

## **MANJAK VODE U TLU PRI UZGOJU LUCERNE, RAJČICE I VINOVE LOZE U OSJEČKO-BARANJSKOJ I ISTARSKOJ ŽUPANIJI U UVJETIMA KLIMATSKIH PROMJENA**

### **SOIL WATER DEFICIT IN THE CULTIVATION OF ALFALFA, TOMATOES AND GRAPEVINES IN THE OSIJEK-BARANJA AND ISTRIA COUNTIES UNDER THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE**

**Danijela Jungić i S. Husnjak**

#### **SAŽETAK**

Osnovni je cilj ovog rada i) ukazati na trend klimatskih promjena u Osječko-baranjskoj i Istarskoj županiji usporedbom osnovnih meteoroloških podataka (oborine i temperatura zraka) između tri klimatska razdoblja: 1961. - 1980. (prvo), 1981. - 2000. (drugo) i 2001. - 2020. (treće) te ii) utvrditi utjecaj klimatskih promjena na manjak vode u tlu kao i njegove promjene tijekom navedenih razdoblja, za lucernu, rajčicu i vinovu lozu. U Osječko-baranjskoj županiji u trećem razdoblju utvrđen je trend povećanja srednje godišnje količine oborina i temperature zraka u odnosu na drugo razdoblje (+52,2 mm i +0,7 °C), odnosno prvo razdoblje (+32,3 mm i +1,3 °C). U vegetaciji (IV-IX mjeseca), treće je razdoblje bilo vlažnije i toplije u odnosu na prvo i drugo razdoblje. Manjak vode u vegetaciji i u prosječnim i sušnim godinama kretao se sljedećim redoslijedom: vinova loza < lucerna < rajčica i najveći je bio u drugom razdoblju. Najveća razlika u manjku vode tijekom vegetacije, bila je između prvog i drugog razdoblja (prosječna godina) dok je u sušnoj godini ta razlika bila najveća između trećeg i prvog razdoblja. U Istarskoj županiji utvrđen je trend povećanja godišnje količine oborine i porasta temperature zraka u trećem razdoblju za 100,3 mm i 1,2 °C u odnosu na drugo i smanjenje oborina za 31,1 mm i porast temperature zraka za 1,6 °C u odnosu na prvo razdoblje. U vegetaciji, treće je razdoblje bilo vlažnije i toplije u odnosu na drugo razdoblje, ali i sušnije i toplije u odnosu na prvo razdoblje. Manjak vode u vegetaciji u prosječnim i sušnim godinama kretao se prema redoslijedu: vinova loza < lucerna < rajčica, a najveći je manjak vode zabilježen u trećem razdoblju. Najveća razlika u manjku vode tijekom

vegetacije, u prosječnoj godini, bila je između prvog i drugog razdoblja, a u sušnoj godini između trećeg i prvog razdoblja. Promjene klime u posljednjih 20 godina razlog su pojavi sve izraženijeg nedostatka vode u tlu kod lucerne, rajčice i vinove loze u prosječnim i u sušnim godinama. U svrhu nadoknade gubitaka vode iz tla i radi postizanja zadovoljavajućeg prinosa ovih kultura, potrebno je projektirati i izgraditi sustave navodnjavanja, ali i provesti adekvatne agrotehničke mjere (odabir sorti i kultivara prilagođenih sušnim uvjetima, pokrivanje tla folijom, prilagodбом načina i vremena sjetve/sadnje kultura).

Cljučne riječi: nedostatak vode u tlu, klima, poljoprivredne kulture

## ABSTRACT

The main objective of this work is i) to show the trend of climate change in Osijek-Baranja County and Istria County by comparing basic meteorological data (precipitation and air temperature) between three climatic periods: 1961 -1980 (first period), 1981 - 2000 (second period) and 2001 - 2020 (third period) and ii) to determine the impact of climate change on soil water deficit and its changes during the mentioned periods for alfalfa, tomato and grapevine. In Osijek-Baranja County, a trend towards an increase in annual precipitation and air temperature was observed in the third period compared to the second period (+52.2 mm and +0.7 °C), i.e. compared to the first period (+32.3 mm and + 1.3 °C). In the vegetation period (April-September), the third period was wetter and warmer compared to the first and second periods. The water deficit in vegetation in both average and dry years was in the following order: grapevine < alfalfa < tomato and was greatest in the second period. The greatest difference in water deficit during the vegetation period was greatest between the first and second period (average year) while this difference was greatest between the third and first period (dry year). In Istria County, there was a trend towards an increase in annual precipitation and in air temperature of 100.3 mm and 1.2 °C in the third period compared to the second period, and a decrease in precipitation of 31.1 mm and an increase in air temperature of 1.6 °C compared to the first period. As far as vegetation is concerned, the third period was wetter and warmer than the second period, but also drier and warmer than the first period. The water deficit in the vegetation in average and dry years moved in the order: grapevine < alfalfa < tomato, and the largest water deficit was recorded in the third period. The greatest difference in water deficit during the growing season was in an average year between the first and second period and in a dry year between the third and first period. The climatic changes of the last

20 years are the reason why the water deficit in the soil of alfalfa, tomatoes, and grapevines is more and more pronounced in average and dry years. In order to compensate for the water losses in the soil and achieve a satisfactory yield of these crops, irrigation systems must be planned and built, but also appropriate agrotechnical measures must be implemented (selection of varieties and cultivars adapted to dry conditions, covering the soil with foil, adapting the method and timing of sowing/planting the crops).

Keywords: soil water deficit, climate, agricultural crops

## 1. UVOD

Klimatske promjene sve se brže i intenzivnije događaju posljednjih nekoliko desetljeća. Prema Izvješću IPCC (2023), globalna temperatura na površini Zemlje je oko 1,1°C u razdoblju 2001. - 2020. viša u odnosu na razdoblje 1850. - 1900. Republika Hrvatska nalazi se u mediteranskom području u kojem je posljednjih desetljeća primjetan trend porasta srednje godišnje temperature zraka od 0,2 do 0,3 °C / 10 god duž Jadrana te do 0,5 °C / 10 god u središnjoj Hrvatskoj (DHMZ, 2023). Međutim, trend oborina slabo je izražen i u posljednjem desetljeću utvrđen je pad količina oborina od 5 do 15 % / 10 godina tijekom ljetnih mjeseci na Jadranu u odnosu na razdoblje 1981. - 2010. dok je u središnjoj Hrvatskoj opažen stalan porast jesenskih oborina (do 15 %/10 godina).

U Republici Hrvatskoj već su primjetni negativni učinci klimatskih promjena na poljoprivredu, gospodarstvo te ljudsko zdravlje. Tijekom razdoblja 1991. - 2020. došlo je do produljenja vegetacije poljoprivrednih kultura u odnosu na razdoblje 1961. - 1990. što je u izravnoj vezi s povećanjem temperature zraka. To je primjetno posebice u Slavoniji pri uzgoju jabuke, vinove loze i kukuruza. (DHMZ, 2023) U Osječko-baranjskoj županiji, u razdoblju 1901. - 2008., zabilježeno je smanjenje oborina za 0,8 % /10 godina (-3,2 % u proljeće i -2,0 % u jesen). U istom je razdoblju zabilježen trend porasta srednje godišnje temperature zraka od 0,05 °C/10 godina, a u razdoblju 1984. - 2008., porast za 0,52 °C/10 godina. (EKONERG, 2022). Na području Pule tijekom razdoblja 1961. - 2015. utvrđen je trend porasta srednje godišnje temperature zraka od 0,3 do 0,6 °C/10 godina i trend smanjenja godišnjih količina oborina za 18,6 mm /10 godina. (DVOCUT ECRO, 2022). Projekcije klime za razdoblje 2011. - 2040. na području Osječko-baranjske županije ukazuju na porast srednje godišnje temperature zraka za 1,1 °C i malo smanjenje godišnjih količina oborina, prosječno za 2,2 %, kao i porast

evapotranspiracije za 3 % u proljetnom razdoblju (NN 46/20). U istom se razdoblju na području Istarske županije očekuje porast srednje godišnje temperature zraka od 1,4°C, a u periodu 2041. - 2070. za 1,9 - 2,5 °C kao i porast godišnje količine oborina na južnom dijelu poluotoka za 5 do 10 % (OIKON, 2019.).

Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredne kulture je višestruk: promjene trajanja fenoloških faza vinove loze (Fraga i sur. 2016.), lucerne (Thivierge i sur., 2016.), rajčice (Bhandari i sur., 2021.); povećana potreba kultura za vodom, nedostatak zaliha vode u tlu (Vicente-Serrano i sur., 2017.); smanjenje prinosa (Kumar i sur., 2021.). Budući da poljoprivredna proizvodnja u najvećoj mjeri ovisi o vodnom režimu tla, smanjenje zaliha vode u tlu tijekom vegetacije ukazuje na pojavu poljoprivredne suše (Watson i sur., 2022.). Također, manjak vode u tlu jedan je od preduvjeta za praćenje utjecaja ekstremnih temperatura (Shekhar i sur., 2024.) i globalnih klimatskih promjena (Albergel i sur., 2013.). Pristupačnost vode za poljoprivredne kulture tijekom vegetacije u Europi značajno se smanjila u razdoblju 1985. - 2014. u usporedbi s prvom polovinom 20. stoljeća (Padrón i sur., 2020.), zbog pojave sve izraženijih sušnih razdoblja, posebice u vrijeme vegetacije, te povećanja vrijednosti evapotranspiracije. U Hrvatskoj je manjak vode u tlu posebno izražen na jadranskoj obali i u istočnom dijelu Hrvatske (Ferina i sur. 2021.).

Uzimajući u obzir različita klimatska obilježja i oscilacije meteoroloških parametara (temperatura zraka i količina oborina) tijekom višegodišnjeg razdoblja mjerenja na području Osječko-baranjske (1961. - 2020. godina) i Istarske županije (1963. - 2020. godina), cilj rada bio je: i) ukazati na trend klimatskih promjena u navedenim županijama; ii) utvrditi utjecaj klimatskih promjena na pojavu manjka vode u tlu pri uzgoju reprezentativnih kultura (rajčica, lucerna i vinova loza) u obje županije.

## 2. MATERIJALI I METODE RADA

Osnovne značajke klime prikazane su na temelju izmjerenih meteoroloških podataka (srednje mjesečne i godišnje količine oborina, te srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti temperature zraka) u višegodišnjem razdoblju (1961./1963. - 2020.) s glavnih meteoroloških postaja (GMP) Osijek-Čepin ( 45°30'8" N; 18°33'42" E; n.v. 89 m) i Pula-aerodrom (44°53'51"; 13°55'13"; n.v. 63 m) (DHMZ). Navedeni meteorološki podatci analizirani su i uspoređivani za 3 klimatska razdoblja: 1961./1963. - 1980. (u daljem tekstu: prvo razdoblje), 1981. - 2000. (u daljem tekstu: drugo razdoblje ) i 2001. - 2020. (u daljem tekstu:

treće razdoblje). Za izračun bilance vode u tlu, referentna evapotranspiracija ( $ET_0$ ), izračunata je prema Penman-Monteith metodi (Allen i sur., 1998.), uz korištenje računalnog programa „Cropwat 8.0“ (Smith, 1992.). Višegodišnji niz oborina korišten je za izračun efektivnih prosječnih oborina i oborina u sušnim godinama (vjerojatnost pojave oborine  $\leq 75\%$  slučajeva ( $Fa \leq 75\%$ )), prema USDA, SCS metodi (USDA, 1993.). Manjak vode u tlu za odabrane kulture (lucerne, rajčicu i vinovu lozu) izračunat je na temelju proračuna bilance vode u tlu prema metodi Palmera (korigiranoj i kalibriranoj prema Vidačeku, 1981.), uz korištenje programa Hidrokalk (Vidaček i Tanić, 1989.). Kao ulazni parametri korišteni su podatci o  $O_{eff}$ ,  $ET_0$ , koeficijentu kulture ( $k_c$ ) za pojedine fenofaze u vegetaciji navedenih kultura (Doorenbos i Pruitt, 1978.). Hidropedološke konstante (poljski kapacitet tla za vodu ( $PK_{V_1}$  i  $PK_{V_2}$ ) i zalihe vode ( $Z_1$  i  $Z_2$ )) određene su u skladu s dubinom najzastupljenijeg korijena lucerne, rajčice i vinove loze za prvi sloj tla (0 - 10 cm) i drugi sloj (10 - 50 cm).

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

#### Osnovne značajke klime

Značajke klime na području Osječko-baranjske i Istarske županije prikazane su na temelju analize vrijednosti oborine i temperature zraka za višegodišnji prosjek i sušnu godinu ( $Fa \leq 75\%$ ) kako na godišnjoj razini, tako i u vegetacijskom razdoblju kroz tri klimatska razdoblja (Tablice 1. i 2.).

**Tablica 1. Količina oborina i temperatura zraka za meteorološku postaju Osijek**

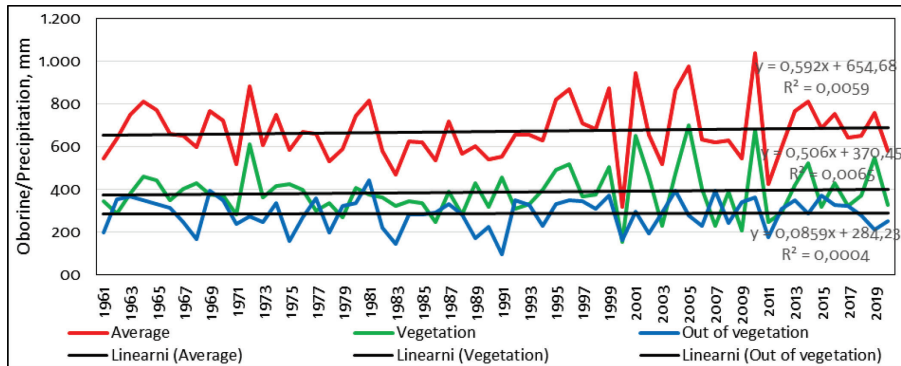
**Table 1 Precipitation and air temperature at the Osijek meteorological station**

Vremensko razdoblje Period	Mjeseci Months	Oborine, mm Precipitation, mm		Temperatura zraka, °C Air temperature, °C	
		Prosjek Average	$Fa \leq 75\%*$	Prosjek Average	$Fa \leq 75\%$
		1961. - 1980. (1.)	I-XII	672,1	431,0
	IV-IX	382,3	250,9	17,4	16,5
1981. - 2000. (2.)	I-XII	652,2	405,3	11,3	10,2
	IV-IX	365,2	239,0	18,0	17,4
2001. - 2020. (3.)	I-XII	704,4	410,2	12,0	11,0
	IV-IX	410,1	235,8	18,8	17,9

\*  $Fa \leq 75\%$ - 75% vjerojatnosti pojave oborina

\*  $Fa \leq 75\%$ - 75% of precipitation probability

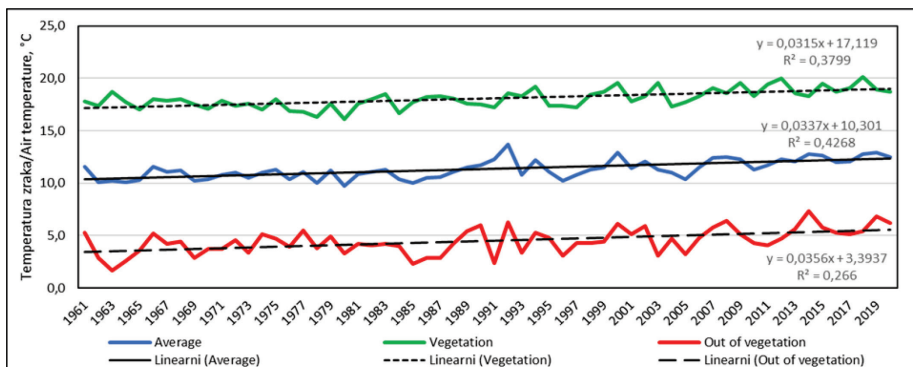
Višegodišnji prosjek oborina na području Osječko-baranjske županije (GMP Osijek) tijekom tri klimatska razdoblja pokazuje da je u trećem razdoblju palo za 52,2 mm više oborina u odnosu na drugo razdoblje i 32,3 mm više u odnosu na prvo razdoblje (Tablica 1). Također, treće razdoblje bilo je i za 0,7 °C toplije u odnosu na drugo, a čak za 1,3 °C toplije u odnosu na prvo razdoblje. Sličan trend porasta godišnje količine oborina (+87,9 mm) i srednje godišnje temperature zraka (+1,0 °C) na području Virovitičko-podravske županije u razdoblju 2008. -2021. u odnosu na razdoblje 1981. - 1995. dobili su i Husnjak i sur. (2023.), a Šimunić i sur. (2014.) su na području Koprivnice utvrdili blagi porast srednje godišnje temperature zraka (+ 0,5 °C) u razdoblju 1981. - 2010. u odnosu na razdoblje od 1976. do 2005. U vegetaciji kultura (IV. – IX. mjesec), srednja količina oborina u trećem razdoblju bila je veća i to za 44,9 mm u odnosu na drugo i 27,8 mm u odnosu na prvo razdoblje, a temperatura zraka viša za 0,8 °C u odnosu na drugo i čak 1,4 °C u odnosu na prvo razdoblje, što je u skladu s istraživanjima Husnjaka i sur. (2023.). U vegetaciji sva tri razdoblja palo je prosječno više oborina u odnosu na godišnju količinu, a taj udio varira od 56,0 % u drugom razdoblju do 58,2 % u trećem razdoblju, što je značajka kontinentalnog oborinskog režima. Dobiveni rezultati u skladu su s istraživanjima Sertić (2021.) na području Biđ-Bosuta u Slavoniji (55,8 %), i Husnjaka i sur. (2023.) na području Virovitičko-podravske županije (55,0 %). U sušnim godinama, ( $Fa \leq 75$  %), vidljiv je porast srednje godišnje količine oborina i temperature zraka u trećem razdoblju u odnosu na drugo (+4,9 mm i +0,8°C) i prvo razdoblje (+ 20,8 mm i + 1,4 °C) što je definitivno pokazatelj prisutnih klimatskih promjena (Tablica 1., Graf 2.). U vegetaciji, treće je razdoblje neznatno sušnije za 3,2 mm i toplije za 0,5 °C u odnosu na drugo razdoblje, odnosno za 15,1 mm sušnije, ali za čak 1,4 °C toplije u odnosu na prvo razdoblje. Trend kretanja godišnje količine oborina, te oborina u vegetaciji i izvan vegetacije nije bio izražen (Graf 1.). Međutim, u posljednjih 20 godina povećao se broj godina s prosječnom količinom oborina većom od 900 mm, koje su neujednačenog rasporeda, trajanja i intenziteta. Manji udio oborina u izvan vegetacijskom periodu rezultat su sve toplijih jesensko-zimskih razdoblja, na što ukazuju i De Luis i sur. (2014.), te višegodišnja mjerenja DHMZ-a (2023.).



Graf 1. Trend kretanja godišnjih oborina i oborina u vegetacijskom i izvan vegetacijskom periodu, tijekom višegodišnjeg razdoblja 1961. - 2020. na MP Osijek

Graph 1 The trend of annual precipitation and precipitation in period with and without vegetation, during the long-term period 1961 - 2020, on MS Osijek

Trend kretanja srednje godišnje temperature zraka tijekom cijelog razdoblja bilježi kontinuirani porast kako na godišnjoj razini, tako i u vegetaciji i izvan vegetacije (Graf 2.). Razlog tome je sve veći broj dana s ekstremno visokim temperaturama tijekom ljetnih mjeseci, u vrijeme aktivne vegetacije i sve manjim brojem hladnih dana tijekom izvan vegetacijskog razdoblja, što potvrđuju i Čadro i sur. (2020.) na području Posavine.



Graf 2. Trend prosječne godišnje temperature zraka i prosječnih temperatura zraka u vegetacijskom i izvan vegetacijskom periodu tijekom razdoblja 1961. - 2020. na GMP Osijek

Graph 2 The trend of average annual air temperature and air temperature in the period with and without vegetation, during the long-term period 1961 - 2020, at MS Osijek

Višegodišnji prosjek oborina na području Istarske županije (GMP Pula) veći je u odnosu na Osječko-baranjsku županiju (GMP Osijek) u sva tri klimatska razdoblja, a razlike su izraženije među pojedinim razdobljima (Tablica 2.). Treće je razdoblje bilo sušnije (-31,1 mm) i toplije (+1,6°C) u odnosu na prvo razdoblje, ali i vlažnije (+ 100,3 mm) i toplije (+1,2°C) u odnosu na drugo razdoblje. Najveće su promjene u količini oborina (- 131,4 mm) i najmanje promjene u temperaturi zraka (+ 0,4°C) utvrđene su u drugom razdoblju u odnosu na prvo. Dobiveni rezultati u skladu su s istraživanjima Sertić (2020.).

**Tablica 2. Količina oborina i temperatura zraka za meteorološku postaju Pula**

**Table 2 Amount of precipitation and air temperature on meteorological station Pula**

Vremensko razdoblje Period	Mjeseci Months	Oborine, mm Precipitation, mm		Temperatura zraka, °C Air temperature, °C	
		Prosjek Average	Sušna godina Dry year Fa ≤ 75 %*	Prosjek Average	Sušna godina Dry year Fa ≤ 75 %
1963. - 1980.	I-XII	909,5	503,1	13,7	12,8
	IV-IX	423,2	237,6	18,8	18,0
1981. - 2000.	I-XII	778,1	378,1	14,1	13,3
	IV-IX	334,3	183,2	19,6	18,8
2001. - 2020.	I-XII	878,4	402,2	15,3	14,3
	IV-IX	387,4	202,5	20,9	20,1

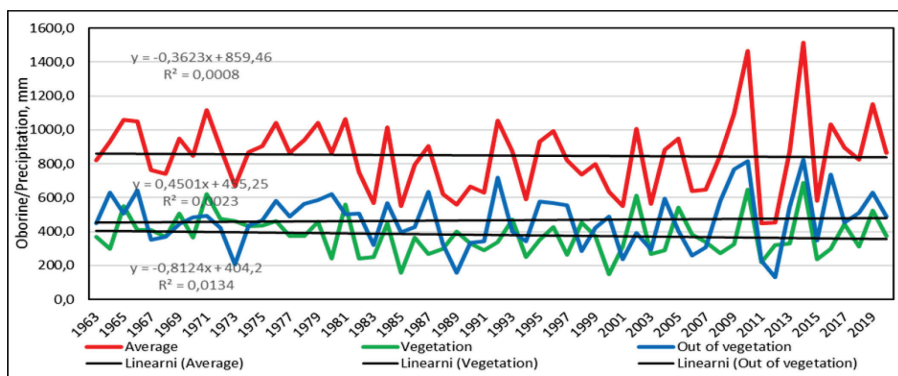
\* Fa ≤ 75 %- 75% vjerojatnosti pojave oborina

\* Fa ≤ 75 %- 75% of precipitation probability

U vegetaciji kultura, treće je razdoblje bilo prosječno za 35,8 mm sušnije i za čak 2,1°C toplije u odnosu na prvo razdoblje, odnosno za 53,1 mm vlažnije i za 1,3 °C toplije u odnosu na drugo razdoblje (Tablica 2.). Najviše je oborina u prosjeku u svim razdobljima palo izvan vegetacije, a njen udio u odnosu na ukupnu količinu oborina varirao je od 53,5 % u prvom razdoblju do 57 % u drugom razdoblju. Navedeno je karakteristika mediteranskog tipa klime i maritimnog režima oborina. Sličan omjer utvrdili su i Husnjak i sur. (2023.) u Ličko-senjskoj županiji, gdje je količina oborina izvan vegetacije varirala od 56,3 % u razdoblju 1981. - 2000., do 59,1 % u razdoblju 2001. - 2021. U sušnim godinama, (Fa ≤ 75 %), višegodišnji prosjek oborina u trećem razdoblju veći je za 24,1 mm, a temperatura zraka za 1,0°C viša u odnosu na drugo razdoblje, odnosno za 100,9 mm sušnije i za 1,5 °C toplije u odnosu na prvo



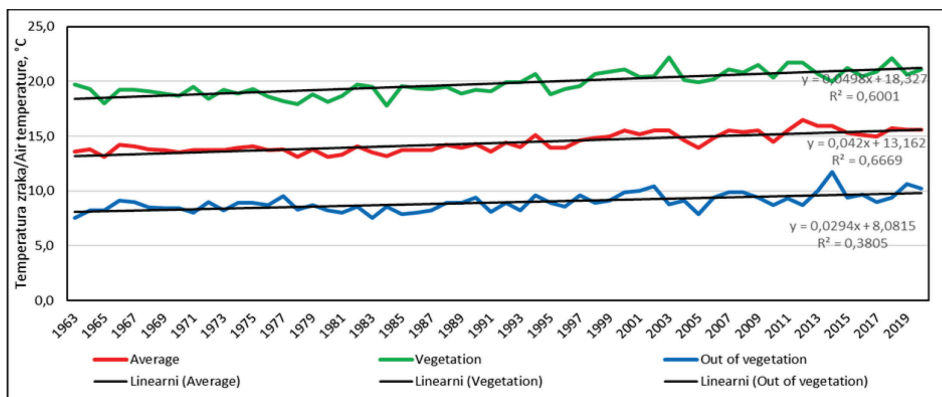
razdoblje, Tablica 2. U vegetaciji, u sušnim godinama, treće je razdoblje bilo za 19,3 mm vlažnije i za 1,3°C toplije u odnosu na drugo razdoblje te za 35,1 mm sušnije i za 2,1 °C toplije u odnosu na prvo razdoblje. Također je tijekom cijelog razdoblja zabilježen neznatan pozitivan trend kretanja godišnje količine oborine (Graf 3.). Međutim, u posljednjem desetljeću sve je više godina s prosječnom količinom oborina > 1000 mm (2010., 2014., 2016., 2019.), pri čemu najveći dio oborina pada izvan vegetacije. Također, to je u skladu s maritimnim obilježjima južnog dijela Istarskog poluotoka, u kojem, najveće količine oborina padaju u jesenskom razdoblju od listopada do prosinca.



Graf 3. Trend godišnjih oborina i oborina u vegetacijskom i izvan vegetacijskom periodu, tijekom razdoblja 1963. - 2020. na GMP Pula

Graph 3 The trend of annual precipitation and precipitation in period with and without vegetation, during the long-term period 1963 - 2020, at MS Pula

Manjak oborina u vegetaciji uzrokovan je i značajnim kontinuiranim porastom srednje godišnje temperature zraka, Graf 4. Povećanje temperatura zraka u vegetaciji za 1,5 °C u Puli u razdoblju 2000 .- 2019. u odnosu na razdoblje 1980. - 1999. dobila je i Sertić (2020.).



Graf 4. Trend prosječne godišnje temperature zraka i prosječnih temperatura zraka u vegetacijskom i izvan vegetacijskom periodu tijekom razdoblja 1963. - 2020. na MP Pula

Graph 4 The trend of average annual air temperature and air temperature in the period with and without vegetation, during the long-term period 1963 - 2020, at MS Pula

#### Nedostatak vode u tlu

Klimatske promjene koje su posebno izražene u posljednjih 20 godina izrazito utječu na odvijanje poljoprivredne proizvodnje, koja je posebno ranjiva na poremećaj režima vlažnosti tla, kao glavnog agroekološkog čimbenika potrebnog za ostvarivanje zadovoljavajućih prinosa. Lucerna, zahvaljujući dobro razvijenom i dubokom korijenu, kultura je koja je dosta tolerantna prema suši, ali za svoj rast i razvoj treba čak 800 - 1600 mm vode, vinova treba oko 500 - 1200 mm vode, dok je rajčica kultura koja tijekom vegetacije treba oko 400 - 600 mm (FAO, 2024). Na temelju prethodno analiziranih klimatskih elemenata za tri višegodišnja klimatska razdoblja, dva klimatološki različita područja u Republici Hrvatskoj (Osječko-baranjska i Istarska županija) i tri reprezentativne poljoprivredne kulture (lucerna, rajčica i vinova loza), utvrđen je manjak vode u tlu (Tablice 3. i 5.), te razlika u manjku vode u tlu među svim razdobljima (Tablice 4. i 6.)

**Tablica 3. Manjak vode u tlu u vegetaciji za područje Osječko-baranjske županije**

**Table 3 Soil water deficit during vegetation for Osijek-Baranja County**

Kultura Crop	Meteorološka postaja Osijek / Meteorological station Osijek					
	Manjak vode u tlu / Soil water deficit (mm)					
	1961. - 1980. (1)*		1981. - 2000. (2)*		2001. - 2020. (3)*	
	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75%)	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75%)	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75%)
Lucerna / Alfalfa	76,0	130,8	112,9	172,9	94,0	191,3
Rajčica / Tomato	62,8	138,7	114,7	192,5	101,2	212,5
Vinova loza / Vine	9,5	57,7	37,6	84,8	27,5	89,1

\*klimatska razdoblja

\* climatic periods

U Osječko-baranjskoj županiji, prema višegodišnjem prosjeku oborina u svim razdobljima manjak vode u tlu u vegetaciji kreće se prema sljedećem rasporedu: vinova loza < lucerna < rajčica, tablica 3. U drugom razdoblju, najmanji je manjak vode u tlu zabilježen u vinovoj lozi (37,6 mm), a najveći u rajčici (114,7 mm). Slične vrijednosti manjka vode u tlu u rajčici (101,8 mm) na području Koprivnice, utvrdili su i Šimunić i sur. (2014.). U sušnim godinama, najveći se manjak vode kod svih kultura javlja u trećem razdoblju i varira od 89,1 mm kod vinove loze do 212,5 mm kod rajčice. Ove su vrijednosti u skladu s trendom porasta temperature zraka. Šimunić i sur. (2014.) su na području Koprivnice dobili neznatno nižu vrijednost manjka vode za rajčicu (193,2 mm). Najveći gubitak vlage u uzgoju rajčice može se objasniti činjenicom da se poljoprivredna suša najbrže javlja u površinskim slojevima tla i da ona ne raspolaže takvim korijenovim sustavom, koji bi mogao iskoristiti zalihi vode iz nešto dubljih slojeva. Vinova loza je otpornija na sušu, zbog svoje sposobnosti da iskoristi i zimsku vlagu akumuliranu tijekom izvan vegetacijskog razdoblja te zahvaljujući dubljem korijenovu sustavu koji se adaptira na uvjete manjka vlage u tlu. Također, u uvjetima izraženog manjka vode u tlu, vinova loza ulazi ranije u fenofazu zriobe (Centeno i sur., 2010.). Najveća je razlika u manjku vode u tlu u višegodišnjem prosjeku kod svih kultura utvrđena je između prvog i drugog razdoblja (28,1 mm u vinovoj lozi do 51,9 mm u rajčici), a najmanja razlika između drugog i trećeg razdoblja (10,1 mm u vinovoj lozi do 18,9 mm u lucerni). Tijekom višegodišnjeg uzgoja i u uvjetima povećane temperature zraka, posebice u vegetaciji, lucerna značajno smanjuje zalihe vode u tlu i

povećava učinak suše, što potvrđuje Zhao i sur. (2022.). U sušnim godinama, najveće su razlike u manjku vode u tlu kod svih kultura utvrđene između trećeg i prvog razdoblja, što je u skladu s oborinskim i temperaturnim režimom. U Istarskoj županiji, najveći se manjak vode u vegetaciji temeljem višegodišnjeg prosjeka oborina, javlja se u trećem razdoblju i varira od 174,3 mm u vinovoj lozi do 289,1 mm u rajčici (Tablica 4.). Izuzetak predstavlja lucerna koja trpi najveći nedostatak vode od 235,5 mm u drugom razdoblju, Rezultat je u skladu s istraživanjem Šimunića i sur. (2021.), koji su u lucerni, na području Poreča utvrdili manjak vode od 239,7 mm, a na području Červar-Porat-Bašarinka manjak vode od 226,6 mm (Šimunić i sur., 2015.). Razdoblje s najmanjim višegodišnjim prosjekom manjka vode u tlu za sve kulture bilo je prvo razdoblje, sa 98,3 mm u vinovoj lozi i 160,1 mm u rajčici. U sušnim godinama najveći je manjak vode zabilježen u trećem razdoblju i kretao se od 262,8 mm u vinovoj lozi do 412,0 mm u rajčici. Najmanji manjak vode zabilježen je u prvom razdoblju i varirao je od 154,6 mm u vinovoj lozi do 243,1 mm u rajčici.

**Tablica 4 . Manjak vode u tlu u vegetaciji za područje Istarske županije**

**Table 4 Soil water deficit during vegetation for Istria County**

Kultura Crop	Meteorološka postaja Pula / Meteorological station Pula					
	Manjak vode u tlu / Soil water deficit (mm)					
	1963. - 1980.(1)*		1981. - 2000.(2)*		2001. - 2020.(3)*	
	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75 %)	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75 %)	Prosjeak Average	Sušna godina Dry year (Fa≤75 %)
Lucerna / Alfalfa	133,9	204,1	235,5	343,3	216,9	347,5
Rajčica / Tomato	160,1	243,1	280,4	404,3	289,1	412,0
Vinova loza / Vine	98,3	154,6	172,3	254,7	174,3	262,8

\*klimatska razdoblja

\* climatic periods

Najveća je razlika u manjku vode na temelju višegodišnjeg prosjeka utvrđena između trećeg i prvog razdoblja (od 76,0 mm u vinovoj lozi do 129,0 mm u rajčici). Najmanje su promjene u manjku vode utvrđene između drugog i trećeg razdoblja i bile su najizraženije u lucerni (18,6 mm), a najmanje u vinovoj lozi (2,0 mm). U Istarskoj županiji, lucerna ima veliku osjetljivost na deficit vlage u tlu jer ima veće zahtjeve za vodom, ali također utječe i na smanjenje vlage u tlu zahvaljujući dubokom korijenju, jer smanjuje vrijednost Kv. (Boixadera i sur., 2001.) U sušnim godinama, najveća je razlika u manjku

vode između trećeg i prvog razdoblja i kretala se od 164, 5 mm u vinovoj lozi do 251,9 mm u rajčici, a najmanja je razlika utvrđena kod svih kultura između drugog i trećeg razdoblja (od 4,2 mm u lucerni do 8,1 mm u vinovoj lozi). Usporedbom manjka vode u tlu u prosječnim i sušnim godinama između dvije županije, očigledna je pojava izražene razlike u manjku vode kod svih kultura, a posebno između trećeg i prvog razdoblja. Najveću osjetljivost na nedostatak vlage u ima rajčica, a najmanju vinova loza. Manjak vode u tlu upućuje na ozbiljne probleme vezane uz fiziološke procese u biljci, promjenu dužine trajanja fenofaza, nepovoljan utjecaj na formiranje prinosa. Zbog toga je potrebno u obje županije sustavno provesti projektiranje i izgradnju sustava za navodnjavanje. Uzimajući u obzir prisutne klimatske promjene potrebno je prilagoditi izbor sorti i kultivara određenih poljoprivrednih kultura te razviti i optimizirati plan navodnjavanja i uskladiti ga sa sustavom biljne proizvodnje u istraživanim područjima.

#### 4. ZAKLJUČCI

U Osječko-baranjskoj županiji u trećem razdoblju utvrđene su klimatske promjene – povećanje godišnje količine oborine i temperature zraka u odnosu na drugo razdoblje (+ 52,2 mm i + 0,7 °C) i prvo razdoblje (+ 32,3 mm i +1,3 °C). U vegetaciji je kod višegodišnjeg prosjeka oborina treće razdoblje bilo vlažnije i toplije, a u sušnim godinama sušnije i toplije u odnosu prvo i drugo razdoblje. Najveći je manjak vode u tlu zabilježen u drugom razdoblju kod višegodišnjeg prosjeka, a u trećem se razdoblju u sušnim godinama i kretao sljedećim redoslijedom: vinova loza < lucerna < rajčica. Najveća je razlika u manjku vode tijekom vegetacije u prosjeku bila između prvog i drugog razdoblja, a u sušnoj godini između trećeg i prvog razdoblja. U Istarskoj županiji u trećem razdoblju utvrđen je porast srednje godišnje količine oborine (+ 100,3 mm) i temperature zraka (+1,2 °C). u odnosu na drugo razdoblje, te smanjenje količine oborine (-31,1 mm) i porast temperature zraka(+ 1,6 °C) u odnosu na prvo razdoblje. U vegetaciji, kod višegodišnjeg prosjeka oborina, treće je razdoblje bilo sušnije i toplije u odnosu na prvo razdoblje i vlažnije i toplije u odnosu na drugo razdoblje. U sušnim godinama, treće je razdoblje bilo vlažnije i toplije u odnosu na drugo razdoblje, a drugo razdoblje sušnije i toplije u odnosu na prvo razdoblje. Najveći je manjak vode u tlu i u višegodišnjem prosjeku i sušnim godinama utvrđen u trećem razdoblju kretao se sljedećim redoslijedom: vinova loza < lucerna < rajčica. Najveća je razlika u manjku vode u vegetaciji kod višegodišnjeg prosjeka bila najveća između prvog i drugog razdoblja, a u sušnoj godini između trećeg i prvog razdoblja.

Promjene klime u posljednjih 20 godina razlog su pojavi sve izraženijeg nedostatka vode u tlu kod lucerne, rajčice i vinove loze. Radi ublažavanja utjecaja uočenih klimatskih anomalija na sustave biljne proizvodnje, potrebno je nedostatak vlage u tlu korigirati provedbom odgovarajućih hidro, ali i agro melioracijskih mjera, poput primjene lokaliziranog navodnjavanja, pokrivanja tla folijama (kod uzgoja rajčice), prilagoditi izbor biljnih vrsta, sorta i kultivara s boljom prilagodbom na sušne uvjete.

## 5. LITERATURA

1. Albergel, C., Dorigo, W., Reichle, R. H., Balsamo, G., De Rosnay, P., Muñoz-Sabater, J., Isaksen, L., De Jeu, R., Wagner, W. (2013.): Skill and global trend analysis of soil moisture from reanalyses and microwave remote sensing. *Journal of Hydrometeorology*, 14(4): 1259-1277. (<https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0161.1>)
2. Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998.): *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements* FAO, United Nations, Rome.
3. Bhandari, R., Neupane, N., Adhikari, D. P. (2021.): Climatic change and its impact on tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) production in plain area of Nepal. *Environmental Challenges*. Vol. 4. 100129
4. Boixadera, J., Poch, R. and Herrero, C. (2001.): *Soilscapes of Catalonia and Aragón*, BSSS, UdL, SIADGA, DARP-GC. BSSS, Gembloux, Belgique, 360
5. Centeno, A., Baeza, P., Lissarrague, J. R. (2010.): Relationship between soil and plant water status in winegrapes under various water deficit regimes. *HortTechnology*, 20(3): 585-593.
6. Čadro, S., Marković, M., Kaloper, E., Ravlić, M., Žurovec, J. (2020.): Soil Water Balance Response to Climate Change in Posavina Region. *Agri Conf 2019. IFMBE Proceedings / Brka, M. ; Omanović-Miklićanin, E. ; Karić, L. et al. (ur.)*. Springer, 11-24
7. De Luis, M., Čufar, K., Saz, M. A., Longares, L. A., Ceglar, A., Kajfež-Bogataj, L. (2014.): Trends in seasonal precipitation and temperature in Slovenia during 1951–2007. *Regional Environmental Change* 14, 1801–1810
8. Doorenbos, J., Pruitt, N.O. (1998.): *Crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage paper, No 24, Rome (<https://www.fao.org/4/s2022e/s2022e07.htm>)
9. DHMZ (2023.): *Odabrana poglavlja Osmog nacionalnog izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime* [https://klima.hr/razno/publikacije/8NIKP\\_DHMZ.pdf](https://klima.hr/razno/publikacije/8NIKP_DHMZ.pdf)

10. DVOCUT ECRO (2022): Program ublažavanja klimatskih promjena, prilagodbe klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja za grad Pula-Pola – nacrt Programa (<https://www.pula.hr/it/novita/no/detail/23518/nacrt-programa-ublazavanja-prilagodbe-klimatskim-promjenama-i-zastite-ozonskog-sloja/>)
11. EKONERG (2022.): Nacrt Programa ublažavanja klimatskih promjena, prilagodbe klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja Osječko-baranjske županije ([https://obz.hr/images/Oglasnik\\_zastita\\_okolisa/Nacrt\\_Programa\\_OBZ\\_NacrtJavniUvid\\_Rujan2022.pdf](https://obz.hr/images/Oglasnik_zastita_okolisa/Nacrt_Programa_OBZ_NacrtJavniUvid_Rujan2022.pdf))
12. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023): Sections. In: Climate Change : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero eds.]. Geneva, Switzerland, 35-115 ([https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf))
13. FAO (2024.). <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
14. Ferina, J., Vučetić, V., Bašić, T., Anić, M. (2021.): Spatial distribution and long-term changes in water balance components in Croatia. Theoretical and Applied Climatology, 144, 1311-1333
15. Fraga, H., Santos, J. A., Moutinho-Pereira, J., Carlos, C., Silvestre, J., Eiras-Dias, J., Mota, T., Malheiro, A. C. (2016.): Statistical modelling of grapevine phenology in Portuguese wine regions: Observed trends and climate change projections. Journal of Agricultural Science., 154, 795–811.
16. Husnjak, S., Šimunić, I., Jungić, D. (2023.): The climate changes and soil water deficit during the cultivation of potatoes, maize and cabbage in the Virovitica-Podravina and Lika-Senj Counties. Agronomski glasnik, 85(5-6): 183-196.
17. Kumar P, Chandra Sahu N, Kumar S, Arshad Ansari M (2021.). Impact of climate change on cereal production: evidence from lower-middle-income countries. Environmental Science and Pollution Research, 28:51597– 51611
18. Narodne novine (NN 46/2020): Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu. ([https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_04\\_46\\_921.html](https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_46_921.html)).
19. OIKON (2019.): Program zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama Istarske županije. (<https://www.istra-istria.hr/hr/podsietovi/zastita-okolisa/dokumenti/program-zastite-zraka-ozonskog-sloja-ublazavanja-klimatskih-promjena-i-prilagodbe-klimatskim-promjenama-istarske-zupanije-2019-2023/>)

20. Padrón, R. S., Gudmundsson, L., Decharme, B., Ducharne, A., Lawrence, D. M., Mao, J., Peano, D., Krinner, G., Kim, H., Seneviratne, S. I. (2020.): Observed changes in dry-season water availability attributed to human-induced climate change. *Nature Geoscience* 13, 477–481.
21. Shekhar, A., Humphrey, V., Buchmann, N., Gharun, M. (2024.): More than three-fold increase of compound soil and air dryness across Europe by end of 21st century. *Weather and Climate Extremes*, Vol.44, 100666
22. Sertić, D. (2020.): Utjecaj klimatskih promjena na bilancu oborinskih voda u tlu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet
23. Smith, M. (1992.): CROPWAT-A Computer Programme. *Irrigation Planning and Management*. FAO Irrigation and Drainage Paper 46. Rome.
24. Šimunić, I., Spalević, V., Vukelić - Shutoska, M., Šošarić, J., Marković, M. (2014.): Utjecaj nedostatka vode u tlu na prinose poljoprivrednih kultura. *Hrvatske vode*, 22, 203-212
25. Šimunić, I., Matković, B., Moteva, M., Vukelić-Shutoska, M. (2015.): Potrebna količina vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura-pilot projekt Červar-Porat-Bašarinka. Šesta konferencija o vodama: Hrvatske vode na investicijskom valu, Zbornik radova (Biondić, D., Holjević, D., Vizner, M. (ured.) 9, 967-975
26. Šimunić, I., Likso, T., Husnjak, S., Bubalo Kovačić, M. (2021.): Analysis of Climate Elements in Central and Western Istria for the Purpose of Determining Irrigation Requirements of Agricultural Crops. *Agriculturae. Conspectus Scientificus*, 86(3), 225-233.
27. Thivierge, M.-N., Jégo, G., Bélanger, G., Bertrand, A., Tremblay, G. F., Rotz, C. A., Qian, B. (2016.): Predicted yield and nutritive value of an alfalfa-timothy mixture under climate change and elevated atmospheric carbon dioxide. *Agronomy Journal*, 108, 585–603.
28. USDA (1993.): In: Part 623 National Engineering Handbook : Irrigation water requirements, Chapter 2, Soil Conservation Service, 142-154
29. Vicente-Serrano, S. M., Tomas-Burguera, M., Beguería, S., Reig, F., Latorre, B., Peña-Gallardo, M., Luna, M.Y., Morata, A., González-Hidalgo, J. C. (2017.): A high resolution dataset of drought indices for Spain. *Data*, 2(3), 22.
30. Vidaček, Ž. (1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji. *Disertacija. Poljoprivredna znanstvena smotra*, 57: 471-502, Zagreb
31. Vidaček, Ž., Tanić, S. (1989.): Hidrokalk, kompjuterski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb



32. Watson, A., Miller, J., Künne, A., Kralisch, S. (2022.): Using soil-moisture drought indices to evaluate key indicators of agricultural drought in semi-arid Mediterranean Southern Africa. *Science of the Total Environment*, 812, 152464.
33. Zhao, X., Huang, M., Yan, X., Yang, Y. (2022.): The impacts of climate change and cropping systems on soil water recovery in the 0–1500 cm soil profile after alfalfa. *Agricultural Water Management*. Vol. 272, 107878

**Adrese autora – Authors addresses:**

Doc.dr.sc. Danijela Jungić,  
e-mail: djungic@agr.hr  
Prof.dr.sc. Stjepan Husnjak  
e-mail: shusnjak@agr.hr  
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet  
Zavod za pedologiju  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

**Primljeno – received:**

29.08.2024.

**Revidirano – revised:**

12.09.2024.

**Prihvaćeno – accepted:**

13.09.2024.

