

AGRONOMSKI GLASNIK 3/2007.  
ISSN 0002-1954

*Izvorni znanstveni članak*  
*Original scientific paper*

## ANALIZA MANJKA VODE ZA RAZNE BILJNE KULTURE

### WATER DEFICIT ANALYSIS IN VARIOUS CROPS

**I. Šimunić, K. Pandžić, Branka Ivančan Picek,  
M. Bogunović, S. Husnjak**

#### SAŽETAK

U radu se razmatra manjak vode u tlu za područje Zagreba za obradiva tla (tipa: aluvij i semiglej) te za najčešće uzgajane poljoprivredne kulture (silazni kukuruz, kupus, paprika, salata, rajčica, kukuruz, jabuka itd.). Pogodnost tala je određena FAO metodom. Klimatološke karakteristike područja s aspekta navodnjavanja određene su uporabom 20-godišnjih nizova meteoroloških podataka i pedoloških podataka te indeksa faza razvoja biljaka. Referentna evapotranspiracija (ET<sub>o</sub>) izračunata je prema metodi Penman-Montheitha. Efektivne oborine izračunate su metodom USBR iz vrijednosti srednjih mjesečnih prosječnih oborina kao i iz količine mjesečnih oborina koje su razgraničene donjim kvartilom. Bilanca vode u tlu za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera.

Dobiveni rezultati pokazuju da su potrebe kultura za vodom različite, a ukupni nedostatak vode ovisi o količini i sezonskom rasporedu oborina i hidropedološkim značajkama tala. Za svaku kulturu izračunat je manjak vode za višegodišnji prosjek oborina i za sušne mjesece, koji su razgraničeni donjim kvartilom količine oborine.

Može se zaključiti da je navodnjavanje potrebna mjera u uzgoju navedenih kultura na navedenim tipovima tala na području Zagreba.

Ključne riječi: Komponente vodne bilance, manjak vode, biljne kulture

#### ABSTRACT

The paper deals with water deficit in arable soils of the Zagreb region (types: calcaric fluvisol and semigley) and for the most common agricultural crops grown (silage maize, cabbage, bell pepper, lettuce, tomato, maize, apple, etc.). Soil suitability was assessed by the FAO method. Climatological characteristics of the region, from the aspect of irrigation, were assessed using

20-year series of meteorological and pedological data, and indices of plant development stages. Reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was calculated by the Penman-Monteith method. Effective precipitation was calculated by the USBR method from the values of mean monthly average precipitation as well as from the amounts of monthly precipitation, separated by the lower quartile. Palmer's method was used to calculate soil water balance for each crop.

The results show that different crops have different water requirements, the total water deficit depending on the amount and seasonal distribution of precipitation and on the soil hydro-pedological characteristics. The water deficit was calculated for each crop with respect to the long-term precipitation average as well as for droughty months, separated by the lower quartile of the precipitation amount.

It is concluded that irrigation is a necessary measure for the production of the studied crops on the said soil types in the Zagreb region.

Keywords: water balance components, water deficit, crops

## UVOD

U Republici Hrvatskoj navodnjava se svega 9.264 ha ili 0,46% obradivih površina i prema veličini navodnjavanih površina Hrvatska se nalazi na jednom od posljednjih mjesta u Europi (Tomić i sur., 2007). Učestalost pojave suša u posljednjim desetljećima utjecala je na mišljenje javnosti o potrebi navodnjavanja i stoga je Vlada RH pokrenula projekt navodnjavanja pod naslovom «Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH». Navedeni projekt ima veliko opravdanje jer Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.020.626 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta, od čega je čak 244.150 ha pogodno za navodnjavanje i 588.163 ha umjereno pogodno s manjim ograničenjima (Romić i sur., 2005) i raspolaže količinom od 35.000 m<sup>3</sup> obnovljive vode godišnje po stanovniku (Kos, 2004). Klimatske značajke i režim voda u tlu, te njihov međusobni odnos koji je vrlo promjenjiv i složen definiraju uspješnost biljne proizvodnje, jer je veliki dio naše biljne proizvodnje koncentriran na području gdje se povremeno pojavljuje suša. Taj problem bi se mogao djelomično riješiti dovođenjem potrebne vode primjenom navodnjavanja. Navodnjavanjem bi se kao melioracijskom mjerom održavala optimalna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja, a time bi se osigurala stabilnija i viša poljoprivredna proizvodnja. Prema Beltrão i sur.

(1996) najviši prinosi se postižu kada je najpovoljniji odnos zraka i vode u tlu, a poglavito u kritičnim razdobljima svake kulture. Nadalje, uspješno navodnjavanje zahtijeva poznavanje zalihe vode u tlu i kapaciteta tla za vodu (Gerakis i Zalidis, 1998; Pandžić i sur., 2006; Šimunić i sur., 2006). Navodnjavanje, odnosno planiranje navodnjavanja je zahtjevna zadaća, koja uključuje multidisciplinarnost struka za utvrđivanje i izračunavanje svih relevantnih čimbenika i parametara.

## METODIKA RADA

U radu su upotrijebljeni 20-godišnji nizovi meteoroloških podataka za Zagreb (1982-2001), pedološki podaci te indeksi faza razvoja kultura.

Referentna evapotranspiracija (ET<sub>o</sub>) izračunata je prema metodi Penman-Montheitha. Efektivne oborine izračunate su metodom USBR iz vrijednosti srednjih mjesečnih prosječnih oborina kao i iz količine mjesečnih oborina koje su razgraničene donjim kvartilom. Podaci su izračunati kompjuterskim programom «Cropwat». Procjena pogodnosti tala izvršena je FAO metodom.

U razmatranje su uzeta tla iz reda pogodnih i klase dobro obradivih tala (aluvijalna i semiglejna). Aluvijalno tlo je imalo sljedeće hidropedološke značajke: PK<sub>v</sub> (poljski kapacitet tla za vodu)=27 vol% i T<sub>v</sub> (točka venuća)=12 vol%, dok je semiglejno tlo imalo PK<sub>v</sub>=36 vol% i T<sub>v</sub>=16 vol%.

U mogućnost navodnjavanja su uzete značajnije kulture podneblja: silažni kukuruz, kupus, kelj, paprika, krastavci, salata, rajčica i jabuka.

Bilanca vode u tlu za svaku kulturu izračunata je prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981) koja uzima u proračun dvije različite dubine (do 0,2 m i 0,2-0,6 m), što ovisi o uzgajanim kulturama i četiri faze razvoja kultura (početni, razvojni, središnji i kasni), a izračunata je kompjuterskim programom «HidroKalk».

## REZULTATI I RASPRAVA

### **Klimatske značajke**

Mjesečne i godišnje količine oborina, te vegetacijska i izvan vegetacijska količina oborina prikazane su u tablici 1, a drugi klimatski elementi i referentna evapotranspiracija na tablici 2.

**Tablica 1. Podaci o mjesečnim količinama oborine u Zagrebu za razdoblje 1982-2001: srednjak, STD-standardna devijacija, CV-koefficient varijacije, Min i Max-najmanja i najveća količina, Fa=0,25-donji kvartil (mm)**  
**Table 1. Monthly precipitation in Zagreb for the period 1982-2001: median, STD-standard deviation, CV-coefficient of variation, Min and Max-minimum and maximum amount, Fa=0.25-lower quartile (mm)**

	Mjeseci														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
Srednjak (mm)	44.8	37.0	55.2	56.9	68.6	103.5	69.9	94.4	94.7	80.3	80.4	58.2	843.9	488.0	355.9
STD (mm)	35.2	23.5	25.3	20.2	28.6	37.7	27.8	66.9	51.9	47.9	46.1	32.6	104.1		
CV (%)	0.79	0.64	0.46	0.35	0.42	0.36	0.40	0.71	0.55	0.60	0.57	0.56	0.12		
Min (mm)	3.3	1.5	8.8	15.2	17.3	46.6	26.1	10.0	21.9	3.5	8.7	10.9	650.4		
Max (mm)	159.9	77.0	105.0	107.6	128.4	184.2	134.7	262.6	202.2	199.0	162.1	131.4	1026.1		
Fa=0,25 (mm)	26.6	77.0	86.0	15.4	69.0	150.0	26.1	71.2	76.1	75.3	30.0	36.3	739.0		

**Tablica 2. Podaci o srednje mjesečnoj temp. zraka, relativnoj vlažnosti zraka, brzini vjetra, insolaciji, solarnoj radijaciji i referentnoj evapotranspiraciji (ET<sub>o</sub>) u Zagrebu za razdoblje 1982.-2001.****Table 2. Mean monthly air temperature, relative humidity, wind velocity, insolation, solar radiation and reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) in Zagreb, for the period 1982-2001**

Mjesec	Temp. (°C)	Relativna vlažnost (%)	Brzina vjetra (km/dan)	Insolacija (h/dan)	Sol. radij. (MJ/m <sup>2</sup> /dan)	ET <sub>o</sub> (mm/mj.)
I	0.6	82	121	1.9	4.2	12.4
II	2.1	75	130	3.9	7.6	22.4
III	6.6	69	156	4.7	11.4	46.5
IV	11.1	67	156	5.8	15.6	69.0
V	16.2	67	138	7.8	20.3	105.4
VI	19.0	69	121	8.1	21.5	117.0
VII	21.2	68	104	9.4	22.8	130.2
VIII	20.7	70	104	8.7	20.8	114.7
IX	16.3	77	95	6.5	14.3	72.0
X	11.1	81	95	4.4	9.0	40.3
XI	5.1	84	104	2.1	4.8	21.0
XII	1.4	84	104	1.6	3.6	12.4
God.	11.0	74	119	5.4	12.9	763.3

Klimatske i hidrološke značajke područja istraživanja dio su neophodnih pokazatelja kod planiranja navodnjavanja. Prema Langovu kišnom faktoru područje ima semihumidnu klimu ( $K_f=76,7$ ), dok prema Gračaninu (1950) područje pripada umjereno toploj klimi ( $T=11^\circ\text{C}$ ). Godišnja količina oborina, njihova razdioba po mjesecima i godišnjim dobima ili pak maksimalne jednodnevne oborine određuju bitnu značajku klime. Na tablici 1 razvidno je da u višegodišnjem prosjeku padne 843,9 mm oborina, dok u vegetacijskom razdoblju padne 488,0 mm oborina ili 57,8 %, što je značajka kontinentalnog oborinskog režima. Mjesečni oborinski maksimumi su zabilježeni u kasno proljetnom i kasno ljetnom dijelu godine. Na temelju višegodišnjeg prosjeka i rasporeda količine oborina, može se zaključiti da je oborinski režim povoljan za uzgoj kultura. U mjesecima i godinama pri količini oborina ispod donjeg kvartila ( $F_a=739,0$  mm) i izračunate referentne evapotranspiracije (tablica 2)

**Tablica 3. Referentna evapotranspiracija i efektivne oborine u Zagrebu za razdoblje 1982.-2001.**

**Table 3. Reference evapotranspiration and effective precipitation in Zagreb, for the period 1982-2001**

Mjesec	ETo (mm/mj.)	Efektivne oborine (mm/mj.)	
		Prosjek (mm)	Fa=0,25
	A	B1	B2
I	12.4	41.6	25.5
II	22.4	34.8	67.5
III	46.5	50.3	74.2
IV	69.0	51.7	15.0
V	105.4	61.1	61.4
VI	117.0	86.4	114.0
VII	130.2	62.1	25.0
VIII	114.7	80.3	63.1
IX	72.0	80.4	66.8
X	40.3	70.0	66.2
XI	21.0	70.1	28.6
XII	12.4	52.8	34.2
God.	763.3	741.6	641.5
		A-B1=21.7	A-B2=121.8
Efektivne oborine prema *USBR metodi			

\*US Bureau Reclamation

uočava se manjak oborina, koji iznosi 24,3 mm. Analizirajući vrijednosti ETo i efektivnih oborina (Dastone, 1975) vidljivo je da su efektivne oborine bile niže od ETo. U višegodišnjem prosjeku razlika je bila 21,7 mm, dok je u sušnim godinama razlika bila 121,8 mm (tablica 3). Izračunato povratno razdoblje sušnijih godina na ovom se području pojavljuje svakih pet godina, te je stoga poljoprivredna proizvodnja vrlo rizična bez melioracijske mjere navodnjavanja. Prema Mađaru i sur. (1998) suše se u Hrvatskoj pojavljuju svake treće do pete godine, a ovisno o intezitetu i dužini trajanja mogu smanjiti urod poljoprivrednih kultura i do 90%.

## Bilanca vode u tlu

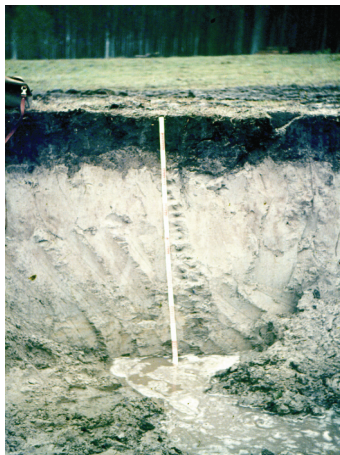


Slika 1. Aluvijalno tlo  
Figure 1. Calcaric Fluvisol (alluvial)

Tablica 4a. Kulture i manjak vode u aluvijalnom tlu (mm)

Table 4a. Crops and water deficit in calcaric fluvisol (mm)

Kultura	Manjak vode					
	U prosječnim godinama			U Fa=0.25		
	Mjesec	Manjak	Σ	Mjesec	Manjak	Σ
Silažni kukuruz	VII	33.0	<b>33.0</b>	IV	15.1	<b>74.9</b>
				VII	55.5	
				IX	4.3	
Kupus i kelj	V	19.9	<b>56.0</b>	IV	15.1	<b>119.8</b>
	VII	16.1		V	30.1	
	VIII	20.0		VII	39.2	
				VIII	35.4	
Paprika i krastavci	VII	35.5	<b>44.2</b>	IV	15.1	<b>95.9</b>
	VIII	8.7		VII	52.4	
				VIII	23.9	
				IX	4.5	
Salata	V	19.9	<b>96.8</b>	IV	15.1	<b>149.4</b>
	VI	21.5		V	30.1	
	VII	31.9		VI	2.3	
	VIII	23.5		VII	61.3	
				VIII	40.6	
Rajčica	VI	7.7	<b>89.5</b>	IV	15.1	<b>139.7</b>
	VII	49.1		VII	73.4	
	VIII	32.7		VIII	51.2	
Jabuka	VI	19.0	<b>114.7</b>	V	0.2	<b>145.3</b>
	VII	56.7		VI	9.3	
	VIII	39.0		VII	78.5	
				VIII	57.3	
Srednjak			<b>72.4</b>			<b>120.8</b>



Slika 2. Semiglejno tlo  
Figure 2. Mollic Fluvisol (semigley)

Tablica 4b. Kulture i manjak vode u semiglejnom tlu (mm)

Table 4b. Crops and water deficit in mollic fluvisol (mm)

Kultura	Manjak vode					
	U prosječnim godinama			U Fa=0,25		
	Mjesec	Manjak	Σ	Mjesec	Manjak	Σ
Silažni kukuruz	VII	26.7	26.7	IV VII	8.8 49.2	58.0
Kupus i kelj	V VII VIII	13.6 10.3 19.8	43.7	IV V VII VIII	8.8 28.8 32.9 33.0	103.5
Paprika i krastavci	VII VIII	29.2 8.1	37.3	IV VII VIII IX	8.8 50.1 22.3 4.2	85.4
Salata	V VI VII VIII	13.6 20.4 30.0 22.1	86.1	IV V VI VII VIII	8.8 28.8 2.2 57.6 38.0	135.4
Rajčica	VI VII VIII	1.4 47.3 30.5	79.2	IV VII VIII	8.8 70.1 47.3	126.2
Jabuka	VI VII VIII	12.8 53.9 36.3	103.0	VI VII VIII	7.5 76.8 53.1	137.4
Srednjak			62.7			107.7



Bilancom vode u tlu (tablice 4a i 4b) utvrđen je manjak vode kod svih kultura na istraživanim tlima. Manjak vode je izračunat i u prosječnim i sušnijim godinama, s tim da je u prosječnim godinama nedostatak vode bio manji u odnosu na sušnije godine, a isto tako u semiglejnom tipu tla izračunat je manji nedostatak vode nego kod aluvijalnog tipa tla, što je u korelaciji s hidropedološkim značajkama tla. Od razmatranih kultura najveći nedostatak vode je izračunat kod jabuke (u svim varijantama razmatranja-tipovi tala i količina palih oborina), a najmanji kod silažnog kukuruza. Od povrtnih kultura najveći nedostatak vode je utvrđen kod salate.

U praksi navodnjavanja izračunati manjak vode se dozira kroz izračunati obrok i turnus navodnjavanja (tablica 5.).

**Tablica 5. Doziranje vode u navodnjavanju**

**Table 5. Dosage of irrigation water**

Kultura	Aluvijalno tlo		Semiglejno tlo	
	Obrok (mm)	Turnus (dana)	Obrok (mm)	Turnus (dana)
Jednogodišnje	45	11	60	15
Jabuka	60	14	80	17

Na tablici 5 razvidno je da postoji razlika u količini izračunate vode (u obroku navodnjavanja), kako između tipova tala tako i između kultura. Osim u količini vode, razlika je evidentna i u turnusu navodnjavanja. Turnus je kraći kod tipa tla s manjim kapacitetom za vodu (aluvijalno tlo) i u početnom razvoju biljke, iz razloga što se najveće promjene vodnog režima upravo događaju u površinskom dijelu tla (Vidaček, 1981). Prema Tomiću (1988.) obrok navodnjavanja i turnus su bitni elementi u doziranju vode, a isti su u korelaciji s kapacitetom tla za vodu i dubinom korjena kulture, odnosno stadijem njezina razvoja.

## ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Efektivne oborine bile su niže od referentne evapotranspiracije.
2. U višegodišnjem prosjeku oborina, efektivne oborine bile su niže za 21,7 mm od ETo, dok je u vjerojatnosti pojave oborina u 75% slučajeva, izračunata razlika iznosila 121,7 mm.

3. Bilancom vode u tlu utvrđen je manjak vode kod svih kultura na istraživanim tipovima tala.
4. U prosječnim godinama nedostatak vode bio je manji u odnosu na sušnije godine.
5. U semiglejnom tipu tla izračunat je manji nedostatak vode nego kod aluvijalnog tipa tla.
6. Manjak vode u tlu može se nadoknaditi distribucijom vode kroz potrebni obrok navodnjavanja i pravovaljani turnus navodnjavanja.

#### LITERATURA

- Beltrão, J., Antunes da Silva, Asher, J.B.** (1996): Modeling the effect of capillary water rise in corn yield in Portugal. *Irrigation and drainage systems*, 10:179-186.
- Dastone, N. G.** (1975): Effective rainfall. *FAO Irrigation and drainage paper*, No. 25, Rome.
- Gerakis, A., Zalidis, G.** (1998): Estimating field-measured, plant extractable water from soil properties: beyond statistical models. *Irrigation and Drainage Systems*, 12:311-322.
- Gračanin, M.** (1950): Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, br. 12, Zagreb.
- Kos, Z.** (2004): Hrvatska i navodnjavanje. *Hrvatska vodoprivreda*, 142: 30-41.
- Mađar, S., Šoštarić, J., Tomić, F., Marušić, J.** (1998): Neke klimatske promjene i njihov utjecaj na poljoprivredu Istočne Hrvatske, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Znanstveni skup s međunarodnim sudjelovanjem: Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama, 127-135, Zagreb
- Smith, M.** (1992): Cropwat-A computer program for irrigation planning and management. *FAO Irrigation and Drainage paper*, No. 46, Rome.
- Širić, I., Vidaček, Ž.** (1998): HIDROKALK-kompjuterski program za izračunavanje balance oborinske vode u tlu. *Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet*, Zagreb.

- Šimunić, I., Senta, A., Tomić, F.** (2006): Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. *Agronomski glasnik*. 1:13-31.
- Palmer, C.W.** (1965): *Meteorological drought*. Washington: U.S. Department of Commerce – Research Paper No. 45, 58 pp.
- Pandžić, K., Šimunić, I., Tomić, F., Husnjak, S., Likso, T., Petošić, D.** (2006): Comparison of three mathematical models for the estimation of 10-day drain discharge. *Theor. Appl. Climatol.*, 85: 107-115.
- Romić, D., Marušić, J., Tomić, F., i više autora** (2005): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Tomić, F. (1988)**: Navodnjavanje. Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, p.154.
- 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. HAZU, Razred za prirodne znanosti i Razred za tehničke znanosti, 7-20, Zagreb
- Vidaček, Ž.** (1981): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 57:471-502.

**Adrese autora-Authors' addresses:**

Prof.dr.sc. Ivan Šimunić

Prof.dr.sc. Matko Bogunović

Prof.dr.sc. S. Husnjak

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

**Primljeno – Received:**

06.06.2007.

Doc.dr.sc. Krešo Pandžić,

Dr.sc. Branka Ivančan Picek

Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

