

## **POTREBA PRIMJENE NAVODNJAVANJA NA ADMINISTRATIVNOM PODRUČJU GRADA RIJEKE**

### **IRRIGATION NEEDS IN ADMINISTRATIVE AREA AT THE CITY OF RIJEKA**

**A. Špoljar, Ivka Kvaternjak, Tomislava Peremin Volf, E. Cortesi**

#### **SAŽETAK**

Prema našoj procjeni na širem području grada Rijeke navodnjavane površine su zanemarive. U tom smislu navodnjavanju treba posvetiti veću pozornost, osobito kod uzgoja dohodovnih kultura. Glede toga određena je potencijalna ( $PET_k$ ) i stvarna (SET) evapotranspiracija po metodi Thornthwaitea te nedostaci i viškovi vode u desetogodišnjem razdoblju od 2000. do 2009. te za najsušnije ljetne mjesece (lipanj, srpanj, kolovoz). Prema izračunu linearnog trenda godišnja količina oborina do 2015. bila bi manja za 11,0 mm, dok bi SET, odnosno stvarne potrebe biljaka za vodom bile veće za 36,4 mm ( $p > 0,05$ ). Uz pretpostavku da će se trend pada srednjih mjesečnih temperatura zraka i porasta količine oborina u ljetnim mjesecima nastaviti do 2015. godine došlo bi do neznatnog smanjenja temperatura zraka za  $0,18^{\circ}C$  i porasta količine oborina za 15,1 mm ( $p > 0,05$ ). Vrijednosti SET-a bi također porasle za 39,7 mm ( $p > 0,05$ ). Nedostaci vode u prvom petogodišnjem razdoblju iznosili su 55,6 mm, a u drugom 19,6 mm. U razmatranom desetogodišnjem razdoblju pojavljuju se ekstremno suhe godine s vrlo visokim nedostacima vode od čak 413,8 mm u 2003. godini. Stoga navodnjavanju na širem području Rijeke treba posvetiti osobitu pozornost, pogotovo kod uzgoja dohodovnijih kultura, kao što su povrće i voće.

Ključne riječi: navodnjavanje, viškovi i nedostaci vode, Rijeka

#### **ABSTRACT**

According to our estimation, irrigated areas in the wider area of the city of Rijeka are negligible. Therefore, more attention should be given to irrigation, especially for more profitable crops. In regard to this, potential and actual

evapotranspiration according to Thornthwaite was determined and water deficiencies and surpluses in the decade since 2000. until 2009. and in the driest summer months (June, July, and August). By calculating linear trend, annual rainfalls by 2015. would be lower by 11.00 mm, while the actual water needs of plants would be higher by 36.4 mm ( $p > 0, 05$ ). Assuming that the downward trend in mean monthly air temperatures and increased rainfall in the summer months in the next five years should continue, there would be a slight decrease in air temperature of  $0.18^{\circ} \text{C}$  and an increase in rainfall of 15.1 mm ( $p > 0, 05$ ). The values of actual evapotranspiration would also rise to 39.7 mm ( $p > 0, 05$ ). Deficiencies of water amounted to 55.6 mm in the first five-year period, and 19.6 mm in the second. The observed ten-year period indicates a number of extremely dry years with very high water deficiencies, reaching 413.8 mm in 2003. Therefore, irrigation should be given particular attention in the wider area of the city of Rijeka, especially for more profitable crops like vegetables and fruits.

Key words: irrigation, water surpluses and deficiencies, city of Rijeka

## UVOD I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Glede učestalih suša i općenito nepovoljnih hidroloških promjena za stabilnu poljoprivrednu proizvodnju brojni autori preporučuju osiguranje novih izvora vode i veću primjenu navodnjavanja (Elgaali i sur., 2006; Jiang i sur., 2007; Moroizumi 2009; Špoljar i sur., 2004). Mesić i sur., 2001. na temelju bilance vode po metodi Thornthwaitea pretpostavljaju da će se nedostatak vode u tlu u ljetnim mjesecima za nizinsku Hrvatsku do početka narednog stoljeća povećati za 30 do 60%. Bonacci 1993; Pandžić 1993. i 1998. također navode da bi se u idućih 50 godina, prema klimatskim modelima mogao očekivati porast prizemne globalne temperature do  $3^{\circ} \text{C}$ , što će se zasigurno nepovoljno odraziti na vodni režim tla. Neki autori primjenom računalnih modela utvrđuju nepovoljan utjecaj suše na vrijednosti potencijalne evapotranspiracije i temeljem toga predviđaju da će se pojaviti znatni nedostaci vode za većinu biljnih vrsta (Sato i sur., 2008; Skvarenina i sur., 2004). Kod nas se nedovoljno navodnjava, na svega oko 11.700 ha, pa se naša država po navodnjavanju površinama nalazi na jednom od posljednjih mjesta u Europi (Šimunić i sur., 2006). Tomić i sur., 2007. navode da se navodnjava na samo 0,46% obradivog

zemljišta, a prema našoj procjeni na širem području grada Rijeke navodnjavane površine su zanemarive. U tom smislu navodnjavanju treba posvetiti veću pozornost, osobito kod uzgoja dohodovnih kultura. S obzirom na navedeno ciljevi istraživanja obuhvatili su:

- Određivanje mjesečnih i godišnjih vrijednosti potencijalne ( $PET_k$ ) i stvarne (SET) evapotranspiracije po metodi Thornthwaitea te nedostataka i viškova vode za dva petogodišnja razdoblja (od 2000. do 2004. i od 2005. do 2009.) i izdvojene najsušnije godine za to razdoblje.
- Utvrđivanje potencijalne ( $PET_k$ ) i stvarne (SET) evapotranspiracije po metodi Thornthwaitea te nedostataka i viškova vode u ljetnim mjesecima (lipanj, srpanj, kolovoz).

Ovako postavljene ciljevi istraživanja dat će uvid u potrebu primjene navodnjavanja za šire područje Rijeke.

## METODE ISTRAŽIVANJA

Za potrebe prikaza sušnih i vlažnih razdoblja analizirani su klimatski podaci o srednjim mjesečnim i godišnjim temperaturama zraka te mjesečnim i godišnjim količinama oborina dobivenim od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Izrađeni su grafikoni prema Walteru za dva petogodišnja razdoblja u omjeru 1 : 4 za humidnije područje (Žugec i sur., 1996) i izračunat je mjesečni kišni faktor prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ). Potencijalna korigirana ( $PET_k$ ) i stvarna evapotranspiracija (SET) te viškovi i nedostaci vode izračunati su prema metodi Thornthwaitea za istraživana petogodišnja razdoblja te za tri odabrane sušne godine (za 2000., 2003. i 2006. godinu). Također je izračunato i povratno razdoblje srednjih godišnjih temperatura zraka i ukupnih godišnjih količina oborina prema jednadžbi Hazena (cit. Ožanić, 2004).

Podaci o srednjim mjesečnim i godišnjim temperaturama zraka, godišnje količine oborina,  $PET_k$  i SET te podaci o viškovima i nedostacima vode obrađeni su statistički izračunom linearnog trenda za 95% vjerojatnosti. Uz navedeno, ovi podaci također su na isti način statistički obrađeni za ljetne mjesece (za lipanj, srpanj i kolovoz) u istraživanom desetogodišnjem razdoblju.

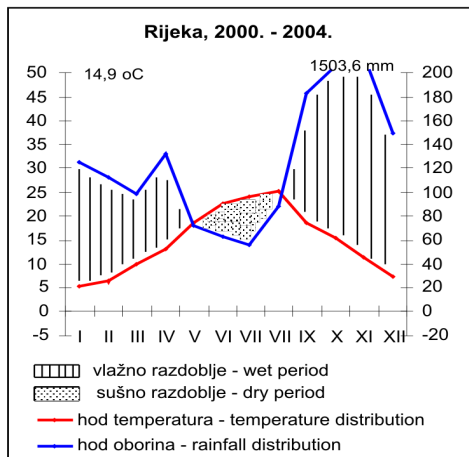
## REZULTATI I RASPRAVA

### Klimatski uvjeti

Godišnji hod srednjih mjesečnih temperatura zraka i mjesečnih količina oborina za dva petogodišnja razdoblja prikazuju grafikoni prema Walteru 1. i 2. Pojava sušnog razdoblja na području Rijeke zabilježena je u lipnju, srpnju i kolovozu za oba promatrana razdoblja. Povratna razdoblja srednjih godišnjih temperatura zraka i godišnjih količina oborina prikazana su u tablicama 1. i 2. Vjerojatnost povratnog razdoblja srednjih godišnjih temperatura iznad i oko 15 °C je svake 2,5 godine, a najučestalija pojava količine oborina između 1600 i 1700 mm je *cca* 3 godine. Klimatski pokazatelji za Rijeku za razdoblje od 2000. do 2004. i od 2005. do 2009., te za odabrane tri sušne godine 2000., 2003. i 2006. prikazani su u tablici 3. Na osnovi kišnog faktora prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ) u prvom petogodišnjem razdoblju od lipnja do kolovoza zabilježene su aridne do semiaridne klimatske prilike, a u narednom aridne do semihumidne. U 2000. godini aridni klimatski uvjeti ustanovljeni su već u svibnju, a peraridni u lipnju i kolovozu. Najsušnija godina u istraživanom desetogodišnjem razdoblju bila je 2003. kada su zabilježene peraridne klimatske prilike u svibnju, srpnju i kolovozu, a u lipnju aridne. U lipnju i srpnju 2006. evidentirane su peraridne klimatske prilike.

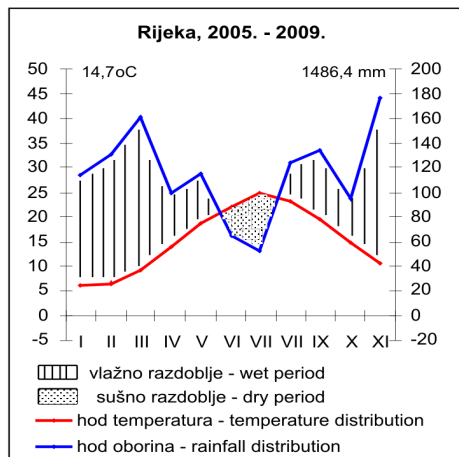
Grafikon 1. Klimadijagram po Walteru

Graph 1 Climatic diagram according to Walter



Grafikon 2. Klimadijagram po Walteru

Graph 2 Climatic diagram according to Walter



Viškovi i nedostaci vode u tlu te  $PET_k$  i SET na području Rijeke u promatranim razdobljima i za sušne godine izračunati su metodom Thornthwaitea, Tablica 4. Izračunata  $PET_k$  za razdoblje od 2000. do 2004. kao izraz potreba biljaka za vodom bila je 55,6 mm veća od SET, odnosno biljke su imale 55,6 mm vode manje na raspolaganju od stvarnih potreba. Nedostatak vode u srpnju iznosio je 31,9 mm i u kolovozu 23,7 mm. Za naredno petogodišnje razdoblje od 2005. do 2009. ustanovljen je nedostatak vode od 19,6 mm. Međutim, u ekstremno sušnim godinama utvrđeni nedostaci vode znatno su veći u odnosu na oba promatrana petogodišnja razdoblja. U 2000. godini utvrđeni nedostatak vode u lipnju i kolovozu iznosio je 220,9 mm. U 2003. godini zabilježeni nedostatak vode iznosio je 413,8 mm. Nedostatak vode u lipnju i srpnju 2006. iznosio je 187,5 mm.

**Tablica 1. Povratno razdoblje srednjih godišnjih temperatura zraka**

**Table 1. Retroactive period of annual mean air temperature**

Razred Class	Srednje godišnje temperature Average annual temperature	Broj istovrsnih pojava, The number of occurrences of the same kind	Povratno razdoblje u godinama Return period in years
I	13,5 - 14 °C	1	10
II	14 - 14,5 °C	1	10
III	14,5 - 15 °C	4	2,5
IV	15 - 15,5 °C	4	2,5

**Tablica 2. Povratno razdoblje godišnjih količina oborina**

**Table 2. Retroactive period of annual rainfall**

Razred, Class	Količina godišnjih oborina, Average annual rainfall	Broj istovrsnih pojava, The number of occurrences of the same kind	Povratno razdoblje u godinama, Return period in years
I	1000 - 1100 mm	1	
II	1100 - 1200 mm	-	10
III	1200 - 1300 mm	-	-
IV	1300 - 1400 mm	1	-
V	1400 - 1500 mm	2	10
VI	1500 - 1600 mm	2	5
VII	1600 - 1700 mm	3	5
VIII	1700 - 1800 mm	1	3,3

A. Špoljar i sur.: Potreba primjene navodnjavanja na  
administrativnom području grada Rijeke

**Tablica 3. Klimatski pokazatelji za Rijeku za razdoblje od 2000. do 2004. i od 2005. do 2009., te za 2000., 2003. i 2006.**

**Table 3. Climate factors in Rijeka for period 2000-2004, 2005-2009 and for 2003, 2006 and 2009**

Razdoblje od 2000. do 2004., Period from 2000 to 2004												
Mjesec Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K <sub>Fm</sub> , Gračanin	22,8	17,7	10,0	10,2	3,9	2,8	2,3	3,5	9,8	13,2	18,9	20,6
Humidnost Humidity	ph	ph	h	h	sa	a	a	sa	h	h	ph	ph
Razdoblje od 2005. do 2009., Period from 2005 to 2009												
Mjesec Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K <sub>Fm</sub> , Gračanin	18,4	20,4	17,8	6,9	6,2	2,9	2,1	5,3	6,9	6,4	16,7	31,7
Humidnost Humidity	ph	ph	ph	h	sh	a	a	sh	h	h	ph	ph
2000. godina, year												
Mjesec Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K <sub>Fm</sub> , Gračanin	0,78	13,04	20,86	6,19	2,43	0,96	6,3	0,32	5,86	15,7	39,24	26,89
Humidnost Humidity	pa	h	ph	sh	a	pa	sh	pa	sh	ph	ph	ph
2003. godina, year												
Mjesec Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K <sub>Fm</sub> , Gračanin	19,96	20,91	0,53	10,34	0,85	2,21	0,52	0,94	6,97	14,54	12,41	16,85
Humidnost Humidity	ph	ph	pa	h	pa	a	pa	pa	h	ph	h	ph
2006. godina, year												
Mjesec Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
K <sub>Fm</sub> , Gračanin	38,78	24,58	27,32	5,7	6,52	0,88	0,29	9,73	3,9	4,95	10,18	12,16
Humidnost Humidity	uh	ph	ph	sh	sh	pa	pa	h	sa	sa	h	h

Tumač: pa- peraridna klima, a - aridna klima, sa - semiaridna klima, sh - semihumidna klima, h - humidna klima, ph - perhumidna klima

Legend: pa - perarid climate, a - arid climate, sa - semiarid climate, sh - semihumid climate, h - humid climate, ph - perhumid climate

A. Špoljar i sur.: Potreba primjene navodnjavanja na administrativnom području grada Rijeke

Tablica 4. Bilanca vode u tlu po Thornthwaiteu za razdoblje od 2000. do 2004. i do 2005. do 2009. te za 2000., 2003. i 2006.  
Table 4. Water balance according to Thornthwaite for the period from 2000 to 2004 and from 2005 to 2009 and years 2000, 2003 and 2006

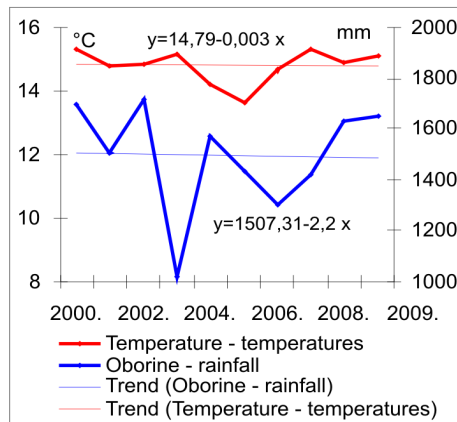
Mjesec Month	Razdoblje od 2000. do 2004., Period from 2000 to 2004												x, Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
PET.kor.	0,0	0,0	25,5	48,5	87,7	107,4	129,3	112,2	70,7	40,4	14,2	0,0	635,9
SET	0,0	0,0	25,5	48,5	87,7	107,4	97,4	88,5	70,7	40,4	14,2	0,0	580,3
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,9	23,7	0,0	0,0	0,0	0,0	55,6
V, mm	125,0	111,5	73,4	83,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	165,5	201,0	150,0	923,4
Razdoblje od 2005. do 2009., Period from 2005 to 2009													
PET.kor.	0,0	0,0	25,5	48,5	87,7	107,4	129,3	112,2	70,7	40,4	14,2	0,0	635,9
SET	0,0	0,0	25,5	48,5	87,7	107,4	109,7	112,2	70,7	40,4	14,2	0,0	616,3
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6
V, mm	114,0	130,8	135,0	51,2	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1	162,0	219,0	870,4
2000. godina, year													
PET.kor.	6,5	14,2	24,4	58,0	104,0	141,7	134,0	158,5	86,5	59,0	31,2	18,0	836,0
SET	6,5	14,2	24,4	58,0	104,0	64,9	134,0	14,3	86,5	59,0	31,2	18,0	615,1
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,8	0,0	144,1	0,0	0,0	0,0	0,0	220,9
V, mm	0,0	79,5	163,3	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	128,0	451,0	227,0	1081,0
2003. godina, year													
PET.kor.	8,0	3,5	26,9	44,9	114,0	167,9	169,2	176,6	82,3	38,3	28,6	14,0	874,0
SET	8,0	3,5	26,9	44,9	114,0	60,6	13,3	25,9	82,3	38,3	28,6	14,0	460,2
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	107,3	155,9	150,7	0,0	0,0	0,0	0,0	413,8
V, mm	99,8	63,4	0,0	62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,2	118,0	121,0	561,2
2006. godina, year													
PET.kor.	5,8	10,2	18,4	53,8	89,3	132,5	182,1	114,9	96,5	62,0	31,0	18,2	814,8
SET	5,8	10,2	18,4	53,8	89,3	119,3	7,8	114,9	96,5	62,0	31,0	18,2	627,3
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	174,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	187,5
V, mm	149,3	129,9	178,3	23,2	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,7	88,8	677,0

Tumač: PET, k. - potencijalna korigirana evapotranspiracija; SET - stvarna evapotranspiracija; M - nedostatak vode; V - višak vode  
Legend: PET, k. - potential corrected evapotranspiration; SET - real evapotranspiration; M - lack of water; V - surplus of water

Statističke podatke za istraživano razdoblje obrađene izračunom linearnog trenda ( $p < 0,05$ ) o srednjim mjesečnim i godišnjim temperaturama zraka, godišnjim količinama oborina,  $PET_k$  i SET te podatke o viškovima i nedostacima vode prikazuju grafikoni od 3 do 5.

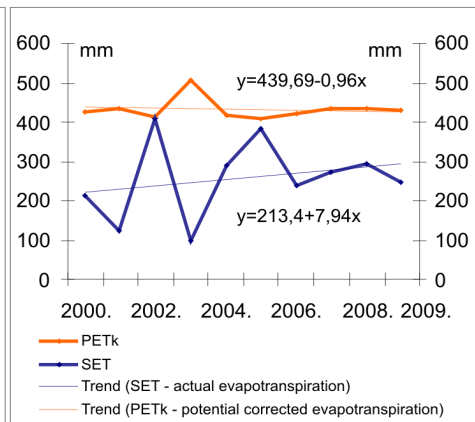
**Grafikon 3. Godišnje količine oborina i temperature zraka**

**Graph 3. Annual precipitation and air temperature**



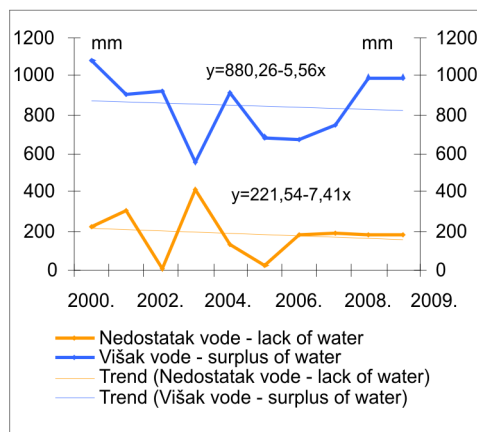
**Grafikon 4. Potencijalna korigirana i stvarna evapotranspiracija**

**Graph 4. Potential corrected and actual evapotranspiration**



**Grafikon 5. Nedostatak i višak vode**

**Graph 5. Lack and surplus of water**



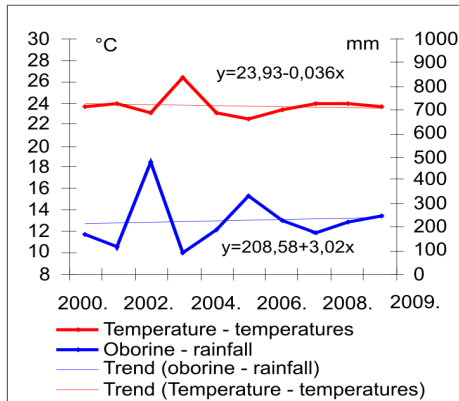
Uz pretpostavku da će se u narednom petogodišnjem razdoblju trendovi smanjenja srednjih godišnjih temperatura zraka i količina oborina nastaviti neće doći do značajnijeg pada temperature zraka, svega za  $0,01^{\circ}\text{C}$  ( $p > 0,05$ ). Količina oborina do 2015. godine uz ovu pretpostavku bila bi manja za 11,0 mm ( $p > 0,05$ ). Vrijednost  $PET_k$  umanjila bi se za svega 0,65 mm, a SET bi bila veća za 36,4 mm, odnosno biljke ne bi imale na raspolaganju dovoljne količine vode ( $p > 0,05$ ). Nedostaci vode umanjili bi se za 37,05 mm, a viškovi



bi bili manji za 27,80 mm ( $p > 0,05$ ). Statističke podatke za ljetne mjesece (lipanj, srpanj, kolovoz) obrađene izračunom linernog trenda ( $p < 0,05$ ) o srednjim mjesečnim temperaturama zraka, količinama oborina,  $PET_k$  i SET te podatke o viškovima i nedostacima vode prikazuju grafikoni od 6 do 8.

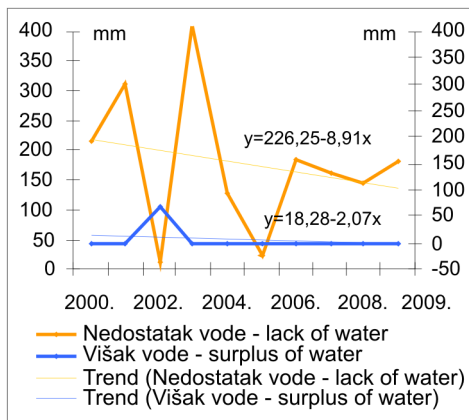
**Grafikon 6. Količine oborina i temperature zraka u ljetnim mjesecima**

**Graph 6. Precipitation and air temperature in summer months**



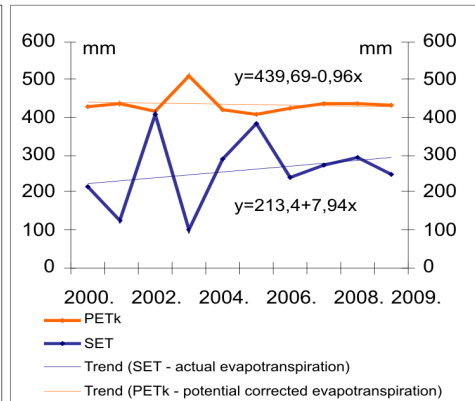
**Grafikon 8. Nedostatak i višak vode u ljetnim mjesecima**

**Graph 8. Lack and surplus of water in summer months**



**Grafikon 7. Potencijalna korigirana i stvarna evapotranspiracija u ljetnim mjesecima**

**Graph 7. Potentialcorrected and actual evapotranspiration in summer months**



Uz pretpostavku da će se trend pada srednjih mjesečnih temperatura zraka i porast količine oborina u ljetnim mjesecima u narednih pet godina nastaviti, došlo bi do neznačajnog smanjenja temperatura zraka za  $0,18^{\circ}C$  i porasta količine oborina za 15,1 mm ( $p > 0,05$ ). Vrijednosti  $PET_k$  smanjile bi se za 4,8 mm, a SET-a porasle za 39,7 mm, odnosno temeljem toga stvarne potrebe biljaka za vodom bi porasle ( $p > 0,05$ ). Nedostaci vode u ljetnim mjesecima smanjili bi se za 44,55 mm, a viškovi za 10,35 mm ( $p > 0,05$ ).

Iz izloženoga je vidljivo, da je na području Rijeke u ljetnim mjesecima došlo do stanovitog povećanja humiditeta klime, što je rezultiralo smanjenjem nedostataka vode. Nasuprot tomu Anić i sur., (2009) korištenjem matematičkog simulacijskog modela procjenjuju da će se do početka narednog stoljeća prosječna godišnja temperatura zraka u Hrvatskoj povećati za 2,5 °C, a količina oborina smanjit će se za 152 mm. Dakako, da će u budućnosti glede stanovitog zatopljenja na području Hrvatske navodnjavanju trebati posvetiti općenito veću pozornost. Slične prognoze za područje naše države daju Pandžić i sur., (1998). Treba reći, da su bez obzira na porast humidnosti klime stvarne potrebe biljaka za vodom na području Rijeke porasle, na što ukazuju izračunate vrijednosti stvarne evapotranspiracije (Cortesi, 2010). Nedostaci vode u prvom petogodišnjem razdoblju iznosili su 55,6 mm, a u drugom 19,6 mm. Međutim, razvidno je da se u razmatranom desetogodišnjem razdoblju pojavljuju ekstremno suhe godine s vrlo visokim nedostacima vode od čak 413,6 mm u 2003. godini.

Špoljar i sur., 2004. na širem području Križevaca u posljednjih šesnaest godina u usporedbi s dva prethodna tridesetogodišnja razdoblja prema metodi Thornthwaitea i Palmera utvrđuju povećane vrijednosti nedostataka vode. Autori navode da su pojave suša sve učestalije, a evidentirani nedostaci vode su sve veći. Stoga preporučuju veću primjenu navodnjavanja i promjenu strukture biljne proizvodnje, odnosno uzgoj dohodovnijih kultura kao što su povrće i voće. Brojni autori utvrđuju nepovoljne promjene vodnog režima tla uzrokovane učestalim sušama u različitim dijelovima svijeta i preporučuju veću primjenu navodnjavanja (Daly i Porporato 2006; Hernadi i sur., 2009; Islam i sur., 2005; Mesić i sur., 2001; Jiang i sur., 2007; Porporato i sur., 2004; Sun i sur., 2006; Tao i sur., 2005; Yang i sur., 2008). Iz izloženoga proizlazi da navodnjavanju na širem području Rijeke treba posvetiti osobitu pozornost, pogotovo kod uzgoja dohodovnijih kultura kao što su povrće i voće.

## ZAKLJUČCI

Temeljem izloženoga može se zaključiti sljedeće:

- Prema izračunu linearnog trenda godišnja količina oborina do 2015. bila bi manja za 11,0 mm, dok bi SET, odnosno stvarne potrebe biljaka za vodom bile veće za 36,4 mm ( $p > 0,05$ ).

- Uz pretpostavku da će se trend pada srednjih mjesečnih temperatura zraka i porasta količine oborina u ljetnim mjesecima u narednih pet godina nastaviti došlo bi do neznatnog smanjenja temperatura zraka za  $0,18^{\circ}$  C i porasta količine oborina za 15,1 mm ( $p > 0,05$ ). Vrijednosti SET-a bi također porasle za 39,7 mm ( $p > 0,05$ ).
- Nedostaci vode u prvom petogodišnjem razdoblju iznosili su 55,6 mm, a u drugom 19,6 mm. U razmatranom desetogodišnjem razdoblju pojavljuju se ekstremno suhe godine s vrlo visokim nedostacima vode od čak 413,6 mm u 2003. godini. Stoga navodnjavanju na širem području Rijeke treba posvetiti osobitu pozornost, pogotovo kod uzgoja dohodovnijih kultura kao što su povrće i voće.

## LITERATURA

1. Anić, I., Vukelić, J., Mikac, S., Bakšić, D., Ugarković, D. (2009): Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies Alba Mill.*) u Hrvatskoj. Šumarski list 3/4: 135-144.
2. Bonacci, O. (1993): Identifikacija suše i borba protiv nje. Zbornik radova «Okrugli stol o suši», Hrvatsko hidrološko društvo i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, str. 1-20, Zagreb.
3. Cortesi, E. (2010): Potreba primjene navodnjavanja za područje Rijeke. Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Završni rad, 19 str., Križevci.
4. Daly, E., Porporato, A. (2006): Impact of hydroclimatic fluctuations on the soil water balance. Water resources research, 42 (6): 6401.
5. Elgaali, E., Garcia, L.A., Ojima, D.S. (2006): Sensitivity of Irrigation Water balance to Climate Change in the Great plains of Colorado. Transactions of the ASABE, 49 (5): 1315-1322.
6. Hernadi, H., Farkas, C., Andras, M., Ferenc, M. (2009): Climate sensitivity of soil water regime of different Hungarian Chernozem soil subtypes. Biologia, 64 (3): 496-501.
7. Islam, M., Aramaki, T., Hanaki, K. (2005): Development and application an integrated water balance model to study the sensitivity of Tokyo metropolitan area water availability scenario to climate changes. Water resources management, 19 (4): 423-445.

8. Jiang, T., Chen, Y.D. Xu, C.Y., Chen, X., Singh, V.P. (2007): Comparison of hydrological impacts of climate changes simulated by six hydrological models in the Dongjiang Basin, South China. *Journal of hydrology*, 336 (3-4): 333-316.
9. Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I. (2001): The adjusting of agricultural systems to possible climate change. In: Scientific conference of Croatian agriculturists with international participation. Croatian Society of Agronomists, Opatija, p. 54.
10. Moroizumi, T., Hamada, H., Sukchan, S., Ikemoto, M. (2009): Soil water content and water balance in rainfed water fields in Northeast Thailand. *Agricultural water management*, 96 (1): 160-166.
11. Ožanić, N. (2004): Statističke obrade i velike vode hidromelioracijskih sustava. Seminar velike i male vode, Zbornik radova, Rijeka, str. 42-86.
12. Pandžić, K. (1993): Klimatološko-meteorološki aspekt suše. Zbornik radova «Okrugli stol o suši», Hrvatsko hidrološko društvo i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, str. 21-27, Zagreb.
13. Pandžić, K. (1998): Scenarij globalnih klimatskih promjena i njegova interpretacija. Zbornik radova «Okrugli stol o vodama na Hrvatskim otocima», Hrvatsko hidrološko društvo, Hvar, str. 233-241.
14. Porporato, A., Daly, E., Rodriguez-Iturbe, I. (2004): Soil water balance and ecosystem response to climate change. *American Naturalist*, 164 (5): 625-632.
15. Sato, Y., Ma, X., Xu, J., Matsuoka, M., Zheng, H., Liu, C., Fukushima, Y. (2008): Analysis of long-term water balance in the source area of the Yellow River basin. *Hydrological processes*, 22 (11): 1618-1629.
16. Skvarenina, J., Krizova, E., Tomlain, J. N. (2004): Impact of the climate change on the water balance of altitudinal vegetation stages in Slovakia. *Ekologia-Bratislava*, 23 (2): 13-29.
17. Sun, H.Y., Lin, C.M., Zhang, X.Y., Shen, Y.J., Zhang, Y. Q. (2006): Effects of irrigation on water balance, yield and WUE wheat in the North China Plain. *Agricultural Management*, 85 (1-2): 211-218.
18. Šimunić, I., Senata, A., Tomić, F. (2006): Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. *Agronomski glasnik*, 69 (1): 13-29.
19. Špoljar, A., Husnjak, S., Peremin-Volf, T., Dadaček, N., Kvaternjak, I. (2004): Potreba za navodnjavanjem na području Križevaca. *Hrvatske vode*, 12 (49): 319-326.

20. Tao, F.I., Yakozawa, M., Hayashi, Y., Lin, E.D. (2005): A perspective on water resources in China: Interactions between climate change and soil degradation. *Climate Change*, 68 (1-2): 169-197.
21. Tomić, F., Romić, D., Mađar, S. (2007): "Stanje i perspektive melioracijskih mjera u Hrvatskoj". Zbornik radova znanstvenog skupa: Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 7-20.
22. Žugec, I., Bertić, Blaženka, Jurić, I., Šamota, D., Stipešević, B. (1996): Agroklimatski pokazatelji. Vježbe i skripta, Sveučilište J.J. Strossmayera - Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
23. Yang, Y., Feng, Z., Huang, H.Q., Lin, Y. (2008): Climate - induced changes in crop water balance during 1960-2001 in Northwest China. *Agriculture, ecosystems and environment*, 127 (1-2): 107-118.

**Adrese autora - Author's address:**

Prof. dr. sc. Andrija Špoljar  
Ivka Kvaternjak, dipl. ing.  
Mr. sc. Tomislava Peremin Volf  
Emil Cortesi, bacc. ing.  
Visoko gospodarsko učilište u Križevcima  
M. Demerca 1  
48 260 Križevci  
e-mail: [aspoljar@vguk.hr](mailto:aspoljar@vguk.hr)

**Primljeno – Received:**

6.12.2010.

