

## PRILOG RAZMATRANJU PROMENA KLIMATOLOŠKIH ELEMENATA NA PODRUČJU NOVOG SADA

Milica RAJIĆ, Emilija NIKOLIĆ ĐORIĆ  
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad

### REZIME

U radu je izvršena analiza osnovnih klimatskih elemenata, padavina, temperature vazduha, relativne vlažnosti vazduha, osunčavanja, brzine vetra i evapotranspiracije. Referentna evapotranspiracija je određena Penman-Monteith-FAO metodom. Analiza je bazirana na podacima dobijenim za meteorološku stanicu Rimski Šančeviu periodu 1960-2012 godina. Podaci su posebno analizirani za dva perioda, 1960–1985 i 1986–2012 godina. Izračunata je funkcija linearnog trenda za sve klimatske elemente za oba analizirana perioda. U ispitivanju trenda posmatranih klimatskih elemenata u radu su primenjeni parametarski i neparametarski pristup. Na osnovu ove analize data je procena klimatskih promena na području Novog Sada. Sprovedena analiza ukazuje da se promene klimatskih elemenata dešavaju na analiziranom području. U periodu 1986-2012 uočena su učestalija smenjivanja sušnih i vlažnih godina, a evidentnija je i veća varijabilnost klimatskih elemenata u odnosu na višegodišnji proseak.

**Ključne reči:** klime, padavine, temperatura vazduha, referentna evapotranspiracija, trend

### UVOD

Jedan od osnovnih prirodnih resursa koji određuje ukupan razvoj privrede i društva na nekom području je klima. U poslednjim decenijama dvadesetog veka dolazi do globalnih klimatskih promena znatno brže nego ranije u prošlosti (United Nations, 1992). Uzrok ovih promena je sve brži tehnološki razvoj i urbanizacija, koji doprinose rastu koncentracije gasova u atmosferi i stvaranju efekta staklene bašte. Efekti promene klime odražavaju se na vodne resurse, zemljište, prirodne ekosisteme, a samim tim i na poljoprivrednu proizvodnju. Globalnim zagrevanjem

dolazi do povećanja temperature vazduha, sve neravnomernijeg rasporeda padavina, produženja vegetacionog perioda, a time i porasta potreba biljaka za vodom. Od kraja prošlog veka i na području Vojvodine sve su učestalija smenjivanja sušnih i vlažnih godina, a evidentnije su i unutar godišnje varijabilnosti klimatskih elemenata (Rajić, 2004; Rajić et al 2006; Rajić i Štula, 2007). U toku vegetacione sezone na ovom području javljaju se kraći ili duži sušni periodi (Berić i sar., 1990; Rajić i Rajić, 2005; Rajić i Bezdán, 2012), a u vanvegetacionoj sezoni često se javljaju viškovi vode. Lalić i sar. (2011) konstatuju da se do 2040. godine na području Vojvodine može očekivati porast srednje godišnje temperature vazduha od 1,1 – 1,5°C, dok se do 2080 godine može očekivati porast od 2,3 – 2,6 °C. Takođe se očekuje smanjenje broja mraznih dana, a povećanje broja letnjih i tropskih dana. Kada je u pitanju padavinski režim, negativan trend bi trebalo da se zadrži i u narednim decenijama, ali ovo smanjenje količine padavina neće biti ravnomerno već se očekuje porast broja sušnih dana tokom leta i jeseni, a smanjenje tokom proleća (Lalić i sar., 2011). Prema geografskom položaju, Vojvodina leži u oblasti umereno-kontinentalne klime. Po Kopenovoj klasifikaciji klime formula za područje Vojvodine ima oblik Cfbwx” (Mihailović, 1988). Opisana formula odgovara: Umereno –toplom kišnom tipu, sa toplim letima, maksimumom padavina u leto, sekundarnim maksimumom padavina u poznu jesen i minimum padavina u zimu. Zastupljena umereno-kontinentalna klima ima izvesne specifičnosti u pojedinim rejonima Vojvodine (Rajić, 2000), koje se manifestuju kao elementi subhumidne i mikrotermalne, odnosno termalne klime (Katić i sar., 1979). S obzirom da povoljni prirodni uslovi omogućuju da poljoprivredna proizvodnja bude glavna grana privrede na području Vojvodine, od izuzetnog je značaja uticaj klime na ovom području. U ovom radu su analizirani osnovni klimatski elementi, padavine,

temperatura vazduha, relativna vlažnost vazduha, osunčavanje, brzina vetra i evapotranspiracija za godinu, vanvegetacioni i vegetacioni period. Analiza je sprovedena za područje Novog Sada i bazirana je na meteorološkim podacima dobijenim sa MS Rimski Šančevi u periodu 1960-2012. godina. Podaci su posebno analizirani za dva perioda i to: 1960-1985 i 1986-2012. Periodi su odabrani na osnovu subjektivne procene imajući u vidu neke ranije analize (Dragota, C-S. i Kucsicsa, G., 2011; Palfai i Darnai, 1990; Rajić, 2004; Rajić et al 2006; Rajić i Štula, 2007; Rajić i Bezdan, 2012), kao i analizu klimatskih činioca izvršenu u ovom radu za ceo analizirani period. Referentna evapotranspiracija je određena Penman-Monteith-FAO metodom (Allen et.al., 1988). Podaci su obrađeni primenom matematičko –statističke analize. Izračunata je funkcija linearnog trenda za sve klimatske elemente u periodu 1960–1985 i 1986–2012.U

ispitivanju trenda posmatranih klimatskih elemenata u radu suprimljeni parametarski i neparametarski pristup.

#### ANALIZA KLIMATSKIH ELEMENATA

U cilju uočavanja promene klime, analiza osnovnih klimatskih elemenata, u ovom radu, izvršena je za temperaturu vazduha, padavine, osunčavanje, relativnu vlažnost vazduha, brzinu vetra i evapotranspiraciju. Podaci su obrađeni za MS Rimski Šančevi, za period 1960–1985 i 1986–2012 godina. Srednje mesečne vrednosti klimatskih elemenata za MS Rimski Šančevi za analizirane periode prikazani su u tabelama 1 i 2.

**Temperatura vazduha:** Analizom srednjih mesečnih temperatura vazduha potvrđena je ranija konstatacija (Katić i sar., 1979), da je prosečno najhladniji mesec na

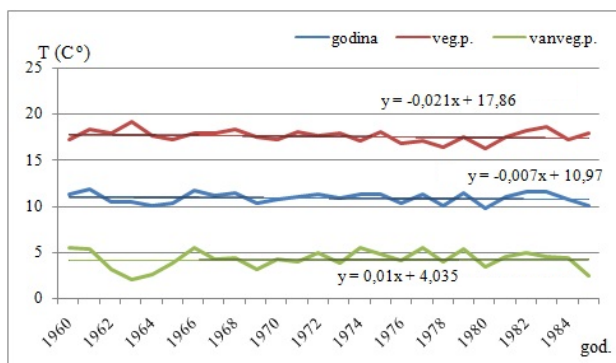
Tabela 1. Srednje mesečne vrednosti klimatskih elemenata za MS Rimski Šančevi (1960 – 1985)

Mesec Klim.elem.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.	Veg. per.	Vanv. per.
T <sub>sr</sub> (°C)	-1,3	1,3	6,1	11,2	16,5	19,6	20,9	20,5	16,8	11,6	6,1	1,3	10,9	17,6	4,2
P (mm)	37,6	37,1	36,4	46,5	56,1	83,3	66,3	57,4	37,1	45,4	47,8	50,6	601,6	346,7	254,9
ET <sub>O</sub> (mm)	15,0	22,5	50,7	76,5	110,6	124,9	139,1	123,7	82,6	52,7	26,1	15,5	840,0	657,4	182,6
n (čas)	68,9	89,9	145,6	174,1	227,5	252,9	285,9	270,6	206,8	167,2	83,0	54,8	2027	1418	609
RH (%)	86	82	73	69	69	70	68	70	73	76	83	87	76	70	81
u (m/s)	3,4	3,7	3,8	3,5	2,8	2,4	2,2	2,3	2,3	2,7	3,2	3,2	3,0	2,6	3,3

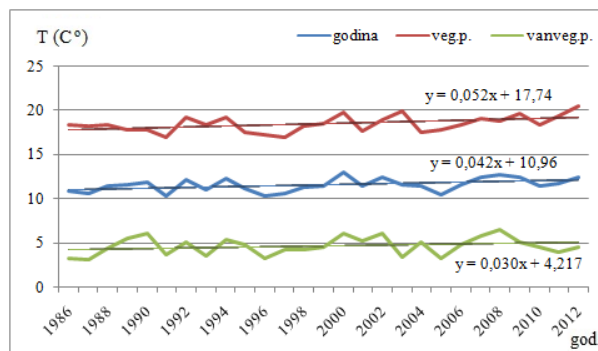
Tabela 2. Srednje mesečne vrednosti klimatskih elemenata za MS Rimski Šančevi (1986 – 2012)

Mesec Klim.elem.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.	Veg. per.	Vanv. per.
T <sub>sr</sub> (°C)	0,4	1,7	6,5	12,1	17,2	20,4	22,2	21,9	17,0	11,7	6,1	1,4	11,6	18,5	4,6
P (mm)	38,3	33,0	37,7	50,4	64,5	86,9	67,0	54,4	53,3	54,1	53,4	50,0	643,0	376,5	266,5
ET <sub>O</sub> (mm)	15,1	24,8	52,7	83,8	118,9	133,4	149,9	135,5	87,6	55,3	26,9	15,9	899,8	709,1	190,7
n (čas)	67,3	99,9	161,0	194,2	254,5	278,6	309,0	294,1	207,5	164,2	92,2	58,0	2181	1538	643
RH (%)	85	79	71	67	67	69	67	67	72	76	82	86	74	68	80
u (m/s)	2,7	3,0	3,2	3,1	2,5	2,2	2,1	2,0	2,2	2,7	2,9	2,8	2,6	2,4	2,9

ovom području januar, a najtopliji jul. Srednje godišnje temperature vazduha u periodu 1960–1985, kreću se od 9,8°C (1980) do 11,8°C (1961), sa prosečnom višegodišnjom vrednošću od 10,9°C. Godine sa temperaturom manjom ili većom od prosečne godišnje vrednosti u tom periodu, su se smenjivale bez izrazite zakonitosti i velikih odstupanja od proseka. U periodu 1986–2012, srednje godišnje temperature vazduha se kreću od 10,3°C (1991, 1996) do 13,0°C (2000), sa prosečnom višegodišnjom vrednošću od 11,6°C. Srednje vrednosti temperatura vazduha vegetacionog perioda, za period 1960–1985, kreću se od 16,2°C (1980) do 19,1°C (1963), sa prosečnom višegodišnjom vrednošću od 17,6°C. U periodu 1986–2012, srednje vrednosti temperature vazduha vegetacionog perioda, kreću se od 17,0°C (1991, 1997) do 20,5°C (2012), sa prosečnom višegodišnjom vrednošću 18,5°C. Evidentno je, da je drugi period (1986–2012) topliji u odnosu na prvi (1960–1985) i na godišnjem i na vegetacionom nivou. Kretanje srednjih vrednosti temperatura vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period prikazano je na slikama 1 i 2. U periodu 1960–1985, trend linija pokazuje relativno mala odstupanja temperature od prosečne vrednosti za godišnji i vegetacioni period, a nešto veća odstupanja za vanvegetacioni period. Tendencija blagog opadanja temperature vazduha uočava se u godišnjem i vegetacionom period, a blagog porasta u vanvegetacionom periodu. U periodu 1986–2012, znatno su veće oscilacije temperature vazduha u godišnjem, vegetacionom i vanvegetacionom periodu, a uočava se i tendencija porasta temperature u sva tri perioda.

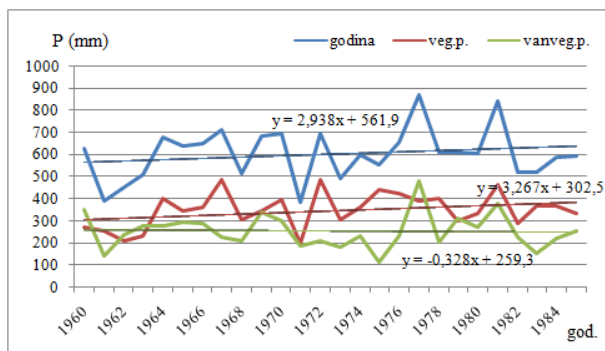


Slika 1. Srednje vrednosti temperature vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)

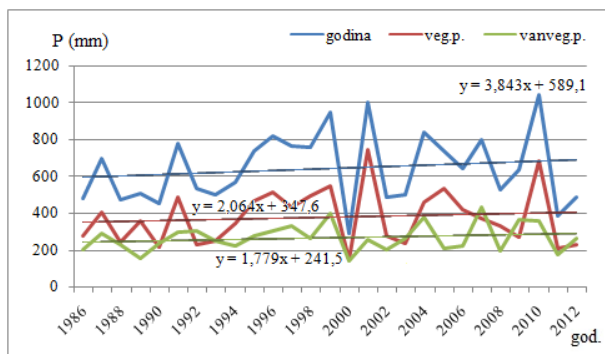


Slika 2. Srednje vrednosti temperature vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

**Padavine:** Analizom mesečnih suma padavina potvrđeno je da se maksimum padavina na ovom području javlja u junu, a minimum u februaru (1986–2012), odnosno martu (1960–1985). U periodu 1960–1985, 14 godina je imalo godišnju sumu padavina veću od višegodišnjeg proseka (601,6 mm), a vrednosti su se kretale od 383,6 mm (1971) do 868,1 mm (1977). U periodu 1986–2012, godišnje sume padavina se kreću od 287,8 mm (2000) do 1041,9 mm (2010), sa višegodišnjim prosekom od 643,0 mm. U tom periodu, 14 godina je imalo godišnju sumu padavina manju od višegodišnjeg proseka. Sume padavina u vegetacionom periodu 1960–1985, kreću se od 195,9 mm (1971) do 484,0 mm (1972), sa višegodišnjim prosekom od 346,7 mm. Ovde se uočava da je izjednačen broj godina sa sumom padavina većom odnosno manjom od proseka. Tokom vegetacionog perioda 1986–2012, 15 godina je imalo sumu padavina manju od višegodišnjeg proseka (376,5 mm), a vrednosti su se kretale od 148,1 mm (2000) do 742,0 mm (2001). Kretanje padavina u vegetacionom periodu prati njihov godišnji tok, osim što je maksimum 2001, a ne 2010 godine i više je godina sa sumom padavina manjom od proseka posle 2006 godine u poređenju sa istim periodom na godišnjem nivou. Kretanje sume padavina za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period prikazano je na slikama 3 i 4. U periodu 1960–1985 trend linija godišnjeg i vegetacionog perioda pokazuje porast, a vanvegetacionog blago opadanje. U periodu 1986–2012, znatno je veća neravnomernost padavina, više je ekstremnih godina, a funkcija sva tri trenda je u porastu.



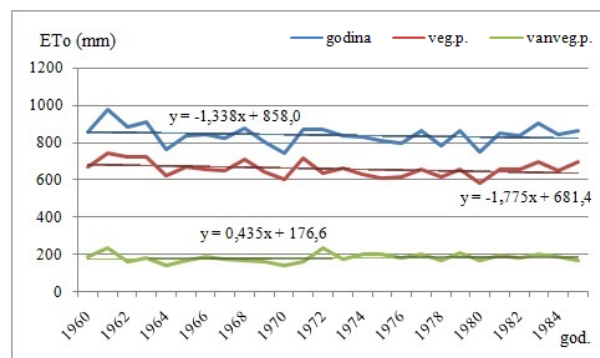
Slika 3. Sume padavina za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)



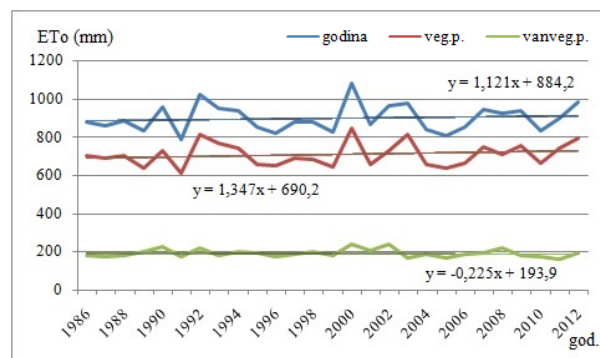
Slika 4. Sume padavina za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

**Evapotranspiracija:** Srednje mesečne vrednosti evapotranspiracije su najmanje u zimskom periodu godine, a najveće u letnjem. Uočava se da drugi analizirani period (1986-2012) ima veću vrednost evapotranspiracije u svim mesecima. Vrednosti evapotranspiracije su u oba perioda veće od padavina u vegetacionom, a manje u vanvegetacionom periodu. U periodu 1960–1985, jedna godina je imala veću visinu padavina od evapotranspiracije (1977), dok su u periodu 1986–2012, tri godine imale veću visinu padavina od evapotranspiracije (1999, 2001, 2010). U periodu 1960–1985, sume evapotranspiracije se kreću od 741 mm (1970) do 975,2 mm (1961), sa višegodišnjim prosekom od 840 mm. U ovom periodu uočen je izjednačen broj godina sa sumom evapotranspiracije većom odnosno manjom od proseka. U periodu 1986–2012, sume evapotranspiracije se kreću od 786,2 mm (1991) do 1084,0 mm (2000), sa višegodišnjim prosekom od 899,9 mm. Za 15 godina ovog perioda zabeležena je evapotranspiracija manja od višegodišnjeg proseka. Prosečna vrednost vegetacionog perioda, za period

1960–1985, iznosi 657,4 mm, najmanja 579,3 mm (1980), a najveća 741,8 mm (1961). Zabeleženo je ukupno 16 godina sa evapotranspiracijom manjom od višegodišnjeg proseka. U periodu 1986–2012, prosečna vrednost evapotranspiracije u vegetacionom periodu je 709,1 mm, najmanja vrednost je 611,7 mm (1991), a najveća 845,9 mm (2000). Kretanje evapotranspiracije u vegetacionom periodu prati njen godišnji tok, pa je takođe 15 godina imalo manje vrednosti od višegodišnjeg proseka. U periodu 1960–1985, trend linija godišnjeg i vegetacionog perioda pokazuje opadanje, a vanvegetacionog blagi porast (slika 5). U periodu 1986–2012, nešto su veće oscilacije evapotranspiracije u godišnjem i vegetacionom periodu i njihova funkcija linarnog trenda raste, dok u vanvegetacionom blago opada (slika 6).



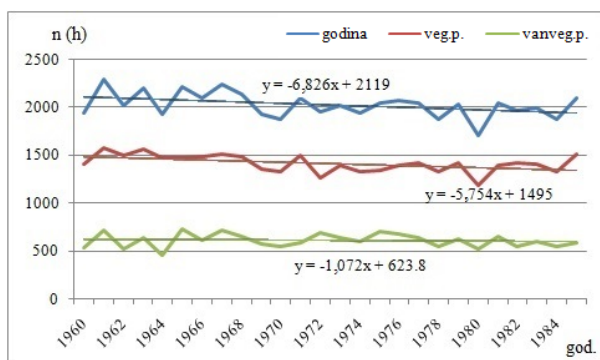
Slika 5. Sume evapotranspiracije za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)



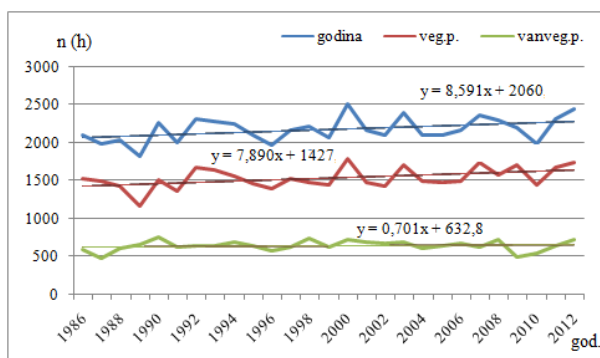
Slika 6. Sume evapotranspiracije za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

**Osunčavanje:** Najsunčaniji mesec je jul, a najkraće prosečno osunčavanje ima mesec decembar, u oba perioda. Godišnje sume osunčavanja za period 1960–

1985, imale su veću vrednost od proseka za 14 godina, dok je u vegetacionom periodu izjednačen broj godinasa vrednostima većim i manjim od proseka. U periodu 1986–2012 zabeležena je manja vrednost godišnje sume osunčavanja od proseka kod 15 godina, dok je u vegetacionom periodu bilo 17 godina sa sumom osunčavanja manjom od proseka. Kretanje sume osunčavanja za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period prikazano je na slikama 7 i 8. Uočena je tendencija pada sume osunčavanja u godišnjem, vegetacionom i vanvegetacionom periodu za 1960–1985, a tendencija rasta u svim periodima za vremenski niz 1986–2012. Oscilacije su nešto veće u drugom periodu, 1986–2012, a i vrednosti osunčavanja su veće u ovom periodu, u višegodišnjem proseku za 154 časa.



Slika 7. Sume osunčavanja za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)

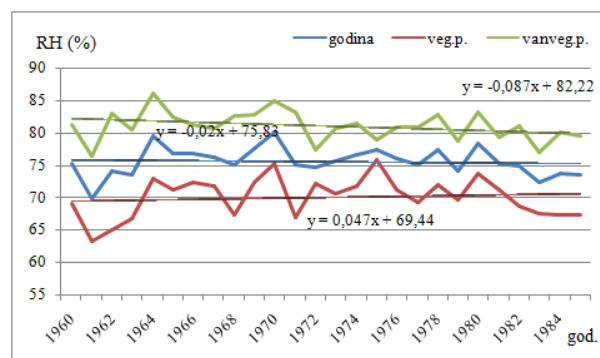


Slika 8. Sume osunčavanja za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

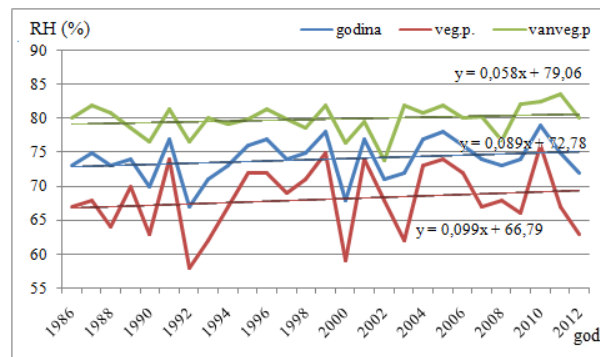
**Relativna vlažnost vazduha:** Kretanje srednjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period prikazano je na slikama 9 i 10. U periodu 1960–1985, relativna vlažnost

vazduha ima trend porasta u vegetacionom, a pada u vanvegetacionom i godišnjem periodu.

U periodu 1986–2012, dolazi do izraženijeg variranja relativne vlažnosti vazduha naročito u vegetacionom periodu. Smenjuju se godine sa niskom i visokom relativnom vlažnosti, sa tendencijom povećanja u sva tri perioda. Uočava se da prvi period analize, 1960–1985, ima veće vrednosti relativne vlažnosti vazduha, u odnosu na drugi, 1986–2012, u višegodišnjem proseku do 2 %.



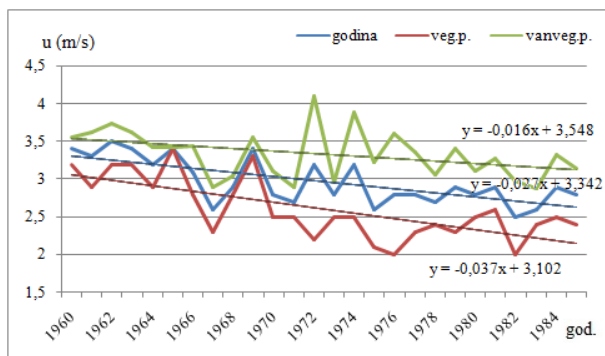
Slika 9. Srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)



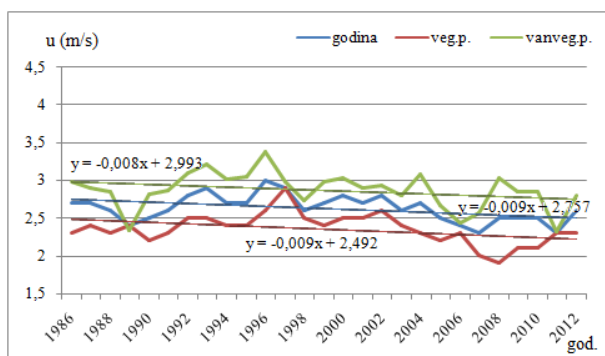
Slika 10. Srednje vrednosti relativne vlažnosti vazduha za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

**Vetar:** Prema slikama 11 i 12, uočava se tendencija smanjenja srednjih vrednosti brzine vetra u godišnjem, vegetacionom i vanvegetacionom periodu, za oba vremenska perioda. Ekstremniji pad je u periodu 1960–1985, a naročito posle 1974. godine. U periodu 1986–2012, brzine vetra imaju trend smanjenja ali bez ekstremnih odstupanja od proseka. Vrednosti su nešto iznad prosečnih od 1992. do 2004. godine, a nakon toga ponovo dolazi do smanjenja brzine vetra. Prvi period

analize, 1960-1985, ima veće vrednosti brzine vetra, u višegodišnjem proseku za 0,4 m/s.



Slika 11. Srednje vrednosti brzine vetra za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1960–1985)



Slika 12. Srednje vrednosti brzine vetra za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period za MS Rimski Šančevi (1986–2012)

## ANALIZATRENDA KLIMATSKIH ELEMENATA

U ispitivanju trenda posmatranih klimatskih elemenata u radu su primenjeni parametarski i neparametarski pristup.

Parametarski pristup pretpostavlja model linearnog trenda:

$y_t = \beta t + \alpha + \varepsilon_t$ , gde je  $y_t (t=1, \dots, n)$  vremenska serija klimatskih elemenata,  $\alpha$  i  $\beta$  parametri, dok su  $\varepsilon_t$  slučajne greške koje su nekorelirane slučajne veličine koje imaju normalnu raspodelu  $N(0, \sigma)$ . Ocene

nepoznatih parametara su određene metodom najmanjih kvadrata, dok je nulta hipoteza da vremenska serija linearno ne zavisi od vremenske komponente testirana primenom t-testa.

Ocena parametara i statističko zaključivanje su izvršeni primenom programa Eviews 9.5. U slučaju svih analiziranih vremenskih serija su zadovoljene pretpostavke za primenu linearnog trenda. U grafičkom prikazivanju srednjih vrednosti klimatskih elemenata za godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni period prikazan je i linearni trend.

Kao alternativni metod ocenjivanja parametara linearnog modela je Theil-Sen pristup koji je otporan na prisustvo ekstremnih osmatranja:

$$\hat{\beta}_{TS} = \text{medijana} \left( \frac{y_k - y_i}{k - i} \right), \quad \hat{\alpha}_{TS} = \text{medijana} (y_i).$$

U radu je primenjen i neparametarski Mann-Kendall-ov (MK) test za čiju primenu nije potrebna pretpostavka o raspodeli vremenske serije. Test je baziran na relativnom rangu podataka i proverava nultu hipotezu da su članovi vremenske serije nezavisno i identično raspoređene slučajne promenljive, dok je alternativna hipoteza da postoji monotoni (ne nužno linearni) trend (Helsel, Hirsch, 2002).

Ukoliko su članovi vremenske serije serijski korelisani, i kod parametarskog i kod neparametarskog pristupa postoji tendencija lažnog otkrivanja trenda i kada nije prisutan. U slučaju postojanja serijske korelacije primenjuje se korigovan MK test (Hamed, Rao, 1998). Prisustvo serijske korelacije je ispitivano primenom testa koji su uveli Wallis i Moore (Kotz, 2006). Izračunavanje MK test statistike i odgovarajuće p vrednosti izračunate su primenom paketa *trend* i *fumeprograma* R 3.2.5.

U tabeli 3 prikazana je vrednost statistike WM testa kojim se proverava da li je serija slučajan šum i statistike MK neparametarskog testa kojim se utvrđuje prisustvo monotonog trenda. Na osnovu p-vrednosti testova se utvrđuje statistička značajnost \* ( $p < 0.05$ ) i visoka značajnost \*\* ( $p < 0.01$ ). U tabeli 4 su date ocene koeficijenta pravca, vrednost statistike t-testa i p-vrednosti. Pored toga su date i vrednosti neparametarskog Theil-Sen koeficijenta pravca.

Tabela 3. Izračunate vrednosti statistika Wallis - Moore (WM) i Mann-Kendall-ovog testa i odgovarajuće p-vrednosti

Klim.elem.		1960-1985				1986-2012			
		WM	p	MK (z)	P	WM	p	MK (z)	p
T <sub>sr</sub> (°C)	godina	0,2411	0,8095	-0,2000	0,8078	1,4965	0,1345	2,5000*	0,0136
	veg.p.	0,7234	0,4695	-1,1000	0,2581	0,5513	0,5814	2,2000*	0,0294
	vanveg.p	-0,2411	0,8095	0,1000	0,9122	0,5513	0,5814	1,1257	0,2603
P (mm)	godina	0,2411	0,8095	0,4000	0,6593	0,3938	0,6937	1,0000	0,3376
	veg.p.	-0,2411	0,8095	1,3000	0,2011	0,0788	0,9372	0,2000	0,8349
	vanveg.p	0,2411	0,8095	-0,6000	0,5666	0,0788	0,9372	0,7000	0,5047
ET <sub>O</sub> (mm)	godina	0,7234	0,4695	-1,0000	0,3321	-0,0788	0,9372	0,4000	0,6767
	veg.p.	1,6878	0,0914	-1,7000	0,0896	-0,0788	0,9372	0,9000	0,3590
	vanveg.p	0,2411	0,8095	1,0000	0,3321	-0,0788	0,9372	-0,4000	0,7075
n (čas)	godina	1,6878	0,0914	-1,7000	0,0939	0,5513	0,5814	2,0000	0,0500
	veg.p.	-0,2411	0,8095	-1,9000	0,0580	0,5513	0,5814	1,8000	0,0799
	vanveg.p	0,7234	0,4695	-0,7000	0,4806	0,5513	0,5814	0,7000	0,5047
RH (%)	godina	0,7234	0,4695	-0,9000	0,3777	0,5513	0,5814	1,2000	0,2481
	veg.p.	0,7234	0,4695	0,0000	1,0000	-0,0788	0,9372	0,6000	0,5436
	vanveg.p	-0,2411	0,8095	-1,4000	0,1713	0,8664	0,3863	1,4000	0,1554
u (m/s)	godina	0,7234	0,4695	-3,2000*	0,0013	1,4965	0,1345	-2,1000*	0,0394
	veg.p.	0,7234	0,4695	-3,3000**	0,0011	1,9691*	0,0490	-1,3138	0,1889
	vanveg.p	0,2411	0,8095	-2,1000*	0,0343	1,4965	0,1345	-1,6000	0,1038

Tabela 4. Parametarska (b) i neparametarska Theil-Sen (TS) ocena koeficijenta pravca linearnog trenda

Klim.elem.		1960-1985				1986-2012			
		b	t	p	TS	b	t	p	TS
T <sub>sr</sub> (°C)	godina	-0,0070	-0,4798	0,6357	0,0000	0,0429	2,5000*	0,0193	0,0444
	veg.p.	-0,0218	-1,2708	0,2160	-0,0188	0,0526	2,5686*	0,0166	0,0556
	vanveg.p	0,0100	0,3827	0,7053	0,0038	0,0308	1,2285	0,2307	0,0278
P (mm)	godina	2,9387	0,9698	0,3418	1,7938	3,8435	0,8035	0,4293	4,8111
	veg.p.	3,2672	1,6404	0,1140	3,4792	2,0640	0,5508	0,5867	1,3562
	vanveg.p	-0,3285	-0,1565	0,8769	-0,8591	1,7795	0,9669	0,3428	1,9111
ET <sub>O</sub> (mm)	godina	-1,3388	-0,9907	0,3317	-1,3000	1,1212	1,7908	0,5369	1,0176
	veg.p.	-1,7755	-1,6814	0,1056	-1,2773	1,3476	0,8817	0,3864	1,3895
	vanveg.p	0,4358	0,6984	0,4917	0,6089	-0,2259	-0,4236	0,6755	-0,2174
n (čas)	godina	-6,8269	-2,1503*	0,0418	-6,7538	8,5916	2,2996*	0,0301	8,0357
	veg.p.	-5,7544	-2,6312*	0,0146	-5,1684	7,8905	2,5046*	0,0191	5,9800
	vanveg.p	-1,0726	-0,5635	0,5783	-2,0550	0,7011	0,4131	0,6830	0,9957
RH (%)	godina	-0,0200	-0,3406	0,7364	-0,0625	0,0894	1,2107	0,2373	0,0909
	veg.p.	0,0475	0,5855	0,5637	0,0000	0,0995	1,2283	0,4255	0,1000
	vanveg.p	-0,0875	-1,4908	0,1491	-0,0952	0,0582	1,0495	0,3040	0,0625
u (m/s)	godina	-0,0276	-4,8060**	0,0001	-0,0286	-0,0092	-2,2490*	0,0336	-0,0091
	veg.p.	-0,0367	-4,8334**	0,0001	-0,0333	-0,0098	-2,0717*	0,0488	-0,0063
	vanveg.p	-0,0161	-2,0523	0,0512	-0,0187	-0,0089	-1,4864	0,1478	-0,0104

Na osnovu izračunatih vrednosti Wallis – Moore-ovog testa i odgovarajućih p vrednosti (Tabela 3) može se zaključiti da se u slučaju svih vremenskih serija, osim serije srednjih brzina vetra u vegetacionom periodu u razdoblju 1986-2012, prihvata nulta hipoteza da je vremenska serija slučajnog karaktera.

Na osnovu vrednosti Mann-Kendall testa i odgovarajućih p vrednosti (Tabela 3) utvrđeno je postojanje monotonog trenda srednjih godišnjih i srednjih temperatura vazduha u vegetacionom periodu u razdoblju 1986-2012. Statistički značajne vrednosti parametra b (Tabela 4) potvrđuju postojanje rastućeg linearnog trenda kod ove dve serije. Saglasni rezultati neparametarskog i parametarskog pristupa dobijeni kod serija srednje godišnje brzine vetra u oba razmatrana razdoblja i srednje brzine vetra u vegetacionom periodu prvog perioda, potvrđuju postojanje statistički značajnog opadajućeg trenda. Srednja brzina vetra u vegetacionom periodu drugog razdoblja statistički značajno opada, dok posle korekcije serijske korelacije vrednost MK testa nije statistički značajna. Statistički značajan opadajući linearni trend je i kod serija sume godišnje osunčanosti i sume osunčanosti u vegetacionom periodu potperioda 1960-1985, dok ove dve serije imaju statistički značajan rastući trend u potperiodu 1986-2012. Vrednosti MK testa u ovim slučajevima nisu statistički značajne ali su izračunate p vrednosti bliske pragu značajnosti 5%.

Saglasnost postoji i u vrednostima i znaku parametarske (b) i neparametarske Theil-Sen (TS) ocene koeficijenta pravca linearnog trenda kod svih razmatranih vremenskih serija analiziranih klimatskih elemenata.

## ZAKLJUČAK

Analizom osnovnih klimatskih elemenata, temperature vazduha, padavina, evapotranspiracije, osunčavanja, relativne vlažnosti vazduha i brzine vetra za periode, 1960–1985 i 1986–2012, i njihovim međusobnim poređenjem, data je procena klimatskih uslova na analiziranom području. Srednje mesečne vrednosti temperature vazduha su veće u periodu 1986-2012, u odnosu na period 1960-1985. U odnosu na prvi period analize, u periodu 1986–2012, su znatno veće oscilacije temperature vazduha u godišnjem, vegetacionom i vanvegetacionom periodu, a uočava se i tendencija porasta temperature. Linearni trend sume padavina tokom godine i vegetacionog perioda pokazuje porast za oba vremenska niza. Znatno veća neravnomernost padavina je u periodu 1986-2012, gde se javlja znatno

manje godina sa vrednostima koje su bliže višegodišnjem proseku i više je ekstremnijih godina tj. smenjivanja sušnih i vlažnih godina. Što se tiče evapotranspiracije, godišnji i vegetacioni trend pokazuje opadanje u periodu 1960-1985, a porast u periodu 1986-2012, dok je u vanvegetacionom periodu zabeležen porast u prvom, a opadanje u drugom periodu. Razlike u količini padavina i evapotranspiraciji su izrazitije u drugom periodu, 1986-2012. Godišnji, vegetacioni i vanvegetacioni trend osunčavanja pokazuju opadanje u periodu 1960-1985, a porast u periodu 1986-2012. Vrednosti relativne vlažnosti su veće u periodu 1960-1985 u višegodišnjem proseku za 2 %, dok su u periodu 1986-2012, veće varijacije. Veće vrednosti srednje brzine vetra su u periodu 1960-1985, u odnosu na 1986-2012, u višegodišnjem proseku za 0,4 m/s i imaju tendenciju smanjenja. Na osnovu vrednosti Mann-Kendall testa i odgovarajućih p vrednosti utvrđeno je postojanje monotonog trenda srednjih godišnjih i srednjih temperatura vazduha u vegetacionom periodu u razdoblju 1986-2012. Statistički značajne vrednosti parametra b potvrđuju postojanje rastućeg linearnog trenda kod ove dve serije. Saglasni rezultati neparametarskog i parametarskog pristupa dobijeni su kod serija srednje godišnje brzine vetra u oba razmatrana perioda, kao i kod srednje brzine vetra u vegetacionom periodu prvog perioda analize, što potvrđuje postojanje statistički značajnog opadajućeg trenda. Kod svih razmatranih vremenskih serija analiziranih klimatskih elemenata postoji saglasnost i u vrednostima i znaku parametarske (b) i neparametarske Theil-Sen (TS) ocene koeficijenta pravca linearnog trenda.

Izvršena analiza ukazuje da se promene klimatskih elemenata dešavaju na analiziranom području. U periodu 1986-2012 uočena su učestalija smenjivanja sušnih i vlažnih godina, a evidentnija je i veća varijabilnost klimatskih elemenata u odnosu na višegodišnji prosek.

## ZAHVALNOST

Ovo istraživanje je deo projekata TR 43007, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.

## LITERATURA

- [1] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998), Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage paper No.56, Rome.



- [2] Berić, M., Zelenhasić, E., Srđević, B., (1990), Extreme Dry Weather Intervals of the Growing Season in Bačka, Yugoslavia, *Water Resources Management* 4, Dordrecht, The Netherlands, pp 79-95.
- [3] Dragota, C-S. & Kucsicsa, G., (2011), Global Climate Change-Related Particularities in the Rodnei Mountains National Park, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6(2), 75-88.
- [4] Eviews 9.5 Student Version, 2016, Lite HS Global Inc.
- [5] Hamed, K.H., and Rao A. R. (1998), A Modified Mann-Kendall Trend Test for Autocorrelated Data, *Journal of Hydrology* 204 (1-4). Elsevier BV: 182–96.
- [6] Helsel, D.R., Hirsch. R.M. (2002), *Statistical Methods in Water Resources*, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey. Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation.
- [7] <http://water.usgs.gov/pubs/twri/twri4a3/>
- [8] Katić, P., Đukanović, D., Đaković, P., (1979), *Klima SAP Vojvodine*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [9] Kotz, S. (Editor-in-Chief) (2006), *Encyclopedia of Statistical Sciences*, John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Lalić, B., Mihailović, D.T., Podražčanin, Z., (2011), Buduće stanje klime u Vojvodini i očekivani uticajna ratarsku proizvodnju, *Ratarstvo i Povrtarstvo /Field and Vegetable Crops Research* 48 (2011) 403418, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- [11] Mihailović, D.T., (1988), *Osnove meteoroloških osmatranja i obrade podataka*, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- [12] Palfai, I., Darnai, S., (1990), Suša u 1990. godini, *Vode Vojvodine* 19, Novi Sad, str.185-192.
- [13] Rajić, M., (2000), *Uticaj dominantnih činilaca vodnog bilansa zemljišta Vojvodine na deficit vode gajenih biljaka*, Doktorska disertacija, Novi Sad
- [14] Rajić M., (2004), *Klimatske promene i potrebe za vodom u regionu Južne Bačke*, Letopis naučnih radova, Godina 28 (2004), broj 1, str.137-145, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [15] Rajić Milica, Rajić, M., (2005), Influence of Climatic Change to Water Deficit, *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology*, pp 766-771, Rhodes Island, Greece, 1-3 September.
- [16] Rajić Milica, Rajić, M., Stojiljković D., (2006), *Climatic Changes Impact on Tendency of Drought in Vojvodina Province*, *Proceedings of Full papers on CD-ROM from the 9th Inter-Regional Conference on Environment-Water, EnviroWater*, pp 1-8, Delft, the Netherlands, May 17-19.
- [17] Rajić M., Štula, S., (2007), *Klimatske promene i pojava suša na području južne Bačke*, *Letopis naučnih radova*, Godina 31 (2007), broj 1, str.80-89, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [18] Rajić M., Bezdan A., (2012), *Contribution to Research of Droughts in Vojvodina Province*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol.7, No. 3, pp 101–107, Romania.
- [19] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Version 3.2.5, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2016, <http://www.R-project.org/>
- [20] *United Nations Framework Convention on Climate Change*, (1992), FCCC/INFORMAL/84, 24p.

CONTRIBUTION TO RESEARCH OF CLIMATIC ELEMENTS CHANGES  
IN THE AREA OF NOVI SAD

by

Milica RAJIĆ, Emilija NIKOLIĆ ĐORIĆ

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad  
E-mails: milica@polj.uns.ac.rs; emily@polj.uns.ac.rs

## Summary

One of the basic natural resources that determine the development of economy and society in a given area is climate. Vojvodina Province is characterized by a continental climate with pronounced annual variability of air temperatures, as well as the others climatic elements on which depends the soil water regime. The droughts that have occurred in Vojvodina Province in recent years were of dimensions of an elemental catastrophe in respect of agricultural production. As agriculture is a basic sector of economy in Vojvodina Province, it is of great importance to investigate the climate of this area as one of the most important factors that affect it. This paper presents the research of air temperature, precipitation, reference crop evapotranspiration, sunshine hours, relative air humidity and wind speed, for the area of Novi Sad. Calculation of reference crop evapotranspiration is carried out by Penman-Monteith Method. The analysis is based on climatic data obtained from Meteorological station Rimski Šančevi, during period from 1960 to 2012. The data are separately analyzed in two periods, 1960–1985 and 1986–2012. Estimating of climatic elements changes for the area of Novi Sad are given according to this analysis. Parametric and non-parametric approaches

have been applied in examining the trend of observed climate elements. The existence of statistically significant monotone trend of mean annual air temperature, as well as average air temperature during growing period for period 1986-2012, are found based on the p values of parametric t-test and nonparametric Mann-Kendall test. Consistent results of nonparametric and parametric approaches were obtained with the series of mean annual wind speed in both periods considered, as well as in mean wind speed in the growing period of the first period of analysis.

Agreement in values and sign of the parametric (b) and nonparametric Theil-Sen (TS) estimates of the coefficient of linear trend direction are found in all time series. Analysis of basic climatic data revealed that climatic elements changes have occurred in analyzed area. Frequent alternation of dry and wet years was observed in the period 1986-2012. Also, a greater variability of climatic elements in relation to the multiannual average is evident for the same period.

Key words: climate, precipitation, air temperature, reference crop evapotranspiration, trend

Redigovano 09.11.2016.