



Analiza pojave suše na području Severnog Banata

Jovana Draginčić^a, Atila Bezdan^{b*}, Borivoj Pejić^c, Minučer Mesaroš^d,
Boško Blagojević^b

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Student doktorskih studija, Novi Sad, Srbija

^bUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, Novi Sad, Srbija

^cUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrтарstvo, Novi Sad, Srbija

^dUniverzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: bezdan@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Suša je elementarna nepogoda koja nanosi značajne štete širom sveta, a na području Vojvodine se često javlja. Pojava suše na području severnog Banata analizirana je u periodu od 1956. do 2016. godine na osnovu podataka sa meteorološke stanice Kikinda. Korišćena su četiri indeksa: Self-calibrating Palmer Drought Severity Index (SC-PDSI), Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) i Palfai Drought Index (PaDI). Rezultati pokazuju da su dugotrajne pojave suše različitog intenziteta registrovane u sledećim periodima: 1968 - 1969, 1983 - 1984, 1988 - 1994, 2000 - 2003 i 2012 - 2016. godine. Takođe, utvrđeno je da se na posmatranom području poslednjih decenija povećala učestalost pojave suša većih intenziteta što u kontekstu trendova klimatskih promena može dovesti do pojave problema pre svega u poljoprivrednoj proizvodnji.

KLJUČNE REČI

Indeks suše, severni Banat, SPI, SPEI, PDSI, PaDI

Uvod

Suša je prirodna pojava koja se javlja u skoro svim regionima sveta (Wilhite and Svoboda, 2000) i predstavlja globalni problem koji dobija sve veću pažnju nacionalnih i internacionalnih organizacija i institucija (Wilhite et al., 2007). Brojne studije o suši sprovedene su od strane mnogih istraživača u Evropi (Gocic and Trajkovic, 2014a). Suša ima neizvesnu učestalost, trajanje, jačinu i njenu pojavu je teško predvideti (Fan et al., 2017) i mnogi je smatraju najkompleksnijim prirodnim hazardom (Mishra and Desai, 2005). Može se definisati iz različitih perspektiva, kao što su meteorološka, hidrološka, poljoprivredna i socio-ekonomska (Masud et al., 2015). Zbog složene prirode i rasprostranjenosti uticaja suše teško je dati univerzalnu definiciju, što otežava identifikovanje i monitoring ključnih karakteristika kao što su njeno trajanje, intenzitet, jačina i prostorni okvir (Hao and Singh, 2015).

U našoj zemlji suša, kao i suvišne unutrašnje vode, direktno utiču na biljnu proizvodnju i stočarstvo, a samim tim i na prehrambenu industriju (Stricevic et al., 2011a). Sve veća učestalost sušnih događaja tokom proteklih nekoliko decenija dovodi do smanjenja prinosa gajenih biljaka (Stricevic et al., 2011b). U Vojvodini su meteorološki uslovi u pojedinim godinama promenljivi, što se posebno odnosi na padavine koje variraju po količini i rasporedu (Pejić i sar., 2011). Bošnjak (2001) navodi da su retke godine sa dovoljno padavinama i povoljnim rasporedom i da su brojne konstatacije da je suša povremena ili redovna pojava koja ugrožava stabilnu i ograničava visoku proizvodnju. Maksimović i sar. (2005) navode da je u klimatskim uslovima Vojvodine suša redovna pojava koja ostavlja ozbiljne posledice na prinose gajenih biljaka. Armenski et al. (2014) ukazuju da je na teritoriji Vojvodine suša prirodna pojava koja nanosi štetu najvećih razmara mnogim granama privrede i sprečava nesmetan razvoj poljoprivrede. Dragović (2012) ističe da se suša javlja često, zahvata velika prostranstva, značajno smanjuje prinose i nanosi štetu usevima, odnosno poljoprivredi i da je potreba za navodnjavanjem evidentna.

Suša se obično karakteriše indeksima, koji se razlikuju u kompleksnosti i podacima potrebnim za njihovo izračunavanje (Halwatura et al., 2015). Niemeyer (2008) navodi da ne postoji jedan univerzalni indeks suše, kao što ne postoji ni jedna jedinstveno prihvaćena definicija suše. Veliki broj indeksa suše je razvijen širom sveta (Heim, 2002; Quiring, 2009; Mishra and Singh, 2010; Zargar et al., 2011; Bachmair et al., 2016) i svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke (Mishra and Singh, 2010). Lloyd-Hughes (2014) konstatiše da se problematika i značaj objektivnog definisanja suše manifestuje u velikom broju indeksa koji su predloženi u literaturi (preko 100). U upotrebi je širok spektar indeksa suše i kontinuirano se uvode novi indeksi u zavisnosti od svrhe analiza koje se sprovode (Fabian and Zelenhasic, 2016). U literaturi se može pronaći veliki broj studija koje se bave testiranjem efikasnosti različitih indeksa za utvrđivanje i praćenje pojave suše i regionalne analize suše (Cai et al., 2015).

U ovom radu u cilju analize pojave suše na severoistoku Vojvodine korišćena su četiri indeksa suše: Palmer Drought Severity Index (PDSI) (Palmer, 1965) odnosno Self-calibrating Palmer Drought Severity Index (SC-PDSI) (Wells et al., 2004), Standardized Precipitation Index (SPI) (McKee et al., 1993), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010) i Palfai Drought Index (PaDI) (Pálfa and Herceg, 2011). Ma et al. (2014) navodi da su indeksi PDSI i SPI jedni od najznačajnijih modela koji se često koriste za detektovanje početka i završetka suše, kao i za kvantifikovanje drugih kritičnih karakteristika ove pojave. Wang et al. (2016) ističu da su poslednjih decenija najpopularniji indeksi sa najširom primenom PDSI i SPI. U Evropi su SPI i SPEI najviše korišćeni indeksi (Spinoni et. al, 2015). Svoboda et al. (2015) između ostalog navode da nisu svi indeksi idealni za sve lokacije i sezone. Iz navedenog razloga pored najpopularnijih i najčešće korišćenih indeksa u ovom radu odabran je i jedan koji je razvijen za region jugoistočne Evrope. Četvrti primjenjeni indeks PaDI je nastao u Mađarskoj kao modifikacija Palfai Aridity Index (PAI) (Pálfa, 1984; Pálfa, 1990; Pálfa, 2002) koji je razvijen za korisnike iz oblasti poljoprivrede i upravljanja vodama (Bezdan, 2014). Autori (Pálfa and Herceg, 2011) zaključuju da se PaDI može primeniti i da daje odgovarajuće rezultate i u regionu Balkana. Pored brojne strane literature, navedeni indeksi mogu se videti i u radovima domaćih autora (e.g. Dodig et al., 2006; Stricevic et al., 2011b; Jaćimović et al., 2013; Stričević and Djurović, 2013; Gocic and Trajkovic, 2013; Bezdan, 2014; Bezdan et al., 2014; Gocic and Trajkovic, 2014b; Marković et al., 2016; Blagojević et al., 2016; Frank et al., 2017 etc.).

Materijal i metod rada

Predmet posmatranja u ovom radu je područje severnog Banata. Analiza je sprovedena na osnovu podataka sa meteorološke stанице Kikinda za period 1956 – 2016. godine, preuzetih iz meteoroloških godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS, 2017). U nastavku je dat prikaz klimatskih elemenata. Na području severnog Banata vlada umereno kontinentalna klima. Odlike ovakve klime su topla leta i hladne zime. Prosečna godišnja temperatura vazduha iznosi $11,19^{\circ}\text{C}$. Najhladniji mesec je januar ($-0,22^{\circ}\text{C}$) a najtoplij je jul ($21,85^{\circ}\text{C}$). Maksimalna temperatura vazduha je zabeležena u julu 2007. godine i iznosila je $40,0^{\circ}\text{C}$. Minimalna temperatura vazduha je zabeležena u januaru 1963. godine i iznosila je $-29,8^{\circ}\text{C}$. Prosečna godišnja suma padavina iznosi 560 mm. Najviše padavina se javlja u junu mesecu, a najmanje u februaru.

U ovom radu korišćena su četiri indeksa suše: SC-PDSI, SPI, SPEI i PaDI. Indeksi su računati na osnovu podataka o srednjim mesečnim temperaturama vazduha i mesečnim sumama padavina za meteorološku stanicu Kikinda u periodu od 1956. do 2016. godine. Proračun indeksa SC-PDSI zahteva poznavanje pristupačne količine vode u zemljištu, odnosno razlike poljskog vodnog kapaciteta i vlažnosti venjenja. Za potrebe ovog rada ona je određena kao ponderisana srednja vrednost pristupačne količine vode, uzimajući u obzir sve poligone digitalne pedološke karte Vojvodine za region Kikinde i iznosi 122 mm (Bezdan, 2014). Indeks SC-PDSI je računat korišćenjem programa preuzetog od Nacionalnog sistema za podršku odlučivanju u poljoprivredi, Univerzitet Nebraska - Linkoln, SAD (<http://hadss.unl.edu>). SPI je računat korišćenjem programa dobijenog od strane Agencije za životnu sredinu Republike Slovenije (<http://www.arso.gov.si>). SPEI je računat korišćenjem programa dobijenog od strane Španskog nacionalnog istraživačkog veća SCIC (<http://www.csic.es>). Indeksi PaDI su računati korišćenjem programa MS Excel.

PDSI je razvijen 1965. godine (Palmer, 1965) za potrebe praćenja promena vodnog bilansa zemljišta. On je jedan od najčešće korišćenih indeksa suše, a još od svog nastanka postao je standard za praćenje i istraživanje pojave meteorološke suše, posebno u SAD (Wells et al., 2004). Autori navode da je u suštini to indeks klimatskog vodnog bilansa, a bazira se na padavinama, evapotranspiraciji i pristupačnoj količini vode u zemljištu. Pozitivne vrednosti označavaju vlažne uslove, a negativne sušu (-0,5 do -1 početak; -1 do -2 blaga; -2 do -3 umerena; -3 do -4 jaka; manje od -4 ekstremna). Da bi se poboljšala prostorna uporedivost indeksa PDSI, Wells et al. (2004) su razvili samo-kalibrišući PDSI (SC-PDSI), gde se umesto fiksnih vrednosti koeficijenata za proračun rashodne stavke vodnog bilansa vrši kalibracija tih koeficijenata prema lokalnim uslovima. Unapređena verzija PDSI je pokazala mnogo bolje performanse u praksi od originalne verzije (Dai, 2011) i zbog toga je ona korišćena i u ovom radu.

SPI su razvili McKee et al. (1993) u cilju boljeg predstavljanja sušnih i vlažnih perioda u odnosu na PDSI. SPI se bazira na verovatnoći pojave padavina zabeleženih tokom određenog vremenskog perioda i kreiran je da bude prostorno nezavisni indikator suše uvažavajući značaj vremenskih intervala u analizama raspoloživosti vode i korišćenja vode (Guttman, 1999). Takođe, Guttman (1999) navodi da se SPI u suštini dobija transformacijom verovatnoće pojave osmotrenih padavina u standardizovanu normalnu raspodelu i da može biti proračunat za ukupne padavine osmotrene za bilo

koji vremenski interval. Navodi se da kraći vremenski intervali mogu biti bitni za poljoprivredu dok duži vremenski intervali mogu biti od važnosti za potrebe vodosnabdevanja. Vrednosti SPI računate za kraće vremenske intervale od jednog do tri meseca često se koriste za ocenu poljoprivredne suše (Szalai et al., 2000; Labedzki, 2007; Bezdan et al., 2011; Bezdan, 2014). Negativne vrednosti označavaju stanje suše (-1 do -1,5 umerena; -1,5 do -2 jaka; manje od -2 ekstremna), a pozitivne vrednosti stanje prekomerne vlažnosti.

SPEI je indeks suše koji se bazira na proračunu klimatskog vodnog bilansa po metodi Thornthwaite korišćenjem podataka o mesečnim sumama padavina i srednjim mesečnim temperaturama vazduha. Vicente-Serrano et al. (2010) ističu da se SPEI može jednostavno proračunati i da se zasniva na originalnoj proceduri proračuna indeksa SPI. SPEI se isto kao i SPI može izračunati za različite vremenske intervale što omogućava uočavanje različitih tipova suše. Kao i kod SPI, negativne vrednosti označavaju stanje suše (ista skala kao kod SPI), a pozitivne vrednosti stanje prekomerne vlažnosti.

PaDI je zasnovan na PAI razvijenom u Mađarskoj, koji je modifikovan u cilju pojednostavljenja proračuna da bi se mogao koristiti i u regionu jugoistočne Evrope. PaDI se proračunava na osnovu podataka o srednjim mesečnim temperaturama vazduha i mesečnim sumama padavina (Pálfi and Herceg, 2011). Ovaj indeks opisuje jačinu suše tokom poljoprivredne godine jednom numeričkom vrednošću, koja korespondira sa lošim stanjem useva (Herceg, 2012). Vrednosti PaDI se kreću u opsegu od 0 do preko 30 (4-6 blaga suša; 6-8 umerena; 8-10 umereno jaka; 10-15 jaka itd.).

Rezultati i diskusija

Problematika aridnosti i pojave suše u severnom Banatu je izučavana u brojnoj literaturi. Jovanović et al. (2013) navode da su prema Rakićević (1988) i Dragićević et al. (2009) izdvojena četiri regiona u Srbiji sa najvećim rizikom od suše, a dva od njih su severoistočna Bačka i severni Banat. Za meteorološku stanicu Kikinda za period od 1949. do 2010. godine Rajić (2014) prikazuje sušne periode u toku vegetacione sezone i zaključuje da su izdvojena 132 sušna perioda, definisana kao beskišni periodi duži od 15 dana. Takođe, u ovom radu se pokazuje da se u drugoj polovini avgusta i u septembru javljaju maksimalni sušni periodi u toku vegetacione sezone. Mezősi et al. (2016) navode da će se u narednim decenijama sa povećanom opasnošću od pojave suše suočiti severoistočni deo Srbije, jugoistočni delovi Mađarske i jugozapadni delovi Rumunije.

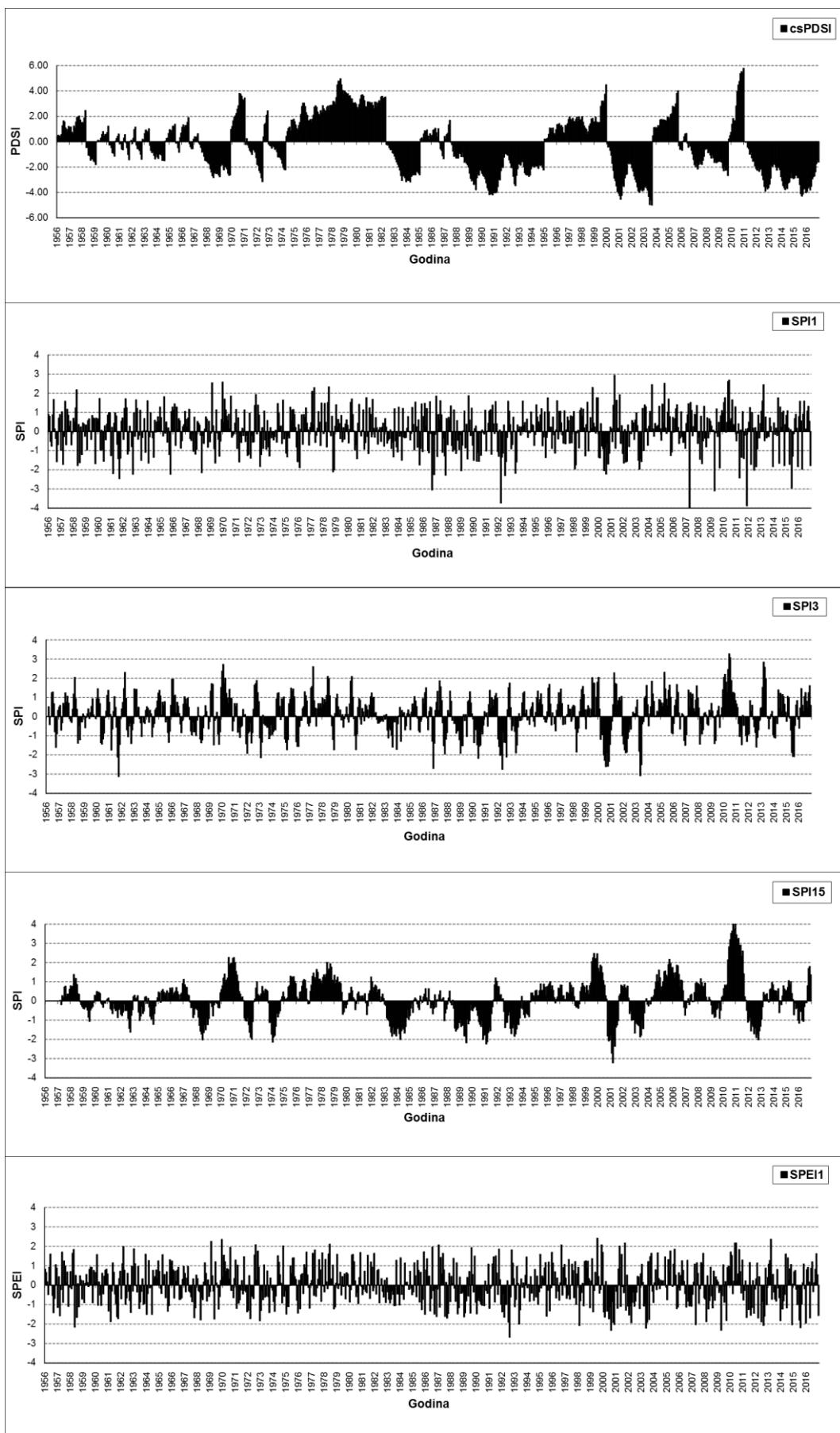
U ovom radu je, kao što je prethodno izneto, karakterizacija suše izvršena pomoću tri indeksa koji su standardi za praćenje i istraživanje suše u svetskim okvirima i jednog koji je lokalno-regionalnog karaktera razvijenog za klimatske uslove Mađarske koji su veoma slični uslovima koji vladaju i na severu Srbije odnosno u Vojvodini. Vrednosti indeksa suše za period od 1956. do 2016. godine za meteorološku stanicu Kikinda su prikazani na dijagramima na Slici 1.

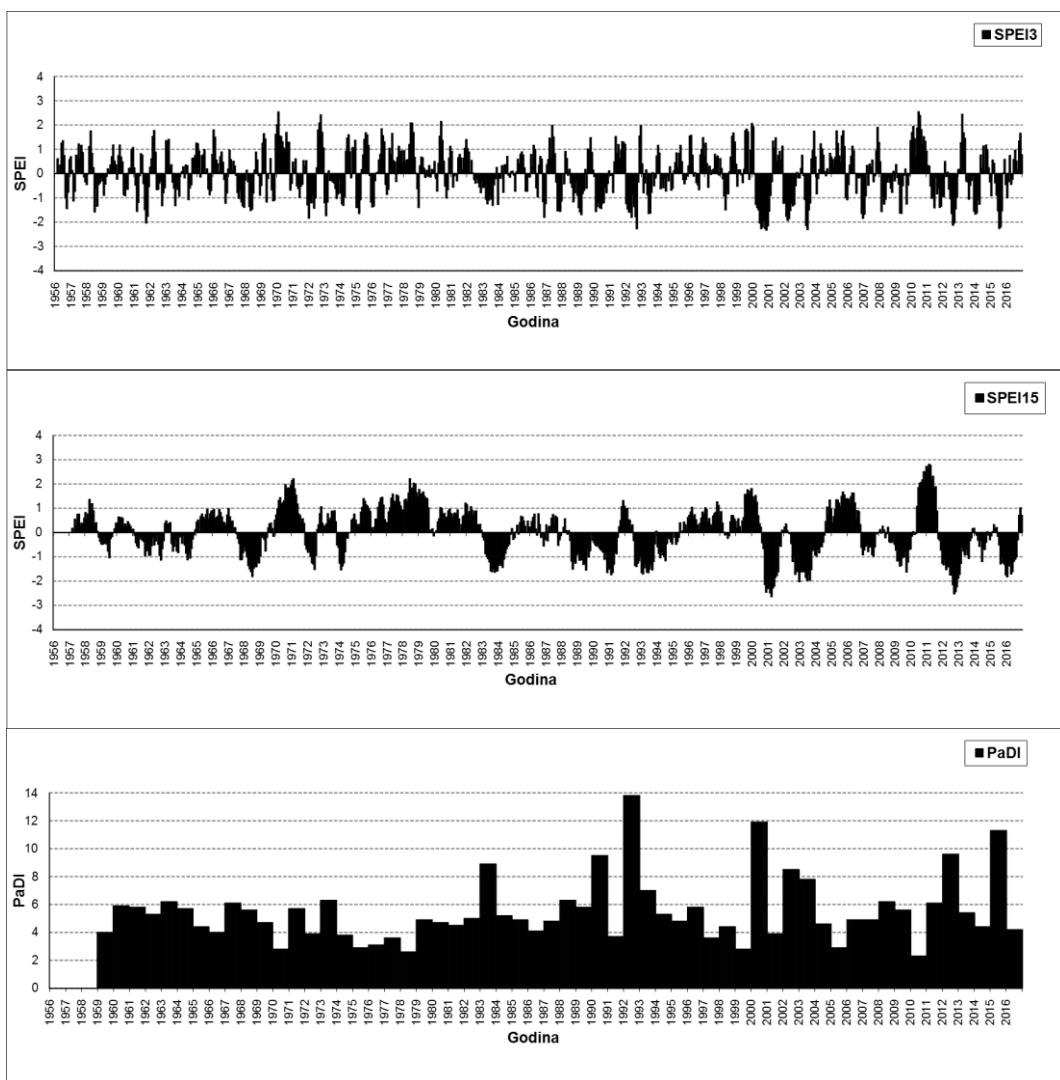
Indeks SC-PDSI se računa za fiksni vremenski interval, obično ne manje od 12 meseci, za razliku od indeksa SPI i SPEI koji se mogu računati za različite vremenske intervale. Indeks SC-PDSI je registrovao duže pojave suše različitog intenziteta u periodima: 1968 - 1969, 1983 - 1984, 1988 - 1994, 2000 – 2003 i 2012 - 2016. godine. Detaljniji prikaz može se videti na dijagramima (Slika 1.).

Indeksi SPI i SPEI su takođe registrovali pojave suše u periodima koje je pokazao indeks SC-PDSI, sa tim da se oni mogu izračunati i za kraće vremenske intervale što im je omogućilo da registruju sušne periode kraćeg trajanja. To se u ovom radu odnosi na indeks SPI1, SPI3, SPEI1 i SPEI3. Indeksi SPI15 i SPEI15, koji su računati za vremenski interval od 15 meseci, su prikazani iz razloga što se za područje meteorološke stанице Kikinda, za posmatrani period analize, najbolje slažu sa indeksom SC-PDSI. Vrednost koeficijenta korelacije između SPEI15 i SC-PDSI iznosi 0,77. To je nešto duži interval vremena u odnosu na rezultate autora Szalai et al. (2000) koji je utvrdio da je na teritoriji Mađarske najveći stepen korelacije postignut sa indeksima SPI6-12, i u odnosu na autore Vicente-Serrano et al. (2010) koji su utvrdili da je na Tampi (Florida, SAD) najveći stepen korelacije postignut sa indeksima SPI7-10. Indeksi SPI1-3 i SPEI1-3 su registrovali najintenzivnije suše trajanja duže od jednog meseca (vrednosti indeksa < -2) u periodima septembar – oktobar 1961, jun – novembar 2000, maj – jun 2003, avgust – septembar 2012 i jun – avgust 2015. godine.

PaDI opisuje jačinu suše tokom poljoprivredne godine jednom numeričkom vrednošću, a vrednost koeficijenta korelacije sa SC-PDSI iznosi 0,7. Najveće vrednosti indeksa PaDI (>8), u analiziranom periodu, zabeležene su: 1983, 1990, 1992, 2000, 2002, 2012 i 2015. godine što je u skladu sa rezultatima koji su pokazali prethodni indeksi.

Rezultati proračuna sva četiri korišćena indeksa pokazuju da se na području severnog Banata poslednjih 20 – 30 godina suše češće javljaju i sa većim intenzitetom nego ranijih godina posmatranog perioda analize.





Slika 1. Vremenske serije indeksa SC-PDSI, SPI1, SPI3, SPI15, SPEI1, SPEI3, SPEI15, PaDI za meteorološku stanicu Kikinda (1956 - 2016)

Figure 1. Time series of drought indices SC-PDSI, SPI1, SPI3, SPI15, SPEI1, SPEI3, SPEI15, PaDI for the meteorological station Kikinda (1956 - 2016)

Zaključci

Pojava suše na području severnog Banata analizirana je u periodu od 61 godine (1956 - 2016) korišćenjem indeksa SC-PDSI, SPI, SPEI, PaDI i na osnovu dobijenih rezultata mogu se izneti sledeći zaključci.

Periodi u kojima su se javile dugotrajne suše različitog intenziteta su: 1968 - 1969, 1983 - 1984, 1988 - 1994, 2000 - 2003 i 2012 – 2016. godine. Indeksi SC-PDSI i PaDI su registrovali manji broj dužih perioda suše, dok su indeksi SPI1-3 i SPEI1-3 registrovali veći broj kraćih sušnih perioda, što je razumljivo jer su računati za osmotrene padavine, odnosno vodni bilans u kraćim vremenskim intervalima od jednog i tri meseca. Rezultati su takođe pokazali da se na posmatranom području poslednjih decenija povećala učestalost pojave suša većih intenziteta što u kontekstu trendova klimatskih promena može dovesti do pojave problema pre svega u poljoprivrednoj proizvodnji.

Sistemi monitoringa i rane najave suše bazirani na ova četiri indeksa mogli bi biti od značaja u ublažavanju i prevenciji posledica od suše kako na području severnog Banata, tako i na celoj teritoriji Vojvodine.

Zahvalnica

Rad predstavlja rezultat istraživanja na projektu Interreg-IPA CBC Hungary-Serbia (HUSRB/1602/11/0057): WATERatRISK - Improvement of drought and excess water monitoring for supporting water management and mitigation of risks related to extreme weather conditions, kofinansiran od strane Evropske unije.

Literatura

- Armenski, T., Stankov, U., Dolinaj, D., Mesaroš, M., Jovanović, M., Pantelić, M., Pavić, D., Popov, S., Popović, L., Frank, A., Čosić, Đ. 2014. Social and economic impact of drought on stakeholders in agriculture. *Geographica Pannonica*. 18(2): 34-42.
- Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Smith, K.H., Wall, N., Fuchs, B., Crossman, N.D. 2016. Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. *WIREs Water*. 3(4): 516-536.
- Bezdan, A. 2014. Procena rizika od suficita i deficita vode na melioracionom području. (Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad).
- Bezdan, A., Benka, P., Grabić J., Gregorić, G., Salvai, A. 2011. Characterization of Droughts in Serbia Using Standardized Precipitation Index and Markov Chains. *Contemporary Agriculture*. 60 (3-4): 333-341.
- Bezdan, A., Dragincic, J., Blagojevic, B., Vranesevic, M., Benka, P. 2014. Assessment of vulnerability to inland excess water in Vojvodina region. *Contemporary agriculture*. 63(3): 269-275.
- Blagojevic, B., Srdjević, Z., Bezdan, A., Srdjević, B. 2016. Group decision-making in land evaluation for irrigation: a case study from Serbia. *J Hydroinform*. 18(3): 579-598.
- Bošnjak, Đ. 2001. Problemi suše u Vojvodini i mere borbe protiv nje. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrтарstvo*. (35): 391-401.
- Cai, W., Zhang, Y., Yao, Y., Chen, Q. 2015. Probabilistic Analysis of Drought Spatiotemporal Characteristics in the Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Area in China. *Atmosphere*. 6(4): 431-450.
- Dai, A., 2011. Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index during 1900–2008. *J Geophys Res: Atmospheres*. 116(D 12115).
- Dodig, D., Spasov, P., Miletić, R. 2006. The occurrence of drought and its effects on plant production in Eastern Serbia. *Acta Agriculturae Serbica*. 11(21): 45-51.
- Dragičević, S., Filipović, D., Kostadinov, S., Nikolić, J., Stojanović, B., Novković, I. 2009. Protection from natural disasters and technological accidents. Analytical bases of Strategy for Spatial Development of Serbia. Faculty of Geography. Funded by Ministry of Environment and spatial planning. Belgrade, pp 1-55. (in Serbian)
- Dragović, S. 2012. Effect of irrigation on field crops yield under the variable agro-climatic conditions of Serbia. *Agriculture & Forestry*. 54(08): 1-4.
- Fabian, J., Zelenhasic, E. 2016. Modelling of Meteo-Droughts. *Water Resour Manag*. 30(9):3229-46.
- Fan, L., Wang, H., Wang, C., Lai, W., Zhao, Y. 2017. Exploration of Use of Copulas in Analysing the Relationship between Precipitation and Meteorological Drought in Beijing, China. *Adv meteorol*. 2017.
- Frank, A., Armenski, T., Gocic, M., Popov, S., Popovic, L., Trajkovic, S. 2017. Influence of mathematical and physical background of drought indices on their complementarity and drought recognition ability. *Atmos Res*. 194: 268-280.
- Gocic, M., Trajkovic, S. 2013. Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. *J Hydrol*. 494: 32-42.
- Gocic, M., Trajkovic, S. 2014a. Spatiotemporal characteristics of drought in Serbia. *J Hydrol*. 510: 110-123.
- Gocic, M., Trajkovic, S. 2014b. Drought characterisation based on water surplus variability index. *Water Resour Manag*. 28(10): 3179-3191.
- Guttman, N. B. 1999. Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. *J Am Water Resour As*. 35(2): 311-322.
- Halwatura, D., Lechner, A. M., Arnold, S. 2015. Drought severity–duration–frequency curves: a foundation for risk assessment and planning tool for ecosystem establishment in post-mining landscapes. *Hydrol Earth Syst Sci* 19(2): 1069-1091.
- Hao, Z., Singh, V.P. 2015. Drought characterization from a multivariate perspective: A review. *J Hydrol*. 527: 668-678.
- Heim, R. R. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *B Am Meteorol Soc*. 83 (8): 1149–1165.
- Herceg, A. 2012. The Palfai Drought Index. In: Gregorić, G. (Ed): Drought Management Centre for South-East Europe (DMCSEE) - Summary of the result of the project. Slovenian Environmental Agency, pp. 17-22.
<http://nadss.uni.edu>
<http://www.arso.gov.si>
<http://www.csic.es>
- Jaćimović, G., Malešević, M., Aćin, V., Marinković, B., Crnobaranac, J., Latković, D., Lalić, B., Pejić, B. 2013. Effects of drought on yield of winter wheat in long-term field trial and Vojvodina province. *Research Journal of Agricultural Science*. 45(3): 98-107.
- Jovanović, M., Pavić, D., Mesaroš, M., Stankov, U., Pantelić, M., Armenski, T., Dolinaj, D., Popov, S., Čosić, Đ., Popović, L., Frank, A. 2013. Water shortage and drought monitoring in Bačka region (Vojvodina, North Serbia): Setting-up measurement stations network. *Geographica Pannonica*. 17(4): 114-124.

- Łabędzki, L. 2007. Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI. *Irrig Drain.* 56(1): 67-77.
- Lloyd-Hughes, B. 2014. The impracticality of a universal drought definition. *Theor Appl Climatol.* 117(3-4): 607-611.
- Ma, M., Ren, L., Yuan, F., Jiang, S., Liu, Y., Kong, H., Gong, L. 2014. A new standardized Palmer drought index for hydro-meteorological use. *Hydrol Process.* 28(23): 5645-5661.
- Maksimović, L., Pejić, B., Milić, S., Radojević, V., 2005. Efekat navodnjavanja na evapotranspiraciju i prinos soje. *Vodoprivreda.* 37: 239-244.
- Marković, V., Nagy, I., Sik, A., Perge, K., Laszlo, P., Papathoma-Köhle, M., Promper, C., Glade, T. 2016. Assessing drought and drought-related wildfire risk in Kanjiza, Serbia: the SEERISK methodology. *Nat Hazards.* 80(2):709-726.
- Masud, M.B., Khaliq, M.N., Wheater, H.S. 2015. Analysis of meteorological droughts for the Saskatchewan River Basin using univariate and bivariate approaches. *J Hydrol.* 522: 452-466.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Am. Met. Soc., 17 January, Boston, 179–184.
- Mezősi, G., Blanka, V., Ladányi, Z., Bata, T., Urdea, P., Frank, A., Meyer, B.C. 2016. Expected mid-and long-term changes in drought hazard for the south-eastern Carpathian Basin. *Carpathian J. Earth Environ. Sci.* 11(2): 355-366
- Mishra, A.K., Desai, V.R. 2005. Spatial and temporal drought analysis in the Kansabati river basin, India. *Int J River Basin Manag.* 3(1): 31-41.
- Mishra, A.K., Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. *J Hydrol.* 391(1): 202–216.
- Niemeyer, S. 2008. New drought indices. In : López-Francos A. (Ed.): Drought management: scientific and technological innovations. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, pp. 267-274
- Pálfai, I. 1984. Az aszályossági index. Magyar Hidrológiai Társaság V. Országos Vándorgyűlés III. kötet, 04-06 July, Szarvas 19–24. (In Hungarian)
- Pálfai, I. 1990. Description and forecasting of droughts in Hungary. In proceedings of 14th International Congress on Irrigation and Drainage, 30 April – 04 May, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 151–158.
- Pálfai, I. 2002: Magyarország aszályossági zónái. *Vízügyi Közl.* 84(3): 323-357.
- Pálfai, I., Herceg, Á. 2011. Droughtness of Hungary and Balkan peninsula. *Riscuri si Catastrofe.* 9:145-154.
- Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. US Department of Commerce. Weather Bureau, Washington, DC.
- Pejić, B., Jaćimović, G., Latković, D., Bošnjak, Đ., Marinković, B., Mačkić, K. 2011. Indeks aridnosti kao osnova analize uticaja režima padavina i temperature vazduha na prinos kukuruza u Vojvodini. *Ratar. Povrt.* 48(1): 195-202.
- Quiring, S.M. 2009. Monitoring drought: an evaluation of meteorological drought indices. *Geography Compass.* 3(1): 64-88.
- Rajić, M. 2014. Analysis of drought periods duration in north Banat area. *Ann. Agron.* 38(1):117-124.
- Rakićević, T. L. 1988. Regional distribution of drought in SR Serbia. *Bulletin of Serbian Geographical Society* 68(1): 13-22 (in Serbian).
- Republički hidrometeorološki zavod Srbije-RHMZS <http://www.hidmet.gov.rs/> (Pristupljeno oktobar 2017.)
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J.V., Barbosa, P. 2015. The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology: Regional Studies.* 3: 509-524.
- Stričević, R., Djurović, N. 2013. Determination of spatiotemporal distribution of Agricultural drought in Central Serbia (Sumadija). *Sci Res Essays.* 8(11): 445-453.
- Stricevic, R., Cosic, M., Djurovic, N., Pejic, B., Maksimovic, L. 2011a. Assessment of the FAO AquaCrop model in the simulation of rainfed and supplementally irrigated maize, sugar beet and sunflower. *Agr Water Manage.* 98(10): 1615-1621.
- Stricevic, R., Djurovic, N., Djurovic, Z. 2011b. Drought classification in Northern Serbia based on SPI and statistical pattern recognition. *Meteorol Appl.* 18(1): 60-69.
- Svoboda, M.D., Fuchs, B.A., Poulsen, C.C., Nothwehr, J.R. 2015. The drought risk atlas: enhancing decision support for drought risk management in the United States. *J Hydrol.* 526: 274-286.
- Szalai, S., Szinell, C. S., Zoboki, J. 2000. Drought monitoring in Hungary. In: Wilhite, D.A., Sivakumar, M.V.K., Wood, D.A., (Eds.): Early warning systems for drought preparedness and drought management. World Meteorological Organization, Lisboa, pp. 182-199.
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *J Climate.* 23(7):1696-1718.
- Wang, L., Chen, W., Zhou, W., Huang, G. 2016. Understanding and detecting super-extreme droughts in Southwest China through an integrated approach and index. *Q J Roy Meteor Soc.* 142(694): 529-535.
- Wells, N., Goddard, S., Hayes, M.J. 2004. A self-calibrating Palmer drought severity index. *J Climate.* 17(12): 2335-2351.
- Wilhite, D.A., Svoboda, M.D. 2000. Drought early warning systems in the context of drought preparedness and mitigation. In: Wilhite, D.A., Sivakumar, M.V.K., Wood, D.A., (Eds.): Early warning systems for drought preparedness and drought management. World Meteorological Organization, Lisboa, pp.1-16.
- Wilhite, D.A., Svoboda, M.D., Hayes, M.J. 2007. Understanding the complex impacts of drought: a key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resour Manag.* 21(5): 763-774.
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., Khan, F. I. 2011. A review of drought indices. *Environ. Rev.* 19(NA): 333-349.

Analysis of drought occurrence in North Banat

Jovana Draginčić^a, Atila Bezdan^{b*}, Borivoj Pejić^c, Minučer Mesaroš^d, Boško Blagojević^b

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, PhD student, Novi Sad, Serbia

^bUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Water Management, Novi Sad, Serbia

^cUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable crops, Novi Sad, Serbia

^dUniversity of Novi Sad, Faculty of sciences, Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: bezdan@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

Drought is a natural disaster that causes significant damage worldwide and occurs frequently in Vojvodina region. The occurrence of drought in the Northern Banat area was analyzed for the period from 1956 to 2016 based on data from the Kikinda meteorological station. Four drought indices were used: Self-calibrating Palmer Drought Severity Index (SC-PDSI), Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and Palfai Drought Index (PaDI). The results showed that long-lasting droughts of various intensity occurred in following periods: 1968 -1969, 1983 - 1984, 1988 - 1994, 2000 - 2003 and 2012 - 2016. Also, it has been concluded that in the observed area the frequency of droughts of higher intensities has increased over recent decades, which in the context of climate change trends can lead to the occurrence of problems primarily in agricultural production.

KEY WORDS

Drought index, North Banat, SPI, SPEI, PDSI, PaDI

Primljen: 20.11.2017.

Prihvaćen: 08.12.2017.