

# MJERENJE SADRŽAJA VODE U TLU TDR UREĐAJEM U NAVODNJAVANJU

---

Huđek, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

*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:151:680466>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-21**



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**

Josip Hudek, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Hortikultura

**MJERENJE SADRŽAJA VODE U TLU TDR UREĐAJEM**

**U NAVODNJAVANJU**

**Završni rad**

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Josip Huđek, apsolvent

Preddiplomski studij smjera Hortikultura

**MJERENJE SADRŽAJA VODE U TLU TDR UREĐAJEM**

**U NAVODNJAVANJU**

**Završni rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. prof. dr. sc. Jasna Šoštarić - predsjednik
2. dr. sc. Monika Marković - voditelj
3. Vladimir Zebec dipl. ing. agr. - član

Osijek, 2014.

## **Zahvala**

Ovom prilikom se zahvaljujem poljoprivrednom fakultetu u Osijeku i svim profesorima koji su mi tijekom perioda studiranja pomogli u svladavanju gradiva i konačnog uspjeha. Posebno bih se zahvalio asistentici i voditeljici Moniki Marković koja me puna razumijevanja u sve uputila. Zahvaljujem Poljoprivrednom institutu u Osijeku i dr. Marku Josipoviću koji su mi omogućili terenska istraživanja, te na taj način omogućili provedbu završnog rada.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
<b>1.1. Određivanje potrebe biljaka za vodom</b>	2
1.1.1. Određivanje potrebe biljaka za vodom proračunskim metodama	2
1.1.2. Procjena potrebe biljaka za vodom na osnovi vanjskih i unutarnjih promjena biljaka	4
1.1.3. Procjena biljaka za vodom na temelju procjene vlažnosti tla	5
1.1.4. Metoda gravimetrije	5
1.1.5. Procjena biljaka za vodom na temelju mjerenja sadržaja vode u tlu	5
<b>1.2. TDR (Time-Domain Reflectometry)</b>	9
<b>2. MATERIJALI I METODE</b>	11
<b>2.1. Opća obilježja poljskoga pokusa</b>	11
<b>2.2. Agroekološki uvjeti</b>	11
2.2.1. Vremenski uvjeti	11
2.2.2. Razina podzemne vode	12
2.2.3. Analiza tla	12
<b>3. REZULTATI I RASPRAVA</b>	13
<b>3.1. Opća klimatska obilježja istraživanoga područja</b>	13
<b>3.2. Vremenski uvjeti tijekom razdoblja istraživanja</b>	14
<b>3.3. Razina podzemne vode</b>	15
<b>3.4. Tlo</b>	16
<b>3.5. Rezultati baždarenja uređaja</b>	16
<b>3.6. Dinamika vlažnosti tla po varijantama navodnjavanja</b>	19
<b>4. ZAKLJUČAK</b>	22
<b>5. POPIS LITERATURE</b>	23
<b>6. SAŽETAK</b>	25
<b>7. SUMMURY</b>	26
<b>8. POPIS TABLICA</b>	27
<b>9. POPIS SLIKA</b>	27
<b>10. POPIS GRAFIKONA</b>	27
<b>11. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA</b>	28

## 1. UVOD

Tlo se sastoji od različitih horizonata, različitih debljina nastalih pod utjecajem pedogenetskih faktora i procesa koji su se odvijali milijunima godina i koji neprestano traju. Tlo sustav koji se sastoji od čvrste (čestice tla), tekuće (voda) i plinovite faze (zrak), u kojem žive zemljišni mikroorganizmi i životinje. Između čestica tla izgrađen je porozni prostor različitog oblika i dimenzija u kojem se nalazi voda, zrak ili neki drugi plin. Biljna proizvodnja uvelike ovisi o kvaliteti, vrsti i tipu tla, a neophodan čimbenik za biljke je voda. Stoga ne čudi što su se sve civilizacije u razvoju ljudskog društva naseljavale u dolinama velikih rijeka.

Voda je neprestano prisutna u tlu ili na njegovoj površini. Njen sadržaj u tlu se stalno mijenja i zavisi od vremenskih prilika i potreba biljnog svijeta. Voda je u neprestanom kruženju, a to kretanje se naziva hidrološki ciklus. Zbog kretanja vode u tlu i promjenjivog sadržaja javljaju se dva velika problema. Jedan od tih problema je suvišak vode u tlu, tako da zbog takovog vodo-zračnog režima dolazi do nepovoljnih životnih uvjeta za biljke. Druga je krajnost da vode u tlu nema dovoljno za normalan rast i razvoj što se negativno odražava na urod.

Zbog ta dva problema čovjek je bio primoran naći rješenja i konstantno tražiti nova i bolja. U današnje vrijeme rade se istraživanja i mjerenja kojima je cilj postići optimalan sadržaj vode u tlu kako bi čovjek bio što spremniji na posljedice koje se mogu pojaviti uslijed nepovoljnih klimatskih prilika. U slučaju prekomjerne količine oborine te zadržavanja vode na površini tla primjenjuje se agrotehnička mjera odvodnje suvišnih voda. Na odvodnju mogu utjecati tri čimbenika: oborine, podzemne vode i navodnjavanje.

Najvažniji izvor vode u tlu su oborine; drugi važan izvor su podzemne vode. Voda se kapilarnim silama podiže u zonu rizosfere. Treći izvor vode u tlu je voda koja u tlo dospijeva putem navodnjavanja. Navodnjavanje se primjenjuje kao dodatna mjera za vrijeme sušnih razdoblja u vegetaciji u subhumidnim područjima. U pojedinim klimatskim područjima, odnosno u aridnim područjima gdje su oborine toliko rijetke da ih gotovo ni nema, navodnjavanje se provodi kao osnovna mjera. U takvim klimatskim područjima navodnjavanje je glavni i jedini izvor vode koji osigurava rast biljaka, sigurnu i redovitu žetvu, a na kraju visoke i stabilne urode. Republika Hrvatska je bogata vodnim resursima. Nalazi se pri vrhu ljestvice po količini čiste pitke vode u Europi i svijetu. Šimunić i sur.

navode (2006.) kako Republika Hrvatska raspolaže s oko 2.100000 ha obradivog poljoprivrednog zemljišta od čega je 244.000 ha pogodno za navodnjavanje, a 500.000 ha je s manjim ograničenjima. Osnova za provođenje agrotehničke mjere navodnjavanja je poznavati teren na kojem se navodnjavanje planira provoditi te poznavanje trenutnog sadržaja vode i njeno kretanje u tlu, odnosno potrebe biljaka za vodom.

## **1.1. Određivanje potreba biljaka za vodom**

Biljka usvaja vodu uglavnom iz tla pomoću korjenovog sustava, a manjim dijelom i preko lista. Zajedno s vodom ona iz tla prima i otopljena biljna hraniva što znači da biljka istovremeno „pije i jede“. Najveću količinu usvojene vode biljka troši na procese transpiracije i izgradnju organske tvari putem fotosinteze. S agronomskog stajališta bitno je stanje vlažnosti i sadržaj vode u površinskom sloju tla od jednoga do najviše dva metra dubine. Taj se sloj naziva „poljoprivredni“ ili „agrološki“ jer se u njemu nalazi glavna masa korijenja većine poljoprivrednih kultura (Mađar i Šoštarić, 2009.).

Poznavanje potreba kultura za vodom tijekom vegetacijskog razdoblja ključan je podatak za provedbu navodnjavanja. Nužno ga je utvrditi već kod planiranja i pripreme za navodnjavanje, odnosno pri izboru proizvodne orijentacije u uvjetima navodnjavanja.

### **1.1.1. Određivanje potrebe biljaka za vodom proračunskim metodama**

Proračunskim metodama dolazi se do potreba za vodom poljoprivrednih kultura putem vrijednosti „referentne evapotranspiracije“ ( $E_{To}$ ) i koeficijenta određene kulture ( $k_c$ ), kako navodi Mađar i Šoštarić (2009., cit. Smith, 1992.) prema sljedećem izrazu:

$$E_{Tc} = k_c * E_{To}$$

Gdje su vrijednosti sljedeće: ●  $E_{Tc}$  = evapotranspiracija kulture (mm/dan)

●  $E_{To}$  = referentna evapotranspiracija (mm/dan)

●  $k_c$  = koeficijent kulture

Razlika između ukupne potrebe za vodom poljoprivrednih kultura i priljeva vode oborinama (efektivnih ili korisnih za biljku), čini deficit vode koji treba nadoknaditi navodnjavanjem.

Deficit vode na nekom području može se izračunati putem sljedećeg odnosa:

$$Dv = ETo - Oef$$

Madjar i Šoštarić (2009., cit. Smith, 1992.) navodi da su vrijednosti sljedeće:

- $Dv$  = deficit vode
- $Eto$  = referentna evapotranspiracija (mm)
- $Oef$  = efektivne oborine (mm)

Kod uzgoja kultura u zaštićenim prostorima (staklenici, plastenici, tuneli i sl.) ukupne potrebe poljoprivrednih kultura za vodom treba u cijelosti „podmiriti“ navodnjavanjem jer nema priljeva oborina.

Bitno je poznavati i vrijeme navodnjavanja, jedan od načina određivanja trenutka početka navodnjavanja je pomoću turnusa navodnjavanja. Tomić (1988.) navodi da turnus navodnjavanja predstavlja vremensko razdoblje (u danima) između dva navodnjavanja, a određuje se formulom:

$$T = O / Ud$$

Gdje su vrijednosti sljedeće: •  $T$  = turnus navodnjavanja u danima (d)

- $O$  = obrok navodnjavanja u mm
- $Ud$  = dnevni utrošak vode u mm/d

Trajanje jednog navodnjavanja dobije se na temelju obroka navodnjavanja i intenziteta dodavanja vode (Tomić, 1988.)

$$t = O / I$$

Gdje su vrijednosti sljedeće: •  $t$  = trajanje navodnjavanja u minutama

- $O$  = obrok navodnjavanja u mm
- $I$  = intenzitet navodnjavanja u mm/min



### 1.1.2. Procjena potrebe biljaka za vodom na osnovi vanjskih i unutarnjih promjena biljaka

Određivanje trenutka početka navodnjavanja prema unutarnjim fiziološkim promjenama biljke je složen način. Pri smanjivanju vlažnosti tla dolazi do povećanja osmotskog tlaka u korijenovim dlačicama i do povećanja usisne sile režima biljke, povećanja temperature biljke, smanjenja fotosinteze i smanjenja intenziteta korištenja hranjivih tvari iz tla.

Ove dokazane ovisnosti stanja vlažnosti tla i fizioloških procesa biljke iskorištene su za održavanje optimalnog vodnog režima, odnosno za određivanje trenutka početka navodnjavanja. Tomić (1988.) navodi da se pri tome kao pokazatelj potrebe od strane biljke mogu koristiti osmotski tlak, otvorenost puči lišća, a najviše se u praksi koristi koncentracija staničnog soka i usisna sila lišća. Pri većoj količini vode u staničnom soku je veća razrijeđenost protoplazme, a u tim prilikama je intenzivniji rast biljke. Proces rasta povrćarskih kultura Vučić (1976.) navodi najintenzivnijim kada stanični sok ima 90-95% vode i 5-10% suhe tvari. Za određivanje koncentracije staničnog soka upotrebljava se refraktometar; može se koristiti u laboratoriju i na terenu. Pomoću dobivenih podataka od koncentracije staničnog soka može se izračunati usisna sila lišća:

$$S = R T i c$$

Gdje su vrijednosti slijedeće: ● S = usisna sila lišća koja odgovara tlaku u barima

- R = plinska konstanta (0.0821)
- T = apsolutna temperatura u K, u vrijeme ispitivanja
- i = izotonični koeficijent  
(za saharozu 1, za kuhinjsku sol 1.5)
- c = koncentracija izotonične otopine

Nakon utvrđene granične vrijednosti usisne sile lišća, s obzirom na potrebu početka navodnjavanja, dobro je zbog određivanja obroka navodnjavanja utvrditi odnos ovih vrijednosti i vlažnosti tla (Tomić, 1971.). U praksi navodnjavanja koncentracija staničnog soka ili usisna sila lišća određuje se svakih 6-7 dana, a pred utvrđenu potrebu navodnjavanja svakih 2-3 dana, kako bi dodavanje potrebne količine vode bilo pravodobno (Tomić, 1988.).

Određivanje trenutka početka navodnjavanja prema vanjskom izgledu biljke temelji se na procjeni promjena na biljkama – promjeni boje i izgleda lišća (uvelost).

Međutim sve biljke ne reagiraju jednako na nedostatak vode. Kada kod nekih biljaka nedostatak vode postane vidljiv to može značiti da je biljka već pretrpjela ozbiljne štete i dodavanje vode nakon tih vidljivih simptoma neće pomoći biljci da se u potpunosti oporavi. Šteta je već nastupila. Kod nekih biljaka, na primjer kod suncokreta, pojava uvelosti lišća i smanjenje turgora je oblik borbe protiv suše jer se time smanjuje gubitak vode u toplom dijelu dana. Tijekom noći, biljka nema simptome uvelosti lišća (Mađar, 2009.).

### **1.1.3. Procjena biljaka za vodom na temelju procjene vlažnosti tla**

Temelji se na proizvoljnoj procjeni vlažnosti tla. Za određivanje trenutka početka navodnjavanja Mađar (2009.) navodi kako je ova metoda neprihvatljiva, ali može imati određenu vrijednost kod iskusnih agronoma za određivanje trenutka početka obrade tla (jer se njime utvrđuje plastičnost tla) ili neke druge agrotehničke radnje.

### **1.1.4. Metoda gravimetrije**

Metoda gravimetrije je najpouzdanija metoda određivanja sadržaja vode u tlu koja se koristi kao osnova za baždarenje uređaja kojima se određuje sadržaj vode u tlu, vlažnost tla, vodni potencijal itd. Bošnjak navodi (1992.) da se metoda sastoji u uzimanju uzoraka tla u narušenom ili ne narušenom stanju nakon čega se uzorci važu na preciznoj vagi i potom stavljaju u sušionik na 105 °C. Osušeni uzorci tla se ponovno važu na preciznoj vagi nakon čega se računaju vodne konstante.

### **1.1.5. Procjena biljaka za vodom na temelju mjerenja sadržaja vode u tlu**

Zbog svog konstantnog gibanja u tlu i promjenjivosti sadržaja na određenim mjestima teško je utvrditi stvaran sadržaj vode u tlu. Za tu svrhu se koriste razni instrumenti i uređaji koji se razlikuju svojim prednostima i nedostacima, međutim najvažnije svojstvo je jednostavnost i učinkovitost mjerenja. Za vrlo precizna mjerenja su potrebna opsežnija istraživanja i sofisticirani mjerni uređaji kojima je u pravilu cijena jako visoka.

Voda u tlu je smještena u porama tla koje čine šupljine, a nalaze se između čestica tla i strukturnih agregata. Za praktične svrhe pore tla se dijele na manje ili mikropore (kapilarne pore) u kojima se zadržava voda i krupnije ili makropore (nekapilarne pore) u kojima se nalazi zrak dok voda u njima može biti samo kraće vrijeme. Sa stajališta poljoprivredne proizvodnje važan je sadržaj ukupnih pora, ali i odnosa među njima. Najpovoljniji je odnos

kapilarnih i nekapilarnih pora 3:2 do 1:1 (Mađar i Šoštarić, 2009.) Sve pore u nekom tlu čine ukupnu poroznost tla koji se izražava u postocima. U obradivim tlima se ukupna poroznost kreće između 50%-65% i varira u zavisnosti od tipa tla i njegovog mehaničkog sadržaja. Pore u tlu imaju različite promjere, a također i funkcije u odnosu na sadržaj vode u njemu, navode Mađar i Šoštarić (2009.) uz pomoć tablice (tablica 1.).

Tablica 1. Podjela pora prema veličini promjera i njihova uloga u odnosu na vodu u tlu (Mađar i Šoštarić, 2009.)

Naziv pora	Funkcije u tlu	Promjer pora u mikronima
<b>Vrlo grube</b>	Brzo dreniraju vodu	>50
<b>Grube</b>	Sporo dreniraju vodu	50-10
<b>Srednje</b>	Korisne za biljke	10-0.2
<b>Fine</b>	Voda nepristupačna za biljke	<0.2

S obzirom na pokretljivost, voda se u tlu može podijeliti na:

- vezanu ili nepokretnu
- slobodnu ili pokretnu.

Vezana voda je voda koja se drži velikim silama za čestice tla ili unutar pora. Ona je nepokretna i obično je nepristupačna biljkama. Unutar vezane vode razlikuju se slijedeće kategorije vode:

1. Kemijski vezana voda je dio čvrste faze tla, te je kemijskim vezama vezana za čestice tla.
2. Higroskopna voda je adsorbirana na česticama tla znatnim fizičkim silama
3. Oprana ili filmska voda obavija čestice tla u obliku tanje ili deblje opne. Vezana je čvrsto površinskim silama, ali se ponekad slabo giba od čestice do čestice tla. Samo je djelomično korisna za biljke (Mađar i Šoštarić, 2009.).

Slobodna voda je voda koja se drži manjim silama za čestice tla, pokretna je i kreće se u poroznom tlu u svim smjerovima. Pristupačna je korijenju biljaka, a razlikuju se dvije kategorije vode:

1. Kapilarna voda, ona ispunjava fine kapilarne pore tla, te se drži ili kreće u njima pod utjecajem kapilarnih sila. Vrlo je pokretna u svim smjerovima i pristupačna je za kulturne biljke. Ona čini najveću i najznačajniju zalihu vode u tlu za sve biljke i zato je od posebne važnosti poljoprivrednu praksu.
2. Gravitacijska ili cijedna voda je najpokretnija voda u tlu. Ulazi u njega u tlo prirodnim oborinama, navodnjavanjem ili plavljenjem i ne zadržava se u njemu trajnije, nego protječe i cijedi se u podzemnu vodu. Korisna je za biljke, ali samo u kratkom vremenu prelaska kroz zonu korijenovog sustava.

Teško je odrediti granice između pojedinih oblika i kategorija vode u tlu. Da bi se ipak razlikovale, uvedene su vodne konstante tla, koje predstavljaju određeni sadržaj vode u njima koji se može točno odrediti.

Tri su osnovne vodne konstante zemljišta:

1. Poljski vodni kapacitet (PVK) sadržaj vode koji ostaje u tlu 24-48 h nakon procjeđivanja poslije obilnih kiša ili navodnjavanja. Izražava se u volumnim ili težinskim postocima, a njegove vrijednosti zavise od mehaničkog sustava zemljišta-teža zemljišta imaju veće, a lakša manji PVK. Drži se manjim silama, između 0,1-0,3 bara (0,033 MPa).
2. Lento-kapilarna vlažnost tla je količina vode u tlu kod koje dolazi do usporavanja toka vode u kapilarama te počinje otežana opskrba biljaka vodom. Ona čini granicu između vezane i slobodne vode. Iznosi 60-70% vrijednosti PVK. Voda se u tlu drži silama 6-7 bara (0,6-0,7 MPa). Važna je u praksi jer se uzima da je „donja granica optimalne vlažnosti“ pa je pokazatelj za određivanje početka navodnjavanja (Mađar i Šoštarić, 2009.)
3. Vlažnost venjenja biljaka uslijed ograničene usisne sile biljnog korijena. Korijen pri određenom sadržaju vode u tlu počinje venuti. Zato se sadržaj vode pri kojem kulturne biljke počinju nepovratno venuti naziva vlažnost venjenja biljaka. Korijenje bilja može uzimati vodu iz tla koje se u njemu drži silama do 15 bara (1,5 MPa). Otežana opskrba vodom kod kulturnih biljaka počinje već

kod lentokapilarne vlažnosti tla, ali se one održavaju u životu sve do vlažnosti venjenja (Mađar, 1986.)

Što se stanje vlage više približava PVK sile držanja vode su manje, a biljke je lakše koriste. Što je voda bliža lentokapilarnoj vlažnosti nepristupačnija je biljkama. Tako je poljski vodni kapacitet (PVK) gornja granica, a lentokapilarna vlažnost donja granica optimalne vlažnosti tla za poljoprivredne kulture u navodnjavanju.

Sadržaj vode u tlu pri kojem se započinje s navodnjavanjem naziva se tehnički minimum vlažnosti. Obično se kao tehnički min. uzimaju vlažnosti tla 60-70% od vrijednosti PVK, a to je iznad vrijednosti lentokapilarne vlažnosti (Mađar i Šošćarić, 2009.). Voda se u tlu konstantno kreće kroz pore u svim smjerovima i nikad nije u stanju mirovanja. Prilikom prirodnog (oborinama) ili umjetnog (navodnjavanjem) vlaženja tla, voda se kreće prema dolje (descendentno), a prema gore (ascendentno) kada se tlo suši. Kreće se i bočno (lateralno) uslijed djelovanja kapilarnih sila. Kapilarno gibanje uzrokovano je razlikom u kapilarnom potencijalu tla. Voda se kreće iz zone veće vlažnosti prema zoni manje vlažnosti kroz kapilarne pore. Visina kapilarnog uspona ovisi prvenstveno o mehaničkom sastavu tla. Kod lakših, pjeskovitih tala je visina podizanja vode manja, a najveća je kod teških glinastih tala.

Za navodnjavanje je također važno poznavati infiltracijsku sposobnost tla. Infiltracija vode ili upijanje je proces ulaska vode u tlo iz oborina, plavljenja ili navodnjavanja. Infiltracijom se tlo vlaži, od površine prema dubljim slojevima, djelovanjem sile gravitacije i kapilarnih sila. Najveća infiltracija je u početku procesa, kada je tlo suho i pore su prazne, a s vremenom se smanjuje. Infiltracija ovisi o fizikalnim osobinama tla, mehaničkom sastavu, poroznosti, te trenutnom stanju vlažnosti tla. Lakša tla imaju veću moć upijanja vode od težih tala, o čemu treba voditi računa u praksi navodnjavanja poljoprivrednih kultura. Zato je prije planiranja i projektiranja sustava za navodnjavanje nužno ispitati i odrediti infiltracijske sposobnosti tla. Infiltracija je gibanje vode kroz tlo zasićeno vodom. Odvija se nakon završene infiltracije kada su sve pore tla ispunjene vodom. Teška tla s velikim učešćem gline i zbijenih horizonata imaju lošu vodopropusnost. Za mjerenje sadržaja vode u tlu ili vodnoga potencijala koriste se različiti mjerni uređaji: tenziometri, gipsani blokovi ili Watermark uređaji (Seyfried i Murdoc, 1993; Leib i sur., 2002; Leib i sur., 2003), a u svrhu izrade završnoga rada u istraživanju je korišten TDR uređaj.

## 1.2.TDR (Time-Domain Reflectometry)

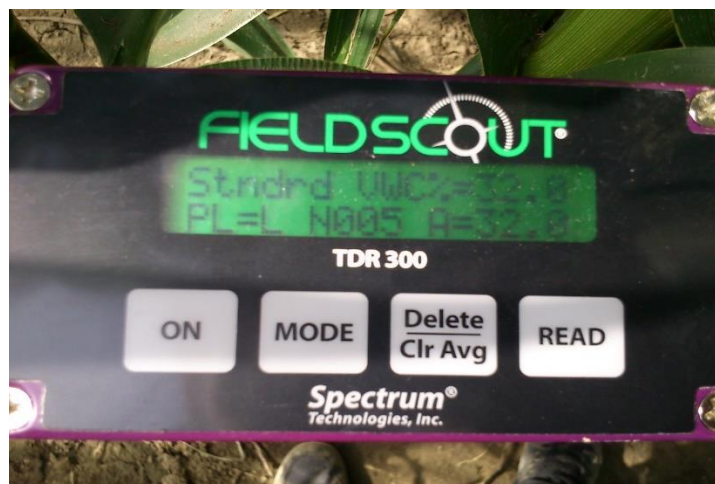
TDR – time domain reflectometry (slika 1) je relativno novija i vrlo precizna metoda mjerenja volumetrijskoga i relativnoga sadržaja vode u tlu. Uređaj se odlikuje visokom preciznošću i lakom uporabom sa naglaskom potrebnoga baždarenja. Naime, prilikom nabavke uređaja od strane proizvođača priložena je krivulja baždarenja. Treba naglasiti kako se baždarenje uređaja provodi u kontroliranim uvjetima laboratorija pa se iz toga razloga vrijednosti mjerene u laboratoriju i vrijednosti *in situ* razlikuju radi utjecaja agroekoloških uvjeta. Prvenstveno se navedeno odnosi na sadržaj gline u tlu kao i poroznost tla. TDR metoda je nedestruktivna *in situ* metoda koja radi lake prenosivosti uređaja pruža uvid u sadržaj vode u tlu na većem prostoru što uvelike olakšava istraživački rad. Također, TDR mjerni uređaj pripada u direktne načine mjerenja vlažnosti tla, odnosno sadržaja vode u tlu. Sam princip rada temelji se na mjerenju širenja elektromagnetskoga impulsa uzduž mjernih senzora. Vrijeme širenja impulsa ovisiti će o sadržaju vode u tlu, odnosno u sredini u kojoj se vrši mjerenje (Radičević i sur., 2008.). Treba naglasiti kako bez obzira na tip tla uređaj daje brze i precizne podatke (Filintas, 2003.; Dioudis i sur., 2003.; Filintas i sur., 2007).

Senzor vlage TDR 300 mjeri volumni i relativni sadržaj vode u tlu. Volumni sadržaj vode moguće je odrediti ovisno o tipu tla; odnosno za standardna tla te za tla sa povećanim sadržajem gline. Kod mjerenja volumetrijskog sadržaja vode u tlu mjerač pretvara električni signal u postotni sadržaj vode u tlu. Druga opcija uređaja jeste mjerenje relativnog sadržaja vode u tlu (Relative Water Content, RWC) za čiju upotrebu je prethodno potrebno unijeti vodne značajke tla u pogledu sadržaja vode u tlu pri točki venuća, maksimalnom kapacitetu tla za vodu i dr. (slika 2).



Slika 1. TDR 300 (Fotografija: J. Huđek)

Uređaj je potrebno povezati sa računalom, odnosno softverom koji se nalazi u paketu prilikom nabavke uređaja. Uz uređaj moguće je koristiti senzore različite duljine kojima se omogućava mjerenje vlažnosti tla na različitim dubinama profila. Za izradu završnoga rada korišteni su senzori 20 cm duljine.



Slika 2. Sučelje TDR uređaja (Izvor: J. Huđek)

## **2. MATERIJALI I METODE**

### **2.1. Opća obilježja poljskoga pokusa**

Poljsko istraživanje postavljeno je na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku (45° 32" N i 18°44" E) tijekom vegetacije 2014. godine. Na pokušalištu su posijani hibridi sjemenskog kukuruza. Nedostatak vode u tlu tijekom vegetacije nadoknađen je 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 iznosio je 35 mm (35 l m<sup>2</sup>). Tijekom istraživanja sustavno su praćeni vremenski uvjeti u pogledu količine dnevne oborine kao i srednjih dnevnih temperatura zraka. Praćena je razina podzemne vode u obližnjem zdencu.

Sadržaj vode u tlu praćen je pomoću TDR uređaja na svim varijantama navodnjavanja. Mjerenja su provedena dva puta tjedno ili ovisno o oborinama i navodnjavanju. Na svakoj varijanti navodnjavanja izvršeno je pet mjerenja na nasumično odabranim mjestima. Vrijednosti su uzete kao prosjek pet mjerenja na jednom ubodu. Mjerena je vlažnost tla do 20 cm dubine. Dobiveni rezultati grafički su prikazani i statistički obrađeni pomoću računalnog programa STATISTICA Stat. Soft.

### **2.2. Agroekološki uvjeti**

#### **2.2.1. Vremenski uvjeti**

Tijekom razdoblja vegetacije sustavno su praćeni vremenski uvjeti u pogledu količine i rasporeda oborine (mm), minimalnih, maksimalnih te srednjih dnevnih temperatura zraka (°C). Podatci su preuzeti s meterološke stanice na Poljoprivrednom institutu.



### **2.2.2. Razina podzemne vode**

Tijekom razdoblja vegetacije praćena je razina podzemne vode. Mjerenja su provedena u obližnjem zdencu 3,9 m dubine.

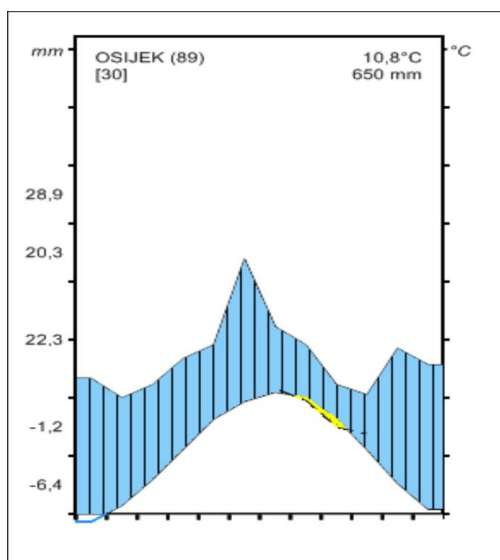
### **2.2.3. Analiza tla**

Osnovna obilježja tla na pokusnoj parceli preuzeta su od ranijih istraživanja (Josipović, 2004.), a uključuju analize: fizikalnih značajki – struktura, tekstura, gustoća ( $\text{gcm}^{-3}$ ), ukupna poroznost (%vol.), retencijski kapacitet tla za vodu (%vol.), kapacitet tla za zrak (%vol.) i trenutnu vlagu tla (%vol.).

### 3. REZULTATI I RASPRAVA

#### 3.1. Opća klimatska obilježja istraživanoga područja

Prema Köppenovoj klasifikaciji koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i količine oborine, najveći dio Republike Hrvatske ima umjereno toplu kišnu klimu čija je karakteristika da je srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca viša od  $-3^{\circ}\text{C}$  i niža od  $18^{\circ}\text{C}$  (oznaka C). Klima područja Osječko-baranjske županije određena je mješavinom utjecaja euroazijskog kopna, Atlantika i Sredozemlja. Nizinski kontinentalni dio Hrvatske ima klimu Cfbwx” (u unutrašnjosti najtopliji mjesec u godini ima srednju temperaturu nižu od  $22^{\circ}\text{C}$  (b), tijekom godine nema izrazito suhih mjeseci, a mjesec s najmanje oborine u hladnom je dijelu godine (fw), a u godišnjem hodu oborine javljaju se dva maksimuma (x”), DHMZ, 2008.). Na temelju višegodišnjih srednjih vrijednosti srednjih dnevnih temperatura zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) i srednjih vrijednosti količine oborine (mm) na području Osječko-baranjske županije načinjen je grafički prikaz u vidu klimadijagrama prema H. Walter-u (grafikon 1).

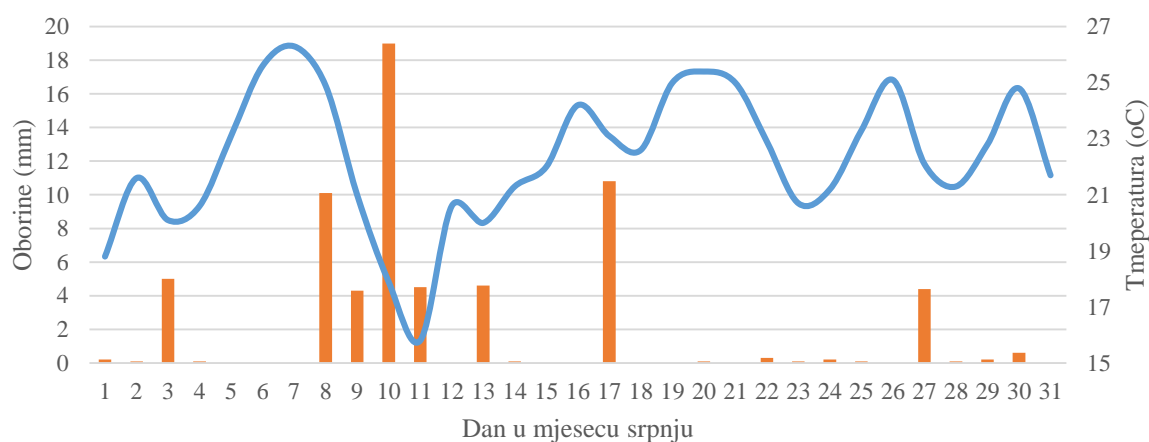


Grafikon 1. Klimadijagram prema H. Walteru za razdoblje 1961. do 1990. god. za područje Osijeka

Iz grafikona je vidljivo za sušenje (žuta boja) koje se javlja u razdoblju srpanj-kolovoz. Prema tome, na području Osijeka utvrđena je potreba za navodnjavanjem koje bi se provodilo kao dopunska mjera. Prema ranije objavljenim podacima (OBŽ, 2006.) od izrazite je važnosti raspored oborina u vegetacijskom razdoblju, koji je u Osječko-baranjskoj županiji gotovo optimalan, uz uobičajena odstupanja, ali je količina oborina u ljetnom razdoblju glavni limitirajući čimbenik u poljoprivrednoj proizvodnji. Prosječna mjesečna relativna vlažnost zraka u Osječko-baranjskoj županiji kreće se od 73% do 90%, s maksimumom u siječnju i minimumom u srpnju. Šošćarić i sur. (2012.) proučavali su vremenske uvjete na području Osječko-baranjske županije u razdoblju od 1973. do 2011. god. Analiza vremenskih uvjeta provedena je pomoću hidrotermičkog koeficijenta (Ks) prema Seljaninov-u. Tijekom analiziranog razdoblja četrnaest godina je prema Seljaninov-u okarakterizirano kao sušne, a pet godina kao ekstremno sušne. Važno je istaknuti da je svih pet ekstremno sušnih godina bilo u proteklom desetljeću (2000. – 2011.).

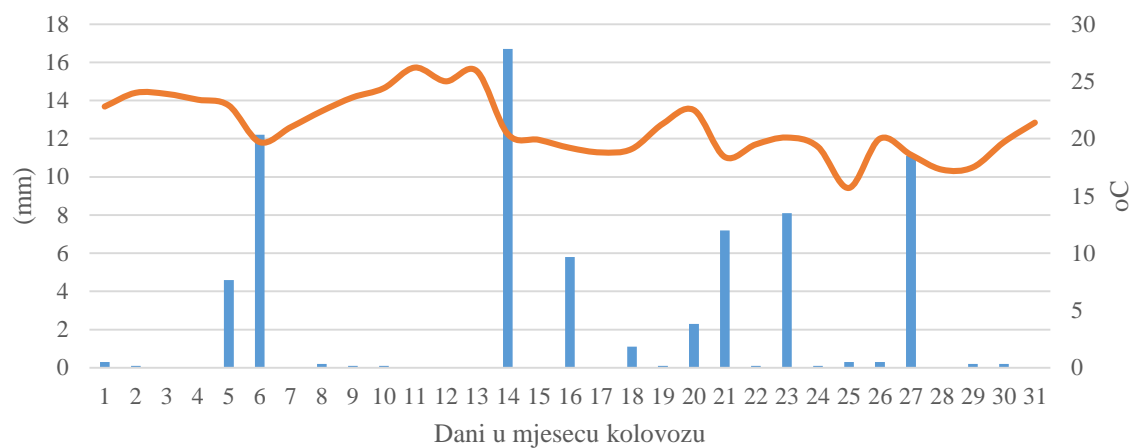
### 3.2. Vremenski uvjeti tijekom razdoblja istraživanja

Mjesec srpanj je u pogledu količine oborine kao i srednjih dnevnih temperatura zraka okarakteriziran kao normalan. Tijekom srpnja ukupno je palo 64,9 mm oborine što je gotovo jednako višegodišnjem prosjeku (1961.-1990. = 64,8 mm). Srednja dnevna temperatura zraka iznosila je 22,3 °C što je za 1,2 °C više u odnosu na (1961.-1990. = 21,1 °C) višegodišnji prosjek.



Grafikon 2. Količina oborine (mm) i srednje dnevne temperature zraka (°C) u srpnju 2014. god.

Mjesec kolovoz je u pogledu količine oborine kao i srednjih dnevnih temperatura zraka okarakteriziran kao normalan. Tijekom kolovoza ukupno je palo 71,2 mm oborine što je gotovo jednako višegodišnjem prosjeku (1961.-1990. = 64,8 mm). Srednja dnevna temperatura zraka iznosila je 21,1 °C što je jednako kao višegodišnji prosjek (1961.-1990. = 21,1 °C).

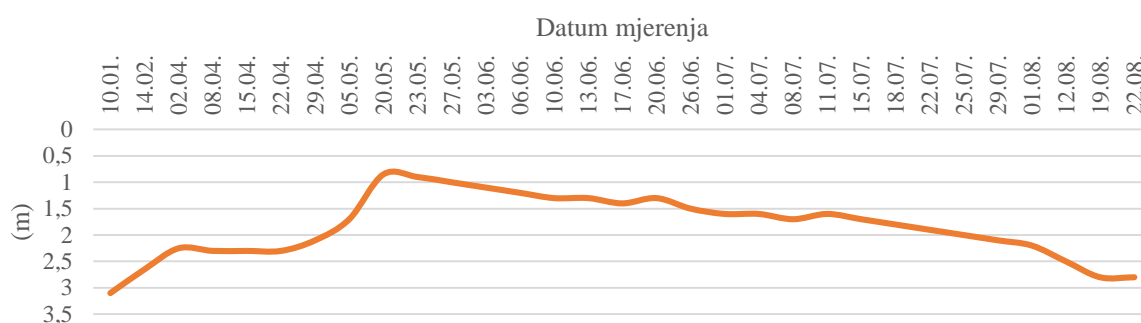


Grafikon 3. Količina oborine (mm) i srednje dnevne temperatura zraka (°C) kolovozu 2014. god.

### 3.3. Razina podzemne vode

Kako je prikazano na grafikonu 4. razina podzemne vode u razdoblju od siječnja do kolovoza 2014. god. kretala se od 3,1 m u siječnju do 0,85 m u svibnju. Najniža razina podzemne vode zabilježena je u siječnju dok je najviša razina podzemne vode bila je u proljetnom razdoblju odnosno mjesecu svibnju koji je prema meteorološkim izvješćima bio ekstremno kišan mjesec (DHMZ, 2014.).

## Razina podzemne vode



Grafikon 4. Razina podzemne vode

### 3.4. Tlo

Prema rezultatima ranije izvršenih uzorkovanja i analize tla iz devet pedoloških profila pokusne parcele (Josipović, 2004.), područje karakterizira antropogenizirano hidromeliorirani hipoglej. U skladu s rezultatima analize mehaničkog sastava tla i volumna gustoća ( $\rho_v$ ) se smanjuje s dubinom profila od  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$  do  $1,34 \text{ g cm}^{-3}$  u donjim dijelovima profila. Gustoća čvrste faze ( $\rho_c$ ) kao i kod većine tala varira od  $2,58 \text{ g cm}^{-3}$  do  $2,8 \text{ g cm}^{-3}$  s tendencijom povećanja u dubljim dijelovima profila. Ukupna poroznost tla ispitivanog profila je između 41,82 %vol i 52,08 %vol, dakle kreće se od malo poroznog u površinskom dijelu profila do poroznog u donjem dijelu profila. Prema Škoriću (1982.) tlo je srednjeg retencijskog kapaciteta za vodu ( $K_v$ ) cijelom dubinom profila (36,57 %vol – 39,66 %vol). Vrijednosti kapaciteta tla za zrak ( $K_z$ ) kretale su se od 5,2 %vol do 12,41 %vol što znači da je u površinskim horizontima kapacitet za zrak bio mali dok je u dubljim horizontima bio velik. Trenutna vlaga tla ( $Tr_v$ ) u površinskom dijelu horizonta iznosila je 34,56% vol.

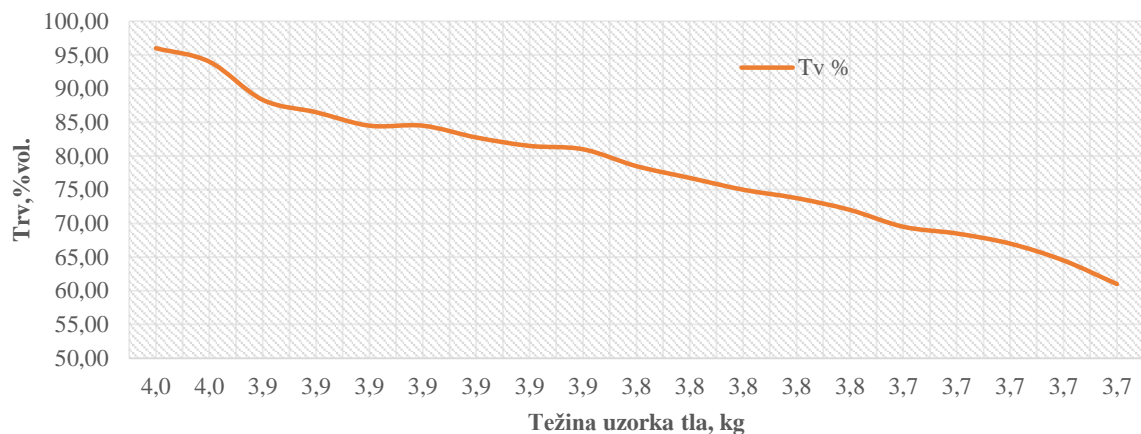
### 3.5. Rezultati baždarenja uređaja

Korištenju TDR uređaja u planiranju i provedbi navodnjavanja prethodilo je baždarenje metodom gravimetrije. Sadržaj vode u tlu je u metodi gravimetrije izražen kao težina dobivena iz razlike težine vode i zrakosuhog tla. Da bi se dobila spomenuta razlika uzorke tla je potrebno sušiti prije zalijevanja i nakon zalijevanja, sve do konstantne težine (Black, 1965). Na slici 3 prikazani su uzroci tla s ponavljanjima koji su korišteni za baždarenje TDR uređaja.



Slika 3. Uzorci tla za baždarenje (Fotografija: J. Huđek)

S pokusne parcele uzorkovano je tlo u narušenom stanju. Sveukupno je uzeto nasumično odabrana četiri uzorka tla. Uzorci su stavljeni u posude zapremnine 4 l. Nakon toga uzorci su odneseni u laboratorij gdje su postavljeni na posudu. Uzorci tla zalijevani su vodom manjim obrocima. Praćeno je upijanje vode u tlo te je s dodavanjem vode prekinuto kada bi došlo do procjeđivanja vode iz posuda. Pretpostavlja se da je tada tlo potpuno saturirano te da je sadržaj vode u tlu iznad vrijednosti poljskog vodnog kapaciteta (PVK). Uzorci tla vagani su na preciznoj vagi marke KERN. Usporedno uz vaganje mjerene su i zabilježene vrijednosti pomoću TDR uređaja. Rezultati baždarenja prikazani su grafikonom 5.

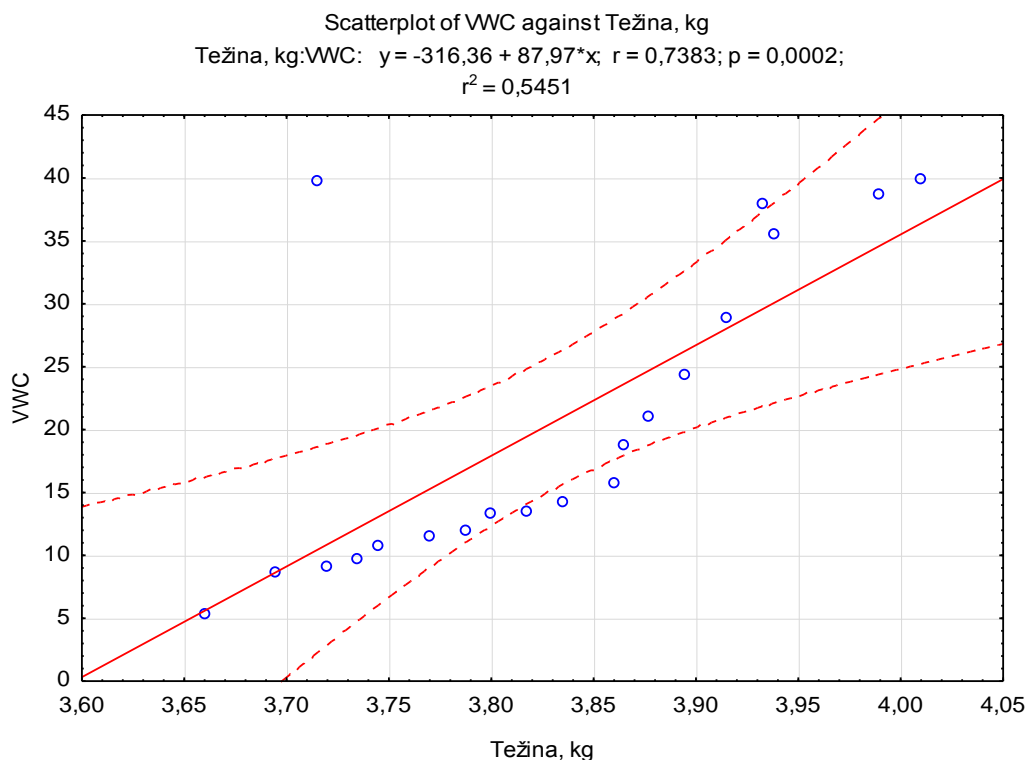


Grafikon 5. Odnos trenutne vlažnosti tla, TV i težine uzorka, kg

Nakon što su vrijednosti mjerenja TDR uređajem kao i težina uzorka postale ujednačene uzorci tla nošeni su na sušenje u sušionik. Uzorci su sušeni na 105 °C do konstantne mase. Osušeni uzorci ponovno su vagani na preciznoj vagi. Statističkom analizom korelacijske veze utvrđena je vrlo visoka povezanost. Koeficijent korelacija jeste  $r = 0,74^{**}$  između težine tla i TDR mjerenja (tablica 2). Značajnost korelacijske veze je na razini 95% (\*\*). Korelacijska veza prikazana je grafički gdje je težina uzorka prikazana pomoću osi x, a volumni sadržaj vode osi y. Korelacijska veza i jednadžba regresije prikazane su grafikonom 6.

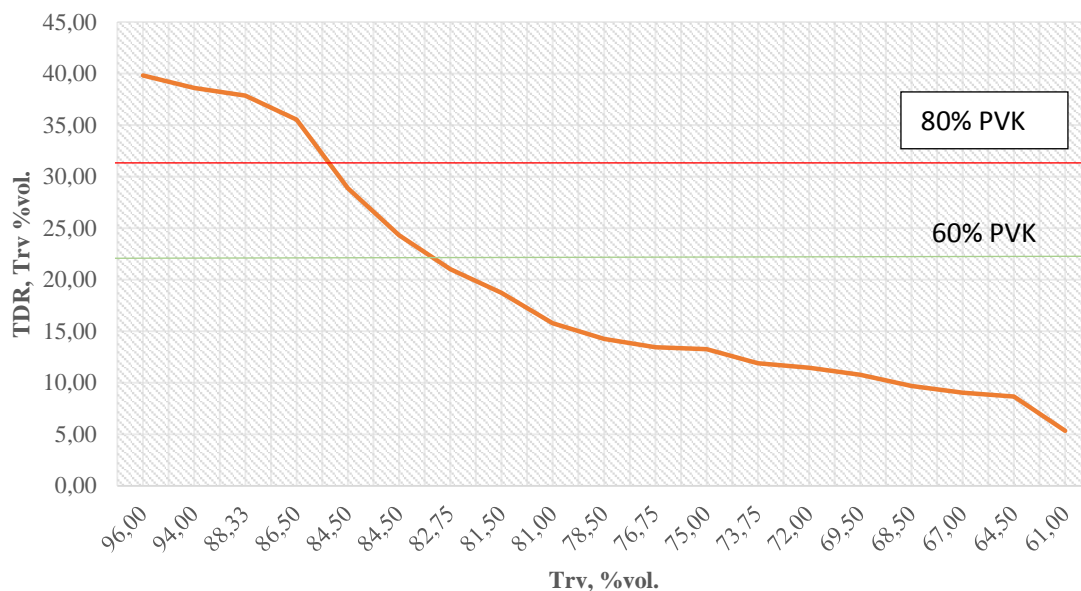
Tablica 2. Rezultati deskriptivne statistike baždarenja TDR uređaja

	Težina, kg	Trv, %vol.	Koeficijent korelacije težine uzorka (kg) i TDR mjerenja (Trv, %vol.)
<b>N</b>	20	20,0	0,74
<b>Min.</b>	3,66	5,35	N = broj provedenih mjerenja; Min. = minimalna vrijednost; Max. = Maximalna vrijednost; Std. Dev. = standardna devijacija
<b>Max.</b>	4,01	39,82	
<b>Std. Dev.</b>	0,10	11,96	



Grafikon 6. Korelacijska veza i jednadžba regresije

Krivulja baždarenja prikazana je grafikonom 7. Crvenom linijom grafikona označena je vrijednost na uređaju kod 80% poljskoga vodnoga kapaciteta. Zelenom linijom grafikona označena je vrijednost 60% PVK. Prema dobivenim rezultatima baždarenja vrijednosti odgovaraju preporukama proizvođača za pjeskovito-glinovitu ilovaču.



Grafikon 7. Krivulja baždarenja

### 3.6. Dinamika vlažnosti tla po varijantama navodnjavanja

U prvoj dekadi mjeseca srpnja vlažnost tla bila je visoka, iznad 80% PVK na svim varijantama navodnjavanja što je posljedica oborina koje su pale na početku mjeseca (grafikon 8.). Pored oborine u srpnju važno je istaći i rezervu vode u tlu koja je posljedica oborina u ranom proljetnom razdoblju. Naime mjesec travanj na području Osijeka okarakteriziran je kao kišan dok je mjesec svibanj okarakteriziran kao ekstremno kišan (DHMZ, 2014.). Nakon 17. srpnja uslijed izostanka oborine dolazi do smanjenja vlažnosti tla na svim varijantama navodnjavanja. sustav za navodnjavanje pušten je u rad na A2 varijanti navodnjavanja 18. srpnja, a na A3 varijanti navodnjavanja 22. i 29. srpnja. Obzirom da tijekom kolovoza nije bilo značajnijih odstupanja u količini oborine navodnjavano je 12. kolovoza na obje varijante navodnjavanja. Kako je vidljivo iz grafikona 7., na početku mjeseca kolovoza uslijed oborine 5. i 6. kolovoza (16,8 l) raste sadržaj vode u tlu na svim varijantama navodnjavanja. Nadalje kao posljedica oborine 14. kolovoza (16,7 l) sadržaj vode u tlu raste na svim varijantama navodnjavanja. Mjerenjima je prethodilo bušenje rupa za



senzore sa ručno izrađenom napravom kako bi se omogućilo lakše prodiranje senzora u tlo i kako bi se spriječilo njihovo savijanje odnosno oštećenje (slika 4).

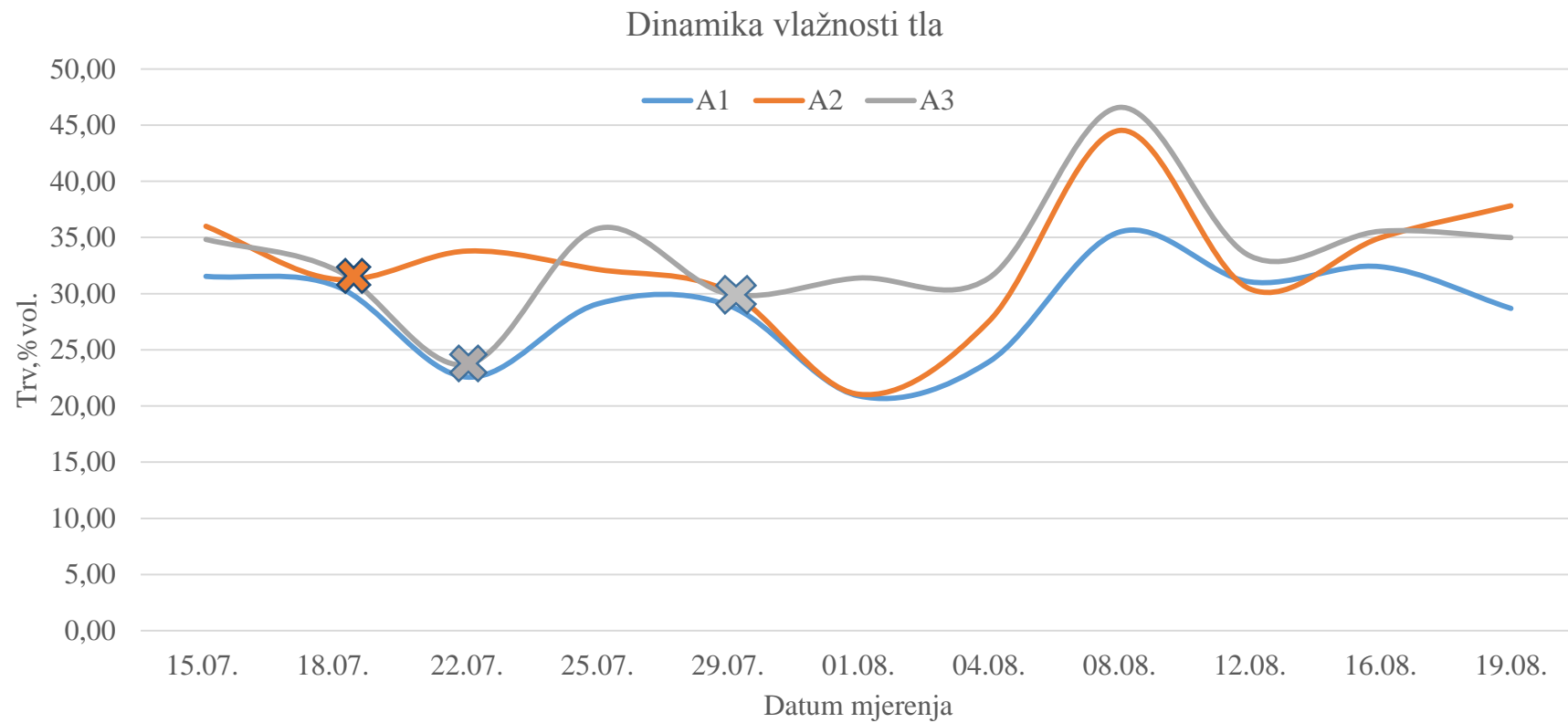


Slika 4. Alat za pripremu otvora za senzore (Fotografija: J. Huđek)

Kako je vidljivo iz tablice 3, navodnjavanje je statistički vrlo značajno utjecalo na dinamiku vlažnost tla. Razina značajnosti jeste 99%. U prosjeku volumni sadržaj vode u tlu na varijanti suhoga ratarenja (A1) bio je 29,42 Trv dok je na A2 varijanti navodnjavanja bio 32,93 Trv. Najveća trenutna vlažnosti tijekom mjerenja bila je na A3 varijanti navodnjavanja 37,54.

Tablica 3. Analiza varijance utjecaja navodnjavanja i datuma mjerenja na vlažnost tla

Navodnjavanje A	Prosjek N = 165		SS	F	p
1	29,42	Datum	1	3,15	0,000**
2	32,93	Navodnjavanje	10	3,50	0,031**
3	37,54	Ponavljjanje	2	-	-
** = p < 0,01					



Grafikon 8. Dinamika vlažnosti tla po varijantama navodnjavanja

#### 4. ZAKLJUČAK

Mjerenje ili praćenje sadržaja vode u tlu izuzetno je bitna mjera u poljoprivrednoj praksi kao i u istraživačkom radu. Poznavanje sadržaja vode u tlu omogućava pravilno određivanje trenutka početka navodnjavanja, obroka i norme navodnjavanja. Na taj način smanjuje se vodni stres te postižu maksimalni i stabilni urodi.

TDR 300 uređaj za mjerenje sadržaja vode u tlu u istraživanju se pokazao vrlo korisnim i praktičnim. Uređaj je jednostavan za upotrebu i lako prenosiv što omogućuje brzo i jednostavno mjerenje na više različitih površina. Samim time uređaj je moguće koristiti u različitim agroekološkim uvjetima. Važno je naglasiti kako je prije upotrebe na određenom tlu uređaj potrebno baždariti. Za baždarenje i izradu krivulje baždarenja upotrebljava se metoda gravimetrije. Rezultati baždarenja provedeni na antropogeniziranom hidromelioriranom hipogleju, odnosno na tlu koje je na pokušalištu Poljoprivrednoga instituta iz Osijeka. Rezultati su pokazali kako se vrijednosti krivulje baždarenja poklapaju sa krivuljom načinjenom od proizvođača.

## 5. POPIS LITERATURE

Black C.A. (1965.): Methods of Soil Analysis: Part I Physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Bošnjak Đ. (1992.): Praktikum iz navodnjavanja poljoprivrednih kultura. Novi Sad.

Dioudis P., Filintas A., Lellis T., Kokkoras I. (2003.): Drip irrigation frequency effects in corn (*Zea mays* L) yield. In Proceedings of the 9th Pan-Hellenic Conference of Greek Hydrotechnic Union, Thessalonica, 2–5 April; 167–174 (in Greek with English abstract).

Državni hidrometeorološki zavod (2008.): Klimatski atlas Hrvatske. Dostupno na: [http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski\\_atlas\\_hrvatske.pdf](http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf), 23. 08. 2014. god., 12:39.

Filintas T. (2003.): Cultivation of Maize in Greece: Increase and Growth, Management, Output Yield and Environmental Sequences, University of the Aegean, Faculty of Environment, Department of Environmental Studies, Mitilini, Greece (na grčkom).

Filintas A., Dioudis P., Koutseris E., Papadopoulou A. (2007.): Soil nitrates GIS mapping, irrigation water and applied N-fertilizer effects in soil nitrogen depletion in a drip irrigated experimental field in Thessaly basin. In Proceedings of the 3rd IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'07), Agios Nikolaos, Crete, Greece, 24–26 July; 486–492.

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

Leib B., Jabro G., Jay D., Matthews G., R., (2003): Field evaluation and performance comparison of soil moisture sensors. *Journal of Soil Science*, 168(6): 396-408

Leib B., G., Hattendorf M., Elliott T., Matthews G. (2002): Adoption and Adaptation of Scientific Irrigation Scheduling: Trend from Washington, USA as of 1998. *Agric. Water Manage.* 55:105–120

Mađar S. (1986.): Odvodnja i navodnjavanje u poljoprivredi. Osijek.

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

Osječko-baranjska županija (2006.): Regionalni operativni program. Temeljna analiza. Klima OBŽ. Dostupno na: <http://www.obz.hr/hr/pdf/Temeljna%20analiza.pdf>, 04.09.2014., 13:27.

Radičević B., Vukić Đ., Ercegović Đ., Oljača M. (2008): Merenje vlažnosti zemljišta. Poljoprivredna tehnika. 4:25-36

Seyfried M.S., Murdock, M.D. (2001): Response of a new soil water sensor to variable soil, water content and temperature. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:28-34

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

Tomić F. (1988.): Navodnjavanje, Zagreb.

Jedinica s interneta:

Field Scout Digital Moisture Sensor (TDR 300): <http://www.turf-tec.com/MSFSlit.html>, 02.08.2014.

Fiel Scout Digital Moisture Sensor (TDR 100): <http://www.turf-tec.com/MSFS100-lit.html>, 02.08.2014.

Field Scout TDR 300 Soil Moisture Meter:

[http://www.specmeters.com/assets/1/22/6430TDR300\(new\\_edits\)1.pdf](http://www.specmeters.com/assets/1/22/6430TDR300(new_edits)1.pdf), 02.08.2014.

Time Domain Reflectometry: <http://pe2bz.philpem.me.uk/Comm01/-%20TestEquip/-%20TDR/Info-907-Theory/P2/pico.html>, 02.08.2014.

## 6. SAŽETAK

Istraživanje je rađeno na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku tijekom vegetacijske sezone 2014. godine. Pomoću metode mjerenja sadržaja vode u tlu, a pomoću TDR Field Scout 300 Soil Moisture Meter uređaja. Dobivene vrijednosti korištene su u svrhu planiranja navodnjavanja kukuruza kako bi se pratio sadržaj vode te nadoknadio nedostatak vode. 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 navodnjavanje. Rezultati provedenog istraživanja pokazali su da je TDR 300 uređaj vrlo praktičan, učinkovit i pouzdan uređaj za praćenje trenutnoga (Trv) sadržaja vode u tlu. Preporuka je učiniti prethodno baždarenje za tip tla na kojemu se uzgaja kultura ili vrši istraživanje. Vrijednosti su se znatno razlikovale po varijantama navodnjavanja te obzirom na količinu oborine.

## 7. SUMMARY

The research was conducted at the Agricultural Institute of Osijek during the growing season 2014. Soil moisture was measured with direct *in situ* method. Measurements were carried out using the Field Scout TDR 300 Soil Moisture Meter device. The values were used to plan the irrigation of corn in order to find out the soil water content and thus compensate for the deficiency. The plan is to maintain the water content in the soil at two levels: A2 - the soil water content ranges from 60% to 100% of field water capacity (FWC) and A3 - the soil water content ranges from 80% to 100% FWC. A1 variant is the dry farming, on these plots irrigation was not conducted. Results of the study showed that the TDR 300 is very practical, efficient and reliable device for monitoring of soil water content. It is recommended to make a calibration for specific soil type. The results were significantly influenced by irrigation treatment (A2 and A3) and regarding to amount of rainfall.

## **8. POPIS TABLICA**

**Tablica 1.** Podjela pora prema veličini promjera i njihova uloga u odnosu na vodu u tlu (str. 6)

**Tablica 2.** Rezultati deskriptivne statistike baždarenja TDR uređaja (str. 18)

**Tablica 3.** Analiza varijance utjecaja navodnjavanja i datuma mjerenja na vlažnost tla (str. 20)

## **9. POPIS SLIKA**

**Slika 1.** TDR 300 (str. 9)

**Slika 2.** Sučelje TDR uređaja (str. 10)

**Slika 3.** Uzorci tla za baždarenje (str. 17)

**Slika 4.** Alat za pripremu otvora za senzore (str. 20)

## **10. POPIS GRAFIKONA**

**Grafikon 1.** Klimadijagram prema H. Walteru za razdoblje 1961. do 1990. god. za područje Osijeka (str. 13)

**Grafikon 2.** Količina oborine (mm) i srednje dnevne temperature zraka (°C) u srpnju 2014. god. (str. 14)

**Grafikon 3.** Količina oborine (mm) i srednje dnevne temperature zraka (°C) u kolovozu 2014.,. (str. 15)

**Grafikon 4.** Razina podzemne vode (str. 16)

**Grafikon 5.** Odnos trenutne vlažnosti tla, TV i težine uzorka, kg (str. 17)

**Grafikon 6.** Korelacijska veza i jednadžba regresije (str. 18)

**Grafikon 7.** Krivulja baždarenja (str. 19)

**Grafikon 8.** Dinamika vlažnosti tla po varijantama navodnjavanja (str. 21)



# 11. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET OSIJEK

ZAVRŠNI RAD

MJERENJE SADRŽAJA VODE U TLU POMOĆU TDR UREĐAJA

MONITORING OF SOIL MOISTURE CONTENT WITH TDR DEVICE IRRIGATION SCHEDULING

JOSIP HUĐEK

SAŽETAK

Istraživanje je rađeno na pokušalištu Poljoprivrednog instituta u Osijeku tijekom vegetacijske sezone 2014. godine. Pomoću metode mjerenja sadržaja vode u tlu, a pomoću TDR Field Scout 300 Soil Moisture Meter uređaja. Dobivene vrijednosti korištene su u svrhu planiranja navodnjavanja kukuruza kako bi se pratio sadržaj vode te nadoknadio nedostatak vode. 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 navodnjavanje. Rezultati provedenog istraživanja pokazali su da je TDR 300 uređaj vrlo praktičan, učinkovit i pouzdan uređaj za praćenje trenutnoga (Trv) sadržaja vode u tlu. Preporuka je učiniti prethodno baždarenje za tip tla na kojemu se uzgaja kultura ili vrši istraživanje. Vrijednosti su se znatno razlikovale po varijantama navodnjavanja te obzirom na količinu oborine.

KLJUČNE RIJEČI: TDR 300, voda, tlo, navodnjavanje

SUMMARY

The research was conducted at the Agricultural Institute of Osijek during the growing season 2014. Soil moisture was measured with direct *in situ* method. Measurements were carried out using the Field Scout TDR 300 Soil Moisture Meter device. The values were used to plan the irrigation of corn in order to find out the soil water content and thus compensate for the deficiency. The plan is to maintain the water content in the soil at two levels: A2 - the soil water content ranges from 60% to 100% of field water capacity (FWC) and A3 - the soil water content ranges from 80% to 100% FWC. A1 variant is the dry farming, on these plots irrigation was not conducted. Results of the study showed that the TDR 300 is very practical, efficient and reliable device for monitoring of soil water content. It is recommended to make a calibration for specific soil type. The results were significantly influenced by irrigation treatment (A2 and A3) and regarding to amount of rainfall.

KEY WORDS: TDR 300, water, soil, irrigation

Datum obrane: