

ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE U TLU METODOM GIPSANIH BLOKOVA

Cerjan, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:296360>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

DENIS CERJAN

Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Hortikultura

ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE U TLU
METODOM GIPSANIH BLOKOVA

Završni rad

Osijek, 2011.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

DENIS CERJAN

Sveučilišni preddiplomski studij, smjer Hortikultura

ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE U TLU METODOM GIPSANIH BLOKOVA

Završni rad

Povjerenstvo za obranu završnog rada:

prof. dr. sc. Jasna Šoštarić, predsjednik

Monika Marković, dipl. ing., voditelj

prof. dr. sc. Domagoj Rastija, član

Osijek, 2011.

ZAHVALA

Najljubaznije se zahvaljujem najprije svojoj voditeljici Moniki Marković dipl. ing., zatim Poljoprivrednom institutu u Osijeku, a također i dr. sc. Marku Josipoviću što su mi omogućili provedbu terenskog dijela moga istraživanja, te mi nesebično pomogli u izradi moga završnog rada.

SADRŽAJ:

1. UVOD	2
1.1. Određivanje sadržaja vode u tlu	4
1.2. Metoda gipsanih blokova.....	7
2. MATERIJAL I METODE RADA	9
2.1. Navodnjavanje	9
2.2. Proučavanje svojstava tla.....	9
2.3. Dinamika sadržaja vode u tlu.....	11
2.4. Praćenje razine podzemne vode.....	12
2.5. Praćenje klimatskih obilježja ispitivanog razdoblja	12
3. REZULTATI I RASPRAVA	13
3.1. Vremenske prilike ispitivanog razdoblja.....	13
3.2. Razina podzemne vode	16
3.3. Dinamika vode u tlu.....	16
4. ZAKLJUČAK	22
5. PREGLED LITERATURE	23
6. SAŽETAK	25
7. SUMMARY	26
8. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	27
POPIS SLIKA	28
POPIS TABLICA	28

1. UVOD

Tlo je sustav koji se sastoji od čvrste (čestice tla), tekuće (voda) i plinovite (zrak) faze, u kojem su svoje mjesto za život pronašli i razni organizmi (živa faza). Jedna od najvažnijih osobina tla je ta da upija vodu od oborina ili navodnjavanja, te da određeni dio vode propušta kroz svoj profil, a određeni dio zadržava, koji biljke uzimaju za obavljanje svojih životnih funkcija. Voda je ključan čimbenik i prijeko je potrebna za rast biljaka. U poljoprivrednoj proizvodnji najznačajnija voda u tlu je na dubini od jednog do najviše dva metra, radi toga što se u tom sloju nalazi glavno korijenje većine poljoprivrednih kultura. Određena količina biljkama pristupačne vode u tlu tijekom vegetacije određuje visinu uroda uzgajanih kultura, što je i osnovni cilj poljoprivredne proizvodnje.

Najvažniji izvor vode u tlu su oborine, drugi važan izvor su podzemne vode koje se kapilarama podižu u zonu rizosfere, odnosno u zonu korijenja biljaka. Treći izvor vode u tlu je agrotehnička mjera navodnjavanja koja se većinom primjenjuje kao dodatna mjera za vrijeme sušnih razdoblja u vegetaciji. U pojedinim klimatskim uvjetima, odnosno u područjima gdje su oborine toliko rijetke da ih gotovo ni nema, navodnjavanje je glavni i jedini izvor vode koji osigurava rast biljaka, sigurnu i redovitu žetvu, a na kraju visoke i stabilne urode.

Republika Hrvatska raspolaže s oko 2 100 000 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta od čega je 244 000 ha pogodno za navodnjavanje, a 500 000 ha je s manjim ograničenjima (Šimunić i sur., 2006.).

Navodnjavanje na području Osječko-baranjske županije predstavlja vid dopunskog dodavanja vode u razdobljima kada se za to ukaže potreba. Dosadašnje klimatske karakteristike u smislu dovoljne količine oborina i povoljnih temperatura osiguravale su relativno visoke i stabilne urode pa se stoga o navodnjavanju nije dovoljno vodilo računa do pojave sušnih i kišnih razdoblja proteklog desetljeća (Plan navodnjavanja Osječko-baranjske županije, 2006.). U Republici Hrvatskoj sušna razdoblja se u prosjeku javljaju svake treće do pete godine, a ovisno o intenzitetu i dužini trajanja mogu dovesti do smanjenja uroda raznih kultura od 20-92% (NAPNAV, 2005.). Posebice se ističu suše 2002., 2003. i 2007. godine kada je

procijenjena šteta izazvana sušom (2003. god) od 1 480 000 000 američkih dolara (Plan navodnjavanja Osječko-baranjske županije, 2006.).

Potrebe za vodom ovise o biljnoj vrsti, sorti, fazama razvoja, načinu, namjeni i vremenu uzgoja. Najveće potrebe za vodom su u početnim fazama rasta i fazi formiranja plodova kada treba održavati visoku vlažnost, iznad 80% (Madjar i Šoštarić, 2009.).

U stručnoj poljoprivrednoj praksi opće je poznata činjenica da se navodnjavanjem postižu značajno veći urodi poljoprivrednih kultura, no zbog brojnih specifičnosti (tlo, kultura, klima, razina znanja, sustav za navodnjavanje, kakvoća vode) postižu se vrlo različiti urodi koji variraju u velikim rasponima (Josipović i sur., 2009.). Navodnjavanjem se korigira prirodni režim vlaženja umjetnim dodavanjem vode u trenutku koji je pogodan za razvoj biljke, a trebalo bi biti planski i stručno provedeno. Zbog nedostatka raspoložive vode u tlu („deficita“) dolazi do smanjenja uroda i narušavanja kvalitete plodova. U svrhu što boljeg iskorištenja dragocjene vode, a istovremeno postizanja što većeg uroda zadovoljavajuće kakvoće navodnjavanju se pristupa sistematski i planirano. Kada navodnjavanjem dodajemo količinu vode koja premašuje potrebe kulture mogu se uočiti negativne posljedice. Suvišak vode u tlu dovodi do ispiranja hraniva iz zone korijenovog sustava što predstavlja gubitak za biljku, ali isto tako opasnost od zagađenja podzemnih vodotokova. Također, dolazi do ispiranja zaštitnih sredstava, a i povećan sadržaj vode u tlu povećava mogućnost erozije. Praćenjem sadržaja vode u tlu i korištenjem podataka za planiranje navodnjavanja smanjuje se mogućnost prekomjernog vlaženja tla dok se istovremeno teži održati idealna vlažnost za potrebe kultura.

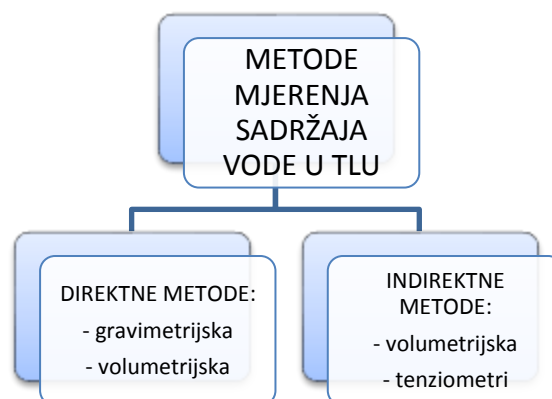
Kako bi biljkama opskrbili dovoljnu količinu vode u pravom trenutku, upotrebljavaju se različite metode procjene potreba biljaka za vodom, odnosno metode kojima se određuje sadržaj vode u tlu, a time i početak navodnjavanja. U ovom završnom radu dan je prikaz metoda kojima se određuje sadržaj vode u tlu te su prikazani rezultati mjerenja sadržaja vode u tlu metodom „gipsanih blokova“ u svrhu određivanja trenutka početka navodnjavanja.

1.1. Određivanje sadržaja vode u tlu

Kada između sadržaja vode u tlu i potrebe biljke za vodom nastupi neravnoteža, tada nastupa stres izazvan sušom. Biljku je neophodno promatrati u sustavu tlo-biljka-atmosfera, a potreba biljke za vodom trebala bi biti polaznica u procjeni potrebe za navodnjavanjem. Pri određivanju obroka i norme navodnjavanja važno je uzeti u obzir čimbenike koji utječu na moguće gubitke vode kao i pristupačnost vode za biljku.

Pristupačnost vode u tlu ovisi o većem broju čimbenika:

- osmotski tlak,
- kemijski potencijal vode,
- sadržaj organske tvari,
- teksturna i strukturna svojstva tla,
- sposobnost tla da zadrži vodu,
- razvijenost korijenovog sustava,
- opskrbljenost korijena kisikom,
- sadržaj pristupačne vode u tlu, vrijednosti poljskog vodnog potencijala, količina pristupačne vode i točka venuća moraju biti poznate za svako tlo na kojem se uzgaja kulturno bilje. Voda u tlu je pristupačna ako je blizu vrijednosti poljskog kapaciteta, ali ako se sadržaj vode približava točki venuća, tada dolazi do otežanog usvajanja. Prema pojedinim autorima 50% biljci pristupačne vode je lakopristupačna voda, dok drugi smatraju da je udio lakopristupačne vode čak 75% (Haverkort i sur., 2006.).



Slika 1. Metode mjerenja vode u tlu

Kada biljka ovisi o vodi koja nije lakopristupačna tada dolazi do smanjenja transpiracije, fotosinteze i rasta. Trajno venuće nastupa kada se voda u tlu drži silom od oko 15 bara (kod PVK 0,1 do 0,3 bara).

Za određivanje sadržaja vode u tlu postoje više različitih metoda koje su manje ili više učinkovite, preporučene u svrhu istraživanja ili praktične svrhe, a u ovom završnom radu izdvojene su slijedeće:

Bilanca vode - Najpouzdanija metoda za proračun potrebe biljke za vodom, odnosno određivanje početka i obroka navodnjavanja. Za ovakav proračun potrebno je imati klimatske podatke. Metoda se bazira u proračunu količine vode koja prispijeva u tlo ili na biljku i količini vode koja se gubi iz tla odnosno putem biljke.

Potrebni parametri su:

- Evaporacija, transpiracija, površinsko otjecanje, otjecanje vode u dublje slojeve,
- Količina oborina, količina vode koju dodajemo umjetnim putem, sadržaj vode u tlu, kapilarni uspon vode, razina podzemne vode,
- Dubina korjenovog sustava.

Metoda se smatra najtočnijom ili najučinkovitijom iz razloga što uzima u obzir većinu čimbenika koji utječu na „prihod i rashod“ vode u vrijeme vegetacije. Za dobivanje navedenih parametara potrebna je velika količina točnih klimatskih podataka kojima je teško upravljati bez modeliranja i uvođenja sistematizacije, stoga je primjena GIS-a opravdana u modernom i naprednom gospodarenju.

Metoda sušenja (gravimetrijska metoda) kojom se mogu određivati razni oblici vode u tlu (trenutna vlaga, vlažnost venuća, vlažnost koja odgovara poljskom vodnom kapacitetu ...). Uzimaju se uzorci tla koji se suše na 105 °C do konstantne mase. Ova metoda se često koristi zbog mogućnosti sušenja većeg broja uzoraka i zbog mogućnosti ponavljanja uzoraka kojima se najtočnije može odrediti sadržaj vode. Nedostatak ove metode je što traje relativno dugo i potreban je laboratorij za sušenje uzoraka. Spomenuta metoda jedna je od najstarijih koja se primjenjuje u praksi. Za učinkovitost primjene važno je poznavati svojstva tla, posebno teksturu i kapilarnost. Odnosno, važno je znati s koje dubine treba uzeti uzorak tla za analizu. Dubina će upravo ovisiti o svojstvima tla, razini podzemne vode i uzgajanoj kulturi. Ako se

navodnjavanje primjenjuje za kulturu sa dubokim korijenovim sustavom, tada uzorke tla treba uzimati iz dubljih slojeva profila. Opisana metoda nije najbolje rješenje za uvjete koji zahtijevaju učestalo praćenje sadržaja vode u tlu, odnosno u kojima je potrebno brzo reagirati i donijeti odluku o početku navodnjavanja.

Direktno mjerenje - Najčešće korištena i najbrža metoda je direktno određivanje sadržaja vode u tlu u polju. Metoda se temelji na osjećaju koji se dobije kada se tlo drži u ruci, ako je tlo mokro sadrži gravitacijsku vodu, ako je tlo svježije sadrži kapilarnu vodu i ako se pri trljanju mrvi sadrži jedino higroskopnu vlagu. Ova metoda je dobra zbog brze procjene vlažnosti tla, ali rezultat uvelike ovisi o iskustvu i znanju procjenitelja.

Tenziometri - Mjerenje vlažnosti tla tenziometrima se temelji na mjerenju napona vlažnosti u tlu. Postoje dvije vrste tenziometara: sa živom i sa vakuum mjerilom. Tenziometar sa živom se sastoji od staklene ili metalne cijevi koja završava poroznom čašicom od keramičkog materijala. Za staklenu ili metalnu cijev učvršćen je živin barometar na kojem se očitava nastali napon. Tenziometri sa vakuum mjerilom rade na istom principu kao i tenziometri sa živinim manometrom, samo umjesto žive imaju vakuum mjerilo. Ovo je mjerilo također kalibrirano centimetrima živinog stupca. Pomoću tenziometara se određuje matriks potencijal koji je jedna od komponenti ukupnog vodnog potencijala.

Tenziometara ima raznih konstrukcija, ali svi rade na istom principu. Ako je izmjereni negativan tlak vode manji, tada je voda pokretljivija i biljkama pristupačnija. Nedostatak tenziometara je što se njime može mjeriti samo gornji dio fiziološki aktivne vlage u tlu, pa je zbog toga pogodan za mjerenja u stakleničkim uvjetima proizvodnje gdje se sadržaj vode u tlu održava oko vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta (Šimunić i dr., 2007.). Prema Schocku i sur. (1998.) tenziometri, iako su precizni, ograničeni su na vodni potencijal tla 0 - 70 kPa, a vrijednost se smanjuje u tlima grube teksture.

1.2. Metoda gipsanih blokova

Gipsani blokovi su u uporabi (u istraživanjima i praksi) u proteklih 50 godina te se na tržištu nude različiti tipovi blokova. Metoda „gipsanih blokova“ sastoji se od blokova (senzora) i Watermark uređaja kojim se mjeri električni otpor bloka.



Slika 2. Gipsani blokovi (senzori) „Watermark“ (Fotografija: D. Cerjan, 2011. god.)

Blokovi su sačinjeni od gipsa (CaSO_4), cilindričnog su oblika promjera 25 mm i dužine 100 mm. Gips (CaSO_4) je porozan materijal koji poprima svojstva tla u kojemu se nalazi. To znači kako se tlo vlaži ili suši, tako se i gipsani blok vlaži ili suši. Pored toga, gips je anorganski materijal koji nije podložan truljenju uslijed velike vlage u tlu, ali uslijed niskih temperatura došlo bi do smrzavanja i raspadanja blokova.

Senzor (blok) je sačinjen od perforirane cijevi cilindričnog oblika koja podupire polupropusnu membranu u kojoj se nalaze agregati pijeska. Na jednom kraju se nalazi gipsana pločica i koncentrične elektrode koje su spojene na dvije žice koje nakon postavljanja ostaju na površini tla. Gipsana pločica služi kao pufer razlike kiselosti i lužnatosti tla tako da električni otpor između elektroda ovisi isključivo o stanju vlažnosti tla i temperaturi.

U gipsanim blokovima tlak se kreće od 0,1 bara pa sve do 15 bara, a to znači da očitavaju jako veliku vlažnost (99 - 99,99%). Da bi dobili točnije podatke nužno je kalibriranje gipsanih blokova za svaki tip tla posebno. Kalibriranje blokova, zapravo podrazumijeva kalibriranje u smislu energetskog potencijala vode, odnosno sile držanja vode, a ne sadržaj vode u tlu

(IAEA, 2008.). Prema Shocku i sur. (1998.) sadržaj vode u gipsanom bloku ovisi o vodnom potencijalu tla, a ne o sadržaju vode u tlu.



Slika 3. Postavljeni blokovi i uređaj za mjerenje
(Fotografija: D. Cerjan, 2011. god.)

Pri postavljanju gipsanih blokova u tlo važno je vraćati slojeve tla istim redoslijedom kako su i uzeti, da ne bi došlo do miješanja horizonata i kako bi blok bio u bliskom kontaktu sa tlom i na dubini korijenovog sustava gdje poprima vlagu tla. Gipsani blokovi ostaju u tlu do kraja vegetacije, potom se vade i zbrinjavaju. Jedan gipsani blok se može upotrebljavati tijekom dva razdoblja vegetacije, u protivnom se dobivaju rezultati upitne kakvoće.

Mjerenja se vrše pomoću „Watermark“ uređaja (Slika 3.) koji radi na principu električnog otpora blokova. Električni otpor raste kako se vlažnost tla smanjuje, odnosno otpor tla je manji što sadrži više vode. Metodom „gipsanih blokova“ održava se optimalna vlažnost tla u aktivnoj zoni rizosfere koja za kukuruz iznosi oko 60 cm (Madjar i Šoštarić, 2009.). Prema Shock i sur. (2003.) senzori su vrlo korisni pri planiranju navodnjavanja.

Rezultati vlažnosti tla dobiveni na ovaj način koriste se većinom za praktične svrhe za određivanje vremena navodnjavanja. Ova metoda daje najbolje rezultate u sušnim uvjetima, dok su pri vlažnim uvjetima odstupanja točnosti podataka malo veća, pa se zato ova metoda koristi za one biljne vrste gdje je vlažnost tla oko lentokapilarne vlažnosti (Bošnjak, 1992.).

Prema Madjaru i Šoštarić (2009.) ako se navodnjavanju sjemenskog kukuruza pristupa prema stanju vlažnosti tla, tehnički minimum za kukuruz je od 60% do 65% vrijednosti PVK-a, odnosno na razini lentokapilarne vlažnosti (LKV).

1.3. Navodnjavanje sjemenskog kukuruza

Rezerve vode u tlu prije sjetve uvećane kišama u razdoblju ranog porasta mogu biti presudne za kasniji rast i razvoj kukuruza, te uspjeh proizvodnje. Kukuruz ima nizak transpiracijski koeficijent (250-270), dobro razvijen korijenov sustav koji može crpiti vodu iz dubljih slojeva tla, posebno građene listove, koji mogu sakupljati i najmanju količinu vode, a u slučaju suše uvijaju se i tako smanjuju gubljenje vode preko lista. Sve ovo govori u prilog činjenici da se u sušnijim krajevima navodnjavanjem mogu postići vrlo visoki prinosi.

Da bi sjeme kukuruza moglo početi klijati treba upiti oko 45% vode. Uz povoljnu temperaturu sjeme će brzo klijati i nicati pri vlažnosti tla od oko 70 do 80% od maksimalnog vodnog kapaciteta. Potrebe za vodom povećavaju se u vrijeme intenzivnog vegetativnog porasta, a najveće su neposredno pred metličanje i svilanje za vrijeme oplodnje i u početku nalijevanja zrna. Ako u ovom razdoblju vlada suša, a postoji mogućnost za navodnjavanje kukuruza treba obaviti navodnjavanje. Ekstremno suho tlo najčešće se javlja na laganim pjeskovitim tlima. Kad se vlažnost tla smanji ispod 10% od maksimalnog vodnog kapaciteta, kukuruz prestaje rasti (Poljoprivredni fakultet Osijek, 2004.).

Prema većem broju autora (Vučić, Jurišić, Wallace-Bressman) citirano Poljoprivredni fakultet Osijek, 2004., najveće potrebe kukuruza za vodom su krajem lipnja, tijekom srpnja i početkom kolovoza nakon čega potreba za vodom opada.

Prema Madjaru i Šoštarić (2009.) deficit vode u prosječnoj i sušnoj godini na području Osijeka u pogledu uzgoja kukuruza iznosi kako slijedi: 186 mm u prosječnoj godini, dok 296 mm u sušnoj godini.

2. MATERIJAL I METODE RADA

2.1. Navodnjavanje

Poljsko istraživanje postavljeno je na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku (45°32" N i 18°44" E) tijekom vegetacije 2011. godine. Na pokušalištu su posijani hibridi sjemenskog kukuruza proizvedeni na Poljoprivrednom institutu Osijek. Nedostatak vode u tlu tijekom vegetacije nadoknađuje se umjetnim putem odnosno navodnjavanjem. Navodnjavanje se provodi kao dopunska mjera pomoću samohodnog linijskog sustava ("Tiffon") koji je primjeren za navodnjavanje širokorednih kultura kao što je kukuruz.

Navodnjavanje je provedeno u tri varijante: A1 – kontrolna varijanta u kojoj su biljke primale vodu putem prirodnih oborina, A2 – navodnjavanjem se održavao sadržaj vode u tlu od 60-100 % poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i A3 – varijanta u kojoj se navodnjavanjem održavao sadržaj vode u tlu na najvećoj razini od 80-100% PVK. Na obje varijante navodnjavanja (A2 i A3) obrok navodnjavanja iznosi 35 mm (351/m²).

2.2. Proučavanje svojstava tla

Na pokušalištu je prisutan tip tla eutrični kambisol, praškasto glinasto ilovast, plitko oglejen, pH u KCl-u se kreće od 6,5 do 6,9. Sadržaj humusa kreće se od 1,85% do 2,13%, sadržaj P₂O₅ je od 22,6 do 26,4 mg 100 g tla, K₂O od 30,4 do 36,5 mg 100 g tla. Udjel gline u oraničnom horizontu od 29,59% do 32,96%, praha od 64,70% do 68,05%, a pijeska od 1,64% do 2,75%. Kote terena na pokusu kreću se od 88,0 do 88,3 m iznad Jadranskog mora što upućuje na visinsku ujednačenost, ali i homogenost tla na kojem je postavljen pokus. Na ispitivanom području iskopavanjem pedoloških profila utvrđen je retencijski kapacitet tla za vodu (Rkv) za oranični i podoranični horizont u prosjeku 37 vol. % (Tablica 1.).

Tlo je kategorizirano u porozno na temelju prosječnog sadržaja ukupnog volumena pora od 51%. Vrijednost kapaciteta za zrak u oraničnom sloju je umjereno mali i iznosi 11%. Specifična gustoća volumena tla u oraničnom sloju iznosi 1.41 vol. %, a prava 2.70 vol. %. Apsolutni kapacitet tla za vodu u Ap horizontu iznosi 40 vol. %, što je ocijenjeno kao osrednji.

Tablica 1: Temeljna fizikalna i vodna svojstva tla na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku na uzorcima sedam profila

Broj profila	Dubina cm	Gustoća tla gcm ⁻³		Trv, % vol.	Kv, % vol.	P, % vol.	Kz, % vol.
		p_v	p_{ε}				
1	0 - 24	1,40	2,61	32,61	36,22	46,61	10,39
	24 - 41	1,49	2,61	35,35	37,85	42,90	5,05
	41 - 70	1,45	2,65	34,64	38,21	45,08	6,87
	70 - 125	1,41	2,68	32,35	35,59	47,46	11,87
2	0 - 27	1,46	2,72	32,82	36,37	46,54	10,18
	27 - 40	1,62	2,61	33,58	35,90	38,12	2,22
	40 - 60	1,47	2,65	34,48	38,75	44,59	5,84
	60 - 110	1,35	2,68	35,52	39,39	49,75	10,36
5	0 - 29	1,43	2,68	34,01	36,54	46,59	10,05
	29 - 39	1,51	2,65	35,22	37,13	42,80	5,67
	39 - 54	1,45	2,67	34,61	38,18	45,74	7,56
	54 - 100	1,33	2,72	34,11	38,22	51,21	13,00
7	0 - 32	1,50	2,58	34,56	36,57	41,82	5,25
	32 - 50	1,54	2,65	33,26	35,59	41,83	6,24
	50 - 70	1,38	2,68	34,56	38,14	48,59	10,45
	70 - 105	1,34	2,80	35,76	39,66	52,08	12,41

pv=volumna gustoća; p ε =gustoća čvrste faze; Trv=trenutna vlažnost, P=poroznost; Kz=kapacitet za zrak;Kv=kapacitet za vodu

(Izvor: Navodnjavanje, zaštita voda i tla u održivoj poljoprivredi istočne Hrvatske, 2004.)

2.3. Dinamika sadržaja vode u tlu

U istraživanju je korištena metoda „gipsanih blokova“ za određivanje sadržaja vode u tlu, odnosno kako bi se na temelju dobivenih očitanih vrijednosti radili izračuni obroka navodnjavanja kao i određivanje trenutka početka navodnjavanja sjemenskog kukuruza. U stranoj literaturi spomenuta metoda nosi naziv „Watermark soil moisture sensors“ ili „Gypsum blocks“.

U literaturi su navedene različite vrijednosti potrebe kukuruza za vodom, što ovisi o dužini vegetacijske sezone, grupi sazrijevanja i agroekološkim uvjetima gdje se usjev uzgaja. U uvjetima koji vladaju na našem području, primjenom različitih sustava počevši od empirijskih

procjena, obračunskih postupaka pa do eksperimentalnih mjerenja sa lizimetrima i u poljskim uvjetima više autora je odredilo različite potrebe kukuruza za vodom od 418 mm do 642 mm (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Prije ukopavanja u tlo, gipsani blokovi su kalibrirani, a potom namočeni i vlažni postavljeni u tlo. Za kalibriranje blokova na pokušalištu je uzeto 10 uzoraka tla u Kopecki cilindre veličine 300 cm³, te su u njih postavljeni gipsani blokovi. Uzorci su postavljeni na filter papir u jednu posudu u kojoj se nalazi voda, te se promatralo kapilarno dizanje vode preko filter papira do vrha cilindra. Mjerenje vrijednosti Watermark uređajem provodilo se svaki dan ujutro u 8 sati i popodne u 14 sati kada je očitana vrijednost svakog bloka, a potom je vagan svaki cilindar zasebno na preciznoj vagi. Podaci su zabilježeni, a radi pouzdanijih i točnijih podataka postupak kalibriranja proveden je dva puta.

Blokovi su postavljeni na dvije dubine: 15 cm (plića) i 25 cm (dublja) kojima se obuhvaća glavna zona korjenovog sustava (rizosfere). Sveukupno, postavljeno je osamnaest blokova kako slijedi:

- na kontrolnim varijantama gdje nije provedeno navodnjavanje (A1), 6 blokova = 2 dubine (15 cm i 25 cm) na sva tri ponavljanja,
- na varijanti u kojoj se razina vode u tlu održava od 60-100% PVK (A2), 6 blokova = 2 (15 cm i 25 cm) dubine na sva tri ponavljanja,
- na varijanti u kojoj se razina vode u tlu održava od 80-100% PVK (A3), 6 blokova = 2 (15 cm i 25 cm) dubine na sva tri ponavljanja.

Blokovi se postavljaju (ukopavaju) u tlo pomoću sonde s kojom se buši rupa u tlu na mjestu u redu kukuruza gdje treba postaviti blok. Promjer bušenja rupe sondom odgovara veličini bloka. U izbušenu rupu na određenoj dubini, u našem slučaju 15 ili 25 cm, postavljaju se blokovi koji se zagnu sitnim tlom, a potom se zaliju s vodom da bi se ostvario što bolji kontakt između okolnog tla i bloka. Žice iz bloka provlače se kroz PVC cijev i postavljaju u red kukuruza kako ih se ne bi oštetilo međurednom obradom. Prilikom mjerenja u obzir je uzeta i temperatura tla jer porastom temperature tla otpor se smanjuje (Chard, 2010., cit. Spaans i Baker 1992.). Sadržaj vode u tlu praćen je pomoću „Watermark“ uređaja koji radi na principu električnog otpora (EC metar). Očitavanja su vršena svaka dva dana ili nakon navodnjavanja i značajnijih oborina. Na uređaju se očitavaju mjerenja u rasponu od 0 do 100 centibara.

2.4. Praćenje razine podzemne vode

Razina podzemne vode praćena je pomoću „pištaljke“ u obližnjem bunaru svaka dva do tri dana.

2.5. Praćenje klimatskih obilježja ispitivanog razdoblja

Praćene su srednje dnevne temperature (°C) i količina oborina (mm) tijekom istraživanog razdoblja, te je rađena usporedba sa višegodišnjim prosjekom (1961-1990.) kako bi se uočila odstupanja. Korišteni su podaci pristupačni na stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda te internet portala www.pljusak.com.

3. REZULTATI I RASPRAVA

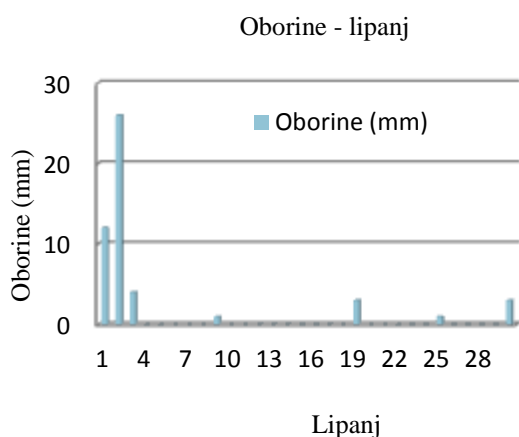
3.1. Vremenske prilike ispitivanog razdoblja

Prema podacima DHMZ-a (2011.) tijekom proljeća 2011. godine, srednje proljetne temperature (travanj, svibanj) bile su iznad višegodišnjeg prosjeka (1961. - 1990.) pri čemu istočna Hrvatska pripada u kategoriju toplo. Prema istom izvoru proljetne količine oborina u spomenutom razdoblju bile su niže od višegodišnjeg prosjeka u većem dijelu Hrvatske dok područje Osijeka pripada u kategoriju normalno (Tablica 2.).

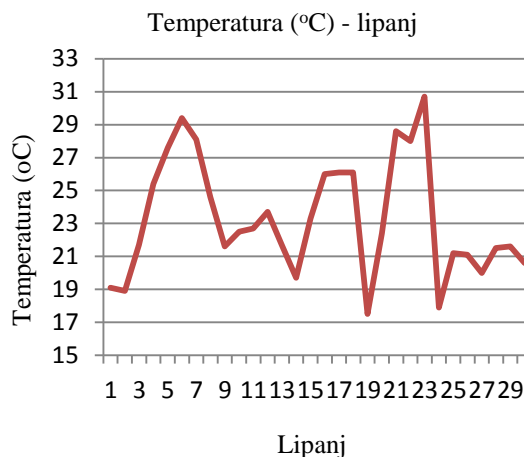
Tablica 2. Oborine (mm) i srednje temperature zraka (°C) u proljetnom razdoblju (travanj, svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz) 2011. godine

	Srednje temperature zraka (°C)		Količina oborina (mm)	
	2011.	1961.-1990.	2011.	1961.-1990.
Travanj	11,5	11,3	11,2	54,1
Svibanj	16,5	16,5	27,9	58,9
Lipanj	19,8	19,4	53,1	83,5
Srpanj	21,6	21,1	47	66,6
Kolovoz	20,8	20,3	1	59,6
\sum/X	16,6	11,3	140,2	364,9

Kukuruz je posijan ručnim „plenterima“ 2. svibnja pri čemu su vladali idealni uvjeti za sjetvu u smislu dovoljne količine vlage u površinskom sjetvenom sloju i povoljne temperature. U proljetnom dijelu godine važno je da se u tlu akumulira dovoljna količina vode koja je biljkama pristupačna za rast, razvoj i stvaranje velike biljne mase u fazi brzog vegetacijskog porasta kukuruza. Radi se o oborinama koje su dospjele u tlo tijekom zimskog, rano proljetnog razdoblja i tijekom ranog porasta. Potrebe kukuruza za vodom ne mogu se u potpunosti zadovoljiti iz uskladištene vlage u tlu pa su stoga poželjne kiše u razdoblju intenzivnog vegetacijskog porasta, a to za naše prilike znači druga polovica lipnja i srpanj (Poljoprivredni fakultet Osijek, 2004.).



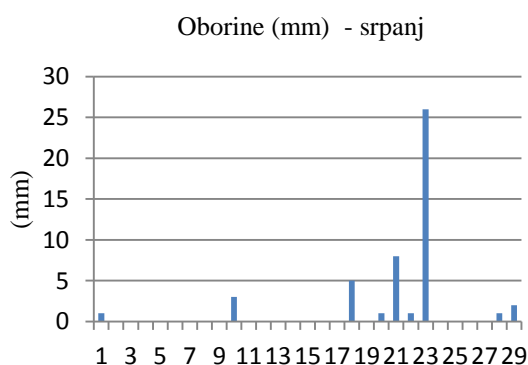
Slika 4: Oborine u mjesecu lipnju 2011. god.



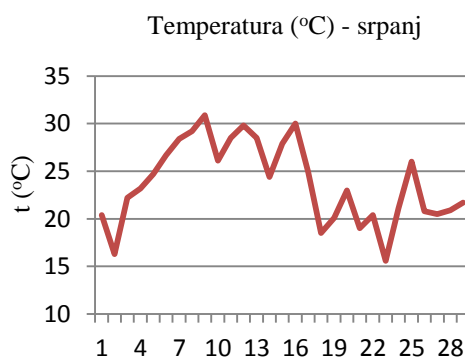
Slika 5: Temperature u mjesecu lipnju 2011. god.

Temperaturno odstupanje u mjesecu lipnju za područje Osijeka iznosi 1,3 °C. Toplinske prilike na području Osijeka tijekom lipnja svrstavaju ga u kategoriju toplog (DHMZ, 2011.). Oborinske prilike za lipanj 2011. god. prema DHMZ-u područje Osijeka svrstavaju u kategoriju sušno.

Kako je vidljivo prema Slici 4. i Tablici 2., u mjesecu lipnju palo je 53,1 mm oborina, nepravilno raspoređenih tijekom mjeseca što ne zadovoljava potrebe kukuruza za vodom u fazi intenzivnog vegetacijskog porasta, te je stoga manjak vode u tlu nadoknađen putem navodnjavanja „Tiffonom“.

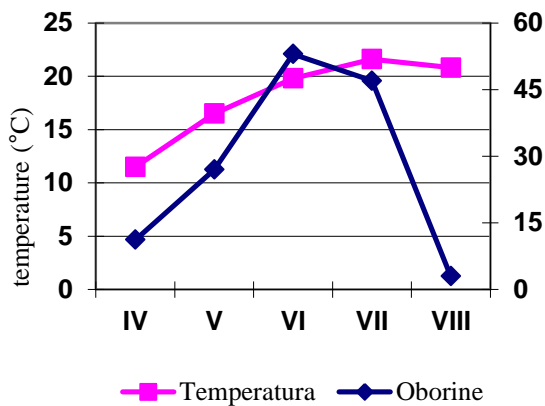


Slika 6. Oborine (mm) u mjesecu srpnju 2011. god

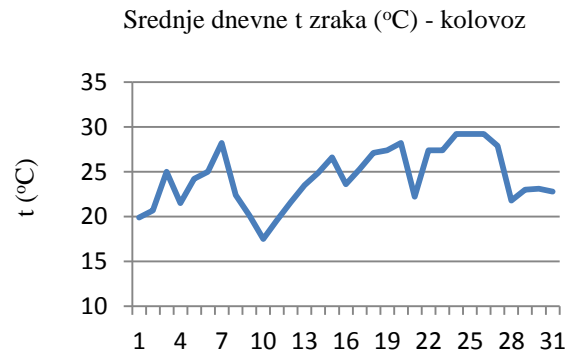


Slika 7. Temperature (°C) u mjesecu srpnju 2011. god

U srpnju su u cijeloj Hrvatskoj prevladavale srednje mjesečne temperature zraka iznad višegodišnjeg prosjeka (1961. – 1990.). Srednja dnevna temperatura na području Osijeka u mjesecu srpnju iznosila je 21,6 °C što je za 0,5 °C više u odnosu na višegodišnji prosjek (21,1 °C). Prema količini oborina u srpnju kojih je na području Osijeka palo 47 mm (Tablica 2.), područje je svrstano u kategoriju normalno.



Slika 8: Walterov klimadijagram (travanj-kolovoz)

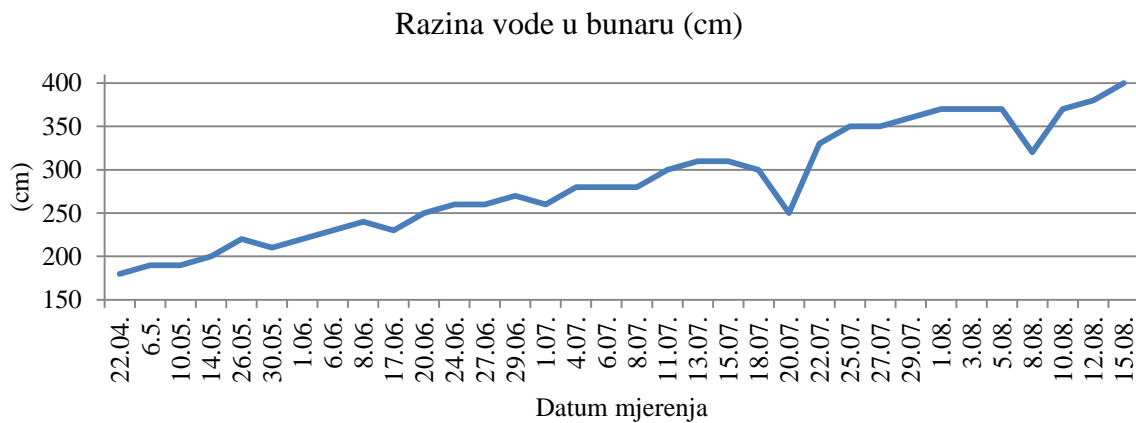


Slika 9: Srednje dnevne temperature zraka (°C) u kolovozu

U mjesecu kolovozu ispitivanog razdoblja srednja temperatura zraka (°C) iznosila je 20,8 °C, što predstavlja povećanje u odnosu na višegodišnji prosjek za 0,5 °C (Tablica 2.). Visoke temperature i samo 1 mm oborina, obilježile su glavninu mjeseca kolovoza. Maksimalna srednja dnevna temperatura kretala se do 38 °C. Premda su vremenske prilike, visoke srednje dnevne temperature zraka i nedostatak oborina prouzročili manjak vode u tlu, sa navodnjavanjem sjemenskog kukuruza je završeno početkom kolovoza kako bi se izbjeglo proklijavanje zrna na klipu. Walterov klimadijagram (Slika 8.) pokazuje pojavu sušnog razdoblja u proljetnom dijelu vegetacije te u mjesecu kolovozu. U spomenutom razdoblju nije pala dovoljna količina oborina (na prostoru Osijeka) kojom bi se nadomjestio nedostatak vode u tlu.

3.2. Razina podzemne vode u tlu

Razina podzemne vode u ispitivanom razdoblju (travanj – kolovoz) kretala se od 180 cm u proljetnom razdoblju pa sve do 400 cm pri posljednjem mjerenju u mjesecu kolovozu i smatra se kako nije imala utjecaj na navodnjavanje.



Slika 10. Kretanje razine podzemne vode

3.3. Dinamika vode u tlu

Sadržaj vode u tlu u ispitivanom razdoblju ovisio je od količini oborina i navodnjavanju. Tijekom vegetacijskog razdoblja (travanj-kolovoz) ukupno je palo 140,2 mm oborina (Tablica 2.).

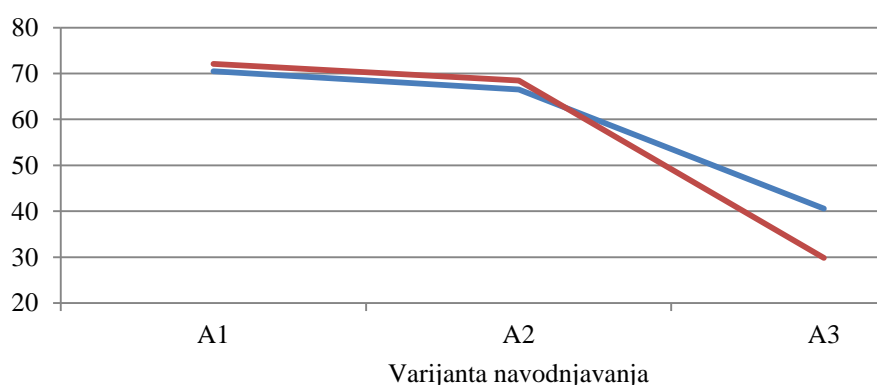
Tablica 3: Stanje vlažnosti tla prema očitanim vrijednostima na Watermark uređaju

Vlaga tla (centibar)	Stanje tla
0 - 10	Tlo je maksimalno vlažno. Stanje je prisutno dan ili dva nakon navodnjavanja
10 - 20	Tlo je idealno vlažno (osim kod pjeskovitih tala koja se počinju isušivati)
30 - 60	Uobičajena razina za navodnjavanje (osim teških glinovitih tala)
60 - 100	Uobičajena razina za navodnjavanje teških glinovitih tala
100 - 200	Tlo postaje kritično suho, a visina uroda je upitna

(Izvor: Soil moisture sensors)

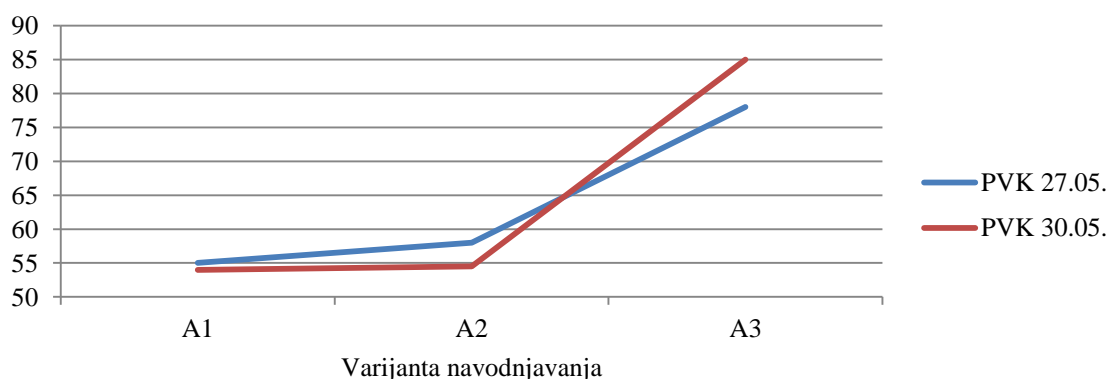
Prilikom interpretacije dobivenih mjerenja pored podataka dobivenih kalibriranjem blokova za smeđe eutrično tlo korišteni su i podaci dobiveni kao preporuka proizvođača o stanju vlažnosti tla kod pojedinog očitavanja (Tablica 3.).

U svibnju su izvršena dva mjerenja. Na kontrolnoj varijanti (suho ratarenje) sadržaj vode u tlu se kretao na razini oko 55% PVK, odnosno na očitanoj krivulji vrijednost od 70.5 do 72.1 što predstavlja uobičajenu vrijednost pri kojoj se počinje sa navodnjavanjem (Slika 11.).



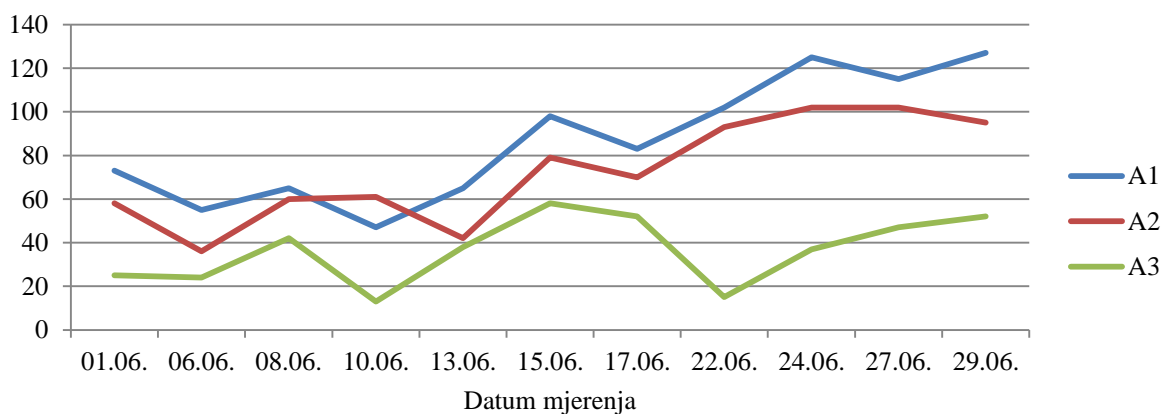
Slika 11. Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec svibanj

U varijanti A2 (60 – 100 % PVK) očitane vrijednosti su iznosile od 66 do 68 oma, što prema očitanoj krivulji iznosi od 54 - 58% PVK. Na A3 (80 – 100% PVK) varijanti očitane vrijednosti su se kretale od 30 do 40 oma, što prema očitanoj krivulji daje vrijednost od 78 - 85% PVK (Slika 12.). Povećanje sadržaja vode u tlu 27. i 30. svibnja rezultat je navodnjavanja na A3 varijanti (80 - 100% PVK).



Slika 12. Kretanje razine vode u tlu po varijantama navodnjavanja u svibnju

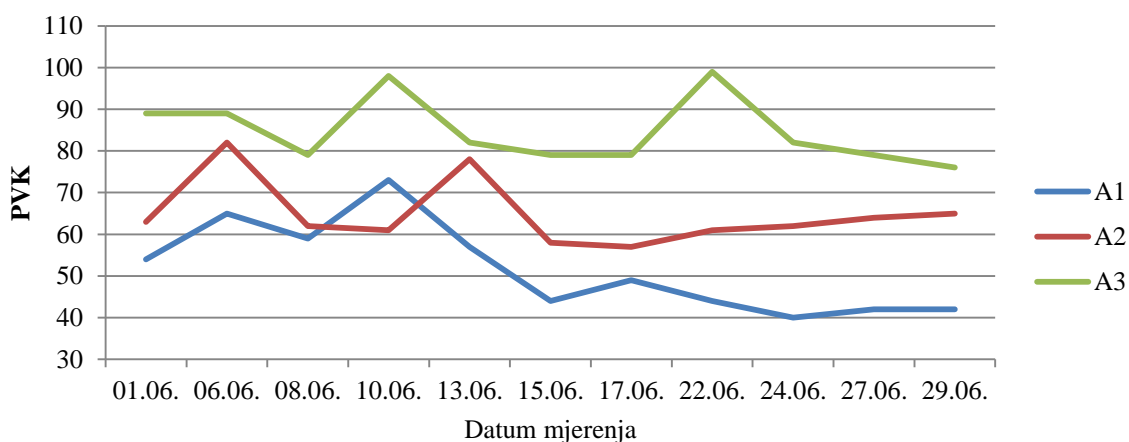
Na području Osijeka u mjesecu lipnju palo je ukupno 53,1 mm oborina nepravilno raspoređene tijekom mjeseca. Glavnina oborina pala je početkom mjeseca dok se manjak vode u preostalom dijelu mjeseca nadoknađivao navodnjavanjem.



Slika 13. Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec lipanj

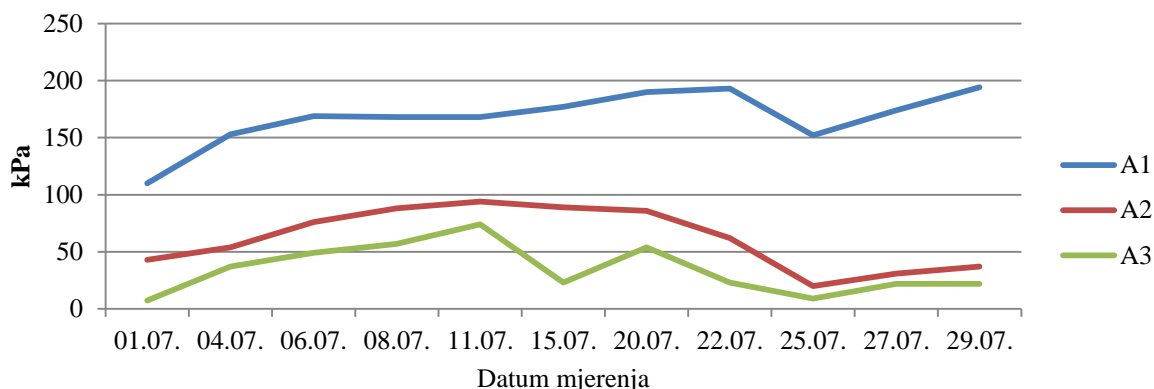
Sadržaj vode u tlu u mjesecu lipnju na varijanti A1 (suho ratarenje) kretao se od ispod 60% PVK krajem mjeseca, dok je na početku mjeseca kada je bilo oborina PVK iznosio prema mjerenjima od 55 - 72%.

Navodnjavanjem u A2 (60 - 100% PVK) varijanti sadržaj vode u tlu je uspješno održavan na zadanoj razini u većem dijelu mjeseca iznad 60% PVK.



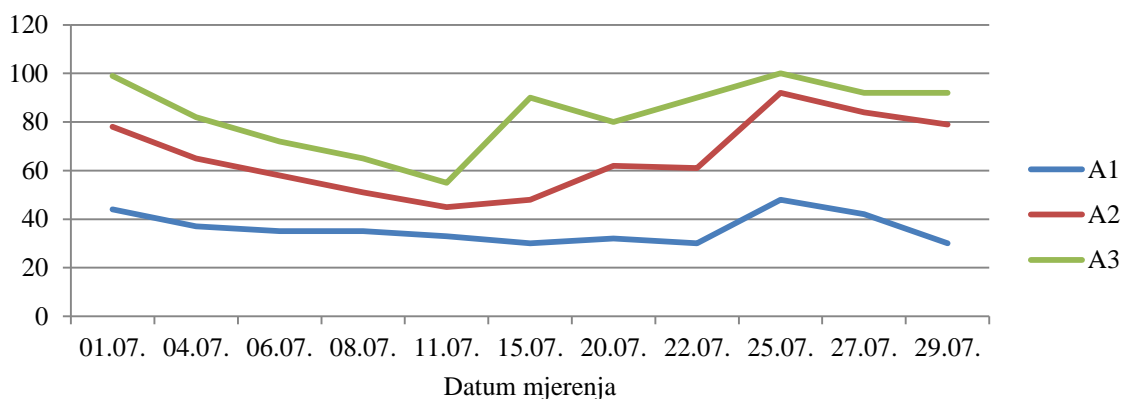
Slika 14. Kretanje razine vode u tlu po varijantama navodnjavanja u lipnju

Navodnjavanjem u A3 varijanti (80 – 100% PVK) razina vode u tlu je u većem dijelu mjeseca održavana na zadanoj razini iznad 80% PVK (Slika 14.). Na Slici 14. jasno je vidljiv porast vlažnosti tla 9. lipnja i 21. lipnja na A3 varijanti navodnjavanja.



Slika 15. Očitavanja na Watermark uređaju u mjesecu srpnju

U srpnju je na području Osijeka ukupno palo 47 mm oborina što predstavlja smanjenje u odnosu na višegodišnji prosjek. U istom razdoblju srednje temperature zraka su bile nadprosječno visoke (Tablica 2.). Nedostatak vode u tlu nadoknađivan je navodnjavanjem. Kretanje sadržaja vode u tlu prikazano je na Slici 16. Sustav za navodnjavanje na A3 varijanti uključen je 11. srpnja što se jasno može iščitati sa Slike 15 i 16. kada sadržaj vode dostiže do 85% PVK, odnosno preko 60% PVK na A2 varijanti navodnjavanja.

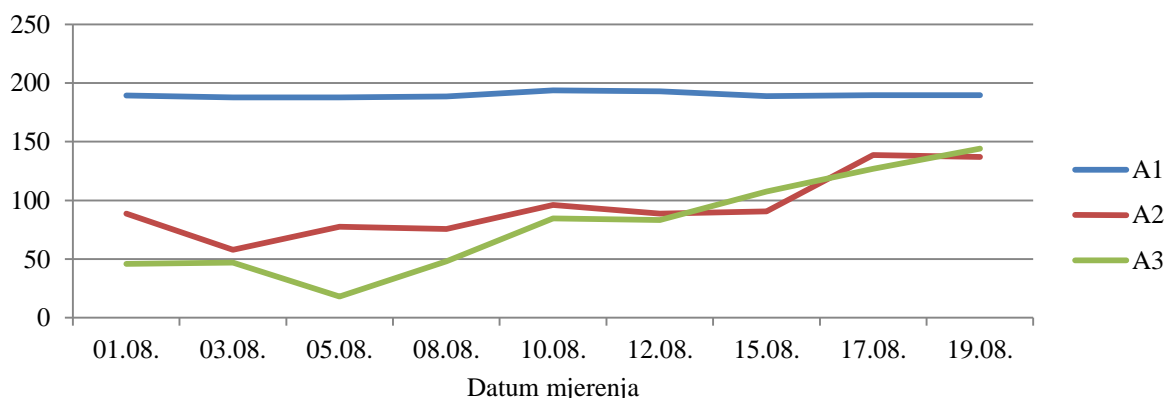


Slika 16. Kretanje sadržaja vode u tlu po varijantama navodnjavanja u srpnju

U većem dijelu mjeseca srpnja sadržaj vode u tlu u suhom ratarenju kretao se ispod 60% PVK pri čemu dolazi do otežanog usvajanja vode iz tla i postoji mogućnost smanjenja uroda na kontrolnim parcelama.

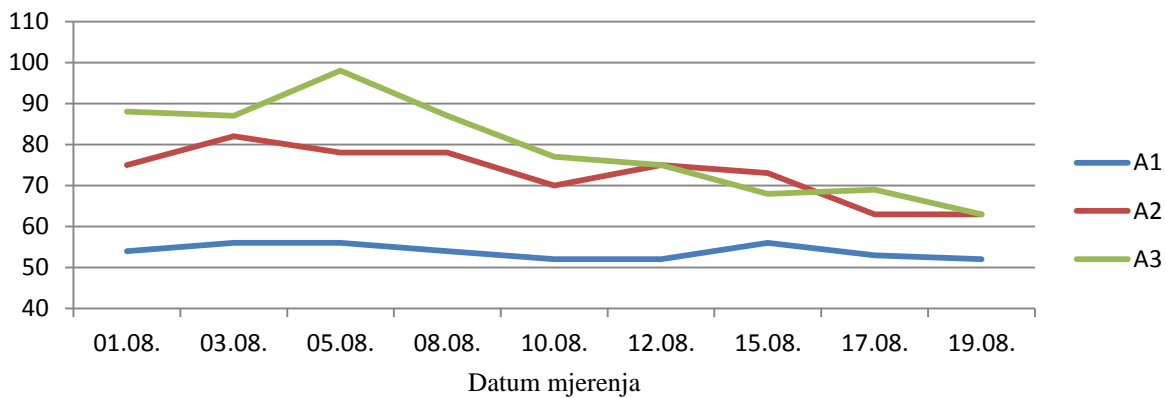
U A2 (60 - 100% PVK) varijanti navodnjavanja sadržaj vode u tlu uspješno je održavan na zadanoj razini iznad 60% PVK. Navodnjavanjem se uspjela održati razina vode u tlu u zadanom razredu u većem dijelu mjeseca. Zamijećeno je razdoblje u prvoj dekadi mjeseca kada je sadržaj vode bio manji od zadane razine što se može pripisati visokim srednjim dnevnim temperaturama zraka (Slika 7.).

Navodnjavanjem na A3 varijanti (80 – 100% PVK) sadržaj vode u tlu u većem dijelu mjeseca uspješno je održavan na zadanoj razini sa iznimkom spomenute prve dekade mjeseca kao i u varijanti A2.



Slika 17. Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec kolovoz

U kolovozu je prema podacima sa www.pljusak.hr na području Osijeka palo 1 mm oborina, što predstavlja jako veliko smanjenje u odnosu na višegodišnji prosjek. U mjesecu kolovozu sadržaj vode u tlu na varijanti suhog ratarenja (A1) nije prelazio 60% PVK. Sa navodnjavanjem je prekinuto u prvoj dekadi mjeseca unatoč nedostatku oborina jer se željelo izbjeći proklijavanje zrna na klip. Na A2 varijanti (60 – 100% PVK) navodnjavanjem je uspješno održavan sadržaj vode u tlu na zadanoj razini. Na A3 varijanti navodnjavanja (80 – 100% PVK) nakon prestanka navodnjavanja vidi se (Slika 18.) smanjenje sadržaja vode u tlu nakon 8. kolovoza. Navodnjavanjem na A3 i A2 varijanti od 2. do 4. kolovoza sadržaj vode je podignut iznad 80%, a nakon prestanka navodnjavanja sadržaj vode u tlu lagano opada.



Slika 18. Kretanje sadržaja vode u tlu po varijantama navodnjavanja u kolovozu

Sustav za navodnjavanje isključen je u potpunosti 4. kolovoza, unatoč nedostatku oborina, a samim tim i nedostatku vode u tlu. Nedostatak oborina tijekom kolovoza vidljiv je na Slici 17. i 18.

4. ZAKLJUČAK

Mjerenje ili praćenje sadržaja vode u tlu pruža uvid u potrebe biljaka za vodom koja se treba nadoknaditi navodnjavanjem u slučaju nedostatka vode u tlu. Pored toga daje podatak koliko vode je potrebno dodati navodnjavanjem kao i kretanje ili bilancu vode u tlu koja se vremenom mijenja. Na taj način smanjuje se vodni stres što omogućava postizanje visokih i stabilnih uroda zadovoljavajuće kakvoće.

Metoda „gipsanih blokova“ pokazala se kao praktična i pouzdana metoda u određivanju i praćenju sadržaja vode u tlu. Odnosno, u održavanju željene vlažnosti tla za potrebe kulture. Potrebno je naglasiti kako se mora izvršiti kalibriranje blokova za svako pojedino tlo kako bi rezultati bili pouzdani.

5. PREGLED LITERATURE

A. J. Haverkort (2006.): Management of nitrogen and water in potato production. Wageningen academic publishers.

Chard J. (2010.): Watermark soil moisture sensors. Characteristics and operating instructions. Utah State University. Dostupno na:
<http://www.usu.edu/cpl/PDF/WatermarkOperatingInstructions2.pdf>. 24.08.2011., 11:13.

Državni hidrometeorološki zavod - DHMZ (2011.): Agroklimatologija. Dostupno na:
http://klima.hr/agro.php?id=agro_bilten¶m=agro7, 12. srpnja 2011. god., 8:43.

Josipović M., Madjar S., Plavšić H., Šoštarić J., Marković M. (2009.): Učinkovitost i iskustva navodnjavanja na poljoprivrednim površinama.

Dostupno na:

<http://www.poljinos.hr/pdf/UCINKOVITOST%20I%20ISKUSTVA%20NAVODNJAVANJA%20NA%20POLJOPRIVREDNIM%20POVRSINAMA%20zv.pdf>, 08. svibnja 2011., 18:58.

International Atomic Energy Agency – IAEA (2008.): Field estimation of soil water content. Wiena, 2008. pp. 123-129.

Josipović M. (2004.): Navodnjavanje, zaštita voda i tla u održivoj poljoprivredi istočne Hrvatske.

Mađar S. (1986.): Odvodnja i navodnjavanje u poljoprivredi. Niro-Zadrugar-Sarajevo.

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

Dostupno na: <http://www.scribd.com/doc/57520314/Navodnjavanje>, 07. srpnja 2011., 8:20.

MPŠVG i Agronomski fakultet Zagreb (2005.): Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj – NAPNAV.

Pavičević N. (1972.): Fizika zemljišta. Savez studenata poljoprivrednog fakulteta. Beograd-Zemun.

Plan navodnjavanja Osječko-baranjske županije (2006.). Dostupno na:
<http://www.obz.hr/hr/index.php?tekst=219>, 04. srpnja 2011. god., 11:43.

Poljoprivredni fakultet Osijek (2004.): Kukuruz (*Zea mays* L.). Dostupno na:
http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/HTM/kukuruz.htm, 12. srpnja 2011. god., 12:46.

Shock C. C., Barnum M. J., Seddigh M. (1998.): Calibration of Watermark Soil Moisture Sensors for Irrigation Management. Dostupno na:
<http://www.cropinfo.net/ClintonShock1998Paper.pdf>, 14. 07. 2011. god., 12:02.

Shock C. C., Kimberling K., Tchida A., Nelson K., Jensen L., Shock C.A. (2003.): Soil moisture base irrigation scheduling to improve crops and the environment. Oregon State University, Special Report. Dostupno na:
<http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2002/Hansen2002.htm>, 14. 07. 2011. god., 11:50.

Soil moisture sensors: Dostupno na:
http://www.fourier-sys.com/pdfs/sensors/soilmoisture_dt171a.pdf, 25.08.2011. god, 11:20.

Šimunić I., Senta Ankica, Tomić F. (2006.): Potreba i mogućnost navodnjavanja poljoprivrednih kultura u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. Agronomski glasnik (2006.). pp. 13-29.

Šimunić I., Špoljar A., Peremin V. T. (2007.): Vježbe iz tloznanstva i popravaka tla (skripta). Visoko gospodarsko učilište u Križevcima. Križevci, 2007. Dostupno na:
<http://www.vguk.hr/novosti/orn/093-106.pdf>, 07. srpnja 2011., 8:12.

6. SAŽETAK

Istraživanje je postavljeno na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku tijekom vegetacijske sezone 2011. godine. Pomoću metode „gipsanih blokova“ praćen je sadržaj vode u tlu, a mjerenja su vršena pomoću Watermark uređaja. Dobivene vrijednosti korištene su u svrhu planiranja navodnjavanja sjemenskog kukuruza kako bi se nadoknadio nedostatak vode u tlu. Planirano je održavati sadržaj vode u tlu na dvije razine: A2 – sadržaj vode u tlu se kreće od 60% do 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i A3 – sadržaj vode u tlu se kreće od 80% do 100% PVK. A1 varijanta predstavlja suho ratarenje odnosno, na tim parcelama nije provedeno navodnjavanje. Rezultati provedenog istraživanja pokazuju praktičnost i korisnost „metode gipsanih“ blokova u svrhu praćenja dinamike vode u tlu i odlučivanju u planiranju navodnjavanja.

7. SUMMARY

Research has been set up at the trial fields of Agricultural Institute in Osijek during vegetation season 2011. Soil water content has been measured with the method of “gypsum blocks” and the values have been read with Watermark device. Given results have been used to schedule irrigation of maize hybrids for seed production and to monitor soil water content so that water deficit in soil can be refund by irrigation. Soil moisture has been kept at two different levels: A2 – soil moisture content has been held by irrigation from 60% to 100% field water capacity (FWC), A3 - soil moisture content has been held by irrigation from 80% to 100% FWC. A1 was control variant in which plants were having water only from natural precipitation – dry farming. Results of this research are showing the usefulness and effectiveness of “gypsum blocks” and Watermark device in monitoring of soil water content and keeping the moisture at desirable level for plant production.

8. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište J.J. Strossmayera

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Završni rad:

ODREĐIVANJE SADRŽAJA VODE U TLU METODOM GIPSANIH BLOKOVA

Denis Cerjan

SAŽETAK:

Istraživanje je postavljeno na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku tijekom vegetacijske sezone 2011. godine. Pomoću metode „gipsanih blokova“ praćen je sadržaj vode u tlu, a mjerenja su vršena pomoću Watermark uređaja. Dobivene vrijednosti korištene su u svrhu planiranja navodnjavanja sjemenskog kukuruza kako bi se nadoknadio nedostatak vode u tlu. Planirano je održavati sadržaj vode u tlu na dvije razine: A2 – sadržaj vode u tlu se kreće od 60% do 100% poljskog vodnog kapaciteta (PVK) i A3 – sadržaj vode u tlu se kreće od 80% do 100% PVK. A1 varijanta predstavlja suho ratarenje odnosno, na tim parcelama nije provedeno navodnjavanje. Rezultati provedenog istraživanja pokazuju praktičnost i korisnost „metode gipsanih“ blokova u svrhu praćenja dinamike vode u tlu i odlučivanju u planiranju navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI:

gipsani blokovi, voda, tlo, navodnjavanje

SUMMARY:

Research has been set up at the trial fields of Agricultural Institute in Osijek during vegetation season 2011. Soil water content has been measured with the method of “gypsum blocks” and the values have been read with Watermark device. Given results have been used to schedule irrigation of maize hybrids for seed production and to monitor soil water content so that water deficit in soil can be refund by irrigation. Soil moisture has been kept at two different levels: A2 – soil moisture content has been held by irrigation from 60% to 100% field water capacity (FWC), A3 - soil moisture content has been held by irrigation from 80% to 100% FWC. A1 was control variant in which plants were having water only from natural precipitation – dry farming. Results of this research are showing the usefulness and effectiveness of “gypsum blocks” and Watermark device in monitoring of soil water content and keeping the moisture at desirable level for plant production.

KEY WORDS:

gypsum blocks, water, soil, irrigation

POPIS SLIKA

SLIKA	NAZIV	STRANICA
1.	Metode mjerenja vode u tlu	3
2.	Gipsani blokovi (senzori) "Watermark"	6
3.	Postavljeni blokovi i uređaj za mjerenje	7
4.	Oborine u mjesecu lipnju 2011. god.	14
5.	Temperature u mjesecu lipnju 2011. god.	14
6.	Oborine (mm) u mjesecu srpnju 2011. god.	14
7.	Temperature (°C) u mjesecu srpnju 2011. god.	14
8.	Walterov klimadijagram (travanj-kolovoz)	15
9.	Srednje dnevne temperature zraka (°C) u kolovozu	15
10.	Kretanje razine podzemne vode	16
11.	Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec svibanj	17
12.	Kretanje razine vode u tlu po varijantama navodnjavanja u svibnju	17
13.	Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec lipanj	18
14.	Kretanje razine vode u tlu po varijantama navodnjavanja u lipnju	18
15.	Očitavanja na Watermark uređaju u mjesecu srpnju	19
16.	Kretanje sadržaja vode u tlu po varijantama navodnjavanja u srpnju	19
17.	Očitavanja na Watermark uređaju za mjesec kolovoz	20
18.	Kretanje sadržaja vode u tlu po varijantama navodnjavanja u kolovozu	21

POPIS TABLICA

TABLICA	NAZIV	STRANICA
1.	Temeljna fizikalna i vodna svojstva tla na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku na uzorcima sedam profila	10
2.	Oborine (mm) i srednje temperature zraka (°C) u proljetnom razdoblju (travanj, svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz) 2011. godine	13
3.	Stanje vlažnosti tla prema očitanim vrijednostima na Watermark uređaju	16