

KLIMATSKE PROMJENE I MANJAK VODE U TLU PRI UZGOJU KRUMPIRA, KUKURUZA I KUPUSA U VIROVITIČKO-PODRAVSKOJ I LIČKO-SENJSKOJ ŽUPANIJI

THE CLIMATE CHANGES AND SOIL WATER DEFICIT DURING
THE CULTIVATION OF POTATOES, MAIZE AND CABBAGE IN
THE VIROVITICA-PODRAVINA AND LIKA-SENJ COUNTIES

S. Husnjak, I. Šimunić, Danijela Jungić

SAŽETAK

Osnovni cilj ovog rada je ukazati na intenzitet i trend klimatskih promjena u Virovitičko-podravskoj i Ličko-senjskoj županiji (brdsko planinsko područje) usporedbom osnovnih meteoroloških podataka (oborine i temperatura zraka) iz prvog klimatskog razdoblja (1981.-2000.) s podacima iz drugog klimatskog razdoblja (2001.-2020.) te utvrditi utjecaj klimatskih promjena na manjak vode u tlu za najzastupljenije kulture kao što su kupus, krumpir i kukuruz. U Virovitičko-podravskoj županiji zabilježen je trend povećanja prosječne godišnje količine oborina za 87,9 mm i temperature zraka za 1,0 °C u razdoblju 2001.-2020. u odnosu na razdoblje 1981.-2000. Sličan trend zabilježen je i u vegetacijskom razdoblju (IV-IX), s većom količinom oborina (za 56,2 mm) i višom temperatura zraka (za 0,9 °C) u drugom razdoblju u odnosu na prvo. U Ličko-senjskoj županiji, prosječna godišnja količina oborina u drugom razdoblju bila je za 27,8 mm veća, a temperatura zraka za 1,2 °C viša u odnosu na prvo. Međutim, u vegetacijskom razdoblju količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 27,2 mm manja, a temperatura zraka za 1,2 °C viša u odnosu na prvo razdoblje. Najveća razlika u manjku vode u tlu na području Virovitičko – podravske županije između dva razdoblja s obzirom na višegodišnji prosjek oborina utvrđena je za kupus (57,3 mm), a najmanja za kukuruz (48,0 mm), dok je u sušnim godinama, ta razlika bila najveća za kupus (118,3 mm), a najmanja za kukuruz (101,2 mm). U Ličko – senjskoj županiji najveća razlika u manjku vode u tlu između dva razdoblja kod višegodišnjeg prosjeka oborina utvrđena je za krumpir (27,1 mm), a najmanja za kupus (15,1 mm), dok je u sušnim godinama ta razlika bila najveća za krumpir (43,1 mm), a najmanja za kupus (37,8 mm).

Promjene klime na istraživanim područjima razlog su znatnom povećanju nedostatka vode u tlu za kukuruz, krumpir i kupus, i to kako u višegodišnjem

prosjeku, tako i u sušnim godinama. U svrhu nadoknade manjka vode u tlu i ostvarenja učinkovite poljoprivredne proizvodnje, potrebno je na području obje Županije planirati projektiranje i izgradnju sustava navodnjavanja.

Ključne riječi: klima, manjak vode u tlu, poljoprivredne kulture

ABSTRACT

The main goal of this paper was to indicate the intensity and trend of climate changes in Virovitica-Podravina and Lika-Senj Counties (hilly and mountain area) by comparing basic meteorological data from the first climate period (1981-2000) with data from the second climate period (2001-2020), and determine the impact of climate change on soil water deficit for the most common crops such as cabbage, potatoes and maize. In the Virovitica-Podravina County, a trend of an increase in the average annual precipitation by 87.9 mm and air temperature by 1.0 °C was recorded in the period 2001-2020. in relation to the period 1981-2000. A similar trend was recorded in the vegetation period (IV-IX), with higher precipitation (by 56.2 mm) and higher air temperature (by 0.9 °C) in the second period compared to the first. In the Lika-Senj County, the average annual precipitation was 27.8 mm higher, and the air temperature was 1.2 °C higher in the second period compared to the first. However, in the vegetation period, the amount of precipitation in the second climate period was 27.2 mm lower, and the air temperature was 1.2 °C higher compared to the first period. The biggest difference in the soil water deficit in the Virovitica - Podravina County between the two periods with regard to the long-term average of precipitation was determined for cabbage (57.3 mm), and the smallest for maize (48.0 mm), while in dry years, this difference was the largest for cabbage (118.3 mm), and the smallest for corn (101.2 mm). In the Lika-Senj County, the largest difference in soil water deficit between two periods in the multi-year average precipitation was determined for potatoes (27.1 mm), and the smallest for cabbage (15.1 mm), while in dry years this difference was the largest for potatoes (43.1 mm), and the smallest for cabbage (37.8 mm).

Changes in the climate in this Counties are the reason for a significant increase in the soil water deficit for corn, potatoes and cabbage, both in the multi-year average and in dry years. In order to compensate for the soil water deficit and achieve efficient agricultural production, it is necessary to plan the design and construction of irrigation systems in the areas of both Counties.

Key words: climate, soil water deficit, agricultural crops

UVOD

Klimatske promjene kojima smo sve češće svjedoci, a posljedica su globalnog porasta srednje temperature zraka od 1,2 °C osjećaju se kako diljem svijeta, tako i u Republici Hrvatskoj. Posebno se tu izdvaja razdoblje 2011. – 2020. koje je bilo najtoplije desetljeće otkad postoje mjerenja a niti predviđanja za buduće stanje klime za sljedeća desetljeća nisu optimistična. (EC, 2019, NOAA, 2020). Prema podacima Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (United Nations Environment Programme, UNEP, 2020), mediteranska regija, kojoj pripada i Republika Hrvatska, zagrijava se 20 % brže od globalnog prosjeka te se smatra jednom od globalnih „vrućih točaka“. Prosječna temperatura zraka na Mediteranu je porasla za 1,54 °C, a procjenjuje se da će do 2040. godine biti i viša od 2,2 °C u odnosu na predindustrijsku razinu.

Stoga su zemlje Mediterana, uključujući i Hrvatsku, već izložene negativnim učincima klimatskih promjena (ekstremne vremenske pojave, suše, porast razine mora i sl.) (NN 46/2020.).

Tako se suša u Hrvatskoj javlja u prosjeku svakih 3-5 godina, a nakon 2000. godine i češće. Navedeno je posljedica trenda povećanja prosječne temperature zraka, čak za 0,37 °C po dekadi tijekom razdoblja 1980.-2019. godine. S druge strane, u većem dijelu Hrvatske utvrđeno je značajno smanjenje ukupne količine oborina, uglavnom tijekom ljeta uz iznimku istočnih regija Hrvatske u kojima je došlo do povećanja količine oborina u navedenom razdoblju kao rezultat pojave učestalih i vrlo intenzivnih oborina tijekom jeseni. Navedeno jasno ukazuje da su u Republici Hrvatskoj već duže vremena prisutne klimatske promjene. Tako su Husnjak i sur. (2011.) na otoku Lastovo utvrdili smanjenje godišnje količine oborina za oko 10 % i povećanje srednje godišnje temperature zraka za 0,6 °C u razdoblju 1991.-2007. u odnosu na referentno razdoblje 1961.-1990. Na području zapadne Istre, tijekom višegodišnjeg razdoblja (1986.-2015.) utvrđen je prosječni porast temperature zraka za 0,7 °C i prosječno povećanje oborina za 64,1 mm (Šimunić i sur., 2021.). Kao posljedica toga, javlja se izraziti manjak vlage u tlu tijekom vegetacije. Prema EEA (2019.) tijekom 2019. godine površine u Europi zahvaćene nedostatkom vlage povećale su se za 80 % u odnosu na 2017. godinu, dok je na području Hrvatske, taj manjak posebno izražen na jadranskoj obali i u istočnom dijelu Hrvatske (Ferina i sur., 2021.). Sadržaj i dinamika vlage u tlu najvažnija su fizikalna značajka tla u poljoprivredi koja ima veliki utjecaj na produktivnost tla, odnosno rast usjeva (Moche i sur., 2015.) i izravno je povezana sa stanjem klime na Zemlji. Zbog toga manjak vode u tlu, posebno u rizosfernom sloju,

uzrokovan neravnotežom između glavnih klimatskih pokazatelja (temperature zraka i oborine), dovode do narušavanja osnovnih fizioloških procesa u biljci i značajnog smanjenja prinosa. Predviđanje hrvatskih znanstvenika je da će do 2050. godine, zbog klimatskih promjena prinos poljoprivrednih kultura u Hrvatskoj biti smanjen za 3–8 % (Vučetić, 2011.a i 2011.b). Očekuje se da će se u razdoblju do 2040. godine vlažnost tla smanjiti u sjevernoj Hrvatskoj, a do 2070. godine i u čitavoj Hrvatskoj (u središnjem dijelu sjeverne Hrvatske i za više od 50 mm). Najveće smanjenje vlažnosti tla očekuje se u ljetnim i jesenskim mjesecima (NN 46/2020.).

Uvažavajući navedeno, osnovni cilj ovog rada je ukazati na intenzitet i trend klimatskih promjena u Virovitičko-podravskoj i Ličko-senjskoj županiji usporedbom klimatskih podataka iz drugog klimatskog razdoblja (1981.-2000.) s podacima iz prvog klimatskog razdoblja (2001.-2020.) te utvrditi utjecaj klimatskih promjena na manjak vode u tlu za važnije poljoprivredne kulture koje se uzgajaju na području obje Županije, a to su kukuruz, krumpir i kupus.

2. MATERIJALI I METODE RADA

Osnovne značajke klime kao i izračun manjka vode za poljoprivredne kulture kupus, krumpir i kukuruz prikazani su temeljem klimatskih podataka s meteoroloških postaja Virovitica i Gospić. (DHMZ). Dostupni meteorološki podatci za postaju Virovitica analizirani su i uspoređivani za 2 klimatska razdoblja: 1981.-1995. (prvo) i 2008.-2020. (drugo), kao i za postaju Gospić, ali za razdoblja: 1981.-2000. (prvo) i 2001.-2020. (drugo).

Za potrebe izračuna manjka vode u tlu, referentna evapotranspiracija (ET_0) utvrđena je prema Penman-Monteith metodi (Allen i sur., 1998.) korištenjem računalnog programa „Cropwat 8.0“ (Smith, 1992.). Efektivne višegodišnje prosječne oborine i oborine u sušnim godinama (vjerojatnost pojave oborine ≤ 75 % slučajeva ($Fa \leq 75$ %)) izračunate su prema USDA, SCS metodi (USDA, 1967.). Bilanca oborinske vode u tlu je izračunata korigiranom metodom Palmer-Vidaček (1981.), uz korištenje programa Hidrokalk (Vidaček i Tanić, 1989.). Izračunom vrijednosti ET_0 i efektivnih oborina, korištenjem identičnih hidropedoloških konstanti za oba područja ($PK_v=38$ vol%; $Tv=14$ vol%), uz jednaku dubinu od 40 cm (dubina korijenja pri najrazvijenijem stadiju navedenih kultura), uzimajući u obzir različite rokove sjetve kultura za svako područje te duljinu pojedinog stadija. Temeljem bilance vode u tlu utvrđen je manjak vode u tlu za pojedine kulture.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Osnovne značajke klime

Značajke klime na području navedenih Županija, prikazane su temeljem analize vrijednosti srednje količine oborine i temperature zraka za prosječnu i sušnu godinu ($Fa \leq 75\%$) na godišnjoj razini i u vegetacijskom razdoblju kroz dva klimatska razdoblja.

Na području Virovitičko-podravske županije, višegodišnja srednja godišnja količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 87,9 mm veća, a srednja godišnja temperatura zraka za 1,0 °C viša u odnosu na prvo razdoblje. U vegetacijskom razdoblju (IV-IX mjesec) količina oborina u drugom klimatskom razdoblju također je bila veća i to za 56,2 mm, a temperatura zraka viša za 0,9 °C u odnosu na prvo razdoblje. U sušnim godinama, ($Fa \leq 75\%$), količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 75,1 mm veća, a temperatura zraka za 1,3 °C viša u odnosu na prvo klimatsko razdoblje, a u vegetaciji uzgajanih kultura također je došlo do povećanja količine oborina za 31,1 mm i temperature zraka za 1,1 °C u drugom u odnosu na prvo razdoblje. Prema Izvješću Upravnog odjela za graditeljstvo, zaštitu okoliša i imovinsko-pravne odnose Virovitičko-podravske županije (2022.) usporedbom klime u Virovitičko-podravskoj županiji u referentnom razdoblju (1971.-2000.) s projekcijama klimatskih promjena za buduće razdoblje (2011.-2040.), prema regionalnom klimatskom modelu (Reg CM, DHMZ) procijenjeno je da će na ovom području temperatura zraka porasti za 1,0-1,5°C. S obzirom na navedene projekcije, već je u razdoblju 2008.-2020. utvrđen porast temperature zraka za 1,0-1,3 °C, što nedvosmisleno upućuje na prisutne klimatske promjene, Tablica 1., Graf 1. i 2.

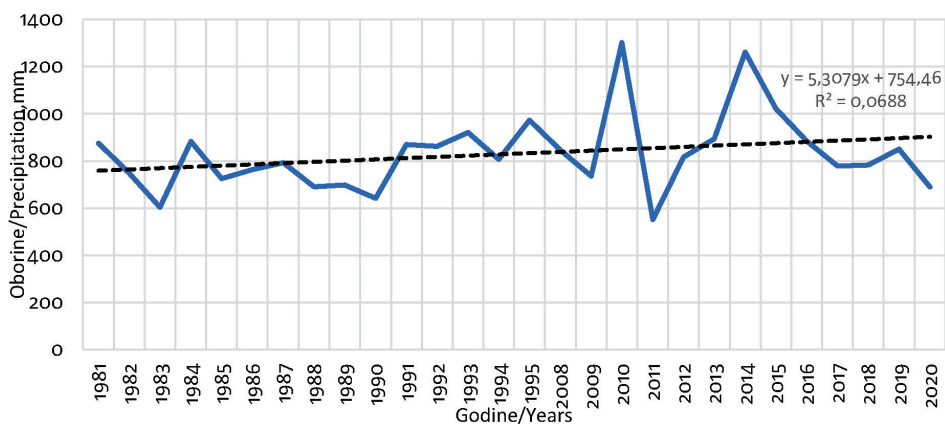
Tablica 1. Količina oborina i temperatura zraka za meteorološku postaju Virovitica

Table 1 Amount of precipitation and air temperature at meteorological station Virovitica

Vremensko razdoblje Period	Mjeseci Months	Oborine, mm Precipitation, mm		Temperatura zraka, °C Air temperature, °C	
		Prosjek Average	$Fa \leq 75\%*$	Prosjek Average	$Fa \leq 75\%$
1981.-1995.	I-XII	790,6	466,7	10,9	9,8
	IV-IX	427,2	274,7	17,5	16,5
2008.-2020.	I-XII	878,5	541,8	11,9	11,1
	IV-IX	483,4	305,8	18,4	17,6

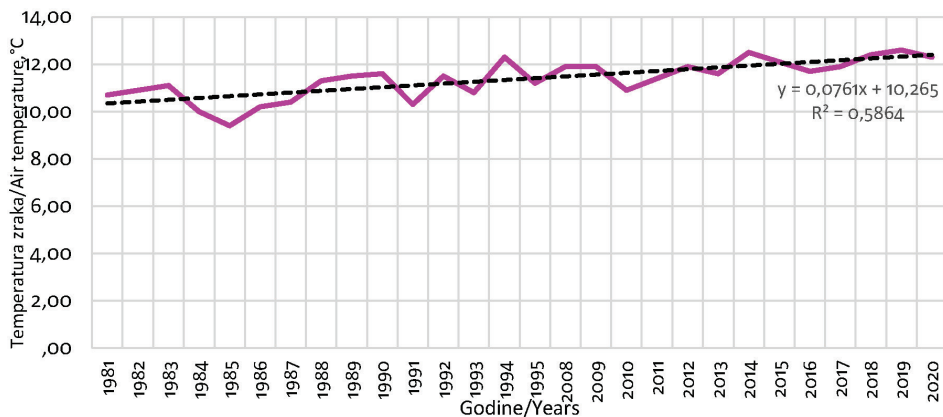
* $Fa \leq 75\%$ - 75 % vjerojatnosti pojave oborina

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



Graf 1. Trend kretanja godišnjih količina oborina na meteorološkoj postaji Virovitica u razdoblju 1981.-2020.

Graph 1 The trend of annual precipitation at meteorological station Virovitica for the period 1981-2020



Graf 2. Trend kretanja srednjih godišnjih temperatura zraka na meteorološkoj postaji Virovitica u razdoblju 1981.-2020.

Graph 2 The trend of average annual air temperature at meteorological station Virovitica, for the period 1981-2020

Na području Ličko-senjske županije, višegodišnja srednja godišnja količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 27,8 mm veća, a temperatura zraka za 1,2 °C viša u odnosu na prvo razdoblje. Međutim, u vegetacijskom razdoblju (IV-IX mjesec) količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 27,2 mm manja, a temperatura zraka za 1,2 °C viša u odnosu na prvo razdoblje, što je u skladu s istraživanjima Husnjaka i sur. (2022.) koji su na području Međimurske županije također utvrdili manje oborina (24,5 mm) i višu temperaturu zraka (za 0,9 °C) u razdoblju (2000.-2021.) u odnosu na razdoblje (1981.-1999.) U sušnim godinama (75 %-na vjerojatnost oborina) količina oborina u drugom klimatskom razdoblju bila je za 75,7 mm veća, a temperatura zraka za 1,1 °C viša u odnosu na prvo klimatsko razdoblje. Međutim, u vegetacijskom razdoblju također je došlo do smanjenja količine oborina za 28,2 mm i porasta temperature zraka za 1,2 °C u drugom klimatskom razdoblju u odnosu na prvo razdoblje. Za područje Ličko-senjske županije, prema Programu ublažavanja klimatskih promjena (Ličko-senjska županija, 2022.), sukladno već spomenutom Reg CM modelu, za razdoblje 2011. – 2040. predviđen je porast temperature zimi od maksimalno 0,6 °C, a ljeti između 0,6 i 1,0 °C. S obzirom na navedene projekcije već je u razdoblju 2001.-2021. vidljivo povećanje temperature zraka na godišnjoj razini od 1,2 °C, što ide u prilog činjenici da su klimatske promjene i u ovom dijelu Hrvatske vidljive, Tablica 2., Graf 3. i 4.

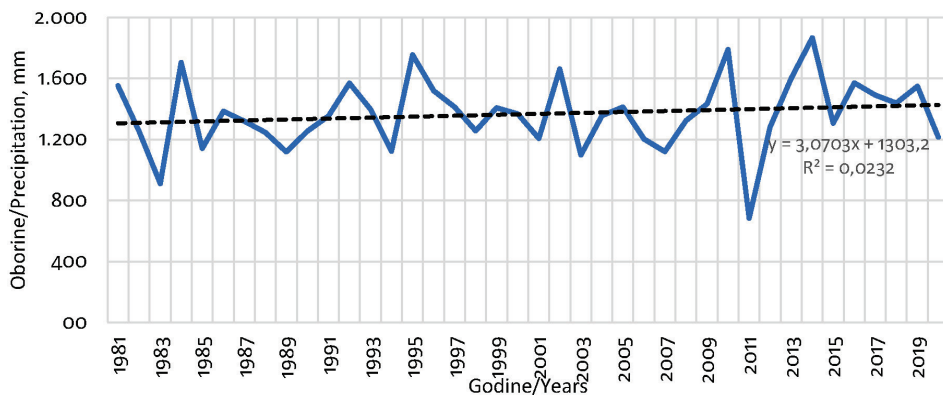
Tablica 2. Količina oborina i temperatura zraka za meteorološku postaju Gospić

Table 2 Amount of precipitation and air temperature at meteorological station Gospić

Vremensko razdoblje Period	Mjeseci Months	Oborine, mm Precipitation, mm		Temperatura zraka, °C Air temperature, °C	
		Prosjek Average	Fa ≤ 75%*	Prosjek Average	Fa ≤ 75%
1981.-2000.	I-XII	1.352,3	786,4	8,8	7,9
	IV-IX	591,5	385,7	14,9	14,2
2001.-2021.	I-XII	1.380,1	862,1	10,0	9,0
	IV-IX	564,3	357,5	16,1	15,4

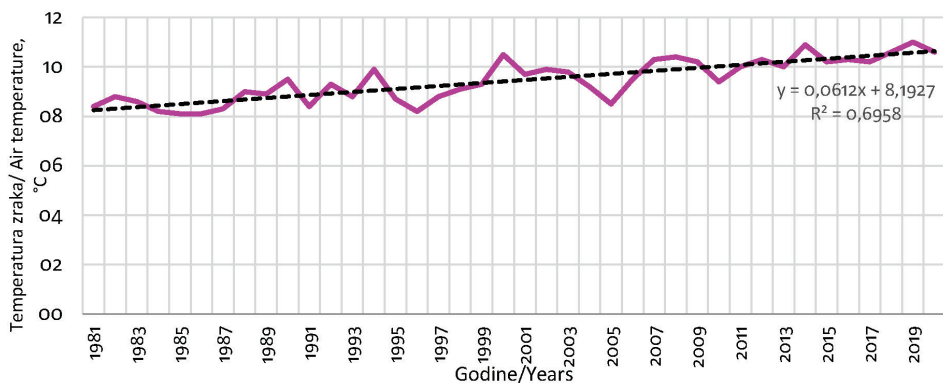
* Fa ≤ 75 %- 75 % vjerojatnosti pojave oborina

* Fa ≤ 75 %- 75% of precipitation probability



Graf 3. Trend kretanja godišnjih količina oborina na meteorološkoj postaji Gospić u razdoblju 1981.-2020.

Graph 3 The trend of annual precipitation at meteorological station Gospić for the period 1981-2020



Graf 4. Trend kretanja srednjih godišnjih temperatura zraka na meteorološkoj postaji Gospić u razdoblju 1981.-2020.

Graph 4 The trend of average annual air temperature at meteorological station Gospić, for the period 1981-2020

Navedeno ukazuje da je u drugom klimatskom razdoblju na području obje Županije došlo do izraženog porasta višegodišnje srednje temperature zraka, a posebno u vegetacijskom razdoblju. Iako je na višegodišnjoj razini i u prosječnoj i u sušnoj godini došlo do porasta količine oborina, u vegetacijskom razdoblju oborine su se za područje Ličko-senjske županije smanjile.

Navedeno ukazuje na klimatske promjene a koje se pored ostalog manifestiraju kroz učestaliju pojavu ekstremnih vremenskih uvjeta (suše, poplave), koje dovode do promjene rasporeda, količine i intenziteta oborina. Zbog toga vegetacija poljoprivrednih kultura započinje ranije, a kulture ulaze u fenofazu zriobe u razdoblju u kojem se javlja najveća suša. Tomu u prilog idu i predviđanja hrvatskih znanstvenika, koji smatraju da će se do kraja stoljeća kukuruz brati čak i do 1,5 mjesec ranije uz pad prinosa zrna do 25 % u odnosu na sadašnje klimatske uvjete (Vučetić, 2011.b).

4. MANJAK VODE U TLU

Klimatske značajke područja i vodni režim tla, kao i njihovi promjenjivi i složeni međusobni odnosi, definiraju učinkovitost biljne proizvodnje.

U skladu s prethodno analiziranim meteorološkim podacima za dva višegodišnja klimatska razdoblja, za dva različita područja u Republici Hrvatskoj - nizinsko područje (Virovitičko – podravska županija) i brdsko planinsko područje (Ličko – senjska županija) te uključujući tri najzastupljenije poljoprivredne kulture koje se uzgajaju u Županijama (kukuruz, krumpir i kupus) utvrđen je manjak vode za svako razdoblje, kao i razlika u manjku vode između dva razdoblja, Tablica 3. i 4.

Tablica 3. Manjak vode u tlu za poljoprivredne kulture tijekom vegetacije za područje Virovitičko- podravske županije

Table 3 Soil water deficit for agricultural crops during vegetation for Virovitica-Podravina County

Kultura	Meteorološka postaja Virovitica				Razlika u manjku vode između dva razdoblja	
	Manjak vode u tlu (mm)					
	1981.-2000.		2001.-2020.		Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)
	Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)	Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)		
Kukuruz	69,3	126,9	117,3	228,1	48,0	101,2
Krumpir	73,8	141,4	130,4	251,9	56,6	110,5
Kupus	49,6	113,8	106,9	232,1	57,3	118,3

Tablica 4. Manjak vode u tlu za poljoprivredne kulture tijekom vegetacije za područje Ličko-senjske županije (brdsko planinsko područje)

Table 4 Soil water deficit for agricultural crops during vegetation for Lika-Senj County (hilly-mountain area)

Kultura	Meteorološka postaja Gospić				Razlika u manjku vode između dva razdoblja	
	Manjak vode u tlu (mm)					
	1981.-2000.		2001.-2020.		Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)
	Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)	Višegodišnji prosjek	Sušne godine (Fa≤75%)		
Kukuruz	63,8	105,7	90,3	146,2	26,5	40,5
Krumpir	68,7	110,7	95,8	153,8	27,1	43,1
Kupus	45,3	106,0	60,4	143,8	15,1	37,8

Iz Tablica 3. i 4. vidljivo je da postoji manjak vode u tlu, koji ograničava uspješan rast i razvoj poljoprivrednih kultura i postizanje planiranih i kvalitetnih prinosa. Dobiveni rezultati za područje Ličko-senjske županije znatno su viši u odnosu na istraživanja Vašarevića (2017.) koji je na području Gospića u prosječnim godinama tijekom razdoblja 1961.-2005. utvrdio manjak vode u tlu za krumpir (30,1 mm) te kupus i kelj (34,3 mm), a u sušnim godinama ($Fa \leq 75\%$), u tlu je nedostajalo 74,6 mm vode za krumpir, odnosno 88,2 mm za kupus i kelj. Mogući razlog tomu je promjena oborinskog i temperaturnog režima u posljednjem desetljeću (2011.-2020.) koje je bilo najtoplije otkad postoje mjerenja (UNEP,2022.).

Znatne razlike u manjku vode u tlu javljaju se kako između dva istraživana klimatska razdoblja, tako i između prosječnih i sušnih godina.

Veći manjak vode u tlu na oba područja utvrđen je kod svih kultura u drugom klimatskom razdoblju, unatoč činjenici da je u drugom razdoblju na području Virovitičko – podravске županije zabilježena veća količina oborina i u prosječnom i u sušnom razdoblju ($Fa \leq 75\%$), kako na razini cijele godine tako i u vegetaciji (Tablica 1.). Na brdsko planinskom području Ličko – senjske županije zabilježena je u razdoblju 2001.-2020. na godišnjoj razini također veća prosječna količina oborina, kao i količina oborina u sušnom razdoblju, ali su u vegetacijskom razdoblju zabilježene manje količine oborina (Tablica 2.). Poznato je da kada se razmatra pitanje učinka oborina na poljoprivrednu proizvodnju, nije dovoljan samo podatak o ukupnim godišnjim količinama oborina ili količini oborina u vegetaciji, već je isto tako važno poznavati i uvažavati raspodjelu oborina tijekom cijele godine, a naročito tijekom

vegetacije (Šimunić i sur., 2007. i 2013.). No, razlog većeg nedostatka vode u tlu u drugom klimatskom razdoblju leži u činjenici da su u drugom razdoblju zabilježene prosječno više temperature zraka koje utječu na povećanu evapotranspiraciju, odnosno ubrzaniji gubitak vode iz tla.

Uspoređujući razliku manjka vode za područje Virovitičko – podravsku županije vidljivo je (Tablica 3.) da je između analiziranih klimatskih razdoblja i pojedinih kultura kod višegodišnjeg prosjeka oborina najveća razlika između prvog i drugog klimatskog razdoblja utvrđena za kupus (57,3 mm) a najmanja za kukuruz (48,0 mm). U sušnim godinama ili godinama s 75.-tnom vjerojatnosti pojava oborine, između dva razdoblja najveća razlika u manjku vode utvrđena je također za kupus (118,3 mm), dok je najmanja utvrđena za kukuruz (101,2 mm). Znatno manju razliku u manjku vode tijekom razdoblja 2000.-2021. u odnosu na 1981.-1999., na području Međimurja dobili su Husnjak i sur. (2022.). U prosječnim godinama ta razlika bila je najmanja kod krumpira (12,6 mm), a u sušnim godinama kod kukuruza (10,7 mm), što se može objasniti različitim agroekološkim uvjetima i oborinsko-temperaturnim režimom.

Na području Ličko – senjske županije (Tablica 4.) najveća razlika u manjku vode u tlu između dva klimatska razdoblja utvrđena je kod višegodišnjeg prosjeka oborina za krumpir (27, 1 mm), a najmanja za kupus (15,1 mm), dok je u sušnim godinama najveća razlika manjka vode također utvrđena za krumpir (43,1 mm), a najmanja za kupus (37,8 mm).

Uspoređujući manjak vode u tlu za dva klimatska razdoblja u prosječnim i sušnim godinama između dva područja (nizinskog i brdsko planinskog područja) evidentna je razlika u manjku vode kod svih kultura. Bez obzira na količinu manjka vode u tlu, svaki manjak vode izaziva smanjenje prinosa i stoga da bi se nadoknadio manjak vode u tlu i ostvarila učinkovita poljoprivredna proizvodnja, potrebno je na obje Županije planirati projektiranje i izgradnju sustava navodnjavanja. Pri korištenju sustava navodnjavanja potrebno je razviti i primijeniti plan optimizacije navodnjavanja koji odgovara potrebama za vodom dotičnog usjeva (Slavov i sur., 2006.).

5. ZAKLJUČCI

Na području Virovitičko-podravske županije utvrđene su evidentne klimatske promjene, koje se manifestiraju u većoj količini oborina i višim temperaturama zraka u razdoblju 2008.-2020. u odnosu na razdoblje 1981.-1995. Navedeno potvrđuje i uzlazni trend kretanja godišnjih količina oborina i srednjih godišnjih temperatura zraka.

Na području Ličko-senjske županije, na godišnjoj razini također je utvrđeno povećanje ukupne količine oborina te više temperature zraka u razdoblju 2001.-2020. u odnosu na 1981.-2000.

I ovdje su utvrđeni rastući trendovi kretanja godišnjih količina oborina i srednjih godišnjih temperatura zraka. Međutim, u vegetacijskom razdoblju (IV-IX mj.) na području ove Županije utvrđeno je u drugom klimatskom razdoblju smanjenje količine oborina uz porast temperature zraka, a što ukazuje da dolazi do povećanje količine oborina izvan vegetacijskog razdoblja, odnosno na njihovo smanjenje u vegetacijskom razdoblju.

Na području Virovitičko – podravske županije najveća razlika u manjku vode u tlu između dva klimatska razdoblja kod višegodišnjeg prosjeka oborina utvrđena je za kupus (57,3 mm) a najmanja za kukuruz (48,0 mm). U sušnim godinama, ($F_a \leq 75\%$) najveća razlika u manjku vode također je utvrđena za kupus (118,3 mm), a najmanja za kukuruz (101,2 mm).

U Ličko – senjskoj županiji najveća razlika u manjku vode u tlu između dva razdoblja kod višegodišnjeg prosjeka oborina utvrđena je za krumpir (27,1 mm), a najmanja za kupus (15,1 mm), dok je u sušnim godinama najveća razlika manjka vode također utvrđena za krumpir (43,1 mm), a najmanja za kupus (37,8 mm).

Navedene promjene klime na istraživanim su područjima razlog znatnom povećanju manjka vode u tlu za kukuruz, krumpir i kupus, i to kako u višegodišnjem prosjeku, tako i u sušnim godinama.

6. LITERATURA

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998.): Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
2. European Commission (2019.): Dostupno na https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_hr (pristupljeno: 28.4.2023.)

3. European Environment Agency (EEA) (2019.): Soil moisture dash bord. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/ims/soil-moisture-deficit#footnote-LUGVUTKQ>. (pristupljeno: 19.3.2023.)
4. 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
5. Husnjak, S., Kušan, V., Perica, D., Kaučić, D., Carević, T. (2014.): Proizvodni potencijal zemljišta na krškim poljima otoka Lastovo. *Hrvatske vode* 89; 213-226
6. Husnjak, S., Šimunić, I., Kušan, V., Jungić, D. (2022.): Pogodnost poljoprivrednog zemljišta za natapanje i manjak vode u tlu pri uzgoju važnijih poljoprivrednih kultura na području Međimurske županije. *Agronomski glasnik*, Vol. 84 (3); 99-116
7. Moche, M., Gutknecht, J., Schulz, E., Langer, U., Rinklebe, J. (2015.): Monthly dynamics of microbial community structure and their controlling factors in three floodplain soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 90; 169-178
8. Ličko-senjska županija (2022.): Program ublažavanja klimatskih promjena, prilagodbe klimatskim promjenama i zaštite ozonskog sloja Ličko-senjske županije. Ličko-senjska županija. Dostupno na: https://licko-senjska.hr/images/uploads/PRINT_Final_LS_SECAP.pdf (pristupljeno: 18.9.2023.)
9. NN 46/2020.: Strategija prilagodbe klimatskim promjenama (SPKP) u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu
10. NOAA (2020.): Global Climate Report for Annual 2019. Dostupno na: <https://www.consilium.europa.eu/hr/meetings/international-summit/2015/11/30/>. (pristupljeno 28.4.2023.)
11. Slavov, N., Moteva, M., Ristevski, P. (2006.): Global warming and climate change over the territory of Bulgaria and Macedonia. *Ecology and Industry*, 8:16-18 (in Bulgarian).
12. Smith, M. (1992.): Cropwat-A computer program for irrigation planning and management. *Irrigation and Drainage paper*. No. 46, FAO, Rome.
13. Šimunić, I., Husnjak, S., Tomić, F. (2007.): Utjecaj suše na smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura. *Agronomski glasnik*, 69(5): 343-354
14. Šimunić, I., Spalević, V., Vukelić-Shutoska, M., Tanaskovik, V., Moteva, M., Uzen, N. (2013.): Climate Changes and Water Requirements in Field Crop Production. 24th International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, p. 309-313, September 25-28, Sarajevo

15. 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. *Agric. conspec. sci.*, 86(3): 225-233
16. United Nations Environment Programme- UNEP (2020.): State of the Environment and Development in the Mediterranean. Mediterranean Action Plan Barcelona Convention. Full report. Dostupno na: <http://www.planbleu.org/soed>
17. USDA.(1967.): Irrigation water requirements. Tech. Release No. 21, United States Dept. of Agr., Soil Management, 59: 67–75
18. Vašarević, A. (2017.): Analiza klimatskih elemenata na području Like u svrhu određivanja potrebe navodnjavanja. Diplomski rad. Agronomski fakultet, Zagreb
19. Vidaček, Ž., Tanić, S. (1989.): Hidrokalk, kompjuterski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Institut za agroekologiju, Zagreb
20. Vidaček, Ž. (1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u Istočnoj Slavoniji i Baranji. Disertacija. Poljoprivredna znanstvena smotra, 57: 471-502, Zagreb
21. Vučetić, V. (2011.a): Modelling of maize production in Croatia: present and future climate. *The Journal of Agricultural Science – Cambridge*, 149: 145–157
22. Vučetić, V. (2011.b): Modeliranje utjecaja klimatskih promjena na prinose kukuruza u Hrvatskoj, Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Adrese autora–Author's address:

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

Primljeno - Received:

20.09.2023.

Prof.dr.sc. Ivan Šimunić
Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu
Zavod za melioracije
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb