

АНАЛИЗА МИНИМАЛНИХ ДНЕВНИХ ТЕМПЕРАТУРА ЗА БЕОГРАД И НИШ

СУЗАНА КНЕЖЕВИЋ¹, ИВАНА ТОШИЋ^{1*}, МИРОСЛАВА УНКАШЕВИЋ¹

¹ *Универзитет у Београду - Физички факултет, Институт за метеорологију,
Студентски трг 12-16, Београд*

Сажетак: У овом раду су анализиране минималне дневне температуре помоћу климатског индекса TN10p, тј. број дана у години са минималном дневном температуром која је мања од 10-ог перцентила (тзв. хладне ноћи). Анализе су рађене за период 1949-2009. год. за Београд и Ниш, као и за пролећну, летњу, јесењу и зимску сезону. Утврђено је да апсолутне минималне годишње температуре ваздуха расту, и то више у Београду него у Нишу. У свим сезонама број хладних ноћи се смањује. У Београду је забележен већи пад броја хладних ноћи, него у Нишу. Највећи пад је на годишњем нивоу, док је у јесењој сезони смањење броја хладних ноћи знатно мање.

Кључне речи: минималне температуре, климатски индекс TN10p, тренд, сезона

Увод

Током двадесетог века температура ваздуха је порасла у многим деловима Европе (Houghton J.T. и др., 2001). Стопа промене температуре је највећа у последњој четвртини двадесетог века (Klein Tank A.M.G. и Können G.P., 2003). Предвиђа се да ће се загревање наставити и вероватно ће бити праћено променама у екстремним временским и климатским догађајима (Houghton J.T. и др., 2001).

Радна група за детекцију климатских промена Светске метеоролошке организације – Комисија за климатологију (WMO – CCL), на основу истраживачког програма о варијабилности и променљивости климе (CLIVAR; Peterson T.C. и др., 2001) је препоручила употребу климатских индекса базираних на температури и падавинама. Ови индекси су проучавани за различите делове света као на пример, Европу (Klein Tank A.M.G. и Können G.P., 2003; Bartholy J. и Pongrácz R., 2007) и Јужну Америку (Vincent P. и др., 2005). Један од тих индекса је и TN10p који је коришћен у овом раду. Анализа температурног индекса TN10p је урађена за градове Београд и Ниш.

* E-mail: itosic@ff.bg.ac.rs

Клима у Београду и Нишу је континентална (већа годишња амплитуда температуре у односу на маритимни тип, већа количина падавина лети него зими). Минималне дневне температуре су у јануару или децембру, а максималне дневне температуре у јулу или августу. За анализу су коришћени подаци о минималним дневним температурама ваздуха за период од 01.01.1949. год. до 31.12.2009. год., док су Ункашевић М. и Тошић И., (2009) анализирале дневне вредности минималних зимских и максималних летњих температура у Београду за период 1936-2003. год.

Просторну расподелу минималних температура у Србији за период 1990-2005. је проучавао Анђелковић Г., (2009). Установио је да постоји меридијанска, упоредничка и висинска закономерност. Средње годишње минималне температуре опадају од севера (преко 6°C) ка југу Србије (испод 5°C), док од запада ка истоку средњи минимуми незнатно расту. Изузетак је Лозница због фенског ефекта (Дуцић В. и Миловановић Б., 2006). Средње минималне температуре опадају и са порастом надморске висине до 0,3°C на Копаонику.

Метод рада

За статистичку анализу су коришћене минималне дневне вредности температуре ваздуха са две главне метеоролошке станице: Београд (надморска висина - 132 m, географска ширина - 44°48' N, географска дужина 20°28' E) и Ниш (201 m, 43°19' N, 21°54' E), које репрезентују две области различите континенталности климе.

Индекс TN10p се дефинише као број дана са дневном минималном температуром која је мања од 10-ог перцентиала (хладне ноћи). Анализе су урађене за период од 1949 – 2009. год. као и појединачно за пролећну (март, април, мај), летњу (јун, јул, август), јесењу (септембар, октобар, новембар) и зимску (децембар, јануар, фебруар) сезону.

Перцентили су рачунати посебно за сваки дан у години. На пример, прво су издвојене минималне температуре за први јануар за све године, низ је сортиран у растући и одређен је десети перцентил. Аналогно је урађено за све остале дане у години. Затим је израчунат број дана у години са минималном температуром која је мања од десетог перцентиала, тако што су упоређиване минималне температуре за све прве јануаре са десетим перцентилом за први јануар, и редом до 31. децембра.

Одређивање тренда

Присуство или одсуство тренда код минималних температура у низу одређено је помоћу Mann-Kendall-овог теста користећи статистику τ (Kendall M.G. и Stuart, I., 1976; Малишић Ј., 2002) која је дефинисана као:

$$\tau = \frac{4 \sum n_i}{N(N-1)} - 1,$$

где је n_i број вредности већих од i -те вредности у поднизовима од N променљивих. Да би се испитала значајност ове статистике, поређење се врши са:

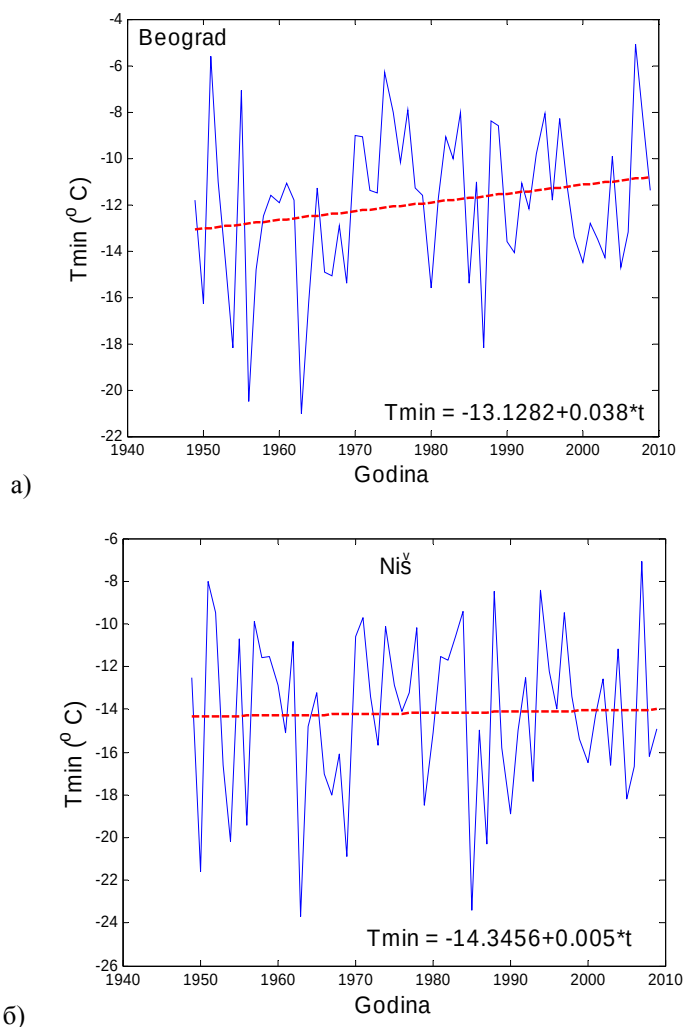
$$(\tau)_t = \pm t_g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}},$$

где је t_g жељена вероватноћа Гаусове расподеле за двострани тест (WMO, 1966). Линеарни тренд је одређен методом најмањих квадрата. Узето је $\alpha=5\%$ и стога $t_g=1,96$. Уколико је $|\tau| \geq |(\tau)_t|$ тада постоји тренд значајан на 5% нивоу.

Анализа резултата

У раду су прво анализиране апсолутне минималне годишње температуре ваздуха за Београд и Ниш, за период 1949–2009. год. На сл. 1 пуном линијом су приказане апсолутне минималне годишње температуре ваздуха, а испрекиданом линијом тренд апсолутних минималних годишњих температура (добијен линеарном регресијом).

У Београду постоји позитиван тренд, тј. тенденција да апсолутне минималне годишње температуре ваздуха буду у даљем порасту. У Нишу је осмотрен мањи пораст минималних температура него у Београду.



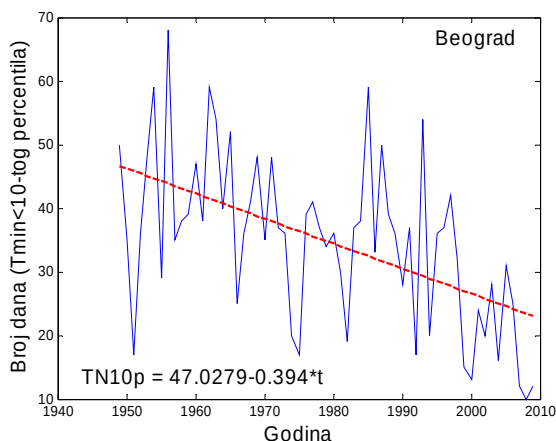
Слика 1. Апсолутне минималне годишње температуре ваздуха за период 1949 – 2009. год. за:
а) Београд, б) Ниш.

Дневни минимуми температуре ваздуха знатно испод нормале се јављају у току зиме, најчешће при синоптичким ситуацијама када је изразит антициклон или кад гребен високог ваздушног притиска доспе изнад Србије. Интересантно је да су слични услови карактеристични и за лето, с тим што се тада најчешће ради о гребену северноатлантског а не сибирског антициклона. Треба напоменути да нису ретке ни зоналне ситуације када се појављује минимална температура знатно испод нормале (Радиновић Ђ., 1981).

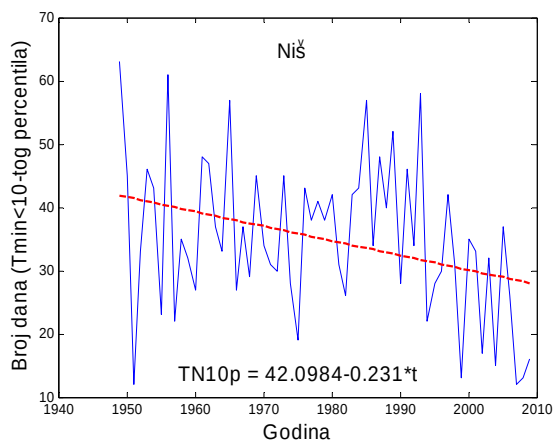
Апсолутне минималне температуре по месецима за период 1949-2009. год. у Београду и Нишу су приказане у табели 1. Јасно се уочава да су минималне температуре у свим месецима више у Београду него у Нишу.

Табела 1. Апсолутне минималне температуре по месецима за период 1949-2009. год. у Београду и Нишу.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Београд	-21,0	-20,5	-12,4	-3,4	0,4	4,6	8,9	6,7	0,6	-4,5	-8,0	-15,1
Ниш	-23,7	-21,6	-13,2	-5,6	-1,0	4,2	4,1	4,6	-2,2	-6,8	-14,0	-16,6



а)

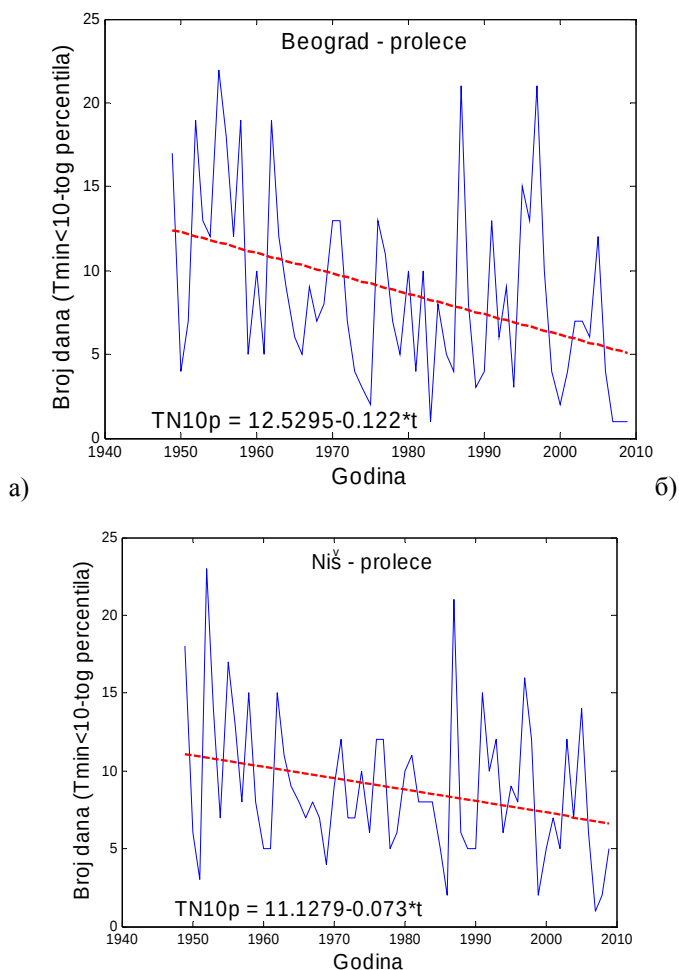


б)

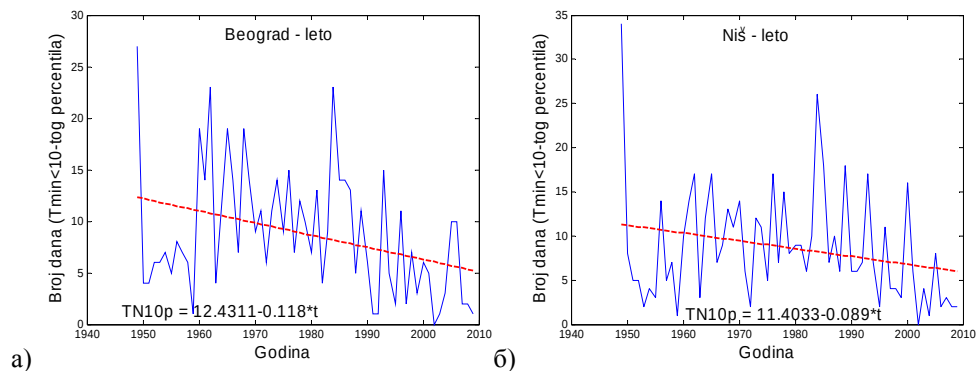
Слика 2. Број дана у години са минималном дневном температуром мањом од 10-тог перцентила за: а) Београд, б) Ниш.

Апсолутни минимум температуре представља добар показатељ постојања острва топлоте. Анђелковић Г., (2006) је поредећи апсолутне минималне температуре у Београду и његовој околини нашао да је највећа разлика у једном месецу (у фебруару) и то у односу на Шабац (у Београду $-15,4^{\circ}\text{C}$, а у Шапцу $-30,0^{\circ}\text{C}$), док је апсолутни минимум за период 1961-1990. у Београду ($-21,0^{\circ}\text{C}$) за $5,4^{\circ}\text{C}$ изнад највишег минимума на осталим станицама (Велико Градиште $-26,4^{\circ}\text{C}$). Разлике су у летњим минимумима знатно мање од зимских, што је резултат интензивније антропогене продукције топлоте током зиме. Ункашевић М., (1994) је упоређивала средње минималне температуре у центру Београда и на станицама у Радмиловцу и Тамнави за период 1970-1989. године и утврдила да интензитет острва топлоте по овом показатељу износи 2 до 3°C .

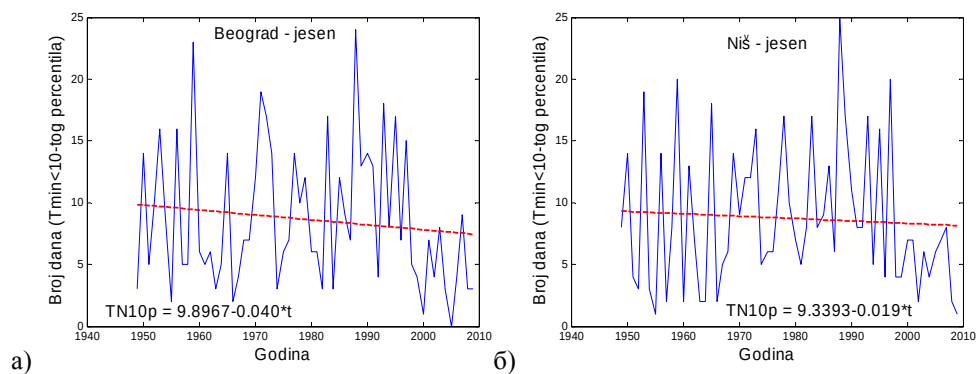
Затим је анализиран климатски индекс TN10p по годинама, а потом и по сезонама. На слици 2 је пуном линијом представљен температурни индекс TN10p, а испрекидана линија је регресиона права. Утврђено је да се број хладних ноћи у години смањује. У оба града постоји тенденција константног пада броја хладних ноћи, али је већи пад броја хладних ноћи у Београду него у Нишу.



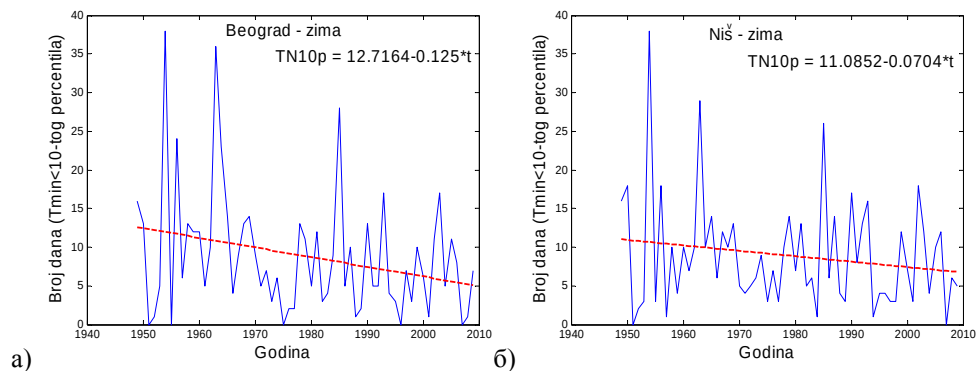
Слика 3. Број дана у години са минималном дневном температуром мањом од 10-тог перцентиала за пролећну сезону за: а) Београд, б) Ниш.



Слика 4. Као на слици 3, али за летњу сезону.



Слика 5. Као на слици 3, али за јесењу сезону.



Слика 6. Као на слици 3, али за зимску сезону.

Слике 3, 4, 5 и 6 приказују број дана у години са минималном дневном температуром мањом од десетог перцентила (тј. индекс TN10p), посебно за пролећну, летњу, јесењу и зимску сезону, за градове Београд и Ниш, респективно.

Ознаке су за све четири слике исте, пуна линија представља температурни индекс TN10p, а испрекидана линија регресиону праву. Анализом је добијено да постоји значајан негативан тренд (на 5% нивоу значајности) за све сезоне, осим за јесен у оба града и зими у Нишу, иако и тада број хладних ноћи опада, што се види на сл. 5 и 6, мада у знатно мањој мери него за остале сезоне.

Закључак

Студије на глобалном (Frich P. и др., 2002) и европском (Klein Tank A.M.G. и Können G.P., 2003) нивоу о екстремним климатским индексима показују да је тренд индекса минималних температура последица глобалног загревања. У овом раду је извршена анализа минималних дневних температура помоћу температурног индекса TN10p за период 1949-2009. Анализа је урађена за градове Београд и Ниш, на годишњем нивоу, као и посебно за све сезоне (пролећну, летњу, јесењу и зимску). Генералним прегледом рада може се закључити да:

- Апсолутне минималне годишње температуре су у порасту у Београду и Нишу;
- Минималне температуре у свим месецима су више у Београду него у Нишу;
- TN10p, тј. број дана у години са минималном температуром мањом од десетог перцентила се смањује на годишњем нивоу и у свим сезонама, што значи да се број хладних ноћи смањује и то више у Београду него у Нишу;
- Најзначајнији пад броја хладних ноћи забележен је на годишњем нивоу, у пролеће и лето и у Београду и Нишу;
- У јесен број хладних ноћи има веома мали пад, за оба града;
- Зими је негативан тренд значајан на 5% нивоу за Београд, док у Нишу тренд није значајан.

Узимајући у обзир све наведено долазимо до закључка да се број хладних ноћи много више смањује у Београду него у Нишу, што асоцира на утицај градског острва топлоте (величине града и броја становника).

Литература

- Анђелковић, Г. (2006). Београдско острво топлоте – одлике, узроцим последице. Географски факултет, Београд.
- Анђелковић, Г. (2009). Екстремне климатске појаве у Србији. Београд. Универзитет у Београду – Географски факултет, докторска дисертација.
- Bartholy, J. и Pongrácz, R. (2007). Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, 83–95.
- Дуцић, В. и Миловановић, Б. (2006). Класификација климата у циљу поређења неких елемената рекреационог потенцијала бања Србије на примеру Бање Ковиљаче. Зборник радова „Планирање, уређење и заштита бањских и климатских места Србије“, Географски факултет Универзитета у Београду и Асоцијација просторних планера Србије, Београд.
- Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A. M. G. i Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19, 193–212.

- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Xiaosu, D., Eds (2001) Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 881 pp.
- Kendall, M.G. и Stuart, A. (1976). The Advanced Theory of Statistics. Vol. 3. Charles Griffin & Co., London, 585pp
- Klein Tank, A.M.G. и Können, G.P. (2003). Trends indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16, 3665-3680.
- Малишић, Ј. (2002). Временске серије, Математички факултет, Београд.
- Peterson, T. C., C. Folland, G. Gruza, W. Hogg, A. Mokssit, and Plummer, N. (2001). Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998–2001. World Meteorological Organisation Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 pp.
- Радиновић, Ђ. (1981). Време и клима Југославије. ИРО Грађевинска књига, Београд.
- Ункашевић, М. (1994). Клима Београда. Научна књига, Београд.
- Unkašević, M. и Tošić, I. (2009). Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade. *Theor. Appl. Climatol.*, 95, 27–38.
- Vinsent, P., Peterson, T.C., Barros, V.R., Marino, M.B., Rusticucci, M., Carrasco, G., Ramirez, E., Alves, L.M., Ambrizzi, T.M., Berlato, A., Grimm, A.M., Marengo, J.A., Molion, L., Moncunill, D.F., Rebello, E., Anunciação, Y.M.T., Quintana, J., Santos, J.L., Baez, J., Coronel, G., Garcia, J., Trebejo, I., Bidegain, M., Haylock, M.R. и Karoly, D. (2005). Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate*, 18, 5011-5023.
- WMO (1966). Climatic change. Tech Note No 79 WMO Geneva, 79 pp.

ANALYSIS OF THE DAILY MINIMUM TEMPERATURES FOR BELGRADE AND NIŠ

SUZANA KNEŽEVIĆ¹, IVANA TOŠIĆ^{1*}, MIROSLAVA UNKAŠEVIĆ¹

¹*University of Belgrade-Faculty of Physics, Institute of Meteorology, Studentski trg 12-16, Belgrade*

Abstract: The present work is an analysis of the daily minimum temperatures during the period 1949-2009 in Belgrade and Niš using the climate indice TN10p, i.e. a number of days per year with the minimum temperature less than the 10th percentile (cold nights).

A positive trend of the absolute minimum temperatures is found in Belgrade and Niš. It is calculated that the TN10p, i.e. number of cold nights decreases. A greater decrease of number of cold nights is recorded in Belgrade than one in Niš. The greatest decrease is observed on the annual basis, while smaller decrease is observed in autumn.

Key words: minimum temperatures, climate indice TN10p, trend, season

Introduction

Surface air temperatures in most European regions have increased during the twentieth century (Houghton J.T. et al., 2001). The European rate of change has been highest in the last quarter of the century (Klein Tank A.M.G. and Können G.P., 2003). The warming is projected to continue and is likely to be accompanied by changes in extreme weather and climate events (Houghton J.T. et al., 2001).

The list of indices for surface data based on temperature and precipitation are recommended by the joint working group on climate change detection of the World Meteorological Organization–Commission for Climatology (WMO–CCL) and the Research Programme on Climate Variability and Predictability (CLIVAR; Peterson T.C. et al. 2001). These indices are analyzed for various parts of the world, for example, for Europe (Klein Tank A.M.G. and Können G.P., 2003; Bartholy J. and Pongrácz R., 2007) and for South America (Vincent P. et al., 2005). One of these indices is the TN10p indice used in this study. An analysis of the temperature indice TN10p was done for Belgrade and Niš.

Climate of Belgrade and Niš is moderate continental (with larger amplitude of temperature than in the maritime type and greater precipitation in summer than in winter). The maximum daily temperature occurs in July or August, while the minimum one occurs in December or January. In this analysis, the daily minimum temperatures during the period 1949-2009 were used for the analysis, while Unkašević M. and Tošić I., (2009) analyzed the daily minimum winter and maximum summer temperatures from 1936 to 2003 in Belgrade.

Anđelković G., (2009) analyzed spatial distribution of the absolute minimum temperatures in Serbia during the period 1990-2005. He found that a regularity of temperature change exists with geographical latitude, longitude and with height. The annual mean minimum temperatures decreased from north (above 6°C) towards south of Serbia

* E-mail: itosic@ff.bg.ac.rs

(about 5°C), and slightly decreased from west to east. Only exception is Loznica because of the fenn effect (Ducić V. and Milovanović B., 2006). In addition, the mean minimum temperatures decreased with hight up to 0,3°C at Kopaonik.

Method used

The observations were taken in Belgrade ($\varphi=44^{\circ}48'N$, $\lambda=20^{\circ}28'E$, $h=132$ m) and Niš ($\varphi=43^{\circ}19'N$, $\lambda=21^{\circ}54'E$, $h=201$ m) from the 1st January in 1949 to the 31st December 2009.

The indice TN10p is defined as the number od days with the minimum temperature less than the 10th percentile (cold nights) of the corresponding day. Analyses were done for the period 1949-2009 and for the spring (March, April, May), summer (June, July, August), autumn (September, October, November) and winter season (December, January, February).

The percentiles were calculated for every day in a year. First, minimum temperatures were selected for the 1st January for all years and sorted in an ascending order. Then, the 10th percentile was determined. The procedure was repeated for every day in a year analogously. The indice TN10p was calculated as a number of days with the daily minimum temperature less than the 10th percentile. For example, the minimum temperature on the 1st January of every year was compared with the 10th percentile for the 1st January, and so until the 31st December.

Trend determination

The presence or absence of trend in individual rainfall series has been determined using the Mann-Kendall rank statistic τ (Kendall M.G. and Stuart I., 1976; Mališić J., 2002). This is defined as:

$$\tau = \frac{4\sum n_i}{N(N-1)} - 1,$$

where n_i is the number of values larger than the i th value in the series subsequent to its position in the series of N values. To apply this statistic to evaluate significance, a comparison is made with:

$$(\tau)_t = \pm t_g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}},$$

where t_g is the desired probability point of the standard Gaussian distribution for a two sided test (WMO, 1966). Linear trend has been determined by conventional least squares regression analysis. The 5% level of significance has been taken for the rejection of the null hypothesis of no trend for individual sets of data.

Analysis of the results

First, the annual minimum temperatures during the period 1949-2009 were analyzed for Belgrade and Niš. The annual minimum temperatures are represented by a solid line, while a linear trend of the annual minimum temperatures by a dashed line (Fig. 1). A non significant increase in the annual minimum temperatures is observed during the period 1949 – 2009 in Belgrade. A smaller increase of the annual minimum temperatures is observed in Niš.

Figure 1. The annual minimum temperatures during the period 1949 – 2009 for: a) Belgrade, b) Niš.

The minimum daily temperatures considerably below the normal appear in the winter, most frequently when distinct anticyclone or through of high pressure exist over Serbia. It is interesting that similar synoptic situations characterized summer, but with through of north-Atlantic, not Siberian anticyclone. It has been mentioned that the minimum daily temperatures also appear at zonal situations (Radinović Đ., 1981).

The absolute monthly minimum temperatures during the period 1949-2009 in Belgrade and Niš are shown in Table 1. It can be seen that the minimum temperatures are higher in Belgrade than ones in Niš.

Table 1. Absolute monthly minimum temperatures during the period 1949-2009 in Belgrade and Niš.

The absolute minimum temperatures represents good indicator for existence of a heat island. Andelković G., (2006) compared the absolute minimum temperatures in Belgrade and surrounding, and he found that the greatest difference was in February (-15.4°C in Belgrade and -30.0°C in Šabac). The absolute minimum temperature in Belgrade was -21.0°C during the period 1961-1990, i.e. 5.4°C higher than the minimum temperature at Veliko Gradište (-26.4°C). Differences in the summer are smaller than during the winter, because of more intensive antropogenic production in winter. Unkašević M., (1994) comparing the mean minimum temperatures in the Belgrade centre with temperatures at Radmilovac and Tamnava for the period 1970-1989, determined that the heat island intensity was 2 to 3°C .

**Figure 2. Number of days per year with the daily minimum temperature less than the 10th percentile for:
a) Belgrade, b) Niš.**

The number of cold nights per year is represented in Fig. 2 by a solid line, while the linear regression by a dashed line. There is a negative tendency of number of cold nights in Belgrade and Niš, but something greater decrease was in Belgrade.

Figure 3. Number of days with the daily minimum temperature less than the 10th percentile during the spring season for: a) Belgrade, b) Niš.

Figure 4. As in Fig. 3, but for the summer season.

Figure 5. As in Fig. 3, but for the autumn season.

Figure 6. As in Fig. 3, but for the winter season.

Figures 3, 4, 5 and 6 show number of days with the daily minimum temperature less than the 10th percentile (i.e. the indice TN10p), during the spring, summer, autumn and winter season for Belgrade and Niš, respectively.

There is a significant negative trend (at the 5% level) for all seasons, except for autumn in Belgrade and Niš and for winter in Niš (Figs. 5 and 6).

Conclusions

Global (Frich P. et al., 2002) and European (Klein Tank A.M.G. and Können G.P., 2003) studies about extreme climate indices pointed out that a trend of the temperature indices are in agreement with a global warming. In this study, the analysis of the daily minimum temperatures during the period 1949-2009 in Belgrade and Niš was done using the indice TN10p for all seasons. The present analysis revealed that:

- A non significant increase in the annual minimum temperatures was observed in Belgrade and Niš during the period 1949 – 2009;
- The absolute monthly minimum temperatures are higher in Belgrade than ones in Niš;
- The TN10p indice, i.e. number of days with the minimum temperature less than the 10th percentile decreases. It means that the number of cold nights decreases and it is greater in Belgrade than one in Niš;
- There is the greatest decrease of number of cold nights in Belgrade and Niš on the annual basis;
- The smallest decrease of TN10p is observed in autumn for both cities;
- There is a significant negative trend (at the 5% level) of cold nights during winter in Belgrade and non significant one in Niš.

From the previous study we can conclude that the decrease of number of cold nights was greater in Belgrade than in Niš, which probably indicate to effect of a heat island.

References

See references on page 77