

Original scientific paper

UDC 551.524.36 (497.11)  
DOI: 10.2298/GSGD1601056T

Received: June 9, 2016

Corrected: October 30, 2016

Accepted: November 9, 2016

**Ana Tasić<sup>1\*</sup>**

## **THE ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF TROPICAL NIGHTS IN KNJAŽEVAC (EASTERN SERBIA)**

**Abstract:** Tropical nights are, as defined, days when the minimum temperature does not fall below 20°C. Apart from being of interest for climate scientist, these days also impact the comfort of life of the local population. The paper analyzes the occurrence of tropical nights in Knjaževac, situated at the foothill of the mountain in Eastern Serbia. The research is based on the time series from the measuring station of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia and it covers the period of 60 years, from 1955 to 2014, with 50 years of observations. Data were analyzed using standard statistical methods and modelled using simple linear regression. Quantitative data are given in Histogram, showing the frequency of the occurrence of tropical nights both for the whole period and the sub-periods of ten annual observations. Analysis shows that the number of tropical nights in the observed period has a trend of slight increase. In total, 33 days with tropical night were recorded, which occurred in June, July, August and September. Year 2007 is identified as a peak of data sequence, reaching 11 occurrences of tropical nights. In this year the highest ever temperature in Serbia was recorded - of 44.9°C in Smederevska Palanka, whereas maximum temperature in Knjaževac reached 43.5°C, which also represents the record.

**Key words:** tropical nights, trend, air temperature, Serbia, Knjaževac

---

<sup>1</sup> ana.tas@live.com (corresponding author)

\*University of Belgrade, Multidisciplinary Doctoral Studies, History and philosophy of natural sciences and technology, Serbia

## Introduction

The Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) submitted a report on climate change in which is clearly indicated the increase in global temperature in the second half of the twentieth century of 0.6°C. Extreme temperatures are a good indicator of climate change, with analysis thereof makes an integral part of the climate monitoring of particular region and of general climate research. Working Group I (IPCC, 2007) states that there are smaller increases in frequency of extreme high temperatures and increases in warm nighttime temperatures across many regions. Defining warm nights as those when temperature exceeds 90th percentile of temperature, IPCC (2007) states that in the last 50 years for the sampled areas, their occurrence increased significantly. The report quotes the studies by Alexander et al. (2006) and Caesar et al. (2006), who combined regional studies and concluded that a significant increase in annual occurrence of warm nights was noted in 73% of the total area. Climate changes have an impact on tourism which is considered one of the most threatened economic activity (Pons, 2014), besides high minimum daily temperatures have a particularly large impact on agriculture (Peng et al., 2004). Some research suggest that it is expected that mountain areas will be under greater influence of temperature rise than the lower regions (Bradley et al., 2006), which can lead to shifts and changes in tourism and agriculture. As Knjaževac and its surroundings are situated at the foothill of the mountain of Stara Planina, the region has a significant potential for the development of tourism, therefore increased temperatures may have a negative influence on the economy of the region, increasing the importance of studying climate of this area. Eastern Serbia has been studied in region-focused studies as well as a part of research of the wider area, with only sporadic data from the station in Knjaževac, which did not receive special attention.

The mean annual air temperature in Knjaževac, for the period 1961 - 1990 is 10.1°C. The average temperatures of the seasons for the same period are: spring 10.5°C, summer 19.5°C, 10.4°C autumn and winter's average temperature is 0.1°C (Ducić & Radovanović, 2005). It is interesting to note that, according to Ducić and Radovanović (2005), the absolute maximum temperature and the absolute minimum temperature were recorded in Knjaževac on the same year. Absolute maximum air temperature was recorded on 31st of August in 1985, it was 40.5°C and an absolute minimum -29.5°C was measured on 13th January 1985. In July 2007 new absolute maximum was recorded at this station, which is 43.5°C, the same year maximum temperatures of June and August stood at  $\geq 40^\circ\text{C}$ .

## Research Methods and Material

The study is based on the collection of data on number of tropical nights from the data base of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia, collected in meteorological yearbooks, where tropical nights are defined as days when measured minimum daily temperature is  $\geq 20^\circ\text{C}$  and as such are important for many aspects of human life.

Focus of the study were the measurements made by the meteorological station Knjaževac in the last sixty years, from 1955 to 2014. According to the meteorological yearbooks until 2008, the station was located in Knjaževac, at latitude N 43°34' ( $\varphi$ ) and longitude E 22°15' ( $\lambda$ ), at the altitude (h) of 250 meters, whereas after 2008 coordinates changed:  $\lambda=22^\circ16'$  and  $h=281\text{m}$ .

Data on the occurrence of tropical nights were analysed and processed using the standard statistical methods. Number of tropical nights in a given year, as a dependant variable, has been modelled by simple linear regression of the time series.

Regression analysis models the value of a dependant variable  $y$ , in this study the number of tropical nights, with the independent variable  $x$ , which in this case is the given year of observation, under the assumption that such linear relation exists. In other words, model of the simple linear regression can be expressed by:  $y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon$ , where  $\beta_0$  and  $\beta_1$  are regression coefficients and  $\varepsilon$  represents an estimation error (Williams et al., 2006).

Regression coefficients are calculated from the time series values using the minimum squares method.

If the calculated slope coefficient  $\beta_1 = 0$ , then  $y$  does not depend on the variable  $x$ . If however,  $\beta_1 \neq 0$  linear relation exists and  $y$  can be represented as a function of  $x$ , where significance of the relation is tested using t test with the hypothesis  $\beta_1 = 0$ .

Statistical analysis of the sample was performed using Microsoft Excel.

## Study Results and Discussion

The focus of the work is investigating the occurrence of meteorological phenomena, tropical nights, in Knjaževac between 1955 and 2014. In this period, 33 tropical nights were recorded, averaging to 0.66 per year.

Tropical nights were recorded in June, July, August and September. The month with the highest recorded number is July, with a total of 13 times, followed by June with 11 occurrences, the total of 8 tropical nights were recorded in August and one in September, in 1973.

*Tab. 1. Average Number of Tropical Nights per Year, in a Given Month, Period 1955 – 2014*

Month	Total number	Average number per year
June	11	0.22
July	13	0.26
August	8	0.16
September	1	0.02

The maximal number of tropical nights were recorded in 2007 is 11: 4 in June, 4 in July and 3 in August, which makes 33.3% of the total number of recorded tropical nights in the whole observed period and is 220% higher than number of tropical nights in the second-highest year. In these three months, maximal temperatures were  $\geq 40^\circ\text{C}$ .

Months with the absolute highest number of tropical nights were June and July 2007 and July 2012, all of which also had the maximal temperature  $> 40^\circ\text{C}$ .

Three years with the highest number of tropical nights in observed period, all of which happen to be in the XXI century, were given in the Tab. 2. These top three years make 57.6% of total number for the whole period.

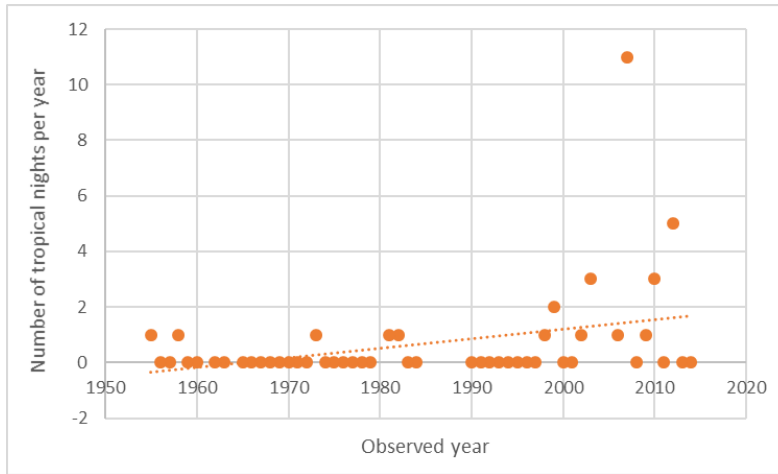


Fig. 1. Scattergram of Number of Tropical Nights per Year

Linear regression:  $y = -67.141 + 0.0342x$  ( $R^2 = 0.1215$ )

Tab. 2. Years with the Highest Observed Values in the Period 1955 – 2014

Year	Number of tropical nights	Share of total (%)	Month with highest number of tropical nights	Number of tropical nights in the month with max value
2007	11	33.33	June & July	4
2012	5	15.15	July	4
2010	3	9.09	June	2

The occurrence of tropical nights has been analysed using the simple linear regression. Explanatory, independent variable is a time variable, year of observation. Regression coefficients are calculated using the theoretical basis given in the chapter Research methods and material. Slope coefficient  $b_1$  is 0.0342 whereas the intersection with x-axis  $b_0$  is -67,1411. t statistics of the obtained relation equals 2.577, and is higher than the value for 48 (n-2) degrees of freedom and confidence  $\alpha = 95\%$ . Therefore, it can be concluded that determined liner relationship between the variables is statistically significant.

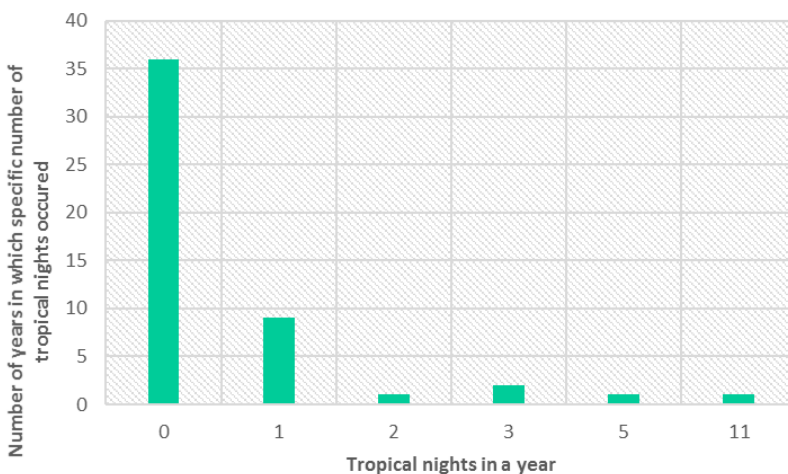
The slope coefficient 0.0342 is positive, which shows that the number of tropical nights in the observed period shows a trend of slight increase.

Fig. 1 shows the number of tropical nights per year as well as the trend line. It can be seen that the number of tropical nights is volatile and the frequency of occurrence is higher towards the end of the period. Absolute maximum, an outlier, significantly higher than other values is 11 nights and was recorded in 2007. If this outlier is excluded and the analysis repeated with remaining values: linear regression is  $y = -39,37 + 0,0201 \cdot x$ , with  $R^2 = 0,137$ . The relationship is statistically significant for the significance level of 95%, as

well as for 99%. If we observe only last 15 years, or last 25 years, the linear relation calculated in these cases is not statistically significant.

### ***The Analysis of Time Series of Occurrence of Tropical Nights***

The analysis of the time series of frequency of the occurrence of tropical nights has been performed using histogram, given in the Fig. 2. *X*-axis shows how many times tropical nights were observed within the year, and *y*-axis the number of year that correspond to it. In 36, making 72% of total, no tropical nights were recorded, one tropical night was observed in 9 different years (18%), in one year (2%) two tropical nights occurred, two years (4%) had three tropical nights, five tropical nights occurred in one year (2%) and the absolute maximum of 11 tropical nights were observed in one year (2%).



*Fig. 2. Frequency of Occurrence of Tropical Nights*

The period in which measures were performed, could be split into five sub-periods of ten annual observations, the frequency thereof is given in the Fig. 3. *X*-axis shows the number of tropical nights within a year and *y*-axis the number of years in which it was observed. From the graph can be seen that for the first three sub-periods, amounting to 60% of total observations, maximum number of tropical nights per year was one and that on most years no tropical nights were observed, with eight years without tropical nights in the first and third sub-period and nine years out of ten in the second period. In the sub-period 1993 – 2002 there were seven years without tropical nights, but for the first time, in 1999, two tropical nights occurred. During the last sub-period, significant shift is noted, with the number of years without tropical nights getting lower and for the first time there were years with 3,5 and even 11 tropical nights.

The overview of the number of tropical nights and years without tropical nights per sub-period is given in the Tab. 3.

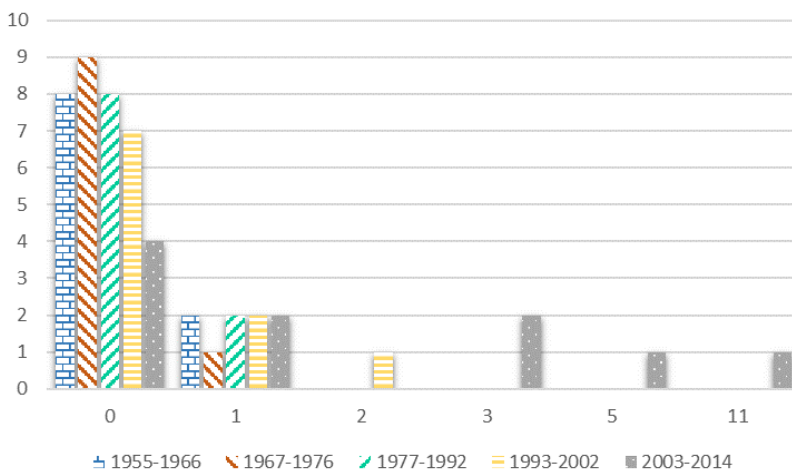


Fig. 3. Frequency of Tropical Nights by Sub-Periods

Tab. 3. Total Number of Tropical Nights and Number of Years Without Tropical Nights by Sub-Periods of Ten Annual Observations

Sub-period	Number of observations	Total number of tropical nights	Number of years without tropical nights
1955 - 1966	10	2	8
1967 - 1976	10	1	9
1977 - 1992	10	2	8
1993 - 2002	10	4	7
2003 - 2014	10	24	4

As can be seen in Tab. 3, at the end of XX and the beginning of XXI century, the number of tropical nights doubled and in the period 2003 – 2014 it rapidly increased onto 24 days, which represents the growth of 600% in comparison to the previous sub-period. In the same period, the number of years without tropical nights significantly decreased, from 7 onto 4. Out of total of 24 tropical nights observed over this period, 11 were recorded in 2007, making 45.8%.

In most of years over the whole period, 72%, there were no tropical nights recorded and in 90% of years, there was none or maximal one tropical night. As from the end of XX century, the frequency increases and the number of years without tropical nights decreases. In the last period with 10 annual observations, there were only 40% of years without a tropical night. None or one tropical night were recorded in 60% of years. In the same period, 24 tropical nights occurred, which represents 72.7% of total number and in only three observation years within this sub-period occurred more than a half (57.6%) of all tropical nights.

Study by Malinović-Milićević et al. (2016), which did not analyse particularly tropical nights but general temperature and precipitation indices, suggests that the period of extremely hot weather last longer with the trend of extreme weather conditions being more pronounced in summer, which could be of influence to occurrence of tropical

nights. Burić et al. (2015) studied Montenegro and, among other indices, analysed also tropical nights in southern part of the country. Analogous to this study, their results suggest an increasing number of occurrences and a presence of warming trend, too.

Unkašević and Tošić (2013) have studied the influence of large-scale atmospheric circulation patterns and found that they are correlated with the occurrences of extreme temperatures, understanding the extreme as the highest 10 percent.

## Conclusion

Even though it has been the topic of relatively small number of papers, the climate of Knjaževac is of importance for tracking the climatic changes in the region, as well as for the local population and economy.

The analysis of the occurrence of tropical nights on Knjaževac has been made for the period between 1955 and 2014, with 50 years of observations. Data are taken from the meteorological yearbook of the Republic Hydrometeorological Services of Serbia and analysed using statistical methods.

From the obtained data, it can be seen that in the second half of XX century, in most of the years, 72%, no tropical nights were recorded. However, later in this 60-years period, number of years without tropical night decreases and furthermore, number of recorded tropical nights per year increases and the trend line reflects slight increase over the whole period. There were total of 33 tropical nights recorded with the most occurrences in 2007, 2010 and 2012. Absolute maximum was reached on 2007, with 11 tropical nights, which is a third of the total number of occurrences. Weather conditions in the summer of 2007 in Serbia were extreme – in July the highest ever temperature in Serbia of 44.9°C was recorded in Smederevska Palanka and up to then the historical record of 44.3°C measured in 1939 in Kraljevo (Andjelković, 2007) was exceeded on two other stations as well (Zaječar and Čuprija). In that month, local maximum temperatures for July were exceeded on 22 station and on 20 stations annual local records were broken (Andjelković, 2007). Having all this in mind, it seems no coincidence that this was the record year for tropical nights in Knjaževac, as well.

## References

- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M. & Vazquez-Aguirre, J.L. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, vol. 111.
- Andjelković, G. (2007). Temperaturne prilike u julu 2007. godine kao ekstremna klimatska pojava u Srbiji. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 87(2), 51-62.
- Bradley, R.S., Vuille, M., Diaz, H.F. & Vergara, W. (2006). Threats to Water Supplies in the Tropical Andes. *Science*, 312 (5781), 1755-1756.
- Burić, D., Ducić, V., Mihajlović, J., Luković, J. & Dragojlović, J. (2015). Recent Extreme Air Temperature Changes in Montenegro. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 95(4), 53-66.
- Caesar, J., Alexander, L. & Vose, R. (2006). Large-scale Changes in Observed Daily Maximum and Minimum Temperatures: Creation and Analysis of a New Gridded Data Set. *Journal of Geophysical Research*, vol. 111.

- Ducić, V. & Radovanović, M. (2005). *Klima Srbije*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *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.
- Malinovic-Milicevic, S., Radovanovic, M. M., Stanojevic, G. & Milovanovic, B. (2016). Recent changes in Serbian climate extreme indices from 1961 to 2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 3-4, (1089).
- Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S. & Cassman, K.G. (2004). Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (27), 9971-9975.
- Pons, M. (2014). *Climate Change Impacts on Winter Tourism in the Pyrenees and Adaptation Strategies*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, PhD theses.
- RHMZS, Meteorološki godišnjaci (1955 – 2014). Beograd.
- Unkašević, M. & Tošić, I. (2013). Trends in temperature indices over Serbia: relationships to large-scale circulation patterns. *International Journal of Climatology*, 33, 3152–3161.
- Williams, T.A., Sweeney, D.J. & Anderson, D.R. (2006). *Contemporary Business Statistics with Microsoft Excel*. Mason, OH, USA: Thompson Higher Education.



Оригинални научни рад

UDC 551.524.36 (497.11)  
DOI: 10.2298/GSGD1601056T

Примљено: 9. јуна 2016.

Исправљено: 30. октобра 2016.

Прихваћено: 9. новембра 2016.

**Ана Тасић<sup>1\*</sup>**

## АНАЛИЗА ПОЈАВЕ ТРОПСКИХ НОЋИ У КЊАЖЕВЦУ

**Извод:** Тропске ноћи су, према дефиницији, дани када се минимална температура не спушта испод 20°C. Њихово праћење је битно, како за климатологе, тако и за популацију, јер могу имати утицај и на комфор живота. Рад анализира појаву тропских ноћи у Књажевцу, који се налази у подножју планине у Источној Србији. За истраживање су коришћене временске серије података са мерне станице Републичког хидрометеоролошког завода, преузети из њихове базе података. Испитиван је период од 60 година, од 1955. до 2014. године, укупно 50 година посматрања. Подаци су анализирани статистичким методама; коришћена је проста линеарна регресија. Квантитативни подаци су приказани помоћу хистограма; анализирана је фреквенција појављивања тропских ноћи за цео период и за подпериоде од 10 годишњих посматрања. Истраживање је показало да број појава тропских ноћи, у посматраном периоду, има тренд благог раста. Укупно је забележено 33 дана са појавом тропске ноћи, које се јављају у јуну, јулу, августу и септембру. Највећи број појаве је забележен 2007. године, када је забележено 11 тропских ноћи. Исте године забележена је апсолутно максимална температура у Србији 44,9°C у Смедеревској Паланци, апсолутна максимална температура је забележена и на станици у Књажевцу 43,5°C.

**Кључне речи:** тропске ноћи, тренд, температура ваздуха, Србија, Књажевац

---

<sup>1</sup> ana.tas@live.com (аутор за кореспонденцију)

\* Универзитет у Београду, Интердисциплинарне докторске студије, Историја и филозофија природних наука и технологије, Србија

## Увод

Радна група Међународног панела за климатске промене (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) је 2007. године поднела извештај о климатским променама у којем јасно указује на пораст глобалне температуре у другој половини двадесетог века за 0,6°C. Екстремне температуре су добар показатељ промена климе, чијом се анализом проширују границе праћења климе одређеног подручја. Према Радној групи I (IPCC, 2007) у више региона је утврђено постојање мањих повећања учесталости појаве екстремно високих температура и високих ноћних температура. Дефинишући топле ноћи када се температура налази у горњих 10% измерених температура IPCC (2007), указује да се у последњих 50 година у узоркованим подручјима њихова учесталост значајно повећала. Извештај наводи истраживања Alexander-а и др. (2006) и Caesar-а и др. (2006), који су комбинујући више регионалних студија закључили да постоји значајно повећање броја појава топлих ноћи у 73% подручја.

Климатске промене имају утицај на туризам такав да се туризам сматра једном од најугроженијом економском активношћу (Pons, 2014), а високе минималне температуре имају посебно велики утицај на пољопривреду (Peng и др., 2004). Нека истраживања показују да се очекује да планинске области буду под већим утицајем пораста температуре него нижи предели (Bradley и др., 2006), што као последицу може да има промене у туристичким и пољопривредним околностима. Како се Књажевац и околина налазе у подножју Старе планине имају значајан потенцијал за развој зимског туризма, а повећане температуре могу имати негативан утицај на привреду региона. Зато до значаја долази истраживање климе овог простора. Источна Србија била је предмет студија појединачних истраживања или у оквиру изучавања ширег простора Србије, међутим, простор Књажевца не добија посебну пажњу.

Средња годишња температура ваздуха у Књажевцу, за период 1961 – 1990. године износи 10,1°C. Према годишњим добима просечна температура за исти период износи пролећна 10,5°C, летња 19,5°C, јесења 10,4°C и зимска просечна температура 0,1°C (Дуцић и Радовановић, 2005). Интересантно је приметити да су према подацима Дуцића и Радовановића (2005) апсолутно максимална температура и апсолутно минимална температура у Књажевцу забележене исте године. Апсолутно максимална температура ваздуха забележена је 31. августа 1985. године и износила је 40,5°C, а апсолутно минимална –29,5°C измерена 13. јануара 1985. године. У јулу 2007. године забележен је нови апсолутни максимум на овој станици који износи 43,5°C, а исте године су максимална јунска и августовска температура износиле  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ .

## Материјали и методе истраживања

Рад се базира на прикупљању података, броја дана са појавом тропских ноћи, тј. данима када минималне температуре нису ниже од 20°C, из базе података формиране на основу мерења Републичког хидрометеоролошког завода Србије, а сакупљене у метеоролошким годишњацима. Коришћени су подаци добијени са мерне станице Књажевац у периоду од последњих шездесет година, од 1955. до 2014. године. Према подацима метеоролошких годишњака закључно са 2008.

годином климатолошка станица у Књажевцу налази се на координатама 43°34' северне географске ширине ( $\phi$ ) и 22°15' источне географске дужине ( $\lambda$ ), на надморској висини ( $h$ ) 250 m; док се за каснији период разликују  $\lambda=22^{\circ}16'$  и  $h=281$  m.

Подаци о појави тропских ноћи анализирани су и обрађени статистичким методама. Број појаве тропских ноћи у одређеној години, као зависна променљива, исказан је методом прости линеарне регресије временске серије.

Регресиона анализа има за циљ да моделира вредност зависне променљиве  $y$ , у овом раду број тропских ноћи, уз помоћ независне променљиве  $x$ , године посматрања, претпостављајући да између променљивих постоји линеарна веза. Другим речима модел прости линеарне регресије је:  $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$ , где су  $\beta_0$  и  $\beta_1$  коефицијенти регресије, а  $\varepsilon$  грешка процене (Williams и др., 2006).

Коефицијенти регресије у пракси нису познати и потребно их је одредити уз помоћ вредности временске серије методом минималних квадрата.

Уколико је  $\beta_1 = 0$ , тада вредност  $y$  не зависи од  $x$ . Уколико је  $\beta_1 \neq 0$  линеарна зависност постоји и  $y$  се може приказати као функција аргумента  $x$ . За тестирање статистичке значајности везе, спроводи се тестирање хипотезе да ли је  $\beta_1 = 0$  уз помоћ  $t$  теста.

За статистичку анализу узорка коришћен је програм Microsoft Excel.

## Резултати и дискусија

Основни део рада базира се на истраживању појаве тропских ноћи на подручју Књажевца у периоду 1955 – 2014. године. У овом периоду укупно је забележено 33 тропске ноћи, односно у просеку 0,66 тропских ноћи годишње.

Тропске ноћи су се у Књажевцу јављале у месецима јун, јул, август и септембар. Највише пута су се јавиле у јулу, укупно 13 пута, следи јун укупно 11 пута, 8 пута у августу и једном у септембру 1973. године. Средње вредности појаве тропских ноћи по месецима приказане су у Таб. 1.

Таб. 1 Средња вредност појаве тропских ноћи према месецима, по години за период 1955 – 2014.

Месец	Укупан број	Средња вредност појаве по години
Јун	11	0,22
Јул	13	0,26
Август	8	0,16
Септембар	1	0,02

Сл. 1. Скатерграм броја појаве тропских ноћи по години (стр. 59)

$$\text{Линеарна регресија: } y = -67.141 + 0.0342 \cdot x \quad (R^2 = 0.1215)$$

Максималан број појаве тропских ноћи забележен је 2007. године, укупно 11; у јуну 4, у јулу 4 и августу 3 тропске ноћи. Сва три месеца су имали максималне температура  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ . Број тропских ноћи у ова три месеца чини 33,33% од укупног

броја појаве тропских ноћи за период од 1955 – 2014. године, а за 220% је више од године са следећим највећим забележеним бројем појаве тропске ноћи. Месеци са апсолутно највећим бројем тропских ноћи су били јун и јул 2007. године и јул 2012. године, у сва три месеца су забележене максималне температуре > 40°C. Табела 2 приказује године са највећим бројем појава тропских ноћи. Из табеле 2 је јасно да су се три године са највећим бројем појава јавиле у 21. веку и њихов укупан број појава чини 57,6% од укупног броја појава за цео посматрани период.

Тренд појаве тропских ноћи анализиран је помоћу прости линеарне регресије. Независну променљиву представљају године посматрања. Коефицијенти регресије израчунати су на основу теоријских основа наведених у поглављу Материјали и методе истраживања. Коефицијент нагиба праве  $b_1$  је 0,0342, а пресек са  $x$  осом  $b_0$  је -67,1411.

Таб. 2. Године са највишим осматраним вредностима у периоду 1955 – 2014

Година	Број тропских ноћи	Удео у укупном броју тропских	Месец са највећим бројем	Број тропских ноћи у месецу са макс. вред.
2007	11	33.33	Јун и Јул	4
2012	5	15.15	Јул	4
2010	3	9.09	Јун	2

За тестирање статистичке значајности добијене везе, коришћен је  $t$  тест. Вредност дата у табели  $t$  дистрибуције за 48 ( $n - 2$ ) степена слободe и интервал значајности  $\alpha = 95\%$  је 2,011. Будући да је  $t$  статистика добијене процене израчуната формулом датом у Методама истраживања 2,577 већа од вредности у табели закључује се да је могуће одбацити полазну хипотезу  $H_0$ , односно да је линеарна веза између променљивих статистички значајна.

Позитиван коефицијент правца 0,0342 указује да број тропских ноћи у посматраном периоду има тренд благог раста.

Сл. 1 приказује број појаве тропских ноћи у посматраном периоду као и линију тренда. Из графика се може уочити да број тропских ноћи значајно варира, а да је учесталост појаве значајнија крајем периода. Апсолутни максимум, значајно већи од осталих забележених вредности (outlier) је 11 тропских ноћи забележених 2007. године. Уколико поновимо анализу не узимајући у обзир овај екстрем, тада се добија линеарна веза  $y = -39,37 + 0,0201 \cdot x$ , са  $R^2 = 0,137$ . Одговарајућа  $t$  статистика је указује да је и ова веза статистички значајна, како за степен значајности 95%, тако и за 99%. Коефицијент правца праве у овом случају је очекивано мањи. Уколико се посматрани период скрати на последњих 15, односно 25 година, линеарна веза која се добије није статистички значајна.

### **Анализа временске серије појаве тропских ноћи**

Анализа временске серије учесталости појаве тропских ноћи извршена је помоћу хистограма, Сл. 2. На  $x$  оси приказан је број појава тропских ноћи у току године, а на  $y$  оси колико година се овакав случај поновио. У посматраном периоду било је

укупно 36 година, што чини 72% укупног броја посматраних година, у којима није забележена ниједна тропска ноћ, девет година (18%) је забележена једна тропска ноћ, једном (2%) две тропске ноћи, две године (4%) са по три појаве тропске ноћи, једне године пет тропских ноћи и једне чак једанаест тропских ноћи.

*Сл. 2. Фреквенција појаве тропских ноћи (стр. 60)*

Посматрани период можемо поделити на пет подпериода од по 10 годишњих посматрања. На Сл. 3 приказана је учесталост појаве тропских ноћи по подпериодима од по 10 годишњих посматрања. Х оса означава укупан број тропских ноћи у години, а у број година са одређеним бројем тропских ноћи. Сл. 3 указује да су се у прва три периода (низ од 30 година осматрања, што чини 60% времена осматрања), дани са појавом тропских ноћи јављали највише једном годишње, а да су се најчешће јављале године без дана са појавом тропских ноћи. Ове године су се поновиле осам (први и трећи посматрани период) и девет пута (други посматрани период). У периоду од 1993 – 2002. године иако је највећи број случајева са годинама без појаве тропских ноћи (седам пута), први пут се јављају две тропске ноћи током године (1999. год.). Током последњег периода, 2003 – 2014. година, долази до значајнијих варијација. Значајно се смањује број година без појаве тропских ноћи, мада је и даље ово чест случај. У овом периоду се први пут јављају године са појавом 3, 5 и чак 11 дана са минималним температурама  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ .

*Сл. 3. Фреквенција тропских ноћи по подпериодима (стр. 61)*

Укупан број тропских ноћи као и година без појаве тропских ноћи за поједине подпериоде приказан је у Таб. 3. У њој се уочава да крајем 20. и почетком 21. века долази до дуплирања појаве тропских ноћи, да би у 10 година периода од 2003 – 2014. године тај број скочио на 24 дана, што чини пораст од 600% у односу на претходни период од 10 годишњих посматрања. У истом периоду долази до опадања броја година када нема појаве тропских ноћи, са 7 у претходном периоду на 4 године. Од укупно 24 тропске ноћи, 11 је забележено током 2007. године, што чини 45,8% укупног броја појава за овај период од 10 посматрања.

Може се закључити да је у највећем броју случајева (72%), појава тропских ноћи изостала, а чак у 90% случајева се јавио један или ниједан дан са појавом тропске ноћи. Крајем 20. века и почетком 21. века број појава тропских ноћи постаје учесталији, а опада број година када ове појаве нема, па тако са 72% за цео период, у периоду од последњих 10 годишњих посматрања ова појава се није јавила у 40% случајева, а године са ниједним или једним даном са појавом тропске ноћи чине 60% случајева. У истом периоду, последњих 10 годишњих посматрања, укупно су се јавиле 24 тропске ноћи, што чини 72,7% укупног броја тропских ноћи за цео посматрани период. Само у три године истог периода јавило се више од половине (57,57%) дана, у односу на цео посматрани период, са појавом тропске ноћи.

Студија Малиновић-Милићевић и др. (2016), која не анализира посебно тропске ноћи, већ температуре и индексе падавина, указује на то да периоди екстремно топлих временских услова трају дуже и да су овакви услови израженији током лета, што може бити од утицаја на појаву тропских ноћи. Бурић и др. (2015) проучавали су подручје Црне Горе и, поред осталих индекса, анализирали појаву тропске ноћи у јужном делу земље. Аналогно овој студији, њихови резултати, такође, указују на пораст броја појаве и тренд загревања.

Tab. 3. Укупан број тропских ноћи и број година без тропских ноћи за подпериоде од по 10 посматрања

Подпериод	Број посматрања	Укупан број тропских ноћи	Број година без тропских ноћи
1955 - 1966	10	2	8
1967 - 1976	10	1	9
1977 - 1992	10	2	8
1993 - 2002	10	4	7
2003 - 2014	10	24	4

Проучавањем утицаја атмосферске циркулације ширег простора Ункашевић и Тошић (2013) су утврдили да је циркулација у корелацији са појавом екстремних температура, где се екстремом сматра највиших 10 процената измерених температура.

### Закључак

Клима Књажевца била је предмет истраживања у релативно малом броју радова. Битност изучавања климе ове области уочава се при праћењу климатских промена шире регије, али и ништа мање за живот локалног становништва и утицаја на привреду.

Анализа појаве тропских ноћи у Књажевцу вршена је за период од 1955. године до 2014. године, укупно 50 година посматрања. Подаци из метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода су анализирани статистичким методама.

Из добијених података јасно је да у периоду друге половине 20. века доминирају године када се дани са појавом тропске ноћи не јављају, за укупан период посматрања они чине 72%. Међутим крајем посматраног шездесетогодишњег периода смањује се број година када се ова појава не јавља, а расте број дана са појавом тропске ноћи, и линија тренда указује на благи раст појаве. Укупно је забележено 33 дана са појавом тропских ноћи, а године са највише броја дана са овом појавом су 2007, 2010. и 2012. година. Апсолутни максимум је достигнут 2007. године, када је забележено рекордних 11 тропских ноћи, што чини трећину укупног броја појава тропске ноћи за целокупни посматрани период. Временско стање лета ове године у Србији имало је екстремна климатолошка обележја и за изучавање климе овог простора је значајна. Јула 2007. године у Србији је забележена апсолутно максимална температура 44,9°C у Смедеревској Паланци, а на још две станице (Зајечар и Ђуприја) је премашен претходни апсолутни максимум забележен у Краљеву 1939. године (44,3°C) (Анђелковић, 2007). Јула 2007. године на 22 станице у Србији су премашени дотадашњи јулски температурни максимуми, а на 20 станица и апсолутни максимуми станица (Анђелковић, 2007). Услед оваквих временских прилика чини се да апсолутни максимум тропских ноћи 2007. године у Књажевцу није случајност.

**Литература** (стр. 62)