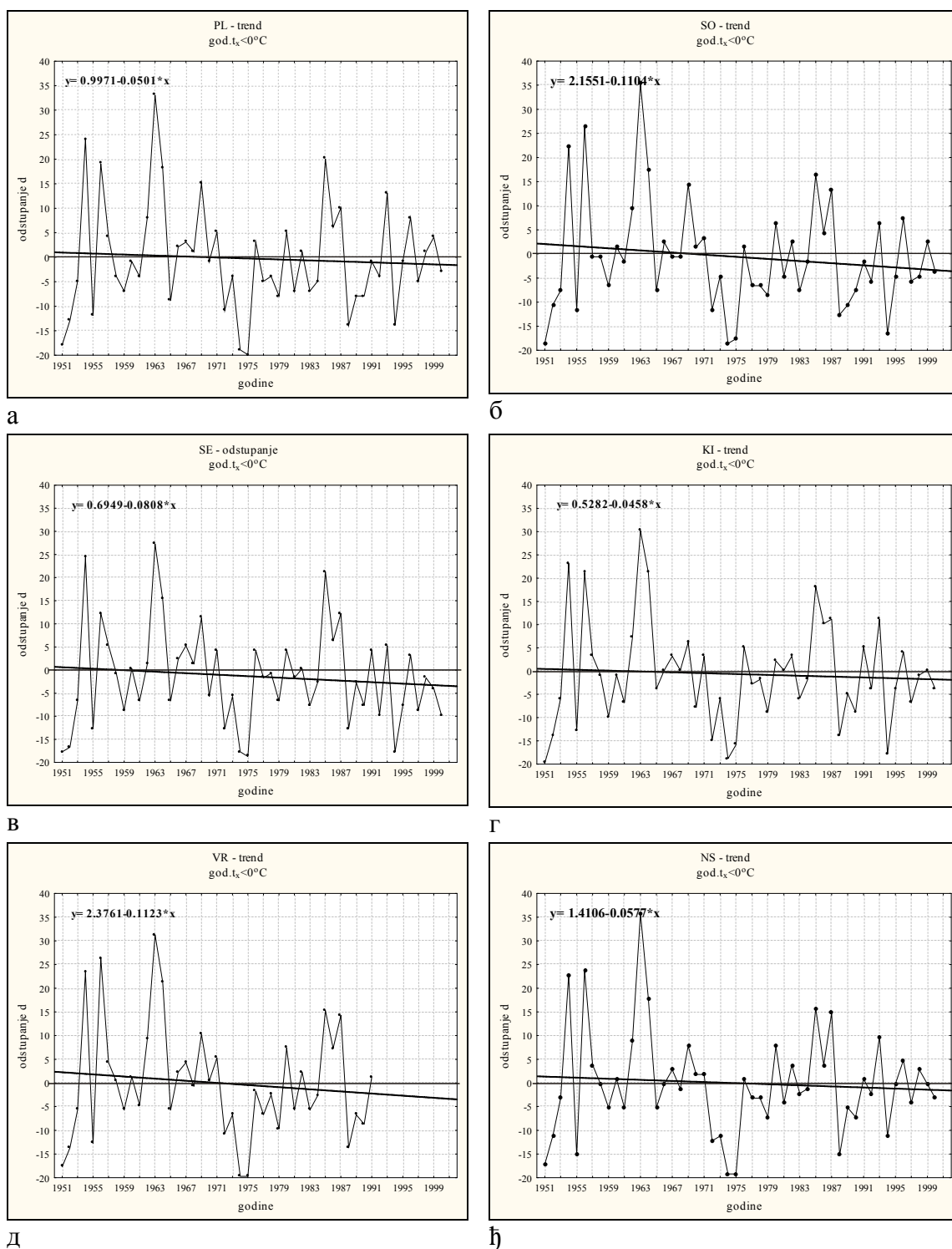
Просечан број појаве ледених дана на сезонском нивоу, анализиран је само за зиму, с обзиром на то да се  $t_x < 0^\circ\text{C}$  појављују углавном у том периоду године (прилог 34). На свим станицама уочава се иста тенденција трендова, као и код годишњих сума. Највиша вредност опадања просечног броја ледених дана током зиме јавља се у ЈТ  $-0,77$  d/дек, затим СО  $-0,36$  d/дек. и ВР  $-0,34$  d/дек, а најнижи негативни трендови су у ЗР  $-0,10$  d/дек. и КИ  $-0,16$  d/дек. Осредњена вредност за простор Војводине у току зиме износи  $-0,27$  d/дек<sup>13</sup>.

Тренд годишње појаве **мразних дана** -  $t_n < 0^\circ\text{C}$  показује тенденцију опадања на шест, а позитивну вредност на четири метеоролошке станице (прилог 35). Негативне вредности се јављају у ЗР  $-1,3$  d/дек, СЕ  $-1,1$  d/дек, ВР  $-0,87$  d/дек, КИ  $-0,81$  d/дек, ПЛ  $-0,76$  d/дек. и НС  $-0,61$  d/дек. Тенденција пораста годишњег броја  $t_n < 0^\circ\text{C}$  забележена је у СО  $1,8$  d/дек, ЈТ  $1,7$  d/дек, СМ  $1,2$  d/дек. и ВШ  $0,9$  d/дек. На основу претходно изнетог, осредњена вредност за истраживано подручје показује благи пад годишњег броја мразних дана  $-0,1$  d/дек ( $-0,5$  d/50год.).

---

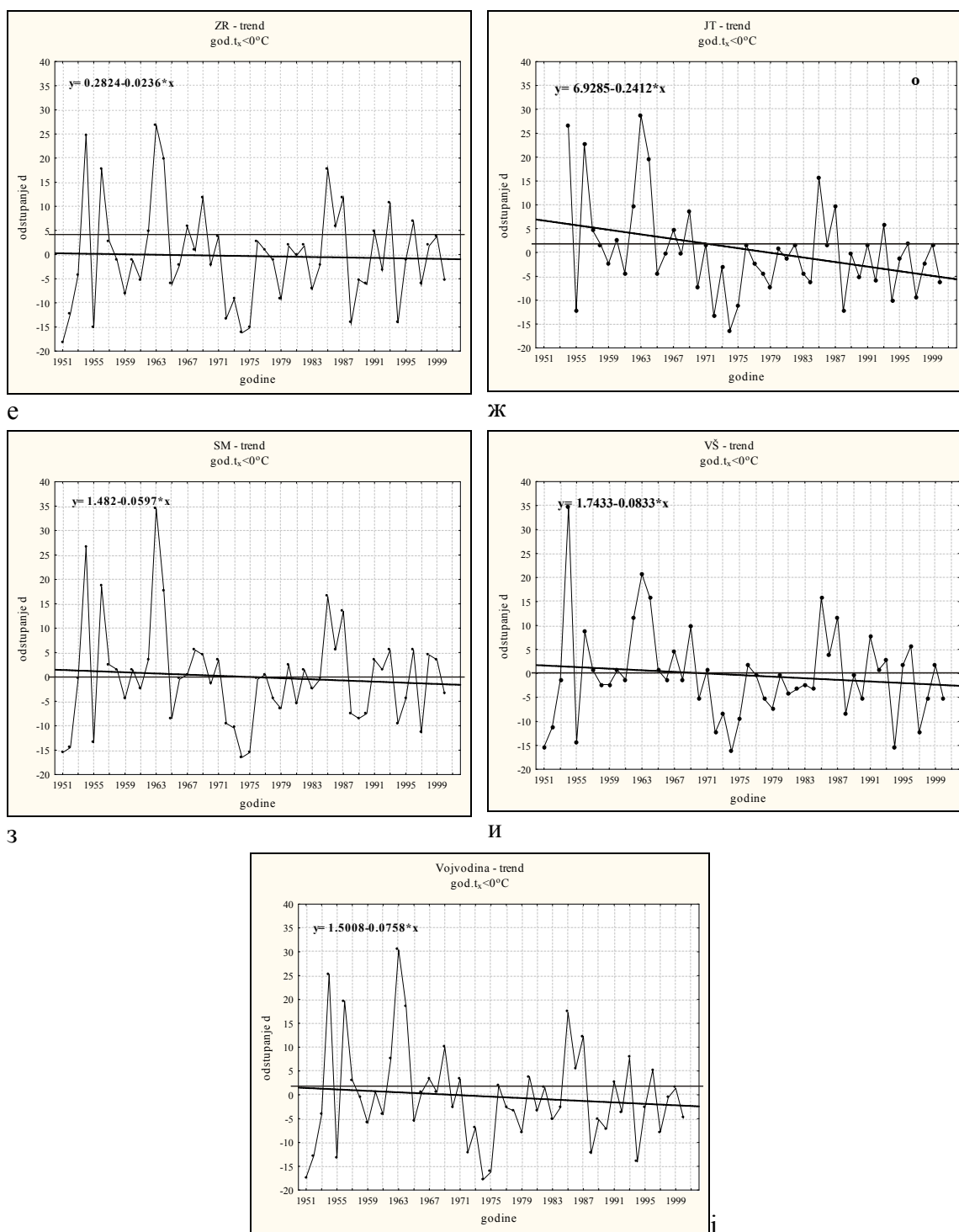
<sup>13</sup> Уколико се жели видети колики је тренд пада сумарног броја ледених дана током зиме, висине просечних трендова треба помножити са три.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



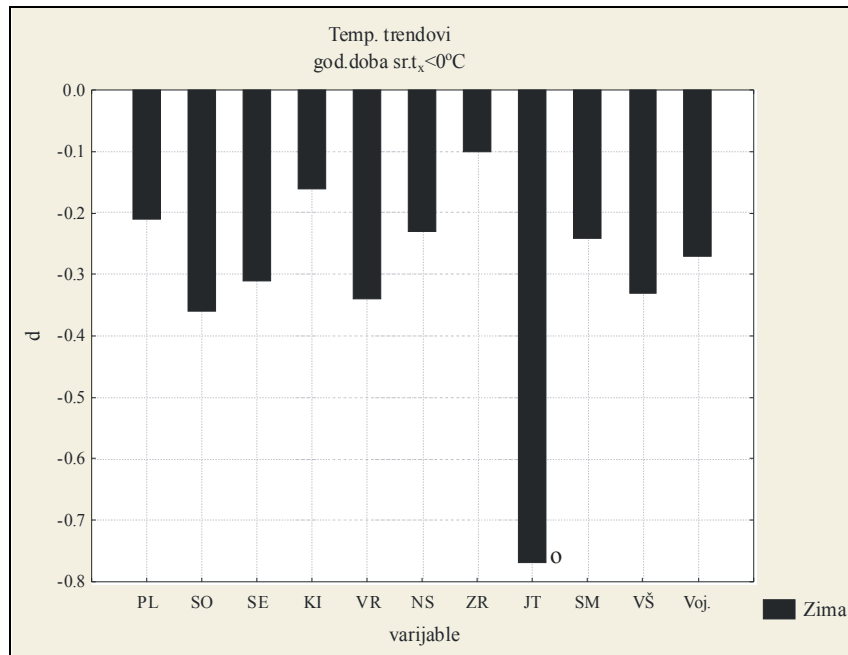
Прилог 33. Представљање линије тренда појаве годишњег броја ледених дана; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; њ) Нови Сад (Римски Шанчеви); *d* – број дана (*y*-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - *t*-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 33. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаши Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност



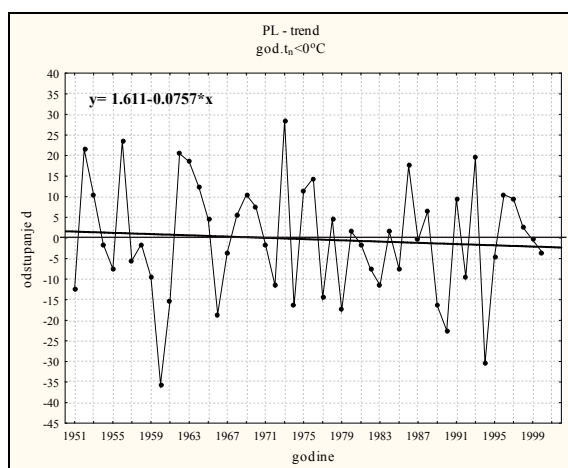


Прилог 34. Трендови појаве просечног броја ледених дана током зимског периода за анализирани метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине;  $d$  – број дана ( $y$ -оса); Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд;  $^{\circ}$  -  $t$ -test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

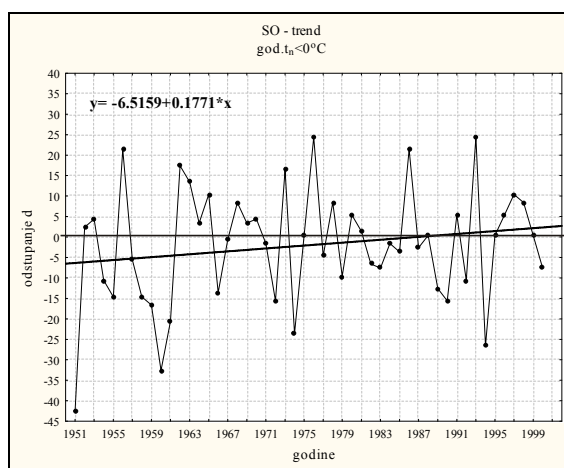
Анализа дисперзије годишњих вредности мразних дана, генерално је већа у односу на остале годишње вредности параметара екстрема, што је највероватније узрок непостојања сигнификантних трендова на проучаваним станицама у Војводини за  $t_n < 0^{\circ}\text{C}$  (прилог 35).

Сезонска анализа мразних дана (прилог 36), генерално показује тенденцију појаве релативно високих опадајућих вредности, на већини станица, током зиме и пролећа, а доминантне позитивне трендове на свим станицама током јесењег дела године. Највиши негативни трендови  $t_n < 0^{\circ}\text{C}$  у прва два годишња доба јављају се на станицама ВР, ЗР, КИ, СЕ и ПЛ. Највиши раст просечног броја мразних дана у јесењем периоду имају ВР, ЈТ, ВШ, СО и ЗР, а једина станица која има позитивне трендове у све три сезоне је ЈТ. Простор Војводине одликује се вредностима тренда од  $-0,16$  d/дек. (зима),  $-0,15$  d/дек. (пролеће) и  $0,27$  d/дек. (јесен). Такође, уочена је статистички значајна разлика јесењих трендова у односу на зимске и пролећне вредности.

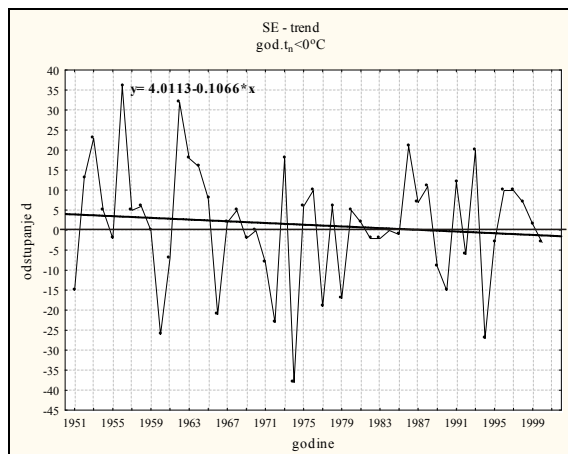
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



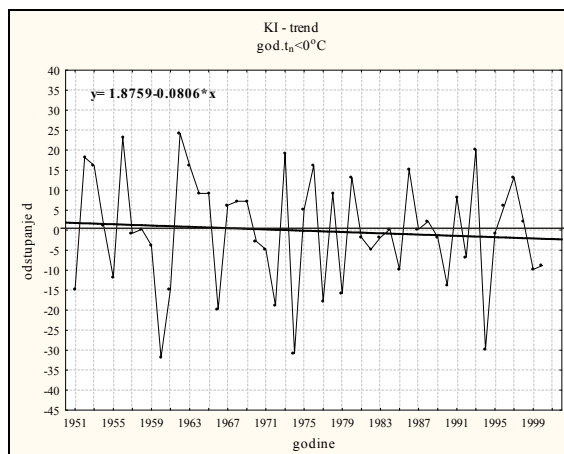
а



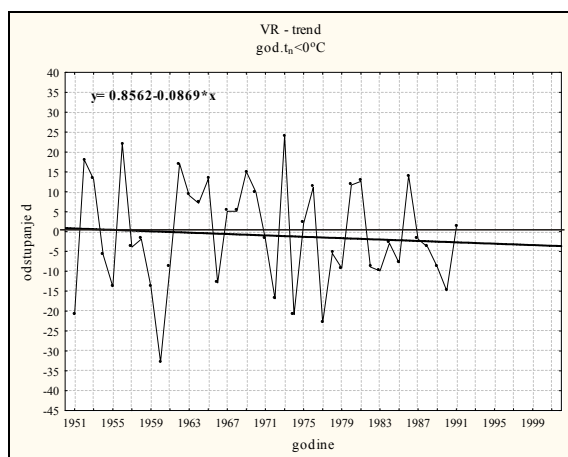
б



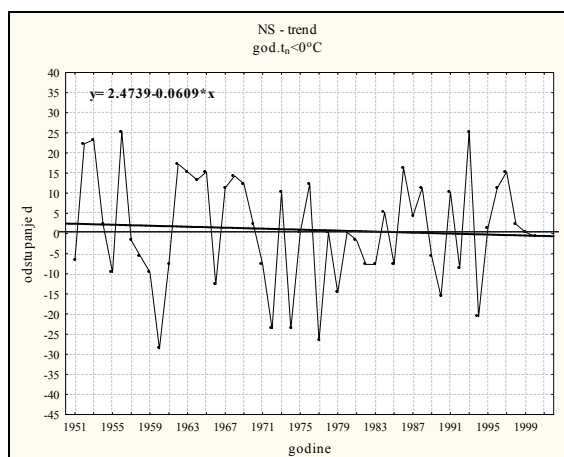
в



г



д

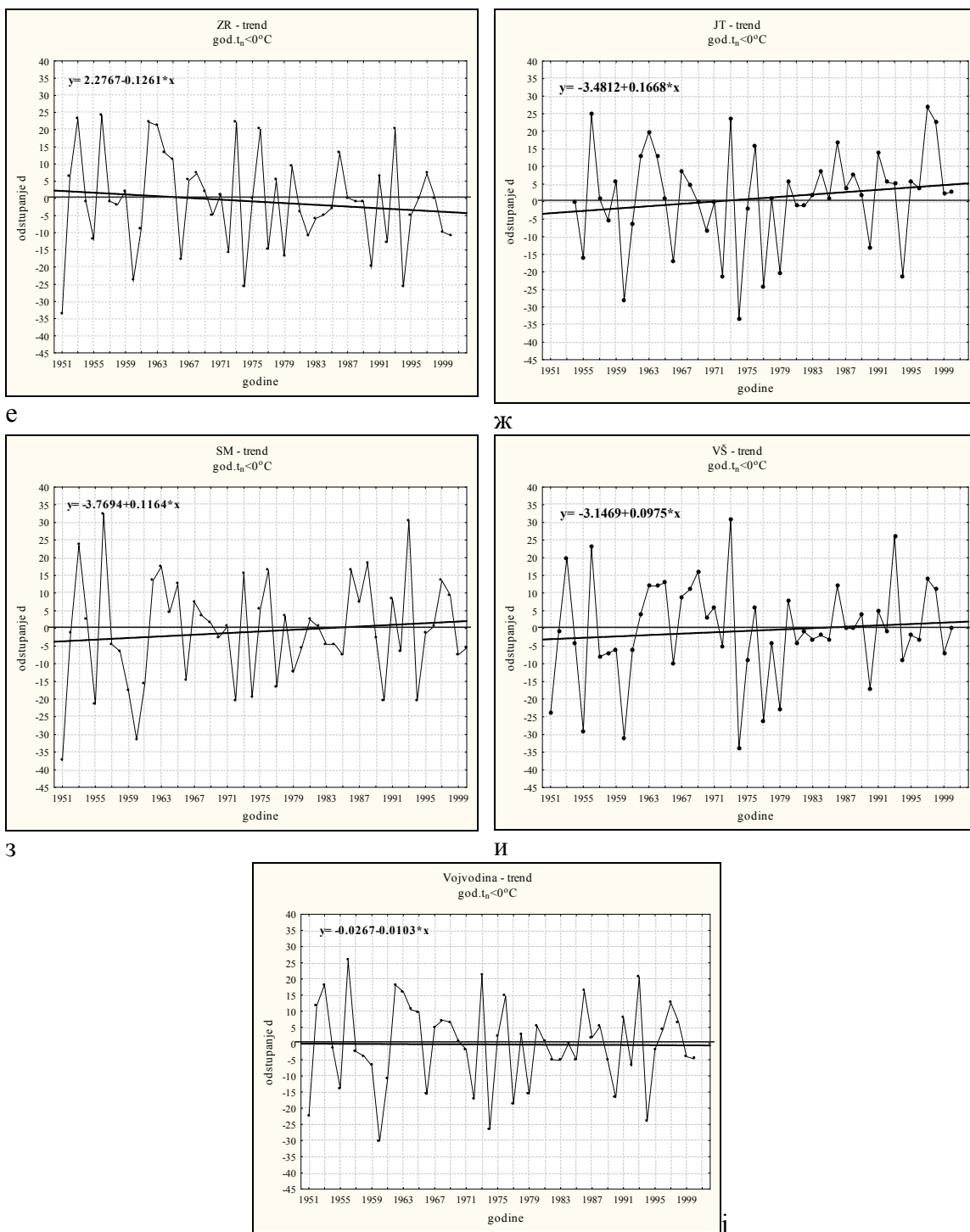


ђ

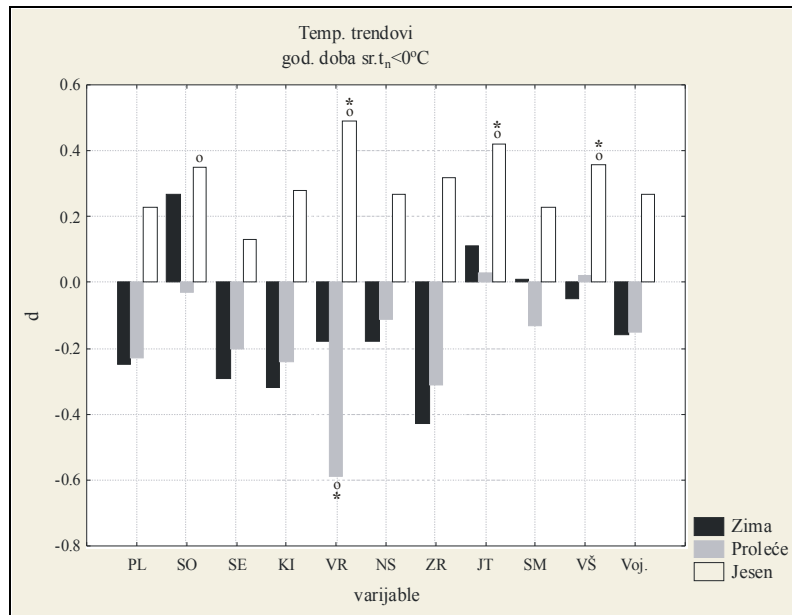
Прилог 35. Представљање линије тренда појаве годишњег броја мразних дана;

а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; њ) Нови Сад (Римски Шанчеви);  $d$  – број дана ( $y$ -оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд;  $^\circ$  -  $t$ -test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 35. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаша Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

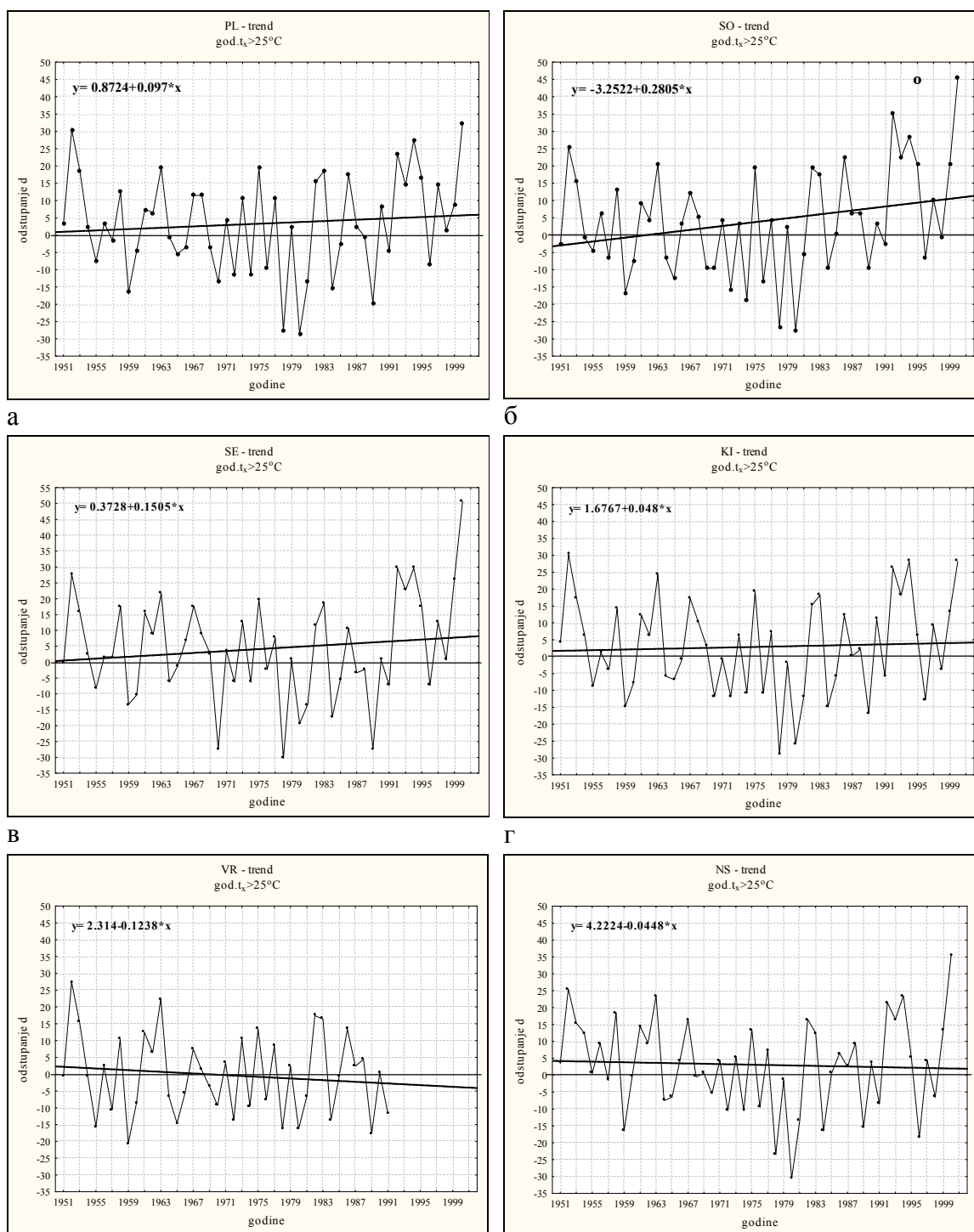


Прилог 36. Трендови појаве просечног броја мразних дана током зимског, пролећног и јесењег периода за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине;  $d$  – број дана (y-оса); Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд; ° -  $t$ -test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Тренд годишње суме са појавама **летњих дана** -  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  на нивоу Војводине износи 0,9 d/дек, односно 4,5 d/50год. и последица је позитивних тенденција на већини метеоролошких станица (прилог 37). Највише позитивне вредности тренда су у СО 2,8 d/дек, затим ЈТ 2,5 d/дек. и СЕ 1,5 d/дек, а негативни трендови јављају се у ВР -1,2 d/дек, ЗР -1,0 d/дек. и НС -0,5 d/дек. На осталим станицама трендови се крећу од 0,5 до 1,1 d/дек.

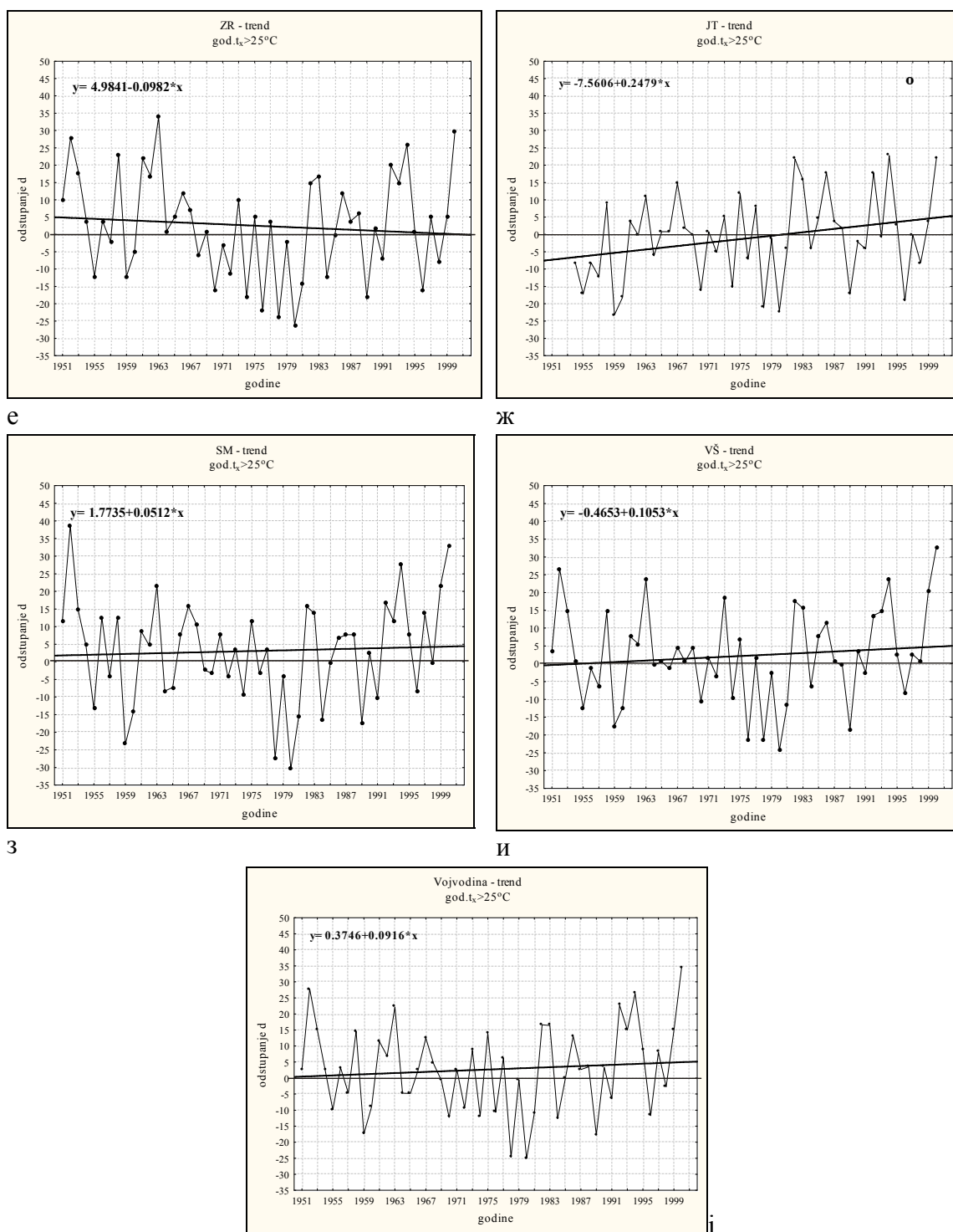
У прилогу 38 уочава се очигледна тенденција пораста летњих дана у току пролећа и лета на готово свим локалитетима (осим у ВР). Највиши трендови пораста у ова два годишња доба су у ЈТ, СО и СЕ, а опадајући трендови је јављају у ВР и делимично у НС и ЗР. Са друге стране, јесењи трендови просечног броја  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ , углавном су негативни са максималним вредностима у ЗР, НС и КИ, а једино СО, ВР и ЈТ имају позитивне трендове током овог периода године. Осредњени просечни број летњих дана у Војводини креће се током пролећа 0,26 d/дек, лета 0,14 d/дек. и јесени -0,1 d/дек. Истовремено, анализа  $t$ -теста показује сигнификантну разлику јесењих трендова у односу на висине трендова остала два сезонска периода.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

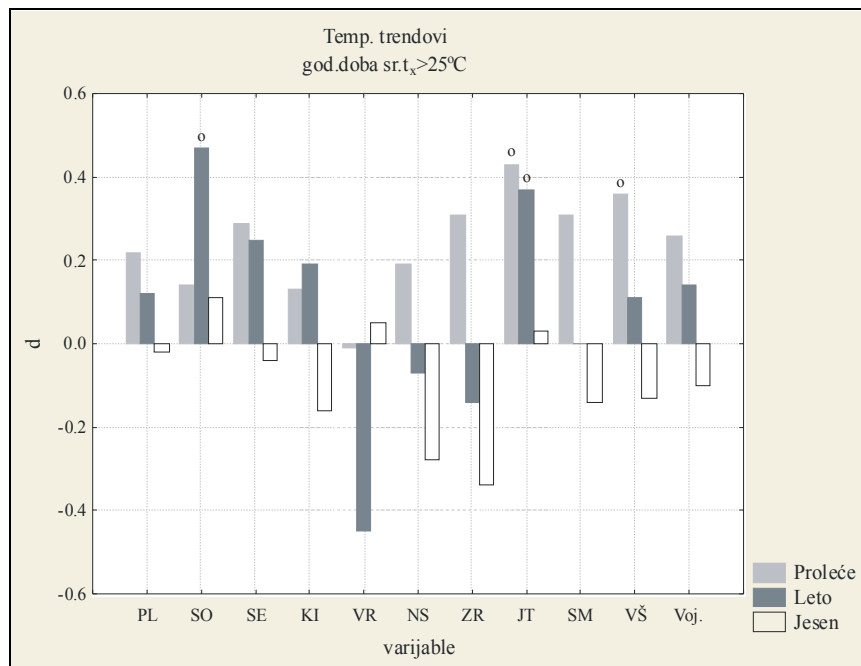


Прилог 37. Представљање линије тренда појаве годишњег броја летњих дана; а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски Шанчеви); d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 37. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаша Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

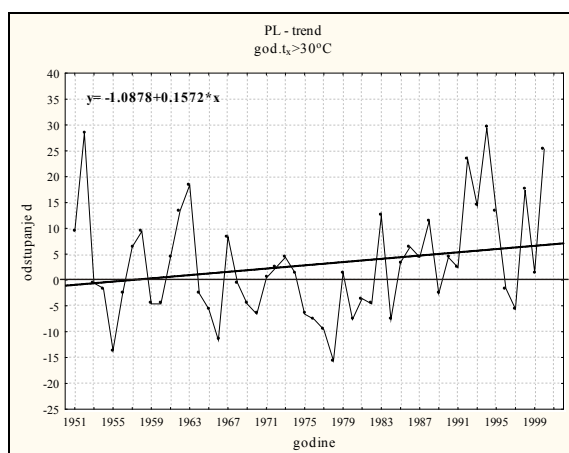


Прилог 38. Трендови појаве просечног броја летњих дана током пролећног, летњег и јесењег периода за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине;  $d$  – број дана ( $y$ -оса); Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд;  $^{\circ}$  -  $t$ -test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

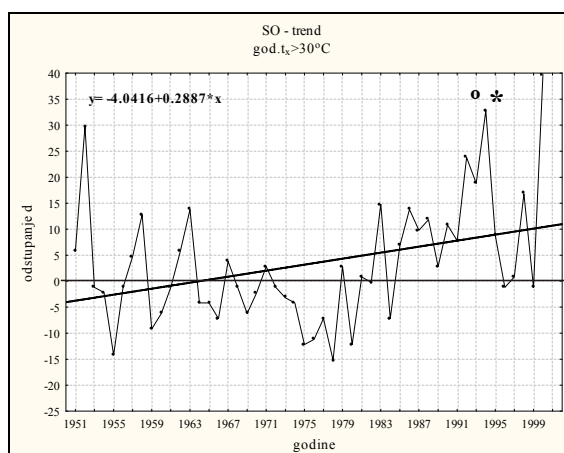
Годишња сума **тропских дана** -  $t_x \geq 30^{\circ}\text{C}$  одликује се тенденцијом пораста током друге половине XX века и за подрује Војводине она износи 1,2 d/дек, односно 6,0 d/50год. Станице на којима су забележени највиши трендови су JT 3,0 d/дек, SO 2,9 d/дек. и ПЛ 1,6 d/дек. На осталим локалитетима вредности  $t_x \geq 30^{\circ}\text{C}$  крећу се од 0,2 d/дек. (ЗР) до 1,4 d/дек. (КИ). На мерним станицама у НС (-0,5 d/дек.) и ВР (-0,2 d/дек.) израчунати су опадајући трендови (прилог 39).

Током летњег периода, просечан број тропских дана има растуће трендове на свим станицама, са максималним вредностима у JT 0,96 d/дек, SO 0,91 d/дек. и ПЛ 0,57 d/дек. Најнижи летњи трендови су у НС 0,19 d/дек. и ВР 0,07 d/дек. У јесењем делу године, сви трендови су опадајући, осим у JT (0,0 d/дек.). На основу претходно изнетих чињеница, у Војводини током лета долази до пораста просечног броја  $t_x \geq 30^{\circ}\text{C}$  за 0,49 d/дек, а током јесени он благо опада и износи -0,07 d/дек. (прилог 40). Истовремено, уочене су статистички значајне разлике у висини трендова између лета и јесени.

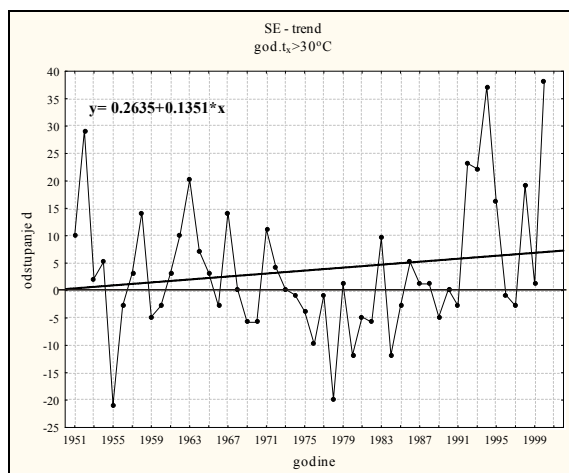
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



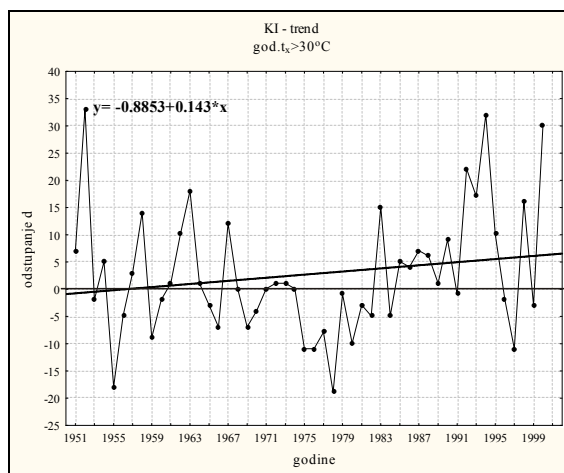
а



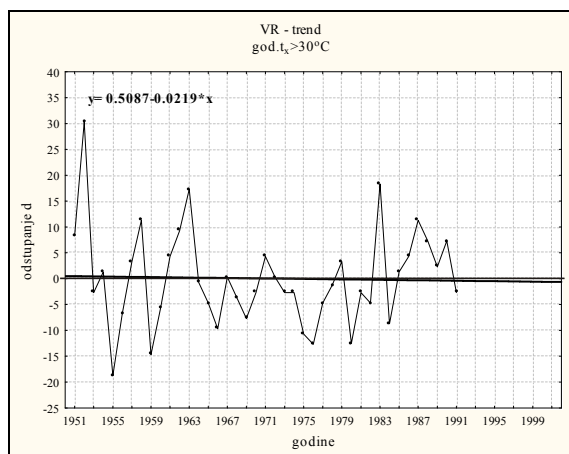
б



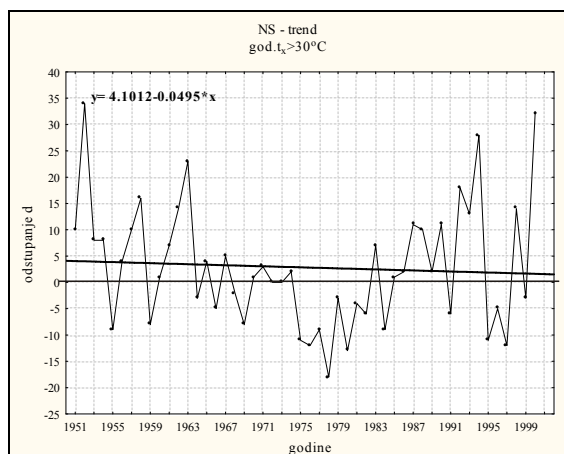
в



г



д



ђ

Прилог 39. Представљање линије тренда појаве годишњег броја тропских дана;

а) Палић; б) Сомбор; в) Сента; г) Кикинда; д) Врбас; ђ) Нови Сад (Римски

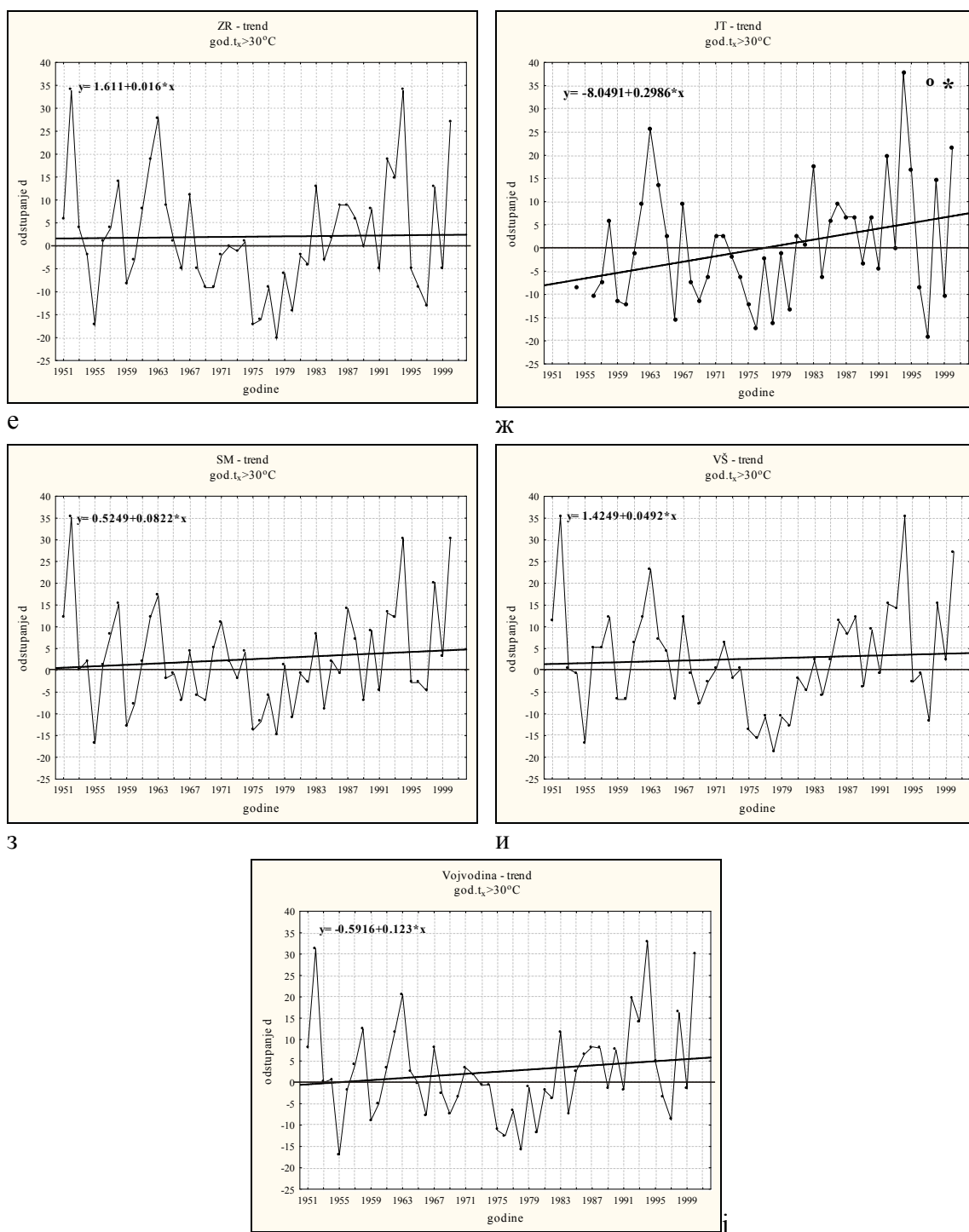
Шанчеви); d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције

представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна

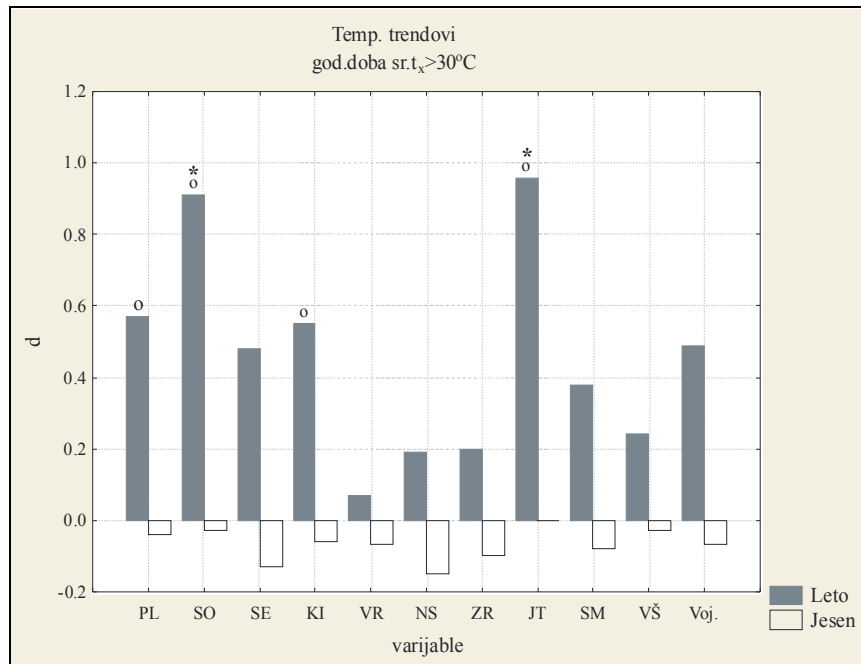
вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност



Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 39. Наставак; е) Зрењанин; ж) Јаша Томић; з) Сремска Митровица; и) Вршац; ј) простор Војводине; d – број дана (y-оса); Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд; ° - t-test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност



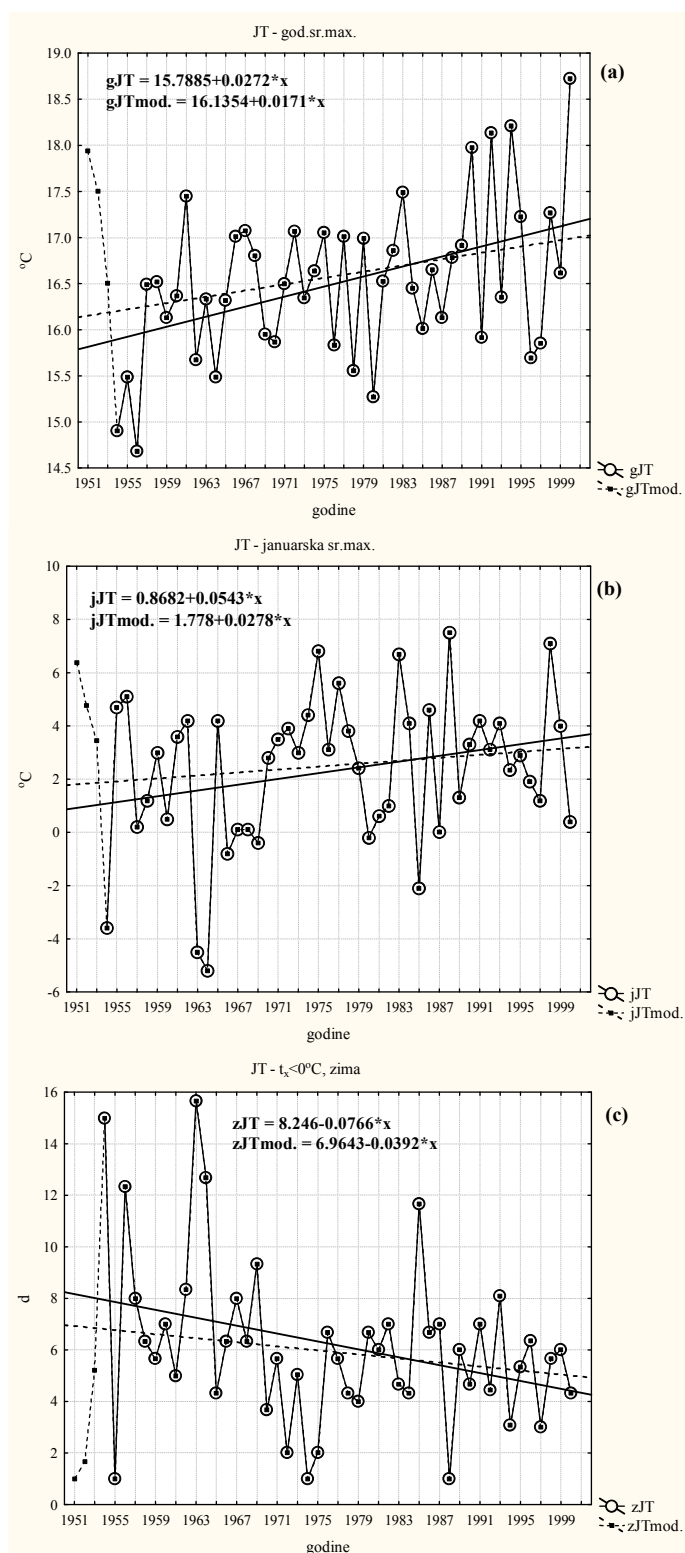
Прилог 40. Трендови појаве просечног броја тропских дана током летњег и јесењег периода за анализиране метеоролошке станице, респективно и за простор читаве Војводине;  $d$  – број дана ( $y$ -оса); Напомена - вредности линеарне функције представљају декадни линеарни тренд;  $^{\circ}$  -  $t$ -test анализа, сигнификантна вредност; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност

• • •

Интересантно је напоменути, након анализа тренда параметара екстремних температура ваздуха, да се на мерној станици ЈТ уочавају другачији опадајући или растући трендови у односу на остале станице у Војводини. Највеће разлике јављају се код средњих максималних, средњих апсолутно максималних и минималних температура и ледених и тропских дана.

На основу досадашње географске анализе положаја станице, не може се потврдити да је локација станице под утицајем другачијих природних или антропогених фактора, него код других станица. Свакако да ситуације као што су неисправност термометра, нередовно и недовољно стручно осматрање и бележење података, могу довести до недовољно прецизних података временских серија (Salinger et al., 1993; Baker et al., 1995, Tuomenvirta, 2001), што би могао бити случај са ЈТ, јер је, према архиви РХМЗ, станица удаљена око 1 km од насеља и не постоји смештајни објекат поред станице у којем би могло боравити стручно лице.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



Прилог 41. Упоредна анализа оригиналних (JT) и делимично моделираних (JT<sub>mod</sub>) временских серија JT за а) годишње ср. максималне, б) јануарске ср. максималне, ц) просечан број ледених дана у зимском периоду

Међутим, временски низ ЈТ износи 47 година, односно не постоје подаци за прве три године испитиваног периода, које према подацима са свих метеоролошких станица у Војводини, представљају изразито изнад просечно топле године. На основу тога, изведен је закључак да је највероватније управо недостатак овог топлог периода у серији, узрок осетно виших вредности трендова ЈТ. Претходно изведен закључак потврђује анализа која је урађена на примерима годишње и јануарске средње максималне температуре и просечног броја ледених дана у зимском периоду (прилог 41). Трогодишњи недостајући део временске серије ЈТ попуњен је осредњавањем података са три метеоролошке станице које имају највиши коефицијент корелације са ЈТ. Као резултат, добијени су трендови који за делимично моделиран 50-њи низ (3 год. мод. + 47 год. ориг.) показују знатно блаже трендове, него што је то случај са оригиналним 47-њим низом. Да би се утврдило да ли овакав систем моделирања даје довољно исправне вредности, измерен је коефицијент корелације између комплетно моделираног низа и оригиналног низа за сва три примера, а вредности износе 0,95 (а), 0,97 (б) и 0,96 (ц), респективно.

Сумирајући претходно изнете чињенице, не може се потврдити да одступања настају услед недовољно тачних података временске серије ЈТ, али услед неједнаке временске дужине низа јавља се проблем довољно поуздане компарације са подацима осталих станица.

Са друге стране, временски низови ВР углавном се одликују знатно ублаженим или осетно негативним вредностима тренда, у односу на остале метеоролошке станице. Оваква ситуација може се сматрати нормалном појавом, с обзиром на то да за ВР не постоје подаци последње декаде ХХ, која према многим истраживачима (Wiin-Nielsen, 1997; Parry, 2000), представља најтоплији период од почетка инструменталног мерења температуре ваздуха. Након анализирања трендова оригиналног и делимично моделираног низа (41 год. ориг. + 9 год. мод.) годишње средње максималне температуре, који је креиран према истом принципу као и за ЈТ, у потпуности се потврђује претходно изнета претпоставка о серији топлих година током деведесетих. Наиме, висина тренда годишње  $T_{\max}$  оригиналног временског низа износи  $0,013^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ , а делимично моделираног  $0,11^{\circ}\text{C}/\text{дек}$ .

## ИСПИТИВАЊЕ СИГНИФИКАНТНОСТИ ТРЕНДОВА

### t-тест (Студентов тест)

За анализу статистичке сигнификантности линеарних трендова свих 540 временских серија, коришћен је t-тест (Студентов тест). Резултати који су изнад вредности задатог критичног нивоа  $\alpha=0,05$  (95%), у зависности од величине n, сматрали су се сигнификантним, а израчунате вредности ниже од прага значајности (од 95%) као несигнификантне. Прорачуни су извршени помоћу Microsoft Excel програма.

**Средње максималне температуре:** Годишњи трендови показују сигнификантан пораст на три метеоролошке станице, и то у ПЛ, СО и ЈТ, док у осталим станицама и на простору Војводине, то није случај. Сагледавајући сезонске вредности, приметан је сигнификантни тренд раста током пролећа у ПЛ, СО, СЕ, КИ, ВШ, ЈТ, СМ и простору Војводине, док се у зимском периоду он јавља у СО и ЈТ, а током лета и јесени само у ЈТ. Анализа на месечном нивоу показује мали број сигнификантних вредности. По два случаја јављају се у марту (СО и ЈТ) и мају (ПЛ и СЕ), а у августу је забележен у ЈТ. Једини значајни тренд опадања температуре израчунат је у децембру у ЈТ (прилози 25 и 26).

**Средње минималне температуре:** У овом параметру примећује се већи број сигнификантних вредности, у односу на  $T_{\max}$ . Посматрајући годишње трендове значајни пораст јавља се у већини мерних станица: ПЛ, СЕ, НС, КИ, ЗР, ЈТ и подручју Војводине. Током зимског и јесењег периода нема сигнификантних промена, а у летњем делу године забележени су значајни пораст у ПЛ и СЕ, а пад температуре у ВР. И у овом случају, пролеће је годишње доба које карактерише значајним порастом  $T_{\min}$  и то у ПЛ, СО, СЕ, НС, КИ, ЗР и Вој. Посматрајући месеце, у јуну (ВР и СМ) и новембру (ВР) забележени су сигнификантни негативни трендови, а у јануару (СЕ и ЈТ), марту (ВР) и јулу (СЕ) сигнификантни трендови раста температуре. Највећи број вредности трендова који прелазе праг значајности израчунати су у мају месецу, на чак осам станица и простор Војводине, а у августу, на четири станице и подручје Војводине (прилози 27 и 28).

**Средње апсолутно максималне температуре:** Сви трендови, и на годишњем и на сезонском нивоу, за које је добијена сигнификантност, показују растуће вредности. На годишњем нивоу, она се јавља у СО, ВШ и ЈТ, током зимског периода, једино у ЈТ, а за време лета у СО и ЈТ. У осталим временским серијама не постоји значајна промена вредности (прилози 29 и 30).

**Средње апсолутно минималне температуре:** Годишњи позитивни сигнификантни трендови јављају се у ПЛ, СЕ, НС и ЈТ. У зимском годишњем добу једино је у ЈТ уочен значајан пораст температуре, а током лета то је био случај у ПЛ и СЕ, док је у СМ опадајући тренд. Током јесени нема сигнификантних промена, док се пролеће одликује са највише случајева сигнификантног раста у ПЛ, СЕ, ВР, НС, КИ, ЗР, СМ и Вој. (прилози 31 и 32).

**Ледени дани:** На оба временска нивоа, годишњем и зимском, једино на метеоролошкој станици ЈТ, уочен је сигнификантни опадајући тренд броја ледених дана (прилози 33 и 34).

**Мразни дани:** Значајан тренд пада броја мразних дана приметан је у пролећном периоду на станици у ВР. Међутим, сигнификантне вредности пораста броја мразних дана, јављају се током јесени на станицама СО, ВР, ВШ и ЈТ. У осталим случајевима нису добијене сигнификантне вредности (прилози 35 и 36).

**Летњи дани:** Све забележене сигнификантне вредности показују тренд пораста броја летњих дана. Тако су годишњи значајни трендови запажени у СО и ЈТ, током пролећног периода у ВШ и ЈТ, а у летњем делу године у СО и ЈТ. Током јесени није било сигнификантних промена (прилози 37 и 38).

**Тропски дани:** Сигнификантни трендови тропских дана, на годишњем нивоу јављају се у СО и ЈТ, док су у летњем периоду они забележени у ПЛ, СО, КИ и ЈТ. Све сигнификантне вредности односе се на тренд раста броја тропских дана. У осталим случајевима нису забележене значајне промене (прилози 39 и 40).

### **Мен-Кендалов тест (Mann-Kendall test)**

Испитивање сигнификантности трендова урађено је коришћењем још једне методе, а то је Мен-Кендалов непараметарски статистички тренд тест (Mann-Kendall test)(Sneyers, 1990). Ова анализа урађена је преко МАКЕСЕНС програма

(MAKESENS), која је креирана од стране Финског Метеоролошког института (Salmi et al., 2002). Задати интервал значајности, на основу којег је дефинисана сигнификантност вредности трендова износи  $\alpha=0,05$ , односно 95%.

**Средње максималне температуре:** На основу анализе Мен-Кендаловог теста, уочава се мањи број сигнификантних вредности. На годишњем нивоу значајан тренд пораста температуре је у ЈТ. Током пролећног периода сигнификантни пораст јавља се у ПЛ, СО и ЈТ, док на месечном нивоу једино за мај, на метеоролошкој станици ПЛ, добијена вредност прелази задати интервал значајности. У осталим случајевима, не јављају се сигнификантни трендови  $T_{\max}$  (прилози 25 и 26).

**Средње минималне температуре:** Годишње  $T_{\min}$  показују сигнификантни тренд на мерној станици ПЛ, СЕ, НС и КИ. У сезонским периодима, током зиме и јесени нису забележене значајне промене тренда, док се током лета она јавља у ПЛ и СЕ. Пролеће је период са највећим бројем случајева значајне вредности тренда, и то у ПЛ, СЕ, НС, КИ, ЗР и Вој. Анализирајући месеце, највише сигнификантних вредности јавља се у мају (ПЛ, СЕ, НС, СМ и Вој.), затим у марту (ВР) и августу (ПЛ и ЈТ). Све сигнификантне вредности одликују се трендовима пораста  $T_{\min}$  (прилози 27 и 28).

**Средње апсолутно максималне температуре:** За овај параметар забележена су два случаја сигнификантног пораста трендова за годишње вредности на станицама СО и ЈТ. За сезонске вредности нису добијене значајне промене трендова (прилози 29 и 30).

**Средње апсолутно минималне температуре:** Годишње вредности показују значајан тренд пораста температуре у ПЛ, СЕ и НС. Пролећни период одликује се сигнификантним трендовима пораста на пет станица (ПЛ, СЕ, НС, ЗР и СМ) и на простору Војводине. Током зиме и јесени нису уочене значајне промене, а једино у СМ током јесени појављује се сигнификантни тренд опадања температуре (прилози 31 и 32).

**Ледени дани:** Нису забележене сигнификантне вредности трендова (прилози 33 и 34).

**Мразни дани:** Сигнификантни трендови пораста броја мразних дана јављају се током јесени (ВР, ВШ и ЈТ), док се током пролећа уочава негативна

сигнификантност у ВР. У осталим случајевима не постоји сигнификантност (прилози 35 и 36).

**Летњи дани:** Нису уочене сигнификантне вредности трендова (прилози 37 и 38).

**Тропски дани:** Позитивни сигнификантни трендови уочавају се у годишњим и летњим вредностима, једино на две метеоролошке станице, и то СО и ЈТ. На осталим станицама нема значајних промена трендова (прилози 39 и 40).

• • •

Дефинишући карактеристике трендова екстремних температура ваздуха, генерално се уочава тренд пораста температура и дана са екстремним вредностима, осим код ледених и мразних дана, где је забележена оштрија односно блажа тенденција опадања случајева ових појава.

Сагледавајући подручје Војводине, на основу анализа педесетогодишњих временских серија, годишњи декадни тренд пораста  $T_{\max}$  износи  $0,13^{\circ}\text{C}$ , затим  $T_{\min}$   $0,12^{\circ}\text{C}$ , а  $\Delta T_{\max}$  је  $0,14^{\circ}\text{C}$ , а за  $\Delta T_{\min}$  вредност износи  $0,13^{\circ}\text{C}$ . Такође, годишњи декадни тренд пораста броја летњих дана износи  $0,9 \text{ d}$ , а тропских дана је  $1,2 \text{ d}$ . Негативна тенденција јавља се код појаве ледених дана и износи  $0,8 \text{ d/дек}$ , а за мразне дане вредност је  $0,1 \text{ d/дек}$ .

Несумљиво је да се, током друге половине XX века, највећи пораст екстремних вредности одвијао током зимског и пролећног дела године, иако за разлику од пролећног, зимски трендови показују знатно мањи број случајева сигнификантности (табела 17). У летњем периоду генерално се јављају благи трендови раста, са ретким сигнификантним случајевима, док је јесен период којег карактеришу углавном опадајући трендови, односно могло би се рећи да је то годишње доба у којем долази до тенденције захлађења. Ипак, ови јесењи негативни трендови готово се уопште не јављају као сигнификантни (табела 17).

*Табела 17. Број случајева појаве сигнификантних вредности трендова, према t-test и Мен-Кендал тестовима, за сваки испитивани параметар екстремних температура ваздуха у свим временских периодима. Напомена: / - нема сигнификантности; **шрафирана поља** – сезонски и месечни периоди за које нису анализирани параметри екстремних вредности; **год.** – средњи годишњи низ; **з** – зима; **п** – пролеће; **л** – лето; **ј** – јесен; **±** - растући или опадајући трендови*



| Студентов тест (t-test)             |      |    |    |    |    |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|------|----|----|----|----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                                     | год. | з  | п  | л  | ј  | јан. | феб. | мар. | апр. | мај | јун | јул | авг. | сеп. | окт. | нов. | дец. |
| ср.макс.                            | +3   | +2 | +8 | +1 | +1 | /    | /    | +2   | /    | +2  | /   | /   | +1   | /    | /    | /    | -1   |
| ср.мин.                             | +7   | /  | +7 | +2 | /  | +2   | /    | +1   | /    | +9  | -2  | +1  | +5   | /    | /    | -1   | /    |
| ср.апс.макс.                        | +3   | +1 | /  | +2 | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| ср.апс.мин.                         | +4   | +1 | +8 | +2 | -1 |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| лед.дани                            | -1   | -1 |    |    |    |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| мраз.дани                           | /    | /  | -1 |    | +4 |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| лет.дани                            | +2   |    | +2 | +2 | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| троп.дани                           | +2   |    |    | +4 | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| Мен-Кендал тест (Mann-Kendall test) |      |    |    |    |    |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
|                                     | год. | з  | п  | л  | ј  | јан. | феб. | мар. | апр. | мај | јун | јул | авг. | сеп. | окт. | нов. | дец. |
| ср.макс.                            | +1   | /  | +3 | /  | /  | /    | /    | /    | /    | +1  | /   | /   | /    | /    | /    | /    | /    |
| ср.мин.                             | +4   | /  | +6 | +2 | /  | /    | /    | +1   | /    | +5  | /   | /   | +2   | /    | /    | /    | /    |
| ср.апс.макс.                        | +2   | /  | /  | /  | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| ср.апс.мин.                         | +3   | /  | +6 | -1 | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| лед.дани                            | /    | /  |    |    |    |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| мраз.дани                           | /    | /  | -1 |    | +3 |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| лет.дани                            | /    | /  | /  | /  | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |
| троп.дани                           | +2   |    |    | +2 | /  |      |      |      |      |     |     |     |      |      |      |      |      |

Код месечних временских серија, анализираних за  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$ , могу се уочити негативни трендови у септембру, октобру и новембру, што је засигурно узрок јесењих негативних температурних тенденција. Децембар је такође месец са негативним трендовима, међутим високи позитивни трендови у јануару и фебруару, дефинишу зиму као период пораста температура. Посматрајући пролећне месеце, мај се одликује са највећим бројем случајева сигнификантног пораста екстремних вредности и то нарочито минималних, а знатно нижи број случајева сигнификантности јавља се у марту (табела 17). У летњим месецима, једино у августу се јављају случајеви сигнификантног пораста температура, док се у јуну уочавају и негативни сигнификантни трендови.

Анализирајући прилоге 26 и 28 и табелу 17, може се извести закључак да се, у последњих педесет година, током пролећног периода јављала највећа тенденција пораста екстремних параметара, а затим следи тренд раста током зимског дела године. Истовремено, код екстремних минималних температура ( $T_{\min}$  и  $aT_{\min}$ ), уочава се највећи број случајева сигнификантних вредности трендова. Оваква слика температурних тенденција, осим на процес уопштеног пораста температура, могла би указивати на могућност померања сезонских температурних пикова према претходном годишњем добу, односно јулских и јунских максимума према пролећним месецима, пролећних пикова према фебруару и јануару, а температурни максимуми касно јесењих месеци према септембру. Међутим, да би се доказала тачност претходно изнете претпоставке, неопходне су детаљније анализе, које нису предмет ове студије, већ би оваква истраживања могла бити у фокусу будућих климатолошких испитивања ових простора.

Досадашња истраживања указују да је на глобалном нивоу, током друге половине XX века, дошло и до два пута већег пораста минималних температура ваздуха у односу на максималне вредности (Karl et al., 1993; Easterling et al., 1997; Nicholls and Alexander, 2007). Међутим, Воус и сар. (Vose et al., 2005), открили су да максималне и минималне температуре, током периода сателитских мерења, показују сличне тенденције раста. Ову констатацију генерално потврђују и резултати екстремних температура у Војводини, иако први део временских серија не спада у период истовременог земаљског и сателитског опсервирања метеоролошких елемената.

Табела 18. Резултати годишњих трендова екстремних температура ваздуха других истраживача; **н.п.** – научна публикација; **и.в.п.** – истраживани временски перид; **п.и.** – подручје истраживања; **Лед.** – ледени дани; **М** – мразни дани; **Лет.** – летњи дани; **Т** – тропски дани; Напомена: вредности представљају декадни линеарни тренд у: нормал - °C; италик – дани; **болд** или <sup>s</sup> – сигнификантна вредност; ↓ - генерално опадање вредности; ↑ - генерални пораст вредности

| н.п.                          | и.в.п.    | п.и.            | T <sub>max</sub> | T <sub>min</sub> | aT <sub>max</sub> | aT <sub>min</sub> | Лед. | М                   | Лет. | Т   |
|-------------------------------|-----------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|---------------------|------|-----|
| Савић, доктор. дисертација    | 1951-2000 | Вој.            | 0,13             | <b>0,12</b>      | 0,14              | 0,13              | -0,8 | -0,1                | 0,9  | 1,2 |
| Easterling et al., 1997       | 1950-1993 | глоб.           | <b>0,09</b>      | <b>0,19</b>      |                   |                   |      |                     |      |     |
| Salinger, 2005                | 1946-1999 | глоб.           |                  |                  |                   |                   |      | ↓ <sup>s</sup>      |      |     |
| Tebaldi et al., 2006          | 1960-2000 | глоб. Медит.    |                  |                  |                   |                   |      | ↓ <sup>s</sup><br>↓ |      |     |
| Karl et al., 1993             | 1951-1990 | север. хемис.   | 0,05             | 0,2              |                   |                   |      |                     |      |     |
| Easterling and Peterson, 1995 | 1951-1990 | север. хемис.   | 0,09             | 0,2              |                   |                   |      |                     |      |     |
| Yan et al., 2002              | 1960->    | Европа Кина     | ↑                | ↑                |                   |                   |      |                     |      |     |
| Brázdil et al., 1995          | 1961-1992 | CZ, SVK         | 0,24<br>0,10     | 0,21<br>0,14     |                   |                   |      |                     |      |     |
| Jones, 1995                   | 1951-1980 | I               | <b>-0,17</b>     | <b>-0,21</b>     |                   |                   |      |                     |      |     |
| Proedrou et al., 1997         | 1951-1993 | GRE             | ↓ <sup>s</sup>   | ↓                |                   |                   |      |                     |      |     |
| Brázdil et al., 1996          | 1951-1990 | центр. Европа   | 0,52             | 0,60             |                   |                   |      |                     |      |     |
| Heino et al., 1999            | 1931-1995 | сев. и цен. Ев. |                  |                  |                   |                   |      | ↓ <sup>s</sup>      |      |     |
| Brunetti et al., 2000         | 1865-1996 | I               | 0,04             | 0,05             |                   |                   |      |                     |      |     |
| Tuomenvirta et al., 2000      | 1950-1995 | Фено-сканди.    | 0,09             | 0,17             |                   |                   |      |                     |      |     |
| Jungo and Beniston, 2001      | 1931-1999 | SUI             | ↑ <sup>s</sup>   | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |                     |      |     |
| Türkeş et al., 2002           | 1929-1999 | TUR             | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |                     |      |     |
| Kiktev et al., 2003           | 1950-1995 | Европа, UK      |                  |                  |                   |                   |      | ↓ <sup>s</sup>      |      |     |
| Founda et al., 2004           | 1897-2001 | Атина           | 0,13             | 0,06             |                   |                   |      |                     |      |     |
| Hundecha and Bárdossy, 2005   | 1958-2001 | западна GER     |                  |                  |                   |                   |      | ↓                   |      |     |
| del Rió et al., 2007          | 1961-1997 | ESP-Кастиља     | <b>0,18</b>      | 0,10             |                   |                   |      |                     |      |     |
| Toreti and Desiato, in press  | 1961-2004 | I               |                  |                  | ↑                 | ↑                 |      | ↓                   | ↑    |     |

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

Табела 19. Резултати сезонских трендова екстремних температура ваздуха других истраживача; **н.п.** – научна публикација; **и.в.п.** – истраживани временски период; **с.п.** – сезонски периоди; **п.и.** – подручје истраживања; **Лед.** – ледени дани; **М** – мразни дани; **Лет.** – летњи дани; **Т** – тропски дани; Напомена: вредности представљају декадни линеарни тренд у: нормал - °C; италик – дани; **болд** или <sup>s</sup> – сигнификантна вредност; ↓ - генерално опадање вредности; ↑ - генерални пораст вредности

| н.п.                       | и.в.п.    | с.п. | п.и.          | T <sub>max</sub> | T <sub>min</sub> | aT <sub>max</sub> | aT <sub>min</sub> | Лед. | М    | Лет. | Т |
|----------------------------|-----------|------|---------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|------|------|---|
| Савић, доктор. дисертација | 1951-2000 | З    | Вој.          | 0,26             | 0,22             | 0,26              | 0,26              | -0,3 | -0,2 | -    | - |
|                            |           | П    |               | <b>0,28</b>      | <b>0,18</b>      | 0,06              | <b>0,36</b>       | -    | -0,2 | 0,3  | - |
|                            |           | Л    |               | 0,10             | 0,08             | 0,12              | -0,01             | -    | 0,1  | 0,5  |   |
| Karl et al., 1993          | 1951-1990 | З    | север. хемис. | 0,13             | 0,3              |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | 0,2              | 0,3              |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | -0,03            | 0,08             |                   |                   |      |      |      |   |
| Easterling et al., 1997    | 1950-1993 | З    | север. хемис. | <b>0,15</b>      | <b>0,3</b>       |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | <b>0,13</b>      | <b>0,2</b>       |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | 0,03             | <b>0,1</b>       |                   |                   |      |      |      |   |
| Brázdil et al., 1995       | 1961-1992 | З    | CZ, SVK       | ≈0,8             | ≈0,6             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | ≈0,2             | ≈0,1             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | ≈0,2             | ≈0,1             |                   |                   |      |      |      |   |
| Jones, 1995                | 1951-1980 | З    | I             | 0,04             | 0,03             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | -0,18            | -0,18            |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | <b>-0,32</b>     | -0,28            |                   |                   |      |      |      |   |
| Brunetti et al., 2000      | 1865-1996 | З    | I             | 0,07             | 0,07             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | 0,04             | -                |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | -                | -                |                   |                   |      |      |      |   |
| Proedrou et al., 1997      | 1951-1993 | З    | GRE           | ↓ <sup>s</sup>   | ↓                |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | ↓                | ↓                |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               |                  |                  |                   |                   |      |      |      |   |
| Tuomenvirta et al., 2000   | 1950-1995 | З    | Фено-сканди.  | 0,29             | 0,34             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | 0,22             | <b>0,40</b>      |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | -0,01            | 0,07             |                   |                   |      |      |      |   |
| Jungo and Beniston, 2001   | 1931-1999 | З    | SUI           | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |      |      |   |
| Tomozeiu, et al., 2002     | 1960-1998 | З    | RO            | ≈0,3             |                  |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | ≈0,1             |                  |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | ≈0,2             |                  |                   |                   |      |      |      |   |
| Türkeş et al., 2002        | 1929-1999 | З    | TUR           | ↑                | ↑                |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               | ↑                | ↑ <sup>s</sup>   |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | З    |               | ↓                | ≈0,0             |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | П    |               |                  |                  |                   |                   |      |      |      |   |
|                            |           | Л    |               |                  |                  |                   |                   |      |      |      |   |

Табела 19. Наставак

| И.П.                           | И.В.П.         | С.П. | П.И.            | T <sub>max</sub> | T <sub>min</sub> | aT <sub>max</sub> | aT <sub>min</sub> | Лед. | М    | Лет. | Т    |
|--------------------------------|----------------|------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|------|------|------|
| Савић, доктор.<br>дисертација  | 1951-<br>-2000 | З    | Вој.            | 0,26             | 0,22             | 0,26              | 0,26              | -0,3 | -0,2 | -    | -    |
|                                |                | П    |                 | <b>0,28</b>      | <b>0,18</b>      | 0,06              | <b>0,36</b>       | -    | -0,2 | 0,3  | -    |
|                                |                | Л    |                 | 0,10             | 0,08             | 0,12              | -0,01             | -    | 0,1  | 0,5  |      |
|                                |                | Ј    |                 | -0,12            | 0,0              | 0,10              | -0,03             | -    | 0,3  | -0,1 | -0,1 |
| Prieto et al.,<br>2004         | 1955-<br>1998  | З    | ESP             |                  | ↑                |                   |                   |      |      |      |      |
| Founda et al.,<br>2004         | 1897-<br>-2001 | З    | Атина           | 0,09             | 0,06             | 0,20              | 0,21              |      |      |      |      |
|                                |                | П    |                 | 0,18             | 0,06             | 0,31              | -                 |      |      |      |      |
|                                |                | Л    |                 | 0,2              | 0,11             | 0,14              | -                 |      |      |      |      |
| Hundecha and<br>Bárdossy, 2005 | 1958-<br>-2001 | З    | западна<br>GER  |                  |                  |                   |                   |      | ↓    |      |      |
|                                |                | П    |                 |                  |                  |                   |                   |      | ↓    |      |      |
|                                |                | Л    |                 |                  |                  |                   |                   |      | ↓    |      |      |
| Unkašević et al.,<br>2005      | 1975-<br>-2003 | Л    | Београд         | 1,4              | 1,0              |                   |                   |      |      |      |      |
| Miró et al., 2006              | 1958-<br>-2003 | Л    | западна<br>ESP  | ↑ <sup>s</sup>   | ↑ <sup>s</sup>   | ↑                 | ↑ <sup>s</sup>    |      |      |      |      |
| del Rió et al.,<br>2007        | 1961-<br>-1997 | З    | ESP-Ка<br>стиља | <b>0,42</b>      | <b>0,33</b>      |                   |                   |      |      |      |      |
| Bartolini et al.,<br>2008      | 1955-<br>-2004 | Л    | I – Тос<br>кана | 0,44             | 0,38             |                   |                   |      |      |      |      |
| Tošić et al., 2008             | 1943-<br>-2006 | Л    | Србија          |                  |                  |                   |                   |      |      |      | ↑    |

У табелама 18 и 19 представљена је компаративна анализа трендова екстремних вредности у Војводини и резултата других истраживача.

Компаративна анализа у табелама 18 и 19, указује да годишње и сезонске вредности екстремних температура Војводине имају генерално идентичне тенденције кретања. Постојеће разлике у висини декадних линеарних трендова територије Војводине и других истраживаних подручја, највероватније би биле минимизирани уколико би се искључиле регионалне географске разлике и уједначиле дужине временских периода испитиваних температурних низова.

## РАСПОН ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА (DTR и ETR)

У даљем раду, анализиран је распон екстремних температура ваздуха, који, разликом максималних и минималних вредности, пружа слику о томе који од претходно наведених параметара има већу тенденцију раста или опадања. Даљом корелацијом добијених крива распона са кривама других метеоролошких елемената, могуће је дефинисати факторе који доводе до промена у тенденцији кретања екстремних температура ваздуха.

У докторској дисертацији, прорачунат је годишњи, сезонски и месечни распон између средње максималне и средње минималне температуре ( $DTR = T_{\max} - T_{\min}$ ), а добијене криве обележене су ознаком – DTR (*eng.* DTR – diurnal temperature range). Идентична анализа урађена је за годишњи и сезонски распон средњих апсолутно максималних и минималних температура ( $ETR = aT_{\max} - aT_{\min}$ ), а ознака за добијене резултате је ETR (*eng.* ETR – extreme temperature range).

### DTR

Резултати истраживања великог броја аутора указују, да се друга половина XX века одликује тенденцијом опадања DTR-а, како на глобалном нивоу (Easterling and Peterson, 1995; Hansen et al., 1995; Horton, 1995; Easterling et al., 1997; New et al., 2000), тако и на већим или мањим регионалним подручјима (Karl et al., 1993; Heino, 1994; Kaas and Frich, 1995; Jones, 1995; Plummer et al., 1995; Razuvaev et al., 1995; Brázdil et al., 1996; Heino et al., 1999; Tuomenvirta et al., 2000; Ventura et al., 2002; Tuomenvirta, 2004; Türkeş and Sümer, 2004).

Међутим, у одређеном броју радова, криве вредности DTR-а на целокупној територији Европског континента (Klein Tank and Können, 2003), затим Италији

(Brunetti et al., 2000; Brunetti et al., 2004; Brunetti et al., 2006; Bartolini et al., 2008), Шпанији (del Río et al., 2007), Атини (Founda et al., 2004), Медитерану (Sánchez et al., 2004), Чешкој и Словачкој (Brázdil et al., 1995) и Јужној Кореји (Jung et al., 2002), показују позитиван тренд распона екстремних температура ваздуха у последњих пет деценија XX века.

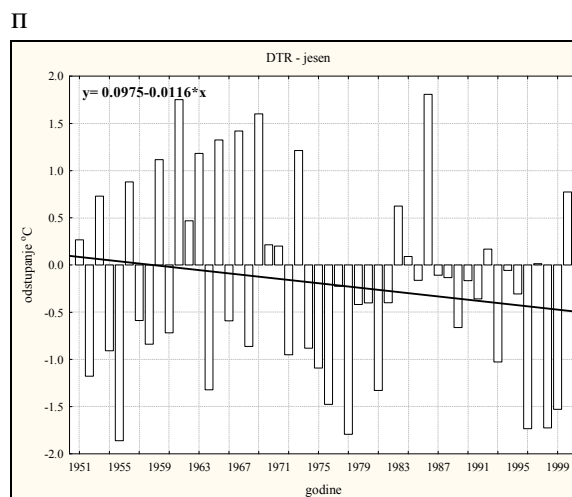
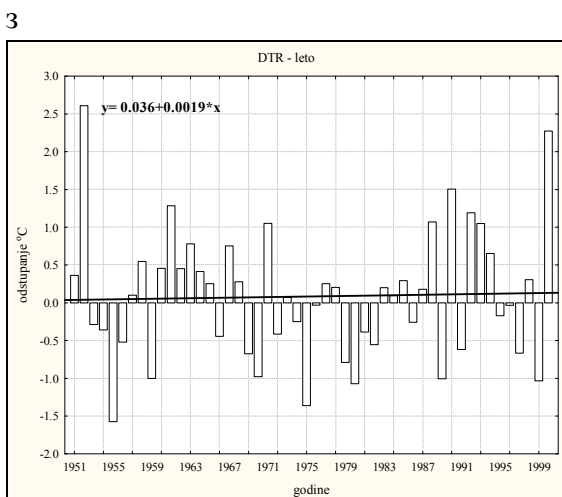
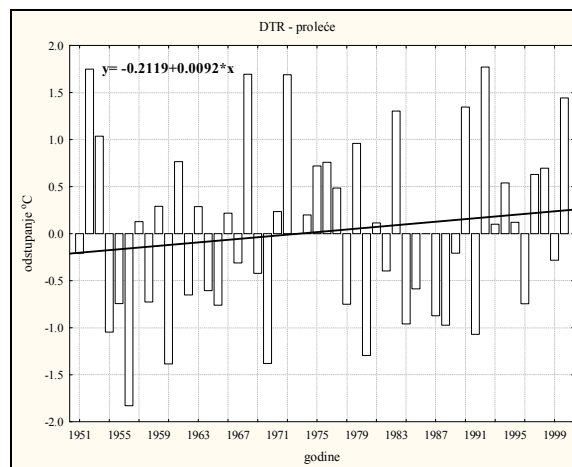
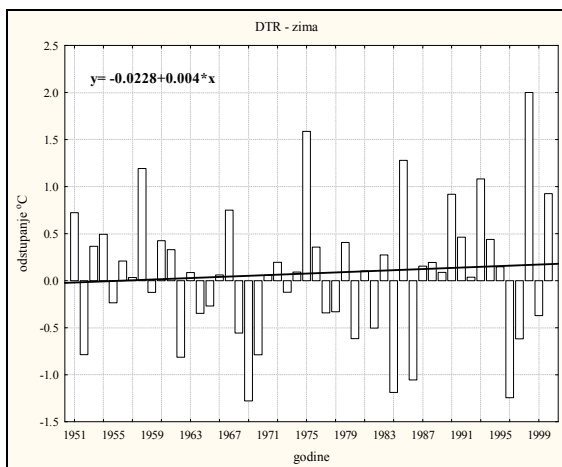
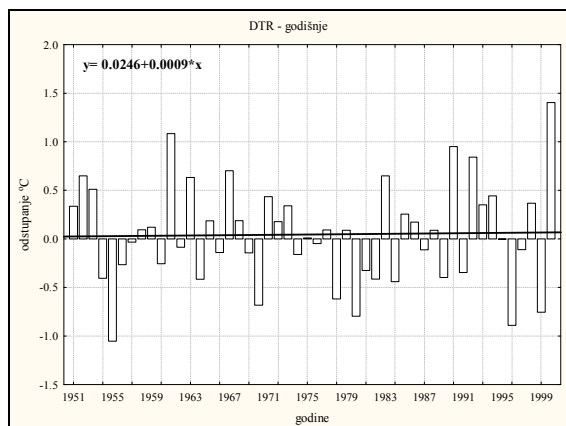
Резултати DTR-а добијених за поручје Војводине, показују позитивну тенденцију кретања у периоду 1951-2000. године (прилог 42 и табела 20) и генерално су у складу са резултатима претходно наведених публикација. Прорачунати трендови за десет метеоролошких станица и осредњену вредност за Војводину, углавном показују линију пораста DTR-а, на годишњем нивоу и у сезонским периодима, осим у јесењем делу године. Сигнификантност вредности линеарног тренда тестиране су помоћу Мен-Кендал теста (Mann-Kendall test) са задатим нивоом значајности од 95%.

**Годишње вредности:** Вредност линије тренда DTR-а за простор Војводине, показује веома благ пораст који износи  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и није статистички сигнификантан (прилог 42 [г]). Опсервирајући добијене вредности по метеоролошким станицама, уочава се да су висине трендова близу нуле и крећу се од  $-0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  у ЗР (негативне вредности су још у НС, СЕ и ПЛ) до  $0,16^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  у ЈТ која је уједно и сигнификантна вредност. На станицама СО, ВР, ВШ и СМ, такође су добијени позитивни трендови.

**Сезонске вредности:** Зимски период одликује се готово у потпуности трендовима раста DTR-а. Једино је на станицама НС ( $-0,02^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), ЗР ( $-0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и КИ ( $-0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) уочена тенденција благог опадања, док је у ЈТ ( $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), СО ( $0,16^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), СМ ( $0,07^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), ВШ ( $0,07^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ПЛ ( $0,06^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) прорачунат позитиван тренд. На две станице (СЕ и ВР) нема тенденције промене. У зимском периоду године на простору Војводине тренд DTR-а износи  $0,04^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (прилог 42 [з]).

Током пролећа на истраживаном подручју израчунати тренд пораста DTR-а износи  $0,09^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (прилог 42 [п]), који уједно представља и највишу позитивну вредност током године, што је пре свега последица тенденције пораста распона екстрема на свим испитиваним метеоролошким станицама. Једина сигнификантна вредност забележена је на станици ЈТ ( $0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Вредности више од  $0,1^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  уочене су још у СО, ВШ и СМ.

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



З

П

Л

Ј

Прилог 42. Годишње и сезонске вредности одступања и регресионе линије тренда DTR-а осредњено за Војводину; з) годишња; з) зима; п) пролеће; л) лето; ј) јесен; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд



Благи тренд пораста DTR-а на простору Војводине ( $0,02^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) јавља се током *летњег периода* године (прилог 42 [л]). Посматрајући метеоролошке станице, на пет локација вредност линеарног тренда је негативна у распону од  $-0,05^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  до  $-0,08^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , док на осталим локалитетима има тенденцију раста између  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (КИ) и  $0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (ЈТ).

*Јесење годишње доба* одликује се тенденцијом опадања DTR-а на свим мерним станицама, осим у ВР ( $0,05^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Највише негативне вредности тренда израчунате су у ЗР ( $-0,22^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), СО ( $-0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и НС ( $-0,19^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), док негативне вредности, најближе нули, забележене су у СО ( $-0,01^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ЈТ ( $-0,02^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Осредњена вредност за простор Војводине износи  $-0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (прилог 42 [ј]).

**Месечне вредности:** Анализирајући месечне вредности, септембар, октобар и јануар представљају месеце са изразитом тенденцијом опадања DTR-а, а истовремено септембарска вредност у НС показује сигнификантност. Са друге стране, током марта, фебруара и маја доминирају позитивне вредности распона, где је приметна изразито висока сигнификантна мартовска вредност у ЈТ. У осталим месецима, посматрајући вредности за Војводину, висине трендова крећу се између  $-0,03^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и  $0,07^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  Једино се у новембру месецу не јавља тенденција промене DTR-а. Такође, интересантно је напоменути, да у оквиру сваког месеца постоје приметне разлике у висинама декадних трендова између мерних станца, где у неким случајевима оне износи и више од двадесет пута (табела 20).

Из претходне месечне анализе, може се закључити да због мартовских и мајских вредности, пролеће има највиши позитивни тренд DTR-а, а септембар и октобар представљају разлог због чега се у јесењем периоду јавља негативна тенденција распона екстремних температура.

Табела 20. Висине трендова месечних DTR-а за испитиване метеоролошке станице, респективно и простор Војводине у периоду 1951-2000.; Напомена: вредности представљају декадне линеарне трендове; **боло** – највише месечне вредности; *италик* – најниже месечне вредности; \* - Мен-Кендал тест, сигнификантна вредност ( $\geq 95\%$ )

| ст.\м. | ЈАН          | ФЕБ         | МАР          | АПР          | МАЈ         | ЈУН         | ЈУЛ          | АВГ          | СЕП           | ОКТ          | НОВ         | ДЕЦ          |
|--------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| ПЈ     | -0,04        | 0,23        | 0,16         | -0,01        | 0,10        | 0,03        | -0,06        | -0,11        | -0,28         | -0,19        | 0,01        | -0,01        |
| СО     | 0,09         | 0,23        | 0,35         | 0,00         | <b>0,15</b> | <b>0,21</b> | 0,13         | -0,01        | -0,06         | -0,01        | 0,05        | 0,17         |
| СЕ     | -0,10        | 0,15        | 0,18         | -0,10        | 0,08        | -0,02       | -0,11        | -0,06        | -0,28         | <b>-0,31</b> | -0,03       | -0,05        |
| КИ     | -0,13        | 0,10        | 0,19         | -0,06        | 0,05        | 0,04        | 0,05         | -0,07        | -0,29         | -0,19        | -0,02       | -0,05        |
| ВР     | -0,07        | 0,03        | 0,19         | 0,04         | -0,02       | -0,02       | 0,01         | <b>-0,14</b> | -0,02         | -0,01        | 0,17        | 0,04         |
| НС     | -0,14        | 0,11        | 0,14         | -0,10        | -0,06       | -0,11       | 0,03         | -0,12        | <b>-0,31*</b> | -0,21        | -0,03       | -0,03        |
| ЗР     | <b>-0,18</b> | 0,05        | 0,11         | <b>-0,20</b> | 0,14        | -0,05       | -0,05        | <b>-0,14</b> | -0,28         | -0,25        | -0,13       | -0,03        |
| ЈТ     | -0,09        | <b>0,33</b> | <b>0,58*</b> | 0,19         | 0,08        | <b>0,21</b> | <b>0,25*</b> | 0,08         | -0,10         | -0,18        | <b>0,22</b> | <b>0,30*</b> |
| СМ     | -0,07        | 0,26        | 0,25         | 0,13         | 0,11        | 0,19        | 0,22         | 0,07         | -0,12         | -0,06        | -0,05       | 0,02         |
| ВШ     | -0,14        | 0,26        | 0,31         | 0,01         | 0,04        | 0,13        | 0,12         | -0,07        | -0,12         | -0,06        | 0,09        | 0,10         |
| Вој.   | -0,10        | 0,19        | 0,22         | -0,03        | 0,08        | 0,07        | 0,05         | -0,05        | -0,20         | -0,15        | 0,00        | 0,03         |

## ETR

Годишња вредност тренда ETR-а, за подручје Војводине, показује идентичну вредност као и за DTR, односно веома благу тенденцију пораста. Зимски период не показује тенденцију промена, док летње и јесење годишње доба имају позитивне вредности. У току пролећног дела године, забележен је негативан тренд ETR-а (прилог 43). Детекција сигнификантних вредности извршена је коришћењем исте методологије, као и за DTR.

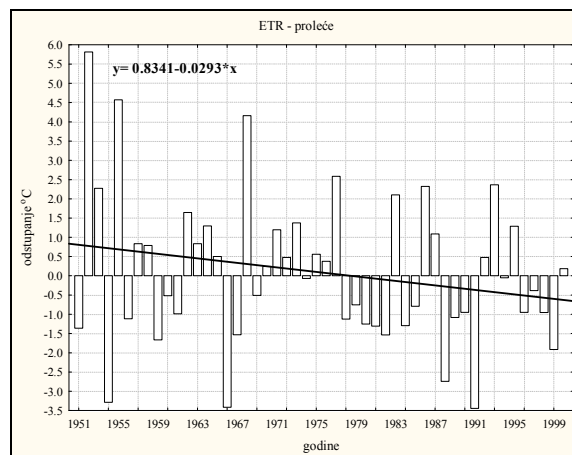
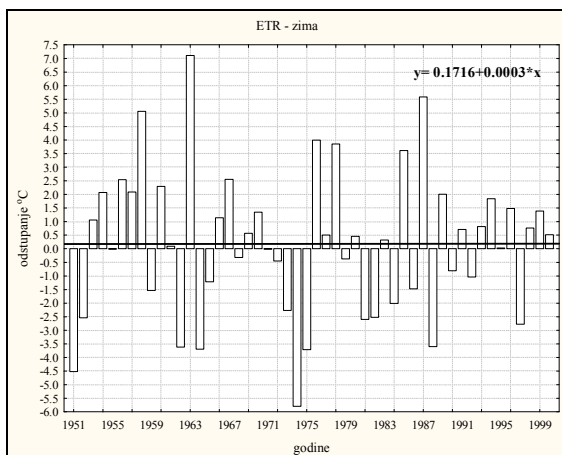
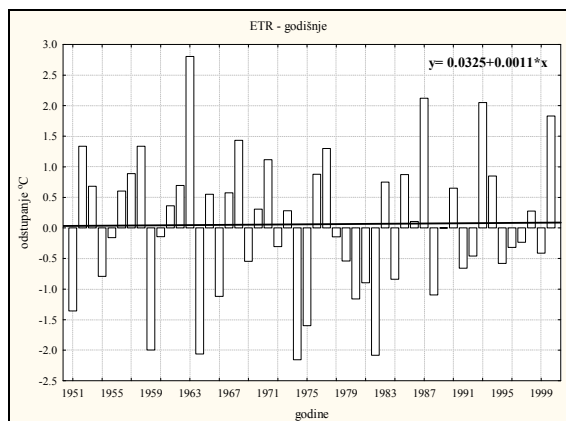
**Годишње вредности:** Висина декадног линеарног тренда за простор Војводине је позитивна и износи  $0,01^{\circ}\text{C}$  (прилог 43 [г]). Највише вредности израчунате су у СО  $0,33^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (сигнификантна вредност), затим у СМ  $0,20^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  и ВШ  $0,12^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ , а максимални негативни трендови у СЕ и НС ( $-0,18^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ВР ( $-0,15^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Годишњи ETR на простору Италије, у периоду 1961-2004, указује на негативан тренд до 1978. године, а након тог периода не уочава се тенденција промене (Toreti and Desiato, in press).

**Сезонске вредности:** Осредњена вредност тренда ETR-а у *зимском периоду* на територији Војводине не показује тенденцију промене (прилог 43 [з]), међутим, уочавају се приметне разлике међу мерним станицама. Тако су највише негативне вредности тренда израчунате у ВР и ЈТ ( $-0,24^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), док је највиша позитивна вредност у СО ( $0,37^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ).

*Пролеће* је једини период у години где је уочена опадајућа тенденција ETR-а. На свим метеоролошким станицама јављају се негативни трендови, са максимумима у ВР ( $-0,53^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), СЕ и ЗР (по  $-0,42^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и минимумом у ВШ ( $-0,02^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). Вредност за истраживани простор износи  $-0,29^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$  (прилог 43 [п]).

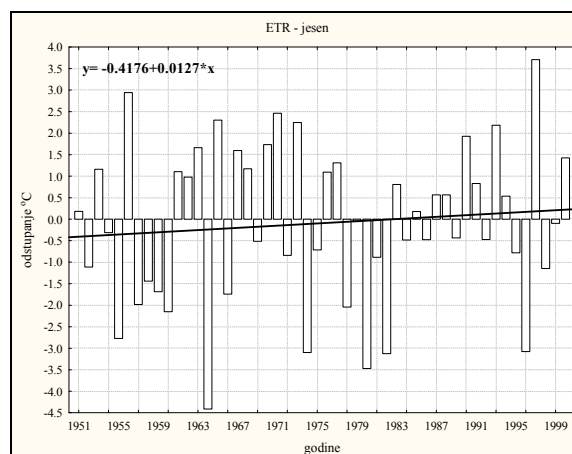
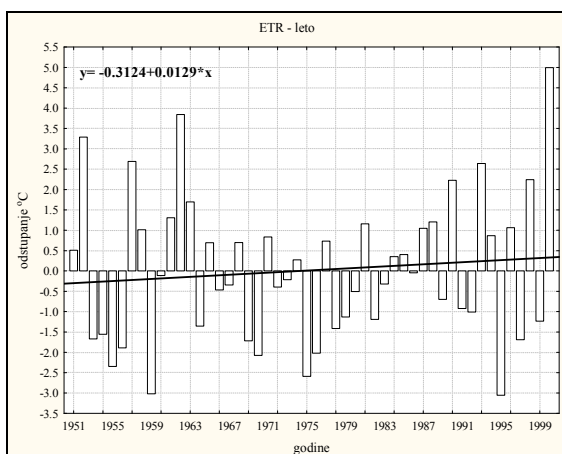
*Летњи и јесењи периоди* одликују се идентичним трендовима пораста ETR-а на подручју Војводине (прилог 43 [л] и [ј]). Међутим, током лета у СМ ( $0,48^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и СО ( $0,35^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), уочени су сигнификантни трендови, а високе вредности су још и у ЈТ ( $0,41^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ) и ВШ ( $0,33^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ). У јесењем делу године нису добијене сигнификантне вредности, а забележени максимуми су у СМ ( $0,22^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ), ЗР и ВШ (по  $0,21^{\circ}\text{C}/\text{дек.}$ ).

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



3

II



Л

ј

Прилог 43. Годишње и сезонске вредности одступања и регресионе линије тренда ETR-а осредњено за Војводину; г) годишња; з) зима; п) пролеће; л) лето; ј) јесен; Напомена – вредности линеарне функције представљају годишњи линеарни тренд

**ФАКТОРИ ТЕНДЕНЦИЈЕ КРЕТАЊА DTR-а И ETR-а**

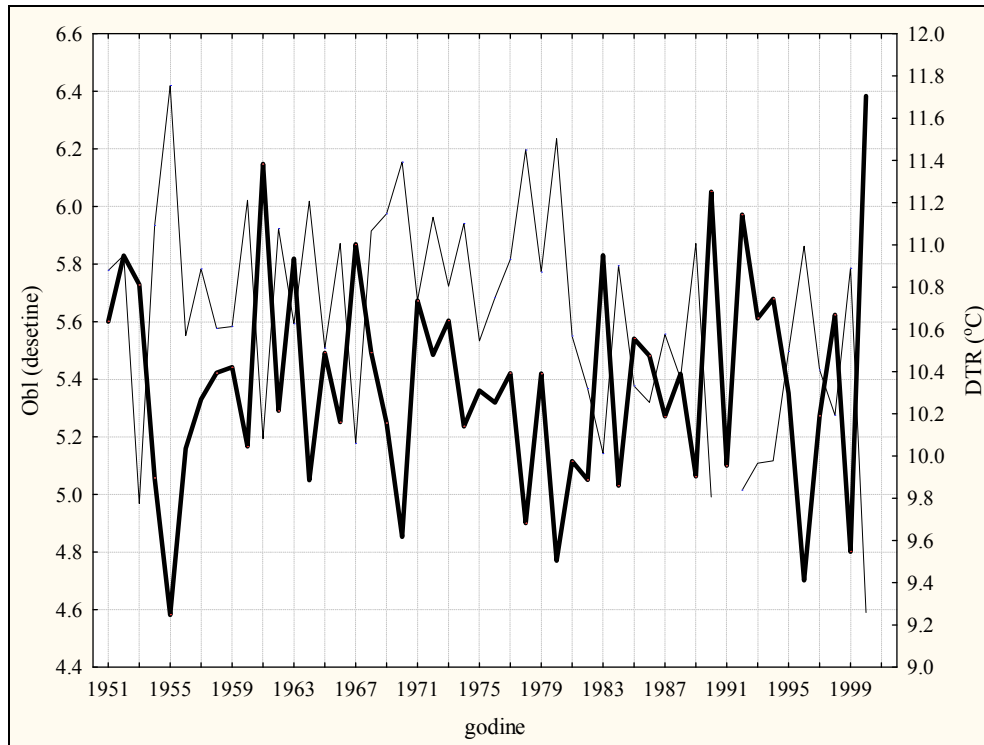
У претходној анализи, на подручју Војводине, углавном се уочава блага тенденција већег раста максималних температура у односу на минималне (осим за DTR – јесен и ETR – пролеће). Узроци овакве појаве највероватније су различити и они могу бити не само глобалног, него и регионалног или локалног карактера.

У прилогу 45 представљене су вредности Пирсоновог (Pearson) коефицијента корелације, између сезонских и годишњих вредности DTR-а и седам различитих климатских параметара, у циљу дефинисања њихове евентуалне међусобне повезаности. Временске серије DTR-а и климатских параметара односе се на простор Војводине.

Просечне сезонске и годишња вредност инсолације (изражене у часовима) показује високе коефицијенте корелације са DTR-ом који износе преко 0,8 (прилог 45). Овако јака корелација највероватније има снажан утицај на интензивнији пораст  $T_{\max}$ , него  $T_{\min}$ , што потврђују резултати поређења просечних годишњих низова ова два параметра са средњом годишњом вредности инсолације ( $T_{\max}/\text{Insol} \rightarrow 0,7$ ;  $T_{\min}/\text{Insol} \rightarrow 0,3$ ).

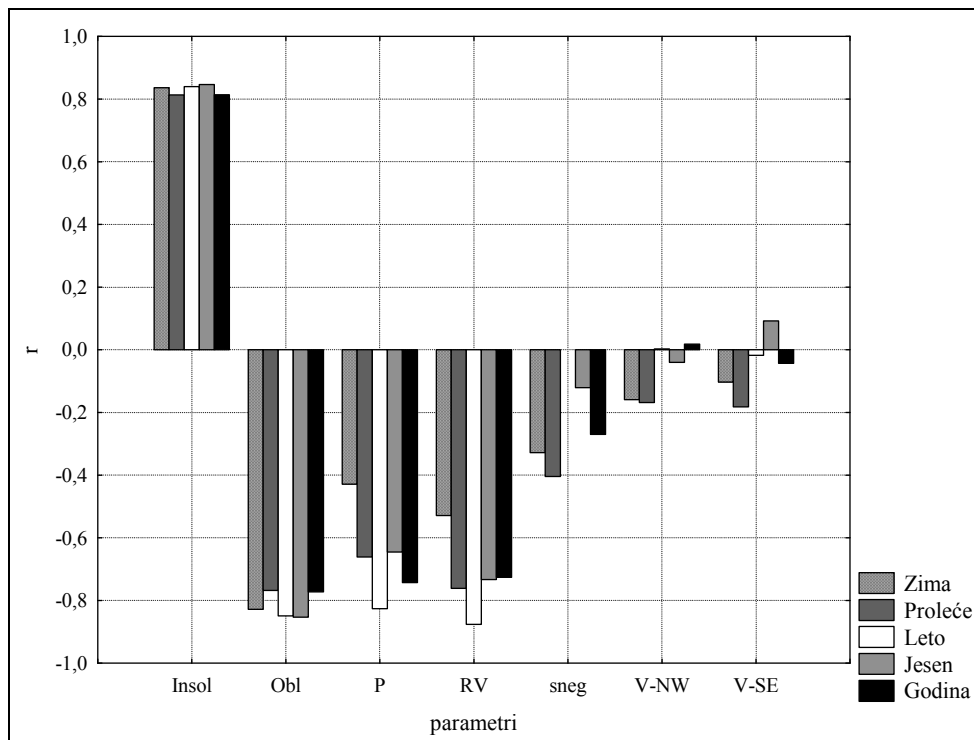
Просечне вредности облачности (изражене у десетинама), такође имају високе вредности корелације са DTR-ом. Свих пет вредности прелазе коефицијент од -0,7, док су током зиме, лета и јесени оне изнад -0,8 (прилог 45). Присуство система облака на одређеном простору проузрокује повећано рефлектовање сунчевог краткоталасног зрачења и истовремено доводи до успоравања тенденције пораста  $T_{\max}$ , односно интензивирања пораста  $T_{\min}$ , услед делимичног повратног рефлектовања дуготаласног терестичког излучивања (Plantico et al., 1990; Robinson, 1992; Karl et al., 1993; Hansen et al, 1995; Mearns et al., 1995; Stenchikov and Robock, 1995; Campbell and Vonder Haar, 1997; Dai et al., 1997, 1999; Tuomenvirta, 2004). Провера коефицијента корелације између  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  и просечне годишње висине облачности за простор Војводине, потврђује претходно изнету тезу, са тим да овај процес има јачи утицај на кретање средњих максималних ( $T_{\max}/\text{Obl} \rightarrow -0,6$ ) него средњих минималних температура ( $T_{\min}/\text{Obl}$

→ -0,2). Прилог 45 показује да се, током друге половине XX века, појава депресија криве DTR-а појављује у периодима највише облачности.



Прилог 44. Криве просечне годишње облачности (уска линија) и DTR-а (широка линија) у Војводини за период 1951-2000.

Облачност, висина падавина (изражена у mm) и релативна влажност ваздуха (изражена у %) представљају процесе који су међусобно непосредно повезани, па самим тим коефицијент корелације DTR-а са P и RV параметрима, показује високе вредности, где  $r$  износи од -0,4 до -0,9. Могло би се закључити да падавине и релативна влажност ваздуха, највероватније имају исти утицај на процес кретања  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$  као и облачност. На простору Војводине, највиши коефицијент корелације јавља се током пролећа и лета (од -0,6 до -0,9), па је претпоставка да висина падавина и процентуални удео влажности имају најдоминантнији утицај у тим периодима (прилог 45).



Прилог 45. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских и годишњих вредности DTR-а и инсолације (*Insol*), облачности (*Obl*), падавина (*P*), релативне влажности ваздуха (*RV*), снежног покривача (*sneg*), ветра северозападног правца (*V-NW*), ветра југоисточног правца (*V-SE*); Напомена – вредности DTR-а и метеоролошких параметара осредњени су за подручје Војводине; корелација са снежним покривачем за летњи период није урађена

Снежни покривач (изражен у cm) доводи до тенденције редуковања распона екстремних температура ваздуха, услед појаве великог албеда, који има за последицу да су дневне температуре изнад снега ниже него у случају да је "огољена" површина (Dewey, 1977; Ruschy et al., 1991; Karl et al., 1993; Leathers et al., 1995; Groisman et al., 1996; Huges and Robinson, 1996; Tuomenvirta, 2004). Овакву констатацију могли би да потврде и резултати коефицијента корелације чије су вредности негативне, а најјачи корелациони сигнал јавља се у зимском ( $r = -0,33$ ) и пролећном ( $r = -0,4$ ) периоду (прилог 45). Уколико се посматрају трендови кретања месечних вредности DTR-а (табела 45), снежни покривач је највероватније један од фактора појаве негативних вредности DTR-а током јануара, нарочито из разлога што у том месецу, на простору Војводине, најчешће долази до формирања снежног покривача. Током касно зимских и рано пролећних

месеци, долази до постепеног ишчезавања снежног покривача и смањења вредности албеда. Овај процес има за последицу да се већа количина сунчеве топлотне енергије, трансформише у сензибилну<sup>14</sup> и латентну топлотну енергију, а који истовремено може довести до рапидног пораста распона екстремних температура (Tuomenvirta, 2004). На истраживаном простору, претходно поменути процес најчешће се јавља током фебруара и марта, где се и уочава нагли пораст трендова DTR-а, у односу на остале месеце у години (табела 20). Такође, процес "топљење-мржњење", који се најчешће појављује у пролећним месецима, може имати утицаја на кретање вредности DTR-а. Процес топљења (нпр. након јутарњих мразева) захтева топлотну енергију, која за последицу може имати редукацију висине максималних вредности. Истовремено, у хладним ноћима, током процеса мржњења долази до ослобађања латентне топлотне енергије, што доводи до појаве виших вредности минималних температура (Tuomenvirta, 2004). На основу тога, процес "топљење-мржњење" може довести до опадања распона екстрема, што би могао да буде разлог негативних вредности тренда DTR-а у априлу, септембру и октобру на подручју Војводине (табела 20).

Приликом корелације DTR-а и честине ветрова, узети су у анализу ветрови северозападног (NW) и југоисточног (SE) правца, који имају највишу појаву учесталости на простору Војводине (честина је изражена у %). Корелациона вредност углавном има негативан сигнал, а највише вредности, за оба ветра, су током зимске и пролећне сезоне (прилог 45). Међутим, максималне корелационе вредности (мање од -0,2) не показују снажну узрочно-последичну везу између DTR-а и ветрова. Ипак, може се закључити да брзине ветрова утичу на редукацију DTR-а, у смислу да онемогућавају интензивну инверзију топлотне енергије, а самим тим не долази до појаве изузетно ниских  $T_{\min}$  (Tuomenvirta, 2004). У дисертацији није вршена корелација DTR-а и брзине ветрова, али на основу увида у базу података (ауторова база података), приметно је да метеоролошке станице у југоисточном делу Војводине (ВШ и ЈТ) имају забележен мањи просечан број ледених и мразних дана у односу на станице у северозападном делу (СО, ПЛ и СЕ) истраживаног подручја. То је на вероватније из разлога што у југоисточној

---

<sup>14</sup> Представља топлотну енергију која се размеђује између површине земље и атмосфере, у ситуацијама када се јавља температурна разлика између њих ([www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/energy/energy\\_balance.html](http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/energy/energy_balance.html)).



Војводини доминира ветар "Кошава" који има нешто вишу просечну брзину, у односу на северозападни ветар.

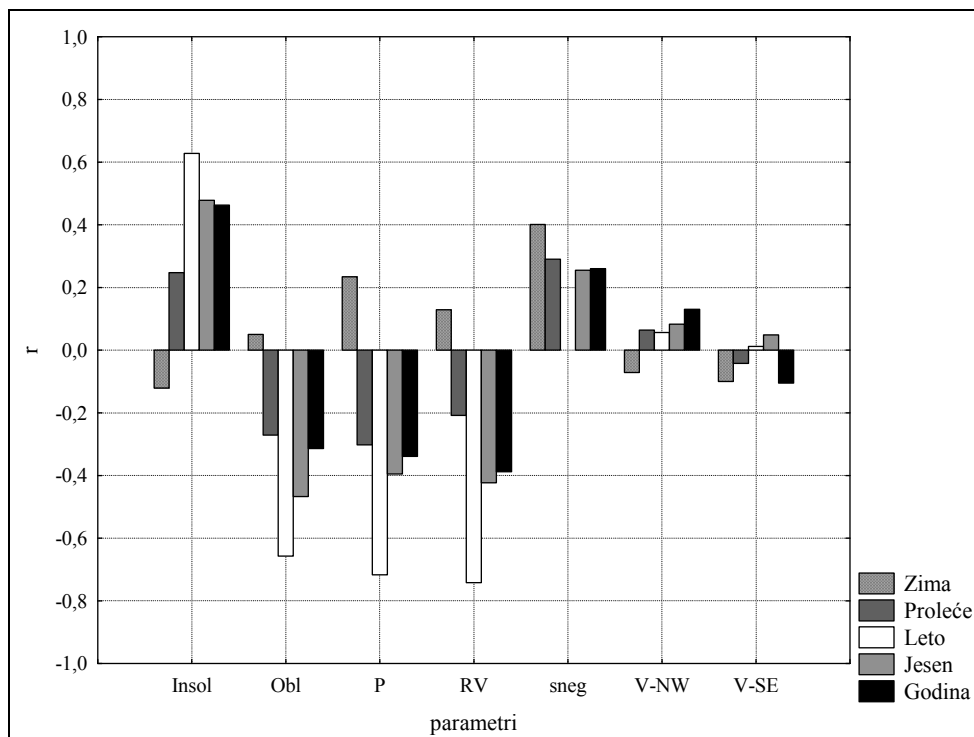
Резултати коефицијента корелације за подручје Војводине, генерално су у складу са истраживањима Карла и сар. (Karl et al., 1993), Туоменвирте (Tuomenvirta, 2004). Међутим, треба узети у обзир да различити географски положаји истраживаних простора, проузрокују другачије годишње токове климатских параметара и различите међусобне узрочно-последичне зависности. На основу тога, интерпретација варијације DTR-а захтева комплексну анализу, с обзиром на то да на кретање распона екстремних температура утиче истовремено неколико фактора, чији значај варира у зависности од географских карактеристика самог подручја. Истовремено, може се закључити да су вредности DTR-а веома осетљиве на промене површинске радијације, латентне и сензибилне топлотне енергије (Durre and Wallace, 2001).

• • •

У анализи распона апсолутних екстремних температура ваздуха (ETR), уочава се благи пораст максималних у односу на минималне температуре (осим у пролећном делу године). Као и код DTR-а, узроци који дефинишу годишње и сезонске вредности ETR-а на простору Војводине највероватније су различити климатски параметри. Из тог разлога, у прилогу 46, приказан је Пирсонов коефицијент корелације између годишњих и сезонских вредности ETR-а и седам климатских параметара, у циљу дефинисања евентуалне линеарне зависности. Корелационе вредности ETR-а са климатским параметрима, генерално су ниже него што је то случај код DTR-а.

Корелациона зависност између инсолације и ETR-а показује нешто више позитивне вредности једино у летњој и јесењој сезони, док је у пролећном периоду вредност  $r$  троструко нижа у односу на максимум. На основу приложеног, очигледно је да инсолација представља фактор који доводи до веће тенденције пораста  $\Delta T_{\max}$ . Истовремено, трендови кретања ETR-а током лета и јесени могу представљати потврду претходне констатације (прилози 43 и 46). Интересантно је напоменути да се у зимском периоду појављује негативна вредност коефицијента корелације, али она износи свега -0,12.

Вредности облачности, падавина и релативне влажности ваздуха имају јаку корелациону повезаност са летњим и јесењим вредностима ETR-a, од -0,4 до -0,74 (прилог 46). Може се закључити да у годинама повећаног присуства ових параметара долази до редукције ETR-a, односно до смањења распона апсолутних екстрема на простору Војводине. Слично као и код DTR-a, ови процеси имају доминантнији утицај на кретање вредности  $aT_{\max}$  у односу на  $aT_{\min}$ , са тим што се показало да је код ETR-a разлика у утицају између апсолутно максималних и минималних температура израженија, него што је то случај између средњих максималних и минималних температура. Слична ситуација уочена је и код инсолације.



Прилог 46. Пирсонов коефицијент корелације између сезонских и годишњих вредности ETR-a и инсолације (*Insol*), облачности (*Obl*), падавина (*P*), релативне влажности ваздуха (*RV*), снежног покривача (*sneg*), ветра северозападног правца (*V-NW*), ветра југоисточног правца (*V-SE*); Напомена – вредности ETR-a и метеоролошких параметара осредњени су за подручје Војводине; корелација са снежним покривачем за летњи период није урађена

Корелација са снежним покривачем, у свим испитиваним периодима, показује позитивне вредности, али оне не прелазе висину од 0,4. Максималне вредности јављају се у зимском и пролећном годишњем добу (прилог 46). ETR и снежни покривач показују супротне узрочно-последичне везе, него што је то случај код DTR-а, односно појава снежног покривача доводи до тенденције раста распона апсолутних екстрема. У циљу потврде ове тезе, постоје одређена истраживања која говоре да снежни покривач лимитира размену топлотне енергије између земљишта и непосредног горњег слоја атмосфере и на тај начин омогућава да ноћне температуре приземног слоја ваздуха буду знатно ниже, него у ситуацији када је површина без снега (Dewey, 1977; Karl et al., 1993; Leathers et al., 1995). Међутим, уколико се изврши корелација годишњих и сезонских вредности  $aT_{\max}$  и  $aT_{\min}$  са вредностима снежног покривача, јављају се високи негативни корелациони сигнали који углавном прелазе -0,7. На основу оваквих резултата, појава и ишчезавање снежног покривача требало би да има сличан утицај на сезонска кретања ETR-а, као што је уочено код DTR-а.

Приликом корелације ETR-а и ветра као климатског параметра, у анализе су узета два најдоминантнија ветра на простору Војводине (северозападни – NW и југоисточни – SE). Корелационе вредности су занемарљиве и не прелазе  $\pm 0,1$ , тако да је према приказаним резултатима, упитан модификаторски утицај ветра на кретање апсолутних екстремних температура. Међутим, могао би се извести закључак да брзина ветра може имати одређени утицај на тенденцију кретања ETR-а, што се уочава на разлици учесталости појаве ледених и мразних дана у северозападном и југоисточном делу истраживаног подручја<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Резултати нису приказани у докторској дисертацији.

## ПРОСТОРНА И ВРЕМЕНСКА АНАЛИЗА ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА

Да би се могла створити општа слика карактеристика екстремних температура ваздуха на простору Војводине током друге половине XX века, неопходно је извршити просторну и временску анализу временских серија изабраних параметара. За просторну анализу, односно дефинисање температурне диференције или униформности у Војводини, коришћене су методе роја тачака (*eng.* Scatterplot), кластер (*eng.* Cluster) анализа и тестирање линеарне регресије. Временска анализа, по декадним периодима, вршена је помоћу хистограма, односно приказом расподеле одређених вредности у анализираном декадном низу.

### РОЈ ТАЧАКА (SCATTERPLOT)

Овај метод омогућава веома добар графички приказ, коришћењем ројева тачака распоређених на  $x/y$  координатном систему, помоћу којег се може идентификовати потенцијална повезаност вредности две варијабле.

У овој студији, метода ројева тачака анализирана је за десет параметара екстремних температура ваздуха ( $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , DTR,  $aT_{\max}$ ,  $aT_{\min}$ , ETR,  $t_x < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_n < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  и  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), на годишњем и сезонском нивоу за временски период од 1951. до 2000. на подручју Војводине. У анализи су, уместо временских серија средњих или апсолутних података, коришћени низови са вредностима одступања, који су добијени разликом вредности сваке године низа са просечном вредности стандардног временског периода (1961-1990). Анализа роја тачака урађена је помоћу софтверског пакета Statistica 8.0.

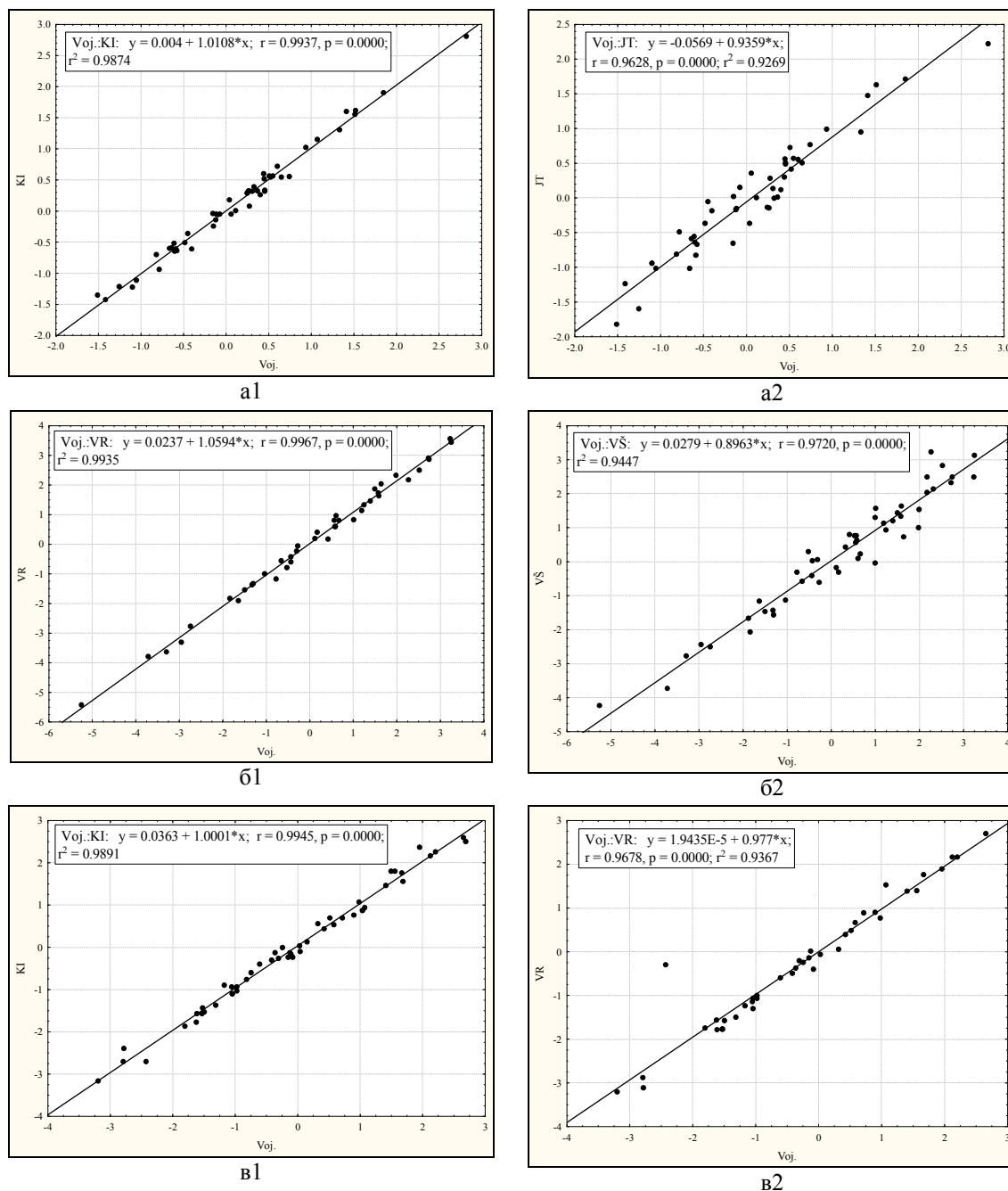
Сврха коришћења Scatterplot анализе јесте дефинисање постојања разлике између, вредности временских серија одређеног параметра на испитиваним метеоролошким станицама и вредности осредњеног низа који представља истраживани простор, односно територију Војводине. На основу тога, могао би се извести закључак да ли постоји температурна диференцијација на некој од метеоролошких станица у односу на простор Војводине, односно да ли просторни аспект утиче на евентуалне откривене разлике.

На основу претходно изнетог, у анализи су коришћене као независне варијабле осредњене временске серије простора Војводине (x-оса), а као зависне варијабле временске серије екстрема са појединачних метеоролошких станица (y-оса). Међусобна повезаност две варијабле огледа се у распореду ројева тачака око линије најбољег фита, као и представљањем вредности коефицијента корелације ( $r$ ) и  $p$  вредности.

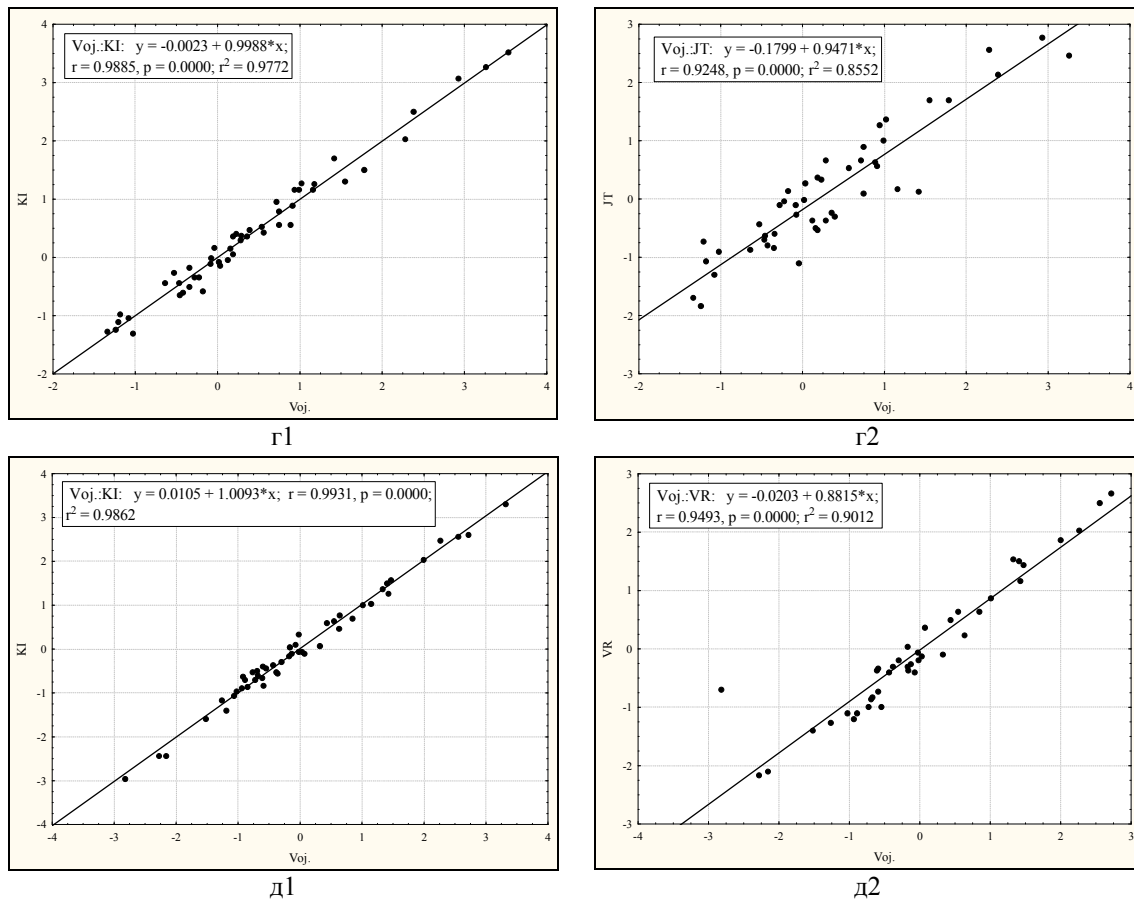
Табела 21. Вредности коефицијента корелације ( $r$ ) за  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  и DTR између осредњених временских серија простора Војводине и низова појединачних метеоролошких станица; Напомена: год. – годишњи период; з – зима; п – пролеће; л – лето; ј – јесен; **болд** – максимална вредност  $r$ ; италик – минимална вредност  $r$

|                             | период | ПЛ    | СО    | СЕ    | КИ           | ВР           | НС    | ЗР           | ЈТ           | СМ           | ВШ           |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b><math>T_{max}</math></b> | год.   | 0,985 | 0,983 | 0,974 | <b>0,994</b> | 0,974        | 0,986 | 0,969        | <u>0,963</u> | 0,979        | 0,970        |
|                             | з      | 0,990 | 0,989 | 0,992 | 0,995        | <b>0,997</b> | 0,995 | 0,996        | 0,977        | 0,990        | <u>0,972</u> |
|                             | п      | 0,990 | 0,988 | 0,979 | <b>0,995</b> | <u>0,968</u> | 0,986 | 0,982        | 0,981        | 0,989        | 0,981        |
|                             | л      | 0,978 | 0,974 | 0,962 | <b>0,989</b> | 0,968        | 0,976 | 0,972        | <u>0,925</u> | 0,960        | 0,972        |
|                             | ј      | 0,979 | 0,981 | 0,978 | <b>0,993</b> | <u>0,949</u> | 0,988 | 0,984        | 0,976        | 0,979        | 0,959        |
| <b><math>T_{min}</math></b> | год.   | 0,934 | 0,956 | 0,939 | <b>0,982</b> | 0,930        | 0,947 | 0,978        | 0,908        | 0,917        | <u>0,904</u> |
|                             | з      | 0,988 | 0,986 | 0,988 | <b>0,993</b> | 0,976        | 0,988 | 0,993        | 0,972        | 0,983        | <u>0,961</u> |
|                             | п      | 0,944 | 0,953 | 0,926 | <b>0,989</b> | 0,937        | 0,970 | 0,963        | 0,941        | 0,947        | <u>0,911</u> |
|                             | л      | 0,914 | 0,960 | 0,962 | <b>0,982</b> | 0,897        | 0,973 | 0,976        | 0,931        | <u>0,860</u> | 0,905        |
|                             | ј      | 0,966 | 0,976 | 0,970 | 0,986        | 0,975        | 0,971 | <b>0,987</b> | 0,966        | 0,968        | <u>0,947</u> |
| <b>DTR</b>                  | год.   | 0,868 | 0,873 | 0,868 | <b>0,958</b> | 0,911        | 0,902 | 0,880        | 0,859        | 0,900        | <u>0,825</u> |
|                             | з      | 0,915 | 0,916 | 0,894 | <b>0,942</b> | 0,892        | 0,900 | 0,907        | 0,901        | 0,914        | <u>0,848</u> |
|                             | п      | 0,914 | 0,934 | 0,932 | <b>0,979</b> | 0,934        | 0,923 | 0,918        | 0,909        | 0,959        | <u>0,881</u> |
|                             | л      | 0,912 | 0,927 | 0,901 | <b>0,964</b> | 0,949        | 0,957 | 0,937        | <u>0,868</u> | 0,916        | 0,891        |
|                             | ј      | 0,933 | 0,936 | 0,925 | <b>0,967</b> | 0,937        | 0,936 | 0,956        | 0,916        | 0,909        | <u>0,861</u> |

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

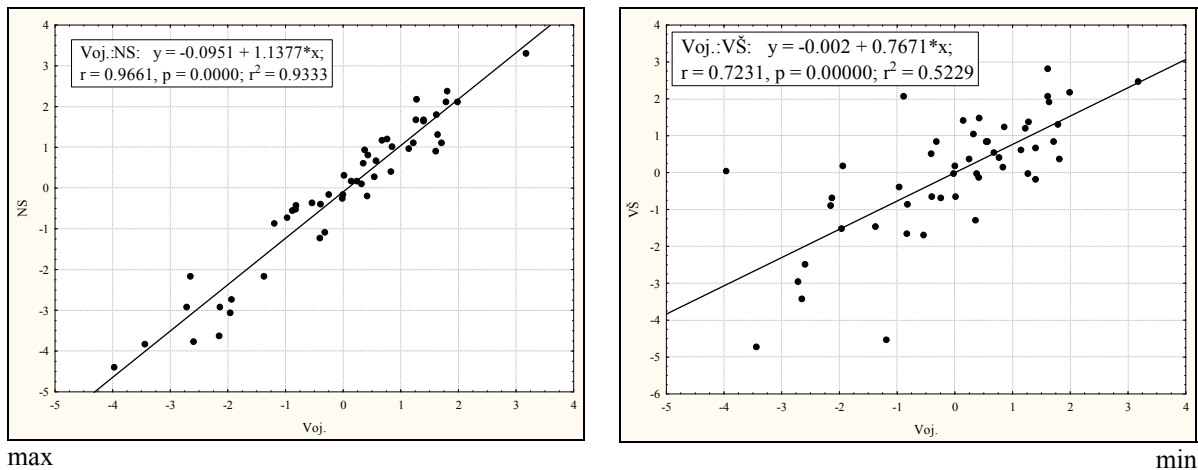


Прилог 47. Представљање корелационих односа  $T_{max}$  временске серије осредњене за Војводину и  $T_{max}$  низова одређених испитиваних метеоролошких станица, помоћу методе ројева тачака, за: **а)** годишњи период; **б)** зиму; **в)** пролеће; **г)** лето; **д)** јесен; Напомена: **ознака 1** - односи са највишом вредности  $r$ ; **ознака 2** - односи са најнижом вредности  $r$



Прилог 47. Наставак

Анализирањем  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и **DTR-a**, у свим случајевима уочене су снажне корелационе везе са позитивним трендом, чији коефицијенти корелације премашују вредност од 0,8 (табела 21). Најбољу сличност, за ова три параметра екстрема, са осредњеним низовима за Војводину имају вредности временске серије на метеоролошкој станици у Кикинди, а највећа одступања примећена су на станици у Вршцу и Јаши Томићу. Посматрајући сезонске периоде, најмање расипање тачака око линије најбољег фита, односно најуједначеније температурне карактеристике  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и **DTR-a**, између простора Војводине и метеоролошких станица, јавља се током зимског и пролећног периода, док је генерално нешто веће одступање и нижа корелација уочена у топлијем делу године, односно током лета (табела 21). У прилогу 47 графички је представљен најјачи и најслабији однос  $T_{\max}$  варијабли мерних станица са осредњеним временским серијама за Војводину, на годишњем и сезонским нивоима.



Прилог 48. Пример максималне (КИ) и минималне (ВШ) повезаности независне и зависних варијабли тестирањем пролећних  $aT_{min}$

Нешто израженија расипања ројева тачака око линије фита и генерално нешто ниже вредности  $r$ , карактеристични су за  $aT_{max}$ ,  $aT_{min}$  и  $ETR$ , приликом поређења временских серија метеоролошких станица и истраживаног подручја. У свим случајевима уочава се позитивна веза између тестираних варијабли, а осим у три случаја, све вредности коефицијента корелације премашују 0,8. На основу претходно изнетих података, може се извести закључак да, и за ова три параметра, постоји снажна корелациона повезаност између тестираних временских серија. Временски низови који се најбоље подударују са осредњеним војвођанским серијама, су са мерних станица Кикинда, Римски Шанчеви (Нови Сад) и Зрењанин, а највећа одступања забележена су у Вршцу (прилог 48). Такође, и у овим случајевима уочава се нешто јаче расипање тачака, односно ниже вредности коефицијента корелације, током летњег и јесењег периода године (табела 22).



Табела 22. Вредности коефицијента корелације ( $r$ ) за  $aT_{max}$ ,  $aT_{min}$  и  $ETR$  између осредњених временских серија простора Војводине и низова појединачних метеоролошких станица; Напомена: год. – годишњи период; з – зима; п – пролеће; л – лето; ј – јесен; **болд** – максимална вредност  $r$ ; италик – минимална вредност  $r$

|                              | период | ПЛ    | СО    | СЕ           | КИ           | ВР           | НС           | ЗР           | ЈТ    | СМ           | ВШ           |
|------------------------------|--------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|
| <b><math>aT_{max}</math></b> | год.   | 0,928 | 0,932 | 0,932        | <b>0,982</b> | 0,958        | 0,950        | 0,940        | 0,907 | 0,961        | <u>0,922</u> |
|                              | з      | 0,936 | 0,941 | 0,971        | <b>0,981</b> | 0,979        | 0,967        | 0,971        | 0,930 | 0,950        | <u>0,902</u> |
|                              | п      | 0,960 | 0,942 | 0,961        | <b>0,981</b> | 0,961        | 0,974        | <u>0,940</u> | 0,944 | 0,970        | 0,959        |
|                              | л      | 0,949 | 0,948 | <u>0,904</u> | <b>0,982</b> | 0,947        | 0,951        | 0,937        | 0,923 | 0,958        | 0,957        |
|                              | ј      | 0,908 | 0,945 | 0,942        | <b>0,958</b> | <u>0,854</u> | 0,948        | 0,951        | 0,927 | 0,956        | 0,895        |
| <b><math>aT_{min}</math></b> | год.   | 0,939 | 0,947 | 0,938        | 0,947        | 0,946        | 0,959        | <b>0,974</b> | 0,914 | 0,862        | <u>0,838</u> |
|                              | з      | 0,972 | 0,942 | 0,968        | 0,919        | 0,962        | 0,972        | <b>0,981</b> | 0,957 | 0,918        | <u>0,862</u> |
|                              | п      | 0,946 | 0,949 | 0,924        | 0,958        | 0,948        | <b>0,966</b> | 0,940        | 0,902 | 0,932        | <u>0,723</u> |
|                              | л      | 0,834 | 0,912 | 0,887        | 0,919        | 0,904        | <b>0,933</b> | 0,917        | 0,844 | <u>0,757</u> | 0,815        |
|                              | ј      | 0,922 | 0,924 | <b>0,960</b> | 0,944        | 0,932        | 0,948        | 0,939        | 0,920 | 0,930        | <u>0,853</u> |
| <b>ETR</b>                   | год.   | 0,860 | 0,866 | 0,879        | 0,940        | 0,921        | 0,927        | <b>0,954</b> | 0,903 | 0,903        | <u>0,849</u> |
|                              | з      | 0,906 | 0,909 | 0,930        | 0,896        | 0,941        | 0,951        | <b>0,953</b> | 0,947 | 0,891        | <u>0,794</u> |
|                              | п      | 0,922 | 0,909 | 0,919        | 0,959        | 0,948        | <b>0,961</b> | 0,926        | 0,875 | 0,942        | <u>0,814</u> |
|                              | л      | 0,892 | 0,912 | <u>0,858</u> | <b>0,953</b> | 0,942        | 0,949        | 0,933        | 0,907 | 0,927        | 0,902        |
|                              | ј      | 0,874 | 0,920 | 0,946        | <b>0,951</b> | 0,868        | 0,944        | 0,948        | 0,912 | 0,923        | <u>0,866</u> |

Scatterplot анализа дана са екстремним температурама, указује на постојање високих позитивних вредности коефицијента корелације између тестираних варијабли, односно код ледених и летњих дана у свим случајевима  $r$  има вредности изнад 0,9, док се код мразних и тропских дана, вредности које су ниже од 0,9, јављају у пет односно два случаја (табела 23). Временске серије у Кикинди најбоље се корелирају са просечним вредностима у Војводини, а низови са метеоролошких станица у Јаши Томићу и Вршцу, имају највиша одступања, односно најниже корелационе вредности. Неопходно је напоменути да, као и у претходно анализираним параметрима екстрема, зависне варијабле зимских вредности показују већу повезаност са предикторским варијаблама истог периода, док временске серије летњих и јесењих вредности имају нижи  $r$ .

Табела 23. Вредности коефицијента корелације ( $r$ ) за  $t_x < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_n < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  и  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$  између осредњених временских серија простора Војводине и низова појединачних метеоролошких станица; Напомена: год. – годишњи период; з – зима; п – пролеће; л – лето; ј – јесен; **болд** – максимална вредност  $r$ ; италик – минимална вредност  $r$

|                             | период | ПЛ           | СО           | СЕ    | КИ           | ВР           | НС           | ЗР           | ЈТ           | СМ    | ВШ           |
|-----------------------------|--------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| $t_x < 0^\circ\text{C}$     | год.   | 0,982        | 0,975        | 0,970 | 0,984        | <b>0,987</b> | 0,981        | 0,987        | 0,974        | 0,968 | <u>0,928</u> |
|                             | з      | 0,984        | 0,972        | 0,974 | 0,983        | <b>0,988</b> | 0,980        | 0,988        | 0,970        | 0,970 | <u>0,936</u> |
| $t_n < 0^\circ\text{C}$     | год.   | 0,934        | 0,910        | 0,939 | <b>0,970</b> | 0,931        | 0,939        | 0,953        | 0,892        | 0,930 | <u>0,883</u> |
|                             | з      | 0,951        | <u>0,918</u> | 0,956 | <b>0,971</b> | 0,957        | 0,952        | 0,964        | 0,943        | 0,941 | 0,939        |
|                             | п      | 0,960        | 0,947        | 0,946 | <b>0,979</b> | 0,941        | 0,969        | 0,955        | 0,934        | 0,952 | <u>0,844</u> |
|                             | ј      | 0,952        | 0,950        | 0,962 | <b>0,972</b> | 0,932        | 0,958        | 0,960        | <u>0,863</u> | 0,950 | 0,887        |
| $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ | год.   | 0,937        | 0,954        | 0,950 | <b>0,980</b> | 0,953        | 0,959        | 0,927        | <u>0,901</u> | 0,948 | 0,946        |
|                             | п      | 0,966        | 0,976        | 0,959 | 0,973        | 0,969        | <b>0,977</b> | 0,972        | <u>0,940</u> | 0,956 | 0,967        |
|                             | л      | 0,959        | 0,952        | 0,905 | <b>0,966</b> | 0,938        | 0,933        | 0,932        | <u>0,902</u> | 0,937 | 0,926        |
|                             | ј      | 0,962        | 0,944        | 0,956 | <b>0,983</b> | 0,964        | <u>0,909</u> | 0,959        | 0,959        | 0,956 | 0,942        |
| $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ | год.   | 0,961        | 0,947        | 0,940 | <b>0,983</b> | 0,930        | 0,934        | 0,962        | <u>0,904</u> | 0,950 | 0,958        |
|                             | л      | 0,967        | 0,958        | 0,948 | <b>0,985</b> | 0,936        | 0,952        | 0,966        | <u>0,918</u> | 0,956 | 0,961        |
|                             | ј      | <u>0,893</u> | 0,914        | 0,942 | 0,959        | 0,938        | 0,897        | <b>0,963</b> | 0,915        | 0,945 | 0,928        |

Резултати анализе, за све испитиване варијабле параметра екстрема, указују да свих десет метеоролошких станица имају високу повезаност са кретањем просечних температурних вредности за простор Војводине. Наиме, мало расипање ројева тачака око линије најбољег фита, које је потврђено и високим позитивним коефицијентима корелације (у скоро свим случајевима изнад 0,8), указују да годишње и сезонске осцилације на појединачним станицама у великој мери прате осредњене флукуације екстрема за читаво подручје Војводине. Истовремено, најуједначеније кретање са предикторским варијаблима (подручје Војводине) имају временске серије метеоролошких станица у североисточном и централном делу истраживаног простора, односно КИ, НС и ЗР. Најслабију повезаност имају мерне станице у ВШ и ЈТ, које су смештене у крајњем источном и југоисточном делу Војводине и просторно су најудаљеније од средишњег дела истраживаног подручја и других метеоролошких станица. На основу тога, могло би се закључити, да ова условно речено већа удаљеност, заједно са другим климатским елементима које имају нешто измењеније одлике у

односу на остале делове Војводине, највероватније утичу на слабију повезаност са осредњеним војвођанским варијаблама, које ипак у већини случајева прелазе вредност  $r$  од 0,8. Тестирање ројева тачака између метеоролошких станица, у већини случајева показују мало расипање око линије најбољег фита, са високим вредностима коефицијента корелације који прелазе 0,7<sup>16</sup>. На основу анализе ројева тачака, генерално се може закључити да, на основу тестирања варијабли десет параметара екстрема, на простору Војводине не постоје значајне температурне разлике, односно да су температурне прилике екстрема највероватније униформне.

## КЛАСТЕР (CLUSTER) АНАЛИЗА

Кластер анализа, која представља експлоративну технику, класификује задате податке истраживаних објеката (у овом случају метеоролошких станица) и врши поделу у групе (кластере), са циљем да сви подаци, односно објекти у једној групи или кластеру, имају сличне одређене карактеристике или међусобну просторну повезаност (Tan et al., 2006).

Кластер анализа вршена је помоћу софтверског пакета Statistica 8.0, а тестирано је десет параметара екстремних температура ваздуха ( $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , DTR,  $aT_{\max}$ ,  $aT_{\min}$ , ETR,  $t_x < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_n < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  и  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), за годишњи и за сва четири сезонска периода. Анализирани су временске серије са вредностима одступања<sup>17</sup> за осам метеоролошких станица на простору Војводине у периоду 1951-2000. године. С обзиром на то да кластер анализа функционише на начин да узима најкраћи могући низ (у ситуацијама када нивои нису исте дужине), временске серије екстрема мерних станица Врбас и Јаша Томић, искључене су током анализе, из разлога што би груписање станица било извршено на основу 38, а не максималних 50 случајева. Приликом кластерског анализирања варијабли, коришћен је хијерархијски (Joining tree) тип кластера, а као метод оцене

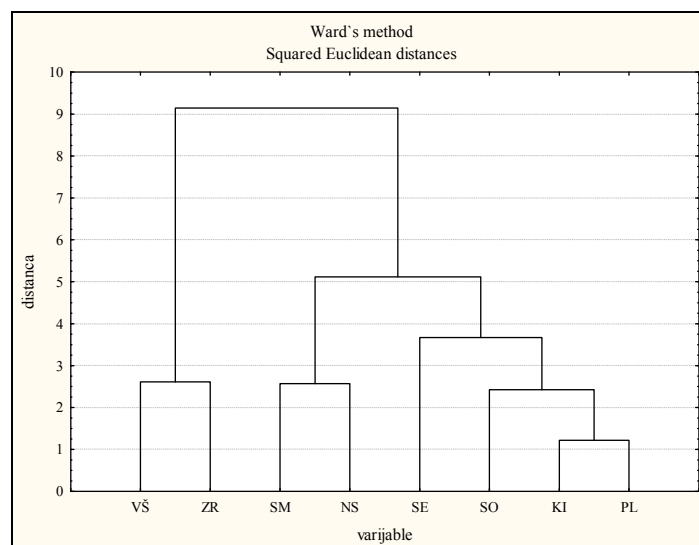
---

<sup>16</sup> Резултати нису представљени у докторској дисертацији.

<sup>17</sup> Вредности одступања добијене су идентично као и за анализу роја тачака (scatterplot).

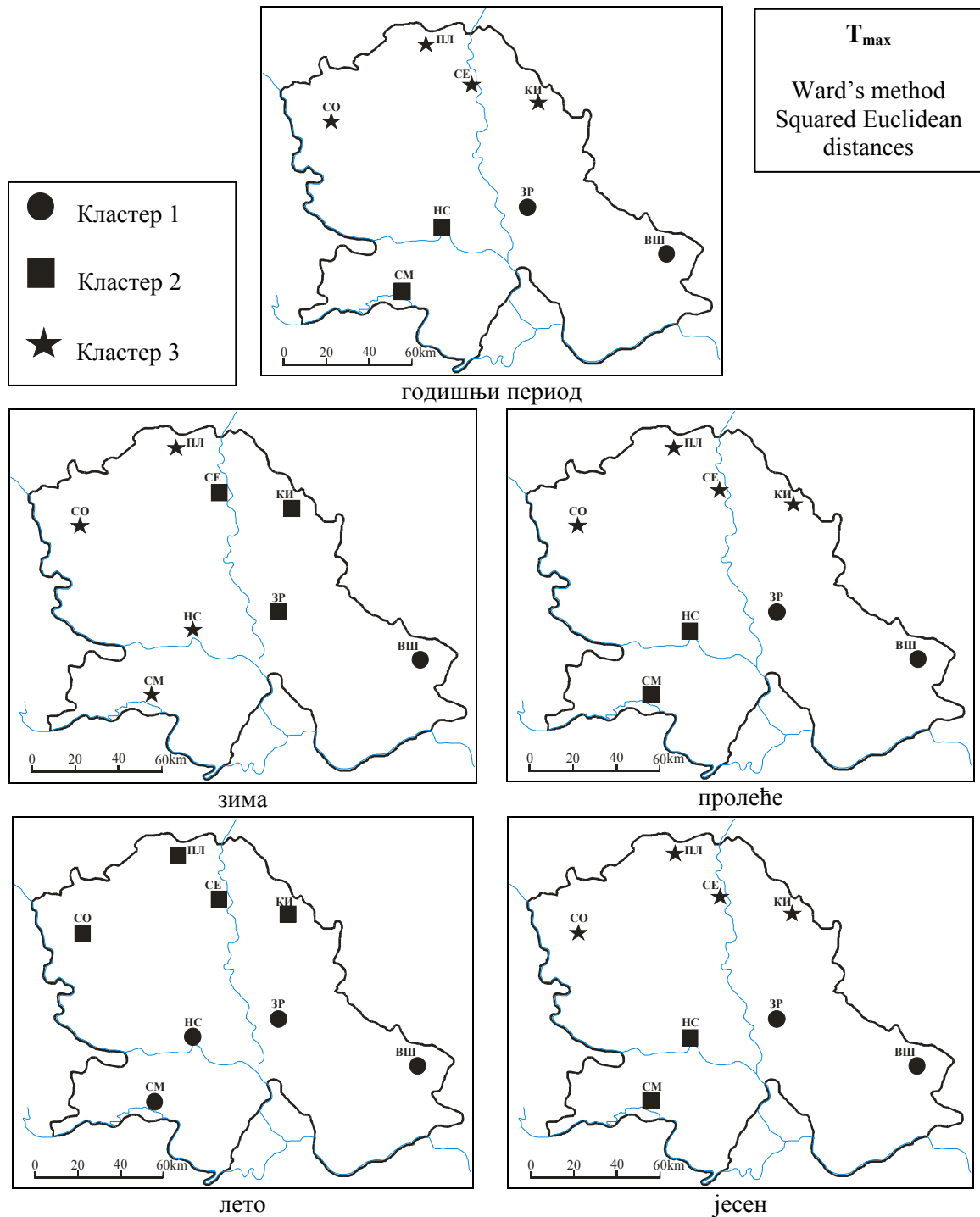
сличности између варијабли узета је Метода Варда (Ward's method) и квадрирано Еуклидово растојање (Squared Euclidean Distance).

У већини научних радова, у којима су коришћене хијерархијске кластер анализе, графичко представљање резултата приказано је помоћу специјалног дијаграма - дендограма (прилог 49). Међутим, приликом графичког представљања кластер анализе параметара екстрема, који су предмет истраживања ове дисертације, приступило се картографском, односно просторном начину приказивања распореда кластера у Војводини (прилози 50-59).



Прилог 49. Хијерархијска кластер анализа годишњих  $T_{max}$  временских серија метеоролошких станица у Војводини представљена помоћу дендограма

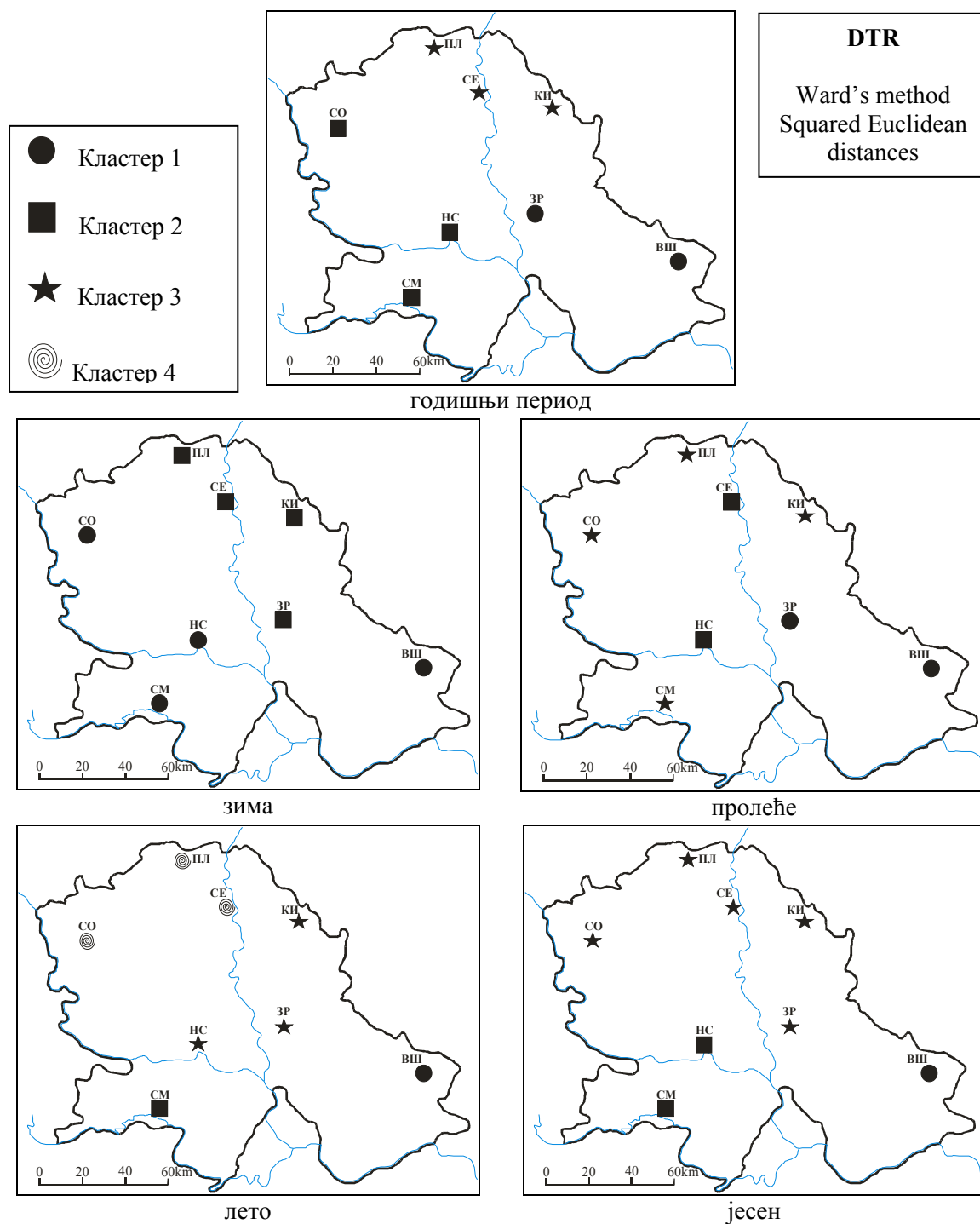
Анализом годишњих и сезонских временских серија **средњих максималних температура ваздуха ( $T_{max}$ )**, издвојена су три кластера на простору Војводине (прилог 50). Уочљиво је да посебну групу представљају станице у југоисточном делу истраживаног подручја (ЗР и ВШ), затим други кластер обухвата станице у југозападном делу (СМ и НС), а трећи кластер чине станице у северном делу територије Војводине. Минимално одступање, од претходно изнете просторне расподеле кластера, запажа се за летњи период где су све станице груписане у два кластера, односно на станице јужног и северног дела Војводине. У зимском периоду, нешто је другачији распоред кластера, где су станице, на основу карактеристика зимских вредности  $T_{max}$ , груписане на крајњи југоисточни, источни и западни део истраживаног подручја.



Прилог 50. Кластер анализа појаве  $T_{max}$  на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.

Анализа просторног распореда  $T_{min}$ , указује на постојање три кластера који издвајају станице на југоисточни, југозападни и северно-централни део Војводине (прилог 51). У свим случајевима ВШ и СМ представљају један кластер или самостална два кластера, док су, у зимском и летњем периоду, остале станице





Прилог 52. Кластер анализа појаве DTR на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.

На основу анализа **DTR-а**, извршено је генерално груписање на станице у југоисточном делу, западно-југозападном делу и северно-североисточном делу територије Војводине (прилог 52). И код овог параметра, ВШ представља посебан кластер, СМ, НС и СО сачињавају кластер западно-југозападног простора, а ПЛ,

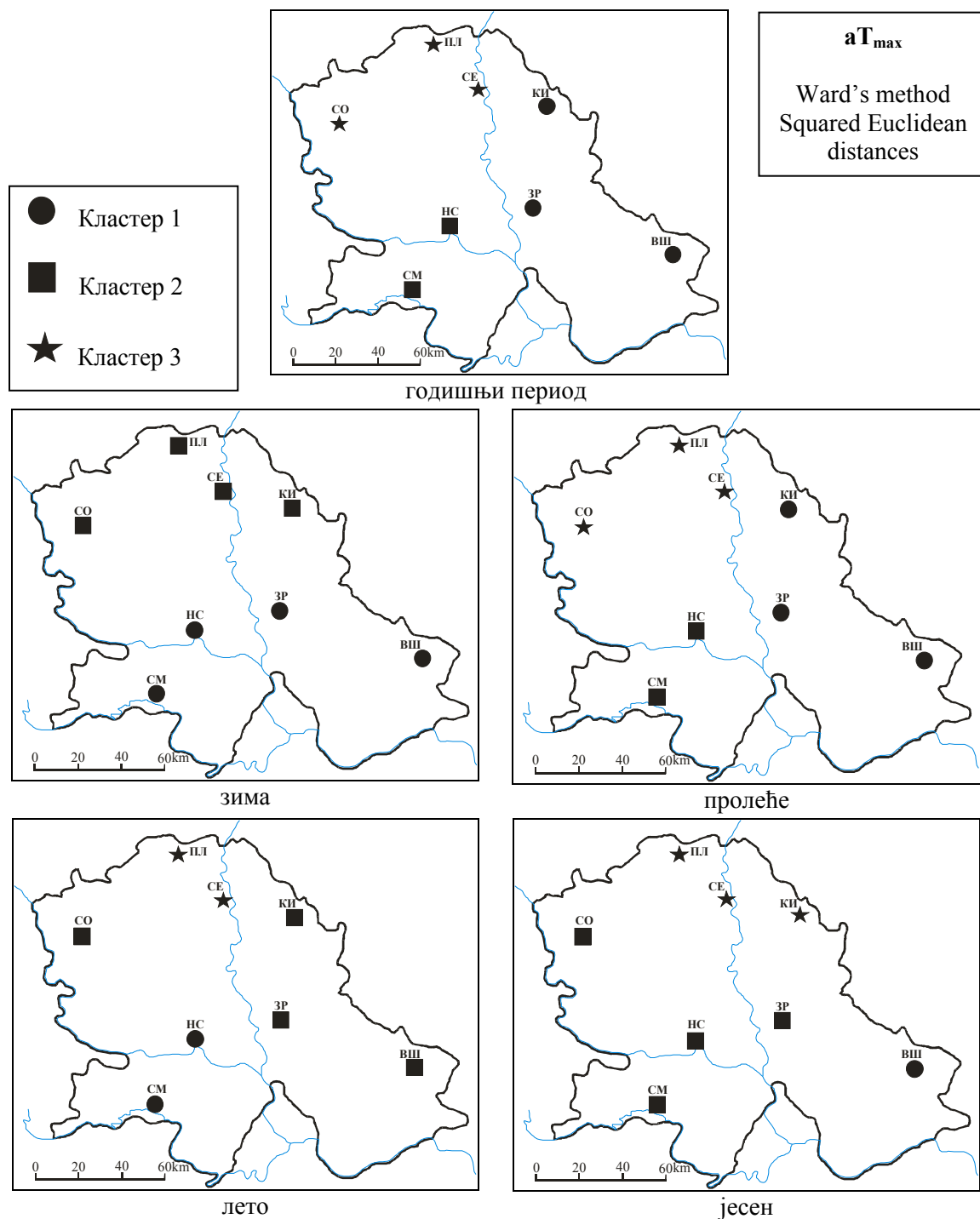
СЕ, КИ и ЗР чине кластер северно-североисточног простора. Неопходно је напоменути да за годишњи и јесењи период, ЗР и ВШ чине јединствен кластер. Интересантно је да су једино летњи нивои DTR-а груписани у четири кластера, и то крајњи југоисточни, југозападни, северозападни и централно-североисточни.

Кластер анализа **апсолутно максималних температура ваздуха ( $aT_{\max}$ )**, указује да постоји груписање станица које су смештене у источном (КИ, ЗР и ВШ), југозападном (СМ и НС) и северозападном (СО, ПЛ и СЕ) делу Војводине. Приметно је да за летњи период СО припада кластеру станица источног дела Војводине, а у јесењем делу КИ, ЗР и ВШ су развојени у три различита кластера (прилог 53).

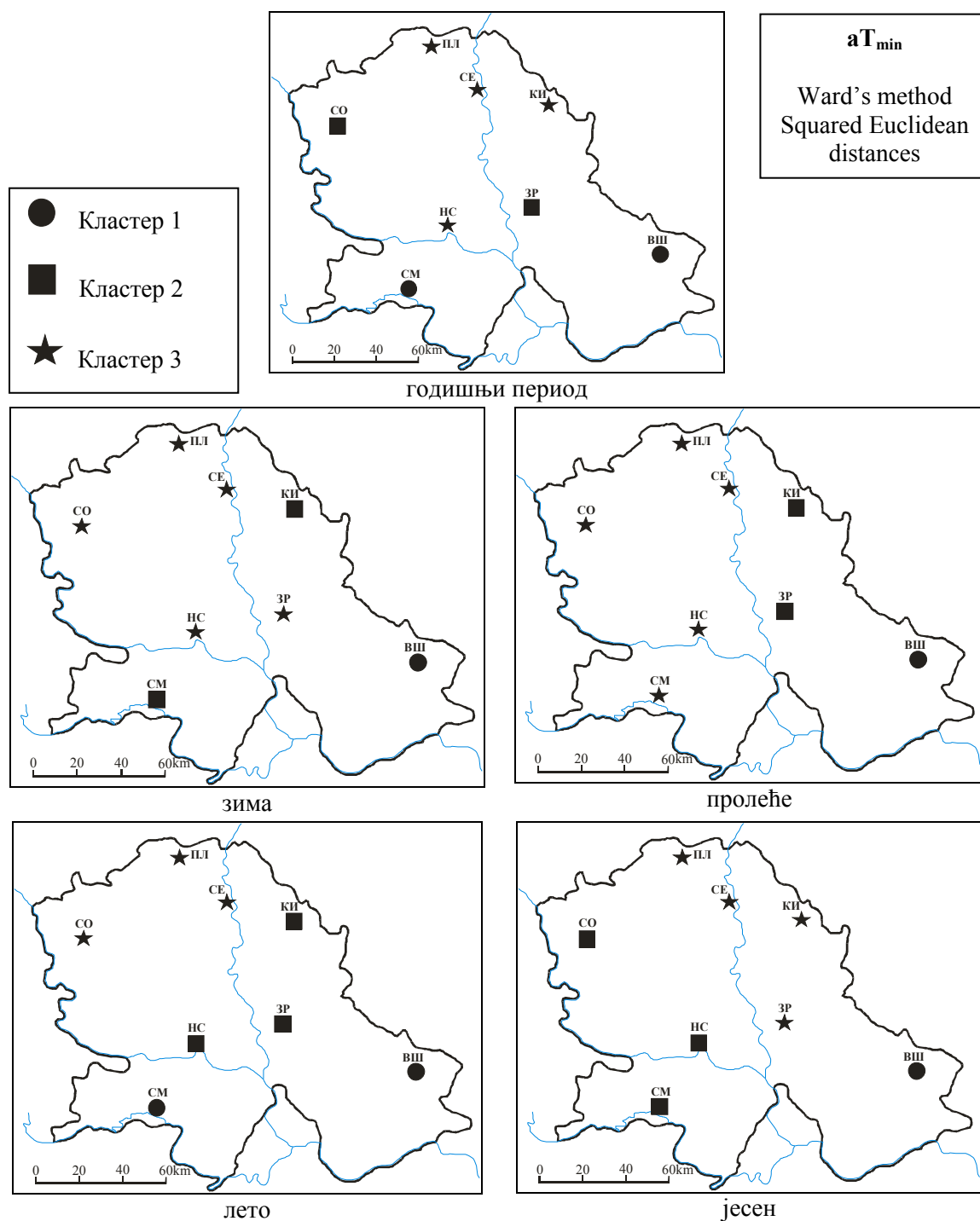
На основу карактеристика  **$aT_{\min}$** , на територији Војводине, ВШ се издваја као посебан кластер, док у годишњем и летњем периоду са СМ чини кластер станица јужног дела испитиваног простора. На основу груписања станица у зимском, пролећном и јесењем периоду, издваја се кластер станица западног дела Војводине (ПЛ, СЕ, СО, ЗР, НС и СМ). Такође, уочава се и кластер који чине станице у североисточном и источном делу (ПЛ, СЕ, КИ и ЗР), током годишњег, пролећног, летњег и јесењег периода (прилог 54).

Кластер анализа нивоа **ETR-a**, показује да су станице у свим временским периодима груписане у три кластера (прилог 55). Метеоролошка станица ВШ је у свим случајевима (осим током лета) издвојена као засебан кластер. Такође, станица ПЛ, у годишњем и сезонским периодима, представља реперну станицу са карактеристикама ETR-a за северни део Војводине, док у зимском, пролећном и летњем периоду, заједно са СО, КИ и СЕ, чини јединствени кластер. Мерне станице НС, ЗР, КИ, СМ и СО, углавном су груписани у један или два кластера, који представљају карактеристике ETR-a за централни или западни део истраживаног подручја.

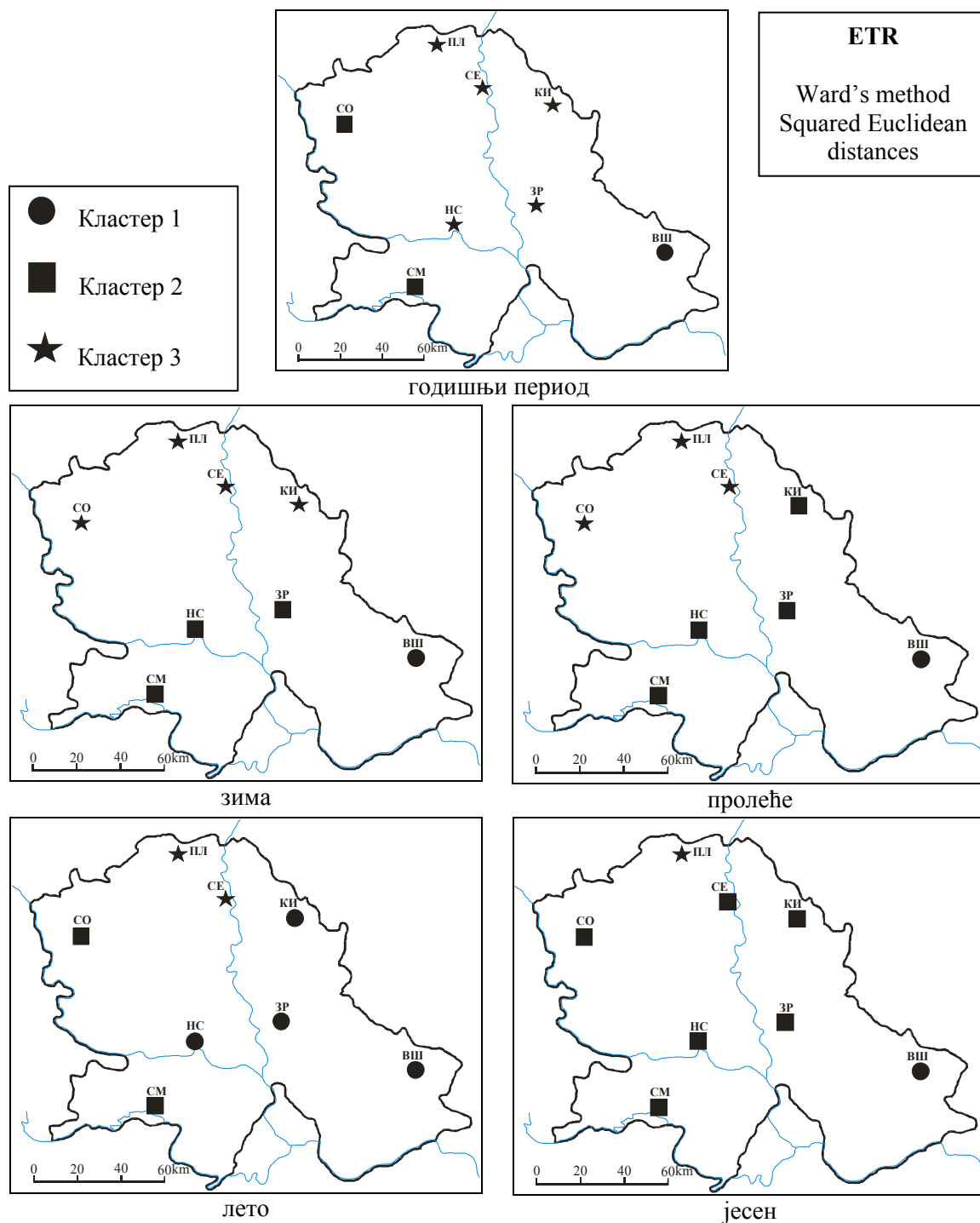




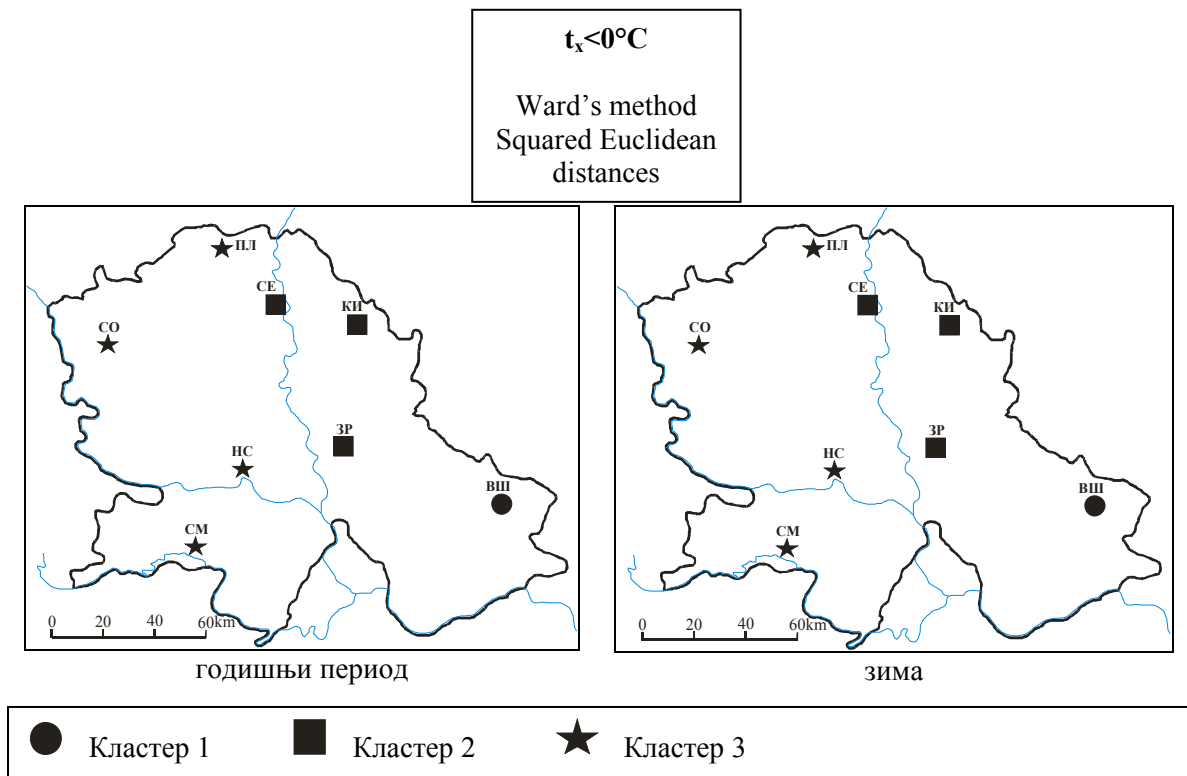
Прилог 53. Кластер анализа појаве  $aT_{max}$  на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.



Прилог 54. Кластер анализа појаве  $aT_{min}$  на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.



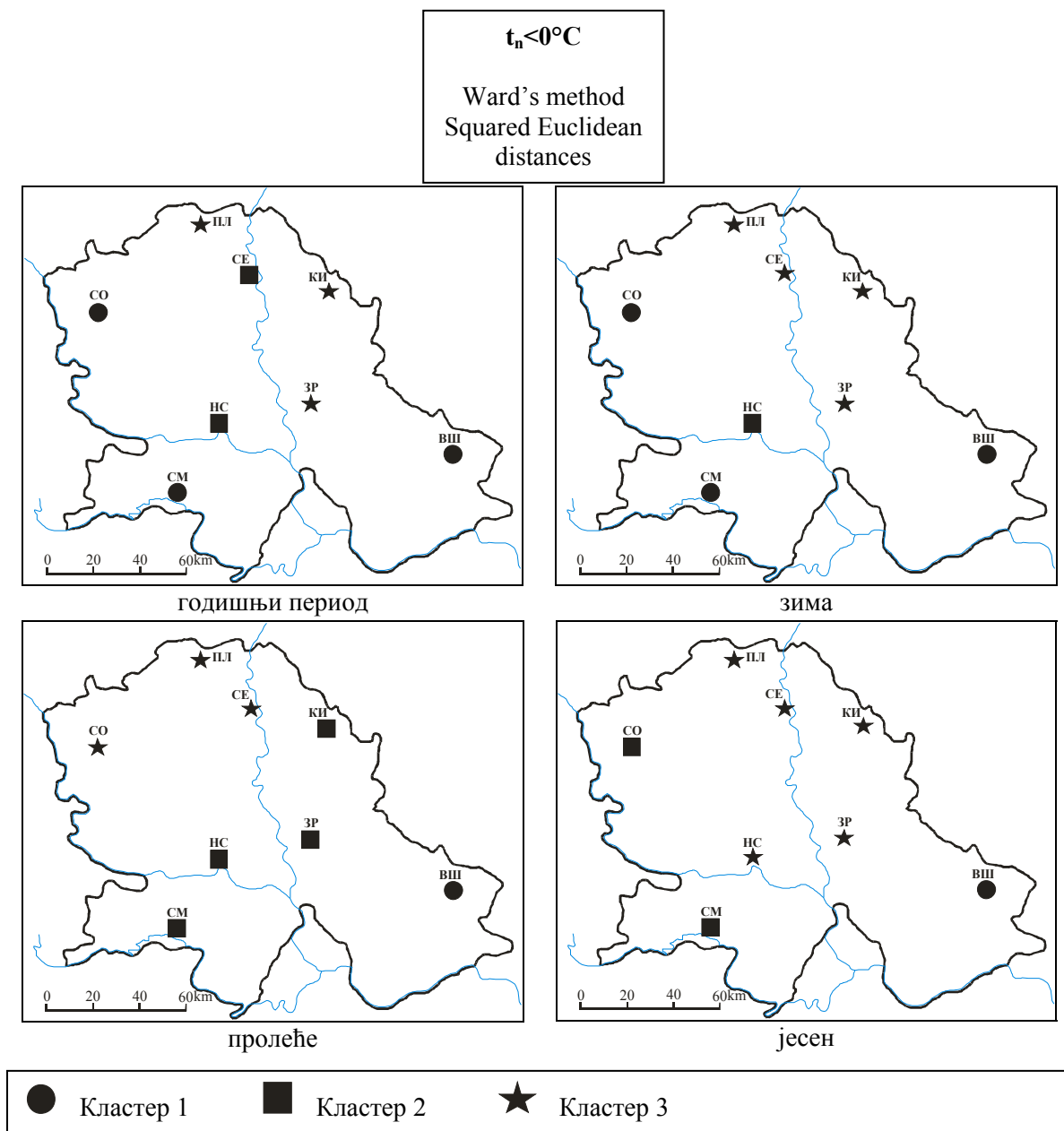
Прилог 55. Кластер анализа појаве ETR на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.



Прилог 56. Кластер анализа појаве  $t_x < 0^\circ\text{C}$  на подручју Војводине током године и зиме у периоду 1951-2000.

Кластер анализа временских серија **ледених дана** ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ) (прилог 56), груписала је метеоролошке станице у три кластера. Тестирање је урађено за годишњи и зимски период и у оба случаја добијен је идентичан распоред по кластерима. Тако су груписане станице западног дела истраживаног простора (ПЛ, СО, НС и СМ), затим источног (СЕ, КИ и ЗР) и крајњег југоисточног (ВШ) дела Војводине.

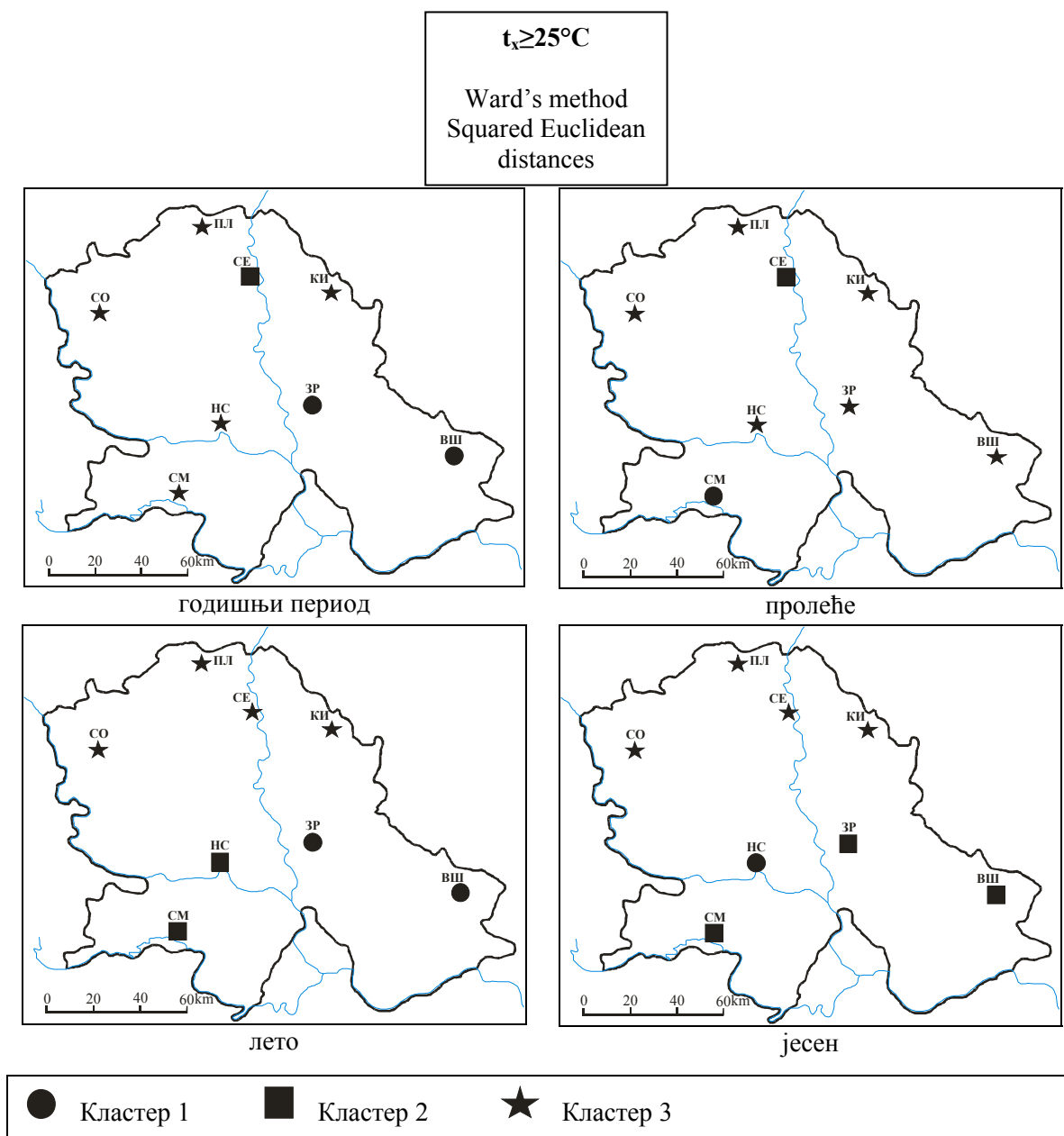
Тестирање просторног распореда на основу вредности низова **мразних дана** ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ), вршена је за три сезонска и годишњи период. У годишњем и зимском периоду уочава се издвајање кластера јужно и западно лоцираних станица (ВШ, СМ и СО), док пролећној и јесењој сезони ВШ представља самосталан кластер. У већини случајева ПЛ, КИ, СЕ и ЗР сачињавају јединствени кластер који представљају карактеристике  $t_n < 0^\circ\text{C}$  северног и источног дела Војводине (прилог 57).



Прилог 57. Кластер анализа појаве  $t_n < 0^{\circ}\text{C}$  на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.

На основу анализе летњих дана ( $t_x \geq 25^{\circ}\text{C}$ ), генерално се уочава груписање станица у три кластера, који обухватају метеоролошке станицу у југоисточном, затим југозападном и северно-централном делу простора Војводине. Одређена одступања у односу на претходну констатацију, приметна су код резултата годишњих вредности, где јединствени кластер чине станице у северном и

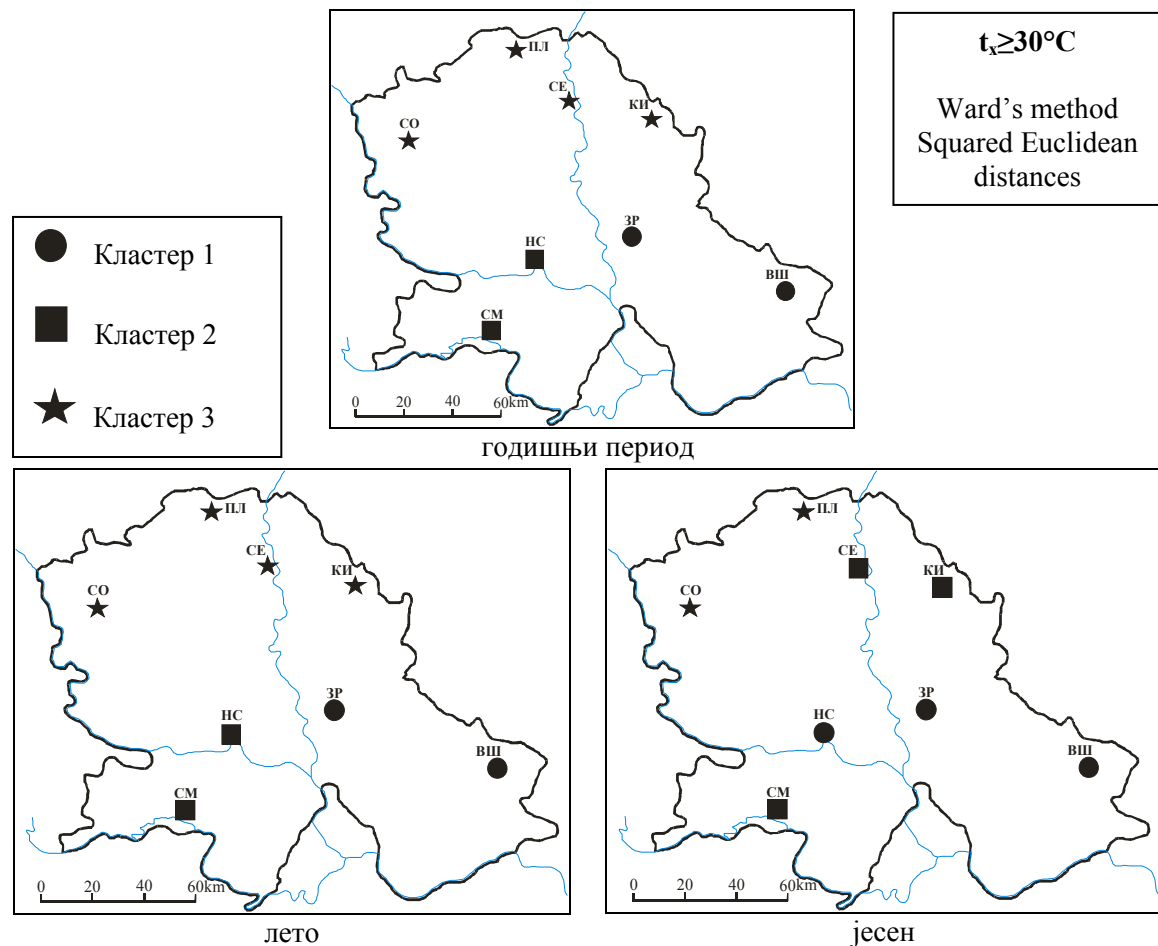
западном делу територије. Такође, у пролећном периоду, све станице, осим СЕ и СМ, припадају једном кластеру (прилог 58).



Прилог 58. Кластер анализа појаве  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  на подручју Војводине током године и сезона у периоду 1951-2000.

Метеоролошке станице, на основу временских серија тропских дана ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), груписане су у три кластера. Расподела станица по кластерима, у годишњем и летњем периоду, је идентична, односно издвојене су групе станица у

југоисточном (ВШ и ЗР), југозападном (СМ и НС) и северном (ПЛ, СО, СЕ и КИ) делу Војводине. Једино се у анализи јесењих вредност уочавају одређене разлике, где први кластер чине ВШ, ЗР и НС, други кластер СЕ, КИ и СМ, а трећи ПЛ и СО (прилог 59).



Прилог 59. Кластер анализа појаве  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$  на подручју Војводине током године, лета и јесени у периоду 1951-2000.

Посматрајући распоред станица по кластерима, односно просторно груписање истих, уочавају се одређене разлике, у зависности који је од параметара екстрема тестиран. Међутим, из ове хетерогене слике, може се дефинисати генерални закључак просторног распореда станица на територији Војводине, а на основу временских серија параметара екстремних температура ваздуха. Кластер који представља специфичности југоисточног дела истраживаног простора, најчешће сачињавају две мерне станице ВШ и ЗР, док СМ

и НС припадају кластеру југозападног дела територије Војводине. Истовремено, ПЛ, СО, СЕ и КИ у већини случајева класификовани су у јединствен кластер, који представља одлике екстремних температура северног дела Војводине. Неопходно је напоменути, да су се у неколико случајева јављали кластери који обухватају јужни (ВШ и СМ) и западни (СМ, НС и СО) део Војводине. Кластер анализу температурних параметара на простору Балканског полуострва, односно Бугарске, вршили су Дуцић и сар. (Ducić et al., 2007) и Николова и Пенев (Nikolova and Penev, 2007).

### ТЕСТИРАЊЕ ЛИНЕАРНЕ РЕГРЕСИЈЕ

У циљу откривања евентуалне разлике у вредностима екстремних температура ваздуха између две метеоролошке станице, као и дефинисања да ли је уочена диференција статистички значајна или не, коришћена је анализа тестирања линеарне регресије.

Анализа тестирања права извршена је за десет параметара екстремних температура ваздуха ( $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , DTR,  $aT_{\max}$ ,  $aT_{\min}$ , ETR,  $t_x < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_n < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  и  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), на годишњем и сезонском нивоу, у периоду од 1951. до 2000. године. Резултати линеарне регресије зависних варијабли, добијени су на основу анализе вредности температурних одступања, које су добијене према идентичној методологији, као и за претходне две анализе (рој тачака и кластер анализа).

Приликом анализирања линеарне регресије, није извршено међусобно тестирање између свих десет метеоролошких станица, него је узет узорак станица распоређених на различитим локацијама истраживаног подручја, који би, на основу резултата који су добијени кластер анализом, највероватније могли да представљају реперну слику екстремних температура ваздуха на територији Војводине. Узорак се заснива на концепцији да су изабране три станице које се налазе у различитим кластерима, а затим је свака од њих тестирана са по једном станицом из различитог кластера. Тако је станица ВШ, која углавном представља кластер 1 (југоисток Војводине), тестирана са станицом која је у истом кластеру,



односно ЗР, а затим са још две станице СМ (кластер 2 – југозапад) и СО (кластер 3 - север). Станица СМ, тестирана је са станицом НС (идентични кластер), ЗР (кластер 1) и СО (кластер 3), а мерна станица ПЛ тестирана је са СО (идентични кластер), затим са ЗР (кластер 1) и СМ (кластер 2).

Помоћу ове тест анализе може се дефинисати да ли постоји сигнификантна разлика у тенденцији кретања између двеју линеарних регресија на две различите метеоролошке станице<sup>18</sup>, као и да ли постоји значајна разлика у почетним вредностима двеју регресионих права<sup>19</sup>. У случају добијених сигнификантних резултата, може се говорити о постојању температурних разлика између две станице, док са друге стране, ако вредности нису статистички значајне, може се закључити да постоји температурна униформност.

Тестирање линеарних регресија између метеоролошких станица на подручју Војводине извршена је помоћу софтверског пакета Statistica 8.0.

У табели 24 представљени су резултати који показују да ли постоји статистички значајна температурна разлика између тестираних метеоролошких станица.

Посматрајући резултате у табели 24, уочава се учесталост појаве случајева статистички значајних разлика у тенденцији кретања екстрема између станица ВШ и ЗР, иако према претходној анализи, ове две станице најчешће представљају исти кластер. Разлике између ВШ и ЗР најчешће су код параметара минималних температура и параметара одступања. Знатно мањи број случајева сигнификантних разлика јавља се између ВШ и СО, односно значајне разлике углавном се јављају код  $T_{\max}$ , летњих и тропских дана. Са друге стране, тестирањем линеарне регресије између ВШ и СМ, код свих параметара, забележена је униформност екстрема, односно јужни део истраживаног простора одликује се уједначеним екстремним температурним карактеристикама.

---

<sup>18</sup> Тестирање хипотезе  $H_0 (\alpha=A)$  или  $H_1 (\alpha \neq A)$ , видети на стр. 64

<sup>19</sup> Тестирање хипотезе  $H_0 (\beta=B)$  или  $H_1 (\beta \neq B)$ , видети на стр. 64

Табела 24. Тестирање линеарне регресије између метеоролошких станица у Војводини за период 1951-2000. године; + - сигнификанта вредност; 0 – несигнификантна вредност; Напомена: прва ознака у ћелији - резултат тестирања тенденције кретања регресионих права између две станице; друга ознака у ћелији - показатељ постојања разлике почетних вредности права линеарне регресије; празне ћелије - случајеви када су оба резултата статистички несигнификантна

| пар.                  | п.   | ВШ-ЗР | ВШ-СМ | ВШ-СО | СМ-НС | СМ-ЗР | СМ-СО | ПЛ-СО | ПЛ-ЗР | ПЛ-СМ |
|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T <sub>max</sub>      | год. |       |       | + 0   |       |       | ++    | + 0   | ++    | + 0   |
|                       | з    |       |       |       |       |       | ++    |       |       |       |
|                       | п    |       |       |       |       |       | ++    |       |       | + 0   |
|                       | л    | + 0   |       | ++    |       |       | ++    |       | ++    |       |
|                       | ј    |       |       | + 0   |       |       | + 0   |       | + 0   |       |
| T <sub>min</sub>      | год. | ++    |       |       | ++    | ++    | + 0   | ++    |       | ++    |
|                       | з    | ++    |       |       | ++    | ++    |       | + 0   |       |       |
|                       | п    |       |       |       | ++    | + 0   | + 0   | + 0   |       | ++    |
|                       | л    |       |       |       | ++    | ++    | ++    | ++    | ++    | ++    |
|                       | ј    | ++    |       |       | ++    | + 0   |       | ++    |       | ++    |
| DTR                   | год. | ++    |       |       | ++    | ++    |       | ++    |       | ++    |
|                       | з    | ++    |       |       | ++    | + 0   | + 0   | + 0   | + 0   |       |
|                       | п    |       |       |       | ++    | + 0   |       |       |       |       |
|                       | л    | ++    |       |       | ++    | ++    |       | ++    |       | ++    |
|                       | ј    | ++    |       |       | ++    | + 0   |       | ++    |       |       |
| aT <sub>max</sub>     | год. | + 0   |       | + 0   |       |       | ++    | ++    |       |       |
|                       | з    |       |       |       | + 0   |       |       |       |       |       |
|                       | п    | ++    |       |       |       |       | ++    | ++    |       |       |
|                       | л    |       |       | + 0   | ++    |       | ++    | ++    |       |       |
|                       | ј    |       |       |       |       |       | + 0   |       |       |       |
| aT <sub>min</sub>     | год. |       |       |       | ++    | + 0   |       | ++    | ++    | ++    |
|                       | з    |       |       |       |       | + 0   |       | ++    |       |       |
|                       | п    | + 0   |       |       | ++    |       |       | ++    |       |       |
|                       | л    | ++    |       | 0 +   | ++    | ++    | ++    | ++    |       | ++    |
|                       | ј    |       |       |       |       |       |       | ++    | ++    |       |
| ETR                   | год. | 0 +   |       |       | ++    | + 0   |       | ++    |       | ++    |
|                       | з    |       |       |       |       |       |       | + 0   |       |       |
|                       | п    | ++    |       |       |       |       |       | ++    |       |       |
|                       | л    | ++    |       |       | ++    | ++    |       | ++    |       | ++    |
|                       | ј    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| t <sub>n</sub> < 0°C  | год. |       |       |       |       |       |       | + 0   |       |       |
|                       | з    |       |       |       |       |       |       | + 0   |       |       |
| t <sub>n</sub> < 0°C  | год. | ++    |       |       | ++    | ++    |       | ++    |       | ++    |
|                       | з    | ++    |       | 0 +   |       | ++    |       | ++    |       |       |
|                       | п    | ++    |       |       |       |       |       | ++    |       |       |
|                       | ј    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| t <sub>n</sub> > 25°C | год. | ++    |       | + 0   |       |       | ++    | ++    | ++    |       |
|                       | п    |       |       | ++    |       |       |       |       |       |       |
|                       | л    | + 0   |       | + 0   |       |       | ++    | ++    | + 0   |       |
|                       | ј    | + 0   |       |       |       | + 0   | ++    |       | ++    |       |
| t <sub>n</sub> > 30°C | год. |       |       | ++    | ++    |       | ++    | ++    | + 0   |       |
|                       | л    |       |       | ++    |       |       | ++    | ++    | + 0   |       |
|                       | ј    | + 0   |       |       |       |       |       |       |       |       |

Тестирајући метеоролошку станицу СМ са станицама НС, ЗР и СО, забележен је уједначен број појава сигнификантних диференција (од 18 до 19 случајева) код све три станице (табела 24). Могло би се закључити да овакви резултати највероватније подупиру претходно изнету констатацију о постојању измењенијих карактеристика екстрема на простору јужног, односно југозападног дела Војводине. Најчешћи случајеви појаве статистичких разлика, и код тенденције кретања и код почетних вредности регресионих права, уочавају се код параметара минимума и то приликом тестирања са станицама НС и ЗР. Међутим, приликом тестирања са станицом СО, сигнификантне разлике уочавају се углавном код параметара максималних температура.

Приликом тестирања линеарне регресије мерне станице ПЛ, са станицом СО, добијен је велики број случајева значајних разлика, нарочито код параметара минималних температура. Овакви резултати наводе на претпоставку да простори северозападне и северне Војводине имају различите тенденције кретања екстремних температура. Знатно мањи број појава сигнификантних разлика, углавном код  $T_{\min}$  и  $aT_{\min}$ , уочавају се између ПЛ и СМ. Истовремено, мали број случајева значајних диференција, који се јављају углавном код параметара максималних вредности, уочени су између ПЛ и ЗР (табела 24).

• • •

Сумирајући резултате анализа просторног дефинисања екстремних температура ваздуха на територији Војводине, уочавају се одређене разлике између појединих испитиваних метеоролошких станица, односно делова истраживаног подручја.

На основу резултата претходне три анализе, најчешће се уочава издвајање југоисточног дела Војводине, као простора, у одређеном степену, другачијих карактеристика екстрема. Уочене разлике, у односу на остале делове Војводине, најчешће се односе на минималне температуре ваздуха. Реперна станица овог простора је ВШ, а анализирајући педесетогодишњи истраживани период, на овој станици годишња вредност  $T_{\min}$  износи  $6,3^{\circ}\text{C}$  и представља највиши минимум у односу на остале станице (зимске, пролећне и јесење  $T_{\min}$  такође су највише у ВШ). Истовремено, почетна вредност линеарне регресије годишње  $T_{\min}$  за

станицу ВШ, има највишу вредност у Војводини (прилог 27). Слична ситуација уочава се за ледене дане, где су на станици ВШ добијени најнижи просеци појаве овог параметра, током године и зимског периода. Свакако да одређени климатски фактори, који су доминантни на овом простору, утичу на овакву тенденцију кретања екстрема, пре свега минималних температура. Највероватније да је један од тих фактора југоисточни ветар "Кошава", чија је највећа учесталост појављивања током зимског, пролећног и касно јесењег периода, и који има најдоминантнији утицај у југоисточном делу Војводине. На простору Вршца, "Кошава" се манифестује као ветар југоисточног и јужног правца и удео појављивања износи око 37%. Учесталост појављивања ветра, као и његова просечна брзина, онемогућавају интензивну инверзију топлотне енергије, што истовремено доводи до редукције појаве изузетно ниских дневних температура и дана са екстремно ниским вредностима. Приметно је да "Кошава" има утицаја и у другим деловима Војводине, на пример у ЗР и НС (око 30% честине) где се манифестује као југоисточни и јужни ветар и у СМ (око 25% честине) где се манифестује као ветар источног правца, али је њен утицај највероватније слабији, пре свега на минималне температуре, због мање учесталости и мање просечне брзине. Неопходно је напоменути да је на станици ВШ забележена и најнижа просечна годишња и зимска висина снежног покривача (годишња 28,8 cm; зимска 24,6 cm), што свакако утиче на ређу појаву високих минималних температура, јер је процес "топљење-мржњење" (током пролећног дела године) слабијег интензитета него у другим деловим Војводине.

Приметно је да мерне станице ВШ и СМ имају сличне карактеристике одређених параметара екстрема, што генерално потврђују и претходни резултати просторних анализа. Тако су годишње вредности  $T_{\max}$  на обе станице идентичне (16,6°C), затим сличне вредности јављају се код годишњих  $T_{\min}$  (ВШ 6,3°C; СМ 5,9°C), код годишњих  $aT_{\max}$  (ВШ 24,5°C; СМ 24,9°C), ледених (ВШ 17,9 d; СМ 18,5 d) и мразних (ВШ 84,3 d; СМ 85,7 d) дана. Такође, претходну констатацију поткрепљују чињенице које говоре да су, код претходно поменутих параметара екстрема, за обе станице добијени слични резултати висине почетних вредности линеарне регресије и тенденција кретања екстрема током друге половине XX века.

Посматрајући генералне карактеристике екстрема северног дела територије Војводине, односно метеоролошких станица ПЛ, СО, СЕ и КИ, у односу на станице у јужном делу истраживаног простора, јављају се ниже вредности  $T_{\max}$  (од 0,2 до 0,8°C),  $T_{\min}$  (од 0 до 0,7°C), а  $aT_{\max}$  (од 0,2 до 1,2°C), појаве броја летњих дана (у просеку око 3 дана) и броја тропских дана (у просеку око 0,5 дана). Са друге стране, на четири станице северног дела Војводине, већу учесталост појављивања има просечан број ледених (у просеку око 3 d) и мразних (у просеку око 1,5 d) дана. Истовремено, уколико се посматрају линеарне регресије годишњих  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$ , уочавају се више вредности трендова пораста ових екстрема на северним него на јужним станицама, међутим, почетне вредности регресионих права су више у ВШ, СМ и ЗР, него код мерних станица на северу истраживаног простора (прилози 25 и 27). Уочене температурне разлике, највероватније су настале из разлога веће просечне годишње дебљине снежног покривача (у просеку за 2,3 cm), више релативне влажности ваздуха (у просеку око 1%) и доминантног северног и северозападног ветра, који у овом делу Војводине има учесталост појављивања између 25-30% и просечне брзине око 3 m/s<sup>20</sup>.

Анализирајући станице северног дела територије Војводине, генерално се уочавају одређене температурне разлике између, са једне стране ПЛ и СЕ, а са друге стране СО и КИ. У случају максималних екстрема, на станици ПЛ, и код годишњих и код сезонских просечних вредности, уочавају се ниже вредности у односу на остале три станице. Посматрајући минималне температуре, на станицама ПЛ и СЕ, бележе се више просечне годишње и сезонске вредности, у односу на СО и КИ. Разлог појаве ових диференција, иако су станице међусобно удаљене само око 50 km, највероватније лежи у локалним географским факторима који утичу на карактеристике екстрема. Још већа потврда овој констатацији може бити чињеница да су максималне и минималне температуре осетљивије на утицај промена других климатских елемената или локалних и регионалних географских фактора, него што је то случај код средњих вредности (Tuomenvirta, 2001). Приликом дефинисања географских положаја метеоролошких станица, запажено

---

<sup>20</sup> Учесталост N и NW ветра у северном делу Војводине је мања него учесталост "Кошаве" на југоистоку. Такође, просечна брзина N и NW ветра на северу је нижа него средња брзина "Кошаве" на југоистоку Војводине.

је да је станица ПЛ постављена у непосредној близини, на удаљености од 70 m, од Палићког језера чија водена површина износи око 5 km<sup>2</sup>. Слична, али нешто "ублаженија" ситуација је и код станице СЕ, која се истовремено налази у урбаној зони града и на око 200 m од реке Тисе. С обзиром на то да водене површине имају карактеристике ублажавања вредности екстремних температура, могла би се изнети претпоставка да је то разлог "модификованих" вредности екстрема, пре свега на станици ПЛ, у односу на СО и КИ. Да заиста постоји одређени степен диференције између станица северне Војводине, говоре и резултати тестирања линеарне регресије између ПЛ и СО (табела 24).

Интересантно је напоменути да се учесталије температурне диференције и нешто ниже вредности  $r$  између метеоролошких станица, углавном појављују у летњем делу године, што је уочено приликом тестирања линеарне регресије и анализе ројева тачака, а такође и у анализама хомогености низова (углавном су пролећне и летње серије нехомогене). Оваква ситуација настаје највероватније из разлога сезонских разлика у квалитету података, услед утицаја природних елемената, али и антропогеног фактора<sup>21</sup>.

## **АНАЛИЗА ЕКСТРЕМА ПО ДЕКАДНИМ ПЕРИОДИМА**

У овој студији, осим поучавања просторне диференцијације екстремних температура ваздуха на подручју Војводине, приступило се дефинисању временског аспекта екстрема, односно анализи параметара екстрема по декадним периодима, у циљу утврђивања карактеристика осцилација и тенденција кретања температура током педесетогодишњег истраживачког периода.

Анализа карактеристика кретања екстремних температура и утврђивање њихове евентуалне разлике између пет испитиваних декада, вршено је дефинисањем фреквенције појављивања одређених температурних вредности. За временску анализу екстремних температура, коришћен је хистограм – стубасти

---

<sup>21</sup> Детаљније објашњење видети на стр. 85

графикон који показује учесталост појављивања одређених група података, а које истовремено, представљају вредности временске серије једне од испитиваних параметара екстрема. У овој анализи коришћено је десет параметара екстремних температура ваздуха ( $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ , DTR,  $aT_{\max}$ ,  $aT_{\min}$ , ETR,  $t_x < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_n < 0^\circ\text{C}$ ,  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  и  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), осредњених за подручје читаве Војводине, у временском периоду од 1951. до 2000. године. Неопходно је напоменути, да као и код претходних анализа, тестиране су временске серије за годишњи период и за сва четири годишња доба. Истовремено, током анализирања, нису коришћени нивои измерених вредности екстремних температура ваздуха, него временске серије са вредностима одступања<sup>22</sup>. На овакав корак приступило се, са једне стране, јер је уочено да се, код вредности одступања и измерених вредности, добијају идентични односи статистичких разлика између декада, а са друге стране, одступања су коришћена из разлога лакше визуелне уочљивости евентуалних температурних разлика између декада.

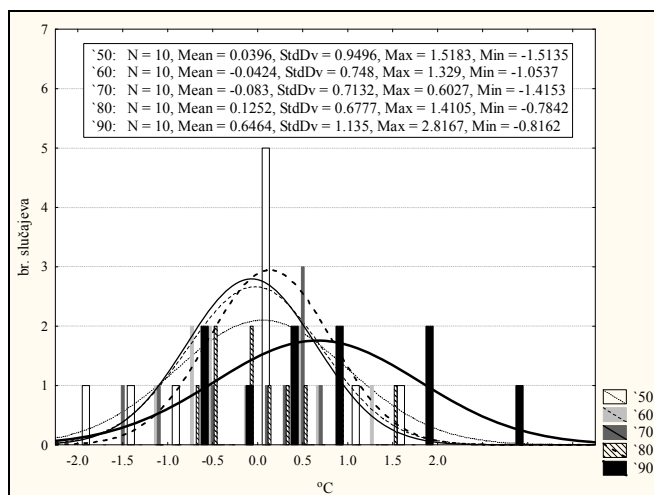
За статистичко обрађивање података и креирање хистограма, коришћен је софтверски пакет Statistica 8.0. Приликом графичког представљања резултата, осим приказивања висине фреквенција, помоћу стубастог графикона, за дефинисање температурних кретања и разлика између декада коришћена је и крива нормалне расподеле, односно Гаусова крива (*eng.* Gaussian distribution). Такође, у резултатима анализе, представљене су просечне вредности (mean), затим максималне (max) и минималне (min) вредности, као и вредности стандардне девијације (SD).

Ради лакшег разумевања резултата, неопходно је напоменути да позитивне вредности одступања говоре да дотичне године, односно декаде, представљају изнад просечно топле периоде (изузев у параметрима ледених и мразних дана), док негативне вредности имају супротан карактер. Истовремено, вредности  $x$ -осе хистограма, коју сачињавају класификоване групе вредности ограничене максималним и минималним интервалима, представљају независну варијаблу, док вредности  $y$ -осе хистограма, која показује број случајева појављивања података временских серија, представљају зависну варијаблу.

---

<sup>22</sup> Вредности одступања добијене су идентично као и за анализу роја тачака и кластер анализу.

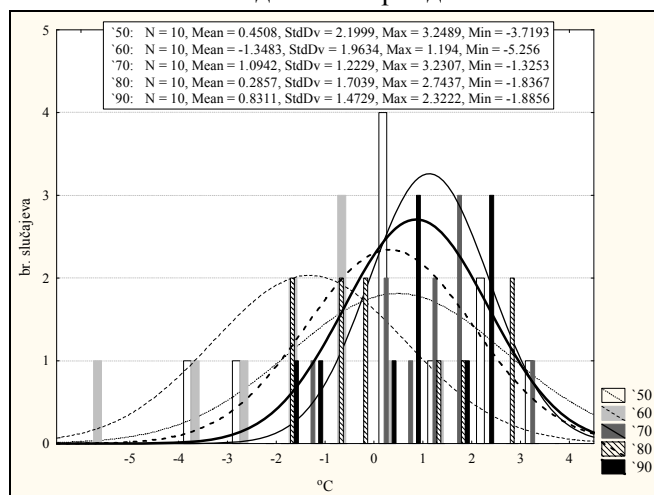
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



**Легенда**

**mean** – просечна вредност  
**SD** – стандардна девијација  
**max** – максимална вредност  
**min** – минимална вредност

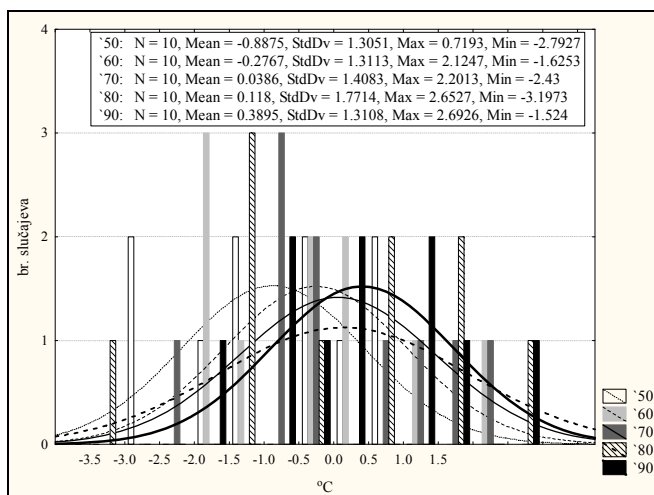
годишњи период



**Легенда**

**mean** – просечна вредност  
**SD** – стандардна девијација  
**max** – максимална вредност  
**min** – минимална вредност

зима



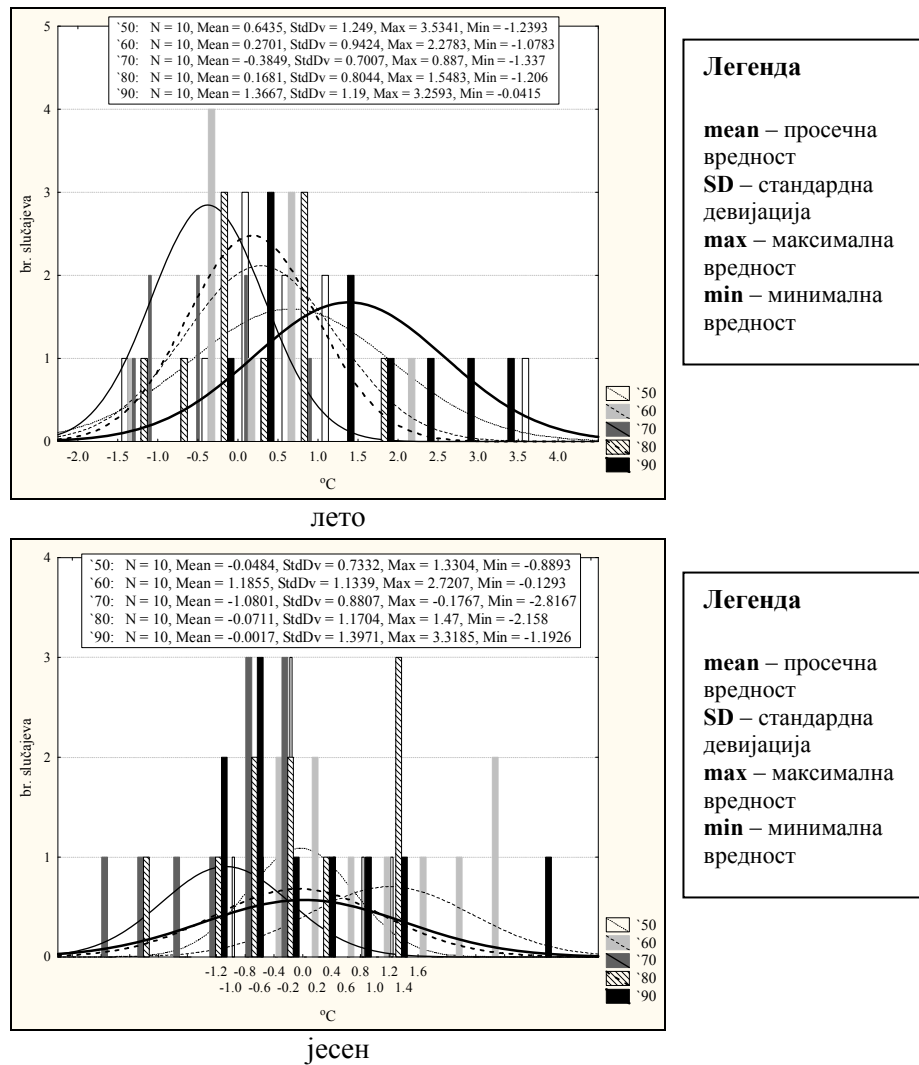
**Легенда**

**mean** – просечна вредност  
**SD** – стандардна девијација  
**max** – максимална вредност  
**min** – минимална вредност

пролеће

Прилог 60. Хистограм декадних годишњих, зимских и пролећних временских серија  $T_{max}$  за подручје Војводине; Напомена: '50) период 1951-1960; '60) период 1961-1970; '70) период 1971-1980; '80) период 1981-1990; '90) период 1991-2000





Прилог 60. (наставак); Хистограм декадних летњих и јесењих временских серија  $T_{max}$  за подручје Војводине

Посматрајући годишње декадне вредности **средњих максималних температура** ( $T_{max}$ ) за простор Војводине (прилог 60; табела 25), уочава се да деведесете ('90) представљају најтоплију декаду у оквиру истраживаног временског периода. Просечна вредност одступања износи  $0,65^{\circ}\text{C}$ , што значи да је средња максимална температура последње декаде за  $0,52^{\circ}\text{C}$  топлија у односу на осамдесете ('80), где просек износи  $0,13^{\circ}\text{C}$ . Такође, '90 су за  $0,61^{\circ}\text{C}$  топлије од педесетих година ('50), затим за  $0,69^{\circ}\text{C}$  од шездесетих ('60) и за  $0,73^{\circ}\text{C}$  од најхладнијег декадног периода, односно седамдесетих ('70). Највишу просечну вредност прати и највиша вредност стандардне девијације која код '90 износи 1,14, а најниже су забележене код '60, '70 и '80. Највиша максимална вредност

одступања добијена је у последњој декади XX века ( $2,82^{\circ}\text{C}$ ), а најмањи максимум у декади седамдесетих година ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ). Када је реч о минимумима вредности одступања, највеће негативне аномалије јављале су се `50 ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) и `70 ( $-1,4^{\circ}\text{C}$ ), а најниже негативне вредности током `80 ( $-0,8^{\circ}\text{C}$ ) и `90 ( $-0,8^{\circ}\text{C}$ ).

Да би се могла формирати слика узрока годишњих декадних флукуација  $T_{\max}$ , као и других параметара екстрема, било је неопходно извршити анализу на сезонском нивоу, односно за зиму, пролеће, лето и јесен.

Зимске вредности  $T_{\max}$ , указују на нешто измењенији однос максималних и минималних статистичких вредности између декадних периода. Наиме, највиша просечна вредност одступања добијена је у декади седамдесетих година ( $1,1^{\circ}\text{C}$ ), а затим следи декада `90 ( $0,83^{\circ}\text{C}$ ), док је најнижи просек добијен током `60 ( $-1,35^{\circ}\text{C}$ ). Највиши резултат SD добијен је у `50, затим `60, а најнижи током `70. Највиши максимуми одступања добијени су у `50 ( $3,25^{\circ}\text{C}$ ) и `70 ( $3,23^{\circ}\text{C}$ ), а најнижи у `60 ( $1,19^{\circ}\text{C}$ ). Највеће негативне вредности (минимуми) уочени су у декади `60 од чак  $-5,26^{\circ}\text{C}$  и `50  $-3,72^{\circ}\text{C}$  (прилог 60; табела 25).

У току пролећног дела године, декада `90 представља најтоплији период ( $0,39^{\circ}\text{C}$ ), а затим следи `80 ( $0,12^{\circ}\text{C}$ ). Најниже просечне вредности, а уједно са негативним предзнаком, јављају се током `50 ( $-0,89^{\circ}\text{C}$ ) и `60 ( $-0,28^{\circ}\text{C}$ ). Највећи максимум, такође је забележен током `90 од  $2,69^{\circ}\text{C}$ . Интересантно је да је и за `80 добијена висока вредност масимума од  $2,65^{\circ}\text{C}$ , али истовремено и највиша вредност минимума од  $-3,2^{\circ}\text{C}$ , што је свакако проузроковало да осамдесете имају и максималну вредност SD ( $1,77$ ). Најмања максимална вредност јавља се током `50, најнижа минимална током `90, а минимална вредност SD уочена је у декади `50 (прилог 60; табела 25).

Табела 25. (следећа страна) Статистичке вредности декадних годишњих и декадних сезонских временских серија  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и DTR за простор Војводине; Напомена: `50) период 1951-1960; `60) период 1961-1970; `70) период 1971-1980; `80) период 1981-1990; `90) период 1991-2000; *mean* - просечна вредност; *SD* – стандардна девијација; *max* – максимална вредност; *min* – минимална вредност; *год.* – годишњи период; *з* – зима; *п* – пролеће; *л* – лето; *ј* – јесен; \* - вредности у табели односе се на  $^{\circ}\text{C}$

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

| период                 | `50  |       |      |      |       | `60   |      |      |       |       | `70  |       |       |       |       | `80  |      |      |       |        | `90  |      |      |       |  |
|------------------------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|------|------|------|-------|--|
|                        | mean | SD    | max  | min  |       | mean  | SD   | max  | min   |       | mean | SD    | max   | min   |       | mean | SD   | max  | min   |        | mean | SD   | max  | min   |  |
| <b>T<sub>max</sub></b> | год. | 0,04  | 0,95 | 1,52 | -1,51 | -0,04 | 0,75 | 1,33 | -1,05 | -0,08 | 0,71 | 0,60  | 0,60  | -1,42 | 0,13  | 0,68 | 1,41 | 1,41 | -0,78 | 0,65   | 1,14 | 2,82 | 2,82 | -0,82 |  |
|                        | з    | 0,45  | 2,20 | 3,25 | -3,72 | -1,35 | 1,96 | 1,19 | -5,26 | 1,09  | 1,22 | 3,23  | 3,23  | -1,33 | 0,29  | 1,70 | 2,74 | 2,74 | -1,84 | 0,83   | 1,47 | 2,32 | 2,32 | -1,89 |  |
|                        | п    | -0,89 | 1,31 | 0,72 | -2,79 | -0,28 | 1,31 | 2,12 | -1,63 | 0,04  | 1,41 | 2,20  | 2,20  | -2,43 | 0,12  | 1,77 | 2,65 | 2,65 | -3,20 | 0,39   | 1,31 | 2,69 | 2,69 | -1,52 |  |
|                        | л    | 0,64  | 1,25 | 3,53 | -1,24 | 0,27  | 0,94 | 2,28 | -1,08 | -0,39 | 0,70 | 0,89  | 0,89  | -1,34 | 0,17  | 0,80 | 1,55 | 1,55 | -1,21 | 1,37   | 1,19 | 3,26 | 3,26 | -0,04 |  |
|                        | ј    | -0,05 | 0,73 | 1,33 | -0,89 | 1,19  | 1,13 | 2,72 | -0,13 | -1,08 | 0,88 | -0,18 | -0,18 | -2,82 | -0,07 | 1,17 | 1,47 | 1,47 | -2,16 | -0,002 | 1,40 | 3,32 | 3,32 | -1,19 |  |
| <b>T<sub>min</sub></b> | год. | 0,07  | 0,71 | 1,18 | -1,25 | -0,18 | 0,50 | 0,79 | -0,76 | -0,04 | 0,48 | 0,59  | 0,59  | -0,62 | 0,08  | 0,54 | 0,91 | 0,91 | -1,04 | 0,52   | 0,63 | 1,41 | 1,41 | -0,30 |  |
|                        | з    | 0,12  | 2,20 | 2,42 | -4,31 | -1,17 | 1,94 | 1,03 | -5,44 | 0,87  | 1,07 | 3,04  | 3,04  | -0,81 | 0,16  | 1,66 | 2,45 | 2,45 | -3,22 | 0,44   | 1,24 | 1,92 | 1,92 | -1,87 |  |
|                        | п    | -0,51 | 0,80 | 0,63 | -1,95 | -0,06 | 0,57 | 0,74 | -0,87 | -0,16 | 0,80 | 1,05  | 1,05  | -1,63 | 0,34  | 1,16 | 1,87 | 1,87 | -2,22 | 0,17   | 0,91 | 1,41 | 1,41 | -1,35 |  |
|                        | л    | 0,61  | 0,38 | 1,06 | -0,27 | 0,06  | 0,64 | 1,50 | -0,54 | -0,15 | 0,69 | 0,72  | 0,72  | -1,31 | 0,05  | 0,64 | 0,74 | 0,74 | -1,30 | 1,07   | 0,53 | 1,74 | 1,74 | 0,32  |  |
|                        | ј    | 0,26  | 1,12 | 1,56 | -1,81 | 0,67  | 0,86 | 2,02 | -1,00 | -0,50 | 0,96 | 1,30  | 1,30  | -1,72 | -0,03 | 1,37 | 1,81 | 1,81 | -2,02 | 0,58   | 0,97 | 2,54 | 2,54 | -0,78 |  |
| <b>DTR</b>             | год. | -0,03 | 0,50 | 0,65 | -1,05 | 0,13  | 0,54 | 1,08 | -0,68 | -0,05 | 0,39 | 0,44  | 0,44  | -0,80 | 0,04  | 0,48 | 0,95 | 0,95 | -0,44 | 0,13   | 0,70 | 1,41 | 1,41 | -0,89 |  |
|                        | з    | 0,24  | 0,55 | 1,19 | -0,79 | -0,28 | 0,61 | 0,75 | -1,28 | 0,13  | 0,61 | 1,59  | 1,59  | -0,62 | 0,03  | 0,78 | 1,28 | 1,28 | -1,19 | 0,29   | 0,93 | 2,00 | 2,00 | -1,24 |  |
|                        | п    | -0,27 | 1,10 | 1,75 | -1,83 | -0,12 | 0,88 | 1,70 | -1,38 | 0,30  | 0,85 | 1,69  | 1,69  | -1,30 | -0,12 | 0,85 | 1,35 | 1,35 | -0,97 | 0,32   | 0,89 | 1,77 | 1,77 | -1,07 |  |
|                        | л    | 0,03  | 1,13 | 2,61 | -1,57 | 0,21  | 0,71 | 1,29 | -0,98 | -0,23 | 0,71 | 1,05  | 1,05  | -1,36 | 0,11  | 0,74 | 1,51 | 1,51 | -1,01 | 0,30   | 1,02 | 2,27 | 2,27 | -1,03 |  |
|                        | ј    | -0,31 | 0,50 | 1,12 | -1,86 | 0,52  | 1,12 | 1,75 | -1,32 | -0,58 | 0,87 | 1,21  | 1,21  | -1,79 | -0,04 | 0,82 | 1,81 | 1,81 | -1,33 | -0,58  | 0,88 | 0,77 | 0,77 | -1,73 |  |

Летњи период одликује изузетно висока просечна вредност одступања током деведесетих година, у односу на остале четири проучаване декаде (прилог 60; табела 25). На основу резулата средње вредности, последња декада (1,37°C) је топлија чак за 1,75°C, од најхладнијег декадног периода, односно `70, где просечна вредност износи -0,39°C. Висока средња вредност одступања јавља се и у `50 (0,64°C). Највиши максимуми одступања, такође се јављају током `50 и `90, а најнижи је у декади `70. Што се тиче најнижих вредности одступања, највећи минимум јавља се у `90, а највиши у декади `70. Резултати стандардне девијације прате висине просечних вредности, па су највише SD у `50 и `90, а најнижа у `70.

Током јесењег периода најтоплији декадни период су шездесете године са просечном вредности одступања од 1,19°C. У свим осталим декадама, вредности овог статистичког параметра су знатно ниже, а најнижа вредност забележена је током `70 (-1,1°C). Средња вредност `90 је готово приближна просечној вредности стандардног периода. Највише вредности максимума одступања добијени су за `90 и `60, а минимума током `70 и `80. Максимална вредност SD је у `90, а минимална у `50 (прилог 60; табела 25).

Годишње декадне временске серије  $T_{\min}$  (средње минималне температуре), као и код  $T_{\max}$ , показују да је декада `90 најтоплија током последњих педесет година XX века (табела 25). На основу просечних вредности одступања, декада деведесетих (mean 0,52°C) је за 0,7°C топлија од најхладније декаде, односно `60 (mean -0,18°C), затим је за 0,56°C топлија од `70 (mean -0,04°C), за 0,45°C од `50 (mean 0,07°C) и за 0,44°C од `80 (mean 0,08°C). Највише вредности SD забележене су током педесетих и деведесетих, а најниже током седамдесетих. Највиши максимуми одступања добијени су за `90 (1,4°C) и `50 (1,2°C), док са друге стране, највиши минимум такође карактерише `50 (-1,3°C), док је најнижи минимум, очекивано на основу претходних података, одликује `90 (-0,3°C).

Декада `70 представља најтоплији период током зимског дела године, на основу анализе  $T_{\min}$ . Просечна вредност одступања `70 износи 0,87°C, а следећа најтоплија декада је `90 са 0,44°C. Са друге стране, декада са најнижом просечном вредности од -1,17°C, је `60. Интересантно је да, у овом случају, најтоплију и најхладнију декаду истовремено одликују највише и најниже вредности максимума и минимума. Такође, високе максималне и минималне вредности

уочавају се за декаде `50 и `80. Највиша вредност SD забележена је у `50, а најнижа у `70 (табела 25).

Током пролећног периода, `80 (mean 0,34°C) и `90 (mean 0,17°C) представљају најтоплије декаде. Са друге стране, остале три декаде одликују се негативним просечним вредностима, односно са средњим минималним температурама нижим од вредности стандардног временског периода (1961-1990). Највиша вредност SD (1,16), која је проузрокована највишим максималним (1,9°C) и минималним (-2,2°C) одступањим, карактеристична је за декаду осамдесетих. Најнижа вредност максимума уочена је у `50, а минимума у `60 (табела 25).

Летње годишње доба одликује доминантно најтоплији последњи декадни период (`90) са просеком одступања од 1,1°C. У осталим декадама јављају се знатно ниже вредности, а најхладнија декада је `70 са просеком од -0,15°C. Такође, вредности максимума (0,72°C) и минимума (-1,3°C), потврђују да `70 представља најхладнију декаду током летњег периода. Сасвим супротна ситуација карактерише `90, где се бележи највише вредност максимума (1,7°C) и најнижа вредност минимума (0,3°C). Највеће флукуације (SD) уочене су током `70, а најмање током `50 (табела 25).

Као и код претходног параметра, јесење временске серије  $T_{\min}$  показују да је `60 најтоплија декада, а вредност просечног одступања износи 0,67°C. Наредна најтоплија декада је `90 (mean 0,58°C), а испод просечно најхладнији декадни период је `70 са вредности од -0,5°C (табела 25). Највише вредности максимума добијени су за `90, а најнижи за `70. Што се тиче минимума одступања, `90 се одликују са најнижом вредношћу, а `80 са највишом. Максимална вредност SD је током осамдесетих, а минимална током шездесетих.

Годишње декадне вредности **распона средњих максималних и минималних температура ваздуха (DTR)** показују да просечна одступања током `80 и `90 имају позитивне вредности, од 0,04°C и 0,13°C што указује на већу денденцију пораста средњих максималних у односу на средње минималне температуре ваздуха. Максимална просечна вредност забележена је за декаду `60 и износи 0,133°C, али је она последица знатно веће тенденције опадања  $T_{\min}$  у односу на  $T_{\max}$ . Током `50 и `70 уочава се негативна вредност просечних одступања, што је последица већег тренда раста  $T_{\min}$  (током педесетих), односно

већег тренда опадања  $T_{\max}$  (током седамдесетих). У табели 25 представљене су вредности SD, максималних и минималних одступања.

У зимском делу године, током `50, `70, `80 и `90 приметна су позитивна просечна одступања DTR-а, што је разлог већег пораста  $T_{\max}$  у односу на  $T_{\min}$ . Највећа разлика у тенденцијама пораста ова два параметра екстрема је у декади `90, а затим током `50. Једино декада `60 се одликује негативном просечном вредношћу, из разлога већег негативног тренда  $T_{\max}$  (табела 25).

Анализа тенденција пролећних декадних кретања DTR-а, указује на интензивнији пораст  $T_{\max}$  током `90 и `70. Са друге стране негативна просечна одступања `50 и `60 говоре да је у тим периодима постојала тенденција већег опадања  $T_{\max}$ , у односу на  $T_{\min}$ , док негативни просек DTR-а током `80 указује да је  $T_{\min}$  имала већи тренд пораста него средња максимална (табела 25).

У летњем периоду током декада `50, `60, `80 и `90, јављају се позитивна просечна одступања (максимум је у декади `90), а оваква ситуација условљена је из разлога већег пораста  $T_{\max}$ . Једини декадни период са негативним просечним одступањем, а уједно и минимална вредност, је `70, где је уочено, код оба параметра средњих екстрема, тренд опадања, са тим да је већу тенденцију имала  $T_{\max}$  (табела 25).

Једина јесења позитивна просечна вредност одступања јавља се у декади `60, која представља и максималну вредност, а последица је веће тенденције пораста средњих максималних температура током овог годишњег доба. У осталим декадама, уочава се смањење распона просечних екстрема. У декадама `70 и `80, негативан DTR условљен је већом тенденцијом пада средњих максималних температура, а у `50 и `90 трендом опадања  $T_{\max}$  и истовременог пораста  $T_{\min}$  (табела 25).

Анализом **средњих апсолутно максималних температура ( $aT_{\max}$ )**, уочава се, према годишњим низовима, да је најтоплија последња декада XX века са просечним одступањем од  $0,74^{\circ}\text{C}$ . Ова декада топлија је од најхладније декаде, односно `70 (mean  $-0,15^{\circ}\text{C}$ ), за  $0,89^{\circ}\text{C}$ , затим од `60 за  $0,8^{\circ}\text{C}$ , од `50 за  $0,54^{\circ}\text{C}$ , а од предпоследње декаде за  $0,42^{\circ}\text{C}$  (табела 26). Такође, највећи максимум одступања забележен је током `90, а најнижи у `70. Што се тиче распона највећих негативних одступања, највећи је у `60, а најмањи у `80. Максимална вредност SD уочена је у `90, а минимална током `70.

Највише позитивне вредности одступања, током зимског периода, добијене су за `50 (максимум од 0,82°C), затим за `80 (0,78°C) и `90 (0,72°C), док је једини негативни просек уочен током декаде `60 од -1,3°C. Истовремено, ову декаду (`60) одликује максимална вредност SD, најнижа вредност максимума и највиши износи минимума. У декади осамдесетих уочава се највиша вредност максимума, а у периоду седамдесетих најнижи минимум (табела 26).

Према анализи пролећних декадних вредности  $aT_{max}$ , `70 и `90 представљају декаде једнаких топлотних карактеристика (0,23°C), док и `80 чине температуре које су више од просека стандардног периода (0,05°C). Прве две декаде у истраживаном периоду, одликују се негативним просечним одступањима, а најхладнија декада је `60 (-0,18°C). Интересантно је да је највиши максимум одступања забележен у декади `60, а највиши минимум у `50. Најниже вредности максимума и минимума добијени су у `90. Максимална вредност SD је у `60 (табела 26).

Доминантно најтоплија декада, током летњег периода, према анализи овог параметра, је `90 (1,35°C), док је најхладнија `70 (-0,73°C). У остале три декаде, вредности одступања крећу се од 0,3 до 0,6°C. У последњој декади бележи се и највиши максимум, док `70 одликује најнижи. Код минимума, `70 представља највишу вредност, а `80 најнижу. Највећа SD је у првој декади, а најнижа током `70. (табела 26).

Табела 26 показује да су у већини декада, током јесени, вредности  $aT_{max}$  биле изнад просека стандардног периода. Тако су највише вредности у `60 (mean 0,96°C) и `90 (mean 0,57°C), а минимално просечно доступање, односно најхладнија декада је `70 (mean -0,84°C). Највиша вредност SD јавља се у `90, затим највећи максимум у `60, а минимум у `50. Са друге стране, најниже вредности SD су у `80, максимума у `70 и минимума у `60.

Посматрајући годишње декадне вредности **средњих апсолутно минималних температура ( $aT_{min}$ )**, приметно је да последња декада XX века, представља најтоплији период (mean 0,51°C). На основу тога, разлика у просечним вредностима одступања између најтоплије (`90) и најхладније (`60) декаде износи 0,87°C. Разлика између вредности одступања `90 и `70 је 0,43°C, `50 је 0,35°C, а `80 износи 0,15°C. Највиши максимум забележен је у `50, а минимум у

`60, док је најнижи максимум био током `60, а минимум током `90. Максимална вредност SD је у `70 (табела 26).

Максималне вредности одступања, односно најтоплије декаде, током зимског дела године, јављају се у `70 (mean 0,93°C) и `80 (mean 0,83°C). Након тога следе `90 (0,25°C) и `50 (0,07°C), а једина декада са негативним просечним одступањем је `60 (-1,82°C) (табела 26; прилог 61). Истовремено, декаду `60 одликује највиша вредност SD и минимума и најнижа вредност максимума. Током декаде `70 уочен је највиши максимум и најнижи минимум.

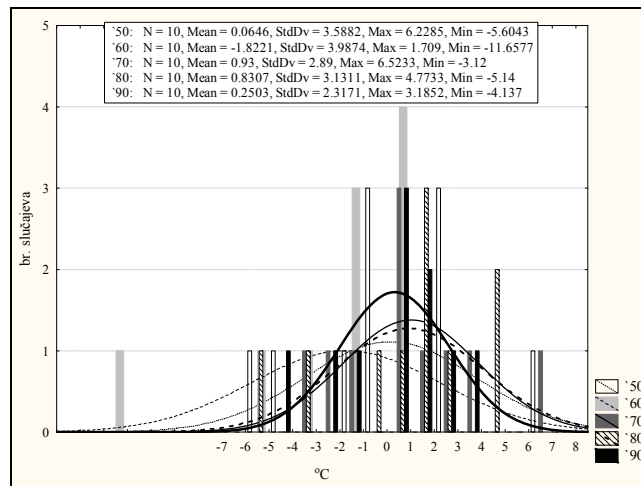
У пролећном периоду, последње две декаде, одликују се изнад просечно топлим вредностима  $aT_{min}$ , односно са 0,57°C у `90 и са 0,47°C у `80. У остале три декаде, јављају се испод просечне вредности (`50 са -0,71°C која представља минимум, `60 са -0,4°C и `70 са -0,11°C). Највиши максимуми, такође се јављају у `80 и `90, а највиши минимум у `50. Најнижи максимум карактеристичан је за `70, а минимум за декаду деведесетих. Вредност SD јавља се током `60 (табела 26).

Најтоплије декаде током летњег периода су `90 и `50, са вредностима просечног одступања од 0,96°C, односно 0,9°C. Са друге стране, најхладнија декада уочава се током седамдесетих година (-0,08°C), а затим следи `80 (-0,06°C). Највиша вредност SD јавља се током `60. Распони максималних одступања крећу се од 0,88°C (`70) до 2,16°C (`90), док се вредности минимума јављају од -1,45°C (`70) до -0,3°C (`50) (табела 26; прилог 61).

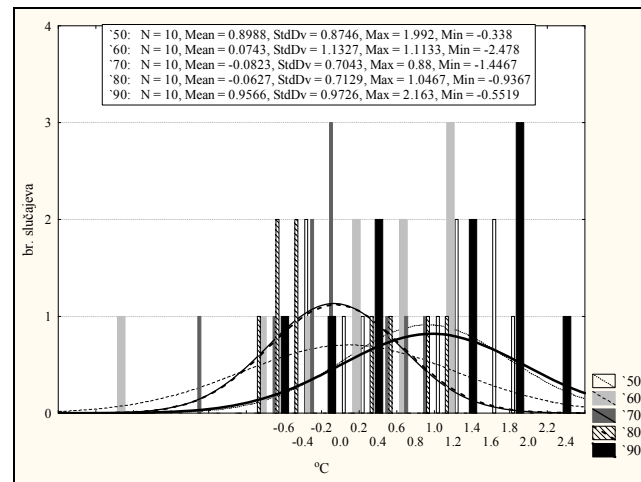
У јесењем делу године, све декадне вредности показују просечна позитивна одступања (`50 – 0,11°C, `60 – 0,47°C уједно и максимум, `80 – 0,04°C и `90 – 0,16°C), осим `70 где је вредност негативна и износи -0,63°C. У декади шездесетих, забележен је највиши максимум и најнижи минимум, као и минимална висина SD. Са друге стране, највиша SD је у `50, затим најнижи максимум у `90, а највиши минимум у `70 (табела 26).



Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



ЗИМА



ЛЕТО

Прилог 61. Хистограм декадних зимских и летњих временских серија  $aT_{min}$  за подручје Војводине; Напомена: '50) период 1951-1960; '60) период 1961-1970; '70) период 1971-1980; '80) период 1981-1990; '90) период 1991-2000

Табела 26. (следећа страна) Статистичке вредности декадних годишњих и декадних сезонских временских серија  $aT_{max}$ ,  $aT_{min}$  и  $ETR$  за простор Војводине; Напомена: '50) период 1951-1960; '60) период 1961-1970; '70) период 1971-1980; '80) период 1981-1990; '90) период 1991-2000; **mean** - просечна вредност; **SD** – стандардна девијација; **max** – максимална вредност; **min** – минимална вредност; **год.** – годишњи период; **з** – зима; **п** – пролеће; **л** – лето; **ј** – јесен; \* - вредности у табели односе се на °C

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

| период                  | `50  |       |      |      |       | `60   |      |      |       |       | `70  |      |      |       |       | `80  |      |       |       |      | `90  |       |       |     |  |
|-------------------------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-----|--|
|                         | mean | SD    | max  | min  |       | mean  | SD   | max  | min   |       | mean | SD   | max  | min   |       | mean | SD   | max   | min   |      | mean | SD    | max   | min |  |
| <b>aT<sub>max</sub></b> | год. | 0,20  | 1,05 | 1,77 | -1,55 | -0,06 | 1,04 | 1,55 | -2,06 | -0,15 | 0,68 | 0,96 | 1,84 | -0,52 | 0,74  | 0,82 | 1,84 | -0,52 | 0,74  | 1,22 | 1,22 | 2,65  | -0,95 |     |  |
|                         | з    | 0,82  | 2,09 | 3,42 | -3,44 | -1,33 | 2,50 | 1,63 | -5,41 | 0,65  | 0,97 | 2,11 | 4,11 | -2,15 | 0,72  | 1,99 | 4,11 | -2,15 | 0,72  | 2,15 | 3,96 | -2,55 |       |     |  |
|                         | п    | -0,07 | 1,60 | 3,17 | -2,71 | -0,18 | 1,79 | 4,15 | -2,21 | 0,23  | 1,74 | 2,97 | 2,46 | -2,34 | 0,23  | 1,80 | 2,46 | -2,34 | 0,23  | 1,22 | 1,80 | 1,80  | -2,05 |     |  |
|                         | л    | 0,59  | 1,88 | 3,76 | -2,10 | 0,30  | 1,49 | 2,80 | -1,64 | -0,73 | 0,94 | 0,24 | 2,08 | -0,83 | 1,35  | 0,97 | 2,08 | -0,83 | 1,35  | 1,73 | 4,90 | -0,89 |       |     |  |
|                         | ј    | -0,51 | 1,39 | 0,90 | -3,44 | 0,96  | 1,19 | 2,87 | -1,52 | -0,84 | 1,21 | 0,89 | 1,54 | -2,29 | 0,57  | 1,46 | 1,54 | -2,29 | 0,57  | 1,46 | 2,26 | -1,73 |       |     |  |
| <b>aT<sub>min</sub></b> | год. | 0,16  | 1,11 | 2,53 | -1,27 | -0,36 | 1,04 | 1,18 | -2,78 | 0,08  | 1,15 | 2,07 | 1,57 | -2,30 | 0,51  | 1,14 | 1,57 | -2,30 | 0,51  | 0,94 | 1,68 | -1,09 |       |     |  |
|                         | з    | 0,07  | 3,59 | 6,23 | -5,60 | -1,82 | 3,99 | 1,71 | -11,7 | 0,93  | 2,89 | 6,52 | 4,77 | -5,14 | 0,25  | 3,13 | 4,77 | -5,14 | 0,25  | 2,32 | 3,19 | -4,14 |       |     |  |
|                         | п    | -0,71 | 1,80 | 1,71 | -3,96 | -0,40 | 1,83 | 1,79 | -2,71 | -0,11 | 1,05 | 1,28 | 3,18 | -3,43 | 0,57  | 1,73 | 3,18 | -3,43 | 0,57  | 1,03 | 1,99 | -1,19 |       |     |  |
|                         | л    | 0,90  | 0,88 | 1,99 | -0,34 | 0,07  | 1,13 | 1,11 | -2,48 | -0,08 | 0,70 | 0,88 | 1,05 | -0,94 | 0,96  | 0,71 | 1,05 | -0,94 | 0,96  | 0,97 | 2,16 | -0,55 |       |     |  |
|                         | ј    | 0,11  | 1,53 | 2,43 | -2,14 | 0,47  | 1,22 | 2,79 | -1,08 | -0,63 | 1,48 | 1,64 | 2,31 | -2,96 | 0,16  | 1,47 | 2,31 | -2,96 | 0,16  | 1,36 | 1,55 | -2,39 |       |     |  |
| <b>ETR</b>              | год. | 0,04  | 1,14 | 1,34 | -1,99 | 0,30  | 1,34 | 2,81 | -2,06 | -0,23 | 1,16 | 1,30 | 2,12 | -2,08 | 0,23  | 1,22 | 2,12 | -2,08 | 0,23  | 1,01 | 2,05 | -0,66 |       |     |  |
|                         | з    | 0,65  | 2,83 | 5,06 | -4,52 | 0,40  | 3,11 | 7,11 | -3,70 | -0,38 | 3,03 | 4,00 | 5,59 | -3,60 | 0,37  | 3,00 | 5,59 | -3,60 | 0,37  | 1,37 | 1,84 | -2,77 |       |     |  |
|                         | п    | 0,63  | 2,87 | 5,82 | -3,29 | 0,22  | 2,04 | 4,16 | -3,42 | 0,34  | 1,20 | 2,59 | 2,32 | -2,74 | -0,34 | 1,67 | 2,32 | -2,74 | -0,34 | 1,63 | 2,36 | -3,45 |       |     |  |
|                         | л    | -0,31 | 2,16 | 3,29 | -3,02 | 0,23  | 1,80 | 3,85 | -2,08 | -0,64 | 1,14 | 0,84 | 2,23 | -1,19 | 0,39  | 1,02 | 2,23 | -1,19 | 0,39  | 2,42 | 4,99 | -3,05 |       |     |  |
|                         | ј    | -0,72 | 1,74 | 2,94 | -2,77 | 0,39  | 2,07 | 2,30 | -4,41 | -0,31 | 2,11 | 2,46 | 1,93 | -3,13 | 0,31  | 1,34 | 1,93 | -3,13 | 0,31  | 1,89 | 3,71 | -3,07 |       |     |  |

Декадне вредности **распона средњих апсолутно максималних и минималних температура (ETR)**, на годишњем нивоу, указују на позитивна просечна одступања током декада `50, `60 и `90, односно на пораст распона ова два параметра. Овакава ситуација условљена је већом тенденцијом пораста  $aT_{max}$ , у односу на  $aT_{min}$  код декада педесетих и деведесетих година, а код `60 интензивнијим опадањем  $aT_{min}$  него што је то случај код максималног параметра. Негативно просечно одступање ETR-а код `80 проузроковано је већим трендом раста  $aT_{min}$ , док је негативна вредност током `70 последица тенденције пораста  $aT_{min}$ , а истовремено опадања  $aT_{max}$  (табела 26).

Као и на годишњем нивоу, и зимске временске серије током `50 (максимална вредност), `60 и `90 имају позитивне просечне вредности одступања, које су узроковане већим трендом раста  $aT_{max}$  (`50 и `90), односно мањом тенденцијом опадања (`60). Са друге стране, негативни просеци ETR јављају се током `70 и `80, као последица интензивнијег пораста  $aT_{min}$  (табела 26).

Током пролећног периода, у последње две декаде, учоава се интензивнији тренд пораста  $aT_{min}$ , у односу на  $aT_{max}$ , с обзиром на то да су просечне вредности одступања негативне. Са друге стране, позитивне средње вредности јављају се у прве три декаде и то захваљујући већом тенденцијом опадања  $aT_{min}$  (у `50 и `60), односно истовременим опадањем  $aT_{min}$ , а растом  $aT_{max}$  (у `70) (табела 26).

У летњем делу године, у већини декада (`60, `80 и `90) дошло је до повећања распона просечних апсолутних екстрема. Највеће средње одступање ETR-а јавља се у `80, из разлога тенденције пораста  $aT_{max}$ , а опадања  $aT_{min}$ . У друга два случаја, током `60 и `90, оба параметра одликују се трендом раста, али је он интензивнији код  $aT_{max}$ . Негативни просеци ETR-а забележени су током `50 и `70, као последица већег раста  $aT_{min}$ , односно интензивнијег опадања  $aT_{max}$  (табела 26).

За разлику од претходног годишњег доба, јесењи период одликује већи број случајева негативног просечног одступања ETR-а, и то током `50 (максимум), `70 и `80. Узрок негативног одступања у све три декаде је различитог карактера, односно у декади `50 дошло је до опадања  $aT_{max}$ , а раста  $aT_{min}$ , затим током `70 доминирало је интензивније опадање  $aT_{max}$ , док је у `80 био доминантнији пораст  $aT_{min}$ . У остале две декаде (`60 и `90), просечна одступања су позитивна, услед већег пораста  $aT_{max}$ , у односу на  $aT_{min}$  (табела 26).

Анализирајући годишње декадне вредности **ледених дана** ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ), уочава се да су `60 и `80, декаде са изнад просечним одступањима, односно са вредностима 5,8 дана (d) и 0,05 d. За ове две декаде, могао би се извести закључак да представљају хладније периоде у целокупном педесетогодишњем истраживаном низу, с обзиром на то да се појављује већа фреквенција ледених дана. Са друге стране, `70 (mean -5,8 d, максимална вредност), затим `90 (mean -1,7 d) и `50 (mean -0,6 d), имају већу фреквенцију вредности које представљају испод просечну појаву броја  $t_x < 0^\circ\text{C}$ . Такође, највиши максимум и најнижи минимум броја ледених дана јавља се током `60, потпуно супротно је у декади `70. Максимална вредност SD јавља се у `50 (табела 27; прилог 62).

Готово идентични односи између декада, приметни су и током зимског периода. Максимални просек одступања је у `60 (mean 2,0 d), док у овом случају `80 имају негативан просек од -0,07 d, као и остале три декаде (`70 -1,9 d уједно минимална вредност, `90 -0,62 d и `50 -0,16 d). Декаду `60 одликује највиши максимум и најнижи минимум, а `70 има обрнуте вредности. Током `50 забележен је максимум SD (табела 27).

Годишње декадне временске серије, са већом фреквенцијом изнад просечног броја **мразних дана** ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ), јављају се током `60 и `90 са вредностима 4,7 d, односно 1,1 d. Остале три декаде, представљају, условно речено, топлије периоде, с обзиром на то да имају негативна просечна одступања броја  $t_n < 0^\circ\text{C}$  дана (`70 -3,4 d која представља минимум, `50 -2,5 d и `80 -1,3 d). Највиши максимум и минимум јављају се током `50, док су у `80 и `60 забележени најнижи максимални и минимални интервали. Вредност SD највећа је у `50 (табела 27).

Табела 27. (следећа страна) Статистичке вредности декадних годишњих и декадних сезонских временских серија ледених, мразних, летњих и тропских дана за простор Војводине; Напомена: `50) период 1951-1960; `60) период 1961-1970; `70) период 1971-1980; `80) период 1981-1990; `90) период 1991-2000; **mean** - просечна вредност; **SD** – стандардна девијација; **max** – максимална вредност; **min** – минимална вредност; **год.** – годишњи период; **з** – зима; **п** – пролеће; **л** – лето; **ј** – јесен; \* - вредности у табели односе се на број дана

Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000

| период                      | `50  |       |       |       | `60    |       |       |      | `70    |       |       |       | `80    |       |      |       | `90   |       |       |        |
|-----------------------------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                             | mean | SD    | max   | min   | mean   | SD    | max   | min  | mean   | SD    | max   | min   | mean   | SD    | max  | min   | mean  | SD    | max   | min    |
| $t_x < 0^\circ\text{C}$     | год. | -0,55 | 13,86 | 25,3  | -17,37 | 5,81  | 30,4  | -5,6 | -5,8   | 7,8   | 3,81  | -17,8 | 0,05   | 9,2   | 17,3 | -12,4 | -1,67 | 6,44  | 7,74  | -14,12 |
|                             | 3    | -0,16 | 4,5   | 8,6   | -5,29  | 2,0   | 10,0  | -2,1 | -1,9   | 2,33  | 1,73  | -5,43 | -0,07  | 3,02  | 6,07 | -5,2  | -0,62 | 1,78  | 1,86  | -4,21  |
|                             | год. | -2,52 | 17,43 | 25,6  | -30,19 | 4,73  | 10,87 | 18,1 | -15,8  | -3,4  | 15,56 | 20,9  | -26,6  | -1,33 | 8,62 | 16,4  | 1,07  | 12,34 | 20,58 | -24,11 |
| $t_n < 0^\circ\text{C}$     | 3    | -1,27 | 3,38  | 2,5   | -5,43  | 1,99  | 2,91  | 6,9  | -3,57  | -1,42 | 3,46  | 3,3   | -7,03  | -0,48 | 2,6  | 3,63  | -0,69 | 2,44  | 3,93  | -4,64  |
|                             | II   | 1,05  | 2,6   | 5,01  | -1,93  | 0,55  | 1,5   | 2,71 | -1,73  | -0,01 | 1,65  | 3,21  | -1,79  | -0,64 | 1,63 | 2,27  | 0,89  | 2,39  | 4,76  | -2,42  |
|                             | j    | -0,65 | 1,74  | 2,2   | -3,73  | -0,97 | 1,83  | 3,4  | -2,93  | 0,33  | 1,93  | 4,97  | -1,57  | 0,65  | 2,29 | 6,4   | 0,08  | 1,8   | 2,91  | -2,22  |
| $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ | год. | 2,48  | 13,65 | 27,83 | -17,4  | 3,73  | 10,05 | 22,2 | -12,27 | -5,05 | 13,51 | 14,0  | -25,07 | 1,44  | 12,1 | 16,6  | 10,95 | 14,8  | 34,39 | -11,72 |
|                             | II   | -0,64 | 2,39  | 4,64  | -2,46  | 0,14  | 2,47  | 3,87 | -2,52  | -0,18 | 1,98  | 1,97  | -3,53  | 0,16  | 2,42 | 45,0  | 0,8   | 2,29  | 5,48  | -3,43  |
|                             | л    | 1,36  | 2,17  | 5,97  | -1,93  | 0,71  | 2,32  | 4,53 | -2,7   | -0,58 | 2,23  | 2,67  | -3,17  | -0,03 | 2,16 | 2,87  | 2,89  | 1,88  | 5,6   | 0,19   |
| $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ | j    | 0,12  | 1,75  | 3,23  | -2,17  | 0,44  | 2,12  | 2,9  | -2,33  | -0,88 | 2,12  | 2,43  | -3,67  | 0,35  | 2,07 | 3,7   | -0,04 | 2,68  | 4,09  | -4,95  |
|                             | год. | 2,39  | 13,13 | 31,22 | -17,0  | 2,49  | 8,87  | 20,5 | -7,7   | -5,52 | 6,9   | 3,4   | -15,85 | 3,07  | 6,31 | 11,84 | 10,29 | 14,61 | 33,0  | -8,78  |
|                             | л    | 0,44  | 3,84  | 9,57  | -4,68  | 0,65  | 2,83  | 6,36 | -3,2   | -1,41 | 2,03  | 1,5   | -4,23  | 0,89  | 1,91 | 3,27  | 3,35  | 4,17  | 9,24  | -2,72  |
| $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ | j    | 0,11  | 0,85  | 1,36  | -0,84  | 0,1   | 0,71  | 1,23 | -0,73  | -0,41 | 0,7   | 1,5   | -0,8   | 0,2   | 0,84 | 2,23  | -0,1  | 1,02  | 2,68  | -0,8   |

И у зимском, као и у годишњем периоду, декада шездесетих година, представља најхладнији период, с обзиром на то да има позитивно просечно одступање (1,99 d). Остале декаде имају одступање са негативним предзнаком, што говори од тенденцији редукције мразних дана током зиме. Највиша негативна вредност редукције јавља се у `70 (-1,4 d). Највиша максимална одступања бележе се у `60, а највећа негативна одступања од просека су у `70. Највиша вредност SD уочава се током седамдесетих година (табела 27).

У пролећном делу године, декаде `50 (mean 1,1 d), `90 (mean 0,9 d) и `60 (mean 0,6 d), представљају периоде са већом фреквенцијом појаве мразних дана. Са друге стране, `80 (mean -0,6 d) и `70 (mean -0,01 d) су периоди у којима се одвијао обрнути процес (табела 27). Претходно изнете податке, прате и највиши максимуми који се јављају у `50 и `90, док је највиши минимум добијен у последњој декади XX века. Највећа вредност стандардне девијације је у првој декади истраживаног периода.

Прве две декаде јесењих низова  $t_n < 0^\circ\text{C}$ , представљају топлије периоде, односно испод просечне вредности у односу на стандардни период. На основу тога, минимална вредност забележена је у `60 (-0,97 d). Последње три декаде, представљају хладније периоде, из разлога повећане фреквенције изнад просечног броја јесењих мразних дана (`80 са 0,65 d највиша просечна вредност, `70 са 0,33 d и `90 са 0,08 d). Највише вредности максимума јављају се у `80, а минимума у `50. Најниже вредности ова два параметра уочени су у `50 (максимум) и `80 (минимум). Током осамдесетих добијена је максимална вредност SD (табела 27).

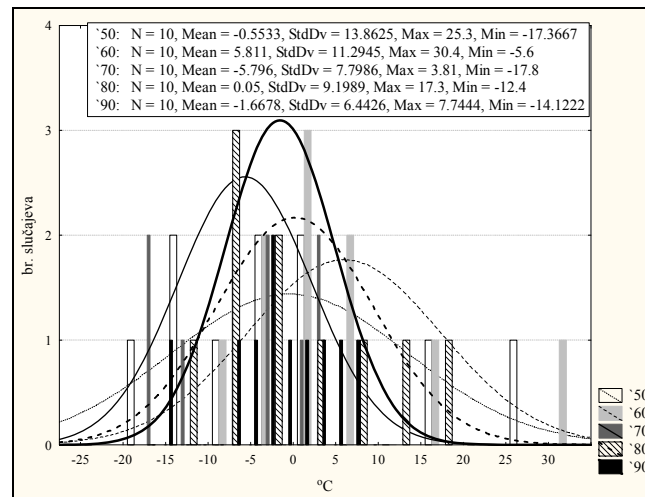
Анализа годишњих декадних временских серија **летњих дана** ( $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ ), указује да последња декада, током истраживаног периода, представља најтоплији период, односно десетогодишњи циклус са највишим бројем случајева појаве овог параметра. Тако просечна вредност одступања у `90 износи 11,0 d, што је за 16,1 d више у односу на, условно речено најхладнију декаду, а то је `70 (mean -5,1 d). Разлика у односу на `80 износи 9,6 d (mean 1,4 d), разлика између `90 и `50 (mean 2,5 d) је 8,5 d, а у односу на `60 (mean 3,7 d) је најмања и износи 7,3 d (табела 27). Најтоплија декада одликује се највишом вредности максимума и најнижим минимумом, док се код декаде `70 јавља најнижи максимум и највиши минимум. Максимална вредност SD, такође је карактеристична за `90.

У пролећном периоду, декада `90 поново се одликује са највишом фреквенцијом појаве  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ , односно просечно одступање износи 0,8 d. Наредна декада по учесталости изнад просечне појаве овог параметра је `80 са 0,2 d, а затим `60 са 0,1 d. Декаде `50 и `70 одликују се просечним одступањима са негативним предзнаком и представљају периоде са доминантним годинама испод просечне појаве летњих дана. Највиши максимум забележен је у `90, а најнижи у `70, док се највиши минимум јавља током `70, а најнижи у `50. Највиша вредност стандардне девијације је током `60 (табела 27).

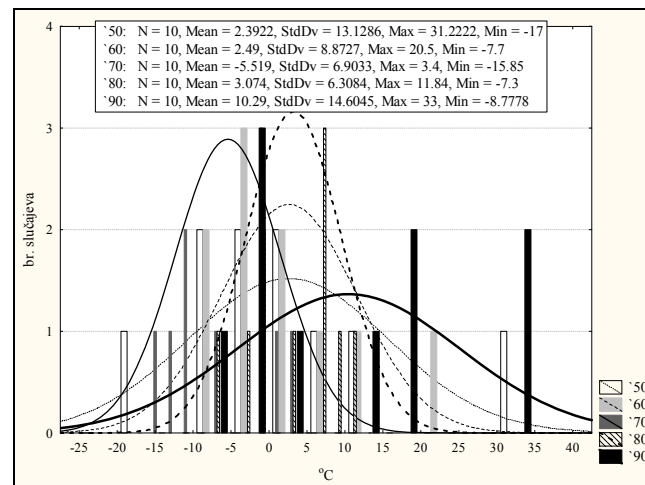
Декадни период са знатно већом учесталости изнад просечне појаве летњих дана, током летњег дела године, јавља се у последњој декади XX века са средњим одступањем од 2,9 d (табела 27). Позитивна просечна одступања јављају се у `50 (1,4 d) и `60 (0,7 d), док `70 и `80 имају негативне просеке који износе -0,6 d, односно -0,03 d. Највиша вредност максимума одступања забележена је у `50, а најнижа у `70. Са друге стране, највеће негативно одступање је у `70 и `80, а највиши минимум добијен је у `90. Максимална вредност SD је у `60.

Током јесењег дела године, уочавају се нешто другачији односи учесталости појаве  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  између декада, у односу на годишњи период и претходне сезоне (табела 27). Највише изнад просечних појава летњих дана уочава се у `60 и `80 (mean 0,4 d), а затим у `50 (mean 0,1 d), док се `70 (mean -0,9 d) и `90 (mean -0,03 d) одликују негативним вредностима. Интересантно је да су максималне вредности SD, максимума и минимума одступања забележени у `90. Са друге стране, најнижа вредност максимума је у `60, а минимума у `50.

Анализом декадних временских серија **тропских дана** ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), на годишњем нивоу, може се закључити да је током `90 било највише случајева изнад просечног броја тропских дана. Претходно наведену констатацију, потврђују подаци у табели 27, где се уочавају просечна одступања у `90 од 10,3 d, у `80 је та вредност 3,1 d, `60 је 2,5 d, а у `50 оно износи 2,5 d. Једино се декада `70 одликује испод просечног појавом  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$  (mean -5,5 d). На основу тога, разлика између, условно речено, најтоплије и најхладније декаде износи 15,8 d. Највиша вредност максимума је у `90, а најнижа у `70. Што се тиче минимума, највиша вредност јавља се у `70, а најнижа у `80. Максимална SD добијен је за `90, а минимум за `80 (прилог 62).



ледени дани



тропски дани

Прилог 62. Хистограм декадних годишњих временских серија ледених и тропских дана за подручје Војводине; Напомена: `50) период 1951-1960; `60) период 1961-1970; `70) период 1971-1980; `80) период 1981-1990; `90) период 1991-2000

Декада са изнад просечном појавом тропских дана, односно највишом вредности одступања, током летњег дела године, јесте `90 (mean 3,4 d). Декаде које имају позитивне вредности одступања су још `80 (0,9 d), `60 (0,7 d) и `50 (0,4 d). Једино `70, као и код годишњих вредности, има негативни просек одступања. Највише вредности максимума и минимума забележене су у `50, док су најнижи резултати ова два статистичка параметра добијени у `70, односно `90. Највиша вредност стандардне девијације јавља се у последњој декади истраживаног периода (табела 27).

У јесењем делу године, декаде `70 и `90 показују испод просечне појаве  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ , односно вредности износе -0,4 d и -0,1 d. Остала три декадна периода,



односно `80 (mean 0,2 d, уједно и максимална вредност), `50 и `60 (по mean 0,1 d), одликују се позитивним вредностима одступања. Највише вредности SD и максимума су у `90, а најниже у `70 и `60. Највиши минимум јавља се у `50, а најнижи у `60 (табела 27).

• • •

Након дефинисања најтоплијих и најхладнијих декада током истраживаног педесетогодишњег периода, приступило се тестирању сигнификантности разлика између две екстремне декаде. Због обимности анализе, тестиране су разлике једино између годишњих декадних вредности. За одређивање значајности разлика између декада, коришћен је t-тест, а прорачунавање је вршено помоћу софтверског пакета Statistica 8.0. Резултати показују да се значајне разлике између најтоплије (најчешће `90) и најхладније (најчешће `70) декаде јављају код  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $aT_{\max}$ ,  $aT_{\min}$ , затим код ледених, летњих и тропских дана, док код мразних дана и оба параметра распона максимума и минимума не постоје сигнификантне разлике.

• • •

Анализирајући декадне временске серије параметара екстрема, за последњих педесет година XX века, може се извести генерални закључак да декада деведесетих (`90) представља најтоплији период. Чак у осамнаест случајева, посматрајући годишње и сезонске вредности, она представља најтоплију декаду, а ни једном није окарактерисана као најхладнији период. Са друге стране, као најхладнија декада, показале су се `70, где су у шеснаест случајева представљале период најнижих температура екстрема.

Декада `90 најчешће има највише вредности екстрема на годишњем нивоу, као и у пролећним и летњим периодима. Разлика у годишњим вредностима, у односу на `80, износи између 0,3 и 0,5°C. У пролећном периоду разлика између ове две декаде је нешто нижа, у поређењу са годишњом, док су летње вредности

`90 више од `80 и преко 1,0°C. У односу на најхладнију декаду (`70), добијене просечне вредности `90 више су и до 1,5°C<sup>23</sup>.

Могло би се констатовати да се закључци добијених резултата екстремних температура у последњој декади ХХ века, генерално поклапају са резултатима других истраживача који су проучавали простор Србије или Европе, иако се углавном наилази на анализе средњих температура, а не екстрема. Радовановић и Дуцић (2004), проучавајући средње годишње температуре на територији Србије, уочили су да декаде `90 и `70 представљају најтоплији и најхладнији период. Такође, констатовали су да летње вредности представљају узрок пораста температуре током деведесетих, а не зимске како је истицано у већини палеоклиматских модела. Резултати у докторској дисертацији, такође, показују да су пре свега летње, а затим и пролећне вредности екстрема најзначајнији фактор пораста температура током `90, односно појаве максимума просечних годишњих вредности у последњој декади истраживаног периода. Проучавајући температурне карактеристике у Европи, Пери (Parry, 2000), је закључио да последња декада ХХ века представља најтоплији период, посматрајући средње годишње и средње зимске температуре. Такође, Вин-Нилсен (Wiin-Nielsen, 1997) уочио је нагло повећање температуре на Северној хемисфери од друге половине 80-тих година, са тим да 1994. и 1995. представљају године са највишим топлотним пиковима. Посматрајући резултате екстрема на простору Војводине, делимично се поклапају са претходно изнетом констатацијом, јер се уочавају највиши топлотни пикови 1992, 1994. и 2000. године, у готово свим параметрима.

Промене у температурним карактеристикама екстрема током деведесетих година, највероватније су повезане са променама доминације, односно учесталости појаве одређених типова атмосферске циркулације. На основу тога, Радовановић и Дуцић (2004), покушали су да објасне разлике између декада, поредећи временске серије средњих температура са типовима циркулације према Дзердзевском (Дзердзеевский, 1975). Према њиховим резултатима, у периодима доминације зоналног типа циркулације (термичка одступања изнад нормале), а то је током декада `50 и `90, дошло је до пораста температура, за разлику од

---

<sup>23</sup> Код параметара дана са екстремним температурама, вредности су представљене у данима (d), али појаве најхладнијих и најтоплијих декада, ако и односи добијених вредности тих декада, углавном се подударају са сликом која је добијена за максималне и минималне температуре.

ситуације када је доминирао меридионално јужни тип циркулације (термичка одступања око нормале), који је окарактерисао `60, `70 и `80 са нижим термичким вредностима. Такође, Домонкош и сар. (Domonkos et al., 2003) су добили сличне резултате, који се тичу утицаја зоналног типа циркулације на летње екстремно топле случајеве простора Јужне и Централне Европе. Претходно наведена метода, делимично је објаснила кретање декадних временских серија екстремних температура на истраживаном подручју. Наиме, зонални тип циркулације добро објашњава термичке особине `90, као и годишње и већину сезонских вредности током `50. Са друге стране, меридионално јужни тип циркулације, који је доминирао `60, `70 и `80, добро објашњава прве две декаде, међутим, осамдесете представљају генерално топлији период, у односу на педесете, па се оваква ситуација не поклапа са предпоставком коју ова метода објашњава.

## УТИЦАЈ АТМОСФЕРСКЕ ЦИРКУЛАЦИЈЕ НА ЕКСТРЕМНЕ ТЕМПЕРАТУРЕ

Током последњих петнаест година, појавио се велики број радова, који користећи различите статистичке методе, указују на постојање утицаја атмосферских циркулација, најчешће Северно-атлантске осцилације (*eng.* North Atlantic Oscillation – NAO) и Арктичке осцилације (*eng.* Arctic Oscillation – AO), на флукуације температурних параметара простора Европе и Медитерана (Hurrell, 1995; Hurrell and van Loon, 1997; Wanner et al., 1997; Toumenvirta et al., 1998; Hurrell, 2000; Thompson et al., 2000; Toumenvirta et al., 2000; Wallace, 2000; Hasanean, 2001; Huth, 2001; Jungo and Beniston, 2001; Marshall et al., 2001; Rebetez, 2001; Shabbar et al., 2001; Slonosky et al., 2001; Kyselý, 2002; Tomozeiu et al., 2002; Domonkos et al., 2003; Jones and Lister, 2004; Nikolova and Noda, 2004; Prieto et al., 2004; Радовановић и Дуцић, 2004; del Río, 2005; Lionello and Sanna, 2005; Müller et al., 2005; Salinger, 2005; Barbosa et al., 2006; Fletcher and Saunders, 2006; Ghasemi and Khalili, 2006; Jaagus, 2006; Kyselý and Huth, 2006; Scherrer et al., 2006; del Río et al., 2007; Huth, 2007; Nikolova and Penev, 2007; Chhak and Moore, 2007; Gouveia et al., 2008; Scaife et al., 2008).

Северно-атлантска осцилација представља климатски феномен, изнад северног дела Атлантског океана, који се огледа у разлици ваздушног притиска између Исландског подручја (где је низак ваздушни притисак) и простора Азорских острва (где је висок ваздушни притисак). Висина разлике у притисцима контролише кретање атмосферске циркулације и утиче на тренутна синоптичка стања на простору Европе, Медитерана, северне Африке, западне и северне Азије и североисточне Америке. У периодима велике разлике између поља високог и ниског ваздушног притиска (који се манифестује позитивним вредностима NAO индекса), на простору Централне и Југоисточне Европе, односно подручју Војводине, генерално се јавља ситуација свежијих лета и блажих и влажних зима. У обрнутом случају, када NAO индекс има негативне вредности, долази до редукције продора западних ваздушних маса, што узрокује хладније зиме и појаву

веће учесталости временских непогода<sup>24</sup>. Арктичка осцилација представља процес осцилације ваздушног притиска изнад Северног леденог и Атлантског океана северно од  $\phi N 20^\circ$ . Вредности АО индекса представљају разлику ваздушних притисака између простора Арктика и подручја између  $\phi N 37-45^\circ$  (изнад Атлантског океана). Негативне вредности АО индекса указују на период када је ваздушни притисак виши од нормалног изнад поларног региона, а нижи изнад средњих ширина. У то периоду, изнад простора Југоисточне Европе, долази до генерално хладнијих и влажнијих временских прилика. У обрнутом случају, када АО индекс има позитивне вредности, односно када је изнад средњих ширина виши ваздушни притисак, Централни и Јужни део Европе одликују топлије и сувље временске прилике<sup>25</sup>.

У овој студији, покушало се утврдити да ли постоји одређена повезаност између претходно поменутих показатеља атмосферске циркулације и параметара екстремних температура ваздуха на подручју Војводине током друге половине XX века. Резултати су добијени коришћењем вишеструке линеарне регресије (*eng. Multiple Linear Regression – MLR*) у оквиру софтверског пакета Statistica 8.0.

У анализи су коришћене, као зависне-критеријумске варијабле, годишње и сезонске временске серије екстремних температура ваздуха осредњене за простор Војводине, а годишње и сезонске криве NAO<sup>26</sup> и АО<sup>27</sup> индекса представљене су као независне-предикторске варијабле. Неопходно је напоменути да су зависне и независне варијабле анализирание као покретне декадне временске серије, из разлога што је уочено да на међугодишње варијације температуре може истовремено утицати велики број других климатолошких или географских фактора. Међутим, добијене резултате анализе треба узети са одређеном резервом, јер са оваквим приступом умањује се број случајева и варијабилност низова, што свакако утиче на квалитет добијених резултата (Pittock, 1978; 1979). Неопходно је напоменути да су, уместо временских серија средњих или апсолутних података екстремних температура, коришћени низови са вредностима

---

<sup>24</sup> Извори: [http://en.wikipedia.org/wiki/North\\_Atlantic\\_oscillatio](http://en.wikipedia.org/wiki/North_Atlantic_oscillatio); <http://www.ldeo.columbia.edu/NAO> by Martin Visbeck

<sup>25</sup> Извори: <http://jisao.washington.edu/data/aots> ; [http://www.arctic.noaa.gov/essay\\_bond.html](http://www.arctic.noaa.gov/essay_bond.html)

<sup>26</sup> Извор: <http://atmos.msrc.sunysb.edu/coa/naomonth.shtml>

<sup>27</sup> Извор: <http://jisao.washington.edu/ao>

одступања, који су добијени разликом вредности сваке године низа са просечном вредности стандардног временског периода. Истовремено, за зимски и јесењи период, представљена је анализа 39 случајева, из разлога недостатка вредности  $NAO$  индекса за последња четири месеца 2000. године.

На почетку рада, извршена је инспекција распореда резидуала зависних-критеријумских варијабли, која представља важну претпоставку за примену вишеструке линеарне регресије, у циљу добијања слике њихове расподеле и линеарног односа. У прилогу 63 представљен је пример распореда резидуала  $T_{min}$ , где се уочава да ове вредности имају карактеристике нормалне расподеле, с обзиром на то да ројеви тачака имају добар распоред око линије најбољег фита (нарочито у годишњем и пролећном периоду). Слични резултати распореда резидуала добијени су и код осталих параметара екстрема, односно зависних варијабли<sup>28</sup>.

Истовремено, урађена је анализа редунадансе, односно тестирање односа између независних-предикторских варијабли ( $NAO$  и  $AO$  индекси), у циљу дефинисања степена њихове међусобне повезаности (толеранција, квадратни коефицијент корелације), као и повезаности појединачног предиктора са одговарајућом зависном варијаблом (парцијална и семипарцијална корелација) (табела 28). На основу већине резултата, који су приказани у табели 28, може се извести закључак да предикторске варијабле највероватније могу објаснити флукуације критеријумских варијабли.

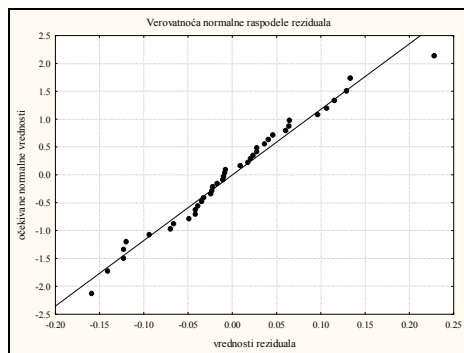
Из резултата претходне две тест анализе, стиче се утисак да постоји оправданост коришћења вишеструке линеарне регресије, односно поређења задатих зависних и независних варијабли.

Посматрајући резултате вишеструке линеарне регресије у табелама 29-38, генерално се уочава да, у већини случајева, оба показатеља циркулације имају сигнификантан утицај на флукуације параметара екстремних температура. Такође,  $F$  статистика и  $p$  вредност указују на поузданост добијених вредности, односно на одређену повезаност зависних и независних варијабли.

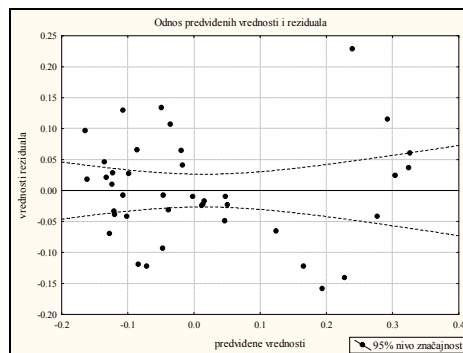
---

<sup>28</sup> Графичко представљање распореда резидуала осталих параметара екстрема није приказано у дисертацији због сличности у добијеним резултатима.

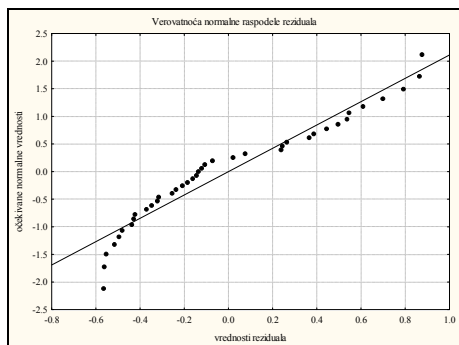
Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000



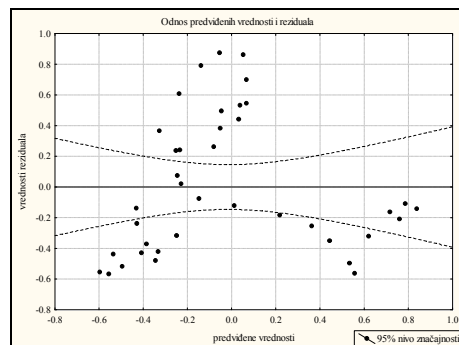
год.1



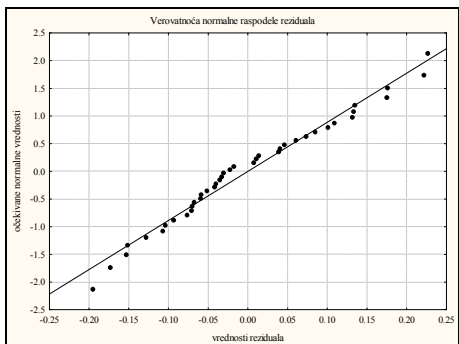
год.2



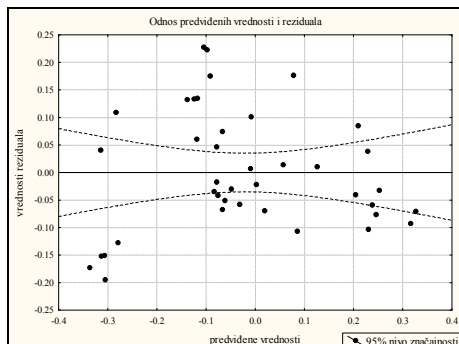
31



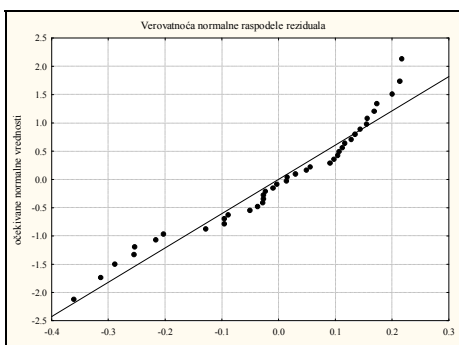
32



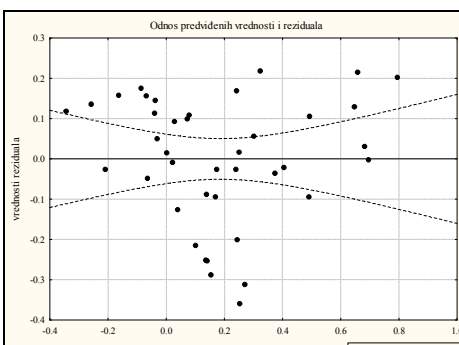
п1



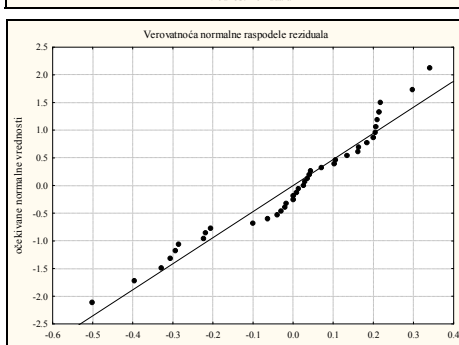
п2



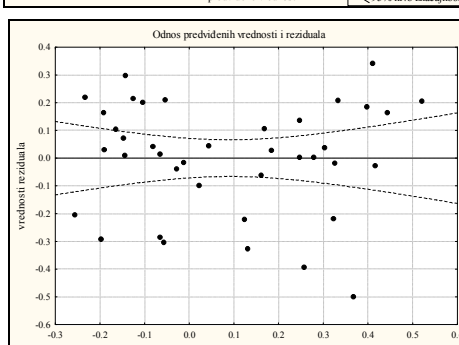
л1



л2



j1



j2

Прилог 63. (претходна страна) Испитивање резидуала временских серија  $T_{min}$  за подручје Војводине у периоду 1951-2000. године; Напомена: **1** – линеарни однос очекиваних вредности и резидуала; **2** – расподела резидуала и предвиђених вредности; **год.** – годишњи период; **з** – зима; **п** – пролеће; **л** – лето; **ј** – јесен

Табела 28. Анализа редундансе независних-предикторских варијабли  $NAO$  и  $AO$  индекса; Напомена: **T** – толеранција; **R<sup>2</sup>** – квадратни коефицијент корелације; **P.C.** – парцијална корелација; **SP.C.** – семипарцијална корелација; **год.** – годишњи период; **з** – зима; **п** – пролеће; **л** – лето; **ј** – јесен

| параметри              | п.                      | вар. | T    | R <sup>2</sup> | P.C.  | SP.C. |       |
|------------------------|-------------------------|------|------|----------------|-------|-------|-------|
| <b>T<sub>max</sub></b> | год.                    | NAO  | 0,41 | 0,59           | -0,82 | -0,56 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,92  | 0,90  |       |
|                        | з                       | NAO  | 0,12 | 0,88           | -0,10 | -0,07 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,45  | 0,33  |       |
|                        | п                       | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,65 | -0,43 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,85  | 0,80  |       |
|                        | л                       | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,77 | -0,76 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,65  | 0,54  |       |
|                        | ј                       | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,55 | -0,40 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | -0,62 | -0,37 |       |
|                        | <b>T<sub>min</sub></b>  | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,48 | -0,26 |
|                        |                         |      | AO   |                |       | 0,84  | 0,74  |
| з                      |                         | NAO  | 0,12 | 0,88           | -0,03 | -0,02 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,33  | 0,26  |       |
| п                      |                         | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,24 | -0,12 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,87  | 0,87  |       |
| л                      |                         | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,86 | -0,83 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,81  | 0,69  |       |
| ј                      |                         | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,39 | -0,28 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | -0,56 | -0,44 |       |
| <b>DTR</b>             |                         | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,73 | -0,72 |
|                        |                         |      | AO   |                |       | 0,71  | 0,67  |
|                        | з                       | NAO  | 0,12 | 0,88           | -0,30 | -0,22 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,54  | 0,44  |       |
|                        | п                       | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,63 | -0,57 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,57  | 0,49  |       |
|                        | л                       | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,54 | -0,54 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,28  | 0,24  |       |
|                        | ј                       | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,48 | -0,41 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | -0,29 | -0,22 |       |
|                        | <b>aT<sub>max</sub></b> | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,63 | -0,39 |
|                        |                         |      | AO   |                |       | 0,86  | 0,80  |
| з                      |                         | NAO  | 0,12 | 0,88           | 0,32  | 0,17  |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,27  | 0,14  |       |
| п                      |                         | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,71 | -0,63 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,65  | 0,53  |       |
| л                      |                         | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,66 | -0,66 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,39  | 0,32  |       |
| ј                      |                         | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,72 | -0,67 |       |
|                        |                         | AO   |      |                | 0,04  | 0,03  |       |



Табела 28. (наставак)

| параметри                   | п.                          | вар. | T    | R <sup>2</sup> | P.C.  | SP.C. |       |
|-----------------------------|-----------------------------|------|------|----------------|-------|-------|-------|
| <b>aT<sub>min</sub></b>     | год.                        | NAO  | 0,41 | 0,59           | 0,42  | 0,26  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,49  | 0,31  |       |
|                             | з                           | NAO  | 0,12 | 0,88           | 0,22  | 0,15  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,17  | 0,12  |       |
|                             | п                           | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,75 | -0,42 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,91  | 0,87  |       |
|                             | л                           | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,84 | -0,83 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,75  | 0,61  |       |
|                             | ј                           | NAO  | 0,72 | 0,28           | 0,27  | 0,22  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,60 | -0,60 |       |
|                             | <b>ETR</b>                  | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,70 | -0,70 |
|                             |                             |      | AO   |                |       | 0,61  | 0,54  |
| з                           |                             | NAO  | 0,12 | 0,88           | -0,04 | -0,04 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,02 | -0,02 |       |
| п                           |                             | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,18 | -0,15 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,49 | -0,48 |       |
| л                           |                             | NAO  | 0,67 | 0,33           | -0,36 | -0,35 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,03  | 0,03  |       |
| ј                           |                             | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,76 | -0,74 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,66  | 0,56  |       |
| <b>t<sub>x</sub>&lt;0°C</b> |                             | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,27 | -0,23 |
|                             |                             |      | AO   |                |       | -0,20 | -0,17 |
|                             | з                           | NAO  | 0,12 | 0,88           | 0,08  | 0,07  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,31 | -0,27 |       |
|                             | <b>t<sub>n</sub>&lt;0°C</b> | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,57 | -0,56 |
|                             |                             |      | AO   |                |       | 0,34  | 0,29  |
| з                           |                             | NAO  | 0,12 | 0,88           | -0,07 | -0,05 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,24 | -0,18 |       |
| п                           |                             | NAO  | 0,99 | 0,01           | 0,11  | 0,10  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,46 | -0,46 |       |
| ј                           | NAO                         | 0,72 | 0,28 | 0,03           | 0,02  |       |       |
|                             | AO                          |      |      | 0,78           | 0,70  |       |       |
| <b>t<sub>x</sub>≥25°C</b>   | год.                        | NAO  | 0,41 | 0,59           | -0,71 | -0,68 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,74  | 0,72  |       |
|                             | п                           | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,61 | -0,47 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,75  | 0,68  |       |
|                             | л                           | NAO  | 0,99 | 0,01           | -0,84 | -0,84 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,70  | 0,53  |       |
|                             | ј                           | NAO  | 0,72 | 0,28           | 0,15  | 0,15  |       |
|                             |                             | AO   |      |                | -0,17 | -0,17 |       |
|                             | <b>t<sub>x</sub>≥30°C</b>   | год. | NAO  | 0,41           | 0,59  | -0,60 | -0,53 |
|                             |                             |      | AO   |                |       | 0,70  | 0,70  |
|                             |                             | л    | NAO  | 0,99           | 0,01  | -0,63 | -0,61 |
|                             |                             |      | AO   |                |       | 0,58  | 0,54  |
| ј                           |                             | NAO  | 0,72 | 0,28           | -0,43 | -0,43 |       |
|                             |                             | AO   |      |                | 0,35  | 0,33  |       |

У табели 29 анализиране су годишње и сезонске временске серије средње максималних температура за простор Војводине са независним варијаблама NAO и АО индекса. Посматрајући годишњи низ, 84,2% варијансе (adjusted  $R^2$ ) критеријумске варијабле, односно  $T_{\max,g}$ , објашњено је са NAO и АО предикторским варијаблама. На сезонском нивоу, највећу осетљивост на осцилације NAO и АО индекса показује пролећна временска серија  $T_{\max,p}$  са 74,1% варијансе критеријумске варијабле, затим јесења  $T_{\max,l}$  са 60,7%, летња  $T_{\max,z}$  са 57,5%, а најмању повезаност има зимска  $T_{\max,j}$  са 54,9% објашњене варијансе. Обе циркулације представљају значајне предикторе (осим NAO у зимском периоду) средњих максималних температура. Међутим, уочљиво је да NAO индекс има негативну корелациону повезаност, док АО индекс, осим у јесењем делу, има позитивну везу са  $T_{\max}$ .

За средње минималне температуре  $T_{\min}$ , Арктичка осцилација представља значајан предиктор у свим временским нивоима, док NAO индекс има утицај (са негативним предзнаком) током летњег и јесењег периода и на годишњем нивоу. Предикторске варијабле најмање објашњавају зимске и јесење временске серије  $T_{\min}$ , 43,0%, односно 53,7% варијансе. Са друге стране, 76,2% варијансе годишње, затим 74,0% летње и 73,7% пролећне временске серије, захваћено је NAO и АО циркулацијама (табела 30).

Генерално, мали проценат варијансе критеријумске варијабле, односно криве распона средњих максималних и минималних температура (DTR), објашњавају вредности NAO и АО индекса. Оваква ситуација нарочито је уочљива за летњи низ, где је једва нешто више од 25% варијансе објашњено од стране предикторских варијабли (вредности  $F$  статистике и  $p$  вредности потврђују претходну констатацију). NAO и АО индекси најбоље објашњавају годишњу варијаблу DTR-а, где је захваћено 52,6% варијансе. Северно-атлантска осцилација показује сигнификантан утицај током године, пролећа, лета и јесени, а Арктичка осцилација током зимске и пролећне сезоне и такође на годишњем нивоу (табела 31).

Табела 29. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле;  $T_{max}$  – зависна-критеријумска варијабла; Напомена: **боло** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *z* – зима; *p* – пролеће; *l* – лето; *j* - јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |  |                       |           |
|--|--|-----------------------|-----------|
| Dependent: $T_{max,g}$   | Multiple R = ,92209583                 | F = 105,0481          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,85026071             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,84216670    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,089545772 |                       |           |
| Intercept: ,069680038  | Std.Error: ,0145184                    | t( 37) = 4,7994       | p = ,0000 |
| <b>NAOg beta =-,88</b>   |  | <b>AOg beta =1,41</b> |           |
| Dependent: $T_{max,z}$   | Multiple R = ,75653413                 | F = 24,08989          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,57234389             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,54858522    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,465821819 |                       |           |
| Intercept: ,210122730  | Std.Error: ,1008106                    | t( 36) = 2,0843       | p = ,0443 |
| <b>NAOz beta =-,20</b>   |  | <b>AOz beta =,937</b> |           |
| Dependent: $T_{max,p}$   | Multiple R = ,86844548                 | F = 56,76369          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,75419755             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,74091094    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,194864416 |                       |           |
| Intercept: -,165634413   | Std.Error: ,0331488                    | t( 37) = -4,997       | p = ,0000 |
| <b>NAOp beta =-,43</b>   |  | <b>AOp beta =,799</b> |           |
| Dependent: $T_{max,l}$   | Multiple R = ,77234982                 | F = 27,35158          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,59652424             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,57471474    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,334205780 |                       |           |
| Intercept: ,254277756  | Std.Error: ,0532175                    | t( 37) = 4,7781       | p = ,0000 |
| <b>NAOl beta =-,93</b>   |  | <b>AOl beta =,659</b> |           |
| Dependent: $T_{max,j}$   | Multiple R = ,79244424                 | F = 30,38292          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,62796788             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,60729943    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,359654180 |                       |           |
| Intercept: -,003840614   | Std.Error: ,0588610                    | t( 36) = -,0652       | p = ,9483 |
| <b>NAOj beta =-,47</b>   |  | <b>AOj beta =-,44</b> |           |

Табела 30. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле;  $T_{min}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **боло** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *z* – зима; *p* – пролеће; *l* – лето; *j* – јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |  |                       |           |
|--|--|-----------------------|-----------|
| Dependent: $T_{min,g}$   | Multiple R = ,88013051                 | F = 63,58713          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,77462972             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,76244754    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,083819759 |                       |           |
| Intercept: ,020611838  | Std.Error: ,0135900                    | t( 37) = 1,5167       | p = ,1378 |
| <b>NAOg beta =-,41</b>   |  | <b>AOg beta =1,15</b> |           |
| Dependent: $T_{min,z}$   | Multiple R = ,67837360                 | F = 15,34511          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,46019074             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,43020134    | p = ,000015           |           |
|  | Standard error of estimate: ,456271172 |                       |           |
| Intercept: ,035406678  | Std.Error: ,0987437                    | t( 36) = ,35857       | p = ,7220 |
| <b>NAOz beta =-,06</b>   |  | <b>AOz beta =,732</b> |           |
| Dependent: $T_{min,p}$   | Multiple R = ,86617157                 | F = 55,57502          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,75025319             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,73675336    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,111297254 |                       |           |
| Intercept: -,058013245   | Std.Error: ,0189330                    | t( 37) = -3,064       | p = ,0041 |
| <b>NAOp beta =-,12</b>   |  | <b>AOp beta =,870</b> |           |
| Dependent: $T_{min,l}$   | Multiple R = ,86800935                 | F = 56,53252          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,75344023             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,74011268    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,159976845 |                       |           |
| Intercept: ,209272899  | Std.Error: ,0254740                    | t( 37) = 8,2151       | p = ,0000 |
| <b>NAOl beta =-1,0</b>   |  | <b>AOl beta =,844</b> |           |
| Dependent: $T_{min,j}$   | Multiple R = ,74937287                 | F = 23,05462          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,56155970             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,53720191    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,206695838 |                       |           |
| Intercept: ,105730230  | Std.Error: ,0338278                    | t( 36) = 3,1255       | p = ,0035 |
| <b>NAOj beta =-,33</b>   |  | <b>AOj beta =-,52</b> |           |

Табела 31. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле; *DTR* – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *z* – зима; *p* – пролеће; *l* – лето; *j* – јесен

| <b>Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR)</b> |  |                       |           |
|---|--|-----------------------|-----------|
| Dependent: <i>DTR,g</i>   | Multiple R = ,74189861                 | F = 22,64893          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,55041355             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,52611158    | p = ,000000           |           |
|   | Standard error of estimate: ,078717784 |                       |           |
| Intercept: ,049068200   | Std.Error: ,0127628                    | t( 37) = 3,8446       | p = ,0005 |
|   | <b>NAOg beta =-1,1</b>                 | <b>AOg beta =1,05</b> |           |
| Dependent: <i>DTR,z</i>   | Multiple R = ,72497007                 | F = 19,94119          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,52558160             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39  | adjusted R <sup>2</sup> = ,49922502    | p = ,000001           |           |
|   | Standard error of estimate: ,115099470 |                       |           |
| Intercept: ,074716052   | Std.Error: ,0249092                    | t( 36) = 2,9995       | p = ,0049 |
|   | NAOz beta =-,62                        | <b>AOz beta =1,28</b> |           |
| Dependent: <i>DTR,p</i>   | Multiple R = ,71587869                 | F = 19,44734          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,51248230             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,48612999    | p = ,000002           |           |
|   | Standard error of estimate: ,171700650 |                       |           |
| Intercept: -,007621168  | Std.Error: ,0292084                    | t( 37) = -,2609       | p = ,7956 |
|   | <b>NAOp beta =-,57</b>                 | <b>AOp beta =,490</b> |           |
| Dependent: <i>DTR,l</i>   | Multiple R = ,54178369                 | F = 7,686517          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,29352957             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,25534198    | p = ,001615           |           |
|   | Standard error of estimate: ,211279672 |                       |           |
| Intercept: ,045004857   | Std.Error: ,0336433                    | t( 37) = 1,3377       | p = ,1892 |
|   | <b>NAOl beta =-,65</b>                 | <b>AOl beta =,297</b> |           |
| Dependent: <i>DTR,j</i>   | Multiple R = ,66309319                 | F = 14,12522          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,43969258             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39  | adjusted R <sup>2</sup> = ,40856439    | p = ,000030           |           |
|   | Standard error of estimate: ,269099037 |                       |           |
| Intercept: -,109570845  | Std.Error: ,0440407                    | t( 36) = -2,488       | p = ,0176 |
|   | <b>NAOj beta =-,49</b>                 | <b>AOj beta =-,26</b> |           |

У табели 32 NAO има сигнификантан утицај на осцилације средњих апсолутно максималних температура ( $aT_{\max}$ ) током читаве године, док АО представља значајног предиктора на годишњем нивоу и током пролећа и лета. Предикторске варијабле највише објашњавају годишњи и зимски низ  $aT_{\max}$ , односно преко 70% варијансе обе критеријумске варијабле, док је летња временска серија најмање захваћена NAO и АО индексима.

Обе независне варијабле представљају сигнификантне предикторе средњих апсолутно минималних температура ваздуха током већег дела године (осим у зимском периоду и NAO у јесењем). У табели 33 види се да је чак 85,4% варијансе пролећне  $aT_{\min}$  објашњено предикторским NAO и АО варијаблама, а затим следи летњи и годишњи низ. Анализа вишеструке линеарне регресије указује да је најслабије објашњена јесења критеријумска варијабла (33,4% варијансе).

У табели 34 уочава се да NAO и АО атмосферске циркулације, генерално веома слабо објашњавају временске серије распона средњих апсолутно максималних и минималних температура (ETR). Најбоље су објашњени јесењи и годишњи низ ETR-а, односно захваћено је 56,5% и 46,8% варијанси критеријумских варијабли. Са друге стране, варијације зимске временске серије не могу бити објашњене независним варијаблама. Обе предикторске варијабле имају сигнификантан утицај на годишње и јесење осцилације ETR-а, док АО представља значајан предиктор током пролећа, а NAO током јесени.

Табела 32. Резултати вишеструке линеарне регресије;  $NAO$  и  $AO$  индекси – независне-предикторске варијабле;  $aT_{max}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна  $beta$  вредност;  $g$  – година;  $z$  – зима;  $p$  – пролеће;  $l$  – лето;  $j$  – јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |  |                       |           |
|--|--|-----------------------|-----------|
| Dependent: $aT_{max,g}$  | Multiple R = ,87824158                 | F = 62,39492          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,77130828             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,75894656    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,137273926 |                       |           |
| Intercept: ,117895757  | Std.Error: ,0222567                    | t( 37) = 5,2971       | p = ,0000 |
|  | <b>NAOg beta =-,60</b>                 | <b>AOg beta =1,26</b> |           |
| Dependent: $aT_{max,z}$  | Multiple R = ,86790357                 | F = 54,95028          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,75325661             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,73954865    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,354837912 |                       |           |
| Intercept: ,171405383  | Std.Error: ,0767921                    | t( 36) = 2,2321       | p = ,0319 |
|  | <b>NAOz beta =,483</b>                 | <b>AOz beta =,398</b> |           |
| Dependent: $aT_{max,p}$  | Multiple R = ,78282483                 | F = 29,28074          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,61281471             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,59188577    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,256178722 |                       |           |
| Intercept: ,023879005  | Std.Error: ,0435791                    | t( 37) = ,54795       | p = ,5870 |
|  | <b>NAOp beta =-,63</b>                 | <b>AOp beta =,531</b> |           |
| Dependent: $aT_{max,l}$  | Multiple R = ,66059710                 | F = 14,32403          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,43638853             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,40592305    | p = ,000025           |           |
|  | Standard error of estimate: ,470561464 |                       |           |
| Intercept: ,165083820  | Std.Error: ,0749302                    | t( 37) = 2,2032       | p = ,0339 |
|  | <b>NAOl beta =-,80</b>                 | <b>AOl beta =,390</b> |           |
| Dependent: $aT_{max,j}$  | Multiple R = ,77070970                 | F = 26,33426          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,59399344             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,57143751    | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,267938515 |                       |           |
| Intercept: -,056907167   | Std.Error: ,0438508                    | t( 36) = -1,298       | p = ,2026 |
|  | <b>NAOj beta =-,79</b>                 | <b>AOj beta =,032</b> |           |

Табела 33. Резултати вишеструке линеарне регресије;  $NAO$  и  $AO$  индекси – независне-предикторске варијабле;  $aT_{min}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна  $beta$  вредност;  $g$  – година;  $z$  – зима;  $p$  – пролеће;  $l$  – лето;  $j$  – јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |  |                        |           |
|--|--|------------------------|-----------|
| Dependent: $aT_{min,g}$  | Multiple R = ,83197426                 | F = 41,60029           |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,69218117             | df = 2,37              |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,67554232    | p = ,000000            |           |
|  | Standard error of estimate: ,158091569 |                        |           |
| Intercept: ,054792914  | Std.Error: ,0256320                    | t( 37) = 2,1377        | p = ,0392 |
|  | <b>NAOg beta = ,400</b>                | <b>AOg beta = ,483</b> |           |
| Dependent: $aT_{min,z}$  | Multiple R = ,74910174                 | F = 23,01661           |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,56115342             | df = 2,36              |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,53677306    | p = ,000000            |           |
|  | Standard error of estimate: ,633743490 |                        |           |
| Intercept: -,142197979   | Std.Error: ,1371513                    | t( 36) = -1,037        | p = ,3067 |
|  | NAOz beta = ,429                       | AOz beta = ,332        |           |
| Dependent: $aT_{min,p}$  | Multiple R = ,92795902                 | F = 114,6970           |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,86110794             | df = 2,37              |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,85360026    | p = ,000000            |           |
|  | Standard error of estimate: ,176238853 |                        |           |
| Intercept: -,060351245   | Std.Error: ,0299804                    | t( 37) = -2,013        | p = ,0514 |
|  | <b>NAOp beta = -,42</b>                | <b>AOp beta = ,870</b> |           |
| Dependent: $aT_{min,l}$  | Multiple R = ,84542160                 | F = 46,35259           |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,71473769             | df = 2,37              |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,69931810    | p = ,000000            |           |
|  | Standard error of estimate: ,164347526 |                        |           |
| Intercept: ,241128955  | Std.Error: ,0261700                    | t( 37) = 9,2139        | p = ,0000 |
|  | <b>NAOl beta = -1,0</b>                | <b>AOl beta = ,743</b> |           |
| Dependent: $aT_{min,j}$  | Multiple R = ,60738178                 | F = 10,52220           |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,36891262             | df = 2,36              |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,33385221    | p = ,000252            |           |
|  | Standard error of estimate: ,367353386 |                        |           |
| Intercept: ,035576082  | Std.Error: ,0601210                    | t( 36) = ,59174        | p = ,5577 |
|  | NAOj beta = ,258                       | AOj beta = -,70        |           |



Табела 34. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле; *ETR* – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *z* – зима; *p* – пролеће; *l* – лето; *j* – јесен

| <b>Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR)</b> |  |                       |           |
|---|--|-----------------------|-----------|
| Dependent: <i>ETR,g</i>   | Multiple R = ,70392416                 | F = 18,17064          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,49550922             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,46823945    | p = ,000003           |           |
|   | Standard error of estimate: ,184925464 |                       |           |
| Intercept: ,063102843   | Std.Error: ,0299827                    | t( 37) = 2,1046       | p = ,0422 |
|   | <b>NAOg beta =-1,1</b>                 | <b>AOg beta =,855</b> |           |
| Dependent: <i>ETR,z</i>   | Multiple R = ,17103885                 | F = ,5424461          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,02925429             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39  | adjusted R <sup>2</sup> = -,02467603   | p = ,586001           |           |
|   | Standard error of estimate: ,557153509 |                       |           |
| Intercept: ,213603362   | Std.Error: ,1205761                    | t( 36) = 1,7715       | p = ,0849 |
|   | NAOz beta =-,11                        | AOz beta =-,06        |           |
| Dependent: <i>ETR,p</i>   | Multiple R = ,52252703                 | F = 6,948250          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,27303450             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,23373907    | p = ,002742           |           |
|   | Standard error of estimate: ,338665865 |                       |           |
| Intercept: ,084230250   | Std.Error: ,0576112                    | t( 37) = 1,4620       | p = ,1522 |
|   | NAOp beta =-,15                        | AOp beta =-,48        |           |
| Dependent: <i>ETR,l</i>   | Multiple R = ,41001925                 | F = 3,738672          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,16811578             | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,12314907    | p = ,033202           |           |
|   | Standard error of estimate: ,406052497 |                       |           |
| Intercept: -,076045136  | Std.Error: ,0646581                    | t( 37) = -1,176       | p = ,2471 |
|   | NAOl beta =-,43                        | AOl beta =,035        |           |
| Dependent: <i>ETR,j</i>   | Multiple R = ,76695058                 | F = 25,71194          |           |
|   | R <sup>2</sup> = ,58821319             | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39  | adjusted R <sup>2</sup> = ,56533614    | p = ,000000           |           |
|   | Standard error of estimate: ,331533946 |                       |           |
| Intercept: -,192483248  | Std.Error: ,0542588                    | t( 36) = -3,548       | p = ,0011 |
|   | NAOj beta =-,87                        | AOj beta =,654        |           |

NAO и АО атмосферске циркулације, према резултатима вишеструке линеарне регресије, немају сигнификантан утицај на осцилације годишњих и зимских вредности ледених дана ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ). Истовремено, мали проценат варијанси обе критеријумске варијабле је објашњен предикторским варијаблама, односно вредности износе свега 29,8% варијансе  $t_x < 0^\circ\text{C},g$  и 31,1% варијансе  $t_x < 0^\circ\text{C},z$  (табела 35).

Табела 35. Резултати вишеструке линеарне регресије; NAO и АО индекси – независне-предикторске варијабле;  $t_x < 0^\circ\text{C}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна beta вредност; g – година; z – зима

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |   |                           |
|--|---|---------------------------|
| Dependent: $t_x < 0^\circ\text{C},g$                             | Multiple R = ,57800490                  | F = 9,281518              |
|  | R <sup>2</sup> = ,33408967              | df = 2,37                 |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,29809452     | p = ,000541               |
|  | Standard error of estimate: 3,242456375 |                           |
| Intercept: ,278756127  | Std.Error: ,5257115                     | t( 37) = ,53025 p = ,5991 |
|  | NAOg beta = <b>-,35</b>                 | AOg beta = <b>-,26</b>    |
| Dependent: $t_x < 0^\circ\text{C},z$                             | Multiple R = ,58951112                  | F = 9,587194              |
|  | R <sup>2</sup> = ,34752336              | df = 2,36                 |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,31127465     | p = ,000459               |
|  | Standard error of estimate: 1,056654123 |                           |
| Intercept: -,135256568   | Std.Error: ,2286752                     | t( 36) = -,5915 p = ,5579 |
|  | NAOz beta = ,187                        | AOz beta = <b>-,76</b>    |

Анализирајући временске серије мразних дана ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ) уочава се да обе предикторске варијабле, генерално слабо објашњавају флукутације годишњих и сезонских вредности зависних-критеријумских варијабли. Једино критеријумска варијабла јесењег низа  $t_n < 0^\circ\text{C}$ , указује на одређени степен повезаности са NAO и АО индексима, с обзиром на то да је објашњено 67,2% варијансе. Обе атмосферске циркулације имају сигнификантан утицај на годишње кретање мразних дана, док АО индекс представља значајан фактор током пролећа и јесени (табела 36).

Табела 36. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле;  $t_n < 0^\circ\text{C}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *z* – зима; *p* – пролеће; *j* – јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |   |                       |           |
|--|---|-----------------------|-----------|
| Dependent: $t_n < 0^\circ\text{C},g$                             | Multiple R = ,59444071                  | F = 10,10942          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,35335976              | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,31840624     | p = ,000314           |           |
|  | Standard error of estimate: 1,573500917 |                       |           |
| Intercept: -,221041884   | Std.Error: ,2551175                     | t( 37) = -,8664       | p = ,3918 |
|  | <b>NAOg beta =-,87</b>                  | <b>AOg beta =,459</b> |           |
| Dependent: $t_n < 0^\circ\text{C},z$                             | Multiple R = ,66464931                  | F = 14,24412          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,44175870              | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,41074529     | p = ,000028           |           |
|  | Standard error of estimate: ,599605171  |                       |           |
| Intercept: -,241679948   | Std.Error: ,1297632                     | t( 36) = -1,862       | p = ,0707 |
|  | NAOz beta =-,14                         | AOz beta =-,53        |           |
| Dependent: $t_n < 0^\circ\text{C},p$                             | Multiple R = ,45952789                  | F = 4,952332          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,21116588              | df = 2,37             |           |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,16852620     | p = ,012423           |           |
|  | Standard error of estimate: ,503952402  |                       |           |
| Intercept: ,192219116  | Std.Error: ,0857285                     | t( 37) = 2,2422       | p = ,0310 |
|  | NAOp beta =,101                         | <b>AOp beta =-,46</b> |           |
| Dependent: $t_n < 0^\circ\text{C},j$                             | Multiple R = ,83048483                  | F = 40,00932          |           |
|  | R <sup>2</sup> = ,68970504              | df = 2,36             |           |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = ,67246644     | p = ,000000           |           |
|  | Standard error of estimate: ,388829134  |                       |           |
| Intercept: -,162676237   | Std.Error: ,0636358                     | t( 36) = -2,556       | p = ,0149 |
|  | NAOj beta =,018                         | <b>AOj beta =,821</b> |           |

Током године, као и у пролећном и летњем периоду, *NAO* и *AO* индекси имају сигнификантан утицај на кретање броја летњих дана ( $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ ). Истовремено, преко 50% варијанси годишње, пролећне и летње критеријумске варијабле објашњено је са обе предикторске варијабле. Према овој анализи, једино флукуације јесење вредности не могу се довести у везу са кретањима атмосферских циркулација изнад простора Војводине (табела 37).

Табела 37. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле;  $t_x \geq 25^\circ\text{C}$  – зависна-критеријумска варијабла;

Напомена: **болд** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *p* – пролеће; *l* – лето; *j* – јесен

| Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR) |  |                           |
|--|--|---------------------------|
| Dependent: $t_x \geq 25^\circ\text{C}, g$                        | Multiple R = ,74608996<br>R <sup>2</sup> = ,55665023 | F = 23,22778<br>df = 2,37 |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,53268537                  | p = ,000000               |
| Standard error of estimate: 2,404423337                          |  |                           |
| Intercept: 1,492734730   | Std.Error: ,3898380                                  | t( 37) = 3,8291 p = ,0005 |
| <b>NAOg beta =-1,1</b>   | <b>AOg beta =1,13</b>                                |                           |
| Dependent: $t_x \geq 25^\circ\text{C}, p$                        | Multiple R = ,79199287<br>R <sup>2</sup> = ,62725271 | F = 31,13148<br>df = 2,37 |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,60710420                  | p = ,000000               |
| Standard error of estimate: ,266072768                           |  |                           |
| Intercept: -,072109052   | Std.Error: ,0452622                                  | t( 37) = -1,593 p = ,1196 |
| <b>NAOp beta =-,47</b>   | <b>AOp beta =,685</b>                                |                           |
| Dependent: $t_x \geq 25^\circ\text{C}, l$                        | Multiple R = ,84322536<br>R <sup>2</sup> = ,71102900 | F = 45,52026<br>df = 2,37 |
| No. of cases: 40   | adjusted R <sup>2</sup> = ,69540895                  | p = ,000000               |
| Standard error of estimate: ,567010784                           |  |                           |
| Intercept: ,535517316  | Std.Error: ,0902884                                  | t( 37) = 5,9312 p = ,0000 |
| <b>NAOl beta =-1,0</b>   | <b>AOl beta =,645</b>                                |                           |
| Dependent: $t_x \geq 25^\circ\text{C}, j$                        | Multiple R = ,18715974<br>R <sup>2</sup> = ,03502877 | F = ,6534058<br>df = 2,36 |
| No. of cases: 39   | adjusted R <sup>2</sup> = -,01858074                 | p = ,526331               |
| Standard error of estimate: ,510298503                           |  |                           |
| Intercept: -,028903051   | Std.Error: ,0835154                                  | t( 36) = -,3461 p = ,7313 |
| <b>NAOj beta =,179</b>   | <b>AOj beta =-,20</b>                                |                           |

У табели 38, са обе предикторске варијабле, најбоље је објашњена годишња флукуација тропских дана ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), а најслабије јесења временска серија зависне варијабле. Вишеструка линеарна регресија показује да *NAO* и *AO* индекси имају сигнификантан утицај на годишње и сезонска кретања покретних декадних временских серија тропских дана.

Табела 38. Резултати вишеструке линеарне регресије; *NAO* и *AO* индекси – независне-предикторске варијабле;  $t_x \geq 30^\circ\text{C}$  – зависна-критеријумска варијабла; Напомена: **болд** – сигнификантна *beta* вредност; *g* – година; *l* – лето; *j* – јесен

| <b>Вишеструка линеарна регресија (Multiple Linear Regression – MLR)</b> |   |                           |
|---|---|---------------------------|
| Dependent: $t_x \geq 30^\circ\text{C}, g$                               | Multiple R = ,69961305                  | F = 17,73603              |
|   | R <sup>2</sup> = ,48945842              | df = 2,37                 |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,46186158     | p = ,000004               |
|   | Standard error of estimate: 3,478210333 |                           |
| Intercept: 1,711393638  | Std.Error: ,5639351                     | t( 37) = 3,0347 p = ,0044 |
| <b>NAOg beta =-,84</b>  | <b>AOg beta =1,10</b>                   |                           |
| Dependent: $t_x \geq 30^\circ\text{C}, l$                               | Multiple R = ,65320092                  | F = 13,76771              |
|   | R <sup>2</sup> = ,42667144              | df = 2,37                 |
| No. of cases: 40  | adjusted R <sup>2</sup> = ,39568070     | p = ,000034               |
|   | Standard error of estimate: 1,128353137 |                           |
| Intercept: ,488084264   | Std.Error: ,1796742                     | t( 37) = 2,7165 p = ,0100 |
| <b>NAOl beta =-,74</b>  | <b>AOl beta =,663</b>                   |                           |
| Dependent: $t_x \geq 30^\circ\text{C}, j$                               | Multiple R = ,44741200                  | F = 4,504993              |
|   | R <sup>2</sup> = ,20017750              | df = 2,36                 |
| No. of cases: 39  | adjusted R <sup>2</sup> = ,15574291     | p = ,017943               |
|   | Standard error of estimate: ,187232641  |                           |
| Intercept: -,065371341  | Std.Error: ,0306425                     | t( 36) = -2,133 p = ,0398 |
| <b>NAOj beta =-,50</b>  | <b>AOj beta =,391</b>                   |                           |

• • •

Анализирајући резултате вишеструке линеарне регресије, уочљиво је да Северно-атлантска и Арктичка атмосферска циркулација генерално имају значајног утицаја на кретање, пре свега средњих и апсолутних максималних и минималних температура, током зимског, пролећног и летњег периода. Претходно изнета констатација заснива се на чињеници да *NAO* и *AO* индекси објашњавају прилично висок проценат варијанси зимских, пролећних и летњих критеријумских варијабли, што је у складу са резултатима других истраживача (Tuomenvirta et al., 2000; Jungo and Beniston, 2001; Kyselý, 2002; Tomozeiu et al., 2002; Jones and Lister, 2004; Nikolova and Noda, 2004; del Río et al., 2007; Nikolova and Penev, 2007). Истовремено, према одређеним истраживањима европског континента (Jungo and Beniston, 2001; Jones and Lister, 2004), значајан утицај Северно-атлантске осцилације током зимских и пролећних месеци, као и

доминантне високе позитивне вредности NAO индекса током деведесетих година XX века, највероватније представља фактор тенденције пораста температурних вредности током ова два сезонска периода. Такође, према резултатима Домонкоша и сар. (Domonkos et al., 2003), флукуације летњих екстремних температурних догађаја на подручју јужне и централне Европе, током XX века, последица су промене карактеристика атмосферских циркулација.

Према претходним анализама, у оквиру ове студије, види се да максималне и минималне температуре ваздуха имају тренд пораста током зимских и пролећних месеци, што би се могло довести у везу и са утицајем обе атмосферске циркулације. Међутим, да би се могло са већом сигурношћу утврдити утицај атмосферских циркулација на температурне и друге климатске елементе, на подручју Војводине, неопходно је користити обимнију методологију и вршити анализе података на дневном нивоу.

## ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Циљ ове дисертације је анализа временских серија екстремних температура ваздуха на простору територије Војводине током друге половине XX века. Током истраживања, анализирани су годишњи, сезонски и месечни низови средње максималне ( $T_{\max}$ ) и минималне ( $T_{\min}$ ) температуре, затим годишње и сезонске временске серије средњих апсолутно максималних температура ( $aT_{\max}$ ), средњих апсолутно минималних температура ( $aT_{\min}$ ), броја ледених дана ( $t_x < 0^\circ\text{C}$ ), мразних дана ( $t_n < 0^\circ\text{C}$ ), летњих дана ( $t_x \geq 25^\circ\text{C}$ ) и тропских дана ( $t_x \geq 30^\circ\text{C}$ ), као и низови распона средњих максимума и минимума (DTR) и средњих апсолутних максимума и минимума (ETR).

У оквиру ове студије, по први пут се приступило тестирању хомогености месечних и сезонских временских серија екстрема на простору Војводине, коришћењем Александерсоновог теста, који се у савременим климатолошким истраживањима широко примењује. Добијени резултати, генерално су слични са резултатима хомогености у земљама у окружењу и другим Европским регионима, односно за Војводину је добијено близу 30% нехомогених серија (осредњено за све испитиване параметре екстрема). У даљим корацима ове анализе око 11% нехомогених низова је подешено (хомогенизовано), док, са друге стране, за око 16% временских серија није успело да се изврши подешавање. Истовремено, извршена је додатна анализа, помоћу које се покушало утврдити да ли би постојала сигнификантна разлика између вредности нехомогенизованих серија и вредности истих тих серија, уколико би успело да се изврши подешавање. С обзиром на то да су резултати показали да највероватније не би постојала сигнификантна разлика, око 16% нехомогенизованих серија није одбачено, него је укључено у даље анализе.

У последњих неколико година, значајан је број радова који указују на пораст екстремних температура ваздуха, нарочито минималних, током XX века. У складу са тренутном актуелношћу у климатолошким истраживањима, урађена је анализа трендова екстрема у Војводини за педесетогодишњи временски

период и примећен тренд пораста годишњих максималних и минималних температура, као и броја летњих и тропских дана, док је са друге стране, уочен опадајући тренд просечног броја ледених и мразних дана. Посматрајући резултате сезонских временских серија, тенденције кретања трендова у зимском, пролећном и летњем периоду се поклапају са годишњим низовима, док су другачији подаци добијени за јесен, односно уочено је опадање максималних екстрема, а пораст минималних температура и мразних дана. Међутим, закључак о томе колико пораст ових екстрема утиче генерално на промену температурних карактеристика у Војводини, треба узети са одређеним степеном опрезности. На основу анализа t-теста и Мен-Кендаловог тест, сигнификантни годишњи пораст добијен је једино за  $T_{\min}$ , док се код сезонских временских серија сигнификантност јавља једино током пролећа код  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  и  $aT_{\min}$ . Највероватнији узрок овакве ситуације, открила је анализа трендова месечних низова  $T_{\max}$  и  $T_{\min}$ , где се највећи број сигнификантних растућих трендова јавља код мајских и мартовских временских серија. Резултати за Војводину, углавном се поклапају са резултатима других истраживача, нарочито у томе што и максималне и минималне температуре имају тренд раста, али се сигнификантни раст јавља углавном код минимума.

Иако се територија Војводине распростире на релативно малој ( $21.506 \text{ km}^2$ ) и орографски уједначеној површини, просторне анализе нису показале постојање апсолутне униформности екстремних температура, између испитиваних метеоролошких станица. Наиме, анализирањем временских серија, уочавају се генерално оштрије тенденције пораста или опадања екстрема на станицама у северном и северозападном делу Војводине, у односу на станице у јужном и југоисточном делу. Истовремено, на станицама лоцираним у северном и северозападном делу, очекиване вредности временског низа за осматрани период, односно почетне вредности права линеарне регресије (ознака  $b$ ), углавном су ниже, него код станица у јужном и југоисточном делу истраживаног простора. Узимајући у обзир карактеристике временских серија екстрема за осам метеоролошких станица, помоћу кластер анализе и тестирања права линеарне регресије, покушала се дефинисати просторна диферентност у оквиру територије Војводине. Резултати су показали да би се могла издвојити три кластера, који ограничавају југоисточни део Војводине (станице ВШ и ЗР), затим југозападни део (станице СМ и НС) и северни део (ПЛ, СО, СЕ и КИ). Истовремено, према



резултатима тестирања права линеарне регресије, значајна сличност уочава се између станица ВШ и СМ, па је неопходно узети у обзир и евентуално постојање температурне униформности јужног дела Војводине.

На годишње и сезонске флукуације екстремних температура ваздуха свакако утичу и други климатски елементи. У анализама трендова уочене су одређене разлике у тенденцијама кретања максималних и минималних температура, а тестирање распона између максимума и минимума (DTR и ETR), пружило је сликовитији и пластичнији приказ ових разлика. Ова анализа показује, да је у оквиру педесетогодишњег периода, током већег дела године долазило до нешто више тенденције пораста максимума у односу на минимуме, а претходну констатацију потврђују углавном позитивне вредности трендова временских серија DTR-а и ETR-а. У циљу бољег разумевања оваквих флукуација максимума и минимума, урађена је корелациона анализа са другим климатским елементима, за које би се могло претпоставити да непосредно утичу на кретања температура ваздуха. Добијени резултати указују на постојање високе корелационе повезаности временских серија DTR-а и ETR-а са вредностима инсолације, облачности, падавина и релативне влажности ваздуха (углавном преко 0,7, односно -0,7), нешто нижа повезаност пронађена је за висину снежног покривача, а најмања, или занемарљива, за честине два најдоминантнија ветра.

У претходним анализама, недвосмислено је потврђена генерална тенденција пораста већине параметара екстремних температура. Међутим, временском анализом, у оквиру које су међусобно упоређиване декадне вредности временске серије, види се да је током последње декаде XX века, односно током деведесетих година, дошло до најрапиднијег пораста екстрема. Интересантно је напоменути да је у овој декади највећи температурни раст забележен током летње сезоне, а затим током пролећа и зиме. Ови резултати разликују се у односу на анализу целокупног истраживаног периода (педесет година), јер су у тим нивовима уочени највиши пораст током зиме и пролећа. Свакако да су овакве тенденције кретања екстрема током деведесетих, узроковане одговарајућим осцилацијама у кретањима других климатских елемената, али истовремено и променама доминације, односно учесталости појаве одређених типова атмосферске циркулације. Могло би се закључити да је највероватније зонални тип циркулације, према класификацији Дзердзевског, утицао на пораст

екстремних температура током деведесетих година XX века. Истовремено, анализа годишњих и временских серија екстрема са NAO и AO индексима, указује да ова два показатеља атмосферске циркулације, објашњавају прилично висок проценат варијанси, пре свега средњих и апсолутних максималних и минималних температура, током зимског, пролећног и летњег периода. У значајном броју радова, констатује се да деведесете године представљају најтоплију декаду у XX веку, а да Северно-атлантска циркулација и високе позитивне вредности NAO индекса током деведесетих година, имају утицаја на пораст зимских и пролећних вредности екстремних температура. Резултати који су добијени у овој докторској дисертацији, генерално су у складу са предходним констатацијама.

Приликом будућих климатолошких истраживања, нипошто се не може констатовати да је откривање и дефинисање карактеристика екстремних температура на простору Војводине заокружено. Појава екстремних температурних прилика засигурно има значајан утицај на друштвену заједницу у Војводини, као што има значајан утицај и на глобално људско друштво (више речи о томе налази се у уводном делу дисертације). На простору Војводине, у последњих неколико година, долази до учесталије појаве вишедневних топлотних таласа (нпр. 2003. и 2007. године), које имају негативне последице на функционисање човека као појединца, што се аутоматски рефлектује на одрживост највиталнијих апарата друштвене заједнице. Према резултатима досадашњих истраживања, осетно повећање или снижење екстремних температура, током појединих година, може узроковати пад пољопривредних приноса између 20-30%. Претходна констатација веома је значајна за Војвођанску привреду, односно пољопривреду, која представља главну привредну грану и најзначајнију окосницу даљег привредног развоја овог простора. Посматрајући простор Војводине, у погледу пољопривредне биљне производње, постоје два критична периода појаве екстремних температура. Први период је крај марта-почетак маја, а други крај маја-почетак јула. Тада појава екстремно ниских у првом периоду и екстремно високих температура у другом периоду, могу имати велики утицај на пад приноса гајених биљних култура. Из тог разлога, без икакве сумње, неопходна су детаљнија истраживања екстрема, у смислу креирања базе података њихових дневних вредности и коришћења комплекснијих метода, које ће допринети откривању нових узрочно-последичних веза између екстрема и других

климатских елемената и процеса на простору Војводине. Међутим, током реализације оваквих истраживања, највероватније ће се наилазити на практичне проблеме, у смислу добијања дневних вредности за већину станица у Војводини, односно Србији или налажења квалитетних временских серија које имају стогодишње или дуже низове. Са друге стране, савремена климатолошка истраживања захтевају овакав квалитет база података, које се даље подвргавају статистичким и климатолошким анализама.

## ЛИТЕРАТУРА

- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahim, F., Tagipour, A., Kumar Kolli, R., Revadekar, J.V., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. and Luis Vazquez Aguirre, J. (2006): Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research* 111: D05109, DOI: 10.1029/2005JD006290.
- Alexandersson, H. (1984): A homogeneity test based on ratios and applied to precipitation series. Department of Meteorology, Uppsala, Report 79: 1-55.
- Alexandersson, H. (1986): A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology* 6: 661-675.
- Alexandersson, H. (1994): Climate series – a question of homogeneity. Proceedings of the 19th Nordic Meteorological Meeting, Kristiansand (DNMI): 25-31.
- Alexandersson, H. (1995): Homogeneity testing, multiple breaks and trends. Proceedings of the 6th International Meeting on Statistical Climatology, Galway: 439-441.
- Alexandersson, H. and Moberg, A. (1997): Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25-34.
- Allen, M.R. (2003): Liability for climate change. *Nature* 421: 891-892.
- Alfaro, E.J. (2006): Prediction of Summer Maximum and Minimum Temperature over the Central and Western United States: The Roles of Soil Moisture and Sea Surface Temperature. *Journal of Climate* 19: 1407-1421.
- Анђелковић, Г. (2003): Основне карактеристике београдског острва топлоте. Гласник српског географског друштва 83/1, Београд: 15-30.
- Анђелковић, Г. (2005): Београдско острво топлоте – одлике, узроци и последице. Географски факултет Универзитета у Београду: 1-162.
- Анђелковић, Г. (2007): Температурне прилике у јулу 2007. године као екстремна климатска појава у Србији. Гласник Српског географског друштва 87, 2: 51-62.

- Baker, C.B., Quayle, R.G. and Walin, W. (1995): The influence of night time cloud cover on the observed minimum temperature in China. *Atmospheric Research* 37; 27-35.
- Barbosa, S., Silva, M.E. and Fernandes, M.J. (2006): Wavelet analysis of the Lisbon and Gibraltar North Atlantic Oscillation winter indices. *International Journal of Climatology* 26: 581-593.
- Bartolini, G., Morabito, M., Crisci, A., Grifoni, D., Torrigiani, T., Petralli, M., Maracchi, G. and Orlandini, S. (2008): Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. *International Journal of Climatology*: DOI: 10.1002/joc.1673.
- Bartholy, J. and Pongrácz, R. (2006): Comparing tendencies of some temperature related extreme indices on global and regional scales. *Időjárás* 110, 1: 35-48.
- Begert, M., Schlegel, T. and Kirchhofer, W. (2005): Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology* 25: 65-80.
- Beniston, M. (2004): The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters* 31: L02202, DOI: 10.1029/2003GL018857.
- Beniston, M. and Diaz, H.F. (2004): The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Global and Planetary Change* 44: 73-81.
- Beniston, M. and Stephenson, D.B. (2004): Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change* 44: 1-9.
- Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C.A.T., Frei, C., Goyette, S., Halsnaes, K., Holt, T., Jylhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T. and Woth, K. (2007): Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81: 71-95.
- Богдановић, Ж., Петровић, Ј., Давидовић, Р., Кицошев, С., Ђуричић, Ј., Томић, П., Ђурђев, Б., Ромелић, Ј., Миљковић, Љ., Бугарчић, П. и Лазих, Л. (1995): Општина Зрењанин – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад: 1-310.
- Богдановић, Ж., Бугарски, Д., Давидовић, Р., Кицошев, С., Лазих, Л. и Царић, Н. (1996): Општина Кикинда – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад: 1-222.

- Богдановић, Ж. (1999): Босут. У: Воде Срема – Регионално-географска проучавања Војводине-СРЕМ (Ромелић, Ј., Плавша, Ј. и Лазић, Ј.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 71-81.
- Богдановић, Ж. и Марковић, С. (2005): Воде Баната. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-130.
- Bottyán, Zs., Kircsi, A., Szegedi, S. and Unger, J. (2005): The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *International Journal of Climatology* 25: 405-418.
- Brázdil, R., Budíková, M., Faško, P. and Lapin, M. (1995): Fluctuation of maximum and minimum air temperatures in the Czech and Slovak Republics. *Atmospheric Research* 37: 53-65.
- Brázdil, R., Budíková, M., Auer, I., Böhm, R., Cegnar, T., Faško, P., Lapin, M., Gajič-Čapka, M., Zaninović, K., Koleva, E., Niedźwiedz, T., Ustrnul, Z., Szalai, S. and Weber, R.O. (1996): Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe. *International Journal of Climatology* 16: 765-782.
- Brázdil, R., Pfister, C., Wanner, H., von Storch, H. and Luterbacher, J. (2005): Historical climatology in Europe – The state of the art. *Climatic Change* 70: 363-430.
- Братина, М. (1975): Основи статистике 2. Виша школа за организацију рада, Нови Сад.
- Brohan, P., Kennedy, J.J., Haris, I., Tett, S.F.B. and Jones, P.D. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M. and Nanni, T. (2000): Trends of Minimum and Maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology* 66: 49-60.
- Brunetti, M., Buffoni, L., Mangianti, F., Maugeri, M. and Nanni, T. (2004): Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. *Global and Planetary Change* 40: 141-149.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. and Nanni, T. (2006): Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *International Journal of Climatology* 26: 345-381.

- Бугарски, Д. и Томић, П. (1987а): Климатске прилике. У: Географске монографије војвођанских општина-Новосадске општине I (Ђурчић, С., Богдановић, Ж. и Добренов, В.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 46-93.
- Бугарски, Д. и Томић, П. (1987б): Климатске прилике Вршца и околине – монографије Вршачких планина. Матица српска-одељење за природне науке, Нови Сад: 1-61.
- Бугарски, Д., Царић, Н., Кицошев, С., Томић, П., Ромелић, Ј., Плавша, Ј., Ђурчић, С. и Јовановић, Г. (1995): Општина Вршац – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад-Вршац: 1-297.
- Bugarški, D. and Marković, S. (1996): Climate of Yugoslav Banat. The Second Regional Geography Conference in Romania, Buzias-Timisoara.
- Bugarški, D. and Marković, S. (1997): Climate of Yugoslav Banat. In: Geographic Monographs of European Regions – Banat. Abonyine-Palotas, J. et al. (eds.). University of Novi Sad-Faculty of Natural Science-Institute of Geography, West University of Timisoara-Faculty of Chemistry-Biology-Geography-Department of Geography, Jozef Attila University-Department for Economic Geography, Novi Sad-Timisoara-Szeged: 12-19.
- Бугарски, Д., Плавша, Ј. и Марковић, С. (1998): Температуре ваздуха. У: Клима Срема – Регионално-географска проучавања Војводине-СРЕМ (Ромелић, Ј., Плавша, Ј. и Лазић, Л.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 9-32.
- Бугарски, Д., Давидовић, Р., Томић, П., Богдановић, Ж., Плавша, Ј., Лазић, Л. и Марковић, С. (1998): Морфогенетска класификација рељефа Срема. У: Рељеф Срема – Регионално-географска проучавања Војводине-СРЕМ (Ромелић, Ј., Плавша, Ј. и Лазић, Л.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 19-58.
- Бугарски, Д. (1999): Дунав. У: Воде Срема – Регионално-географска проучавања Војводине-СРЕМ (Ромелић, Ј., Плавша, Ј. и Лазић, Л.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 32-46.
- Букуров, Б. (1975): Физичко-географски проблеми Бачке. Српска академија наука и уметности - Одељење природно-математичких наука, књига 43, Београд: 1-209.
- Букуров, Б. (1978): Бачка, Банат и Срем. Матица српска, Одељење за природне науке, Нови Сад: 1-141.
- Букуров, Б. (1984): Геоморфолошки проблеми Баната. Војвођанска академија наука и уметности - Одељење друштвених наука и уметности, књига 2, Нови Сад: 1-155.

- Bhutiyani, M.R., Kale, V.S. and Pawar, N.J. (2007): Long-term trends in maximum, minimum and mean annual air temperatures across the Northwestern Himalaya during the twentieth century. *Climatic Change* 85: 159-177.
- Vavrus, S., Walsh, J.E., Chapman, W.L. and Portis, D. (2006): The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. *International Journal of Climatology* 26: 1133-1147.
- Ventura, F., Rossi, P. and Ardizzoni, E. (2002): Temperature and precipitation trends in Bologna (Italy) from 1952 to 1999. *Atmospheric Research* 61: 203-214.
- Viatcheslav, V.K. and Zwiers, F.W. (2005): Estimating Extremes in Transient Climate Change Simulations. *Journal of Climate* 18: 1156-1173.
- Viatcheslav, V.K. and Zwiers, F.W. (2007): Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations. *Journal of Climate* 20: 1419-1444.
- Vincent, L.A. (1998): A Technique for the Identification of Inhomogeneities in Canadian Temperature Series. *Journal of Climate* 11: 1094-1104.
- Vincent, L.A., Peterson, T.C., Barros, V.R., Marino, M.B., Rusticucci, M., Carrasco, G., Ramirez, E., Alves, L.M., Ambrizzi, T., Berlato, M.A., Grimm, A.M., Marengo, J.A., Molion, L., Moncunill, D.F., Rebello, E., Anunciacao, Y.M.T., Quintana, J., Santos, J.L., Baez, J., Coronel, G., Garcia, J., Trebejo, I., Bidegain, M., Haylock, M.R. and Karoly, D. (2005): Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate* 18: 5011-5023.
- Vose, R.S., Wuertz, D., Peterson, T.C. and Jones, P.D. (2005): An intercomparison of trends in surface air temperature analyses at the global, hemispheric and grid-box scale. *Geophysical Research Letters* 32: DOI: 10.1029/2005GL023502.
- Вујевић, П. (1957): Комбиновани климатски елементи на тврђави Петроварадина. *Зборник Матице српске за природне науке* 13, Нови Сад: 38-60.
- Вукашиновић, С. (1973): О потреби усаглашавања морфоструктурне поделе рељефа Југославије. *Гласник Српског географског друштва* 53, 2.
- Gbetibouo, G.A. and Hassan, R.M. (2005): Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. *Global and Planetary Change* 47: 143-152.
- Gil-Alana, L.A. (2004): Long memory behaviour in the daily maximum and minimum temperatures in Melbourne, Australia. *Meteorological Applications* 11: 319-328.
- Gouveia, C., Trigo, R.M., DaCamara, C.C., Libonati, R. and Pereira, J.M.C. (2008): The North Atlantic Oscillation and European vegetation dynamics. *International Journal of Climatology*: DOI: 10.1002/joc.1682.



- Griffiths, G.M., Chambers, L.E., Haylock, M.R., Manton, M.J., Nicholls, N., Baek, H.-J., Choi, Y., Della-Marta, P.M., Gosai, A., Iga, N., Lata, R., Laurent, V., Maitrepierre, L., Nakamigawa, H., Ouprasitwong, N., Solofa, D., Tahani, L., Thuy, D.T., Tibig, L., Trewin, B., Vediapan, K. and Zhai, P. (2005): Change in mean temperature as a predictor of extreme temperature change in the Asia-Pacific region. *International Journal of Climatology* 25: 1301-1330.
- Groisman, P.Y., Genikhovich, E.L. and Zhai, P.M. (1996): "Overall" cloud and snow cover effects on internal climate variables: The use of clearsky climatology. *Bulletin of the American Meteorological Society* 77: 2065-2075.
- Gullett, D.W., Vincent, L. and Sajecki, P.J.F. (1990): Testing for homogeneity in temperature time series at Canadian climate stations. *Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, CCC Report No. 90-4: 1-43.*
- Guttman, N. (1998): Homogeneity, Data Adjustments and Climate Normals. National Climatic Data Center, Asheville, NC: 17 pp.
- Ghasemi, A.R. and Khalili, D. (2006): The influence of the Arctic Oscillation on winter temperatures in Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 85: 149-164.
- Давидовић, Р., Миљковић, Љ. и Ристановић, Б. (2003): Релјеф Баната. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-188.
- Давидовић, Р., Миљковић, Љ. и Ристановић, Б. (2005): Релјеф Бачке. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-82.
- Dai, A., Del Genio, A.D. and Fung, I. (1997): Clouds, precipitation and temperature range. *Nature* 386: 665-666.
- Dai, A., Trenberth, K.E. and Karl, T.R. (1999): Effects of clouds, soil moisture, precipitation and water vapor on diurnal temperature range. *Journal of Climate* 12: 2451-2473.
- Dall'Amico, M. and Hornsteiner, M. (2006): Short communication – A simple method for estimating daily and monthly mean temperatures from daily minima and maxima. *International Journal of Climatology* 26: 1929-1936.
- Дзержевский, Б.Л. (1975): Общая циркуляция атмосферы как необходимое звено в цепи Солнце – колебания климата. Наука, Москва.
- del Río, S., Penas, Á. and Fraile, R. (2005): Analysis of recent climatic variations in Castile and Leon (Spain). *Atmospheric Research* 73: 69-85.
- del Río, S., Fraile, R., Herrero, L. and Penas, Á. (2007): Analysis of recent trends in mean maximum and minimum temperatures in a region of the NW of Spain (Castilla y León). *Theoretical and Applied Climatology* 90: 1-12.

- Della-Marta, P.M. and Wanner, H. (2006): A Method of Homogenizing the Extremes and Mean of Daily Temperature Measurements. *Journal of Climate* 19: 4179-4197.
- Della-Marta, P.M., Luterbacher, J., von Weissenfluh, H., Xoplaki, E., Brunet, M. and Wanner, H. (2007): Summer heat waves over western Europe 1880-2003, their relationship to large-scale forcings and predictability. *Climate Dynamics* 29: 251-275.
- Dessens, J. and Bücher, A. (1995): Changes in minimum and maximum temperatures at the Pic du Midi in relation with humidity and cloudiness, 1882-1984. *Atmospheric Research* 37: 147-162.
- Dewey, K. (1977): Daily maximum and minimum temperature forecasts and the influence of snow cover. *Monthly Weather Review* 105: 1594-1597.
- Dimri, A.P. (2004): Models to improve winter minimum surface temperature forecasts, Delhi, India. *Meteorological Applications* 11: 129-139.
- Domonkos, P. (1998): Statistical Characteristics of Extreme Temperature Anomaly Groups in Hungary. *Theoretical and Applied Climatology* 59: 165-179.
- Domonkos, P. and Piotrowicz, K. (1998): Winter temperature characteristics in Central Europe. *International Journal of Climatology* 18: 1405-1417.
- Domonkos, P. (2001): Temporal accumulations of extreme daily mean temperature anomalies. *Theoretical and Applied Climatology* 68: 17-32.
- Domonkos, P. and Tar, K. (2003): Long-term changes in observed temperature and precipitation series 1901-1998 from Hungary and their relations to larger scale changes. *Theoretical and Applied Climatology* 75: 131-147.
- Domonkos, P., Kysely, J., Piotrowicz, K., Petorvic, P. and Likso, T. (2003): Variability of extreme temperature events in South-Central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology* 23: 987-1010.
- Domonkos, P. (2006): Application of objective homogenization methods: Inhomogeneities in time series of temperature and precipitation. *Időjárás*, vol. 110, no. 1: 63-87.
- Дукић, Д. (1973): Кратка климатска карактеристика годишњих доба Новосадског региона. *Гласник Српског географског друштва* 53/1, Београд: 9-22.
- Durre, I. and Wallace, J.M. (2001): Factors influencing the cold-seasonal diurnal temperature range in the United State. *Journal of Climate* 14: 3263-3278.

- Дуцић, В. (2000): Антропогени утицаји на колебање климата у Србији. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд.
- Дуцић, В. и Миловановић, Б. (2004): Термичке специфичности Делиблатске (Банатске) пешчаре. Зборник радова Географског факултета 52: 1-12.
- Дуцић, В. и Радовановић, М. (2005): Клима Србије. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд: 1-212.
- Ducić, V., Milovanović, B. and Luković, J. (2007): Temperature change on the Balkan peninsula in the period of satellite observation and possible volcanic influence. Fourth International Conference – Global changes and problems theory and practice, Sofia University „St. Kliment Ohridski“, Faculty of Geology and Geomorphology, 20-22 April 2007, Proceedings: 64-68.
- Ducić, V., Savić, S. and Luković, J. (2008): Contemporary temperature changes at the ground surface and in the troposphere over Vojvodina, Serbia. *Geographica Pannonica* 12, 2: 56-61.
- Ducré-Robitaille, J.F., Vincent, L.A. and Boulet, G. (2003): Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series. *International Journal of Climatology* 23: 1087-1101.
- Dorđević, S. (2008): Temperature and precipitation trends in Belgrade and indicators of changing extremes for Serbia. *Geographica Pannonica* 12, 2: 62-68.
- Easterling, D.R. and Peterson, T.C. (1995): The effect of artificial discontinuities on recent trends in minimum and maximum temperatures. *Atmospheric Research* 37: 19-26.
- Easterling, D.R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P. and Folland, C.K. (1997): Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277: 364-367.
- Emmanouil, G., Galanis, G. and Kallos, G. (2006): Statistical methods for the prediction of night-time cooling and minimum temperature. *Meteorological Applications* 13: 169-178.
- Zhai, P., Sun, A., Ren, F., Liu, X., Gao, B. and Zhang, Q. (1999): Change of climate extremes in China. *Climatic Change* 42: 203-218.
- Зивлак, Б. (2001): Климатски услови у функцији рационалног коришћења енергије у Новом Саду. Еко-конференција "Заштита животне средине градова и приградских насеља – монографија I, Еколошки покрет града Новог Сада, 26-29. 09. 2001, Нови Сад: 363-368.
- IPCC (2007a): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental*

- Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 996 pp.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK: 976pp.
- Jaagus, J. (2006): Climatic changes in Estonia during the second half of the 20<sup>th</sup> century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology* 83: 77-88.
- Јокић, И. (2004): Општина Сента – географска монографија. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-218.
- Jones, P.D., Raper, S.C.B., Santer, B., Cherry, B.S.B., Goodess, C., Kelly, P.M., Wigley, T.M.L., Bradley, R.S. and Diaz, H.F. (1985): A grid point surface air temperature data set for the Northern Hemisphere. TRO22, Department of Energy, Washington: 1-250.
- Jones, P.D. (1995): Maximum and minimum temperature trends in Ireland, Italy, Thailand, Turkey and Bangladesh. *Atmospheric Research* 37: 67-78.
- Jones, P.D., Horton, E.B., Folland, C.K., Hulme, M., Parker, D.E. and Basnett, T.A. (1999): The use of indices to identify changes in climatic extremes. *Climatic Change* 42: 131-149.
- Jones, P.D. and Lister, D.H. (2002): The daily temperature record for St. Petersburg (1743-1996). *Climatic Change* 53: 253-267.
- Jones, P.D. and Moberg, A. (2003): Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate* 16: pg. 206.
- Jones, P.D. and Lister, D. (2004): The development of monthly temperature series for Scotland and Northern Ireland. *International Journal of Climatology* 24: 569-590.
- Jung, H.S., Choi, Y., Oh, J.H. and Lim, G-H. (2002): Recent trends in temperature and precipitation over South Korea. *International Journal of Climatology* 22: 1433-1450.
- Jungo, P. and Beniston, M. (2001): Changes in the anomalies of extreme temperature anomalies in the 20th century at Swiss climatological stations located at different latitudes and altitudes. *Theoretical and Applied Climatology* 69: 1-12.

- Kaas, E. and Frich, P. (1995): Diurnal temperature range and cloud cover in the Nordic countries: observed trends and estimates for the future. *Atmospheric Research* 37: 211-228.
- Karl, T.R. and Williams, C.N. Jr. (1987): An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 26: 1744-1763.
- Karl, T.R., Jones, P.D., Richard, W.K., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K., Lindsey, J., Charlson, R. and Peterson, T. (1993): A New Perspective on Recent Global Warming: Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society* 74, 6: 1007-1023.
- Karl, T.R. and Knight, R.W. (1997): The 1995 Chicago heat wave: how likely is a recurrence? *Bulletin of the American Meteorological Society* 78: 1107-1119.
- Катић, П., Ђукановић, Д. и Ђаковић, П. (1979): Клима САП Војводине. Пољопривредни факултет – Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад: 1-237.
- Keiser, D.T. and Griffiths, J.F. (1997): Problems associated with homogeneity testing in climate variation studies: A case study of temperature in the Northern Great Plains, USA. *International Journal of Climatology* 17: 497-510.
- Klein Tank, A.M.G. and Können, G.P. (2003): Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999. *Journal of Climatology* 16: 3665-3680.
- Kiktev, D., Sexton, D.M.H., Alexander, L. and Folland, C.K. (2003): Comparison of modeled and observed trends in indicators of daily climate extreme. *Journal of Climate* 16: 3560-3571.
- Kyselý, J. (2002): Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901-97, and their relationships to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology* 22: 33-50.
- Kyselý, J. and Dubrovský, M. (2005): Simulation of extreme temperature events by a stochastic weather generator: Effects of interdiurnal and interannual variability reproduction. *International Journal of Climatology* 25: 251-269.
- Kyselý, J. and Huth, R. (2006): Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theoretical and Applied Climatology* 85: 19-36.
- Ковачевић, Т. (2006): Општина Суботица – географска монографија. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-258.

- Колић, Б. (1969): Климатске прилике Делиблатског песка. Зборник радова I "Делиблатски песок", Југословенски пољопривредно-шумарски центар Београд и Шумско-индустријски комбинат Панчево, Београд: 5-34.
- Kostopoulou, E., Giannakopoulos, C., Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Mageras, P., Vafiadis, M. and Founda, D. (2007): Simulating maximum and minimum temperature over Greece: a comparison of three downscaling techniques. *Theoretical and Applied Climatology* 90: 65-82.
- Kukla, G., Gavin, J., Schlesinger, M. and Karl, T. (1995): Comparison of observed seasonal temperature maxima, minima and diurnal range in North America with simulations from three global climate models. *Atmospheric Research* 37: 267-275.
- Khaliq, M.N. and Ouarda, T.B.M.J. (2007): Short Communication – On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT). *International Journal of Climatology* 27: 681-687.
- Лазих, Л. (1996): Климатске прилике у Југословенском делу слива Тамиша. Зборник Института за Географију 26, Нови Сад: 25-36.
- Лазих, Л. (1998): Климатске прилике слива Мостонге и Западне Бачке. У: Едиција ТИЈА ВОДА, Монографија Мостонга и воде Западне Бачке (Лазих, В., Милошев, Ж. и Лазих, Л). Културно-историјско друштво "Прологе на ченејским салашима" – ПЧЕСА, Нови Сад: 13-16.
- Lazić, L. (1998): The Climatic Conditions of Šajkaška Region. *Geographica Pannonica* 2: 12-16.
- Лазих, Л. и Павић, Д. (2003а): Клима Баната – Географски аспекти стања и правца развоја Србије (Војводине)-БАНАТ. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-171.
- Лазих, Л. и Павић, Д. (2003б): Неке температурне карактеристике војвођанског дела Баната. Зборник Департмана за географију, туризам и хотелијерство 32: 29-43.
- Лазих, Л. и Савић, С. (2006): Анализа средњих годишњих температура ваздуха на подручју Бачке у периоду 1951-1990. Књига апстраката Првог Конгреса српских географа; Српско географско друштво, Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Географски факултет у Београду, Департман за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду, 19-22. 10. 2006. Београд: 57-58.
- Lazić, L., Pavić, D. and Savić, S. (2006a): Climatic Characteristics of the Northern Part of the Backa (Vojvodina, Serbia). *Danubius Pannonico Mysicus – Space of Challenges*, Novi Sad, Serbia, September 29<sup>th</sup> – October 2<sup>th</sup>, 2006, Book of Abstract: 29.

- Lazić, L., Savić, S. and Tomić, Ž. (2006b): Analysis of the temperature characteristics and trends in Novi Sad area (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica* 10: 14-21.
- Лазић, Л. и Савић, С. (2007): Анализа средњих годишњих температура ваздуха на подручју Бачке у периоду 1951-1990. Зборник радова Првог Конгреса српских географа; Српско географско друштво, Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Географски факултет у Београду, Департаман за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду, 19-22. 10. 2006. Београд: 295-301.
- Lean, J., Beer, J. and Bradley, R. (1995): Reconstruction of solar irradiance since 1610: Implications for climate change. *Geophysical Research Letters* 22: 3195-3198.
- Leathers, D.J., Ellis, A.W. and Robinson, D.A. (1995): Characteristics of temperature depression associated with snow cover across the northeast United States. *Journal of Applied Meteorology* 34: 381-390.
- Libiseller, C. (2002): MULTMK/PARTMK – A Program for the Computation of Multivariate and Partial Mann-Kendall Test. downloaded: <http://www.mai.liu.se/~cllib/welcome/PMKtest.html>
- Limsakul, A. and Goes, J.I. (2008): Empirical evidence for interannual and longer period variability in Thailand surface air temperatures. *Atmospheric Research* 87: 89-102.
- Lin, X. and Hubbard, K.G. (2008): What are daily maximum and minimum temperatures in observed climatology. *International Journal of Climatology* 28: 283-294.
- Lionello, P. and Sanna, A. (2005): Mediterranean wave climate variability and its links with NAO and Indian Monsoon. *Climate Dynamics* 25: 611-623.
- Luna, M.Y., Morata, A., Almarza, C. and Martin, M.L. (2006): The use of GIS to evaluate and map extreme maximum and minimum temperatures in Spain. *Meteorological Applications* 13: 385-392.
- Марковић, Б.С., Јовановић, М., Мијовић, Д., Bokhorst, M., Vandenberghe, J., Oches, E., Hambach, U., Zoeller, L., Gaudenyi, T., Ковачев, Н., Богдановић, Ж., Савић, С., Милојковић, Н. и Бојанић, Д. (2005): Тителски брег-ГЕОПАРК. Други научни скуп о геонаслеђу Србије, Завод за заштиту природе Србије, Београд, 22 и 23. 06. 2004.: 177-184.
- Marshall, J., Kushnir, Y., Battisti, D., Chang, P., Czaja, A., Hurrell, J.W., McCartney, M., Saravanan, M. and Visbeck, M. (2001): Review: North Atlantic climate variability. *International Journal of Climatology* 21: 1863-1898.

- Mahakur, M., Narkhedkar, S.G., Sinha, S.K. and Mahajan, P.N. (2004): Objective analysis of daily extreme temperatures over Indian region. *Atmósfera* 17: 207-223.
- Maxino, C.C., McAveney, B.J., Pitman, A.J. and Perkins, S.E. (2007): Ranking the AR4 climate models over the Murray-Darling Basin using simulated maximum temperature, minimum temperature and precipitation. *International Journal of Climatology*: DOI: 10.1002/joc.1612.
- Mearns, L.O., Giorgi, E., McDaniel, L. and Shields, C. (1995): Analysis of variability and diurnal range of daily temperature in a nested regional climate model: Comparison with observations and doubled CO<sub>2</sub> results. *Climate Dynamics* 11: 193-209.
- Meehl, G.A., Tebaldi, C. and Nychka, D. (2004): Changes in frost days in simulation of twentyfirst century climate. *Climate Dynamics* 23: 495-511.
- Mendoza, B. and Maravilla, D. (2006): Main periodicities of the minimum extreme temperatures of three stations near the Mexican Pacific coast. *Atmósfera* 19, 1: 9-22.
- Милосављевић, М. (1957): Прилог проучавању климе Фрушке горе. Зборник Матице српске за природне науке 12, Нови Сад: 21-45.
- Милосављевић, М и Тодоровић, Н. (1961): Клима Јужног Баната. Зборник Матице српске за природне науке 20, Нови Сад: 34-63.
- Милосављевић, М. и Тодоровић, Н. (1971): Клима Шајкашке. У: Шајкашка-Природа краја (Букуров, Б.). Издање Матице српске и Војвођанског музеја, Нови Сад: 95-113.
- Милосављевић, М., Станојевић, С., Катић, П. и Тодоровић, Н. (1973): Климатске прилике Фрушке горе – Монографија Фрушке горе. Матица српска-одељење за природне науке, Нови Сад: 1-102.
- Миљковић, Љ., Бугарски, Д., Богдановић, Ж., Ћурчић, С., Давидовић, Р., Томић, П., Ромелић, Ј. и Вујачић, С. (1998): Општина Врбас – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад-Врбас: 1-362.
- Miró, J.J., Estrela, M.J. and Millán, M. (2006): Summer temperature trends in a Mediterranean area (Valencia Region). *International Journal of Climatology* 26: 1051-1073.
- Moberg, A. and Alexandersson, H. (1997): Homogenization of Swedish temperature data. Part II: Homogenized gridded air temperature compared with a subset of global gridded air temperature since 1861. *International Journal of Climatology* 17: 35-54.



- Moberg, A. and Bergström, H. (1997): Homogenization of Swedish temperature data. Part III: The long temperature records from Uppsala and Stockholm. *International Journal of Climatology* 17: 667-699.
- Moberg, A., Bergström, H., Krigsman, J.R. and Svanered, O. (2002): Daily air temperature and pressure series for Stockholm (1756-1998). *Climatic Change* 53: 171-212.
- Moberg, A., Alexandersson, H., Bergström, H. and Jones, P.D. (2003): Were Southern Swedish summer temperatures before 1860 as warm as measured?. *International Journal of Climatology* 23: 1495-1521.
- Moberg, A. and Jones, P.D. (2005): Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in Central and Western Europe, 1901-99. *International Journal of Climatology* 25: 1149-1171.
- Moberg, A., Jones, P.D., Lister, D., Walther, A., Brunet, M., Jacobeit, J., Alexander, L.V., Della-Marta, P.M., Luterbacher, J., Yiou, P., Chen, D., Klein Tank, A.M.G., Saladié, O., Sigró, J., Aguilar, E., Alexandersson, H., Almarza, C., Auer, I., Barriendos, M., Begert, M., Bergström, H., Böhm, R., Butler, C.J., Caesar, J., Drebs, A., Founda, D., Gerstengarbe, F.W., Micela, G., Maugeri, M., Österle, H., Pandžic, K., Petrakis, M., Srnc, L., Tolasz, R., Tuomenvirta, H., Werner, P.C., Linderholm, H., Philipp, A., Wanner, H. and Xoplaki, E. (2006): Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901-200. *Journal of Geophysical Research* 111: D22106, DOI: 10.1029/2006JD007103.
- Müller, W.A., Appenzeller, C. and Schär, C. (2005). Probabilistic seasonal prediction of the winter North Atlantic Oscillation and its impact on near surface temperature. *Climate Dynamics* 24: 213-226.
- McGuire, B. (2004): *Climate Change 2004*. Benfield Hazard Research Centre, Technical paper 02: 1-26.
- Nastos, P.T. and Matzarakis, A.P. (2008): Variability of tropical days over Greece within the second half of the twentieth century. *Theoretical and Applied Climatology* 93: 75-89.
- New, M., Hulme, M. and Jones, P. (2000): Representing twentieth-century space-time climate variability. Part II: Development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. *Journal of Climate* 13: 2217-2238.
- Nikolova, N. and Noda, A. (2004): The variation of the surface air temperature in Bulgaria under the Global Climate. *Geography* 96.
- Nikolova, N. and Penev, D. (2007): Fluctuation of Extremely Cold and Warm Months in Bulgaria. *Geographica Pannonica* 11: 19-21.

- Nicholls, N. (1996): Long-term climate monitoring and extreme events. In Karl, T.R., editor, Long-term climate monitoring by the Global Climate Observing System. Dordrecht, Kluwer: 1-518.
- Nicholls, N. and Alexander, L. (2007): Has the climate become more variable or extreme? Progress 1992-2006. Progress in Physical Geography 31,1: 77-87.
- Nordli, P.Ø., Alexandersson, H., Frich, P., Førland, E.J., Heino, R., Jónsson, T., Tuomenvirta, H. and Tveito, O.E. (1997): The effect of radiation screens on Nordic time series of mean temperature. International Journal of Climatology 17: 1667-1681.
- Ogrin, D. (1994): Modern age climatic fluctuations in the area of the Golf of Trieste. Geografski zbornik 34: 5-80.
- Ogrin, D. (2003): Spreminjanje temperature zraka in padavin po letnih časih v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851-2002. Dela 20: 115-131.
- Ochoa, G., Hoffman, J. and Tin, T. (2005): Climate: The force that shapes our world – and the future of life on Earth. Rodale International Ltd., London: 1-288.
- Parey, S. (2008): Extremely high temperatures in France at the end of the century. Climate Dynamics 30: 99-112.
- Parker, D.E. (1995): Maximum and minimum temperatures: a backward and a forward look. Atmospheric Research 37: 3-9.
- Parker, D. and Horton, B. (2005): Uncertainties in Central England temperature 1878-2003 and some improvements to the maximum and minimum series. International Journal of Climatology 25: 1173-1188.
- Parry, M.L. (Ed.)(2000): Assessment of Potential Effects and Adaptation for Climate Change in Europe: Summary and Conclusions. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK: 24 pp.
- Perkins, S.E., Pitman, A.J., Holbrook, N.J. and McAneney, J. (2007): Evaluation of the AR4 Climate Models' Simulated Daily Maximum Temperature, Minimum Temperature, and Precipitation over Australia Using Probability Density Functions. Journal of Climate 20: 4356-4376.
- Peterson, T.C. and Easterling, D.R. (1994): Creation of homogeneous composite climatological reference series. International Journal of Climatology 14: 671-679.
- Peterson, T.C., Easterling, D.R., Karl, T.R., Groisman, P., Nicholls, N., Plummer, N., Torok, S., Auer, I., Boehm, R., Gullett, D., Vincent, L., Heino, R., Tuomenvirta, H., Mestre, O., Szentimrey, T., Salinger, J., Førland, E.J., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Jones, P. and Parker, D. (1998): Homogeneity adjustments

of *In Situ* atmospheric climate data: A review. *International Journal of Climatology* 18: 1493-1517.

Petz, B. (1981): *Osnovne statističke metode za nematematičare*. SNL, Zabreb: 1-409.

Pittock, A.B. (1978): A critical look at long-term sun-weather relationships. *Reviews of Geophysics and Space Physics* 16: 400-420.

Pittock, A.B. (1979): Solar cycles and the weather: successful experiments in autosuggestion? In: *Solar-terrestrial influences on weather and climate* (B. M. McCormac, and T. A. Seliga, Eds.). D. Reidel Publishing Company, Dordrecht: 181-192.

Петровић, Ј. и Миљковић, Јб. (1987): Релјеф новосадске околине. У: *Географске монографије војвођанских општина-Новосадске општине I* (Ћурчић, С., Богдановић, Ж. и Добренев, В.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 20-30.

Плавша, Ј. (1999): Сава. У: *Воде Срема – Регионално-географска проучавања Војводине-СРЕМ* (Ромелић, Ј., Плавша, Ј. и Лазић, Ј.). Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Институт за географију, Нови Сад: 47-70.

Plantico, M.S., Karl, T.R., Kukla, G. and Gavin, J. (1990): Is recent climate change across the United States related to rising levels of anthropogenic greenhouse gases? *Journal of Geophysical Research* 95: 16617-16637.

Plummer, N., Lin, Z. and Torok, S. (1995): Trends in the diurnal temperature range over Australia since 1951. *Atmospheric Research* 37: 79-86.

Plummer, N., Salinger, M.J., Nicholls, N., Suppiah, R., Hennessy, K.J., Leighton, R.M., Trewin, B., Page, C.M. and Lough, J.M. (1999): Change in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century. *Climatic Change* 42: 183-202.

Prieto, L., Herrera, R.G., Diaz, J., Hernández, E. and del Teso, T. (2004): Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain. *Global and Planetary Change* 44: 59-71.

Proedrou, M., Theoharatos, G. and Cartalis, C. (1997): Variations and Trends in Annual and Seasonal Air Temperatures in Greece Determined from Ground and Satellite Measurements. *Theoretical and Applied Climatology* 57: 65-78.

Радовановић, М. (2001): Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд: 1-142.

Радовановић, М. и Бјељац, Ж. (2001): Урбани утицај на промене климата на примеру већих градова Србије. Еко-конференција "Заштита животне

- средине градова и приградских насеља – монографија I, Еколошки покрет града Новог Сада, 26-29. 09. 2001, Нови Сад: 357-362.
- Радовановић, М., Стеванчев, М. и Штрбац, Д. (2003): Прилог проучавању утицаја енергије сунчевог ветра на атмосферске процесе. Зборник радова Географског института "Јован Цвијић" 52: 1-18.
- Радовановић, М. и Дуцић, В. (2004): Колебање температуре ваздуха у Србији у другој половини XX века. Гласник српског географског друштва 84/1, Београд: 19-28.
- Razuvaev, V.N., Apsova, E.G., Bulygina, O.N. and Martuganov, R.A. (1995): Variations in the diurnal temperature range in the European region of the former USSR during the cold season. *Atmospheric Research* 37: 45-51.
- Ракић, М.О., Марковић, А. и Симоновић, С. (1980/81): Нови подаци о грађи и генези Делиблатске пешчаре. *Весник – геологија, серија А*, 38/39: 187-194.
- Ракић, М.О. (1985): Квартарни седименти јужног Баната. *Весник – геологија, серија А*, 43: 5-16.
- Ракићевић, Т. (1980): Климатско рејонирање СР Србије. Зборник радова Географског института ПМФ 27, Београд: 29-42.
- Rebetez, M. (2001): Change in daily and nightly day-to-day temperature variability during the twentieth century for two stations in Switzerland. *Theoretical and Applied Climatology* 69: 13-21.
- Risk Management Solutions (RMS) Inc. (2003): Central Europe flooding, August 2002, event report. Retrieved 16 November from [http://www.rms.com/publications/central\\_europe\\_floods\\_whitepaper\\_final.pdf](http://www.rms.com/publications/central_europe_floods_whitepaper_final.pdf).
- Robinson, P.J. (1992): Trends in the relationship between monthly and daily temperature across the United States. *Physical Geography* 13: 191-205.
- Robinson, D.A., Leathers, D.J., Palecki, M.A. and Dewey, K.F. (1995): Some observations on climate variability as seen in daily temperature structure. *Atmospheric Research* 37: 119-131.
- Ромелић, Ј. и Лазић, Л. (2000): Регионални атлас Војводине – Пољопривреда. Универзитет у Новом Саду, Природно-Математички факултет, Институт за географију, Нови Сад: 1-101.
- Rusticucci, M. and Renom, M. (2007): Variability and trends in indices of quality-controlled daily temperature extremes in Uruguay. *International Journal of Climatology*: DOI: 10.1002/joc.1607.
- Ruschy, D.L., Baker, D.G. and Skaggs, R.J. (1991): Seasonal variation in daily temperature ranges. *Journal of Climate* 4: 1211-1216.

- Salinger, M., Hay, J., McGann, R. and Fitzharris, B. (1993): Southwest Pacific temperatures: Diurnal and seasonal trends. *Geophysic Research Letters* 20: 935-938.
- Salinger, M.J. (2005): Climate variability and change: Past, present and future – An overview. *Climatic Change* 70: 9-29.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T. and 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. Finnish Meteorological Institut, Helsinki: 1-35.
- Sánchez, E., Gallardo, C., Gaertner, M.A., Arribas, A. and Castro, M. (2004): Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: a first approach. *Global and Planetary Change* 44: 163-180.
- Szeto, K.K. (2008): On the Extreme Variability and Change of Cold-Season Temperatures in Northwest Canada. *Jornal of Climate* 21: 94-113.
- Sillmann, J. and Roeckner, E. (2008): Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. *Climatic Change* 86: 83-104.
- Slonosky, V.C., Jones, P.D. and Davies, T.D. (2001): Atmospheric circulation and surface temperature in Europe from the 18<sup>th</sup> century to 1995. *International Journal of Climatology* 21: 63-75.
- Sneyers, R. (1990): On the statistical analysis of series of observations, WMO. Technical Note (143). Geneve: World Meteorological Organization: pp. 192.
- Станковић, С. (2000): Језера Србије – лимнолошка монографија. Српско географско друштво, Београд: 1-167.
- Staudt, M., Esteban-Parra, M.J. and Castro-Díez, Y. (2007): Homogenization of long-term monthly Spanish temperature data. *International Journal of Climatology* 27: 1809-1823.
- Stenchikov, G.L. and Robock, A. (1995): Diurnal asymmetry of climate response to increased CO<sub>2</sub> and aerosols: Forcings and feedbacks. *Journal of Geophysical Research* 100: 26211-26227.
- Стојковић, Х.М. (2003): Основе медицинске статистике. Виша медицинска школа, Њуприја: 1-353.
- Stone, D.A. and Allen, M.R. (2005): The end-to-end attribution problem: from emissions to impacts. *Climatic Change* 71: 303-318.
- Stott, P.A., Stone, D.A. and Allen, M.R. (2004): Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature* 432: 610-614.

- Su, B.D., Jiang, T. and Jin, W.B. (2006): Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. *Theoretical and Applied Climatology* 83: 139-151.
- Shabbar, A., Jianping, H. and Higuchi, K. (2001): The relationship between the wintertime North Atlantic Oscillation and blocking episodes in the North Atlantic. *International Journal of Climatology* 21: 355-369.
- Shea, D., Jenne, R. and Spangler, W. (1995): Daily and monthly maximum and minimum temperature datasets archived at NCAR and some applications. *Atmospheric Research* 37: 11-17.
- Scaife, A.A., Folland, C.K., Alexander, L.V., Mogerg, A. and Knight, J.R. (2008): European Climate Extremes and the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate* 21: 72-83.
- Schaeffer, M., Selten, F.M. and Opsteegh, J.D. (2005): Shifts of means are not a proxy for changes in extreme winter temperatures in climate projections. *Climate Dynamics* 25: 51-63.
- Schär, C. and Jendritzky, G. (2004): Climate change: hot news from summer 2003. *Nature* 432: 559-560.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A. and Appenzeller, C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427: 332-336.
- Scherrer, S.C., Croci-Maspoli, M., Schwierz, C. and Appenzeller, C. (2006): Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-atlantic region. *International Journal of Climatology* 26: 233-249.
- Tan, P.N., Steinbach, M. and Kumar, V. (2006): *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley: 769 pp.
- Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J.M. and Meehl, G.A. (2006): Going to the extremes – An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extremes events. *Climatic Change* 79: 185-211.
- Тењовић, Л. (2002): *Статистика у психологији – приручник*. Центар за примењену психологију, Београд: 1-234.
- Тепавчевић, А. и Лужанин, З. (2006): *Математичке методе у таксономији*. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Нови Сад: 1-198.
- Thompson, D.W.J., Wallace, J.M. and Hegerl, G.C. (2000): Annular modes in the extratropical circulation. Part II: Trends. *Journal of Climate* 13: 1018-1036.

- Томић, П., Ромелић, Ј., Јарић, Д., Плавша, Ј. и Марковић, С. (1995): Општина Сечањ – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад: 1-240.
- Томић, П., Ромелић, Ј., Миљковић, Љ., Далмација, Б., Плавша, Ј., Ђурђевић, Б., Ђуричић, Ј., Чукић, З., Бјељац, Ж., Бугарчић, П., Иванчев, И. и Марковић, С. (1996): Општина Сомбор – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, Нови Сад-Сомбор: 1-246.
- Томић, П., Ромелић, Ј., Кицошев, С. и Лазић, Л. (2004): Војводина – научно-популарна монографија. Друштво географа Војводине, Нови Сад: 1-183.
- Tomozeiu, R., Busuioc, A. and Stefan, S. (2002): Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large-scale circulation. *International Journal of Climatology* 22: 1181-1196.
- Tomozeiu, R., Cacciamani, C., Pavan, V., Morgillo, A. and Busuioc, A. (2007): Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Theoretical and Applied Climatology* 90: 25-47.
- Toreti, A. and Desiato, F. (in press): Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years. *International Journal of Climatology*: DOI: 10.1002/joc.1576.
- Tošić, I. (2004): Spatial and temporal variability of winter and summer precipitation over Serbia and Montenegro. *Theoretical and Applied Climatology* 77: 47-56.
- Тошић, И. (2005): Анализа временских серија температуре и падавина. Докторска дисертација у рукопису. Универзитет у Београду, Физички факултет, Институт за метеорологију, Београд: 1-164.
- Tošić, I., Unkašević, M. and Savić, S. (2008): Analysis of tropical days in Serbia. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU General Assembly 2008: EGU2008-A-04661.
- Tuomenvirta, H. and Alexandersson, H. (1997): Review on the methodology of the standard normal homogeneity test (SNHT). *Proceedings of the First seminar for homogenization of surface climatological data, Budapest, Hungary, 6-12 October 1996*: 35-45.
- Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Drebs, A., Frich, P. and Nordli, P.Ø. (1998): Trends in Nordic and Arctic extreme temperature. *DNMI Report KLIMA 13/98*: 1-37.
- Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Drebs, A., Frich, P. and Nordli, P.Ø. (2000): Trends in Nordic and Arctic temperature extremes and ranges. *Journal of Climate* 13: 977-990.

- Tuomenvirta, H. (2001): Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series – Finnish and Nordic data. *International Journal of Climatology* 21: 495-506.
- Tuomenvirta, H. (2002): Homogeneity testing and adjustment of climatic time series in Finland. *Geophysica* 38(1-2): 15-41.
- Tuomenvirta, H. (2004): Reliable estimation of climatic variations in Finland. Finnish Academic dissertation. Meteorological Institute Contributions 43, Helsinki: 1-82.
- Türkeş, M., Sümer, U.M. and Demir, I. (2002): Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology* 22: 947-977.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. (2004): Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 77: 195-227.
- Ђурчић, С., Ђуричић, Ј. и Марјановић, В. (2002): Општина Сремска Митровица – географске монографије војвођанских општина. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Институт за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-362.
- Unkašević, M., Vujović, D. and Tošić, I. (2005): Trends in extreme summer temperatures at Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology* 82: 199-205.
- Fletcher, C.G. and Saunders, M.A. (2006): Winter North Atlantic Oscillation Hindcast Skill: 1900-2001. *Journal of Climate* 19: 5762-5776.
- Flocas, H.A., Tolika, K., Anagnostopoulou, Chr., Patrikas, I., Maheras, P. and Vafiadis, M. (2005): Evaluation of maximum and minimum temperature of NCEP-NCAR reanalysis data over Greece. *Theoretical and Applied Climatology* 80: 49-65.
- Founda, D., Papadopoulos, K.H., Petrakis, M., Giannakopoulos, C. and Good, P. (2004): Analysis of mean, maximum and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events and cold events. *Global and Planetary Change* 44: 27-38.
- Hadley Centre (2005): Climate change and the greenhouse effect – A briefing from the Hadley Centre. Met Office, United Kingdom: 1-70.
- Hansen, J., Sato, M. and Ruedy, R. (1995): Long-term changes of the diurnal temperature cycle: implication about mechanisms of global climate change. *Atmospheric Research* 37: 175-209.
- Hanson, C.E., Palutikof, J.P., Livermore, M.T.J., Barring, L., Bindi, M., Corte-Real, J., Durao, R., Ciannakopoulos, C., Good, P., Holt, T., Kundzewicz, Z., Leckebusch, G.C., Moriondo, M., Radziejewski, M., Santos, J., Schlyter, P., Schwarb, M.,



- Stjernquist, I. and Ulbrich, U. (2007): Modelling the impact of climate extremes: an overview of the MICE project. *Climate Change* 81: 163-177.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J. and Nordli, P.Ø. (1991): Homogeneity test of precipitation data – Description of the methods used at DNMI. Det Norske Meteorologiske Institutt, rapport 13/91: 1-28.
- Hanssen-Bauer, I. and Førland, E.J. (1994): Homogenizing long Norwegian precipitation series. *Journal of Climate* 7: 1001-1013.
- Hasanean, H.M. (2001): Fluctuations of surface air temperature in the Eastern Mediterranean. *Theoretical and Applied Climatology* 68: 75-87.
- Хацић, О. и Николић-Деспотовић, Д. (1979): Вероватноћа и статистика. Завод за издавање уџбеника, Београд.
- Хацић, О. (1992): Нумеричке и статистичке методе у обради експерименталних података. Природно-математички факултет, Институт за математику и информатику, Нови Сад: 1-247.
- Hawkins, P.M. (1977): Testing a sequence of observations for a shift in random location. *Journal of American Statistic Association* 73: 180-185.
- Heino, R. (1994): Climate in Finland during the Period of Meteorological Observation. Academic dissertation. Finnish Meteorological Institute Contributions 12, Helsinki: 1-209.
- Heino, R., Brázdi., R., Førland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S. and Wibig, J. (1999): Progress in the study of climatic extremes in Northern and Central Europe. *Climatic Change* 42: 151-181.
- Horton, B. (1995): Geographical distribution of changes in maximum and minimum temperatures. *Atmospheric Research* 37: 101-117.
- Houghton, J. (2004): *Global Warming – The Complete Briefing*. Cambridge University Press: 1-351.
- Hughes, M.G. and Robinson, D.A. (1996): Historical snow cover variability in the Great Plains region of the USA: 1910 through to 1993. *International Journal of Climatology* 16: 1005-1018.
- Hundecha, Y. and Bárdossy, A. (2005): Trends in daily precipitation and temperature extremes across Western Germany in the second half of the 20th century. *International Journal of Climatology* 25: 1189-1202.
- Hunt, B.G. and Elliott, T.I. (2006): Climatic trends. *Climate Dynamics* 26: 567-585.

- Hurrell, J.W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* 269: 676-679.
- Hurrell, J.W. and van Loon, H. (1997): Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change* 36: 301–326.
- Hurrell, J.W. (2000): Climate: North Atlantic and Arctic Oscillation (NAO/AO). *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, Academic Press.
- Huth, R. (2001): Disaggregating climatic trends by classification of circulation patterns. *International Journal of Climatology* 21: 135-153.
- Huth, R. (2006): A method for finding the station where climatic trends are most representative for a region. *International Journal of Climatology* 26: 523-530.
- Huth, R. (2007): Arctic or North Atlantic Oscillation? Arguments based on the principal component analysis methodology. *Theoretical and Applied Climatology* 89: 1-8.
- Caesar, J., Alexander, L. and Vose, R. (2006): Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures, 1946-2000. *Journal of Geophysical Research* 111: D05101, DOI: 10.1029/2005/JD006280.
- Cairns, B. (1995): Diurnal variations of cloud from ISCCP data. *Atmospheric Research* 37: 133-146.
- Campbell, G.G. and Vonder Haar, T.H. (1997): Comparison of surface temperature minimum and maximum and satellite measured cloudiness and radiation. *Journal of Geophysical Research* 102: 16639-16645.
- Cassou, C., Terray, L. and Phillips, A.S. (2005): Letter – Tropical Atlantic Influence on European Heat Waves. *Journal of Climate* 18: 2805-2811.
- Clark, R., Brown, S.J. and Murphy, J.M. (2006): Modeling Northern Hemisphere Summer Heat Extreme Changes and Their Uncertainties Using a Physics Ensemble of Climate Sensitivity Experiments. *Journal of Climate* 19: 4418-4435.
- Christidis, N., Stott, P.A., Brown, S., Hegerl, G. and Caesar, J. (2005): Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. *Geophysical Research Letters* 32: L20716.
- Chhak, K.C. and Moore, A.M. (2007): The North Atlantic Oscillation as a source of stochastic forcing of the wind-driven ocean circulation. *Dynamics and Atmospheres and Oceans* 43: 151-170.
- Štěpánek, P. (2005): Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření – disertační práce. Masarykova Univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Brno: 1-137.

- Yan, Z., Jones, P.D., Davies, T.D., Moberg, A., Bergström, H., Camuffo, D., Cocheo, C., Maugeri, M., Demarée, G.R., Verhoeve, T., Thoen, E., Barriendos, M., Rodriguez, R., Martin-Vide, J. and Yang, C. (2002): Trends of extreme temperatures in Europe and China based on daily observations. *Climatic Change* 53: 355-392.
- Ye, H., Kalkstein, L.S. and Greene, J.S. (1995): The detection of climate change in the Arctic: an updated report. *Atmospheric Research* 37: 163-173.
- Wallace, J. (2000): North Atlantic Oscillation/Northern hemisphere annular mode: one phenomenon, two paradigms. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 126: 791-805.
- Walsh, J.E., Phillips, A.S., Portis, D.H. and Chapman, W.L. (2001): Extreme Cold Outbreaks in the United States and Europe, 1948-99. *Journal of Climate* 14: 2642-2658.
- Wanner, H., Rickli, R., Salvisberg, E., Schmutz, C. and Schüepp, M. (1997): Global climate change and variability and its influence on Alpine climate – Concepts and observations. *Theoretical and Applied Climatology* 58: 221-243.
- Wiin-Nielsen, A. (1997): A note on hemispheric and global temperature changes. *Atmósfera* 10: 125-135.
- Wijngaard, J.B., Klein Tank, A.M.G. and Können, G.P. (2003): Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology* 23: 679-692.
- Wilks, D.S. (2006): Statistical methods in the atmospheric sciences. *International Geophysics Series*, volume 91: pp. 630.
- 

## **ДОДАТНИ ИЗВОРИ ПОДАТАКА**

- Климатолошки годишњаци 1985-1990. Покрајински хидрометеоролошки завод, Нови Сад.
- Метеоролошки годишњаци 1951-1984. Савезни хидрометеоролошки завод, Београд.
- Метеоролошки годишњаци 1991-2000. Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд.
- Републички завод за статистику (2004): Попис становништва, домаћинства и станова у 2002. – СТАНОВНИШТВО – Упоредни преглед броја становника 1948, 1953, 1961, 1971, 1981., 1991. и 2002. (подаци по насељима), књига бр. 9, Београд.

Савезна Република Југославија – физичко-географска карта (1993): размера 1:1000000, ГЕОКАРТА, Београд.

Топографска карта, (1969а): Секција Бачка Топола 3-4 (Врбас), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1969б): Секција Вршац 4-1 (Мали Жам), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1969в): Секција Вршац 4-3 (Вршац), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1970а): Секција Шабац 1-1 (Сремска Митровица-запад), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1970б): Секција Нови Сад 3-3 (Чалма), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1972а): Секција Кикинда 1-1 (Сента), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1972б): Секција Кикинда 2-4 (Кикинда), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1972в): Секција Суботица 4-3 (Палић), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1975а): Секција Сомбор 1-3 (Сомбор-запад), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1975б): Секција Сомбор 1-4 (Сомбор-исток), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1984): Секција Нови Сад 2-3 (Нови Сад-север), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1994а): Секција Зрењанин 2-1 (Елемир), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1994б): Секција Зрењанин 2-2 (Зрењанин-север), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

Топографска карта, (1995): Секција Алибунар 2-1 (Јаша Томић), Р=1:25.000, Војногеографски институт, Београд.

[www.metoffice.gov.uk](http://www.metoffice.gov.uk)

[www.anthro.fsu.edu](http://www.anthro.fsu.edu)

[www.googleEarth.com](http://www.googleEarth.com) (верзија 2008)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Student's\\_t-test](http://en.wikipedia.org/wiki/Student's_t-test)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Histogram>

[www.efst.hr/nastava/75/MODEL%20VISESTRUKE%20REGRESIJE.pdf](http://www.efst.hr/nastava/75/MODEL%20VISESTRUKE%20REGRESIJE.pdf)

[www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/energy/energy\\_balance.html](http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/energy/energy_balance.html)

[http://en.wikipedia.org/wiki/North\\_Atlantic\\_oscillatio](http://en.wikipedia.org/wiki/North_Atlantic_oscillatio)

<http://www.ldeo.columbia.edu/NAO> by Martin Visbeck

<http://jisao.washington.edu/data/aots>

[http://www.arctic.noaa.gov/essay\\_bond.html](http://www.arctic.noaa.gov/essay_bond.html)

<http://atmos.msrb.sunysb.edu/coa/naomonth.shtml>

<http://jisao.washington.edu/ao>

## БИОГРАФИЈА



Стеван Савић рођен је 28. маја 1979. године у Сомбору. Основну школу и гимназију завршио је у Опацама. Године 1998. уписује студије на Департману за географију, туризам и хотелијерство (тада под називом Институт за географију), смер професор географије, које успешно завршава 2002. године са просечном оценом 9,50. Исте године уписује последипломске студије на истом факултету, смер кварталологија, где успешно полаже све испите са просечном оценом 10, а 20.07.2006. године брани магистарску тезу под насловом "Палеогеографске карактеристике лесно-палеоземљишних секвенци западног дела Бачког лесног платоа" и стиче академско звање магистра географских наука.

Дана 28.12.2006. године званично је прихваћена и одобрена израда докторске дисертације под насловом "Кретање екстремних температура ваздуха на подручју Војводине у периоду 1951-2000".

Октобра 2001. године награђен је од стране Владе Краљевине Норвешке за изузетне академске резултате, а маја 2003. године примио је награду Природно-математичког факултета за изузетно успешно завршено четворогодишње студирање.

Као последипломац био је стипендиста Министарства за науку и заштиту животне средине Владе Републике Србије (од априла 2003. до септембра 2006. године). Од јуна 2007. године ступио је у радни однос на Природно-математичком факултету, Департману за географију, туризам и хотелијерство у звању асистента.

До сада је учествовао на више пројеката и објавио је као аутор или коаутор близу тридесет домаћих и међународних научних радова и саопштења.

Био је активан члан, вођа физичко-географске секције и председник Друштва младих истраживача "Бранислав Букуров" при Департману за географију, туризам и хотелијерство у Новом Саду.

Члан је Центра за климатолошка и хидролошка истраживања.

Нови Сад

28. 03. 2008.

мр Стеван Савић

## Списак научних радова и саопштења:

- Савић, С.** и Бјељац, Ж. (2003): Геонаслеђе Потисја као део туристичке понуде Србије. Заштита природе 54/1-2, Beograd: 63-70.
- Marković, S.B., Oches, E., Zöller, L., **Savić, S.**, Gaudenyi, T., Jovanović, M., Sümegi, P., McCoy, W.D., Ivanišević, P and Stevens, T. (2003): 150.000 years of paleoclimate and paleoenvironment recorded in the loess-paleosol sequence at Petrovaradin brickyard exposure (Vojvodina, Serbia). Loess and Paleoenvironment, Moskva, Russia, 26 May – 1 June 2003, Book of Abstracts: 47.
- Marković, S.B., Oches, E., Gaudenyi, T., Jovanović, M., McCoy, W.D., Stevens, T., Sümegi, P., **Savić, S.**, Ivanišević, P., Walther, R. and Galić, Z. (2003): Late pleistocene paleoclimate and paleoenvironment recorded in the loess-paleosol sequence at Irig brickyard exposure (Vojvodina, Serbia). Applied Environmental Geology (AEG'03), Wien, Austria – October 7-10<sup>th</sup> 2003, Book of Abstracts: 152-153.
- Марковић, С.Б., Иванишевић, П., Јовановић, М., Галић, З., Molnar, B., Gaudenyi, T. и **Савић, С.** (2003): Прилог познавању палеопедолошких и палеоеколошких својстава холоцених еолских пескова Делиблатске пешчаре. IV Симпозијум "Делиблатска пешчара", Јавно предузеће "Војводинашуме" Нови Сад-Шумско газдинство "Банат" Панчево, Панчево-Делиблатска пешчара 06-07. 11. 2003, Књига абстракта: 21-22.
- Marković S., Hambach U., Zöller L., Oches E., Bokhorst M., Vandenberghe J., Jovanović M., Gaudenyi T., **Savić S.**, Ivanišević P., Galić Z. (2004): The magnetic susceptibility and grain size records from paleosols formed during the MIS5 in Vojvodina region (North Serbia). Paleosols: memory of ancient landscapes and living body of present ecosystems, Florence, Italy, June 7-11<sup>th</sup> 2004, Book of Abstracts: 17.
- Павић, Д, **Савић, С.** и Мајдов, С. (2005): Најновији резултати кретања водног режима фреатске издани Каћко-ковиљског подручја. Зборник радова са научног симпозијума "Србија и савремени процеси у Европи и Свету", Географски факултет Универзитета у Београду, Београд-Тара 26-27. мај 2005.: 899-902.
- Плавша, Ј. и **Савић, С.** (2005): Еко-туризам планине Тара. Зборник радова са научног симпозијума "Србија и савремени процеси у Европи и Свету", Географски факултет Универзитета у Београду, Београд-Тара 26-27. мај 2005.: 753-758.
- Марковић, С.Б., Иванишевић, П., Јовановић, М., М., Molnar, B., Галић, З., Gaudenyi, T., **Савић, С.** и Бојанић, Д. (2005): Палеопедолошка и палеоеколошка својства холоцених еолских пескова Делиблатске пешчаре. Специјални резерват природе "Делиблатска пешчара", зборник радова VII, Јавно предузеће "Војводинашуме" Нови Сад-Шумско газдинство "Банат" Панчево, Панчево: 279-288.

- Tivadar Gaudényi, Slobodan B. Marković, Mladjen Jovanović and **Stevan Savić** (2005): The Late Pleistocene palaeoenvironment of Susek exposure based on molluscan assemblages (Vojvodina, Serbia), Molluscs, Quaternary, faunal changes and environmental dynamics, A simposium on occasion of 80th brithdays of Vojen Ložek, Prague, 25-28. July 2005., Book of Abstract: 14.
- Марковић, С.Б., Костић, Н., **Савић, С.**, Oches, E., Zoeller, L., Hambach, U., Јовановић, М., Иванишевић, П., Миљковић, Н., Галић, З., Gaudenyi T. и Лукић, Т (2005): Горње плеистоцена палеоземљишта лесних заравни Војводине. XI конгрес Друштва за проучавање земљишта Србије и Црне Горе – "Земљиште као ресурс одрживог развоја-пленарни реферати и абстракти", Будва, 13.-16. септембар 2005., Књига абстракта: 133.
- Савић, С.**, Марковић, С.Б. Јовановић, М. и Gaudenyi, T. (2005): Ковиљски рит-објекат геонаслеђа Србије. Други научни скуп о геонаслеђу Србије, Завод за заштиту природе Србије, Београд, 22 и 23. 06. 2004.: 41-45.
- Марковић, С.Б., Јовановић, М., Мијовић, Д., Vokhorst, M., Vandenberghe, J., Oches, E., Hambach, U., Zoeller, L., Gaudenyi, T., Ковачев, Н., Богдановић, Ж., **Савић, С.**, Милојковић, Н. и Бојанић, Д. (2005): Тителски Брег-ГЕОПАРК. Други научни скуп о геонаслеђу Србије, Завод за заштиту природе Србије, Београд, 22 и 23. 06. 2004.: 177-184.
- Savić, S.**, Bjeljac, Ž. and Radovanović, M. (2005): Tourism in the crisis regions – The Šara mountain as a model of transnational tourist region, Hotel link-časopis za hotelijerstvo, restoraterstvo i gastronomiju, Viša hotelijerska škola, 6/6, Beograd: 676-681.
- Marković, S.B., Oches, E.A., McCoy, W.D., **Savić, S.**, Gaudenyi, T., Jovanović, M., Stevens, T., Walther, R., Ivanišević, P. and Galović, Z. (2005): Paleoclimate record in the Late Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin Brickyard (Vojvodina, Serbia), *Geologica Carpathica*, 56, 6: 545-552.
- Плавша, Ј., **Савић, С.**, Ненадовић, Д. и Јаћимовић, М. (2005): Извори на планини Тари. Зборник радова, Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство, бр. 33-34, Нови Сад: 41-52.
- Bjeljac, Ž., Lendak, E. and **Savić, S.** (2005): Podunavlje as a basic destination of contemporary tourist offer of Serbia, VIII International Conference "Contemporary trends in tourism industry", Ohrid, Republic of Macedonia, May 26-27<sup>th</sup> 2005: 757-766.
- Lazić, L., Pavić, D. and **Savić, S.** (2006): Climatic Characteristics of the Northern Part of the Backa (Vojvodina, Serbia). *Danubius Pannonico Mysicus – Space of Challenges*, Novi Sad, Serbia, September 29<sup>th</sup> – October 2<sup>th</sup>, 2006, Book of Abstract: 29.



Лазић, Л. и **Савић, С.** (2006): Анализа средњих годишњих температура ваздуха на подручју Бачке у периоду 1951-1990. Први Конгрес српских географа, Соко Бања, Србија, 19-22. 10. 2006., Књига апстраката: 57-58.

Лазић, Л. и **Савић, С.** (2006): Честине ветрова у Бачкој (1951-1990). Зборник радова, Универзитет у Новом Саду, ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство, бр. 35, Нови Сад: 5-12.

Marković, S.B., Hambach, U., Gaudenyi, I., Jovanović, M., Zöller, L., Machalett, B., **Savić, S.**, Romelić, J., Plavša J. and Mesaroš, M. (2006): An introduction to the Late Pleistocene Loess-paleosol Sequence at Susek (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica* 10: 4-8.

Лазић, Л. и **Савић, С.** (2007): Анализа средњих годишњих температура ваздуха на подручју Бачке у периоду 1951-1990. Први Конгрес српских географа, Соко Бања, 19-22. 10. 2006.: 295-301.

Долинај, Д., Павић, Д. и **Савић, С.** (2008): Хидролошке карактеристике и проблеми хидроакумулационог система Чалма. Гласник Српског географског друштва 88, 1: 125-137.

#### Уџбеници:

**Савић, С.** и Лазић, Л. (2007): Климатологија са основама метеорологије – ПРАКТИКУМ, прилагођен студентима географије. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад: 1-92.

Радови и саопштења која чине део докторске дисертације:

- Lazić, L., **Savić, S.** and Tomić, Ž. (2006): Analysis of the temperature characteristics and trends in Novi Sad area (Vojvodina, Serbia). *Geographica Pannonica* 10: 14-21.
- Tošić, I., Unkašević, M. and **Savić, S.** (2008): Analysis of tropical days in Serbia. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-04661.
- Ducić, V., **Savić, S.** and Luković, J. (2008): Contemporary temperature changes at the ground surface and in the troposphere over Vojvodina, Serbia. *Geographica Pannonica* 12, 2: 56-61.

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ**  
**ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**  
**ДЕПАРТМАН ЗА ГЕОГРАФИЈУ, ТУРИЗАМ И ХОТЕЛИЈЕРСТВО**

**КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА**

**РЕДНИ БРОЈ**  
**РБР**

**ИНДЕНТИФИКАЦИОНИ БРОЈ**  
**ИБР**

**ТИП ДОКУМЕНТАЦИЈЕ**  
**ТД**

Монографска документација

**ТИП ЗАПИСА**  
**ТЗ**

Текстуални штампани материјал

**ВРСТА РАДА**  
**ВР**

Докторска дисертација

**АУТОР**  
**АУ**

мр Стеван М. Савић

**МЕНТОР**  
**МН**

др Лазар Лазић, редовни професор

**НАСЛОВ РАДА**  
**НР**

КРЕТАЊЕ ЕКСТРЕМНИХ ТЕМПЕРАТУРА  
ВАЗДУХА НА ПОДРУЧЈУ ВОЈВОДИНЕ У  
ПЕРИОДУ 1951-2000

**ЈЕЗИК ПУБЛИКАЦИЈЕ**  
**ЈП**

Српски/ћирилица

**ЈЕЗИК ИЗВОДА**  
**ЈИ**

Српски

**ЗЕМЉА ПУБЛИКОВАЊА**  
**ЗП**

Република Србија

**УЖЕ ГЕОГРАФСКО**  
**ПОДРУЧЈЕ**  
**УГП**

АП Војводина

**ГОДИНА**  
**ГО**

2009.

**ИЗДАВАЧ**  
**ИЗ**

Ауторски репринт

|  |   |
|--|---|
| <b>МЕСТО И АДРЕСА<br/>МА</b>                       | ПМФ, Трг Доситеја Обрадовића 3,<br>Нови Сад   |
| <b>ФИЗИЧКИ ОПИС РАДА<br/>ФО</b>                    | 11 поглавља/ 261 страница/ 321 лит. цитат/<br>38 табела/ 24 карата/ 36 графикана/ 3 слике   |
| <b>НАУЧНА ОБЛАСТ<br/>НО</b>                        | Географија  |
| <b>НАУЧНА ДИСЦИПЛИНА<br/>НД</b>                    | Климатологија   |
| <b>ПРЕДМЕТНА ОДРЕДНИЦА/<br/>КЉУЧНЕ РЕЧИ<br/>ПО</b> | Војводина, температура ваздуха,<br>екстремне температуре, хомогеност,<br>статистичке анализе, температурни тренд,<br>температурна одступања, атмосферска<br>циркулација |
| <b>УДК</b>   |   |
| <b>ЧУВА СЕ<br/>ЧУ</b>                              | Библиотека Департмана за географију,<br>туризам и хотелијерство,<br>Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 3   |
| <b>ВАЖНА НАПОМЕНА<br/>ВН</b>                       | Нема  |

## **ИЗВОД ИЗ**

Тема докторске дисертације је анализа екстремних температура ваздуха на подручју Војводине (северни део Србије), која се простире на површини од 21.506 km<sup>2</sup>. У анализи су коришћене временске серије са десет метеоролошких станица за временски период од 1951. до 2000. године. Укупно је анализирано осам параметара екстремних температура, и то: средње максималне и минималне, апсолутне максималне и минималне и дани са екстремним температурама (ледени, мразни, летњи и тропски). Истовремено, у истраживање су укључене и временске серије распона средњих максимума и минимума, као и распон средњих апсолутних максимума и минимума. Током рада анализирани су годишњи, сезонски и месечни нивои претходно наведених параметара екстрема.

У циљу добијања неопходних резултата, коришћено је више метода, као што су: Александерсонов тест, проста линеарна регресија, t-тест, Мен-Кендалов тест, коефицијент корелације, кластер анализа, анализа ројева тачака, хистограм и вишеструка линеарна регресија.

Резултати хомогености месечних и сезонских временских серија, који су добијени коришћењем Александерсоновог теста, представљају прве резултате за простор Војводине и показују да је 26% испитиваних нивоа нехомогено, од којих је 11% подешено, односно хомогенизовано.

Анализе параметара екстремних температура ваздуха показују тенденције пораста у последњих педесет година XX века. Посматрајући годишње нивове, јављају се позитивни трендови код свих параметара (осим за ледене и мразне дане, где су трендови опадајући), међутим, једино се за средње минималне температуре може потврдити да имају сигнификантан пораст током испитиваног периода. Истовремено, зимски и пролећни трендови имају највишу тенденцију пораста, док су са друге стране јесењи трендови генерално опадајући.

Анализом распона максималних и минималних температура, увидело се да максималне температуре генерално имају нешто већи пораст од минималних, а карактеристике оваквих флукуација делимично су објашњене корелационом анализом са другим климатским елементима,

који могу имати утицај на екстреме. Резултати су показали да високу корелациону повезаност (углавном преко 0,7), односно утицај на екстремне температуре имају инсолација, облачност, падавине и релативна влажност ваздуха. Интересантно је напоменути, да у већини радова који анализирају распоне максималних и минималних температура у појединим регионима, на нивоу континента или глобалном нивоу, указују на негативне трендове распона екстрема, међутим на простору Војводине годишњи распони имају благи позитиван тренд.

Коришћењем вишеструке линеарне регресије, уочено је да показатељи атмосферске циркулације, односно NAO и AO индекси, објашњавају прилично висок проценат варијанси средњих и апсолутних максималних и минималних температура, током зимског, пролећног и летњег периода. Истовремено, узрок рапиднијег тренда пораста екстрема током последње декаде XX века, указује како на промене у осцилацијама других климатских елемената, тако и на промене доминације, односно учесталости појаве одређених типова атмосферске циркулације. Резултати у докторској дисертацији показују да деведесете године представљају најтоплију декаду на простору Војводине у оквиру испитиваног периода, што је највероватније повезано и са високим позитивним вредностима NAO индекса током исте декаде, које имају утицај на пораст зимских и пролећних вредности екстремних температура.

**ДАТУМ ПРИХВАТАЊА ТЕМЕ**  
**ДП**

28. 12. 2006. године

**ДАТУМ ОДБРАНЕ**  
**ДО**

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**  
**(Научни степен/  
име и презиме/  
звање/ факултет)**  
**КО**

1. др Живан Богдановић, ред. проф., ПМФ,  
Департман за географију, туризам и хотелијерство,  
Нови Сад – председник
2. др Лазар Лазић, ред. проф., ПМФ, Департман за  
географију, туризам и хотелијерство, Нови Сад –  
ментор
3. др Милан Радовановић, научни сарадник,  
Географски институт "Јован Цвијић"-САНУ,  
Београд - члан

**UNIVERSITY OF NOVI SAD**  
**FACULTY OF NATURAL SCIENCE AND MATHEMATICS**  
**DEPARTMENT OF GEOGRAPHY, TOURISM AND HOTEL MANAGEMENT**

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

**ACCESSION NUMBER:**

**ANO**

**IDENTIFICATION NUMBER:**

**INO**

**DOCUMENT TYPE:**

**DT**

Monographic documentation

**TIPE OF RECOD:**

**TR**

Printed material

**CONTENTS CODE:**

**CC**

PhD dissertation

**AUTHOR:**

**AU**

Stevan M. Savić, MSc

**MENTOR:**

**MN**

PhD Lazar Lazić, full professor

**TITLE:**

**TI**

ANALYSIS OF THE EXTREME  
TEMPERATURE CHARACTERISTICS  
IN VOJVODINA IN THE PERIOD  
1951-2000

**LANGUAGE OF TEXT:**

**LT**

Serbian

**LANGUAGE OF ABSTRAKT:**

**LA**

Serbian/English

**COUNTRY OF PUBLICATION:**

**CP**

Republic of Serbia

**LOCALITY OF PUBLICATION:**

**LP**

Vojvodina

**PUBLICATION YEAR:**

**PY**

2009.

**PUBLISHER:**

**PU**

Author's reprint

**PUBLICATION PLACE:**

**PP**

21 000 Novi Sad, Serbia, Trg Dositeja  
Obradovića 3

**PHYSICAL DESCRIPTION:** 11 chapters/ 261 pages/ 321 literature notes/  
**PD** 38 table/ 24 maps/ 36 graphics/ 3 pictures

**SCIENTIFIC FIELD:** Geography  
**SF**

**SCIENTIFIC DISCIPLINE:** Climatology  
**SD**

**KEY WORDS:** Vojvodina, air temperature, extreme  
**KW** temperature, homogeneity, statistic  
analyses, temperature trends, anomalies,  
atmospheric circulation

**UDC**

**HOLDING DATA:** The Library of Department of geography,  
**HD** tourism and hotel management, Novi Sad, Trg  
Dositeja Obradovića 3,

**NOTE:** None  
**N**

**ABSTRAKT:**  
**AB**

This doctoral thesis deals with extreme air temperatures in Vojvodina (northern part of Serbia), which covers the area of 21,506 km<sup>2</sup>. Data series at ten meteorological stations for the period 1951- 2000 were used in the analysis. The following eight parameters of extreme temperatures were analysed: mean maximum and minimum; absolute maximum and minimum; and extreme temperature days (freezing, frosty, summer and tropical). Concurrently, the temporal series of mean maximum and minimum range were included into the research, as well as the range of mean absolute maximum and minimum. Annual, seasonal and monthly ranges of the aforementioned extreme parameters were included in the analysis.

Towards obtaining important results, several methods were employed, such as Alexandersson test, simple linear regression, T-test, Mann-Kendall test, cluster analysis, scatterplot, histogram and multiple linear regressions.

The results of homogenous monthly and seasonal temporal series obtained by employing Alexandersson test, being the first of the kind for Vojvodina highlighted that there were 26% non-homogenous, out of which 11% adjusted, i.e. homogenised within the analysed series.

The analyses of extreme air temperature parameters trends showed increase in the last fifty years of the 20<sup>th</sup> century. Observation of annual series indicated positive trends for all parameters (except for freezing and frosty days, when the trends decreased). However, only mean minimal temperatures confirmed significant increase in the analysed period. Concurrently, winter and spring trends showed the highest increase, whereas autumn trend showed general decrease.

In the course of the analysis of maximum and minimum temperature ranges, it was perceived that maximum temperatures generally showed higher increase compared to minimum, whereas the fluctuation features were partially explained by correlation analysis with other climatic elements, which might have influenced extremes. The results approved that high correlation coefficient (mainly above 0.7), i.e. the impact on extremes was perceived with insolation, cloudiness, precipitation and relative air humidity. Interestingly enough, most of the papers researching the series of maximum and minimum temperatures in certain regions, either continental or global, indicate negative trends in ranges of extremes. On the other hand, in Vojvodina the annual ranges show a moderately positive trend.

The multiple linear regression technique brought to the perception that atmospheric circulation indicators, i.e. NAO and AO indices, explained the distinctly high percentage of variances in mean and absolute maximum and minimum temperatures during winter, spring and summer period. Concurrently, the cause of rapid increase in extremes during the 1990s indicated both the changes in oscillations of other climatic elements and changes in domination, i.e. frequency of certain types of atmospheric circulation. The results obtained for the doctoral dissertation indicated that the 1990s were the warmest decade in Vojvodina for the analysed period. Most probably, it was associated with high positive values of NAO index for the period, which affected winter and spring values of extreme temperatures.

**ACCEPTED BY THE SCIENTIFIC  
BOARD ON:  
ASB**

28. 12. 2006.

**DEFENDED ON:  
DE**

**THESIS DEFEND BOARD:  
(degree/ name & surname/  
title/ faculty)  
DB**

1. PhD Živan Bogdanović, full professor,  
Department of geography, tourism and hotel  
management, Novi Sad – President of board

2. PhD Lazar Lazić, full professor, Department  
of geography, tourism and hotel management,  
Novi Sad - Mentor

3. PhD Milan Radovanović, research associate,  
Geographical Institute “Jovan Cvijic” of  
Serbian Academy of Sciences and Arts,  
Belgrade – Member