USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE POTREBA BILJAKA ZA VODOM NA RAZLIČITIM TIPOVIMA TALA

Periškić, Miroslav

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:778542

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Miroslav Periškić, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE POTREBA BILJAKA ZA VODOM NA RAZLIČITIM TIPOVIMA TALA

Diplomski rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Miroslav Periškić, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE POTREBA BILJAKA ZA VODOM NA RAZLIČITIM TIPOVIMA TALA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada

1. mr. sc. Miroslav Dadić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Domagoj Rastija, mentor
3. dr. sc. Vladimir Zebec, član

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Cilj istraživanja 2

2. PREGLED LITERATURE 3

3. MATERIJAL I METODE 7

3.1. Analiza tla.....7

3.2. Statistička obrada podataka 11

4. REZULTATI 12

4.1. Klimatske značajke 12

4.2. Pedološke značajke istraživanih tala 16

4.2.1. Pedofizikalna, pedokemijska i hidropedološka svojstva.....17

4.3. Potrebe biljaka za vodom 21

4.4. Redukcija prinosa.....31

4.5. Korelacije metoda proračuna manjka vode 32

5. RASPRAVA 36

6. ZAKLJUČAK 41

7. POPIS LITERATURE 42

8. SAŽETAK 44

9. SUMMARY 45

10. POPIS TABLICA 46

11. POPIS SLIKA 48

12. POPIS GRAFIKONA 49

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Jedna od najstarijih mjera u poljoprivrednoj proizvodnji je navodnjavanje. Navodnjavanjem se nadomješta nedostatak vode u tlu umjetnim putem te tako omogućuju optimalne količine vode za rast i razvoj biljaka. U područjima aridne klime, navodnjavanje je neophodna mjera za uspješnu poljoprivrednu proizvodnju. U područjima s dovoljnom količinom padalina, ali njihovom nepovoljnom raspodjelom tijekom vegetacije, potrebno je uvesti navodnjavanje kao dopunsku mjeru. Mjera navodnjavanja najbolje dolazi do izražaja na uređenim poljoprivrednim površinama na kojima postoji uređen sustav odvodnje suvišne vode koji je posljedica prekomjerne količine padalina i njihovog nepovoljnog rasporeda. Za pravilno nadomještanje potrebne vode u takvim uvjetima, koriste se razne metode za utvrđivanje nedostatka vode u tlu.

Evapotranspiracija je definirana kao količina vode koja je potrebna usjevu tijekom vegetacije radi postizanja maksimalnih prinosa tj. postizanja genetskog potencijala uzgajanih kultura.Mnogim istraživanjima je utvrđeno kako je evapotranspiracija usjeva uvelike ovisna o vremenskim prilikama, vrsti i stadiju razvoja biljke te tipu tla. Za izračunavanje vrijednosti evapotranspiracije, u svijetu se koristi mnogo različitih formula i metoda, ali samo nekoliko njih je pronašlo širu primjenu u praksi. Danas se najviše upotrebljavaju metode koje su bazirane na korelaciji između klimatskih parametara i evapotranspiracije. Prema vrsti parametara koje koriste, mogu se svrstati u četiri osnovne skupine:

- Metode Hedke, Lowey-Jonhnson, Thornthweite, Blaney-Criddle, Quijano baziraju se na ovisnosti evapotranspiracije o temperatruri zraka;
- Metode Hargreaves, Oliver, Bouchet, Rycha, Tombesi-Luciani izražavaju ovisnost evapotranspiracije i isparavanja;
- Metode Haude, Papadakis, Helstead, Hamon i Alpatijev baziraju se na korelaciju evapotranspiracije i deficita vlage u zraku;
- Metode Turc, Makkink i Jenson-Hoise su bazirane na energetskoj bilanci, dok se Penmanova metoda bazira na kombinaciji energetske i aerodinamičke bilance.

Točnost pojedine metode povećava se korištenjem više parametara te se tako u današnje vrijeme najčešće koristi modificirana Penman-Monteith (PM) metoda koja koristi čitav niz klimatskih parametara. Ova metoda se koristi za validaciju novih te unaprjeđivanje postojećih metoda.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj rada je bio usporediti dvije metode proračuna potreba za vodom te time omogućiti kvalitetnije iskorištenje vode za navodnjavanje.

Proračuni koji su predstavljeni u ovom istraživanju, dobiveni su na osnovi prosječnog stanja klime područja te osnovnih pedoloških svojstava tla.

Hipoteze:

- dvije odabrane metode koriste slične ulazne parametre za proračun potrebe za navodnjavanjem
- obje metode mogu se upotrijebiti za proračun potrebne norme navodnjavanja na različitim lokalitetima i različitim tipovima tala
- metode su međusobno usporedive

2. PREGLED LITERATURE

Klima ima veliki utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Ona je ograničavajući faktor u manjem ili većem smislu, kako pedogenetskim utjecajem na tlo, tako i u smislu produktivnosti biljne proizvodnje. Osnovne sastavnice klime su temperatura, svjetlost, oborine, vjetar i relativna vlažnost. Ovi čimbenici uvelike određuju vrstu i intenzitet biljne proizvodnje nekog područja. Voda, odnosno oborine i njihov raspored ključni su dio klime i jedan od njenih osnovnih pokazatelja *(Bogunović i Ćorić, 2014.)*.

*Ondrašek(2015.)*nedostatak vode poistovjećuje sa sušom ili vodnim stresom. Također, navodi kako se u svijetu koriste razni sustavi bilanciranja potreba biljaka za vodom te da je uspješno bilanciranje jedan od preduvjeta za utvrđivanje nedostatka biljkama lakopristupačne vode.

Navodnjavanju, kako navodi *Josipović(2013.)*,prethodi temeljita priprema. Ona obuhvaća pribavljanje dokumentacije, testiranje i ispitivanje uvjeta i pogodnosti navodnjavanja određenog tla i kulture te je li sve u skladu s važećim zakonima i propisima. Nadalje, poveznice između građevinske i agronomske struke pronalaze se u činjenici da se uspješnost navodnjavanja temelji na kvalitetnoj odvodnji suvišne vode s proizvodne površine te na izgradnji i održavanju hidromelioracijskih objekata.

Pravilna procjena količine vode koja se nadomješta ključni je postupak u navodnjavanju,kako ističe *Martin(2006.)*. Često se navodnjavanje upotrebljava do trenutka u kojem usjevi dostignu naizgled zadovoljavajuće stanje. Ovakav pristup često dovodi do premale ili prevelike količine vode koja se usjevu stavlja na raspolaganje te nerijetko dovodi do stresa uzrokovanog nepravilnim korištenjem sustava. Također, ovakav pristup izaziva smanjenje prinosa, a prevelika količina dodane vode pospješuje gubitak hraniva iz zone korijena ispiranjem u dublje slojeve tla ili podzemne vode.

Vidaček(1998.) navodi vodu kao jedan od najvažnijih vegetacijskih čimbenika, odnosno kako njen nedostatak ili suvišak u vegetaciji može izazvati gubitke. Poznavanje potreba za vodom, dužine vegetacije te dubine ukorjenjivanja osnovni je preduvjet za uspješno gospodarenje sustavom navodnjavanja, odnosno odvodnje (Tablica 1.).

Tablica 1. Potrebe za vodom, trajanje vegetacije te dubina ukorjenjivanja različitih poljoprivrednih kultura (*Vidaček, 1998*.)

Kultura	Potreba za vodom (mm)	Trajanje vegetacije (dana)	Dubina ukorjenjivanja (cm)
Citrusi	900-1200	Cjelogodišnja	120-200
Duhan	400-600	90-120	50-100
Grah	300-500	60-120	100-150
Grašak	350-500	65-120	100-150
Kupus	380-500	80-110	do 50
Kukuruz	500-800	100-160	do 200
Krumpir	500-700	120-150	30-60
Luk	350-550	100-140	do 30
Lucerna	800-1600	Cjelogodišnja	100-300
Lubenica	400-600	90-110	100-200
Maslina	400-800	Cjelogodišnja	120-170
Pšenica jara	450-650	100-130	90-150
Pšenica ozima	450-650	180-250	120-200
Rajčica	400-600	90-120	50-150
Sirak	450-650	100-130	150-200
Soja	350-700	105-140	do 180
Suncokret	600-1000	70-200	200-300
Šećerna repa	550-750	140-200	70-120
Vinova loza	500-1200	Cjelogodišnja	200-300
Trajni nasadi	500-900	Cjelogodišnja	do 180

Nedostatak vode podrazumijeva da su potrebe za vodom premašile lakopristupačne količine vode u tlu. Vodni stres, svojom pojavom, bilo da je prolazan ili kontinuiran, izaziva najveće poremećaje u biljnoj proizvodnji te je glavni uzrok nestabilnih prinosa i kvalitete proizvoda *(Ondrašek i sur., 2011.).*

Tomić(1988.) navodi kako se razlikuje potreba biljaka za vodom u zatvorenom i na otvorenom prostoru. Nadalje, biljke koje se uzgajaju na otvorenom prostoru najviše ovise o klimatskim elementima. Norma navodnjavanja definirana je kao razlika između ukupno potrebne količine vode u tlu i ukupno raspoložive vode tijekom vegetacije. Potrebnu vodu za pojedinu kulturu određujemo pomoću evapotranspiracije, budući da je vrijednost

evapotranspiracije jednaka količini vode potrebne biljkama. Evapotranspiracija je zbroj evaporacije i transpiracije, odnosno vode koja iz tla isparava i vode koju su biljke usvojile.

Ondrašek(2015.) navodi kako su biljke u razdoblju vegetacije određeni dio vremena izložene periodu nedostatka vode. Takav nedostatak ima nepovoljan utjecaj na kvalitetu i prinos proizvoda. Redukcija prinosa (Tablica 2.) ovisi o količini vode koja se kreće od nekoliko desetaka do nekoliko stotina litara tijekom vegetacije. Redukcija prinosa također ovisi i o teksturnoj klasi tla, jer teksturno lakša tla, koja su ujedno i plića, povećavaju redukciju za dodatnih 50% .

Tablica 2. Tablica redukcije prinosa ovisno o teksturi tla*(Ondrašek i sur., 2015.)*

Kultura	**Redukcija prinosa (%)**			
	Teksturno lakše tlo		**Teksturno teže tlo**	
	Prosječna godina	**Sušna godina**	**Prosječna godina**	**Sušna godina**
Kukuruz	9-36%	33-67%	2-28%	24-61%
Šećernarepa	10-38%	34-64%	3-30%	26-58%
Rajčica	14-39%	35-59%	8-30%	28-54%
Jabuka	3-27%	24-55%	0-23%	19-48%

Raspored oborina tijekom vegetacije, kako ističe *Bonacci(1993.)*,jedan je od ključnih faktora u poljoprivrednoj proizvodnji. Količina oborina tijekom vegetacije, čak i veća od potreba pojedine kulture, također može izazvati stres uzrokovan sušom ako je raspored oborina nepovoljan. Isto tako, u sušnim godinama, biljke ne moraju pokazati simptome uzrokovane sušom ukoliko je raspored oborina pravilan. Biljke su općenito najosjetljivije u razvojnim stadijima klijanja, nicanja, cvatnje i razvoja ploda te je u tom razdoblju ključno osigurati dovoljnu količinu vode.

Šimunić i sur. (2014.) istraživali su nedostatak vode te moguće povećanje prinosa na području Koprivnice i Pazina u prosječnim i sušnim godinama. Utvrđeni nedostatak vode na području Koprivnice kretao se u rasponu od 73,4 mm kod kupusa do 147,7 mm kod proizvodnje šećerne repe u godini s prosječnom količinom oborina. U sušnoj godini najmanji nedostatak zabilježen je kod suncokreta od 161,8 mm do 203,0 mm kod uzgoja jabuke. Područje Pazina pokazalo je manji nedostatak vode te se u prosječnoj godini kretao u rasponu od 3,6 mm kod

masline do 73,6 mm kod kupusa. U sušnoj godini, nedostatak se kretao od 49,6 mm kod masline do 175,0 mm kod kupusa. Također je utvrđeno moguće povećanje prinosa u prosječnim godinama koje se kretalo od 2,8 % kod suncokreta do 31,9 % kod šećerne repe na koprivničkom području. Područje Pazina također je pokazalo mogućnost povećanja prinosa u prosječnoj godini - porast prinosa masline od 1,2 % te 16,6 % kod uzgoja kupusa. Ovakvi rezultati pokazuju mogućnost povećanja prinosa u godini s prosječnim oborinama, što ukazuje na važnost ravnomjernog rasporeda oborina tijekom vegetacije.

Područje istočne Hrvatske pokazalo je značajna variranja u proizvodnji kukuruza, kako navodi Kovačević *(2008.)*. U pet županija koje obuhvaćaju prostor istočne Hrvatske, prinos kukuruza značajno je ovisio o vremenskim prilikama. Prosječan prinos u razdoblju 1996.-2003. g. iznosio je 6,40t/ha. Variranja prosječnih prinosa kretala su se u rasponu od 4,31 t/ha (2000.g.) do 7,21 t/ha (2002.g.). Niži prinosi izravno se dovode u svezu s vremenskim prilikama, odnosno nedostatkom oborina i visokim temperaturama. U Osijeku je 2002.g., u razdoblju svibanj-kolovoz, bilo svega 107,0 mm (prosjek 275,0 mm), dok je 2002.g. u istom razdoblju bilo 368,0 mm oborina. Kovačević dalje navodi kako agronomska struka ima zadatak prilagođavanja novonastalim klimatskim promjenama.

3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je obuhvatilo terenska i laboratorijska istraživanjana dvije lokacije na području istočne Hrvatske te statističku obradu podataka. Uzorkovanja tla obavljena su na lokalitetima Tovarnik i Jagodnjak otvaranjem pedoloških profila u razdoblju travanj-lipanj 2015. godine.

3.1.Analiza tla

Na svakom lokalitetu otvoren je po jedan pedološki profil te su određene endomorfološke značajke tla *(Škorić, 1982.)*: sklop profila, boja tla, struktura i tekstura tla tepedodinamske tvorevine. Iz horizonata su uzeti uzorci za određivanje pedofizikalnih, pedokemijskih i hidropedoloških značajki u narušenom i nenarušenom stanju. Ukupno je prikupljeno sedam uzoraka, četiri s područja Tovarnika te tri s područja Jagodnjaka. U uzorcima iz pedoloških profila određene su osnovne pedofizikalne i hidropedološke značajke *(JDPZ, 1971.)*:

- mehanički sastav tla u vodi i Na- pirofosfatupipet metodom
- teksturnaoznaka *(SoilSurvey Manual, 1951.)*
- retencijski kapacitet tla za vodu po Gračaninu
- volumna gustoća pomoću cilindara po Kopeckom
- gustoća čvrste faze tla Albert Bogsovom metodom u ksilolu
- poroznost i kapacitet tla za zrak *(Gračanin, 1947.)*
- vodne konstante retencijom vlage kod 0,33 i 15 bara
- fiziološki aktivna voda (FAv)

Laboratorijskim analizama obuhvaćeno je i određivanje kemijskih svojstava tla: aktualna i supstitucijskakiselosti*(ISO 10390, 2005.),* lakopristupačni fosfor i kalij AL metodom *(Egner i sur., 1960.),* sadržaj humusabikromatnom metodom *(ISO 14235, 1994.)* te sadržaj zemnoalkalnih karbonatavolumetrijskom metodom *(ISO 10693, 2004.).*

Za interpretaciju analitičkih podataka tla korištene su referentne granične vrijednosti (Tablica 3. - Tablica 12., Slika 1.)

Tablica 3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	Rezultat
jako kisela	< 4,5
kisela	4,5 – 5,5
slabo kisela	5,5 – 6,5
neutralna	6,5 – 7,2
alkalna	>7,2

Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	**Rezultat (%)**
vrlo slabo humozno	< 1
slabo humozno	1 – 3
dosta humozno	3 – 5
jako humozno	5 – 10
vrlo jako humozno	> 10

Tablica 5. Granične vrijednosti sadržaja fosfora (P_2O_5) u tlu određene AL metodom *(Lončarić, 2005.)*

Interpretacija	**Rezultat (mg $100g^{-1}$ tla)**	
	pH>6	**pH<6**
vrlo niska	<10	<6
niska	10-15	7-10
dobra	16-25	11-16
visoka	26-35	17-25
vrlo visoka	>35	>25

Tablica 6. Granične vrijednosti sadržaja lako pristupačnog kalija (K_2O) u tlu određene AL metodom *(Lončarić, 2005.)*

Interpretacija	**Rezultat (mg $100g^{-1}$ tla)**		
	Lako (<20 % gline)	Srednje (20-27 % gline)	Teško (>27 % gline)
vrlo niska	<6	<8	<10
niska	6-12	8-15	12-16
dobra	12-25	15-28	16-32
visoka	25-35	28-40	32-45
vrlo visoka	>35	>40	>45

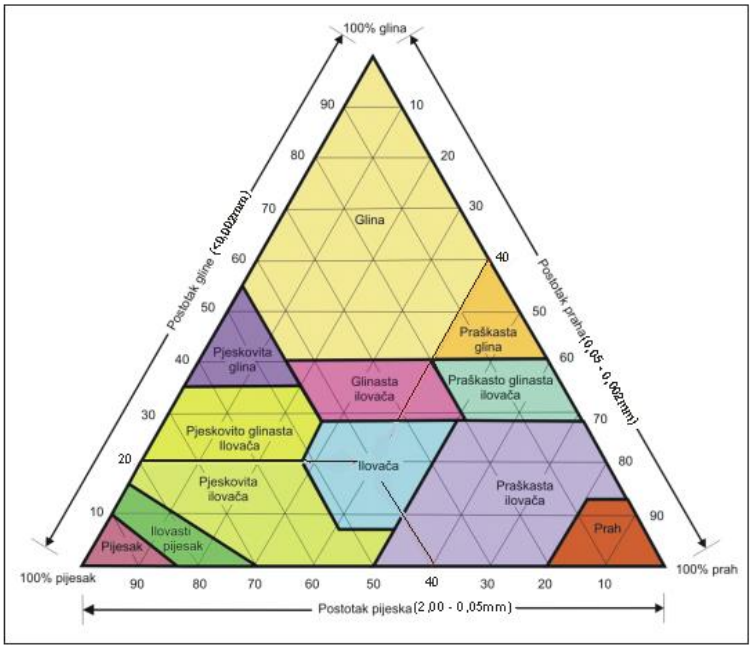
Tablica 7. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	Rezultat (%)
slabo karbonatna	< 8
srednje karbonatna	8 – 25
jako karbonatna	> 25

Tablica 8. Granične vrijednosti stabilnosti mikrostrukturnih agregata tla *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	Rezultat
potpuno nestabilni	<10
nestabilni	10-20
vrlo malo stabilni	20 - 30
malo stabilni	30 - 50
dosta stabilni	50 - 70
stabilni	70 - 90
vrlo stabilni	>90

Interpretacija kvantitativnog udjela mehaničkih elemenata obavljena je na temelju američke klasifikacije teksture prema teksturnom trokutu *(Soil Survey Staff, 1951.)*, Slika 1.



Slika 1. Teksturni oznaka tla *(Soil Survey Staff, 1951.)*

Tablica 9. Granične vrijednosti sadržaja pora u tlu *(Gračanin, 1947.)*

Interpretacija	**Rezultat (% vol.)**
vrlo porozna	> 60
porozna	60 - 45
malo porozna	45 - 30
vrlo malo porozna	< 30

Tablica 10. Granične vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	**Rezultat (%vol)**
vrlo mali	< 25
mali	25 - 35
srednji	35 - 45
veliki	45 - 60
vrlo veliki	> 60

Tablica 11. Granične vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za zrak *(Škorić, 1982.)*

Interpretacija	**Rezultat (%vol)**
vrlo mali	< 4
mali	4-8
srednji	8-12
veliki	12-16
vrlo veliki	> 16

Tablica 12. Granične vrijednosti gustoće pakiranja tla *(Škorić, 1991.)*

Interpretacija	**Rezultat (%vol)**
slabo zbijeno tlo	< 1,4
srednje zbijeno tlo	1,4-1,75
jako zbijeno tlo	>1,75

3.2. Analiza ulaznih meteoroloških podataka

Za potrebe istraživanja korišteni su podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske radi utvrđivanja klimatskih svojstava istraživanih godina. Područje Jagodnjaka obrađeno je uz pomoć podataka o temperaturi, relativnoj vlazi i oborinama s meteorološke postaje Valpovo, dok su podaci o vjetru interpolirani s podacima meteorološke postaje Osijek. Insolacija je mjerena na području meteorološke postaje Osijek. Područje Tovarnika predstavljeno je podacima meteorološke postaje Ilok, dok je insolacija mjerena na meteorološkoj postaji Gradište.

Obrađeni su svi meteorološki podaci za tridesetogodišnje razdoblje, dok je u radu prikazana referentna evapotranspiracija i količina efektivnih oborina.

Referentna evapotranspiracija proračunata je na osnovi Penmann-Monteith metode te je pomoću uvođenja koeficijenta usjeva proračunata potencijalna evapotranspiracija za pojedinu kulturu. Uvrštavanjem efektivnih oborina izračunate su potrebe biljaka za vodom i nedostatak vode za prosječnu i prosječno sušnu godinu pomoću programa HIDROKALK koji je baziran na osnovi modificirane Palmerove metode prema Palmer-Vidačeku i FAO CROPWAT 8.0 programa.Nakon toga, dobiveni rezultati uspoređeni su na osnovi dvije metode proračuna manjka vode u tlu.

3.3.Statistička obrada podataka

Statistčka obrada dobivenih rezultata obrađena je pomoću MS Excel aplikacije.

4. REZULTATI

4.1. Klimatske značajke

Prosječna godišnja temperatura zraka na područjuJagodnjaka (Slika 2.) iznosila je 11,1 °C.Najhladniji mjesec bio je siječanjs prosječnom temperaturom od -0,1 °C, dok je najtopliji bio srpanj s prosječnom temperaturom od 21,7 °C. Prosječna godišnja relativna vlaga zraka iznosila je 80 %, dok je u razdoblju ožujak – kolovoz bila ispod te vrijednosti. Prosječne mjesečne brzine vjetra kretale su se u rasponu od 2,2 m/s do 2,6 m/s, dok je srednja godišnja brzina vjetra iznosila 2,4 m/s. Prosječna godišnja insolacija iznosila je 5,3 h/dan, dok je u razdoblju travanj – rujan iznad 6 h/dan. Referentna evapotranspiracija (ETo) iznosila je 2,05 mm/dan, a u ljetnim mjesecima je dostizala vrijednosti preko 4 mm/dan.

Country Hrvatska Station Valpovo

Altitude 92 m. Latitude 45.40 °N Longitude 18.21 °E

Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	%	m/s	hours	MJ/m2/day	mm/day
January	-0.1	88	2.3	2.0	4.3	0.38
February	1.7	83	2.5	3.4	7.2	0.66
March	6.4	78	2.6	4.6	11.1	1.31
April	11.5	75	2.6	6.1	15.9	2.26
May	16.9	74	2.5	7.4	19.6	3.34
June	19.8	76	2.3	8.1	21.4	3.88
July	21.7	75	2.3	8.9	22.0	4.24
August	21.0	76	2.2	8.4	19.5	3.74
September	16.4	80	2.2	6.3	13.9	2.40
October	11.3	82	2.2	4.7	9.1	1.37
November	5.6	87	2.3	2.6	5.1	0.66
December	1.2	89	2.4	1.7	3.6	0.39
Average	**11.1**	**80**	**2.4**	**5.3**	**12.7**	**2.05**

Slika 2. Referentna evapotranspiracija područja Jagodnjaka

Područje Tovarnika imalo je nešto višu prosječnu godišnju temperaturu zraka u odnosu na Jagodnjak,s vrijedošću 11,3 °C (Slika 3.). Najhladniji mjesec je bio siječanj, s prosječnom temperaturom od 0,4 °C, dok je najtopliji bio srpanj, s temperaturom od 21,3 °C. Relativna vlaga zraka je nešto niža u odnosu na Jagodnjak te je godišnji prosjek iznosio 73 %. U vegetacijskom razdoblju (travanj – rujan) srednja mjesečna relativna vlažnost zraka bila je

67 % – 72 %. Prosječna godišnja brzina vjetra iznosila je 1,9 m/s. Insolacija je bila viša u odnosu na Jagodnjak te je iznosila 5,8 h/dan, dok je razdoblje lipanj – kolovoz imalo srednju mjesečnu insolaciju od preko 9 h/dan. Referentna evapotranspiracija bila je veća u odnosu na Jagodnjak te je prosječna godišnja vrijednost bila 2,23 mm/dan.

Country Hrvatska Station Ilok

Altitude 133 m. Latitude 45.13 °N Longitude 19.22 °E

Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	%	m/s	hours	MJ/m2/day	mm/day
January	0.4	79	1.8	2.1	4.4	0.51
February	2.3	75	1.9	3.8	7.6	0.79
March	6.7	71	2.0	5.2	11.8	1.47
April	11.3	69	2.1	6.4	16.3	2.40
May	16.6	67	2.0	8.2	20.7	3.57
June	19.4	69	1.9	9.0	22.6	4.16
July	21.3	67	2.0	9.7	23.1	4.53
August	21.0	68	1.6	9.0	20.3	3.94
September	16.8	72	1.7	6.3	14.0	2.59
October	11.6	76	1.9	4.8	9.2	1.52
November	5.8	79	1.8	3.0	5.4	0.79
December	2.1	81	1.7	1.6	3.6	0.51
Average	**11.3**	**73**	**1.9**	**5.8**	**13.3**	**2.23**

Slika 3. Referentna evapotranspiracija područja Tovarnika

Efektivne oborine izračunate su pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0. Izračunate su efektivne oborine u prosječnoj godini te godini sa 75 % vjerojatnosti pojave oborina.

Srednja godišnja količina oborina na području meteorološke postaje Valpovo iznosila je 709,8 mm (Slika 4.), dok su efektivne oborine na tom području iznosile 639,6 mm. Najkišovitiji je bio mjesec lipanj s 91,0 mm oborina, dok je veljača bila mjesec s najmanje oborina, sa svega 37,9 mm. U vegetacijskom dijelu godine (travanj – rujan) bilo je 398,4 mm oborina, dok je efektivna količina oborina iznosila 354,9 mm.

Station Valpovo_50 Eff. rain method USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	49.0	45.2
February	37.9	35.6
March	46.2	42.8
April	54.5	49.7
May	60.9	55.0
June	91.0	77.8
July	62.7	56.4
August	65.9	59.0
September	63.4	57.0
October	59.3	53.7
November	64.4	57.8
December	54.6	49.8
Total	709.8	639.6

Slika 4. Količina oborina u prosječnoj godini na području Jagodnjaka

U godini sa 75 % vjerojatnosti pojave oborina, vidljivo je manja količina oborina u odnosu na prosječnu količinu (639,6 mm) koja iznosi 422,3 mm, dok je efektivna količina oborina iznosila svega 396,9 mm (Slika 5.).

Station Valpovo_75 Eff. rain method USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	27.9	26.7
February	21.2	20.5
March	34.0	32.2
April	41.4	38.7
May	34.0	32.2
June	57.9	52.5
July	36.9	34.7
August	38.6	36.2
September	40.8	38.1
October	25.9	24.8
November	38.1	35.8
December	25.6	24.6
Total	422.3	396.9

Slika 5. Količina oborina u sušnoj godini na području Jagodnjaka

Prosječna godišnja količina oborina za područje Tovarnika iznosi 680,6 mm. Efektivne oborine bile su manje te su iznosile 615,3 mm (Slika 6.). Mjesec s najviše oborina bio je lipanj u kojem je bilo 92,5 mm, dok je mjesec s najmanje oborina bila veljača s 35,6 mm. U vegetacijskom razdoblju ukupno je palo 385,3 mm oborina,od čega je 344,0 mm efektivnih oborina.

Station: Ilok_50 | Eff. rain method: USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	44.1	41.0
February	35.6	33.6
March	47.7	44.1
April	53.4	48.8
May	57.5	52.2
June	92.5	78.8
July	54.9	50.1
August	63.4	57.0
September	63.6	57.1
October	63.6	57.1
November	56.7	51.6
December	47.6	44.0
Total	680.6	615.3

Slika 6. Količina oborina u prosječnoj godini na području Tovarnika

Station: ILOK_75 | Eff. rain method: USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	25.6	24.6
February	18.6	18.0
March	29.9	28.5
April	35.7	33.7
May	34.1	32.2
June	53.4	48.8
July	25.4	24.4
August	39.8	37.3
September	27.3	26.1
October	22.9	22.1
November	29.0	27.7
December	28.0	26.7
Total	369.7	350.0

Slika 7. Količina oborina u sušnoj godini na području Tovarnika

Sušna godina, odnosno godina sa 75 % vjerojatnosti pojave oborina, pokazuje kako je količina oborina svega 369,7 mm, od čega je efektivnih oborina 350,0 mm (Slika 7.).

4.2. Pedološke značajke istraživanih tala

Na svakom od istraživanih područja otvoreni su pedološki profili (Tablice 13. i 14.), određena su ekto i endomorfološka svojstva te pripremljeni uzorci za pedokemijske, pedofizikalne i hidropedološke analize.

Tablica 13. Pedomorfološke značajke profila Tovarnik: Ritska crnica, karbonatna, drenirana



Dubina	Horizont	Endomorfologija
0-42	Ap	Boja tla: crna Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta-graškasta $CaCO_3$: ++
42-58	A	Boja tla: crna Tekstura:praškasto glinasta ilovača Struktura: krupno mrvičasta-graškasta $CaCO_3$: ++
58-87	A/Gso	Boja tla: sivo-žuta Tekstura: praškasto glinasta ilovača Struktura: sitno mrvičasta $CaCO_3$: +++
87-135	Gso	Boja tla: žuto-siva Tekstura: praškasta ilovača Struktura: $CaCO_3$: +++

Istraživana tla pripadajuodjelu hidromorfnih tala. Tlo na području Tovarnika je uklasiglejnih tala, tipa ritske crnice, karbonatne, drenirane. Tlo Jagodnjakapripada klasi inicijalnih (nerazvijenih) hidromorfnih tala, tipa fluvisola, beskarbonatnog, vrlo dubokog, nezaslanjenog, obranjenog od poplava*(Škorić i sur., 1985.)*

Tablica 14. Pedomorfološke značajke profila Jagodnjak: Fluvijalno, beskarbonatno, vrlo duboko, pjeskovito



Dubina	Horizont	Endomorfologija
0-42	Ap	Boja tla: siva Tekstura:praškasto pjeskovita ilovača Struktura: praškasta $CaCO_3$: -
42-88	I C	Boja tla: žuta Tekstura:ilovasti pijesak Struktura: pjeskovita $CaCO_3$: +
88-142	II C	Boja tla: svijetlo siva Tekstura: ilovasti pijesak-pijesak Struktura: pjeskovita $CaCO_3$: ++

4.2.1. Pedofizikalna, pedokemijska i hidropedološka svojstva

Lokalitet Tovarnik

Na lokalitetu Tovarnik utvrđen je vrlo visoki sadržaj gline u oraničnom (44,12 %) i podoraničnom (42,31 %) horizontu(Tablica 15.). Nešto niži sadržaj gline utvrđen je u dubljim horizontima i kretao od 24,21 % do 30,89 %. Po teksturnom sastavu, ovo tlo je praškasto glinasta ilovača, izuzev najdubljeg horizonta koje pripadapraškasto ilovastoj teksturnoj klasi. Stabilnost mikrostrukturnih agregata iznosila je u oraničnom horizontu 77,01 % što upućuje na stabilne mikrostrukturne agregate.

Rezultati kemijskih analiza (Tablica 16.) pokazali su da je pH reakcija oraničnog horizonta alkalna (7,63 pH jedinica u otopini 1M KCl-a), opskrbljenost biljci AL-pristupačnim fosforom je visoka u oraničnom horizontu (26,98 mg P_2O_5/100g tla). Opskrbljenost tla biljci pristupačnim kalijem je visoka u oraničnom horizontu i iznosi 40,48 mg K_2O/100g tla. Oranični horizont je dosta humozan (3,68 %), dok su ostali horizonti slabo (1,84 %) i vrlo slabo humozni (0,75 % i 0,80 %). Sadržaj karbonata u cijelom profilu kreće se od 5,01 % u oraničnom do najviše 45,07 % u dubljim horizontima.

Tablica 15. Mehanički sastav i teksturna oznaka

Lokalitet	Dubina (cm)	Sadržaj mehaničkih čestica (%)					Teksturna oznaka	Stabilnost mikroagregata	
		Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Prah	Glina		SS	Ocjena
Tovarnik	0-42	0,35	0,72	25,64	29,17	44,12	Praškasto glinasta ilovača	77,01	stabilni
	42-58	0,58	1,03	22,98	33,10	42,31	Praškasto glinasta ilovača		
	58-87	0,78	1,93	23,78	42,62	30,89	Praškasto glinasta ilovača		
	87-135	0,31	1,01	32,87	41,60	24,21	Praškasta ilovača		
Jagodnjak	0-42	34,25	30,93	12,94	13,67	8,20	Pjeskovita ilovača	32,10	malo stabilni
	42-88	62,45	28,06	7,08	0,20	2,21	Pijesak		
	88-142	60,67	34,43	1,29	0,50	3,11	Pijesak		

Tablica 16. Kemijska svojstva tla

Lokalitet	Dubina	Reakcija tla (pH)			P_2O_5		K_2O		Humus		$CaCO_3$	KIK
	(cm)	(H_2O)	(KCl)	Ocjena	mg/100g	Ocjena	mg/100g	Ocjena	%	Ocjena	%	c mol(+) kg^{-1}
Tovarnik	0-42	8,80	7,63	alkalna	26,98	visoka raspoloživost	40,48	visoka raspoloživost	3,68	dosta humozno	5,01	37,58
	42-58	8,97	7,90	alkalna	1,54	jako siromašno	23,13	dobro opskrbljeno	1,84	slabo humozno	23,78	32,08
	58-87	9,15	8,24	alkalna	0,83	jako siromašno	14,20	siromašno	0,75	vrlo slabo humozno	45,07	23,85
	87-135	9,32	8,48	alkalna	0,77	jako siromašno	12,00	siromašno	0,80	vrlo slabo humozno	34,63	20,90
Jagodnjak	0-42	6,42	5,98	slabo kisela	40,99	bogata	21,36	dobra	1,95	slabo humozno	2,50	10,18
	42-88	7,08	6,06	slabo kisela	15,06	umjerena	5,38	siromašna	0,30	vrlo slabo humozno	1,25	2,23
	88-142	9,19	8,74	alkalna	2,58	izrazito siromašna	2,13	izrazito siromašna	0,25	vrlo slabo humozno	6,65	2,47

Ukupna poroznost u oraničnom horizontu iznosi45,45 % te je horizont ocijenjen kao porozan, dok su dublji horizonti malo porozni (Tablica17.). Kapacitet tla za vodu je osrednji (44,23 % vol.), kapacitet za zrak vrlo mali (1,23 % vol.), gustoća pakovanja ukazuje je na jaku zbijenost (1,84 g/cm^3), dok je propusnost mala (5*10^{-5}cm/s). Prilikom određivanja točke venuća utvrđena je vrlo visoka vrijednost (Tablica 19.) što se odrazilo na velike količine biljkama nepristupačne vode (Tablica18.).

Tablica 17. Pedofizikalna i hidropedološka svojstva i propusnost tla za vodu

Lokalitet	Dubina	Poroznost tla		Retencijski kapacitet tla za vodu (Kv)		Retencijski kapacitet tla za zrak (Kz)		Gustoća tla (g/cm3)		Gustoća pakovanja		Koeficijent propusnosti K	
	cm	% vol	Ocjena	% vol.	Ocjena	% vol.	Ocjena	ρv	ρč	g/cm^3	Ocjena zbijenosti	cm/s *10^{-5}	Ocjena propusnosti
Tovarnik	0-42	45,45	porozno	44,23	osrednji	1,23	vrlo mali	1,44	2,61	1,84	jaka zbijenost	5	mala
	42-58	40,47	malo porozno	39,42	osrednji	1,05	vrlo mali	1,54	2,67	1,92	jaka zbijenost	13	mala
Jagodnjak	0-42	40,38	malo porozno	19,12	vrlo mali	21,26	vrlo velik	1,58	2,65	1,65	srednja zbijenost	224	umjereno brza
	42-88	39,79	malo porozno	11,35	vrlo mali	28,45	vrlo velik	1,64	2,72	1,66	srednja zbijenost	168	umjerena

Lokalitet Jagodnjak

Na području Jagodnjaka u sadržaju mehaničkih čestica ovog tla prevladavali su krupni i sitni pijesak u svim horizontima(Tablica 15.). Njihove vrijednosti kretale su se od 65,18 % u oraničnom i 90,51 % u podoraničnom horizontu, dok je u najdubljem horizontu njihov sadržaj bio čak 95,1 %. Teksturni sastav oraničnog horizonta je pjeskovita ilovača, dok su ostali horizonti bili pjeskovite teksture.

Reakcija tla ukazuje je na slabo kiseli oranični (pH_{KCl}=5,98) i podoranični horizont (pH_{KCl}=6,06), dok je najdublji horizont bio alkalan (pH_{KCl}=8,74) (Tablica 16.). Opskrbljenost biljkama AL-pristupačnim fosforom bila je vrlo visoka u oraničnom horizontu (40,99 P_2O_5 mg/100g tla), a opskrbljenost biljci pristupačnim kalijem dobra (21,36 K_2Omg/100g tla). Sadržaj humusa ukazuje na slabu humoznost oraničnog horizonta, dok je sadržaj karbonata oraničnog horizonta bio nizak (2,50 %), a najveći je bio u najdubljem horizontu (6,65 %).

Tablica18. Hidropedološke konstante

Lokalitet	Dubina, x	Kapacitet tla za vodu	Nepristupačna voda u tlu	Fiziološki aktivna voda	Zaliha vode u tlu (0-10 cm)	Zaliha vode u tlu (10-x cm)
	cm	PKv (mm)	Nv (mm)	FAv (mm)	Z1 (mm)	Z2 (mm)
Tovarnik	30	139,3	94,4	44,9	15,0	29,9
	40	185,8	125,9	59,9	15,0	44,9
	50	228,2	159,0	69,2	15,0	54,2
	60	269,5	192,6	77,0	15,0	62,0
Jagodnjak	30	57,4	23,7	33,7	11,2	22,4
	40	76,5	31,6	44,9	11,2	33,7
	50	90,9	34,5	56,4	11,2	45,2
	60	102,3	36,1	66,2	11,2	54,9

Na području Jagodnjaka utvrđena je mala poroznost (40,38 % vol.), vrlo mali kapacitet za vodu (19,12 % vol.), vrlo velik kapacitet za zrak (21,26 % vol.), dok je gustoća pakovanja (1,65 g/cm^3)ukazivala na srednju zbijenost (Tablica17.) Propusnost je bila umjereno brza u oraničnom horizontu (224 cm/s *10^{-5}) i umjerena u podoraničnom (168 cm/s *10$^{-5)}$. Niske vrijednosti točke venuća (Tablica19.) posljedica su visokog sadržaja pijeska te samim time i nižom razinom biljkama nepristupačne vode. Mala količina fiziološki aktivne vode (Tablica 18.), kao i mala zaliha vode u tlu, upućivale su na mogući nedostatak vode tijekom vegetacije.

Tablica 19. Retencija vode u tlu

Lokalitet	Dubina (cm)	TV	LKv	PKv
		15 bara	6.25 bara	0.33 bara
Tovarnik	0-42	23	29	38
	42-58	23	28	35
Jagodnjak	0-42	5	10	16
	42-88	1	2	4

TV – točka venuća
LKv – lentokapilarna voda
PKv – poljski kapacitet za vodu

4.3. Potrebe biljaka za vodom

Na osnovi dobivenih rezultata ET_0, klimatskih značajki i pedofizikalnih analiza, pristupilo se proračunavanju potreba biljaka za vodom koristeći računalne programe HIDROKALK i CROPWAT 8.0. Rezultati su prikazani tablično i grafički te omogućavaju uvid u različite potrebe biljaka za vodom između dvije korištene metode. Potreba za vodom svake kulture proračunata je na osnovi površine od $1m^2$, dok je nedostatak vode izražen u mm/m^2.

Izračuni su napravljeni za obje istraživane lokacije, na različitim tipovima tala te u različitim klimatskim uvjetima. Tip tla i klimatski elementi imali su utjecaj na potrebnu količinu vode (Tablica 20.).

Tablica 20. Potrebe biljaka za vodom proračunate na osnovi bilance oborinske vode u tlu u prosječnoj i sušnoj godini za područje Tovarnika i Jagodnjaka -HIDROKALK

Struktura proizvodnje redovno/postrno	**Nedostatak vode u vegetaciji (mm) HIDROKALK**			
REDOVNA SJETVA	**Tovarnik**		**Jagodnjak**	
Žitarice	**Prosječna godina**	**Sušna godina**	**Prosječna godina**	**Sušna godina**
Kukuruz merkatilni	154,1	277,9	119,3	231,0
Kukuruz sjemenski	122,1	240,8	87,0	198,5
Kukuruz šećerac	151,9	242,2	120,8	213,4
Pšenica merkatilna	51,1	85,9	33,0	70,7
Ječam, zob, tritikale	27,1	61,0	13,5	47,2
Industrijsko bilje				
Soja	130,0	266,86	89,5	220,4
Suncokret	135,7	273,0	95,2	226,1
Uljana repica	65,0	122,4	45,0	99,7
Šećerna repa	200,8	287,8	169,5	262,1
Krmno bilje				
Kukuruz silažni	108,5	200,8	79,0	170,8
Povrće				
Krumpir	151,6	242,1	120,7	213,4
Luk	159,5	264,4	128,4	231,4
Paprika, krastavac	201,4	321,0	164,7	283,9
Dinja, lubenica	188,0	277,3	155,1	255,3
Rajčica	158,6	273,8	126,6	239,1

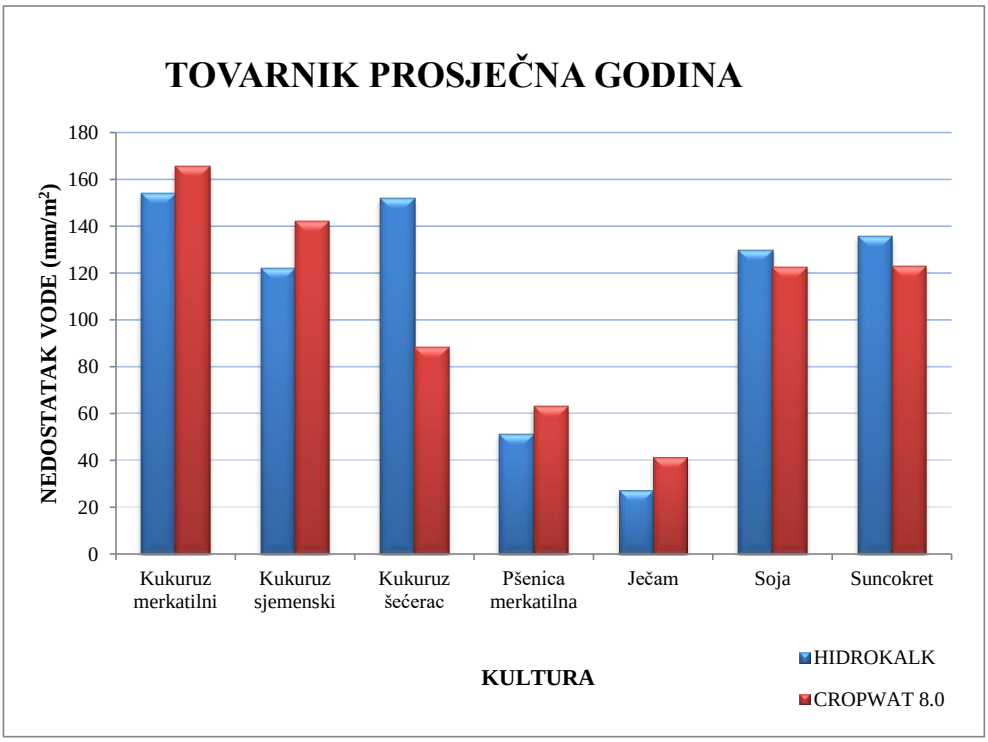
Koristeći program HIDROKALK najmanjinedostatak vodena području Tovarnika u prosječnoj i sušnoj godini imao je ječam, kojem je nedostajalo 27,1 mm (Grafikon 1.), odnosno 61,0 mm vode (Grafikon 3.). Najveće potrebe imali su rajčica i krastavac, kojima je u godini s prosječnom količinom oborinama nedostajalo 201,4 mm vode (Grafikon 2.). U sušnoj godini je taj nedostatak bio još veći te je iznosio 321,0 mm vode (Grafikon 4.). Zanimljiv podatak je potreba za vodom kod kukuruza, suncokreta i šećerne repe. Merkantilnom kukuruzu u vegetaciji nedostajalo je od 154,1 mm vode u prosječnoj do čak 277,9 mm u sušnoj godini (Grafikon 3.). Suncokretu je nedostajalo 135,7 mm vode u prosječnoj godini i 273,0 mm u sušnoj. Šećerna repa jedna je od kultura s najvećom zasijanom površinom na području Tovarnika, a nedostatak vode u vegetaciji se kretao od 200,8 mm vode u prosječnoj do 287,8 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 4.).

Područje Jagodnjaka također je pokazalo najveće potrebe za vodom kod paprike i krastavca, iako su potrebne količine vode bile manje nego na području Tovarnika i kretale su se od 164,7 mm u prosječnoj godini (Grafikon 6.) do 283,9 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 8.). Očekivano, ječam je i na ovom području imao najmanju potrebu za vodom te se ona kretala od svega 13,5 mm u prosječnoj (Grafikon 5.) do 47,2 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 7.). Kukuruz, suncokret i šećerna repa i na ovom području pokazali su dosta veliki nedostatak vode. Kukuruzu je nedostajalo 119,3 mm u prosječnoj te 231,0 mm vode u sušnoj godini. Nedostatak vode kod šećerne repe kretao se od 169,5 mm do 262,1 mm u ovisnosti o godini. Nedostatak vode kod ostalih povrćarskih kultura u sušnoj godini iznosio je preko 200,0 mm, najmanji je bio kod krumpira te je iznosio 213,4 mm, a najveći nedostatak imali su paprika i krastavac sa 283,9 mm (Grafikon 8.).

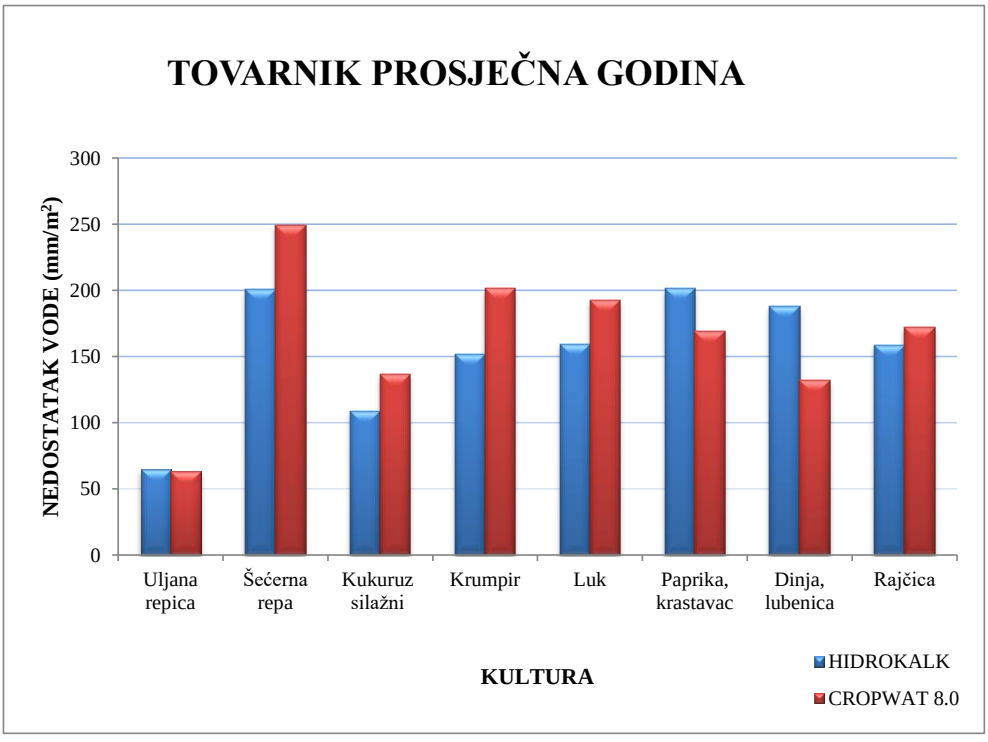
Tablica 21. Potrebe za vodom proračunate programom CROPWAT 8.0 u prosječnoj i sušnoj godini za područje Tovarnika i Jagodnjaka

Struktura proizvodnje redovno/postrno	**Nedostatak vode u vegetaciji (mm) CROPWAT 8.0**			
REDOVNA SJETVA	**Tovarnik**		**Jagodnjak**	
Žitarice	**Prosječna godina**	**Sušna godina**	**Prosječna godina**	**Sušna godina**
Kukuruz merkatilni	165,8	273,2	137,1	229,2
Kukuruz sjemenski	142,1	232,6	114,3	197,7
Kukuruz šećerac	88,3	152,6	69,3	126,4
Pšenica merkatilna	63,0	117,9	49,7	93,9
Ječam, zob, tritikale	41,4	90,0	29,8	69,1
Industrijsko bilje				
Soja	122,6	214,4	98,7	171,9
Suncokret	122,9	214,2	97,7	181,3
Uljana repica	63,4	118,6	50,7	96,7
Šećerna repa	249,6	361,5	210,6	311,2
Krmno bilje				
Kukuruz silažni	136,4	225,9	111,1	192,6
Povrće				
Krumpir	201,4	293,8	167,1	252,8
Luk	192,7	293,3	156,6	251,1
Paprika, krastavac	169,0	279,2	133,7	232,5
Dinja, lubenica	131,8	226,7	104,2	190,9
Rajčica	172,2	280,9	138,5	233,9

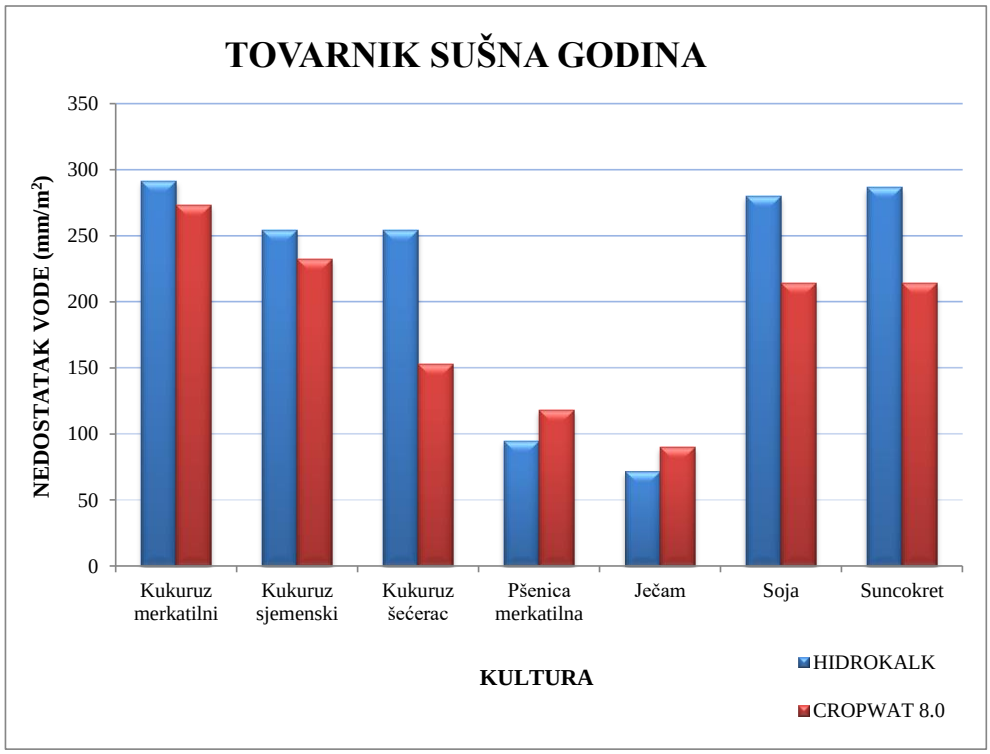
Najveći nedostatak vode proračunat pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0. na oba lokaliteta utvrđen je kod šećerne repe (Tablica 21.). Na području Tovarnika u prosječnoj godini manjak vode iznosio je 249,6 mm (Grafikon 2.) te čak 361,5 mm u sušnoj godini (Grafikon4.). Za područje Jagodnjakautvrđen je manji nedostatak vode te je on za šećernu repu iznosio 210,6 mm u prosječnoj (Grafikon 6.) i 311,2 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 8.). Najmanjinedostatak vode na području Tovarnika imao je ječam te se kretao od 41,4 mm u prosječnoj godini (Grafikon 1.) do 90 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 3.). Na području Jagodnjakamanjak je iznosio 29,8 mm u prosječnoj (Grafikon 5.) i 69,1 mm vode u sušnoj godini (Grafikon 7.). Povrćarske su kulture i ovom proračunskom metodom imale veliki nedostatak vode na oba lokaliteta. Kod svih kultura kretao se iznad 200 mm vode u sušnoj godini, osim dinje i lubenice na području Jagodnjaka, kod kojih je taj nedostatak bio 190,9 mm vode (Grafikon 8.).



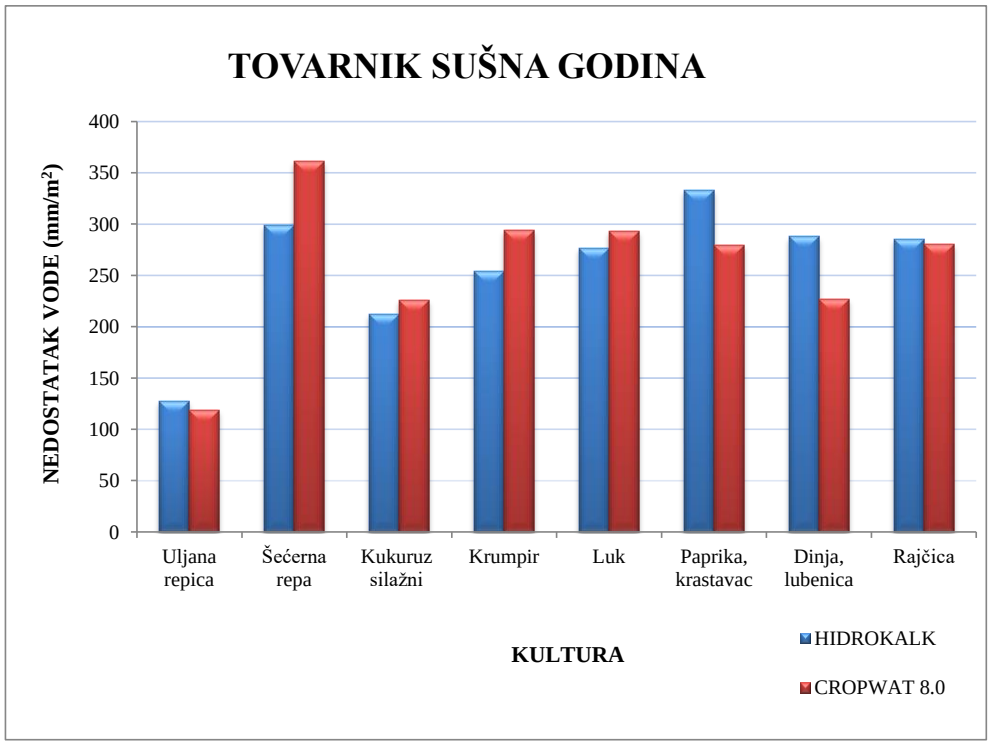
Grafikon 1. Nedostataku prosječnoj godini na području Tovarnika



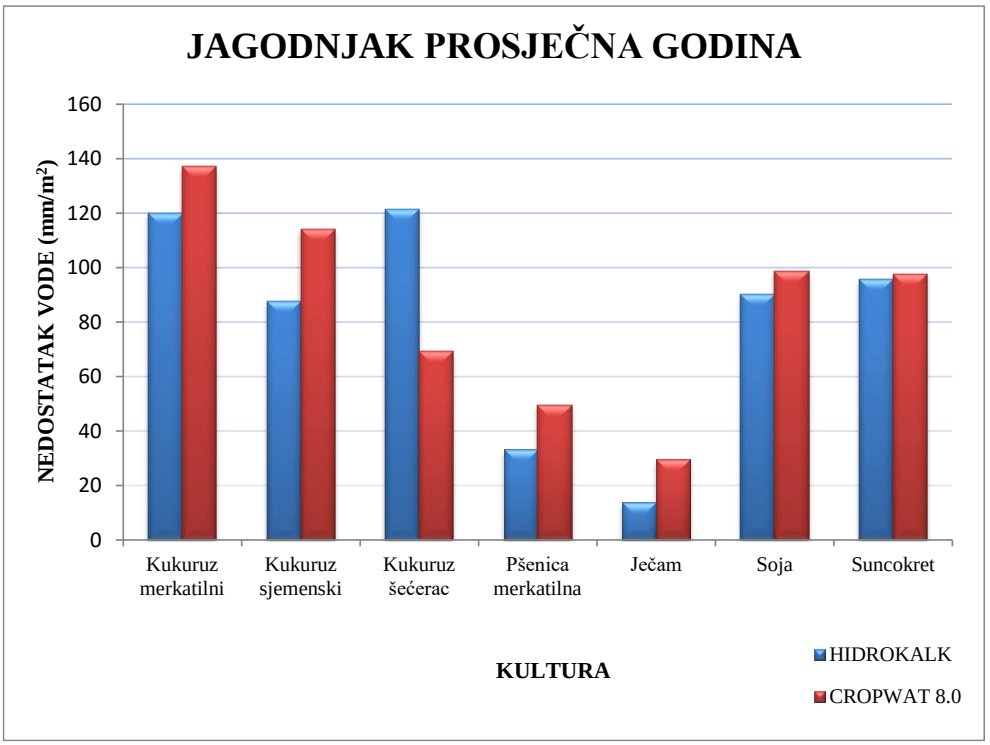
Grafikon 2. Nedostataku prosječnoj godini na području Tovarnika



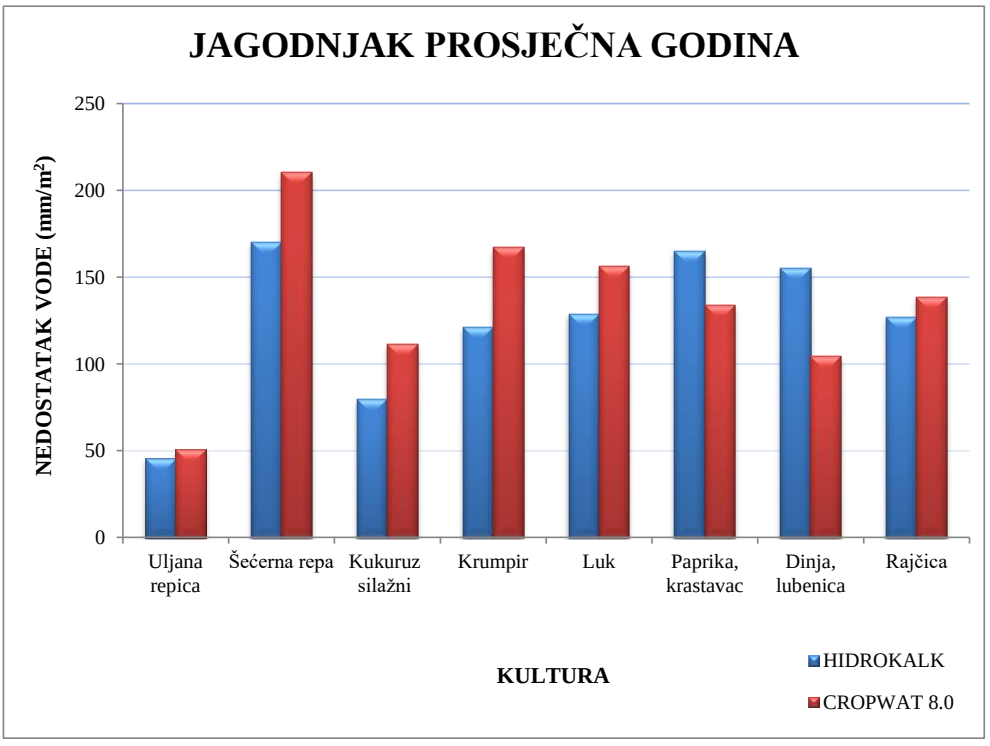
Grafikon 3. Nedostataku prosječnoj godini na području Tovarnika



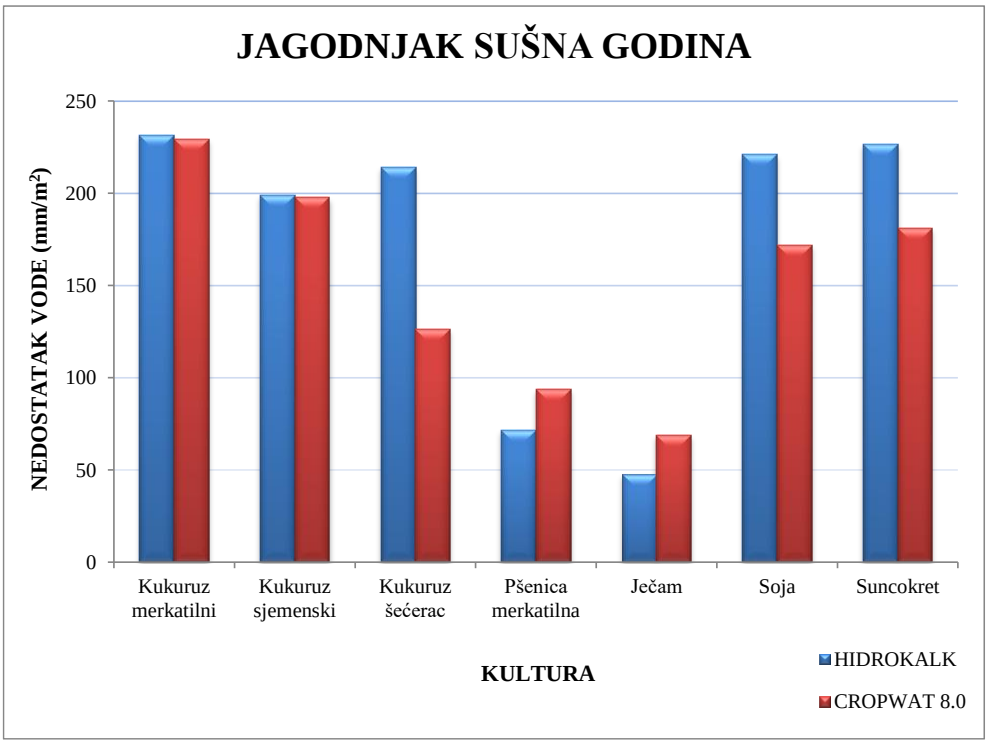
Grafikon 4.Nedostataku sušnoj godini na području Tovarnika



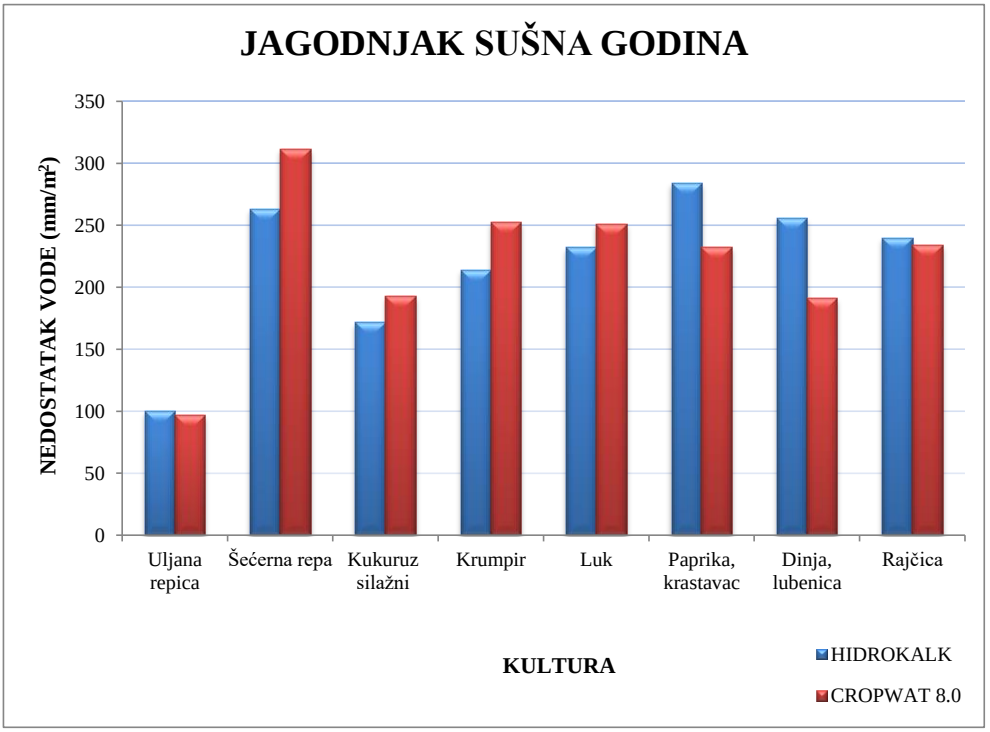
Grafikon 5. Nedostatak u prosječnoj godini na području Jagodnjaka



Grafikon 6. Nedostataku prosječnoj godini na području Jagodnjaka



Grafikon 7. Nedostataku sušnoj godini na području Jagodnjaka



Grafikon 8. Nedostataku sušnoj godini na području Jagodnjaka

Nedostatak vode izračunat pomoću dvije različite metode po kulturama u mjesecu svibnju, izračunat je za dva lokaliteta, Tovarnik i Jagodnjak(Tablica 22.).Najveći manjak vode utvrđen je kod šećerne repe, gdje je razlika u količini vode koju je potrebno nadomjestiti, ovisno o metodi, iznosila 25,2 mm na području Tovarnika te 17,6 mm na području Jagodnjaka. Najmanja razlika utvrđena je kod soje i iznosila je 0,9 mm na području Tovarnika i 1,2 mm na području Jagodnjaka

Tablica 22. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u svibnju ovisno o metodi izračuna

Kultura	**Nedostatak vode u svibnju (mm/m^2) - sušna godina**			
	Tovarnik		**Jagodnjak**	
	HIDROKALK	**CROPWAT 8.0**	**HIDROKALK**	**CROPWAT 8.0**
Kukuruz merkatilni	22,9	20,8	11,5	17,7
Soja	11,4	10,3	9,7	8,5
Šećerna repa	30,1	55,3	23,3	50,9
Kukuruz silažni	22,9	19,4	11,5	16,6
Paprika, krastavac	27,3	38,9	23,6	34,5
Rajčica	27,3	30,2	23,6	27,2

Tablica 23. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u lipnju ovisno o metodi izračuna

Kultura	**Nedostatak vode u lipnju (mm/m^2) - sušna godina**			
	Tovarnik		**Jagodnjak**	
	HIDROKALK	**CROPWAT 8.0**	**HIDROKALK**	**CROPWAT 8.0**
Kukuruz merkatilni	54,4	54,6	43,1	46,3
Soja	33,5	29,2	28,1	21,4
Šećerna repa	67,6	83,5	64,7	73,2
Kukuruz silažni	52,3	54,5	41,1	46,3
Paprika, krastavac	45,3	49,2	40,7	40,1
Rajčica	37,6	41,5	33,4	32,3

Nedostatak vode u lipnju povećavao se u odnosu na svibanj te je bio veći kod svih kultura na oba lokaliteta(Tablica 23.). Obje metode su najveći nedostatak pokazale kod šećerne repe na oba lokaliteta. Ujedno, najveća razlika između metoda utvrđena je, također, kod šećerne repe te je iznosila 15,9 mm na području Tovarnika i 8,5 mm na području

Jagodnjaka. Najmanja razlika utvrđena je kod merkantilnog kukuruza te je iznosila 0,20 mm na području Tovarnika i 3,18 mm na području Jagodnjaka.

Tablica 24. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u srpnju ovisno o metodi izračuna

Kultura	**Nedostatak vode u srpnju (mm/m^2) - sušna godina**			
	Tovarnik		**Jagodnjak**	
	HIDROKALK	**CROPWAT 8.0**	**HIDROKALK**	**CROPWAT 8.0**
Kukuruz merkatilni	111,3	108,0	103,3	90,6
Soja	90,9	94,0	79,7	76,5
Šećerna repa	116,6	124,4	105,9	104,5
Kukuruz silažni	104,6	1015	96,4	84,2
Paprika, krastavac	119,4	101,8	108,7	83,6
Rajčica	105,6	106,8	94,7	87,9

Najveći nedostatak vode kod svih kultura utvrđen je u srpnju (Tablica 24.). Najveće potrebe za vodom imali su paprika i krastavac te je kod njih bila i najveća razlika u potrebama za vodom između korištenih metoda izračuna. Razlika u potrebom za vodom na području Tovarnika iznosila je 17,6 mm, dok je na području Jagodnjaka iznosila 25,1 mm. Najmanja razlika bila je kod soje i iznosila je 3,13 mm na području Tovarnika te 3,2 mm na području Jagodnjaka.

Tablica 25. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u kolovozu ovisno o metodi izračuna

Kultura	**Nedostatak vode u kolovozu (mm/m^2) - sušna godina**			
	Tovarnik		**Jagodnjak**	
	HIDROKALK	**CROPWAT 8.0**	**HIDROKALK**	**CROPWAT 8.0**
Kukuruz merkatilni	39,2	72,8	39,2	70,7
Soja	52,8	63,5	53,1	61,0
Šećerna repa	69,7	76,5	68,1	73,3
Kukuruz silažni	20,9	49,5	21,8	48,6
Paprika, krastavac	94,0	69,0	91,3	66,3
Rajčica	76,4	75,9	75,1	72,6

Najveći nedostatak vode u kolovozu (Tablica 25.) imale su povrćarske kulture. Najveću razliku između metoda proračuna u potrebi za vodom imao je merkantilni kukuruz na oba lokaliteta. Razlika je na području Tovarnika iznosila 35,4 mm te 31,5 mm na području

Jagodnjaka. Najmanja razlika bila je kod rajčice te je iznosila 0,5 mm na području Tovarnika i 2,5 mm na području Jagodnjaka. Identična razlika (25,0 mm) utvrđena je kod paprike i krastavaca, na oba lokaliteta. Potrebe silažnog kukuruza za vodom također su se razlikovale ovisno o metodi izračuna. Razlike u potrebama na području Tovarnika iznosile su 28,6 mm, a na području Jagodnjaka 26,8 mm.

Tablica 26. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u rujnu ovisno o metodi izračuna

Kultura	**Nedostatak vode u rujnu (mm/m^2) - sušna godina**			
	Tovarnik		**Jagodnjak**	
	HIDROKALK	**CROPWAT 8.0**	**HIDROKALK**	**CROPWAT 8.0**
Kukuruz merkatilni	50,0	14,6	33,9	6,9
Soja	49,6	17,4	33,9	7,2
Šećerna repa	3,8	19,5	0,0	12,2
Paprika, krastavac	3,8	20,3	19,5	10,7
Rajčica	26,9	26,5	12,3	16,4

Najmanji nedostatak vode u rujnu (Tablica 26.) utvrđen je zašećernu repu. Najmanja razlika između korištenih metoda izračuna nedostatka vode utvrđena je kod rajčice i iznosila je 0,4 mm na području Tovarnika te 4,1 mm na području Jagodnjaka. Najveća razlika u nedostatkuvode ovisno o metodi izračuna, utvrđena je kod merkantilnog kukuruza te je iznosila 35,4 mm na području Tovarnika i 27,0 mm na području Jagodnjaka. Velika razlika u nedostatku vode utvrđena je kod soje te je iznosila 32,2 mm na području Tovarnika i 26,7 mm na području Jagodnjaka, ovisno o metodi izračuna.

4.4. Redukcija prinosa

Redukcija prinosa izračunata je pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0 za prosječnu i sušnu godinu za područje Tovarnika i Jagodnjaka.

Tablica 27. Redukcija prinosa na području Tovarnika i Jagodnjaka u prosječnoj i sušnoj godini izračunata pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0

Struktura proizvodnje redovno/postrno	**Redukcija prinosa (%)**			
REDOVNA SJETVA	**Tovarnik**		**Jagodnjak**	
Žitarice	**Prosječna godina**	**Sušna godina**	**Prosječna godina**	**Sušna godina**
Kukuruz merkatilni	31,3	66,2	22,7	57,4
Kukuruz sjemenski	24,5	58,0	19,0	55,3
Kukuruz šećerac	23,6	54,4	15,4	51,2
Pšenica merkatilna	0,0	1,8	0,0	9,8
Ječam, zob, tritikale	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrijsko bilje				
Soja	15,0	40,7	10,6	35,8
Suncokret	9,8	38,6	4,6	34,2
Uljana repica	0,0	4,2	0,0	8,0
Šećerna repa	32,7	61,3	27,0	55,9
Krmno bilje				
Kukuruz silažni	26,4	60,8	19,4	55,8
Povrće				
Krumpir	34,5	63,0	27,9	56,8
Luk	33,5	62,3	25,8	55,2
Paprika, krastavac	34,5	64,1	26,4	57,0
Dinja, lubenica	27,1	55,2	20,4	50,4
Rajčica	27,3	55,3	26,0	54,1

Ozime kulture imale su najmanju redukciju prinosa (Tablica 27.) te u prosječnoj godini nije došlo do smanjenja prinosa. Ječam nije pokazao smanjenje prinosa niti na jednom lokalitetu. Minimalnu redukciju prinosa imala je pšenica u sušnoj godini. Na području Tovarnika ona je iznosila 1,8 %, a na području Jagodnjaka 9,8 %. Kukuruz je pokazao značajniju redukciju prinosa, koja je bila veća na području Tovarnika. Redukcija prinosa merkantilnog kukuruza na području Tovarnika kretala se od 31,3 % do 66,2 % ovisno o godini. Na području Jagodnjaka, smanjenje prinosa iznosilo je 22,7 % u prosječnoj te čak

57,4 % u sušnoj godini. Sjemenski kukuruz i kukuruz šećerac imali su nešto nižu redukciju prinosa. Redukcija prinosa sjemenskog kukuruza na području Tovarnika iznosila je 24,5 % u prosječnoj te 58,0 % u sušnoj godini. Jagodnjakje imao niže vrijednosti redukcije koje su iznosile 19,0 % u prosječnoj te 55,3 % u sušnoj godini. Kukuruz šećerac ovisno o godini imao je smanjen prinos od 23,6 % do 54,4 % na području Tovarnika te 15,4 % u prosječnoj, odnosno 51,2 % u sušnoj godini na području Jagodnjaka.

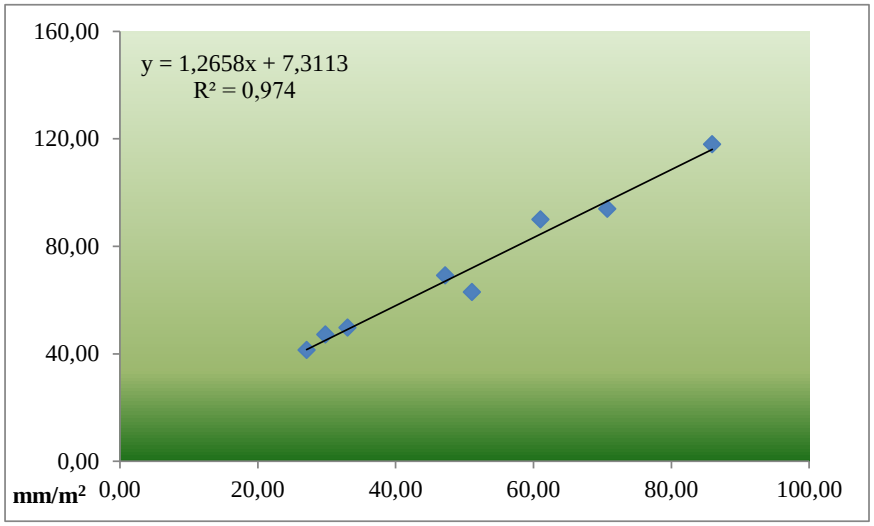
Industrijsko bilje također je pokazalo redukciju prinosa, najmanju uljana repica, a najveću šećerna repa. Uljana repica nije pokazala redukciju prinosa u prosječnoj godini niti na jednom lokalitetu, dok je u sušnoj godini redukcija prinosa bila minimalna te je iznosila 4,2 % na području Tovarnika i 8,0 % na području Jagodnjaka. Soja i suncokret pokazali su značajniju redukciju prinosa u sušnoj godini te je moguće smanjenjeprinosa za više od trećine. Kod šećerne repe, redukcija prinosa još je veća i u prosječnoj godiniiznosi 32,7 % na području Tovarnika i 27,0 % na području Jagodnjaka. U sušnoj godini redukcija prinosa iznosi 61,3 % na području Tovarnika te 55,9 % na području Jagodnjaka. Silažni kukuruz također je pokazao značajnu redukciju prinosa koja se u sušnoj godini kreće od 60,8 % na području Tovarnika do 55,8 % na području Jagodnjaka.

Povrćarske kulture imale su prilično ujednačenu redukciju prinosa na oba lokaliteta. Krumpir, paprika i krastavac imaju najveću redukciju prinosa, a dinja i lubenica najmanju. Redukcija prinosa kod krumpira u prosječnoj godini iznosi 34,5 % na području Tovarnika te 27,9 % na području Jagodnjaka. U sušnoj godini redukcija prinosa iznosi 63,0 % na području Tovarnika i 56,8 % na području Jagodnjaka. Dinja i lubenica imaju najmanju redukciju prinosa koja se kreće od 27,1 % u prosječnoj godini do 55,2 % u sušnoj godini na području Tovarnika. Jagodnjak ima nešto nižu redukciju prinosa te je ona kod dinje i lubenice 20,4 % u prosječnoj i 50,4 % u sušnoj godini.

4.5.Korelacije metoda proračuna manjka vode

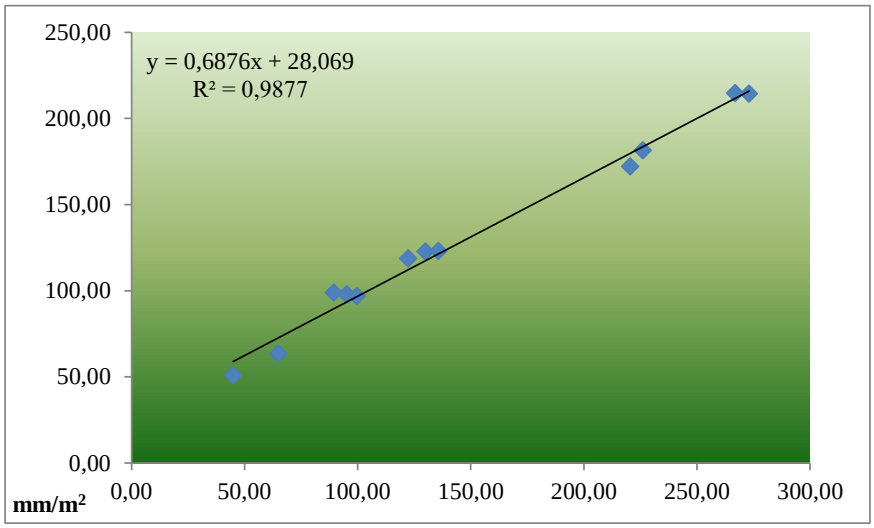
Dobiveni rezultati obrađeni su u programu Excel te su utvrđene korelacije istraživanih metoda za izračun potreba u navodnjavanju. Isto tako, podaci su obrađeni i SAS aplikacijom, ali nije utvrđen statističi značajan utjecaj ni lokaliteta ni godine na dozu vode za navodnjavanje. Iz navedenih razloga prikazane su samo korelacije dvaju programa; HIDROKALK i CROPWAT 8.0 koje su za sve uzorke bile vrlo značajne r= 0,938.

Promatrajući međuodnos, tj. korelacije dva istraživana programa za utvrđivanje potreba u navodnjavanju, kroz pojedine kulture ili skupinu kultura sa sličnim potrebama za vodom možemo reći da je kod svih kultura utvrđena vrlo visoka korelacija te da na nju nije imao utjecaj ni lokalitet ni godina. Tako je za strne žitarice (merkantilnu pšenicu i ječam) utvrđena korelacija r= 0,986 (Grafikon 9).



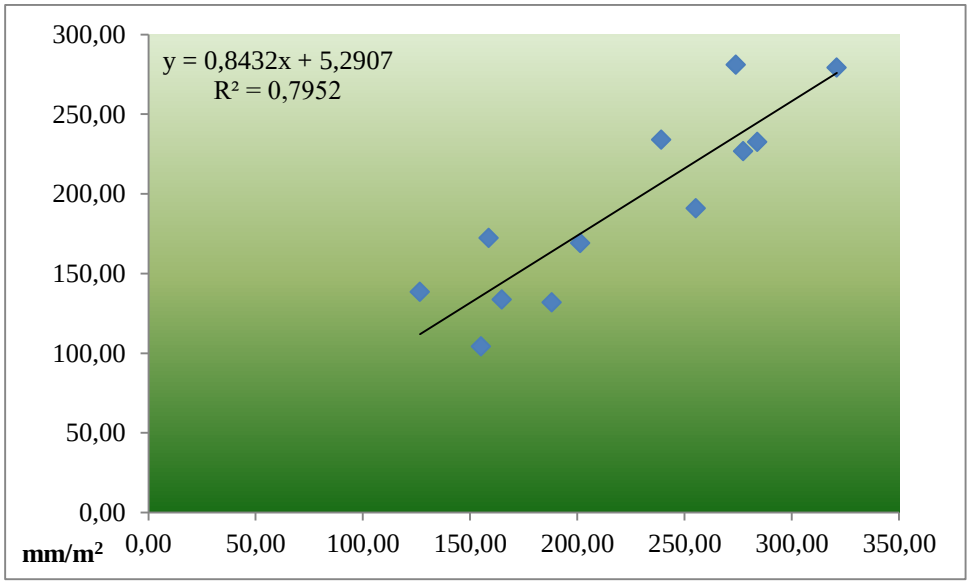
Grafikon 9. Korelacije utvrđene između HIDROKALK i CROPWAT 8.0programa za potrebe navodnjavanja strnih žitarica

Kod industrijskog je bilja (soja, suncokret, uljana repica) također utvrđena vrlo visoka korelacija r= 0,993 (Grafikon 10).



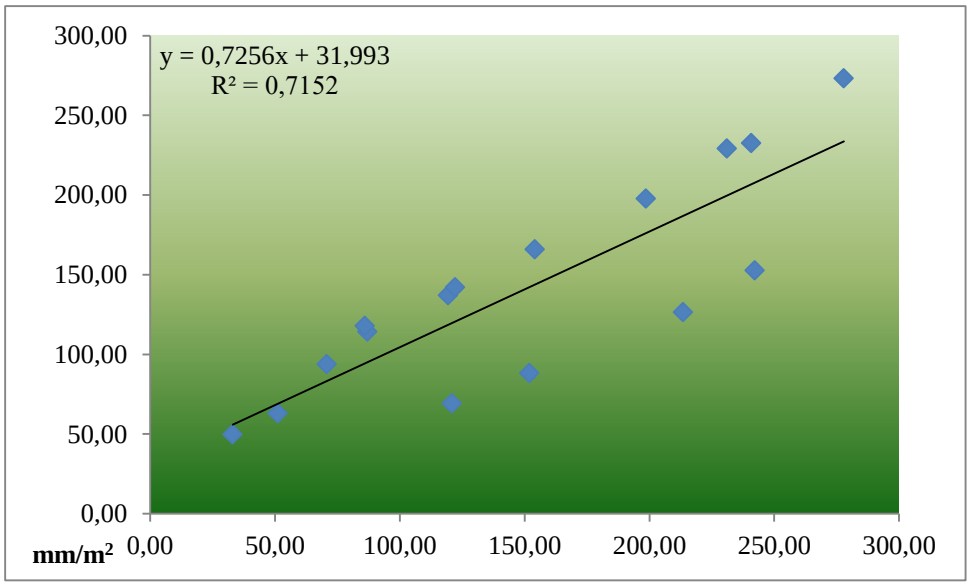
Grafikon 10. Korelacije utvrđene između HIDROKALK i CROPWAT 8.0programa za potrebe navodnjavanja industrijskog bilja

Nešto niže, ali ipak vrlo značajne korelacije utvrđene su za potrebe navodnjavanja povrćarskih kultura (paprika, krastavac, dinja, lubenica, rajčica) r=0,892 (Grafikon11).

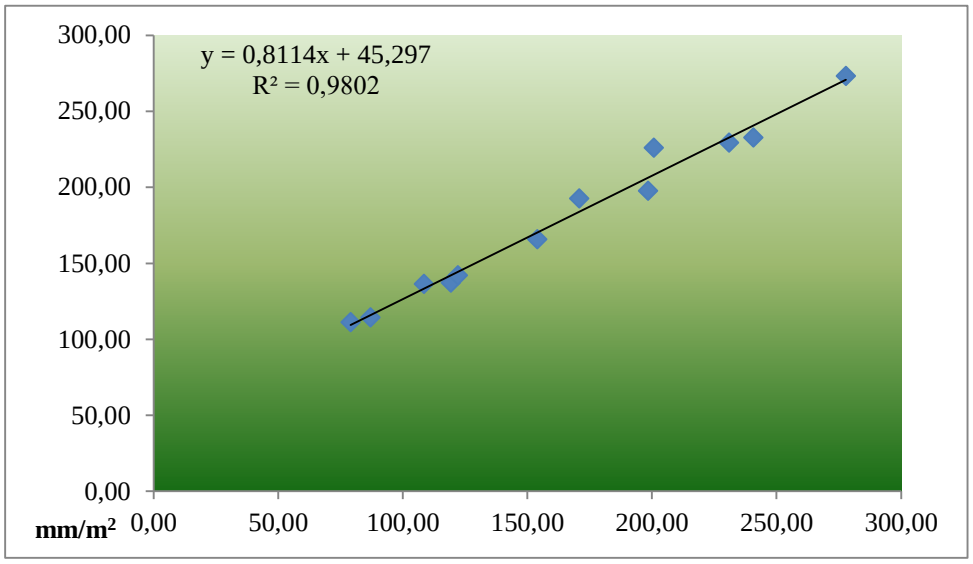


Grafikon11. Korelacije utvrđene između HIDROKALK i CROPWAT 8.0programa za potrebe navodnjavanja povrćarskih kultura

Kod izračuna potrebnih doza za navodnjavanje kukuruza utvrđene su razlike u korelacijama ovisno o tome jesu li se u obzir uzimale doze za kukuruz šećerac ili ne. Naime, ako bi se u korelacije uzimali u obzir svi rezultati vezani uz kukuruz (sjemenski, silažni, merkantilni i šećerac), tada bi korelacija iznosila r=0,845 (Grafikon 12). Isključivanjem podataka o potrebi za vodom kukuruza šećerca korelacija raste na r=0,990 (Grafikon 13).



Grafikon 12. Korelacije utvrđene između HIDROKALK i CROPWAT 8.0programa za potrebe navodnjavanja kukuruza



Grafikon 13. Korelacije utvrđene između HIDROKALK i CROPWAT 8.0programa za potrebe navodnjavanja merkantilnog, sjemenskog i silažnog kukuruza

5. RASPRAVA

5.1. Klimatska obilježja istraživanih područja

Istraživano područje obuhvatilo je teritorij istočne Hrvatske *(Bašić i sur., 2001.)*, područje Tovarnika i Jagodnjaka. Referentna evapotranspiracija i količina efektivnih oborina osnovni su čimbenik za izračun nedostatka vode metodom pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0 *(Josipović i sur., 2013.)*.

Vrijednosti proračunate u računalnom programu CROPWAT 8.0 razlikovale su se za dva istraživana lokaliteta, kao i godišnja temperatura. Područje Jagodnjaka imalo je nižu srednju godišnju temperaturu (11,1 °C) od područja Tovarnika (11,3 °C), što je posljedica hladnijih zimskih mjeseci, gdje je razlika temperature u najhladnijem mjesecu iznosila 0,5 °C. Srednja godišnja relativna vlaga zraka na području Tovarnika iznosila je 73 %, dok je na području Jagodnjaka izmjerena relativna vlaga 80%. Insolacija na području Tovarnika bila je za 0,5 h/dan veća u odnosu na područje Jagodnjaka te je iznosila 5,8 h/dan. Brzina vjetra bila je veća u Jagodnjaku te je iznosila 2,4 m/s, dok je na području Tovarnika zabilježena brzina vjetra od 1,9 m/s. Efektivne oborine izračunate su USDA metodom pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0 za prosječnu godinu, kao i za75 % vjerojatnosti pojave oborine.

Unatoč ukupnim dovoljnim količinama oborina na oba lokaliteta, neravnomjerna raspodjela može dovesti do stresa uzrokovanog nedostatkom vode (*Bonacci, 1993.)*. Jagodnjak je imao prosječnu godišnju količinu padalina od 709,8 mm, odnosno 639,6 mm efektivnih oborina dok je srednja godišnja količina oborina na području Tovarnika iznosila 680,6 mm, tj. 615,3 mm efektivnih oborina. Mala razlika u količini oborina rezultat je male udaljenosti između ova dva lokaliteta, međutim, veća vrijednost referentne evapotranspiracije utvrđena je na području Tovarnika. To je posebno vidljivo u ljetnim mjesecima, kada je srednja vrijednost referente evapotranspiracije zamjetno veća na području Tovarnika od vrijednosti na području Jagodnjaka.

5. 2. Pedofizikalna i kemijska obilježja istraživanih tala

Pedomorfološke značajke istraživanog tla na području Tovarnika svrstavaju ga u odjel hidromorfnih tala, klasu glejnih tala, tipa ritska crnica (*Škorić i sur. 1985.)*. Po teksturnom sastavu, svi horizonti su praškasto glinaste ilovače, osim najdubljeg koji po teksturnom

sastavu pripada praškastoj ilovači. Struktura oraničnog i podoraničnog horizonta je krupno mrvičasta do graškasta. Mehanički sastav tla lokaliteta Tovarnik ukazuje na visoki sadržaj gline u oraničnom i podoraničnom horizontu, što ga svrstava u glinaste forme *(Škorić, 1990., Husnjak, 2014.)*. Rezultati kemijskih analiza pokazali su da uzorci pripadaju skupini tala alkalne reakcije u svim horizontima te da je pH oraničnog horizonta iznosio 7,63 pH jedinica u 1M KCl-u. Sadržaj AL-pristupačnogP_2O_5 u prosjeku je iznosio 26,98 mg/100g, što ukazuje na bogatu razinu opskrbljenosti tla fosforom u oraničnom horizontu. Sadržaj AL-pristupačnog kalija u prosjeku je iznosio 40,48 mg/100g tla te je tlo bogato opskrbljeno kalijem u oraničnom horizontu. Sadržaj biljkama pristupačnog fosfora i kalija opada dubinom, što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima *(Zebec,2015.,Rastija, 2015.)*. Sadržaj humusa oraničnog horizonta iznosio je u prosjeku 3,68 %, dok je sadržaj karbonata u oraničnom horizontu iznosio prosječno 5,01 % i rastao je s porastom dubine tla. Kako karbonatne varijetete tipova tala karakterizira visok sadržaj karbonata u humusno-akumulativnom horizontu (*Škorić, 1990.)*, sadržaj karbonata od 23,78 % koji je utvrđen u podoraničnom horizontu, kao donjem dijelu humusno-akumulativnog horizonta, tlo s područja Tovarnika svrstava u karbonatni tip tala.

Tlo na području Jagodnjaka pripadalo je klasi inicijalnih (nerazvijenih) tala, tipa fluvisol. Oranični horizont po teksturnom sastavu pripada praškasto-pjeskovitoj ilovači, podoranični ilovastom pijesku, dok je najdublji horizont ilovasti pijesak do pijesak. S obzirom da se na istraživanom području provodi intenzivna ratarska i povrtlarska proizvodnja, došlo je do stvaranja antropogenog horizonta iz inicijalnog horizonta. Veliku ulogu u ovom procesu imao je sustav obrane od poplava, kojim se prekinulo sezonsko poplavljivanje i stvaranje novog sloja sedimenta. Kemijskim analizama uzoraka tla s područja Jagodnjaka, utvrđena je slabo kisela reakcija u oraničnom (5,98 pH jedinica u 1M KCl-u) i podoraničnom horizontu (6,06 pH jedinica u 1M KCl-u), dok je najdublji horizont bio alkalne reakcije (8,74 pH jedinica u 1M KCl-u). Tlo je slabo humozno sa sadržajem humusa od 1,95 % u oraničnom horizontu. Koncentracija AL- fosfora u prosjeku je iznosila 40,99 mg P_2O_5/100g tla,što ukazuje na bogatu opskrbljenost tla fosforom u oraničnom horizontu. Koncentracija AL- kalija iznosila je u prosjeku 21,36 mg K_2O/100g tla te uzorci pripadaju skupini dobro opskrbljenih tala kalijem oraničnom horizontu. Dobiveni rezultati su u skladu s istraživanjem koje je proveo Rastija *(2015.)* na području istočne Hrvatske. Srednja zbijenost te umjereno brza i umjerena propusnost ukazuju na veliku heterogenost, koja je jedno od glavnih obilježja ovakvog tipa tla, kako navodi Husnjak *(2014.)*.

5. 3. Potreba biljaka za vodom

Nakon obavljenih kemijskih i pedofizikalnih analiza, na osnovi dobivenih rezultata pristupilo se proračunavanju potreba biljka za vodom pomoću računalnih programa HIDROKALK i CROPWAT 8.0. Proračuni su obavljeni za lokalitete Tovarnik i Jagodnjaku prosječnoj i sušnoj godini. Očekivano, razlike u klimatskim obilježjima istraživanih područja imale su utjecaj na izračunate potrebe za vodom. Najmanju potrebu za navodnjavanjem pokazali su ječam, zob i tritikale kod oba programa. Na području Tovarnika nedostatak vode u prosječnoj godini kod ovih kultura iznosio je 27,1 mm (program HIDROKALK) te 41,4 mm (program CROPWAT 8.0). U sušnoj godini programom HIDROKALK proračunat je manjak vode od 61,0 mm, a pomoću CROPWAT 8.0 programa manjak od 90,0 mm. Područje Jagodnjaka imalo je manju potrebu za navodnjavanjemu vegetaciji ječma, zobi i tritikalea. U prosječnoj godini nedostatak vode u programu HIDROKALK iznosio je 13,5 mm, dok je u programu CROPWAT 8.0 nedostatak iznosio 29,8 mm. U sušnoj godini HIDROKALK pokazao je nedostatak od 47,2 mm, a CROPWAT 8.0 69,1 mm. Pšenica i uljana repica imale su veći nedostatak vode na oba lokaliteta kod obje metode. Utvrđene količine odgovarale su količinama koje navodi Josipović *(2013.)*, budući da su to ozime kulture koje većinu vegetacije imaju dovoljnu količinu vlage u tlu, a stvaranje zaliha vode u tlu tijekom zimskog razdoblja omogućuje njeno korištenje za vrijeme najvećeg porasta biljke.

Najveće potrebe za navodnjavanjem na području Tovarnika izračunate HIDROKALK programom imale su povrtlarske kulture. CROPWAT 8.0 je na istom području pokazao nešto niže vrijednosti te su se one kod rajčice i krastavca kretale od 169,0 mm u prosječnoj (HIDROKALK programom utvrđeno 201,3 mm) i 279,2 mm u sušnoj godini (HIDROKALK 321,0 mm). Područje Jagodnjaka imalo je niže vrijednosti te su one kod paprike i krastavca iznosile 164,73 mm (HIDROKALK), odnosno 133,7 mm (CROPWAT 8.0) u prosječnoj godini. Sušna godina imala je nedostatak vode od 283,86 mm (HIDROKALK), odnosno 232,5 mm (CROPWAT 8.0). Sadržaj suhe tvari povrćarskih kultura kreće se od 4,6 % do 6,5 % (*Matotan, 1994.),* stoga ove kulture iziskuju veliku količinu vode koja se mora nadomjestiti umjetnim putem kako bi se održala visoka razina proizvodnje, što potvrđuju rezultati koje navodi *Josipović(2013.)*.

Merkantilni kukuruz također je kultura s izraženim nedostatkom vode tijekom vegetacije. Kako navodi *Madjar (2009.),* potrebe za vodom u vegetaciji merkantilnog kukuruza kreću

se od 418,0 mm do 642 mm, a najveće su potrebe za vodom utvrđene u fazi 7 do 10 dana prije metličanja pa do završetka oplodnje. Potreba za vodom izračunata pomoću obaprograma potvrdila je ove navode, budući da u prosječnoj godini na području Tovarnika trebalo nadomjestiti 154,0 mm (HIDROKALK) te 165,8 mm (CROPWAT 8.0), a na području Jagodnjaka 119,3 mm (HIDROKALK) te 137,1 mm (CROPWAT 8.0). U sušnoj godini na području Tovarnika utvrđen je nedostatak vode od 277,9 mm (HIDROKALK), te 273,2 mm (CROPWAT 8.0). U Jagodnjaku nedostatak vode iznosio je 231,0 mm (HIDROKALK), odnosno 229,2 mm (CROPWAT 8.0). Količina vode koju je potrebno nadomjestiti kukuruzu odgovaraju količinama koje navodi *Ondrašek(2015.)*.

Kod šećerne repe također je utvrđen veliki nedostatak vode na oba lokaliteta, neovisno o metodi izračuna. Na području Tovarnika, gdje se šećerna repa intenzivno uzgaja, nedostatak vode u prosječnoj godini iznosio je 200,8 mm (HIDROKALK), odnosno 249,6 mm (CROPWAT 8.0). U sušnoj godini nedostajalo je 287,8 mm (HIDROKALK) te 361,5 mm (CROPWAT 8.0). Na području Jagodnjaka nedostatak vode kod šećerne repe u prosječnoj godini iznosio je 169,5 mm (HIDROKALK), odnosno 210,6 mm (CROPWAT 8.0). U sušnoj godini nedostatak vode izračunat koristeći program HIDROKALK iznosio je 262,1 mm, dok je koristeći program CROPWAT 8.0 utvrđen nedostatak od 311,2 mm, što je ujedno i najveći nedostatak vode na tom području za pojedinu kulturu. Izračunate količine vode koje je potrebno nadoknaditi, koristeći obje metode izračuna nedostatka vode, u potpunosti odgovaraju količinama koje su navedene u literaturi *(Josipović, 2013., Ondrašek, 2015.)*.

Statističkom analizom dobivenih rezultata utvrđene su visoke korelacije između istraživanih metoda. Međutim, statistička analiza nije pokazala značajni utjecaj godine ni lokaliteta na izračunate količine vode za navodnjavanje, što je vjerojatno posljedica približno jednake količine efektivnih oborina na oba lokaliteta u razdoblju od travnja do rujna. Ako promatramo sve dobivene vrijednosti doza za navodnjavanje, tada je između HIDROKALK i CROPWAT 8.0 utvrđena korelacija iznosila r= 0,938. Podjelom uzoraka prema potrebama kulture došlo je do promjene korelacije pa je tako za strne žitarice (pšenica, ječam, tritikale, zob) utvrđena korelacija iznosila r=0,986, za industrijsko bilje (soja, suncokret, uljana repica) r= 0,993, povrćarske kulture (paprika, krastavac, dinja, lubenica, rajčica) r=0,892, a za kukuruz (sjemenski, silažni, merkantilni i šećerac) korelacija je iznosila r=0,845. Isključivanjem podataka o potrebi za vodom kukuruza šećerca korelacija se kod kukuruza povećala na r^2=0,990.

5. 4. Redukcija prinosa

Koristeći se računalnim programom CROPWAT 8.0 proračunata je redukcija prinosa na oba lokaliteta u prosječnoj i sušnoj godini te je tako utvrđeno kako ječam, zob i tritikale nemaju redukciju prinosa niti na jednom istraživanom lokalitetu, neovisno radi li se o prosječnoj ili sušnoj godini. Pšenica je pokazala redukciju prinosa samo u sušnoj godini na oba istraživana lokaliteta, i to 1,8 % u Tovarniku te 9,8 % u Jagodnjaku. Veća redukcija prinosa može biti rezultat nešto duže vegetacije te kasnijih rokova sjetve, što rezultira dužim boravkom na proizvodnoj površini te dovodi do većeg gubitka vode iz tla kao posljedicu evapotranspiracije. Uljana repica imala je redukciju prinosa samo u sušnoj godini, gotovo isto kao i pšenica, te je iznosila 4,2 % u Tovarniku i 8,0 % u Jagodnjaku. Kukuruz je imao značajniju redukciju prinosa, koja se na području Tovarnika u prosječnoj godini kretala od 23,6 % kod šećerca do 31,3 % kod merkantilnog kukuruza. U sušnoj godini, redukcija prinosa na ovom području kretala se od 54,4 % kod šećerca do 66,2 % kod merkantilnog kukuruza. Jagodnjak je imao nešto nižu redukciju prinosa kod kukuruza i kretala se od 15,4 % kod šećerca do 22,7 % kod merkantilnog kukuruza u prosječnoj godini. U sušnoj godini redukcija prinosa se kretala se od 51,2 % kod šećerca do 57,4 % kod merkantilnog kukuruza. Ove vrijednosti se podudaraju sa vrijednostima koje navodi Ondrašek *(2015.)* za teksturno laka i teška tla. Kod industrijskog bilja redukcija prinosa bila je najveća kod šećerne repe u prosječnoj i sušnoj godini na oba lokaliteta. Nedostatak vode na području Tovarnika može smanjiti prinos korijena šećerne repe u prosječnoj godini za 32,7 %, a u sušnoj za čak 61,3 %. Na području Jagodnjaka, smanjenje prinosa se kretalo od 27,0 % u prosječnoj do 55,9 % u sušnoj godini. Smanjenje prinosa utvrđeno je i kod suncokreta i soje, kod kojih se redukcija prinosa kretala od 9,8 % do 15,0 % na području Tovarnika u prosječnoj godini. Na području Jagodnjaka smanjenje prinosa ovih kultura u prosječnoj godini kretalo se od 4,6 % kod suncokreta do 10,6 % kod soje. Povrćarske kulture imale su ujednačenu redukciju prinosa te se ona na području Tovarnika u prosječnoj godini kretala od 27,1 % kod dinje i lubenice do 34,5 % kod paprike, krastavca i krumpira. U sušnoj godini redukcija prinosa povrćarskih kultura kretala se od 55,2 % kod dinje i lubenice do 64,1 % kod paprike i krastavca. Na području Jagodnjaka u prosječnoj godini najveću redukciju prinosa od 27,9 % imao je krumpir, dok je najmanja redukcija prinosa utvrđena kod dinje i lubenice te je iznosila 20,4 %.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenih istraživanjanja i dobivenih rezultata može se zaključiti da obje metode koriste slične ulazne parametre za izračunavanje potreba biljaka za vodom. Osnovni parametar za izračunavanje potreba za vodom je referentna evapotranspiracija koja se proračunava Penman-Monteith metodom.

Također, obje metode mogu se koristiti u svrhu proračunavanja potrebe biljaka za vodom i manjka vode u vegetacijskom razdoblju, jer su razlike između metoda minimalne, osim kod kukuruzašećerca. CROPWAT 8.0 u proračunavanju potreba za vodom koristi visinu usjeva i dubinu ukorjenjivanja te na taj način usklađuje potrebu za vodom.

Tip tla i ulazni klimatološki elementi nisu imali značajniji utjecaj na razlike između metoda. Manjak vode u kritičnom razdoblju za biljke gotovo se ne razlikuje s obzirom na pojedinu metodu. Ukupnimanjak vode za pojedinu kulturu gotovo je jednak bez obzira na korištenu metodu.

Redukcija prinosa bez navodnjavanja je minimalna kod strnih žitarica i uljane repice, dok ostale kulture pokazuju značajno smanjenje prinosa bez navodnjavanja.

7.POPIS LITERATURE

1. Bašić, F, Bogunović, M, Božić, M, Husnjak, S, Jurić, I, Kisić, I, Mesić, M, Mirošević, M, Romić, D & Žugec, I.(2001.): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede, Agronomski fakultet, Zagreb.
2. Bogunović, M., Ćorić, R. (2014.):Višenamjensko vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora. Mostar, 2014.
3. Bonacci, O. (1993.): Identifikacija suše i borba protiv nje. U: Zbornik radova Okruglog stola o suši, 1-2, Zagreb
4. Egner H., Riehm H., Domingo W. R. (1960.): Investigations on the chemical soil analysis as a basis for assessing the soil nutrient status II: Chemical extraction methods for phosphorus and potassium determination. Kungliga Lantbrukshu¨gskolans Annaler 26:199–215.
5. Egner, H, Riehm, H &Domingo, WR (1960.): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nahrstoffzustandes der Boden II. Chemische Extractionsmetoden zu Phosphor- und Kaliumbestimmung., 26: 199-215., Kungliga Lantbrukshügskolans Annaler.
6. Gračanin, M.(1947.): Pedologija, II dio – Fiziologija tla, Poljoprivredni nakladni zavod u Zagreb, Zagreb.
7. HRN ISO10390:2005, Kakvoća tla-Određivanje pH vrijednosti, Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
8. HRN ISO10693:2004, Kakvoća tla-Određivanje sadržaja karbonata-Volumetrijska metoda, Hrvatski zavod za norme, Zagreb.
9. HRN ISO14235:1994, Kakvoća tla - Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
10. Husnjak, Stjepan (2014.): Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2014.
11. JDPZ (1971.): Priručnik za ispitivanje zemljišta, knjiga 5 – Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd
12. Josipović, M., Kovačević, V., Rastija, D., Tadić, L., Šoštarić, J., Plavšić, H., Tadić, Z., Dugalić, K., Marković, M., Dadić, T., Šreng, Ž., Ljikar, Ž., (2013.): Priručnik o navodnjavanju za polaznike edukacije projekta IRRI. Grafika d.o.o. Osijek, 2013.
13. Kovačević, Vlado (2008): Vremenske prilike sa stajališta uzgoja kukuruza u Hrvatskoj 2007. godine. Agroznanje (1512-6412) 9 (2008), 4; 43-50
14. Lončarić, Z (2005):, Agrokemija, Praktikum za studente, Poljoprivredni fakultet, Osijek.

15. Madjar, S., Šoštarić, J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet Osijek. Osijek, 2009.

16. Martin, C., Edward (2006): Determening the ammount of irrigation water applied to a field. The Universety of Arizona. College of Agriculture and life scienses. Tuscon, Arizona 85721. 2006.

17. Matotan, Zdravko (1994.): Proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus, Zagreb, 1994.

18. Ondrašek, G., Petošić, D., Tomić, F., Mustać, I., Filipović, V., Petek, M., Lazarević, B., Bubalo, M. (2015): Voda u agroekosustavima. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Tiskara Zelina d.d. Zagreb, 2015.

19. Ondrašek, G., Rengel, Z., Veres S. (2011.): Soil salinisation and salt stress in crop production. In: Abiotic Stress in Plants: Mechanisms and Adaptations, ISBN 978-953-307-394-1. (A. K. Shanker and B. Venkateswarlu, eds), InTech, pp. 171-190.

20. Rastija, D., Ivezić, V., Karalić, K., Popović, B., Engler, M., Semialljac, Z., Haman, D., Lončarić, Z. (2015): Plodnost tala obiteljskih poljoprivrednih gospopdarstava istočne Hrvatske. Zbornik sažetaka 50. hrvatskog i 10. međunarodnod simpozija agronoma, Opatija, 2015., str 24-25.

21. SoilSurveyStaff (1951.): Soil Survey Staff, Soil survey manual, USDA-ARS. Govt.

22. Šimunić, I., Spalević, V., Vukelić-Shutoska, M., Šoštarić, J., Marković, M. (2014): Utjecaj nedostatka vode u tlu na prinose poljoprivrednih kultura. http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_89_2014_203-212_simunic-et-al.pdf (pristup: 15.02.2016.)

23. Škorić, Arso (1982): Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb

24. Škorić, Arso (1990.): Postanak, razvoj i sistematika tala, Zagreb, 1990.

25. Škorić, Arso (1991.): Sastav i svojstva tla; Pedološko i biljnoekološko značenje, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

26. Tomić, Frane (1988.): Navodnjavanje, Prvo izdanje. Fakultet poljoprivrednih znanosti, OOUR Institut za agroekologiju, Zavod za melioracije, 41000 Zagreb, Šimunska 25. Zagreb, 1988.

27. Vidaček, Željko (1998): Gospodarenje melioracijskim sustavima odovodnje i natapanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatsko društvo za navodnjavanje. Zagreb, 1998

28. Zebec, Vladimir (2015): Dinamika kalija i usporedba metoda za određivanje pristupačnog kalija u tlima istočne Hrvatske. Doktorski rad, Osijek, 2015.

8. SAŽETAK

Klimatske promjene dovele su do sve češće pojave sušnih godina što ima izrazito negativan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Cilj istraživanja bio je usporeditidvije metode proračuna potreba za dodatnim navodnjavanjemte time omogućiti kvalitetnije iskorištenje vode za navodnjavanje. Istraživanje je obuhvatilo terenska i laboratorijska istraživanja na lokalitetima Tovarnik i Jagodnjak. Tlo na području Tovarnika imalo je visoki sadržaj gline, dok je tlo Jagodnjaka imalo visoki sadržaj pijeska. Nakon obavljenih pedoloških, kemijskih te analiza meteoroloških podataka svakog područja pristupilo se proračunavanju potreba biljaka za vodom i manjka vode pomoću programa HIDROKALK i CROPWAT 8.0 za prosječnu i sušnu godinu. Dobiveni proračuni su statistički obrađeni kako bi se utvrdila korelacija između korištenih metoda. Najmanjinedostatak vode na oba lokaliteta u prosječnoj i sušnoj godini koristeći program HIDROKALK imale su strne žitarice (pšenica, ječam, zob i tritikale) te uljana repica. Najveće potrebe za dodatno navodnjavanje korištenjem HIDROKALK programa imali su paprika i krastavac u sušnoj godini, Tovarnik 320,97 mm te Jagodnjak 283,86 mm. Pomoću programa CROPWAT 8.0 proračunasu najveće potrebe kod šećerne repe u sušnoj godini, na području Tovarnika 361,50 mm, a na području Jagodnjaka 311,20 mm. Najmanje potrebe proračunate su također kod strnih žitarica i uljane repice. Redukcija prinosa proračunata je pomoću programa CROPWAT 8.0 za oba lokaliteta. Strne žitarice nisu pokazale smanjenje prinosa bez obzira radi li se o prosječnoj ili sušnoj godini. Najveća redukcija prinosa proračunata je kod merkantilnog kukuruz u sušnoj godini (Tovarnik 66,2 %, Jagodnjak 57,4 %). Statističkom obradom podataka utvrđene su vrlo značajne korelacije između korištenih metoda za sve uzorke r^2= 0,88.

9. SUMMARY

Climate change has led to more frequent occurrence of drought years, which has an extremely negative impact on agricultural production. The aim of the research was to compare two methods for calculation of water demand and thus enable better utilization of water used in irrigation. The study included field and laboratory research on two sites:Tovarnik and Jagodnjak. The soil in the area of Tovarnik had high clay content, while the soils of Jagodnjak had high sand content. After the soil physical and chemical analysis and analysis of climatic conditions of each area,HIDROKALK and CROPWAT 8.0 programs were usedto calculate plant water requirements for average and dry year. The calculation results were analyzed to determine the correlation between the two methods. Thelowest water demand using HIDROKALK program at both sites, in an average and in a dry year,was calculated for cereals (wheat, barley, oats and triticale) and oilseed rape. Using HIDROKALK programe highest demand for waterhad pepper and cucumber in the dry year, at Tovarnik 320,97 mm and at Jagodnjak 283,86 mm. CROPWAT 8.0 program calculatedthat the highest demand for water had sugar beet in the dry year, at the area of Tovarnik 361,50 mm and at the area of Jagodnjak 311,20 mm. The lowest demand was also calculated for cereals and rapeseed. The reduction of yield was calculated using CROPWAT 8.0 for both sites. Cereals showed no reduction in yield, regardless of whether was it an average or dry year. The highest reduction in yield was calculated for mercantile maize in the dry year (Tovarnik 66,2%, Jagodnjak 57,4%). The statistical analysis of data showed highly significant correlation between the two methods used for all samples r^2= 0,88.

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Potrebe za vodom, trajanje vegetacije te dubina ukorjenjivanja 4
Tablica 2. Tablica redukcije prinosa u ovisnosti o teksturi tla 5
Tablica 3. Granične vrijednosti supstitucijske kiselosti u tlu 7
Tablica 4. Granične vrijednosti sadržaja organske tvari u tlu 8
Tablica 5. Granične vrijednosti sadržaja fosfora (P_2O_5) u tlu određene AL metodom ... 8
Tablica 6. Granične vrijednosti sadržaja lako pristupačnog kalija (K_2O) u tlu određene AL metodom 8
Tablica 7. Granične vrijednosti sadržaja karbonata u tlu 9
Tablica 8. Granične vrijednosti stabilnosti mikrostrukturnih agregata tla 9
Tablica 9. Granične vrijednosti sadržaja pora u tlu 10
Tablica 10. Granične vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu 10
Tablica 11. Granične vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za zrak 10
Tablica 12. Granične vrijednosti gustoće pakiranja tla 10
Tablica 13. Pedomorfološke značajke profila Tovarnik 16
Tablica 14. Pedomorfološke značajke profila Jagodnjak 17
Tablica 15. Mehanički sastav i teksturna oznaka 18
Tablica 16. Kemijska svojstva tala 18
Tablica17. Pedofizikalna i hidropedološka svojstva i propusnost tla za vodu 19
Tablica18. Hidropedološke konstante 20
Tablica 19. Retencija vode u tlu 20
Tablica 20. Potrebe za vodom proračunate na osnovu bilance oborinske vode u tlu u prosječnoj i sušnoj godini za područje Tovarnika i Jagodnjaka..... 21
Tablica 21. Potrebe za vodom proračunate na programa CROPWAT 8.0 u prosječnoj i sušnoj godini za područje Tovarnika i Jagodnjaka 23
Tablica 22. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u svibnju ovisno o metodi izračuna 28
Tablica 23. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u lipnju ovisno o metodi izračuna 28
Tablica 24. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u srpnju ovisno o metodi izračuna 29
Tablica 25. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u kolovozu ovisno o metodi izračuna 29

Tablica 26. Razlika u nedostatku vode kod pojedinih kultura u rujnu ovisno o metodi izračuna..... 30

Tablica 27. Redukcija prinosa na području Tovarnika i Jagodnjaka u prosječnoj i sušnoj godini izračunata pomoću računalnog programa CROPWAT 8.0 31

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Teksturni trokut 9
Slika 2. Referentna evapotranspiracija područja Jagodnjaka 12
Slika 3. Referentna evapotranspiracija područja Tovarnika 13
Slika 4. Količina oborina u prosječnoj godini na području Jagodnjaka 14
Slika 5. Količina oborina u sušnoj godini na području Jagodnjaka 14
Slika 6. Količina oborina u prosječnoj godini na području Tovarnika 15
Slika 7. Količina oborina u sušnoj godini na području Tovarnika 15

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1.Nedostatak vodeu prosječnoj godini na području Tovarnika..... 24

Grafikon 2. Nedostatak vodeu prosječnoj godini na području Tovarnika..... 24

Grafikon 3. Nedostatak vode u sušnoj godini na području Tovarnika 25

Grafikon 4. Nedostatak vode u sušnoj godini na području Tovarnika..... 25

Grafikon 5. Nedostatak vodeu prosječnoj godini na području Jagodnjaka 26

Grafikon 6. Nedostatak vode u prosječnoj godini na području Jagodnjaka 26

Grafikon 7. Nedostatak vode u sušnoj godini na području Jagodnjaka..... 27

Grafikon 8. Nedostatak vode u sušnoj godini na području Jagodnjaka 27

Grafikon 9. Korelacije utvrđene između Hidrokalk i Cropwat 8 metode za potrebe navodnjavanja strnih žitarica 33

Grafikon 10. Korelacije utvrđene između Hidrokalk i Cropwat 8 metode za potrebe navodnjavanja industrijskog bilja 33

Grafikon 11. Korelacije utvrđene između Hidrokalk i Cropwat 8 metode za potrebe navodnjavanja povrtlarskih kultura 34

Grafikon 12. Korelacije utvrđene između Hidrokalk i Cropwat 8 metode za potrebe navodnjavanja kukuruza 35

Grafikon 13. Korelacije utvrđene između Hidrokalk i Cropwat 8 metode za potrebe navodnjavanja merkantilnog, sjemenskog i silažnog kukuruza 35

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

USPOREDBA METODA ZA ODREĐIVANJE POTREBA BILJAKA ZA VODOM NA RAZLIČITIM TIPOVIMA TALA

Miroslav Periškić

Sažetak
Klimatske promjene dovele su do sve češće pojave sušnih godina što ima izrazito negativan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Cilj istraživanja bio je usporeditidvije metode proračuna potreba za dodatnim navodnjavanjemte time omogućiti kvalitetnije iskorištenje vode za navodnjavanje. Istraživanje je obuhvatilo terenska i laboratorijska istraživanja na lokalitetima Tovarnik i Jagodnjak. Tlo na području Tovarnika imalo je visoki sadržaj gline, dok je tlo Jagodnjaka imalo visoki sadržaj pijeska. Nakon obavljenih pedoloških, kemijskih te analiza meteoroloških podataka svakog područja pristupilo se proračunavanju potreba biljaka za vodom i manjka vode pomoću programa HIDROKALK i CROPWAT 8.0 za prosječnu i sušnu godinu. Dobiveni proračuni su statistički obrađeni kako bi se utvrdila korelacija između korištenih metoda. Najmanjinedostatak vode na oba lokaliteta u prosječnoj i sušnoj godini koristeći program HIDROKALK imale su strne žitarice (pšenica, ječam, zob i tritikale) te uljana repica. Najveće potrebe za dodatno navodnjavanje korištenjem HIDROKALK programa imali su paprika i krastavac u sušnoj godini, Tovarnik 320,97 mm te Jagodnjak 283,86 mm. Pomoću programa CROPWAT 8.0 proračunatesu najveće potrebe kod šećerne repe u sušnoj godini, na području Tovarnika 361,50 mm, a na području Jagodnjaka 311,20 mm. Najmanje potrebe proračunate su također kod strnih žitarica i uljane repice. Redukcija prinosa proračunata je pomoću programa CROPWAT 8.0 za oba lokaliteta. Strne žitarice nisu pokazale smanjenje prinosa bez obzira radi li se o prosječnoj ili sušnoj godini. Najveća redukcija prinosa proračunata je kod merkantilnog kukuruz u sušnoj godini (Tovarnik 66,2 %, Jagodnjak 57,4 %). Statističkom obradom podataka utvrđene su vrlo značajne korelacije između korištenih metoda za sve uzorke r= 0,938.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Mentor: prof. dr. sc. Domagoj Rastija

Broj stranica:49
Broj grafikona i slika:20
Broj tablica:27
Broj literaturnih navoda:28
Broj priloga:0
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi:navodnjavanje, evapotranspiracija, redukcija prinosa

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. mr. sc. Miroslav Dadić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Domagoj Rastija, mentor
3. dr. sc. Vladimir Zebec, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku**,** Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agriculture
University Graduate Studies Plant production, course Plant nutrition and soil science

COMPARISON OF METHODS FOR PLANT WATER REQUIREMENTS ON DIFFERENT SOILS

Miroslav Periškić

Abstract
Climate change has led to more frequent occurrence of drought years, which has an extremely negative impact on agricultural production. The aim of the research was to compare two methods for calculation of water demand and thus enable better utilization of water used in irrigation. The study included field and laboratory research on two sites:Tovarnik and Jagodnjak. The soil in the area of Tovarnik had high clay content, while the soils of Jagodnjak had high sand content. After the soil physical and chemical analysis and analysis of climatic conditions of each area, HIDROKALK and CROPWAT 8.0 programs were usedto calculate plant water requirements for average and dry year. The calculation results were analyzed to determine the correlation between the two methods. The lowest water demand using HIDROKALK program at both sites, in an average and in a dry year,was calculated for cereals (wheat, barley, oats and triticale) and oilseed rape. Using HIDROKALK programe highest demand for waterhad pepper and cucumber in the dry year, at Tovarnik 320,97 mm and at Jagodnjak 283,86 mm. CROPWAT 8.0 program calculated that the highest demand for water had sugar beet in the dry year, at the area of Tovarnik 361,50 mm and at the area of Jagodnjak 311,20 mm. The lowest demand was also calculated for cereals and rapeseed. The reduction of yield was calculated using CROPWAT 8.0 for both sites. Cereals showed no reduction in yield, regardless of whether was it was an average or dry year. The highest reduction in yield was calculated for mercantile maize in the dry year (Tovarnik 66,2%, Jagodnjak 57,4%). The statistical analysis of data showed highly significant correlation between the two methods used for all samples r= 0,938.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor:

Numberofpages:49
Numberoffigures:20
Numberoftables:27
Numberofreferences:28
Number of appendices:0
Original in: Croatian

Keywords:irrigation, evapotranspiration, yieldreduction

Thesis defended on date:

Reviewers:

1.MScMiroslav Dadić, president
2.PhD Domagoj Rastija, mentor
3.PhD Vladimir Zebec, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.