



UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
DEPARTMAN ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO

VODNO FIZIČKA SVOJSTVA KARBONATNOG ČERNOZEMA U USLOVIMA NAVODNJAVANJA POVRĆA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: Prof. dr Borivoj Pejić
Mentor: Prof. dr Ljiljana Nešić

Kandidat: mr Ksenija Mačkić

Novi Sad, 2016. godine

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	mr Ksenija Mačkić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Borivoj Pejić Prof. dr Ljiljana Nešić
Naslov rada: NR	Vodno fizička svojstva karbonatnog černozema u uslovima navodnjavanja povrća
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	srpski / engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2016
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8

Fizički opis rada: FO	9 poglavlja / 194 strane / 16 slika / 77 grafikona / 25 tabela / 215 referenci / biografija
Naučna oblast: NO	biotehičke nauke
Naučna disciplina: ND	Navodnjavanje
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Navodnjavanje, zemljište, vodno fizička svojstva
UDK	626.81:641.12:631.445.4(043.3)
Čuva se: ČU	Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu
Važna napomena: VN	nema
Izvod: IZ	<p>Zemljište i voda predstavljaju važne prirodne resurse koji su čovekovim korišćenjem bitno izmenjeni. Zemljište predstavlja neobnovljiv resurs čijom antropogenizacijom često dolazi do degradacije. Nestručnom ili nesavesnom primenom navodnjavanja uglavnom dolazi do pojave neželjenih posledica na zemljištu. U Vojvodini postoje i zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje, naročito kada je voda za navodnjavanje mineralizovana. Pravilno (racionalno) navodnjavanje podrazumeva dobro poznavanje zemljišnih i klimatskih uslova područja i bioloških karakteristika gajenih biljaka. Kada se govori o promenama na zemljištu koje navodnjavanje može da izazove, treba odvojiti direktan uticaj vode i navodnjavanja od dejstva agrotehnike i ostalih pratećih činilaca i uslova.</p> <p>Cilj istraživanja bio je da se utvrdi da li je dugogodišnje navodnjavanje, u uslovima intenzivne proizvodnje povrća, uticalo na promenu morfoloških, vodno fizičkih i hemijskih svojstava karbonatnog černozema. Ukoliko se primenjuje racionalno navodnjavanje, uz uvažavanje hidropedoloških osobinama zemljišta i bioloških osobenosti gajenih biljaka, pretpostavka je da na ispitivanom zemljištu tipa černozem neće doći do degradacije <i>in situ</i>.</p> <p>Istraživanja su obavljena na Oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, u Odeljenju za povrtarstvo na Rimskim šančevima. Za potrebe analiza, otvoreno je osam pedoloških profila do dva metra dubine, četiri na zemljištu koje se u kontinuitetu navodnjava orošavanjem od 1946. godine i četiri na zemljištu koje nikada nije navodnjavano. Za navodnjavanje je korišćena voda iz kopanih bunara. Za potrebe laboratorijskih istraživanja, uzeti su uzorci u poremećenom i prirodnom, neporemećenom stanju iz sredine utvrđenih genetičkih horizonata, kao i uzorci vode za navodnjavanje. Analizirani su fizička, vodno fizička i hemijska svojstva zemljišta, kao i hemijska svojstva vode za navodnjavanje, standardnim metodama koje su primenjuju za ovu vrstu istraživanja, kao i savremenim svetski priznatim metodama. Podaci su obrađeni metodom analize varijanse, a testiranje razlika između aritmetičkih sredina obavljeno je pomoću Dankanovog testa za nivo značajnosti 5%. U cilju realnog sagledavanja uticaja navodnjavanja na vodno fizička i hemijska svojstva ispitivanog zemljišta, korišćena je i numerička multivarijantna (cluster) metoda za simultanu analizu većeg broja podataka.</p> <p>Dobijeni rezultati istraživanja su pokazali da je došlo do pogoršanja vodno fizičkih svojstva černozema, koje nije posledica navodnjavanja već drugih antropogenih i prirodnih faktora. Utvrđeno je i blago pogoršanje hemijskih svojstava zemljišta kao posledica navodnjavanja zaslanjenom vodom. Ustanovljeno je povećanje pH vrednosti zemljišta, veći sadržaj kalcijum</p>

karbonata, usled navodnjavanja tvrdom vodom, i manji sadržaj humusa usled povećane mikrobiološke aktivnosti i brže mineralizacije organske materije u uslovima povoljne vlažnosti zemljišta. Pod uticajem navodnjavanja, došlo je do povećanja količine soli u zemljištu usled korišćenja zaslanjene vode za navodnjavanje. Iako je došlo do blagog povećanja saliniteta, izmerene vrednosti ukupne količine soli i EC_e vrednosti su ispod graničnih vrednosti koje ukazuju da je u zemljištu došlo do procesa zaslanjivanja.

Na osnovu rezultata istraživanja uočava se blagi trend pogoršanja hemijskih svojstava zemljišta pod uticajem navodnjavanja, te se stoga predlaže periodična kontrola kvaliteta, ne samo vode za navodnjavanje, nego i zemljišta. Dobijeni rezultati i zaključci predstavljaju osnovu za preduzimanje potrebnih mera u cilju očuvanja kvaliteta zemljišta.

Datum prihvatanja teme od strane NN
veća:
DP

Datum odbrane:
DO

Članovi komisije:
(ime i prezime / titula / zvanje / naziv
organizacije / status)
KO

dr Borivoj Pejić, vanredni profesor
UNO Ratarstvo i povrtarstvo
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

dr Ljiljana Nešić, redovni profesor
UNO Pedologija i agrohemija
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

dr Milivoj Belić, redovni profesor
UNO Pedologija i agrohemija
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

dr Đuro Gvozdrenović, naučni savetnik
UNO Biotehnologija
Institut za Ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

dr Jovica Vasin, viši naučni saradnik
UNO Pedologija
Institut za Ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

University of Novi Sad
Faculty of Agriculture

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph. D. thesis
Author: AU	Ksenija Mačkić, M.Sc.
Mentor: MN	Borivoj Pejić, Ph. D., Associate Professor Ljiljana Nešić, Ph. D., Full Professor
Title: TI	Water physical properties of calcic chernozem in vegetable production under irrigation
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	English / Serbian
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2016
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8

Physical description: PD	9 chapters / 194 pages / 16 pictures / 77 graphs / 25 tables / 215 references / biography
Scientific field SF	Biotechnical Sciences
Scientific discipline SD	Irrigation
Subject, Key words SKW	Irrigation, soil, water physical properties
UC	626.81:641.12:631.445.4(043.3)
Holding data: HD	Library of the Faculty of Agriculture, University of Novi Sad
Note: N	none
<p>Abstract: AB</p> <p>Land and water are important natural resources, which are substantially altered by its use. Land is a nonrenewable resource, whose anthropogenization often leads to degradation. Improper or unconscious use of irrigation usually leads to detrimental effects on soil. In Vojvodina there are soil and climate prerequisites that can cause soil salinization in irrigation systems, especially irrigation water is saline. Correct (rational) irrigation means good understanding of soil and climatic conditions of the area and the biological characteristics of cultivated plants. Direct impact of water and irrigation on soil should be distinguished from the effects of agricultural technology and other factors and conditions.</p> <p>The aim of this study was to determine whether long-term irrigation, in intensive vegetable production, caused the change of morphological, hydro physical and chemical properties of carbonate chernozem. If rational irrigation is applied, in respect to hydropedological soil properties and biological characteristics of cultivated plants, the assumption is that the investigated chernozem soil will not show signs of degradation.</p> <p>Investigations were carried out at the Experimental Field of the Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, in the Department of Vegetable Crops. For the purpose of analysis eight soil profiles were dug up to two meters deep, four on land that is irrigated by sprinkling continuously since 1946 and four on land that has never been irrigated. Water for irrigation was from the wells. For the purposes of laboratory tests, disturbed and undisturbed soil samples were taken from the mid-determined genetic horizons, as well as irrigation water samples. Physical, water physical and chemical soil properties and chemical properties of irrigation water were analyzed by standard methods that are used for this type of research, as well as the modern world-recognized methods. Data were analyzed using analysis of variance and Duncan's LSD test for significance level of 5%. In order to objectively determine the impact of irrigation on water physical and chemical properties of soil, multivariate numerical (cluster) method for the simultaneous analysis of large number of data was also used.</p> <p>The results showed that there was deterioration in water physical properties of chernozem, which, however is not the result of irrigation, but other anthropogenic and natural factors. It was also found slight deterioration of chemical properties of the soil as a result of the irrigation with saline water. It was found an increase in soil pH, higher content of calcium carbonate due irrigation and lower humus content due to increased microbial activity and faster mineralization of organic matter in favorable conditions of soil moisture. The increase of salt amount was also found. Although there was a slight increase in salinity, total amount</p>	

<p>of salt and EC_e values are below the threshold for indicating the soil as saline. The results indicate a mild trend of deterioration of chemical properties of soil under irrigation. Therefore, periodic quality control is suggested, not only for irrigation water, but also for the soil. The results and conclusions are the basis for taking the necessary measures in order to preserve the soil quality.</p>	
Accepted on Scientific Board on: AS	
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	<hr/> <p>Borivoj Pejić, Ph. D., Associate Professor Scientific Field – Field and vegetable crops Faculty of Agriculture, Novi Sad Mentor</p> <hr/> <p>Prof. dr Ljiljana Nešić, Ph. D., Full Professor Scientific Field – Pedology and agrochemistry Faculty of Agriculture, Novi Sad Mentor</p> <hr/> <p>Milivoj Belić, Ph. D., Full Professor Scientific Field - Pedology and agrochemistry Faculty of Agriculture, Novi Sad President</p> <hr/> <p>Đuro Gvozdrenović, Ph. D., Principal Research Fellow Scientific Field – Biotechnology Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad Member</p> <hr/> <p>Jovica Vasin, Ph. D., Senior Research Associate Scientific Field - Pedology Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad Member</p>

Zahvalnica

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr Borivoju Pejiću, na pomoći i podršci, a prevashodno na strpljenju prilikom pisanja ove disertacije.

Neizmerno sam zahvalna mentoru, prof. dr Ljiljani Nešić, na nesebičnoj pomoći i podršci od samog početka istraživanja, na razumevanju i korisnim savetima u toku izrade disertacije.

Zahvaljujem se prof. dr Milivoju Beliću na korisnim savetima i diskusijama prilikom pisanja disertacije. Takođe, veliku zahvalnost dugujem i prof. dr Đuri Gvozdenu, koji mi je omogućio da se istraživanja sprovedu u Odeljenju za povrtarstvo, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, na podstreku i ohrabrenju prilikom pisanja disertacije. Takođe, najsrdačnije se zahvaljujem dr Jovici Vasinu na pomoći pri laboratoriskim analizama sadržaja katjona i anjona u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, a takođe i na korisnim sugestijama.

Iskreno se zahvaljujem svim kolegama sa Departmana za ratarstvo i povrtarstvo, koji su mi pomogli prilikom laboratorijskih analiza ili na bilo koji drugi način doprineli izradi ove disertacije.

Dugujem zahvalnost i preminulom prof. dr Đuri Bošnjaku koji mi je pomogao kod izbora teme i korisnim savetima na početku istraživanja.

Svakako, možda i najveću, zahvalnost dugujem porodici, na pomoći, razumevanju, podršci i prevashodno strpljenju prilikom izrade disertacije.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	3
3. PREGLED LITERATURE	4
3.1. Navodnjavanje	4
3.2. Degradacija zemljišta	11
3.2.1. Uticaj navodnjavanja na vodno fizička svojstva zemljišta	18
3.2.2. Uticaj navodnjavanja na hemijska svojstva zemljišta	22
3.3. Klasifikacija zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje	26
4. RADNA HIPOTEZA.....	30
5. MATERIJAL I METODE RADA	31
5.1. Terenska istraživanja	31
5.2. Laboratorijska istraživanja	32
5.2.1. Fizička i vodno fizička svojstva zemljišta.....	32
5.2.2. Metode za određivanje hemijskih svojstava zemljišta	33
5.2.3. Metode za određivanje hemijskih svojstava vode za navodnjavanje	34
5.3. Statistička obrada podataka	34
5.4. Karakteristike proučavanog područja.....	35
5.4.1. Geografski položaj i reljef.....	35
5.4.2. Klimatski uslovi	36
5.4.2.1. Padavine	37
5.4.2.2. Temperatura vazduha	38
5.4.2.3. Evapotranspiracija i vodni bilans	39
5.4.3. Matični supstrat.....	42
5.4.4. Antropogeni faktor	43
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	45

6.1.	Morfologija i osnovne karakteristike profila	45
6.2.	Fizička i vodno fizička svojstva zemljišta	53
6.2.1.	Mehanički sastav zemljišta	53
6.2.2.	Zapreminska masa	58
6.2.3.	Specifična masa zemljišta	60
6.2.4.	Ukupna poroznost	63
6.2.5.	Diferencijalna poroznost	65
6.2.6.	Poljski vodni kapacitet	68
6.2.7.	Retencija pri pritisku od 33kPa, 625 kPa i 1500 kPa	71
6.2.8.	Kapacitet za vodu i vazduh	77
6.2.9.	Infiltracija	80
6.2.10.	Vodosprovodljivost	83
6.2.11.	Struktura zemljišta	85
6.2.11.1.	Suvo prosejavanje	86
6.2.11.2.	Mokro prosejavanje	91
6.3.	Hemijska svojstva zemljišta	95
6.3.1.	Osnovna hemijska svojstva	95
6.3.1.1.	Aktivna i potencijalna supstitucionna kiselost	96
6.3.1.2.	Sadržaj kalcijum karbonata	99
6.3.1.3.	Sadržaj humusa	101
6.3.1.4.	Sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma	103
6.3.2.	Salinitet zemljišta, sadržaj vodorastvorljivih katjona i anjona	106
6.3.2.1.	Salinitet zemljišta i pH paste i ekstrakta	107
6.3.2.2.	Sadržaj vodorastvorljivih katjona i anjona	111
6.3.3.	Svojstva adsorptivnog kompleksa	124
6.4.	Kvalitet vode za navodnjavanje	132
6.5.	Klasifikacija zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje	134

6.6. Korelacije	136
7. DISKUSIJA	144
8. ZAKLJUČAK	172
9. LITERATURA	177
BIOGRAFIJA	194

1. UVOD

Zemljište i voda predstavljaju jedne od najvažnijih prirodnih resursa koji su, korišćenjem od strane čoveka, bitno izmenjeni. Zemljište predstavlja neobnovljiv resurs čija se degradacija i gubitak ne mogu nadoknaditi u toku života čoveka.

Zemljišta u prirodi nastaju kao proizvod pedogenetskih faktora koji određuju pravac i intenzitet pedogenetskih procesa koji se odvijaju u zemljištu. Čovek svojim aktivnostima narušava ravnotežu između pojedinih pedoloških faktora, često uzrokujući negativne promene u njemu. Antropogenizacija zemljišta često dovodi do njegove degradacije, a popravka takvih zemljišta je dugotrajna i skupa.

S obzirom da je zemljište ograničeni prirodni resurs i u većini slučajeva iskorišćen, povećanje proizvodnje hrane moguće je jedino povećanjem prinosa po jedinici površine. Navodnjavanje, kvalitet zemljišta i upotreba đubriva smatraju se ključnim faktorima u obezbeđivanju hrane narednih decenija. Unutar ovih okvira, praksa navodnjavanja će imati značajnu ulogu u održavanju i poboljšanju razvoja poljoprivrede. Međutim, ako se neracionalno sprovodi, navodnjavanje može predstavljati i veliku opasnost prvenstveno za očuvanje plodnosti zemljišta, pa i agroekosistem u celini.

Procenjuje se da oko jedne trećine navodnjavanih površina u svetu ima smanjenu produktivnost kao posledicu lošeg upravljanja navodnjavanjem (FAO, 2002). Nestručnom ili nesavesnom primenom navodnjavanja uglavnom dolazi do pojave neželjenih posledica na zemljištu.

Jedan od vidova degradacije zemljišta oštećenjem *in-situ* je i zaslanjivanje, usled nepravilnog navodnjavanja i upotrebe vode neodgovarajućeg kvaliteta. Nakupljanje vodorastvorljivih soli u sloju aktivne rizosfere zemljišta koja se navodnjavaju, može da bude izraženo do tog stepena, da prouzrokuje ozbiljne probleme u gajenju biljaka. U Vojvodini postoje i zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje, naročito kada je voda za navodnjavanje mineralizovana iznad dozvoljenog stepena (Nešić i sar., 2003). U uslovima navodnjavanja zemljište je više izloženo dejstvu vode, te se može javiti destrukcija strukture zemljišta, njegovo sleganje i sabijanje u oraničnom sloju. Međutim, ne pogoršavaju se fizička svojstva navodnjavanog zemljišta samo dejstvom vode, već i potrebom za češćom obradom u realizaciji dve, pa i tri žetve godišnje (Vučić, 1992).

Navodnjavanje je u prošlosti bilo veliki oslonac u proizvodnji hrane, ostalo je do današnjih dana, pa se zbog velikog učinka, njemu i u budućnosti pripisuje izuzetna uloga u opstanku čovečanstva. Zato je ono u izrazitoj ekspanziji, zahvaljujući velikom napretku tehnike i angažovanju enormne količine vode, čak i one koja po usvojenim normativima ne zadovoljava određeni kvalitet. Ne može se od zemljišta u navodnjavanju tražiti samo veća proizvodnja, mora se i njemu obratiti nužna pažnja, jer se vremenom može izgubiti oboje – i visoka proizvodnja i dobro zemljište (Vučić, 1992). Neodgovarajuća agrotehnika, bez upotrebe organskih đubriva i određenih plodoreda pogoršava situaciju.

Za uspešno gajenje povrća osnovni uslov predstavlja obezbedjenje biljaka vodom, i to ne u onom smislu kao kod ratarskih kultura, već znatno više od toga. Povrtarske biljke se uglavnom gaje u uslovima navodnjavanja, jer samo povoljan vodni režim biljaka i zemljišta obezbeđuje dobar prinos i kvalitet povrća. Povrtarske biljke karakteriše intenzivna transpiracija, odnosno povećana potreba i potrošnja vode, sa jedne (Bošnjak, 2003b), i veći stepen vlažnosti zemljišta, sa druge strane (Pejić et al., 2014). Bošnjak i Gvozdrenović (2004), ističu da su potrebe paprike za vodom u klimatskim uslovima Vojvodine u intervalu od 530-630 mm i da navodnjavanjem u proseku treba obezbediti 180-280 mm vode. Vučić (1976), Bošnjak (1999), Pejić i sar. (2011) ističu visoke vrednosti predzalivne vlažnosti zemljišta (75-80% od PVK) kao preduslov za uspešnu proizvodnju povrtarskih biljaka. Navedeno ukazuje da su u proizvodnji povrća zalivanja česta, da se u toku vegetacije, pogotovo u sušnim godinama, daju velike količine vode i stoga sprovođenje navodnjavanja u povrtarskoj proizvodnji zahteva više znanja i od stručnjaka, agronoma i od poljoprivrednih proizvođača. U slučaju neracionalnog navodnjavanja povrća, ako se ne uvažavaju principi koji funkcionišu u sistemu zemljište, voda, biljka javiće se neželjene posledice i problemi koji se odnose na vodna, fizička i hemijska svojstva zemljišta.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Problemi koje nestručno navodnjavanje može da izazove su brojni i odnose se na zabarivanje, zaslanjivanje, ispiranje hraniva, pogoršanje strukture zemljišta, smanjenje infiltracije i irigacionu eroziju. Pravilno (racionalno) navodnjavanje podrazumeva dobro poznavanje zemljišnih i klimatskih uslova područja i bioloških karakteristika gajenih biljaka. Među promenama na zemljištu koje navodnjavanje može da izazove treba odvojiti direktan uticaj vode i navodnjavanja od dejstva agrotehnike i ostalih pratećih činilaca i uslova. Pored toga, treba drugačije posmatrati rejone dopunskog navodnjavanja u određenim prirodnim uslovima u kojima mnogi autori beleže pozitivan efekat navodnjavanja na izvesna svojstva zemljišta.

Iz navedenih razloga, cilj istraživanja je bio da se utvrdi da li je dugogodišnje navodnjavanje, u uslovima intenzivne proizvodnje povrća, uticalo na promene morfoloških, vodno fizičkih i hemijskih svojstava karbonatnog černozema. Dobijeni rezultati i zaključci biće osnova za preduzimanje potrebnih mera sa ciljem da se zemljište kao neobnovljivi resurs sačuva i zaštiti od degradacije.

3. PREGLED LITERATURE

3.1. Navodnjavanje

Iako je navodnjavanje kao mera u biljnoj proizvodnji vrlo staro, ipak je ono moderna savremena nauka koja treba, u uslovima povećanog priraštaja stanovništva, da omogući brže podizanje standarda u zaostalim i zemljama u razvoju, a održavanje visokog standarda u razvijenim, poljoprivredno naprednim zemljama (Vučić, 1976). Lipton et al. (2003), Rosengrant et al. (2009), ističu da navodnjavanje, posebno ako je praćeno i ostalim inputima u poljoprivredu (đubrenje, pesticidi), doprinosi redukciji siromaštva, preko većih i stabilnijih outputa (prinos, prihoda), dostupne cene hrane, povećanju zapošljavanja. Poslednjih decenija uložene su velike investicije u navodnjavanje, izgrađena je i infrastruktura, kao što su brane i kanali za navodnjavanje, a sve u cilju većih prinosa i prihoda u poređenju sa nenavodnjavanom poljoprivredom (Molden, 2007). Fraiture et al. (2010) ističu da je investiranjem u navodnjavanje povećan prihod prvenstveno ruralnih sredina, a posledično i potražnja za nepoljoprivrednim dobrima u uslugama.

U aridnim regionima navodnjavanje je preduslov za biljnu proizvodnju. U semiaridnim i humidnim područjima navodnjavanje je u funkciji povećanja prinosa koji su uglavnom veći u uslovima navodnjavanja nego u proizvodnji bez navodnjavanja, jer je eliminisan deficit vode (Bruinsma, 2003). Prema tome, navodnjavanje je izašlo iz okvira pustinjskih i polupustinjskih rejona i osvaja zemlje čak i sa humidnom klimom, jer su mogućnosti izvanredno velike pa se u izvesnom smislu navodnjavanje smatra i “naukom opstanka” (Gulhati cit. Vučić, 1976). Navodnjavanje omogućuje plansku, sigurnu poljoprivrednu proizvodnju, omogućuje realno planiranje i progresivni razvoj poljoprivrede, koja je inače prepuštena stihiji u semiaridnim uslovima. Takvo shvatanje oslobađa navodnjavanje parcijalnog dejstva u borbi protiv suše, čiji su efekti nepotpuni, delimični i skućeni (Bošnjak, 2003a). U aridnim uslovima voda je svakako apsolutni činilac života i ne kaže se uzalud na Istoku “Ako imaš vodu imaš zlato (De Saint-Foulc cit. Vučić, 1976) ili “Ne pitaj me koliko zemlje, već koliko vode imam”.

Trenutno, procenjuje se da navodnjavane površine učestvuju sa oko 20% ukupnih obradivih površina u svetu, sa kojih se ostvaruje oko 40% od ukupne biljne proizvodnje, što znači da navodnjavanje skoro udvostručuje produktivnost proizvodnje (Bruinsma, 2003). S druge strane, proizvodnja hrane i drugih poljoprivrednih proizvoda učestvuje sa 70% od

ukupnog korišćenja vode iz reka i podzemnih voda (Molden, 2007). U mnogim zemljama u razvoju više od 90% od ukupne količine vode koristi se za navodnjavanje (FAO AQUASTAT-database cit. Siebert et al., 2005).

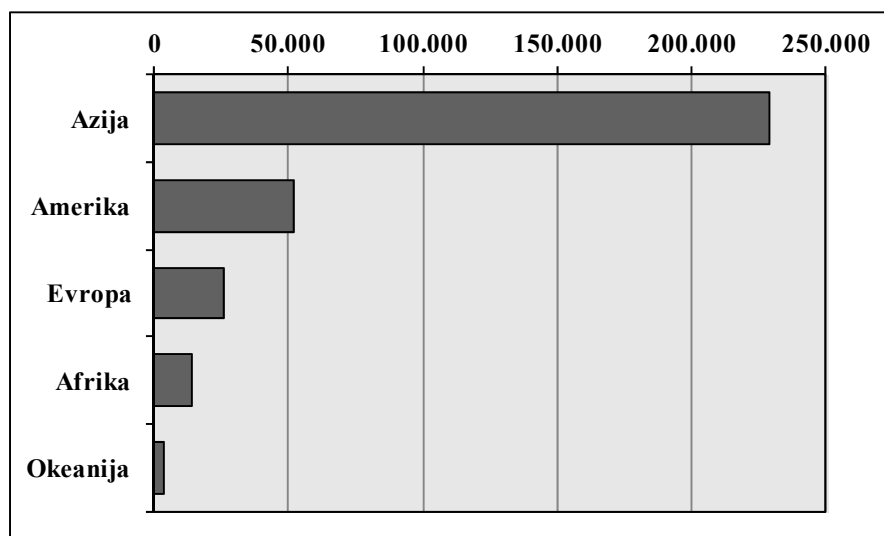
Knoepfel and Nahrath (2005) ističu da su voda, energija, poljoprivreda, korišćenje zemljišta, ruralni razvoj i životna sredina glavni sektori koji utiču na proizvodnju u uslovima navodnjavanja, a koji imaju različite, ponekad suprotne ciljeve, čineći ih rivalima u pogledu institucionalnih, finansijskih i što je važnije prirodnih izvora. Međutim, iskustva raznih zemalja pokazuju da je fragmentacija upravljaćih sektora među glavnim uzrocima ekoloških problema (Özerol, 2012). Bouwer (2000) smatra da je neophodna integracija vodoprivrede sa ostalim sektorima koji koriste vodu, kako bi se moglo odgovoriti na buduće zahteve u pogledu hrane i vode, na odživi način.

Rosengrant et al. (2009) ističu da bez navodnjavanja nije bio moguć brz porast prinosa u poslednje tri decenije. Slično, Fraiture et al. (2010) smatraju da su veći prinosi postignuti i zahvaljujući ekspanziji navodnjavanih površina u proteklom periodu kao i poboljšanju upravljanjem vode na navodnjavanim površinama. S obzirom da je većina pogodnog zemljišta za obradu već iskorišćena, a ekspanzija ka novim oblastima retko moguća, Wild (2003) smatra da je neophodno povećati prinos po jedinici površine.

Navodnjavanje predstavlja značajan faktor u razvoju poljoprivrede, što potvrđuje i činjenica da su se površine zemljišta pod sistemima za navodnjavanje značajno povećale posebno u drugoj polovini prošlog veka. Prema podacima FAO površine opremljene za navodnjavanje (Graf. 1) povećale su se sa 139 miliona ha u 1961. na 277 miliona ha u 2003. (Fraiture et al., 2010). Globalno, prema projekcijama za period do 2050. godine, očekuje se porast navodnjavanih površina za 0,24% godišnje, odnosno, očekuje se povećanje ukupnih navodnjavanih površina od 421 milion hektara u 2000. do 473 miliona hektara u 2050. godini, kao i znatno veći udeo proizvodnje žitarica iz navodnjavane poljoprivrede za 53% (Rosengrant et al., 2009).

Wild (2003) navodi da će, prema prognozama FAO, doći do porasta svetske populacije na 9,1 milijardi ljudi do 2050. godine, a posledično i do povećanja potražnje hrane. Stoga, FAO ukazuje na neophodnost povećanja svetske proizvodnje hrane za 57% u cilju sprečavanja prehrambene krize globalnih razmera. Prema projekcijama FAO do 2030. očekuje se povećanje biljne proizvodnje, sa sporijim godišnjim porastom u odnosu na predhodni period, uglavnom zahvaljujući intenzifikaciji proizvodnje sa sve većom ulogom navodnjavanja u korišćenju zemljišta i biljnoj proizvodnji. Očekuje se da će navodnjavanje imati značajnu

ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji, posebno zemalja u razvoju. Wichelns (2006) smatra da je zadovoljenje globalnih zahteva za hranom moguće jedino stalnim poboljšanjem produktivnosti poljoprivredne proizvodnje, i to primarno na navodnjavanim površinama. Povećanje obima biljne proizvodnje kako bi se pratio trend povećanja svetske populacije zahteva neprekidna ulaganja u poboljšane performanse navodnjavanja (Oster and Wichelns, 2003, English et al., 2002, Schultz and De Wrachien, 2002).



Izvor: FAOSTAT

Graf. 1 Površine opremljene za navodnjavanje (1000ha)

Sa povećanjem svetske populacije, sve manje vode dobrog kvaliteta ostaje na raspolaganju poljoprivredi. Posledično, povećaće se upotreba zaslanjene i/ili alkalne vode za navodnjavanje. Optimizacija upravljanjem navodnjavanja, posebno u aridnim i semiaridnim uslovima, suočiće se sa mnogim izazovima, prvenstveno povezanim sa ograničenim količinama vode za navodnjavanje, kao i upotrebe vode lošeg kvaliteta (zaslanjene-alkalne, otpadne vode). Cilj navodnjavanja je poboljšanje biljne proizvodnje sa minimalnim negativnim efektima na životnu sredinu. Ovo zahteva sveobuhvatni pristup upravljanjem zemljišta, vode i useva u restriktivnim uslovima sredine kakvi se predviđaju (Wolff, 1996, Clothier et al., 2013, Qadir and Oster, 2004, Sharma and Minhas, 2005). Međutim, u mnogim regionima sveta, poljoprivrednici nisu obavezni ili dovoljno motivisani da razmotre moguće posledice neracionalnog navodnjavanja i izvan navodnjavanog područja.

Howell (2009) navodi da su mnoga istraživanja u oblasti navodnjavanja u proteklih 20-30 godina bila fokusirana na poboljšanje eksploatacionih karakteristika sistema za navodnjavanje

i određivanje vremena zalivanja, u cilju smanjenja štetnog uticaja na životnu sredinu. Iako se ističe značajna uloga proizvodnje u suvom ratarenju, ipak će navodnjavana poljoprivreda biti oslonac obezbeđivanju hrane i prihoda. Pošto veće ekspanzije navodnjavanja u budućnosti neće biti, pred navodnjavanu poljoprivredu se postavlja jedan od osnovnih zadataka, a to su tehnološka poboljšanja postojećih sistema za navodnjavanje (Molden, 2007, Fraiture et al., 2010, Turrall et al., 2010). Imajući u vidu mnoge negativne uticaje navodnjavanja za životnu sredinu Fraiture et al. (2010) predviđaju da će jedan od osnovnih izazova biti upravo pronalaženje načina da se poboljša produktivnost poljoprivredne proizvodnje vodeći računa o zaštiti prirodnih resursa. Glavni izazovi koji se postavljaju pred navodnjavanu poljoprivredu vezani su za smanjenje negativnih efekata na životnu sredinu i troškova proizvodnje. Khana et al. (2006), Pinmentel et al. (2004), Fernández-Cirelli et al. (2009) kao osnovne izazove navode efikasnije korišćenje inputa (vode, đubriva, pesticida i radne snage) i kontrolu zaslanjenosti zemljišta u zavisnosti od njegovih svojstava. Ukoliko se koristi mineralizovana voda za navodnjavanje, neophodan je pravilan izbor načina navodnjavanja i implementacija sistema za navodnjavanje koji efikasnije koriste vodu (navodnjavanje kapanjem, podpovršinsko navodnjavanje). Na ovaj način smanjuju se gubici vode, poboljšava kvalitet drenažnih voda i smanjuje njihov uticaj na reke i ekosistem. Međutim, pre implementacije sistema za navodnjavanje predhodno je neophodna kvantitativna procena pozitivnih i negativnih uticaja navodnjavanog područja na životnu sredinu, posebno u intenzivnoj proizvodnji.

Khana (2006) navodi da je u uslovima nestašice vode, neophodno balansirati korišćenje prirodnih resursa sa jedne strane i zaštite životne sredine sa druge, a ako je u pitanju poljoprivreda balansirati navodnjavanje i vodne resurse, i to putem poboljšane distribucije vode i efikasnosti korišćenja vode na parcelama. Hinrichsen et al. (1998) smatraju da mnogi sistemi za navodnjavanje bespotrebno troše više vode. Samo između 35 i 50% vode korišćene za navodnjavanje dospe do navodnjavanih biljaka. Većina vode se izgubi usled neobloženih kanala, gubitaka u samoj kanalskoj mreži, ili se gubi evaporacijom pre nego što dospe do zemljišta. Iako se deo te vode, izgubljen usled neefikasnog navodnjavanja, vraća izvorištima ili podzemnim vodama odakle se može ponovo koristiti, kvalitet vode je degradiran pesticidima, đubrivima i solima koje se ispiraju kroz zemljište. Neplanski i loše izvedeni sistemi za navodnjavanje uzrokuju smanjenje prinosa na čak polovini navodnjavanog zemljišta. Paradoksalno, ali čak i navodnjavanje dovoljnim količinama vode može uzrokovati pogoršanje svojstava zemljišta usled loše drenaže.

Razlozi za poboljšanje efikasnosti navodnjavanja su brojni. Povećanje efikasnosti može pomoći u sprečavanju zagađenja reka i podzemnih voda (agrohemijske), može da smanji zaboravanje i zaslanjivanje. Međutim, treba imati na umu da je u mnogim područjima, u kojima je evidentan deficit vode, gubitak vode dodate navodnjavanjem veoma mali ili ga čak nema, prvenstveno zbog rasprostranjenosti recikliranja vode i njene ponovne upotrebe (Molden and Fraiture, 2004). Bossio et al. (2010) smatra da se efikasnost iskorišćenja vode može povećati i do 30% i to primenom različitih sistema poljoprivredne proizvodnje (organska, konzervacijska, ekopoljoprivreda), sa ciljem očuvanja i smanjenja negativnih efekata na životnu sredinu. Posmatrano na nivou sistema za navodnjavanje, efikasnije korišćenje vode može se postići smanjenjem gubitaka transporta vode od izvorišta (oblaganje kanalske mreže) do parcele (oblaganje i održavanje kanala na samoj parceli) i smanjenje gubitaka u toku zalivanja (izbor načina navodnjavanja, deficitarno navodnjavanje) (Hsiao et al., 2007).

Efikasnost navodnjavanja useva zavisi od tehnologije navodnjavanja. Najčešći načini navodnjavanja potapanjem i orošavanjem, često imaju velike gubitke vode. Suprotno, lokalni načini, kao što su navodnjavanje kapanjem i mikronavodnjavanje, su favorizovani zbog efikasnijeg iskorišćenja vode. Navodnjavanje kapanjem koristi 30-50% manje vode od površinskih načina navodnjavanja. Pored očuvanja vode, navodnjavanje kapanjem smanjuje problem zaslanjivanja i zaboravanja (Pimentel et al., 2004, Malash et al., 2008, Elmaloglou and Diamantopoulos, 2009), kao i strukture zemljišta usled manjeg uticaja udara kapi vode na površinske agregate (Bhardwaj et al., 2007). Usled ograničenih količina vode sve zastupljenije je i podpovršinsko navodnjavanje kapanjem (Payero et al., 2008). Takođe, u cilju povećanja produktivnosti iskorišćene vode od strane biljaka primenjuju se dopunsko navodnjavanje, deficitarno navodnjavanje, precizno navodnjavanje i metode konzervacije vode i zemljišta (Molden et al., 2010, Nagaz et al., 2012). Tilman (1999) smatra da ukoliko se ne postigne efikasnije navodnjavanje (precizna poljoprivreda) povećanje površina pod navodnjavanjem predstavljao bi dodatni ekološki problem u pojedinim regionima. Osnovni ciljevi preciznog navodnjavanja su poboljšanje prinosa i kvaliteta useva, smanjenje gubitaka vode proceđivanjem i oticanjem po površini, ublažavanje uticaja na degradaciju površinskih ili podzemnih voda (Howell et al., 2009).

Korišćenje vode u poljoprivredi je, posmatrano sa šireg društvenog aspekta, veoma neefikasan proces. Hsiao (2007) ističe da je posebno poljoprivredna proizvodnja u uslovima navodnjavanja pod intenzivnim nadzorom zbog konstantne kompeticije sa drugim sektorima

za vodu, kao i zbog negativnog uticaja na životnu sredinu. Ključna ekološka, ali i socijalna pitanja usmerena su ka razmatranju održivosti agroekosistema. Postoji mnogo aspekata održivosti uključujući i degradaciju zemljišta i ispiranje soli, kao i dovoljne količine vode i kvalitet ponovo korišćene vode od navodnjavanja.

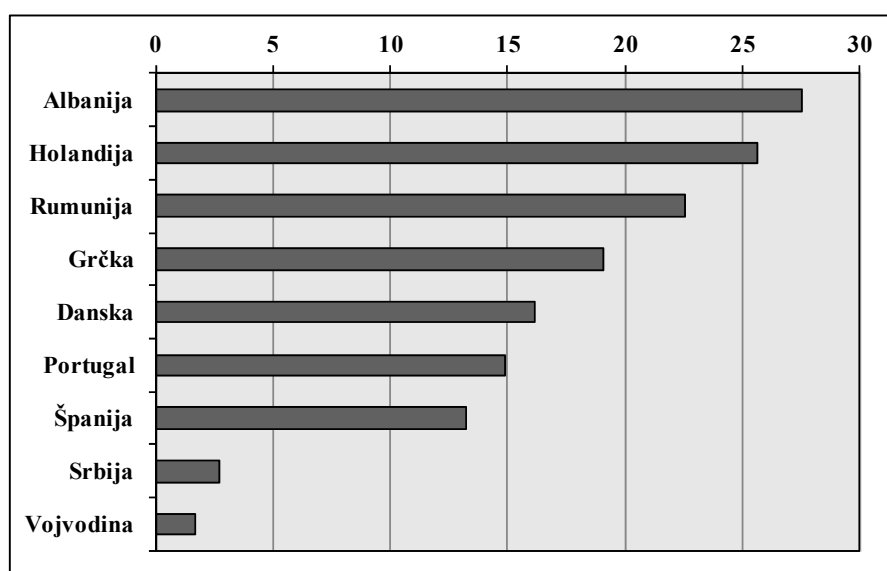
Prema FAO (cit. Marković, 2011) faktori sa najvećim intenzitetom delovanja na prehrambenu sigurnost su zemljište, vodni resursi i biotehnologija. Međutim, unapređenje biotehnologije i stvaranje visokoprinosnih sorti i hibrida samo po sebi nije dovoljno, već je neophodno angažovanje dva ključna faktora – zemljišta i vode. Bossio et al. (2010) smatraju da efikasno navodnjavanje podrazumeva poznavanje neraskidive veze između vode i zemljišta. Poboljšanje u efikasnijem korišćenju vode može se postići jedino zajedno sa poboljšanjem u upravljanju zemljišnim resursima. Oslanjajući se na osnovne zakone fizike koji se odnose na upijanje, zadržavanje i kretanje vode u zemljištu, u stanju smo da realno sagledamo elemente projekta sistema za navodnjavanje, uz potrebnu kontrolu dinamike sadržaja vode u zemljištu i njihovu racionalnu eksploataciju. Međutim, Vučić (1976) navodi da nije dovoljno samo detaljno i savesno proučavanje svojstava zemljišta, već njihovo korišćenje u praksi. Neosporno, svi sistemi i projekti za navodnjavanje obezbeđeni su kompletnim studijama, među njima i one o zemljištu, ali su bez obzira na to i dalje svuda prisutni brojni problemi navodnjavanja (Vučić, 1976).

Uprkos pozitivnim ekonomskim i socijalnim uticajima, negativni efekti navodnjavane poljoprivrede na prirodne resurse, naročito prekomerne eksploatacije, zagađenje i degradacija vode i zemljišta su, prema Özerol et al. (2012) neizbežni. U zavisnosti od mnogobrojnih faktora kao što su kvalitet vode, zemljište, poljoprivredna tehnika, đubrenje i drugi hemijski tretmani, biljna vrsta i klima, navodnjavanje može ozbiljno oštetiti zemljište (Tedeschi and Dell Aquilla, 2005, Bendra et al., 2012). Iako je navodnjavanje često povezivano sa štetnim uticajem na životnu sredinu, ono ipak ostaje presudan input u poljoprivrednoj proizvodnji (Rosengrant et al., 2009). Wichelns and Oster (2006) navode da su izazovi koji se nameću u 21. veku, kako za državne zvaničnike tako i za istraživače, između ostalih i poboljšanje i razvoj tehnologija za povećanje prinosa i metoda za smanjenje uticaja navodnjavane poljoprivrede na životnu sredinu.

Negativne procese koje nestručno navodnjavanje može da uzrokuje uključuje zaslanjivanje, alkalizaciju i zabarivanje (Issaeva and Parfenova, 2004, Novikova, 2008), ispiranje asimilativa i osiromašenje oranice, pogoršanje strukture zemljišta, smanjenje infiltracije i irigacionu eroziju (Vučić, 1976). Među problemima koji prate navodnjavanje,

posebna pažnja se posvećuje zaslanjivanju, alkalizaciji i zabarivanju zemljišta, čiji se uzroci moraju prvenstveno razmatrati, radi sprovođenja mera za njihovo suzbijanje (Vučić, 1976). Issaeva (2004) navodi da su velike zalivne norme korišćene na području sliva Volge, uzrokovale promene u hidrološkom i hemijskom režimu černozema, pri čemu je došlo do podizanja nivoa podzemne vode i procesa zaslanjivanja na trećini navodnjavanih površina, sa direktnim uticajem na smanjenje prinosa za 50%.

Borba protiv zaslanjivanja i zabarivanja zemljišta pri navodnjavanju postavlja se kao osnovni zahtev savremene poljoprivredne proizvodnje u celini (Vučić, 1976). Proces zaslanjivanja ugrožava produkciju navodnjavanih površina, najintenzivnijih poljoprivrednih površina u svetu (Society, 2009). Iako se zaslanjivanje zemljišta može ublažiti pravilnim upravljanjem navodnjavanja (Rhoades et al., 1992), prema nekim autorima ono se ipak ne može izbeći (Maggio et al., 2011).



Izvor: FAOSTAT, IEP(2012) i Statistički godišnjak Srbije (2011)

Graf. 2 Površine opremljene za navodnjavanje (% od ukupnog poljoprivrednog zemljišta)

Region Vojvodine ima relativno povoljne klimatske, zemljišne i hidrološke karakteristike. Značajne površine plodnog obradivog zemljišta i raspoložive količine vode čine da ovo podneblje ima povoljne uslove za intenzivan razvoj i primenu navodnjavanja. Sistemi za navodnjavanje izgrađeni su na oko 100.000 ha, ali navodnjavane površine tek u pojedinim godinama dostižu 30.000 ha, manje od 2% ukupnih obradivih površina (Graf. 2), što čini tek 1/3 već izgrađenih kapaciteta (Savić i sar., 2013).

Prema Belić i sar. (2005) u pojedinim regionima Vojvodine (Severna Bačka i Severni i Srednji Banat), koje karakterišu manje godišnje sume padavina i nepovoljne distribucije, kvalitet vode je znatno lošiji u poređenju sa ostalim delovima pokrajine. U ovakvim uslovima navodnjavanjem bi mogao biti ugrožen kvalitet zemljišta usled sekundarnog zaslanjivanja. Sadržaj minerala u površinskim vodama u Vojvodini odlikuju sezonske varijacije, pri čemu je najviši sadržaj rastvorljivih soli na početku sezone navodnjavanja. Rezultati istraživanja upotrebljivosti voda na sistemima za navodnjavanje ukazuju na povećanu mineralizaciju voda koje se koriste za navodnjavanje što može dovesti do nepoželjnih promena na zemljištu i gajenim biljkama.

3.2. Degradacija zemljišta

Zemljište predstavlja neobnovljiv prirodni resurs, za čije su formiranje i obnavljanje na geološkoj podlozi potrebne hiljade godina, dok period njegove degradacije ili gubitka može biti izuzetno kratak (Várallyay, 2000, Montanarella cit. Nešić i sar., 2011).

Ako se degradacija zemljišta definiše kao proces koji negativno utiče na svojstva zemljišta, onda je glavni uzrok degradacije čovekova aktivnost, prvenstveno poljoprivreda, iako neki sistemi korišćenja zemljišta minimiziraju ili čak sprečavaju njegovu degradaciju (Bossio et al., 2010).

Ako se ima u vidu da je zemljište osnova opstanka živog sveta, kao i da su površine obradivog zemljišta ograničene, kvalitet zemljišta koja se koriste u poljoprivredi danas se nalazi u žiži interesovanja u celom svetu. Hadžić i sar. (2004) navode da kvalitet poljoprivrednih proizvoda u velikoj meri zavisi od zemljišta, stoga očuvanje i zaštita njegovih hemijskih, fizičkih i mikrobioloških svojstava ima i izuzetan ekonomski značaj. Poslednjih godina naučni i stručni radnici, kako u svetu tako i u našoj zemlji, skreću pažnju na čitav niz ograničavajućih faktora koji ugrožavaju postizanje visokih i stabilnih prinosa odgovarajućeg kvaliteta čak i na najboljim zemljištima. Neki od tih faktora posledica su aktivnosti čoveka, kao što su degradacija hemijskih (gubitak hraniva, zakišeljavanje, zaslanjivanje), fizičkih (sabijanje zemljišta, pogoršanje strukture, stvaranje pokorice) i bioloških svojstava zemljišta (Hadžić i sar, 2004).

Tipovi degradacije su mnogobrojni, a prema Zaidelman-u (2009) analiza svakog degradacionog procesa obuhvata najpre utvrđivanje uzroka degradacije zemljišta, zatim promene uzrokovane degradacionim procesom i na kraju preporučene mere za prevenciju i

eliminisanje degradacije zemljišta. Poljoprivredne aktivnosti kao deo upravljanja prirodnim resursima, utiču na zemljište i kvalitet vode. Oldeman et al. (1995) navode dva tipa degradacije zemljišta uzrokovana čovekovom aktivnošću: degradacija odnošenjem zemljišta (erozija vodom i eolska erozija) i degradacija zemljišta *in situ* (unutar samog profila zemljišta), koja uključuje pogoršanje hemijskih i fizičkih procesa u zemljištu. Od hemijskih procesa ističu se gubitak hranljivih materija, zaslanjivanje, alkalizacija, kontaminacija različitim materijama, a od fizičkih sabijanje zemljišta, stvaranje pokorice, zabarivanje, kao i kontaminacija vodnih resursa (Biggelaar et al., 2003, Poch and Martinez Casanovas, 2002). Osim poznavanja tipa degradacije zemljišta, neophodno je odrediti i stepen degradacije zemljišta, od blage, umerene, jake do izuzetno jake degradacije (Oldeman et al., 1995). Ličina i sar. (2011) navode da su jedni od glavnih uzroka degradacije u Srbiji gubitak organske materije zemljišta, acidifikacija i zaslanjivanje, kao i sabijanje poljoprivrednog zemljišta. Pathak et al. (2009) ističu da intenzifikacija proizvodnje, bez adekvatnog ulaganja u održivost sistema, rezultira gubitkom plodnosti zemljišta koje se dalje manifestuje kao smanjenje prinosa.

Degradacija zemljišta smanjuje ne samo produktivnost zemljišta, već može smanjiti i stepen iskorišćenosti vode. Penninget et al. (2008), Bossio et al. (2010) navode da je 40% poljoprivrednog zemljišta u svetu umereno degradirano, pri čemu su prinosi na tim zemljištima značajno redukovani, a 9% jako (nepovratno) degradirano, što ima za posledicu smanjenje prinosa za 13%, što je ekvivalentno smanjenju efikasnosti iskorišćenja vode za 13%. Dobar kvalitet zemljišta je osnova ne samo za povećanu produktivnost, već i za funkcionisanje agroekosistema. Zemljište takođe ima glavnu ulogu u kruženju hranljivih materija i primarnoj produkciji. Ove koristi od agroekosistema ne mogu da se ostvare sa degradiranih zemljišnih resursa. Stoga, Sahrawat et al. (2010) ističu da je održavanje kvaliteta zemljišta od najvećeg značaja, kao i njegova produktivnost i funkcije vezane za životnu sredinu.

Nedovoljna plodnost, visoki stepen devastacije i zagađenja, kao i nedostatak infrastrukture mogu se javiti kao limitirajući činioci za upotrebu određenih zemljišnih površina za poljoprivrednu proizvodnju. Preciznih podataka o veličini zemljišta na svetskom nivou koje je degradirano nema. Podaci o površinama zemljišta koje je degradirano najčešće su zasnovni na proceni eksperata, a ređe na objektivnim merenjima. Ipak, kao najpouzdaniji smatraju se podaci organizacije Global Assessment of Land Degradation (GLASOD) koja sprovodi opsežna istraživanja u ovoj oblasti. Procene koje daje GLASOD su da je 1.964 miliona

hektara zemljišta degradirano. Od toga 910 miliona hektara je zemljište na kome je zbog degradacije fizičkih, hemijskih i bioloških osobina bitno smanjena produktivnost, dok je 305 miliona hektara bespovratno devastirano i ne može se više koristiti u poljoprivredi. Erozija vodom takođe predstavlja globalni problem, s obzirom da pogađa skoro 1.100 miliona hektara, dok erozija vetrom utiče na smanjenje proizvodnih sposobnosti oko 600 miliona hektara obradivog zemljišta (Marković, 2011).

Wild (2003) navodi tri glavna tipa zaslanjivanja zemljišta: zaslanjivanje uzrokovano zaslanjenom podzemnom vodom, zaslanjenim dubljim slojevima zemljišta i zaslanjivanje uzrokovano navodnjavanjem.

Zaslanjena zemljišta su prisutna u preko 100 zemalja, pri čemu je u mnogim područjima prisutno i zaslanjivanje pod uticajem navodnjavanja (Wild, 2003). Oko jedne trećine navodnjavanih površina u svetu ima smanjenu produktivnost kao posledicu lošeg upravljanja navodnjavanjem koje je uzrokovalo zaborivanje i zaslanjivanje (FAO, 2002). Prema procenama FAO oko 20% navodnjavanih površina je pod uticajem povećanog zaslanjivanja, 12% pod uticajem zaborivanja (Rozema and Flowers, 2008, Özerol, 2012). Loša praksa navodnjavanja praćena lošom drenažom često je imala za posledicu štetni uticaj na zemljište i to prevlađivanje i nagomilavanje soli. Procenjuje se da je na globalnom nivou 34 miliona hektara navodnjavanog zemljišta ozbiljno degradirano usled zaslanjivanja. Dodatnih 60-80 miliona hektara u nekoj meri su pod uticajem zaborivanja i zaslanjivanja. Mnoga degradirana područja će biti van upotrebe ako se ne uvedu adekvatne korektivne mere (FAO, 1996, 2011). Tanji (2002) navodi da zaslanjivanje zahvata oko 20-30 miliona hektara od ukupno 260 miliona ha svetskih površina pod navodnjavanjem. Procenjuje se da se godišnje zaslanjivanjem degradira 10 miliona hektara poljoprivrednog zemljišta u svetu (Pimental, 2004). Emadodin et al. (2012) navode da degradacija zemljišta, usled različitog stepena zaslanjivanja, na području Irana, obuhvata oko 4,7 miliona hektara navodnjavanog obradivog zemljišta, pri čemu je najveći udeo (32%) jako zaslanjeno zemljište (16-32 dS/m), koji je jedan od glavnih faktora koji utiče na poljoprivrednu proizvodnju.

Povećanje površina zaslanjenih zemljišta je uglavnom zbog navodnjavanja slanom vodom i nepoštovanje principa odvodnjavanja zemljišta (Pisinaras et al., 2010). Özerol (2012) ističe da su prekomerna upotreba vode i neodgovarajuće navodnjavanje jedni od glavnih uzroka negativnog dejstva na vodu i zemljišne resurse. Fernandez-Cirelli et al. (2009) navode da nepravilno navodnjavanje, posebno otpadnim vodama, uzrokuje zaslanjivanje, zaborivanje, eroziju i dalje zagađenje voda za poljoprivrednu upotrebu.

Zaslanjivanje zemljišta navodnjavanjem zavisi prvenstveno od kvaliteta i koncentracije soli u vodi za navodnjavanje, kao i od svojstava zemljišta, posebno ako je u pitanju navodnjavanje otpadnim vodama. Takođe, količina i raspored padavina imaju značajnu ulogu u prirodnom ispiranju soli iz zemljišta (Postiglione, 2002). U suvom ratarenju zaslanjivanje ne predstavlja problem, ukoliko ima dovoljno padavina za prirodno ispiranje soli i ukoliko zaslanjena podzemna voda ili voda za navodnjavanje ne ugrožavaju sloj aktivne rizosfere zemljišta. Zaslanjivanje predstavlja jedan od glavnih problema vezan za navodnjavanje. Postoji rudimentarna zavisnost između navodnjavanja i saliniteta. Voda poreklom od navodnjavanja uvek sadrži izvesnu količinu soli u sebi, poreklom iz zemljišta ili stena sa kojima je u kontaktu. Kada se biljkama voda dodaje navodnjavanjem i vraća u atmosferu kroz transpiraciju i evaporaciju, rastvorene soli se koncentrišu u zemljištu, gde inhibiraju rast biljaka. Pošto biljke koriste samo vodu, ali ne i soli, koncentracija soli u preostalom zemljišnom rastvoru se povećava. U cilju sprečavanja zaslanjivanja zemljišta, mora postojati drenaža pri čemu se procedena voda vraća na ponovno korišćenje ili se proceduje do podzemnih voda. Nagomilane količine soli se mogu isprati svežom vodom, ali uz značajne troškove (Schilfgaarde, 1994, Bouwer, 2002).

Degradacija zemljišta usled zaslanjivanja i alkalizacije zavisi od unutrašnjih faktora kao što su tekstura, mineraloški sastav, pH, sadržaj i sastav organske materije (Pilatti et al., 2006). Ali, u kojoj meri će soli uzrokovati destabilizaciju takođe zavisi i od spoljašnjih faktora, kao što su stepen kvašenja agregata, predhodna vlažnost zemljišta, jačina udara kišnih kapi i hemijski sastav vode za navodnjavanje. Destrukcija zemljišnih agregata rasplinjavanjem u vodi je glavni uzrok smanjenja infiltracije vode.

Zaslanjivanje zemljišta se uglavnom javlja kao posledica nepravilnog upravljanja navodnjavanjem i može uzrokovati permanentan gubitak plodnosti zemljišta. Roux et al. (2007) smatraju da degradacija navodnjavanog zemljišta može biti rezultat jednog ili kombinacija više faktora kao što su loš kvalitet vode, ograničeno ispiranje soli i drenaža, tekstura zemljišta. Lekakis et al. (2011) takođe kao faktore koji utiču na salinitet zemljišta aktivne rizosfere u uslovima navodnjavanja kapañem, navode količinu i zaslanjenost vode za navodnjavanje, kao i vodno fizička svojstva zemljišta, dubinu i zaslanjenost podzemne vode.

Korišćenje vode za navodnjavanje lošeg kvaliteta, u odsustvu pravilnog upravljanja zemljištem-vodom-biljkama, može dovesti do degradacije zemljišta i životne sredine (Sharma and Mihnas, 2005). Waker and Lin (2008) navode da način i učestalost navodnjavanja, kao i sastav otpadnih voda koje se koriste za navodnjavanje, način korišćenja i tip zemljišta,

klimatski uslovi mogu imati značajan uticaj na to kako će zemljište reagovati na veće količine vode dodate navodnjavanjem. Pollice et al. (2004) su utvrdili da navodnjavanje kapanjem otpadnim vodama za dvogodišnji period nije uticalo na promene u hemijskim svojstvima zemljišta, dok su Wang et al. (2003) ustanovili da je navodnjavanje otpadnim vodama jedino izazvalo promene na vrednostima ukupne poroznosti i sadržaju magnezijuma.

Aridni i semiaridni rejoni su više izloženi opasnosti od zaslanjivanja usled visoke evapotranspiracije, navodnjavanja i smanjene količine padavina, koji najviše doprinose nakupljanju soli u površinskim slojevima aktivne rizosfere. Međutim, Van-Camp et al. (2004) ističu da se zaslanjivanje ne odnosi samo na ekstremne uslove sredine. Mnoga područja Evrope izložena su ozbiljnoj degradaciji zemljišta, uglavnom zbog antropogenog faktora, koji za posledicu ima zaslanjivanje vodom lošeg kvaliteta i napuštena degradirana poljoprivredna zemljišta. U Evropi, u 26 zemalja su evidentirani problemi zaslanjivanja, posebno u Mediteranskoj regiji (Maggio et al., 2011). U zemljama EU i zemljama kandidatima zaslanjivanje predstavlja problem na 1-3 miliona ha (Tilman et al., 2002).

Minashina (2009) navodi da je višegodišnje navodnjavanje uzrokovalo pogoršanje produktivnosti černozema u stepskoj zoni Rusije, usled nepodesnih projekata sistema za navodnjavanje sa jedne strane i usled niske tolerancije černozema ka povećanoj vlažnosti zbog navodnjavanja, sa druge strane. Ovo je dovelo do promena u fizičkim, hemijskim i biološkim svojstvima. Generalno, pogoršanje svojstava navodnjavanog černozema odnosilo se na nedovoljno iskustva u upravljanju navodnjavanjem, nestručni kadar, neodgovarajući zalivni režim, i prevelike zalivne norme. U nekim slučajevima loš kvalitet vode uzrokovao je pojavu zaslanjivanja i alkalizacije. Kako bi popravili situaciju, autori smatraju da je neophodna obuka osoblja, a navodnjavanje bi trebalo da je dopunskog karaktera umesto kontinuiranog. Lozovitsii (2012) navodi da su veliki gubici vode na samom sistemu za navodnjavanje na području Ukrajine (do 44 %) i neracionalne zalivne norme i norme navodnjavanja (1000-1500 m³/ha i 5000-8000 m³/ha) izazvale podizanje nivoa podzemne vode (čak do 1-1,5 m godišnje) i zabarivanje zemljišta oko kanalske mreže, kao i povećan rizik od poplava u nekim naseljima. Pereira et al. (2002) ističu da sposobnost farmera igra značajnu ulogu u adekvatnom upravljanju proizvodnjom, ali je prevashodno neophodno identifikovati i ukloniti ograničenja u samoj proizvodnji.

Prikhodko (2008) smatra da navodnjavanje utiče na intenziviranje procesa u zemljištu, kao što je migracija humusa, stvaranje čestica praha i destrukcija minerala. Međutim, i procesi kao što su humifikacija-mineralizacija humusa, zbijenost-rastresitost zemljišta, agregacija-

disperzija su takođe naglašeni u navodnjavanju, i ako su ovi procesi u ravnoteži, neće doći do promena u svojstvima zemljišta. Na navodnjavanom zemljištu, u toku prve godine, može doći do promena u sadržaju i sastavu adsorbovanih katjona, hraniva, dok je za neke procese neophodno nekoliko decenija (sadržaj i sastav humusa i vodorastvorljivih soli, sadržaj karbonata i gipsa), a za neke i nekoliko stotina godina (promene u sadržaju gline, promene u unutrašnjoj morfologiji profila).

Proizvodnja povrća, posebno u zaštićenom prostoru, spada u najintenzivnije u biljnoj proizvodnji. Međutim, Ilin i sar. (2009) navode da u uslovima intenzivne proizvodnje u zaštićenom prostoru, dolazi do opadanja plodnosti zemljišta (zaslanjivanja, sabijanja i zabarivanja), koje se javljaju nakon intenzivnog navodnjavanja i đubrenja organskim i mineralnim đubrivima. Usled primene velikih količina organskih i mineralnih đubriva, vode za navodnjavanje, sredstva za zaštitu bilja, često dolazi do veoma štetnih procesa degradacije zemljišta. Visoka temperatura i optimalna vlažnost, ubrzani hemijski procesi i veća biološka aktivnost u zemljištu, imaju za posledicu mineralizaciju organske materije, što se nepovoljno odražava na fizička svojstva zemljišta, a samim tim i na smanjenje prinosa. Stoga, isti autori smatraju da je u intenzivnoj proizvodnji neophodno posebnu pažnju posvetiti monitoringu i merama koje će otkloniti potencijalnu opasnost od procesa degradacije zemljišta u objektima zaštićenog prostora.

Poboljšanjem prakse navodnjavanja, drenažom, ispiranjem prekomernih količina soli moguće je limitirati ili kontrolisati rizik od zaslanjivanja i alkalizacije. FAO (1996) navodi neke od mera za poboljšanje kvaliteta zemljišta, gde se ističe poboljšanje prakse navodnjavanja (prilagoditi količinu vode dodate navodnjavanjem potrebama biljaka, redukcija gubitaka vode iz kanalske mreže), drenaža i uklanjanje drenirane vode sa navodnjavanog zemljišta (koja je neophodna kako za kontrolisanje nivoa vode tako i za uklanjanje suvišne vode i soli), ispiranje soli koje se akumuliraju u slojevima zemljišta unete vodom za navodnjavanje (permanentna ili ponovljena ispiranja, bilo da je u pitanju površinsko navodnjavanje ili kišenjem). FAO takođe navodi da je uobičajena praksa da se dodaju hemijska sredstva, kao što su gips, da bi se smanjila pH zemljišta, čime bi se poboljšala struktura zaslanjenih zemljišta. Takođe, obogaćenje zemljišta organskom materijom poboljšava njegovu strukturu i opšte fizičko stanje (Vučić, 1987).

Za odgovarajuće korišćenje zemljišta i vode na navodnjavanom području, neophodna je evaluacija svojstava zemljišta, vode, klime, drenažnih uslova i načina navodnjavanja, i to pre implementacije sistema za navodnjavanje (Al-Ghobari, 2011, Seid and Tessema, 2013).

Neophodna su detaljna ispitivanja svojstava zemljišta kao i vode, kako bi se utvrdila opasnost od alkalizacije i nivo makro i mikro nutrijenata na svakoj navodnjavanoj lokaciji, u cilju pravilnog sagledavanja opasnosti, kao i mera za smanjenje zaslanjivanja. Tessema (2011) ističe da lekcije iz prošlosti pokazuju da razvoj racionalnog navodnjavanja zavisi od niza povezanih faktora, koji uključuju zemljište, vodu, biljke i delovanje čoveka. Zanimarivanje bilo kojeg od ovih faktora može dovesti do ozbiljnih poteškoća navodnjavanoj poljoprivredi.

Proučavanje problema zaslanjivanja je uglavnom sa aspekta degradacije zemljišta ili vode i njihov uticaj na useve, a u novije vreme i u fokusu je i off-site oštećenja koja utiču na krajnje korisnike vode. Schilfgaarde (1994) ističe da se povećanjem efikasnosti navodnjavanja, zapravo smanjuje priliv vode u zemljište i podzemne vode i dalje do površinskih voda, a samim tim i količine soli. Navodnjavanje zaslanjenom vodom zahteva obimnu analizu čak i izvan oblasti koja se navodnjavana. Beltran (1999) smatra da bi problem zaslanjivanja zemljišta trebalo razmatrati šire, posmatrajući ne samo režim navodnjavanja, već i uticaj na podzemne i površinske vode. Degradacija zemljišnih i vodnih resursa, posebno u razvijenim zemljama jasno ukazuje da su ovi prirodni resursi ograničeni i da njihovo loše upravljanje može imati negativan uticaj na kvalitet životne sredine, uključujući i kvalitet površinskih i podzemnih voda (Lai, 2007). Velika pažnja je posvećena razvoju načina za upravljanje prirodnim resursima koji čuvaju zemljište, održavaju produktivnost i kvalitet životne sredine.

Evidentirane pojave u svetu pa i kod nas, su posledica nestručne primene vode u toku dužeg vremena. Miljković (2005) navodi da navodnjavanje utiče, van svake sumnje, pozitivno na sveukupna svojstva zemljišta, jer ga umerena vlažnost održava u tehnološkoj zrelosti, te se operacije mehaničke obrade zemljišta izvode optimalno, što doprinosi stvaranju i održavanju mikro i makro strukturnih agregata (naročito u srednje teškim i teškim zemljištima).

Nije neophodno da agronomska praksa uvek ima negativan uticaj na kvalitet zemljišta i produktivnost. Moguće je pravilnim upravljanjem kvaliteta zemljišta, vode i hranljivih materija poboljšati ili održati kvalitet zemljišta i istovremeno održati produktivnost (Sahrawat et al., 2010). U navodnjavanju je neophodno usklađivanje velikog broja faktora kako bi se izbegle štetne posledice po zemljište. Specifičnost proizvodnje u uslovima navodnjavanja zahteva i odgovarajući kompleks tehnološkog procesa, koji se razlikuje od mera koje se primenjuju pri gajenju useva u uslovima prirodnog vodnog režima (Kresović i Tolimir, 2009).

3.2.1. Uticaj navodnjavanja na vodno fizička svojstva zemljišta

Potencijalni rizik koji se povezuje sa navodnjavanjem je degradacija fizičkih svojstava zemljišta, prvenstveno narušavanje strukture i stabilnosti strukturnih agregata, smanjenje vodosprovodljivosti, sabijanje zemljišta i smanjenje aeracije, stvaranje pokorice, oticanje vode po površini i erozija zemljišta (Bhardwaj et al., 2007).

Usled sabijanja zemljišta dolazi do kvarenja strukture zemljišta, koja predodređuje ukupnu i diferencijalnu poroznost, a s tim u vezi i vodni, vazdušni, toplotni, biološki i hranidbeni režim zemljišta. Pogoršanje ovih režima zemljišta nepovoljno se odražava na postizanje visokih i stabilnih prinosa odgovarajućeg kvaliteta (Nikolić i sar., 2003).

Vučić (1987) ističe da se pogoršanje vazdušnog režima zemljišta i njegovog celokupnog fizičkog stanja naročito manifestuje na površinama gde se duže vreme gaje povrtarske biljke bez odgovarajućeg plodoređa i bez upotrebe stajnjaka. Usled intenzivnog navodnjavanja useva otvorenog tipa, zastupljenosti dva i tri useva godišnje, velikog „saobraćaja“ ljudi i mehanizacije na navlaženom zemljištu, obavezno doprinosi slabljenju fizičkih svojstava zemljišta. Autor smatra da usko specijalizovana povrtarska proizvodnja, bez kombinacije sa ratarskim i krmnim biljkama ne može dugo da opstane uspešno na navodnjavanim površinama. Bez primene stajnjaka i odgovarajućeg plodoređa, negativne posledice na zemljištu su neminovne. Međutim, racionalnim navodnjavanjem ne bi trebalo očekivati značajnije pogoršanje svojstava zemljišta, naročito u uslovima gde je navodnjavanje dopunskog karaktera. Prema Burcea (2013) pravilna primena navodnjavanja vodom dobrog kvaliteta, može imati indirektan pozitivan uticaj na fizička svojstva zemljišta, i to stimulišući prirodne procese vlaženja i sušenja.

Međutim, promene u vodnom režimu zemljišta teško je posmatrati odvojeno od promena fizičkih i hemijskih svojstava. Putevi direktnog pogoršanja odnose se na sve promene u zemljištu koje uslovljavaju slabije upijanje padavina, smanjenje brzine kretanja vode kroz zemljište, čime se usporava oslobađanje od suvišne vode, zatim promene koje utiču na pogoršanje aeracije, na diferencijalnu poroznost (povećanje sadržaja finih pora), što povlači za sobom i promene u kategorijama vode i njenoj pristupačnosti za biljke. Tu su i promene u pogledu zbijenosti zemljišta, čime se istovremeno pogoršava i njegov vodni režim i stvaraju fizičke smetnje razvoju korenovog sistema, kao i promene izazvane zaslanjivanjem i alkalizacijom zemljišta (Vučić, 1987).

Voda se smatra glavnim činiocem narušavanja zemljišne strukture. Stojićević (1996) navodi da pod uticajem vode zemljišni strukturni agregati bubre, pri čemu se raspadaju na sitnije agregate ili elementarne čestice. Osim toga, voda vrši dispergovanje zemljišnih čestica pa to prouzrokuje raspadanje zemljišnih strukturnih agregata u površinskom sloju, posle čega se, kad se zemljište osuši, po površini obrazuje pokorica, koja ograničava difuziju vazduha u zemljištu i smanjuje mogućnost infiltracije vode. Vučić (1987) ističe da neracionalno i nestručno navodnjavanje, što se ne odnosi samo na dodavanje vode nego i njeno korišćenje, takođe može da bude uzrok pogoršanja strukture zemljišta i izazove irigacionu eroziju.

Površinski sloj obradivog zemljišta izložen je destruktivnom dejstvu energije udara kapi vode. Pri većem intenzitetu kiše, javlja se brza saturacija površinskog sloja zemljišta, priliv vode nadmašuje mogućnost infiltracije i brzinu vodosprovodljivosti zemljišta, tako da se na zemljištu stvara, između agregata i čestica, najpre vodena opna, a zatim i slobodna voda u vidu barica, lokvi i vodoleža. Na navlaženom zemljištu, usled snažnog dejstva kapi vode, dolazi do premeštanja čestica, čak i po više desetina centimetara. Po prestanku padavina i sušenju stvara se deblja pokorica, jer su agregati razoreni, rasplinuti. Kada je zemljište pokriveno vegetacijom, zaštićeno je od direktnog udara kišnih kapi, jer kiša ne pada na zemljište već se energija amortizuje na biljkama i voda delimično zadržava na lišću i stablu biljaka, a delimično blago sliva na zemljište ne uzrokujući razaranje strukturnih agregata. I rasplinjavanje agregata u vodi je u ovom slučaju znatno slabije, minimalno je premeštanje mikroagregata i čestica, čak i pri obilnom pljuskju. Isparavanje sa zemljišta je sporije, pa i ako se stvori pokorica ona je slabija i tanja, jer je sastavljena od znatnog dela nerazorenih makroagregata. Vučić (1978) ističe da ovo treba imati u vidu kod razmatranja plodoreda, jer se plodored ne može ocenjivati samo sa gledišta redosleda useva i pogodnosti preduseva, već znatno kompleksnije i sa elementima čiji se značaj ne može kvantitativno iskazati, niti sagledati u kraćem vremenskom intervalu. Jedan od tih elemenata je svakako i izloženost golog zemljišta negativnom dejstvu kiša pljuskovitog karaktera.

Ispitujući uticaj navodnjavanja karbonatni černozem u istočnoj Rumuniji, gde navodnjavanje ima dopunski karakter, Stătescu i Cotiușcă (2008) navode da je došlo do pogošanja ispitivanih fizičkih svojstava zemljišta. Autori zaključuju da nepravilno navodnjavanje, korišćenje vode lošeg kvaliteta, može uzrokovati nepoželjne procese u zemljištu, od kojih su najzastupljeniji zaslanjivanje, alkalizacija, acidifikacija, smanjenje plodnosti, prevlaživanje i ističu da je neophodan monitoring kvaliteta zemljišta u cilju prevencije degradacije.

Navodnjavani černozez je odlična osnova za maksimalno korišćenje genetičkog potencijala rodnošći useva, ali ima veću mehaničku nestabilnost i osetljivost na gaženje u odnosu na nenavodnjavani. U navodnjavanju zbog dejstva mehanizacije i vode zemljište je podložnije deformaciji sabijanjem, te od izbora sistema obrade umnogome zavisi da li će degradacijski procesi u zemljištu imati privremeni ili trajni karakter (Gajić, 1991). Vučić (1987) ističe da su rokovi u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji sve kraći, zemljište se obrađuje i suviše vlažno čime se povećava negativan efekat i dejstvo oruđa na zemljište. Suviše vlažno zemljište se pri obradi razmazuje, lepi i sabija, gubi se prirodni stuktorni sklop, a pri sušenju se stvaraju veće grudve čije razbijanje i usitnjavanje zahteva dopunsku primenu oruđa. Neizbežna posledica mehaničkog stvaranja rastresitog sloja, ističe Vučić (1987) je delimično rasprašivanje strukturalnih agregata.

Višegodišnje navodnjavanje je na černozezu, glinovite ilovače po teksturi, prema Ungureanu et al. (cit Burcea et al., 2013) doprinelo redistribuciji frakcija čestica u zemljišnom profilu i smanjenju stabilnosti strukturalnih agregata. Pod uticajem mikro navodnjavanja dolazi do promena u granulometrijskom sastavu černozeza, odnosno do povećanja sadržaja čestica gline (Dumitru et al. cit Burcea et al., 2013). Emerson cit. Huisz et al. (2009) takođe smatra da često navodnjavanje površinskih slojeva zemljišta povećanim intenzitetom kišenja, može prouzrokovati razaranje zemljišnih agregata, njihovu dekompoziciju na manje čestice, prvenstveno u površinskom sloju zemljišta. Suprotno, Attou et al. cit. Huisz et al. (2009) smatraju da navodnjavanje podstiče kvašenje i razaranje velikih, manje stabilnih agregata, na manje čestice gline, koje prave glinene mostove i opne na spoljšnjoj strani preostalih agregata i na taj način povećavaju stabilnost strukturalnih agregata.

Jače izražen uticaj navodnjavanje ima na strukturu zemljišta, odnosno agregaciju, pri čemu dolazi do smanjenja agronomski značajne frakcije (Korolev, 2008). Umerena degradacija černozeza utvrđena je prvenstveno kod obradivog površinskog sloja, gde je došlo do narušavanje strukture, zbijenosti, ukupne poroznosti i kapaciteta za vazduh. Suprotno, Roldan et al. (2005), ispitujući uticaj režima navodnjavanja na fizička svojstva zemljišta navode da navodnjavanje nije uticalo na stabilnost strukture ispitivanog vertisola.

Pokazatelj povećane zbijenosti je i veća zapreminska masa zemljišta i manja ukupna poroznost i udeo makropora u njoj (Kovačević i sar., 2009). Prema Vučiću (1992) povećanje zbijenosti zemljišta smanjuje i količinu pristupačne vode u njemu, pa se navodi da na černozezu povećana zbijenost od $1,1 \text{ g/cm}^3$ na $1,6 \text{ g/cm}^3$ povećava vrednost vlažnosti

venjenja od 11 % na 19 %. Zbijenost od 2 g/cm^3 uzrokuje potpuno odsustvo pristupačne vode za biljke.

Nunes et al. (2007) zaključuju da navodnjavanje u Mediteranskoj regiji izaziva degradaciju zemljišta koja se pogoršava vremenom, a glavni faktori su smanjenje organske materije, povećanje vrednosti električnog konduktiviteta i sadržaja natrijuma, što utiče na fizička svojstva zemljišta, smanjenje vodopropustljivosti, aeracije, poroznosti (Tedeschi and Dell'Aquila, 2005). Walker and Lin (2008) smatraju da je prekomerna upotreba otpadne vode za navodnjavanje uzrok degradacije zemljišta, i to kao rezultat konstantnog uticaja udara kapi na zemljište, kao i sabijanja zemljišta pod dejstvom mehanizacije i transportnih mašina. Kao rezultat smanjuje se poroznost, a povećava površinsko oticanje zbog smanjene filtracije vode u zemljištu. Ovo povećava rizik od erozije vodom, gubitak površinskog sloja zemljišta i hraniva (Zalidis et al., 2002).

Prema istraživanjima Korolev (2007) navodnjavani i nenavodnjavani černozem u centralnoj oblasti Rusije se razlikuju po zbijenosti, poroznosti, a navodnjavanje je uticalo i na promene osnovnih svojstava ispitivanog zemljišta. Navodnjavanje, široko rasprostranjeno u ovom regionu, često uzrokuje nepoželjne promene fizičkih svojstava zemljišta. Pod uticajem višegodišnjeg navodnjavanja dolazi i do promena mehaničkog sastava, posebno gornjih slojeva navodnjavanog černozema, kod kojih se povećava sadržaj finog peska (Khitrov, 2008). Navodnjavanje može imati različit efekat na sadržaj i mineralni sastav frakcije gline. Na području južne Rusije, oblast Rostov, navodnjavanje je uticalo na značajan porast sadržaja frakcije gline u obradivom sloju černozema, usled intenzivne fragmentacije liskuna i hlorita, kao i degradacije stabilnih agregata koji sadrže čestice gline (Topunova et al., 2010). Takođe došlo je i do smanjenja sadržaja ilita i povećanja sadržaja labilnih minerala usled intenzivnog usvajanja kalijuma od stane useva, kao i delimično zbog ispiranja kalijuma navodnjavanjem.

Dubrovik (2012) navodi da navodnjavanje kišenjem uzrokuje promene u strukturi černozema. Mace and Amrhein (2001) smatraju da čak i korišćenje vode sa malim vrednostima SAR (<8%) imaju negativan efekat na strukturu zemljišta, posebno ako je navodnjavanje praćeno kišom.

Gajić (1999) navodi da je pod uticajem višegodišnjeg navodnjavanja karbonatnog černozema i nekarbonatnog humogleja, došlo je do značajnog narušavanja fizičko-mehaničkih svojstava u odnosu na nenavodnjavani, zbog znatnog smanjenja sadržaja kalcijum karbonata i humusa. Utvrđeno je da je obradivi horizont (0-30 cm) navodnjavanog černozema podložniji deformitetu usled obrade u vlažnom stanju, dok površinski sloj obradivog horizonta (0-10 cm)

ima veću tendenciju ka stvaranju pokorice zbog nestabilnosti strukturnih agregata. Navodnjavani černozem ima znatno manju otpornost prema nepovoljnim uslovima, a nepovoljno stanje zemljišta traje duže nego u nenavodnjavanom zemljištu (Gajić, 1999).

3.2.2. Uticaj navodnjavanja na hemijska svojstva zemljišta

Zaslanjivanje zemljišta predstavlja akumulaciju soli do te mere da vodi ka degradaciji zemljišta, njegovih hemijskih i fizičkih svojstava i vegetacije. Jedan od glavnih tipova zaslanjivanja, posmatrajući procese u zemljištu i podzemnoj vodi, je zaslanjivanje povezano sa navodnjavanjem tzv. irrigation associated salinity (Ghassemi et al. cit. Rengasamy, 2006). Zaslanjivanje zemljišta je pojava nagomilavanja štetnih soli u gornjim slojevima zemljišta kao posledica dugogodišnjeg navodnjavanja vodom koja sadrži štetne soli i nije pogodna za navodnjavanje ili iznošenjem soli kapilarnim putem iz donjih slojeva zemljišta i mineralizovane podzemne vode (Vučić, 1976). Intenzitet procesa sekundarnog zaslanjivanja zavisi od inicijalne zaslanjenosti zemljišta i matičnog susprata, sadržaja i sastava soli u podzemnoj vodi, klimatskih uslova koji utiču na ascedentno kretanje vode i kvaliteta vode za navodnjavanje (Prihodko, 2008).

Brady and Weil (2001) i Gawel (2009) ističu tri značajna uticaja zaslanjene vode za navodnjavanje na zemljište i biljke. Prvi je uticaj na disperziju zemljišnih čestica i posledično uništavanje agregacije, drugi je uticaj na smanjeno usvajanje vode od strane biljaka usled redukovano osmotskog potencijala, a treći uticaj se ostvaruje preko jonskog balansa zemljišnog rastvora koji je narušen i utiče na smanjeno usvajanje hraniva.

Izvor rastvorljivih soli u zemljištu može biti i od vode koja se koristi za navodnjavanje. Navodnjavanje na zaslanjivanje zemljišta može uticati dvojako: neposredno, kada je voda kojom se navodnjava mineralizovana i posredno, ako se voda dodaje nekontrolisano pa proceđivanjem podiže nivo podzemne vode koja je mineralizovana (Dragović, 1993). Istraživanja Dragovića i sar. (1993) ukazuju na izraženu opasnost od zaslanjivanja i alkalizacije zemljišta Vojvodine koja se navodnjavaju mineralizovanim vodom, a koja imaju slabu vodopropustljivost i neodgovarajuću drenažu. Hadžić i sar. (1989) ispitali su problem zaslanjivanja zemljišta u sistemu za navodnjavanje „29. novembar“ u Kikindi na više lokaliteta. Na parcelama gde su visoke koncentracije soli u podzemnim vodama, a nivo vode u vegetacionom periodu je bio iznad kritičnog, navodnjavanje vodom nepovoljnog kvaliteta je uticalo na povećanje koncentracije soli (EC_e) u sloju zemljišta od 0-60 cm, za 0,16 – 0,48

mS/cm. Prema Ilinu i sar. (2009) nakupljanje vodorastvorljivih soli u sloju aktivne rizosfere zemljišta koja se navodnjavaju, može da bude izraženo do tog stepena da prouzrokuje ozbiljna ograničenja u gajenju biljaka. Takođe, ističu da u Vojvodini postoje potencijalni zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje, naročito kada je voda za navodnjavanje mineralizovana iznad dozvoljenog stepena. Podzemne vode prve izdani u Vojvodini su u manjoj ili većoj meri mineralizovane, što je u tesnoj vezi sa hidrologijom, geologijom i geomorfologijom Panonske nizije. Problem zaslanjivanja zemljišta Vojvodine izražen je u letnjim mesecima, posebno u uslovima kada manje količine padavina u zimskim mesecima ne prokvase zemljište do odgovarajuće dubine (1,5-2 m), odnosno kada nema uslova za prirodno ispiranje soli iz zone korenove rizosfere. Pri niskim količinama padavina u vegetacionom periodu i neodgovarajućim zalivnim normama, pri navodnjavanju mineralizovanim vodom koncentracija soli u zemljištu može značajno da se poveća. Na ovaj način nakupljanje soli se intenzivira, tako da je ispiranje soli povećanim zalivnim normama neophodno. Sekundarno zaslanjivanje može da nastane i iznošenjem soli iz dubljih slojeva i podzemnih voda, u odsustvu obilnih padavina ili većih zalivnih normi (Dragović i sar., 1993). Trogodišnja istraživanja Dragovića i sar. (2007) ukazuju da navodnjavanje slanom vodom (C3S1 klasa) uzrokuje inicijalno zaslanjivanje u površinskom sloju zemljišta, što u periodu vegetacije, može predstavljati ograničavajući faktor visokih prinosa biljaka koje su osetljive i na manju koncentraciju soli u zemljištu.

Lozovitsii et al. (2012) navode da je nakon 50 godina navodnjavanja blago zaslanjenom vodom, sa količinom od 145.000 m³/ha vode, u zemljište uneto i 155 t/ha soli. Sadržaj vodorastvorljivih soli, u sloju zemljišta od 0-100 cm dubine, povećao se sa 3,64 t/ha na 42,87 t/ha u periodu od 1957-1998 godine. Roux et al. (2007) navode da je navodnjavanje vodom C2S1 klase, pri pravilno određenom zalivnom režimu, pri čemu je onemogućeno ispiranje soli iz zemljišta, uzrokovalo akumulaciju soli u sloju do 120 cm, na pojedinim lokalitetima i do 20.286 kg/ha. Međutim, Roux et al. (2007) navode da iako je evidentirano prisustvo većeg sadržaja soli u zemljištu nije došlo do značajnije fizičke degradacije zemljišta.

Novikova (2008) je utvrdila pojavu sekundarnog zaslanjivanja, alkalizacije kao i zabarivanja zemljišta na području južne Rusije, oblast Rostov, nakon pedeset godina navodnjavanja. Autor ističe da su negativni procesi predodređeni prirodnim uslovima i antropogenim faktorom.

Na zaslanjenim zemljištima stvaraju se specifični uslovi u sistemu zemljište-voda-biljka, ali uglavnom nepovoljni. Fiziološka suša javlja se kod specifičnih slučajeva kada se manjak

vode javlja u biljkama zbog visokog pritiska rastvora zemljišta. Sa povećanjem sadržaja soli u zemljištu povećavaju se i pritisak zemljišnog rastvora i snaga držanja vode, što se negativno odražava na usvajanje vode od strane biljaka. Ista vlažnost zemljišta različitog stepena zaslanjenosti ima različite vrednosti vodnog potencijala, a istovremeno menja se i pristupačnost vode biljkama. Usvajanje vode od strane biljaka iz zemljišta sa istim sadržajem soli, zavisi i od vrste soli. Stoga je neophodno, kod zaslanjenih zemljišta, zaključke i preporuke donositi i na osnovu zastupljenosti pojedinih soli u zemljištu (Vučić, 1976, 1992).

Sa povećanjem vlažnosti zemljišta smanjuje se koncentracija zemljišnog rastvora i povećava moć vode da rastvara različite materije. Tome značajno doprinosi i u vodi rastvoren CO₂ tako što snižava pH vrednost zemljišnog rastvora. U slabo kiseloj sredini mineralni elementi koji se nalaze u zemljištu postaju bolje rastvorljivi, što utiče na ishranu biljaka. Međutim, ako se pojavi višak vode u zemljištu, onda kalijum, azot i fosfor, iz gornjih slojeva zemljišta, mogu da se ispiraju u dublje slojeve zemljišta, čak i van korenovog sistema. U principu navodnjavanje stimuliše aerobne procese koji mogu biti privremeno usporeni ili zamenjeni anaerobnim kada je zemljište prevlaženo (Maksimović, 2011).

Prema Bernstein (cit. Dragović i sar., 2007) povećanje koncentracije soli u zemljištu uzrokuje opadanje pristupačnosti vode za biljke. Autor ističe da ako je u nezaslanjenom zemljištu, pri poljskom vodnom kapacitetu, 50% vode pristupačna za biljke, kod visoke koncentracije soli, samo jedna desetina vode je pristupačna za biljke, pri istom sadržaju vode. Rengasamy (2006) navodi podatak da je pristupačna količina vode u nezaslanjenom zemljištu 5%, dok je kod istog zemljišta pri sadržaju soli od 0,64dS/m, smanjena količina pristupačne vode i iznosi 14%. Ukoliko se salinitet poveća na 1dS/m, biljke prestaju da usvajaju vodu pri vlažnosti od 18%.

Zaslanjivanje zemljišta je posebno aktuelno u povrtarskoj proizvodnji (plastenici, staklenici), pošto se povećava unos soli preko zalivnih sistema upotrebom vode čiji se kvalitet ne kontroliše (Hadžić i sar., 2004). Rezultati Challa (1987) ukazuju da je došlo do izvesnih promena u hemijskim svojstvima ispitivanog zemljišta usled višegodišnjeg navodnjavanja, prvenstveno površinskih slojeva, koje predstavljaju potencijalni rizik od nastanka zaslanjivanja i alkalizacije.

Soli se u zemljištu akumuliraju na dva načina: ascedentnim tokovima u uslovima plitkog nivoa zaslanjene podzemne vode i descendentnim tokovima ukoliko nije obezbeđeno ispiranje soli. Dragović i sar. (1993) navode da u sistemima za navodnjavanje u Vojvodini zemljišta većinom nemaju povoljnu prirodnu drenažu, jer je teren uglavnom ravan i nema površinskog

oticanja. Cevna drenaža se postavlja na vrlo teškim zemljištima gde su problemi vodopropustljivosti vrlo izraženi. U ovakvim uslovima soli se zadržavaju u zemljištu i ascedentnim tokovima penju se prema površini.

U uslovima semihumidne klime, kiša nakon zalivanja može da dovede i do prevlašivanja aktivne rizosfere, pri čemu se ne može izbeći deo negativnih posledica na zemljište. Vučić (1987) navodi da u ovakvim uslovima može doći do premeštanja hranljivih elemenata u zemljišnom rastvoru u dublje slojeve, jer se višak padavina ne proceduje isključivo kroz nekapilarne pore, već delimično potiskuje i rastvor u kapilarima na osnovu prenošenja hidrostatičkog pritiska. Stoga je izuzetno važno odrediti i primeniti odgovarajuću zalivnu normu, saobrazno dubini aktivne rizosfere i svojstvima zemljišta, jer u protivnom dolazi do ispiranja hraniva i smanjenja prinosa (Vučić 1987).

Maggio et al. (2011) ističu da se često previdi različiti uticaj kratkoročnog, sezonskog u odnosu na dugoročno višegodišnje zaslanjivanje. Sezonsko zaslanjivanje koje se javlja u sezoni navodnjavanja se može kontrolisati odgovarajućim ispiranjima soli iz aktivne rizosfere zemljišta, dok uznapredovalo zaslanjivanje ostavlja trajne posledice na fizičko hemijska svojstva zemljišta.

Smanjenje sadržaja hraniva i organske materije može biti uzrokovano i erozijom zemljišta, koja se prema Bossio et al. (2010) skoro uvek povećava kod poljoprivrednih zemljišta. Usled erozije, narušava se odnos zemljište-voda, smanjuje se moćnost zemljišta, kao i kapacitet za vodu, narušava se struktura zemljišta, kao i poroznost. Vučić (1976) ističe da je irigaciona erozija vrlo ozbiljan problem u aridnim rejonima, gde su zemljišta uglavnom plitka, lakog mehaničkog sastava i sa malim sadržajem humusa. Nekoliko stotina hiljada hektara nepovratno gubi sloj od 2,5 cm svakih tri ili pet godina usled irigacione erozije, a smanjenje prinosa na erodiranom terenu može da iznosi i preko 70% (Shaw cit. Vučić, 1976).

Zamfir et al. (2003) su utvrdili smanjenje sadržaja organske materije i hraniva usled intenzivnog navodnjavanja na zemljištu tipa černozem u Rumuniji. Smanjenje sadržaja organske materije u zemljištu pogoduje raspadanju strukturnih agregata, što uzrokuje stvaranje pokorice, smanjenje poroznosti, smanjenje infiltracije i povećanje površinskog oticanja (Bossio et al., 2010). Ovakve promene mogu uticati na povećanje rizika od erozije vodom.

S druge strane, prema istraživanjima Kalinitchenko et al. (2011) sadržaj humusa na navodnjavanom černozemu, u području južne Rusije, u obradivom sloju zemljišta značajno varira u zavisnosti od režima navodnjavanja, stepena zaslanjivanja i vrste soli u vodi za

navodnjavanje, tipa zaslanjivanja zemljišta i dr. Stvarajući uslove za veći porast nadzemne mase biljaka kao i korena, navodnjavanje može da stimuliše formiranje organske materije. Prema istraživanjima Deneff et al. (2008) i Roldan et al. (2005), navodnjavanje je značajno povećalo sadržaj organske materije u zemljištu, prvenstveno zbog povećane količine žetvenih ostataka. Takođe, Kovaleva and Dergacheva (2001) navode da je sadržaj humusa ostao u suštini stabilan i nakon dvadeset godina navodnjavanja blago slanom vodom. Međutim, isti autori ističu da je navodnjavanje u toku deset godina dovelo do mineralizacije humusa, posebno fulvo kiselina, i povećanje manje rastvorljivih formi, na černozemu. Na zemljištu lakšeg mehaničkog sastava, livada i pašnjaka, u semiaridnoj klimi, navodnjavanje je značajno uticalo na povećanje sadržaja organske materije, kao i azota i fosfora, a bez uticaja na pH vrednosti i sadržaj kalijuma (Zhao et al., 2007).

Vučić (1976) smatra da se pred težinom posledica navodnjavanja potpuno zanemaruje, pa čak i zaboravlja činjenica da ima i takvih površina koje se takođe navodnjavaju vekovima, ali se još uvek nalaze u intenzivnom korišćenju i bez vidnih negativnih promena. Ovde su svakako drugačiji uslovi u pogledu kvaliteta vode, svojstava zemljišta, dreniranosti terena, veličine norme navodnjavanja i broja zalivanja, verovatno i u pogledu agrotehnike, što sve zajedno ne daje osnove niti stvara mogućnosti da se bilo kakve negativne posledice jave u oštroj formi. Štaviše, mogu da se manifestuju i promene na zemljištu u pozitivnom smislu.

3.3. Klasifikacija zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje

Na osnovu vodno fizičkih svojstava zemljišta projektuju se i grade sistemi za navodnjavanje, vrši izbor načina navodnjavanja i opreme za navodnjavanje, a kasnije se elementi eksploatacije sistema za navodnjavanje oslanjaju na hidropedološka svojstva zemljišta (Bošnjak, 1999). Da bi se predupredili neželjeni efekti koje navodnjavanje može da izazove, neophodna je evaluacija zemljišta dobijena na osnovu analize njegovih svojstava, koja pruža informacije o pogodnosti zemljišta za navodnjavanje i opravdanosti ulaganja u sistem za navodnjavanje.

Kada se govori o klasifikaciji površina prema pogodnosti za navodnjavanje, misli se zapravo na ocenu pojedinih tipova zemljišta za proizvodnju u uslovima navodnjavanja i za primenu pojedinih načina navodnjavanja (Vučić, 1976). Determinacija pogodnosti zemljišta za navodnjavanje zahteva detaljnu evaluaciju svojstava zemljišta, topografije i kvaliteta vode za navodnjavanje (Scherer et al., 1991).

Kada je u pitanju procena svojstava zemljišta sa aspekta njihove pogodnosti za navodnjavanje detaljno se analiziraju morfološka, vodno fizička, hemijska i proizvodna svojstva zemljišta i na osnovu određenih kriterijuma klasifikuju u klase prema pogodnosti za primenu navodnjavanja, odnosno proizvodnju u uslovima navodnjavanja (Nešić i sar., 2003, Ilin i sar. 2009). U pristupu diferenciranja tipova, podtipova, varijeteta i formi zemljišta koja se navodnjavaju ili koja će se navodnjavati, naročiti naglasak se stavlja na takozvana irigabilna svojstva, odnosno na one kriterijume, koji određuju interakciju između zemljišta, irigacione i podzemne vode (Nešić, 2011).

U svetu je već dugo vremena u upotrebi procena pogodnosti zemljišta za navodnjavanje data od FAO (1985), gde se procena pogodnosti zemljišta ocenjuje na osnovu kvaliteta zemljišta u odnosu na raspoloživost vode i kiseonika (drenaža), raspoloživosti i zadržavanja (sorpcija) hraniva, kao i zaslanjenosti i alkalnosti. Zemljišta su na osnovu navedenih kriterijuma svrstana u četiri kategorije: visoko pogodna za navodnjavanje, umereno pogodna, ograničeno pogodna i nepogodna.

Fischer et al. (2002) navode da se za ocenu pogodnosti zemljišta za navodnjavanje koriste specifične klasifikacije koje se odnose na reljef (topografiju), teksturu zemljišta, drenažna svojstva, prisutnost skeleta, sadržaj kalcijum karbonata, sadržaj gipsa, salinitet i alkalitet. Autori su utvrdili specifične zemljišne zahteve za navodnjavanje kišenjem, kapanjem i površinskim načinom navodnjavanja, za pojedine biljne vrste. Franzen et al. (1996) navode sledeće važne topografske i pedološke karakteristike za ocenu pogodnosti zemljišta za navodnjavanje: broj i dubina horizonata, mehanički sastav, struktura zemljišta, sadržaj karbonata, natrijuma i organske materije, vodni kapacitet i kapacitet pristupačne vode, nagib, infiltracija, interna drenaža, zaslanjenost i alkalitet. Posebno se ističe kvalitet vode za navodnjavanje u zavisnosti od EC i SAR vrednosti. Prilikom procene pogodnosti zemljišta za navodnjavanje u Severnoj Dakoti isti autori su ispitivana zemljišta grupisali u tri kategorije: 1. neirigabilna – nepovoljna za navodnjavanje, 2. uslovno irigabilna – mogu da se navodnjavaju pod visokim stepenom kontrole u odnosu na kvalitet vode i osobina zemljišta i 3. irigabilna zemljišta – mogu se navodnjavati sa većinom voda, ali se preporučuje visok stepen kontrole da bi se povećala efikasnost i smanjila mogućnost zagađenja hranivima i pesticidima.

Jedan od retkih primera gde je u Vojvodini na osnovu teoretskih kriterijuma i brojnih rezultata konkretnih terenskih i laboratorijskih istraživanja izvršena kategorizacije zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje i sačinjena karta pogodnosti zemljišta za navodnjavanje je pilot projekat Osnove zaštite korišćenja i uređenja poljoprivrednog zemljišta opštine Bački

Petrovac (Hadžić i sar. cit. Nešić, 2011). Prema navedenom projektu na osnovu faktora ograničenja, uspešnosti primene navodnjavanja i rizika degradacije zemljišta u navodnjavanju sva zemljišta su grupisana u 6 klasa. Faktori ograničenja i rizici degradacije zemljišta njegovim gazdovanjem u uslovima navodnjavanja progresivno se povećavaju od prve do šeste klase. Prva klasa predstavlja najpogodnija zemljišta za navodnjavanje, a šesta klasa zemljišta koja je nemoguće koristiti za navodnjavanje bez prethodnog prevođenja u obradiva zemljišta, primenom značajnih agro i hidro melioracionih mera. Kriterijumi ograničenja uspešne primene navodnjavanja prema kojima je izvršena kategorizacija pogodnosti zemljišta za navodnjavanje su sledeći: efektivna dubina zemljišta (solum) – obuhvata humusno akumulativni horizont, prelazni i druge horizonte do matičnog supstrata; dubina zemljišta do drenažne prepreke- koju predstavlja svaki sloj koji smanjuje ili sprečava kretanje vode u profilu i sprečava vodopropustljivost gornjih horizonata, a to su B, (B) i G horizonti; salinitet zemljišta (EC_e , $mS\ cm^{-1}$) – ukoliko se u profilu zemljišta do 125 cm dubine u bilo kojem sloju utvrdi koncentracija soli određuju se klase prema stepenu saliniteta; tekstura zemljišta u humusno akumulativnom horizontu do 30 cm dubine; stabilnost makro strukturnih agregata obuhvata % neraspadnutih makroagregata pri mokrom prosejavanju; reakcija zemljišta (pH vrednost)- obuhvata pH vrednost analiziranu u 1M KCl rastvoru u humusno akumulativnom horizontu; retencioni kapacitet zemljišta do 100 cm dubine; kapacitet pristupačne vode za biljke do 100 cm dubine; kapacitet infiltracije (mm na čas u poslednjem času merenja); nagib terena; opasnost od erozije; dubina zaslanjene podzemne vode u vegetacionom periodu (EC_w iznad $750\ mS\ cm^{-1}$); dubina nezaslanjene podzemne vode u vegetacionom periodu (EC_w ispod $750\ mS\ cm^{-1}$); filtracija (hidraulička provodljivost) u sloju do drenažne prepreke i potrebe primene razrahljivanja zemljišta i drenaže; kvalitet vode za navodnjavanje kojom se navodnjava prema sadržaju ukupnih soli (EC_w); količina vode za navodnjavanje, udaljenost vodozahvata i položaj izvorišta.

Prema navedenim kriterijumima ispitivana zemljišta su svrstana u 6 klasa prema pogodnosti za navodnjavanje, gde prva klasa predstavljaju zemljišta koja se mogu koristiti bez ograničenja u uslovima navodnjavanja, ali sa periodičnom kontrolom kvaliteta vode za navodnjavanje, dok šesta klasa obuhvata zemljišta nepogodna za navodnjavanje.

U pristupu diferenciranja tipova, podtipova, varijeteta i formi zemljišta pogodna za navodnjavanje, Miljković (2005) naglasak stavlja na tzv. irigabilna svojstva odnosno one kriterijume koji određuju interakciju između zemljišta, irigacione i podzemne vode. Kao faktore koji utiču na irigabilnost i vodni režim zemljišta autor navodi dubinu soluma koja

obezbeđuje određeno vodosnabdevanje u korenovoj zoni i kontrolu erozije u uslovima navodnjavanja; zatim uslojenost vertikalnog preseka zemljišta i matičnog supstrata, s obzirom na izotropno i anizotropno kretanje vode; i prisustvo kompaktnog, masivno – bestrukturnog i/ili cementiranog sloja u profilu. U cilju detaljnijeg tretmana podele zemljišta prema irigabilnosti navode se svojstva od direktnog (brzina infiltracije vode, permeabilitet (vodopropustljivost) zemljišta, poljski vodni kapacitet, pristupačna i nepristupačna voda) i indirektnog (mehanički sastav, struktura i stabilnost strukturnih agregata, gustina čvrste faze i volumna gustina, ukupna i diferencijalna poroznost, sadržaj humusa, udeo i raspored kreča u preseku, pH vrednost, prisustvo vodorastvorljivih soli i adsorbovanog natrijuma) uticaja. Podela zemljišta prema irigabilnosti, u kontekstu razmotrenih uticajnih faktora, izvršena je na zemljišta pogodna za navodnjavanje (irigabilna) sa tri klase (sa podklasama) i zemljišta koja su apsolutno nepogodna za navodnjavanje (neirigabilna).

4. RADNA HIPOTEZA

Na osnovu utvrđenog cilja istraživanja, postavljena je radna hipoteza da dugogodišnje navodnjavanje neće uticati na pogoršanje vodno-fizičkih i hemijskih svojstava karbonatnog černozema.

Nekoliko važnih činjenica ide u prilog utvrđene pretpostavke. Černozem na irigacionom području Vojvodine ima povoljan vodno-vazdušni režim autoregulacionog karaktera. Ima veliku infiltracionu moć, a istovremeno zahvaljujući dobroj strukturi ima vrlo povoljnu vodopropustljivost, koja omogućuje da se zemljište brzo oslobađa suvišne vode. Ovo zemljište je u stanju da i posle zalivanja primi eventualne padavine bez ikakve štete po useve, što je od posebnog značaja za navodnjavanje. Pored toga, hidrosistem DTD obezbeđuje efikasno odvodnjavanje na irigacionom području u Vojvodini tako da ne postoji opasnost od zaborivanja. Navodnjavanje u našim uslovima je dopunskog karaktera i ne javlja se kao faktor koji uslovljava gajenje biljaka, te se ne može izjednačiti sa navodnjavanjem u izrazito aridnim uslovima. Na kraju, na lokalitetu gde su istraživanja obavljena (Odeljenje za povrtarstvo Instituta za ratarstvo i povrtarstvo), navodnjavanje je realizovano stručno, racionalnim normama zalivanja obračunatim prema hidropedološkim svojstvima zemljišta uz uvažavanje bioloških osobenosti gajenih biljaka.

5. MATERIJAL I METODE RADA

5.1. Terenska istraživanja

Nakon proučavanja postojeće literature, elaborata, studija, pedološke karte i upoznavanja sa pedogenetskim faktorima, u toku avgusta i septembra 2011. godine, na Oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, u Rimskim šančevima izvršeno je rekognosciranje terena i određeno osam lokaliteta na kojima su otvarani pedološki profili. Četiri profila (P1-P4) otvorena su na zemljištu koje se navodnjava orošavanjem od 1946. godine, a ostala četiri (P5-P8) na zemljištu koje se nikada nije navodnjavalo.

Na otvorenim pedološkim profilima, do 2 m dubine, opisana je spoljašnja i unutrašnja morfologija. Za potrebe laboratorijskih istraživanja, uzeti su uzorci u poremećenom i prirodnom, neporemećenom stanju iz sredine svih utvrđenih genetičkih horizonata, prema uputstvu JDPZ (1997). Uzorci u narušenom stanju uzeti su u tri ponavljanja, osušeni do vazdušno suvog stanja, samleveni i prosejani kroz sito od 2 mm. Uzorci u prirodnom stanju uzeti su u šest ponavljanja cilindrima po Kopeckom. Takođe su uzeti i uzorci u narušenom stanju za analizu strukture zemljišta. Izvorište vode za navodnjavanje su kopani bunari, na dubini od 36 m, odakle je uzet uzorak za analizu kvaliteta vode. Laboratorijske analize uzoraka zemljišta obavljene su na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu, a određivanje sadržaja katjona i anjona iz ekstrakta zemljišta rađene su u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju, Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Na ispitivanom lokalitetu primenjena je savremena tehnologija proizvodnje, a agrotehničke operacije su obavljene u optimalnim rokovima. U cilju očuvanja plodnosti zemljišta, zaoravani su žetveni ostaci i korišćena mineralna đubriva. Na navodnjavanom zemljištu gajene su povrtarske kulture u plodoredu sa ratarskim usevima, a na nenavodnjavanom ratarske kulture.

Kao što je već istaknuto, na području Vojvodine navodnjavanje je dopunskog karaktera. Stoga, norma navodnjavanja varira u zavisnosti od količine padavina u toku vegetacije. Norma navodnjavanja u intenzivnoj proizvodnji povrća uglavnom varira od 100-250 mm, ali u sušnim godinama može da dostigne i 450 – 500 mm (Bošnjak et al., 2005).

5.2. Laboratorijska istraživanja

Prikupljeni uzorci su analizirani standardnim metodama koje su primenjuju za ovu vrstu istraživanja i koje su priznate od strane JDPZ – današnje SDPZ (1966, 1971, 1997), kao i savremenim svetski priznatim metodama.

5.2.1. Fizička i vodno fizička svojstva zemljišta

Ispitivana su sledeća fizička i vodno fizička svojstva zemljišta:

- Mehanički sastav – Kombinovanim postupkom (metodom prosejavanja pomoću sita i metodom taloženja čestica u mirnoj vodi - pipet metoda), priprema uzoraka za analizu sa Na-pirofosfatom po Thun-u, a teksturna klasa po Tommerup-u;
- Strukturna analiza – analiza agregatnog sastava (suvo prosejavanje) i stabilnost strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi (mokro prosejavanje), metod Savinova; strukturna analiza rađena je za oranični, podoranični i prelazni horizont;
- Zapreminska masa – cilindrima po Kopeckom;
- Specifična masa – metod Albert-Bogs-a;
- Ukupna poroznost – računski iz vrednosti zapreminske i specifične mase;
- Koeficijent filtracije (k-Darcy) – uzorcima zemljišta u prirodnom, nenarušenom stanju (uzeti cilindrima po Kopeckom), na uređaju konstrukcije B. Živkovića, postupak sa konstantnim pritiskom;
- Infiltracija – pomoću cilindričnih infiltrometara (Walker, 1986), koeficijent infiltracije je obračunat formulom Kostjakova (1952, cit. Vučić, 1976);
- Poljski vodni kapacitet – određivanje u poljskim uslovima, na parceli od 4 m², a vlažnost uzoraka zemljišta određena je termogravimetrijskom metodom sušenjem uzoraka u sušnici;
- Retencija vode pri 33,77 kN/m² – pomoću Porous Plate Apparatus-a;
- Retencija vode pri 633,28 kN/m² – pomoću Pressure Membrane Apparatus-a;
- Retencija vode pri 1519,87 kN/m² – pomoću Pressure Membrane Apparatus-a;
- Diferencijalna poroznost – računski iz vrednosti retencije vode.

5.2.2. Metode za određivanje hemijskih svojstava zemljišta

Ispitivana su sledeća hemijska svojstva zemljišta:

- pH vrednost – u suspenziji zemljišta sa vodom (aktivna kiselost) i u suspenziji zemljišta sa kalijum hloridom (potencijalna supstituciona kiselost) u odnosu 1:2,5, potenciometrijski;
- Sadržaj CaCO_3 – volumetrijski, pomoću Scheiblerov – og kalcimetra;
- Sadržaj humusa – metoda po Tjurinu;
- Lakopristupačni fosfor – AL metoda;
- Lakopristupačni kalijum – AL metoda;
- Sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli - % u vodom saturisanoj zemljišnoj pasti pomoću konduktometra;
- pH vrednost u vodom saturisanoj zemljišnoj pasti – potenciometrijski;
- pH vrednost saturisanog vodnog ekstrakta zemljišta dobijenog vodenom vakum filtracijom iz saturisane zemljišne paste – potenciometrijski;
- Električna provodljivost saturisanog vodnog ekstrakta zemljišta dobijenog vakum filtracijom iz saturisane zemljišne paste (EC_e 25 °C) – pomoću konduktometra i platinizirane elektrode tipa pipete;
- Ukupan sadržaj katjona u zemljištu – iz ekstrakta 1M rastvora amonijum acetata
- Sadržaj Ca^{2+} i Mg^{2+} - atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom pomoću atomskog apsorpcionog spektrofotometra “Varian 600” ;
- Sadržaj Na^+ i K^+ - atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom pomoću atomskog apsorpcionog spektrofotometra “Varian 600” ;
- Sadržaj CO_3^{2-} - titracijom sa rastvorom sumporne kiseline u prisustvu 1% rastvora fenolftaleina;
- Sadržaj HCO_3^{2-} - titracijom sa rastvorom sumporne kiseline u prisustvu 1% rastvora metiloranža;
- Sadržaj SO_4^{2-} – gravimetrijski, taloženjem sa barijum hloridom;
- Sadržaj Cl^- - titracijom sa rastvorom srebro nitrata u prisustvu 5% rastvora kalijum hromata;
- Suma anjona i suma katjona - računski;
- Sadržaj adsorbovanih katjona – računski, iz razlike ukupnog sadržaja pojedinih katjona (ekstrahovanih sa amonijum acetatom) i sadržaja katjona u vodnom ekstraktu zemljišta;

- Procentualni sadržaj adsorbovanih katjona;
- Koeficijent adsorpcije natrijuma (SAR) - računski

5.2.3. Metode za određivanje hemijskih svojstava vode za navodnjavanje

Ispitivana su sledeća hemijska svojstva vode za navodnjavanje:

- Suvi ostatak – uparavanjem vode na 105°C;
- Električna provodljivost (EC na 25 °C) – pomoću konduktometra;
- Sadržaj CO_3^{2-} - titracijom sa rastvorom sumporne kiseline u prisustvu 1% rastvora fenolftaleina;
- Sadržaj HCO_3^{2-} - titracijom sa rastvorom sumporne kiseline u prisustvu 1% rastvora metiloranža;
- Sadržaj SO_4^{2-} – gravimetrijski, taloženjem sa barijum hloridom;
- Sadržaj Cl^- - titracijom sa rastvorom srebro nitrata u prisustvu 5% rastvora kalijum hromata;
- Sadržaj Ca^{2+} i Mg^{2+} - atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom pomoću atomskog apsorpcionog spektrofotometra “Varian 600” ;
- Sadržaj Na^+ i K^+ - atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom pomoću atomskog apsorpcionog spektrofotometra “Varian 600” ;
- Ocena kvaliteta vode po metodi US Salinity laboratory;
- Ocena kvaliteta vode po Stebler - ovoj klasifikaciji;
- Ocena kvaliteta vode za navodnjavanje po Nejgebauerovoj klasifikaciji;
- Ocena kvaliteta vode za navodnjavanje po modifikovanoj FAO klasifikaciji

5.3. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka obavljena je programom STATISTICA for Windows version 12 (StatSoft, 2012). Podaci su obrađeni metodom analize varijanse, a testiranje razlika između aritmetičkih sredina obavljeno je pomoću Dankanovog testa za nivo značajnosti 5%. Rezultati statističke obrade podataka prikazani su na grafikonima, na kojima vertikalne linije označavaju interval poverenja, a značajnost razlika analiziranih parametara prikazana je slovnim oznakama (mala slova označavaju razlike između dve varijante u okviru istog horizonta, a velika slova razlike između horizonata u okviru jedne varijante). Zavisnost

rezultata istraživanja utvrđena je korelacionom analizom. U cilju realnog sagledavanja uticaja navodnjavanja na vodno fizička i hemijska svojstva ispitivanog zemljišta, korišćena je i numerička multivarijantna (cluster) metoda za simultanu analizu većeg broja podataka.

5.4. Karakteristike proučavanog područja

5.4.1. Geografski položaj i reljef

Vojvodina pripada južnim delovima velike Panonske depresije i zauzima prostor između $44^{\circ} 38'$ i $46^{\circ} 10'$ severne geografske širine i $18^{\circ} 10'$ i $21^{\circ} 15'$ istočne geografske dužine. Vojvodina je izrazito zaravnjena nizija s nadmorskim visinama od 68 do 120 m. Iznad prostrane nizije, blago nagnute ka jugoistoku, izdižu se Fruška gora (538 m) i Vršacke planine (639 m). U hidrografskom pogledu, najznačajnije reke su Dunav, Sava, Tisa i Tamiš. Sve četiri imaju međunarodni karakter. Ove reke su imale i imaju značajan učinak u morfološkom oblikovanju reljefa Vojvodine. Reljef Vojvodine je formiran dejstvom endogenih i egzogenih sila. Posredstvom endogenih sila formirani su morfostrukturni oblici u reljefu, odnosno stvorene su osnovne konture današnjeg reljefa. Morfostrukturni oblici reljefa su, međutim, u velikoj meri egzogeno preoblikovani (Hadžić, 2005).

Ispitivani pedološki profili su raspoređeni tako da pripadaju ujednačenoj geomorfološkoj celini. Svi profili su formirani na Bačkoj lesnoj terasi, koja pokriva najveći deo područja Bačke, a koja je nastala bočnom erozijom koju su izazvali veliki i široki vodotoci. Bačka lesna terasa je nastala tako što su Dunav (u njenom zapadnom i južnom delu) i Tisa (u njenom istočnom delu) proširujući svoje doline erodirali znatne delove lesne zaravni i stvorile šire doline. Ove doline kasnije su zasipane novim subaerskim i fluvijalnim materijalom u kojem su reke tokom aluvijuma ponovo usekle svoja korita i izgradile aluvijalne ravni. Prvobitne dolinske ravni sa lesnim i fluvijalnim materijalom ostale su sa obe strane reka kao lesne terase. Bačka lesna terasa je znatno mirnijeg reljefa, blago zatalasane površine. U visinskom pogledu leži između 65–90 m nadmorske visine (Živković, 1972, Vasin, 2009, Vasin et al., 2002).

5.4.2. Klimatski uslovi

Prema geografskom položaju Vojvodina leži u oblasti umereno kontinentalne klime. S obzirom da je razmak između najsevernije i najjužnije tačke na teritoriji Vojvodine ispod 2° geografske širine, kao i da je orotopografski sklop terena bez veće i šire izlomljenosti, ne javljaju se izrazitije temperaturne razlike između pojedinih lokaliteta i rejona. Kao deo Panonske nizije, opkoljena je planinskim masivima, što ima znatnog uticaja na formiranje osnovnih klimatskih obeležja. Veća otvorenost Vojvodine prema severu i zapadu uslovljava jače uticaje vazдушnih strujanja i vremenskih promena iz ovih pravaca. Ove karakteristike, u osnovi, uz velika godišnja kolebanja temperature vazduha, daju kontinentalnije obeležje klime Vojvodine. Dok se prelazna godišnja doba odlikuju promenljivošću vremenskih stanja, leti se pomeranjem subtropskog pojasa visokog pritiska prema severu, područje Vojvodine nalazi pod uticajem Azorskog anticiklona sa dosta stabilnim vremenskim prilikama i povremenim, kraćim pljuskovitim padavinama lokalnog karaktera. (Katić i sar., 1979).

Vojvodina je poznata po podunavskom tipu režima kiša kojeg obeležava glavni maksimum padavina u junu, sekundarni u oktobru, a najniža vrednost u januaru odnosno februaru. Za razliku od temperature, padavine se odlikuju većom promenljivošću od mesta do mesta i u vremenu (Katić i sar, 1979).

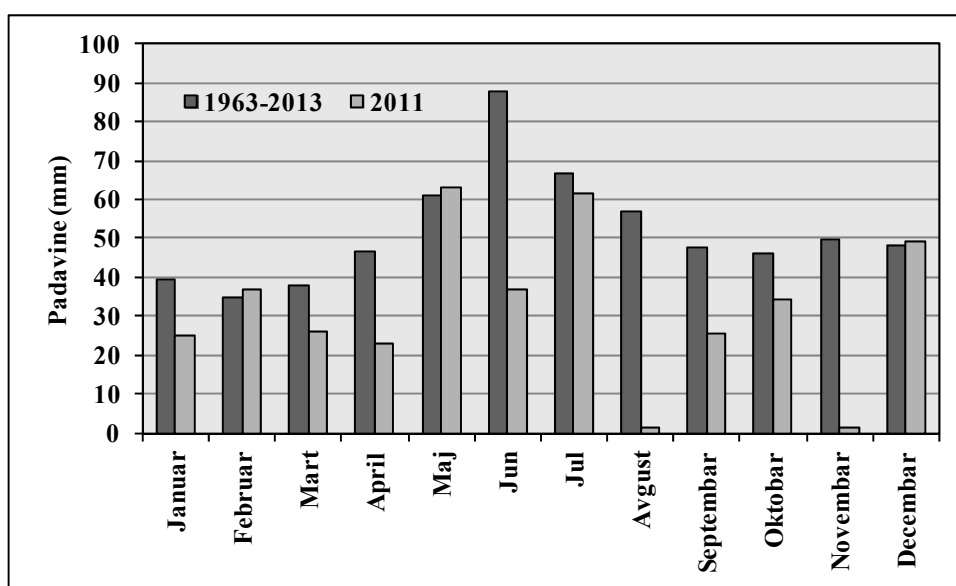
Poslednje decenije XX veka obeležio je rastući interes naučne javnosti za promene klime i posledice koje ova pojava može da prouzrokuje u celom društvu. Klimatske promene, prouzrokovane ljudskim faktorom, već se dešavaju i predstavljaju rizik za društvene i prirodne sisteme. Treba istaći da je veoma teško, ako ne i nemoguće, predvideti kako će se u budućnosti ponašati klima u ovim krajevima. Prema nekim teorijama, jedna od glavnih odlika klime će biti njena promenljivost uz blagi porast temperature vazduha i velika kolebanja količine padavina. Poljoprivredna proizvodnja u uslovima bez navodnjavanja biće izložena još većem riziku, a takođe se procenjuje i povećanje broja ekstremno nepovoljnih godina (Lalić i sar., 2002, 2004, Trnka et al., 2011, IPCC, 2014).

U letnjem periodu, klima u Vojvodini je semiaridna do aridna. Prema istraživanjima Bošnjak i Mačkić (2009), za period od 44 godine, za područje Vojvodine, ustanovljeno je, na osnovu indeksa obezbeđenosti vlagom adaptiranim postupkom Hergeaves-a, da je 76% letnjih meseci sa manjim ili većim deficitom vode, odnosno da je 53% letnjih meseci aridno i semiaridno.

5.4.2.1. Padavine

Prosečna godišnja količina padavina za područje Vojvodine iznosi 602 mm, od toga u vegetacionom periodu 348 mm. Jun je mesec sa najvećom količinom padavina od oko 80 mm, a zavisno od godine, obilne padavine zastupljene su u maju (60 mm), odnosno julu (64 mm). Meseci sa najmanje padavina su mart sa srednjom količinom padavina od 35 mm i oktobar sa 40 mm padavina, mada se manje količine padavina često beleže u januaru i februaru (Mihailović i sar., 2004). Godišnje količine padavina pokazuju velike oscilacije u odnosu na višegodišnji prosek. Ovo dovodi i do oscilacija kišnog faktora Langa u pojedinim godinama, ali se one zadržavaju u intervalu 20 – 60, što podrazumeva uspešno gajenje većine ratarskih i povrtarskih kultura, ali uz upotrebu sistema za navodnjavanje (Lalić i sar., 2002).

Podaci o meteorološkim uslovima, srednja dnevna temperatura i količina padavina, preuzeti su sa sajta Republičkog hidrometeorološkog zavoda, za MS Rimski Šančevi. Srednja godišnja količina padavina za ispitivani lokalitet za višegodišnji period (1963-2013) iznosila je 622 mm, a za hidrološku godinu 625 mm. Jun je mesec sa najvećom količinom padavina, 88mm (Graf. 3). Prosečna količina padavina u letnjem periodu (jun-avgust) iznosi 213 mm. Srednja godišnja količina padavina za 2011. godinu bila je znatno manja od višegodišnjeg proseka i iznosila je 395 mm, a za hidrološku godinu 480 mm. Maksimalna izmerena količina padavina bila je maju (65 mm), izuzetno malo kiše bilo je u junu (35 mm) dok je avgust bio bez padavina. Prosečna količina padavina u letnjem periodu (jun-avgust) iznosila je 98 mm.



Graf. 3 Mesečne sume padavina za period 1963-2013. i 2011. godinu, Rimski šančevi

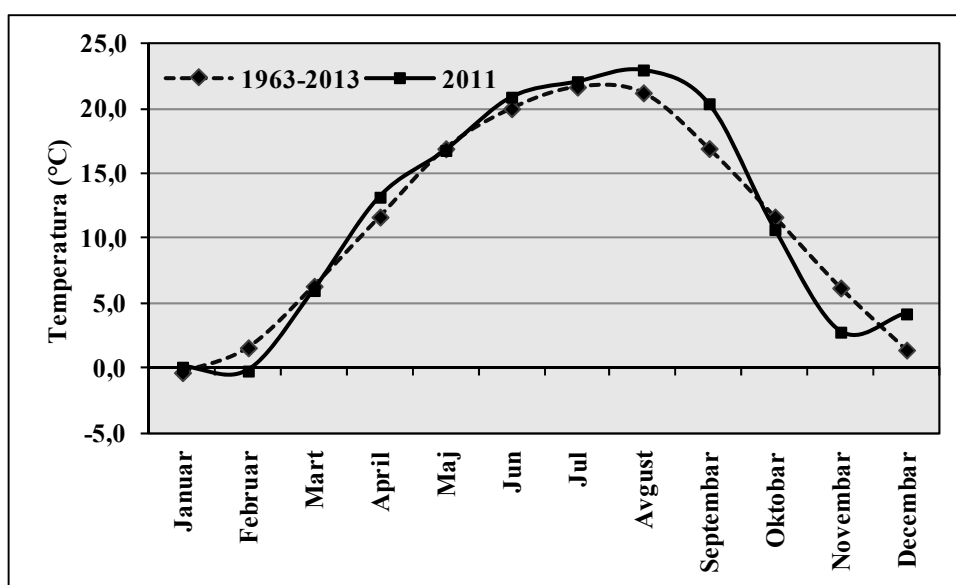
Kada je u pitanju padavinski režim, u poslednjih šezdeset godina može da se uoči smanjenje godišnje količine padavina u Vojvodini. Ovakav trend bi trebalo da se zadrži u narednim decenijama kada se za 2040. očekuje godišnja količina padavina (prosek za ispitivane lokalitete) od 540 mm, a za 2080. od 528 mm. Nažalost, ovo smanjenje količine padavina neće biti ravnomerno, već se očekuje porast broja sušnih dana tokom leta i jeseni, a smanjenje tokom proleća (Lalić i sar., 2011). Bošnjak (1999) ističe da se usled klimatskih promena može očekivati još izrazitiji deficit vode i biljnoj proizvodnji i veće potrebe za navodnjavanjem.

5.4.2.2. Temperatura vazduha

U Vojvodini, tokom vegetacionog perioda (april – septembar), srednja temperatura vazduha je 17,8 °C, dok srednja godišnja temperatura vazduha iznosi 11,0 °C. Najtopliji mesec je jul sa srednjom temperaturom 21,3 °C, a najniža srednja mesečna temperatura se javlja u januaru -0,7 °C. Za planiranje poljoprivredne proizvodnje u nekom regionu veoma je značajno poznavanje broja dana sa ekstremnim temperaturama vazduha. U Vojvodini prosečno godišnje ima 84,8 dana sa mrazom. Mrazni dani tokom godine obuhvataju period od septembra do aprila sa najvećom učestalošću u periodu decembar – februar. U proseku prvi mrazovi se javljaju 18. oktobra, a poslednji mraz 23. aprila. Tokom vegetacionog perioda prosečan broj letnjih dana (temperatura vazduha veća od 25 °C) je 87,6, dok je broj tropskih dana (temperatura vazduha veća od 30 °C) 27,1 (Mihailović i sar., 2004). Prosečna višegodišnja suma bioklimatskih temperatura vazduha većih od 10 °C za područje Vojvodine za vegetacioni period iznosi 3155 °C.

Srednja godišnja temperatura za ispitivani lokalitet za višegodišnji period (1963-2013.) iznosila je 11,3 °C, a za vegetacioni period (april-septembar) bila je 18,1°C. Najtopliji mesec je jul sa prosečnom temperaturom od 21,7 °C (Graf. 4), a najhladniji januar sa -0,3 °C. Prosečna temperatura za letnje mesece (jun-avgust) je 21,0°C. Srednja godišnja temperatura za ispitivani lokalitet za 2011. godinu iznosila je 11,7°C, a za vegetacioni period (april-septembar) nešto viša od višegodišnjeg proseka i iznosila je 19,4°C. Najtopliji mesec je avgust sa prosečnom temperaturom od 23,0 °C, a najhladniji februar sa -0,2 °C. Prosečna temperatura za letnje mesece (jun-avgust) je 22,1 °C, dok je srednja temperatura u septembru bila znatno iznad proseka, 20,4 °C.

Prema ispitivanjima Lalić i sar. (2011), do 2040. može da se očekuje porast srednje godišnje temperature vazduha od 1,1 °C do 1,5 °C, dok u 2080. može da se očekuje porast od 2,3 °C do 2,6 °C u odnosu na referentni period. Takođe se očekuje smanjenje broja mraznih dana, a povećanje broja letnjih i tropskih dana. Bitno obeležje termičkog režima u Vojvodini u narednim decenijama bi trebalo da bude i značajno produženje perioda između poslednjeg prolećnog i prvog jesenjeg mraza, što bi moglo da ima značajan uticaj na rokove setve i dinamiku radova u polju. Kada se radi o dinamici vegetacije, prema svim modelima može da se očekuje značajan porast suma aktivnih temperatura vazduha iznad 10 °C (8-22% u 2040. i 23-42% u 2080.) što će značajno ubrzati vegetaciju svih gajenih biljaka, ali i korova i štetočina (Lalić i sar., 2011).



Graf. 4 Srednje mesečne temperature vazduha za period 1963-2013. i 2011. godinu, Rimski šančevi.

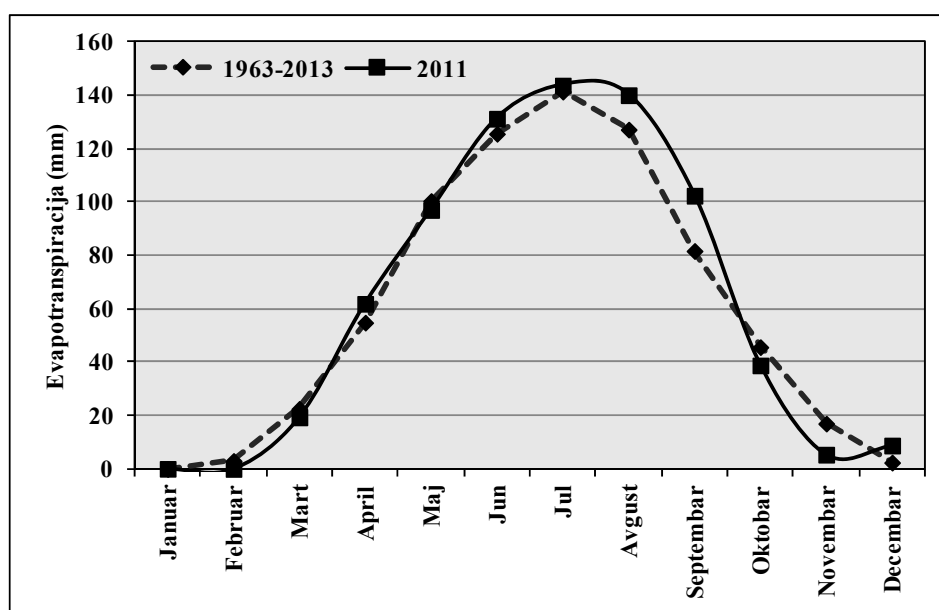
5.4.2.3. Evapotranspiracija i vodni bilans

U prirodnim uslovima biljke mogu da troše onoliko vode koliko imaju na raspolaganju od zimskih rezervi, padavina, i drugih priliva u zavisnosti od uslova sredine. Ove vrednosti utroška vode iskazuju se preko stvarne evapotranspiracije. Ukoliko su biljke optimalno obezbeđene vodom, one je troše u zavisnosti od svojih potreba i energetskih uslova sredine. Ove vrednosti, uključujući i isparavanje sa zemljiša, pokazuju potrebe biljaka za vodom, odnosno potencijalnu evapotranspiraciju (Vučić, 1976).

Procena evapotranspiracije je potrebna u širokom spektru problema u hidrologiji, agronomiji, upravljanju zemljištem, kao i upravljanju vodnim resursima, kao što je izračunavanje vodnog bilansa, upravljanje navodnjavanjem. Kao jedini koji povezuje termin vodni i energetski bilans, kao i zbog složenih interakcija u sistemu zemljište-biljka-atmosfera, evapotranspiracija je možda i najkomplikovanija komponenta hidrološkog ciklusa (Xua and Singh, 2005).

Iako se određivanjem evapotranspiracije u poljskim uslovima dobijaju najrealnije vrednosti, sam postupak je obiman i složen. Stoga su utvrđene brojne metode za indirektno utvrđivanje evapotranspiracije, zasnovane na energetskom bilansu i meteorološkim elementima (Allen et al., 1998). Metode daju realne vrednosti za rejon za koji su utvrđene.

Za umerene klimatske uslove Vojvodine može se koristiti metod Thornthwaite-a, čija je osnova temperatura vazduha sa korekcijom na geografsku širinu, odnosno dužinu obdanice. Prema istraživanjima Bošnjak (1999), Trajković i Kolaković (2009), Pejić i sar. (2011), metoda Thornthwaite-a daje realne vrednosti evapotranspiracije i stoga je prihvatljiva za klimatske uslove Vojvodine.



Graf. 5 Srednje mesečne evapotranspiracije za period 1963-2013. i 2011. godinu, Rimski šančevi.

Prosečne vrednosti evapotranspiracije za ispitivani lokalitet za višegodišnji prosek i 2011. godinu date su na grafikonu 5. Mesečna evapotranspiracija je najveća u letnjim mesecima sa maksimumom u julu (141 mm za višegodišnji period). Vrednosti evapotranspiracije u

vegetacionom periodu (april-septembar) iznose 631 mm, a godišnje vrednosti su 722 mm. U 2011. godini nešto veće vrednosti evapotranspiracije od prosečnih bile su u avgustu (140 mm) i septembru (102 mm), što je uzrokovalo povećane vrednosti za period vegetacije (676 mm). Godišnja evapotranspiracija iznosila je 748 mm.

Tab. 1 Vodni bilans za period 1963-2013. godinu

Elementi	X	XII	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	God. vr.
t (°C)	0,0	1,6	6,3	11,7	16,9	20,0	21,7	21,2	16,9	11,7	6,2	1,4	11,3
i	0,0	0,2	1,4	3,6	6,3	8,2	9,2	8,9	6,3	3,6	1,4	0,1	49,4
(ETP) (mm)	0	4	22	49	78	97	108	105	79	49	22	3	-
ETP (mm)	46	17	2	0	3	23	55	100	126	141	127	82	722
P	46	50	48	39	35	38	47	61	88	67	57	48	622
Δ	0	33	46	21	0	0	-8	-39	-38	-15	0	0	-
r (mm)	0	33	79	100	100	100	92	53	15	0	0	0	-
ETR (mm)	46	17	2	0	3	23	55	100	126	82	57	48	559
m (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	70	34	163
v (mm)	-	-	-	18	32	15	-	-	-	-	-	-	65

Tab. 2 Vodni bilans za 2011. godinu

Elementi	X	XII	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	God. vr.
t (°C)	9,2	9,5	0,8	0,1	-0,2	6,0	13,2	16,8	20,9	22,1	23,0	20,4	11,8
i	2,5	2,7	0,1	0,0	0,0	1,3	4,3	6,3	8,7	9,5	10,1	8,4	53,9
(ETP) (mm)	33	35	1	0	0	19	54	75	101	109	116	98	-
ETP (mm)	27	28	1	0	0	19	61	96	131	143	140	102	749
P	67	47	64	29	35	28	23	65	36	62	0	25	480
Δ	40	19	41	0	0	0	-38	-31	-31	0	0	0	-
r (mm)	40	59	100	100	100	100	62	31	0	0	0	0	-
ETR (mm)	27	28	1	0	0	19	61	96	67	62	0	25	386
m (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	64	81	140	77	362
v (mm)	-	-	22	29	35	9	-	-	-	-	-	-	95

Vodni režim zemljišta može se kvantitativno definisati preko vodnog bilansa, koji predstavlja kvantitativne promene sadržaja vode u zemljištu u određenom periodu na određenoj teritoriji, pri čemu se uzimaju u obzir svi elementi prihoda i rashoda vode. Polazna osnova za obračun vodnog bilansa je potencijalna evapotranspiracija (Vučić, 1987). S obzirom da je do nekih elemenata vodnog bilansa teško doći, uglavnom se koristi jednostavniji oblik koji obuhvata evapotranspiraciju i gubitak vode filtracijom u dublje slojeve kao rashode vode, i padavine i priliv od podzemne vode ukoliko postoji, kao prihode vode. Takođe je neophodno odrediti i rezerve vode u zemljištu na početku obračunskog perioda. U zavisnosti od vrednosti elemenata vodnog bilansa određuje se manjak i višak vode,

odnosno potreba za navodnjavanjem ili odvodnjavanjem za određenu teritoriju u posmatranom vremenskom intervalu.

Na ispitivanom lokalitetu, priliv vode je od padavina, a rashodi vode na evapotranspiraciju i proceđivanje u dublje slojeve. Najveći deficit vode, na osnovu višegodišnjih podataka (Tab. 1), je u letnjim mesecima avgustu (70 mm) i julu (59 mm). Suficit vode javlja se u zimskim mesecima sa maksimumom u februaru (32 mm). Ukupan deficit vode iznosi 163 mm, a suficit 65 mm. U 2011. godini manjak vode javlja se od juna pa sve do septembra (Tab. 2). Deficit vode u julu bio je 81 mm, a nedostatak padavina u avgustu rezultirao je visokim manjkom vode od 140 mm. Ukupan manjak vode bio je dva puta veći od višegodišnjeg proseka i iznosio je čak 362 mm. Najveći suficit vode takođe se javio u februaru (35 mm), a ukupni višak vode iznosio je 95 mm.

5.4.3. Matični supstrat

Matični supstrat, geološka podloga, jedan je od osnovnih činilaca stvaranja zemljišta. Kao kompleksni pedogenetski činilac ima dvojak uticaj na proces obrazovanja zemljišta, sa jedne strane fizičkim svojstvima stena na kompaktnost, vezanost, rastresitost, stepen disperznosti, a sa druge mineraloškim sastavom stena koji određuje pravac i intenzitet raspadanja, plodnost zemljišta. Pod uticajem pedogenetskih procesa različitog smera i intenziteta, geološka podloga gubi kompaktnost i homogenost, te se pojavom horizonata nejednake moćnosti pretvara u novu prirodnu tvorevinu – zemljište. Geološka karta Vojvodine ukazuje na to da su zemljišta nastala pretežno na sedimentnim stenama (Živković i sar., 1972, Miljković, 2005).

Tipski les je eolsko - glacijalni sediment, koji je nastao eolskom deflacijom za vreme kvartara. To je sitnozrni, klastičan sediment, čije čestice variraju u granicama sitnog peska i praha, sa nešto čestica gline, te u pogledu mehaničkog sastava predstavlja odličan supstrat za obrazovanje zemljišta. Mineraloški sastav lesa je takođe povoljan. Sem kvarca, koga sadrži najviše, les sadrži i oko 30% CaCO₃, minerala kalcita, koji je u lesu rasturen u vidu krečnog praha i koji je kao takav veoma aktivan, jer se lako rastvara i oslobađa Ca⁺⁺ jon, koji neutralizuje kiseline i vrši koagulaciju organskih i mineralnih koloida, stvarajući dobru strukturu zemljišta. Takođe, les sadrži u manjem procentu i neke druge primarne (feldspati, liskuni, hloriti, epidot, ilmenit, cirkon, granat, magnetiti) i sekundarne minerale koji predstavljaju potencijalni izvor hraniva za biljke, jer se hemijskim raspadanjem ovih minerala oslobađaju važni biogeni elementi (Hadžić i sar., 2005).

Na ispitivanom području zastupljen je pretaloženi les. Smatra se da je les koji je dospevao u zaostale bare i močvare, ili je pretaložen kasnijom rečnom erozijom, pretrpeo znatne morfološke i mehaničko – fizičke promene. Usled uticaja visokih stagnirajućih podzemnih voda i zbog ispiranja CaCO_3 , pretaloženi ili terasni les je metamorfoziran, odnosno došlo je do slepljivanja glinovitih čestica i do njegove alkalizacije. Žuta osnova je dobila plavkaste fleke gleja, odnosno les je postao težeg sastava, zbijeniji, pločaste strukture, te manje porozan i teže propustljiv za vodu i vazduh. Sem toga, pretaloženi (barski) les sadrži i fosile barskih pužića *Planorbis-a*. Pretaloženi les kao matični supstrat predstavlja dobru podlogu za obrazovanje zemljišta, ali se ipak razlikuje od tipskog suvozemnog lesa koji je karakterističan za lesne platoe. Pretaloženim ili terasnim lesom prekrivene su najveće lesne terase u Vojvodini (Bačka, Banatska i Sremska) i na njima su se razvila zemljišta sa najintenzivnijom biljnom proizvodnjom (Hadžić, 2005).

Černozem se može definisati kao zemljište semiaridnog stepskog područja koji se uglavnom nalazi u Vojvodini na površini oko 1.000.000 ha, dok je u ostalim delovima Srbije zastupljen na oko 200.000 ha. Matični supstrat je karbonatni les, eolski sediment sa 20-30% CaCO_3 . Na manjim površinama černozem je nastao na pretaloženom lesu, aluvijumu i eolskom pesku. Mehanički sastav černozeza je vrlo povoljan – ilovast. Karakteriše se dobrom mrvičastom strukturom, stabilnim agregatima i dobro je propustljiv za vodu. Odlikuje se povoljnim vodno-vazdušnim i toplotnim režimom i lako se obrađuje. U pogledu hemijskih svojstava karakteriše se neutralnom do slabo alkalnom hemijskom reakcijom, dobro je obezbeđen humusom i biljnim hranivima. Černozem se nalazi u prvoj bonitetnoj klasi. Ovoj klasi pripadaju vrlo dobra zemljišta, sa moćnim humusno-akumulativnim horizontom, ilovastim mehaničkim sastavom i dobrom strukturom, pogodna su za navodnjavanje i postizanje visokih i stabilnih prinosa (Hadžić i sar., 2002).

5.4.4. Antropogeni faktor

Direktan uticaj čoveka na prirodu, u dalekoj prošlosti, na zemljište, bio je zanemarljiv i lokalnog karaktera. Pri tadašnjem stepenu razvoja, čovek u svojoj ishrani oslanjao se prvenstveno na lov i ribolov, a njegova aktivnost nije bitno menjala okolinu. Štaviše, živio je u harmoniji sa njom. Miljković (1996) navodi da se negativan uticaj čoveka i promene njegove okoline vezuju za bavljenje zemljoradnjom i demografski rast naročito tokom XIX i XX veka. Od tada spontanom sečom šuma, razoravanjem travnih površina na nagnutim

terenima, usled rasipnog površinskog oticanja vode, erozije gornjih humusnih slojeva zemljišta, dolazi do raznih vidova zagađenja, oštećenja i potpunog uništenja zemljišnog pokrivača i njegove plodnosti, pod rastućim uticajem antropizacije. Dugalić i Gajić (2012) ističu da je na ranim istorijskim etapama razvoja ljudskog društva i zemljoradnje, uticaj proizvodne delatnosti čoveka bio nejednak. Znatno se povećao sa povećanjem stepena razvoja tog društva, odnosno s razvojem poljoprivrednih nauka i tehnike.

U sadašnjim uslovima intenzivne poljoprivredne proizvodnje čovek je postao jedan od najvažnijih pedogenetskih faktora. Od početka korišćenja zemljišta čovek je svesno i planski, primenom raznih agrotehničkih i meliorativnih mera, menjao ne samo sastav i svojstva zemljišta, već i mnoge prirodne uslove i intenzitet njegovog obrazovanja. Danas u vreme razvijene tehnike i poljoprivrednih nauka, čovek sve više postaje odlučujući faktor geneze i evolucije zemljišta (Dugalić i Gajić, 2012).

Uticaj čoveka na zemljište može biti direktan preko obrade i indirektan preko vegetacije, klime, reljefa i matičnog supstrata. Intenzivnom obradom i đubrenjem zemljišta čovek jako menja građu njegovog profila, fizičke, a nekad i hemijske i biološke osobine. Navodnjavanjem i odvodnjavanjem menja se lokalna klima, menja se vodni, vazdušni, toplotni i hranidbeni režim zemljišta. Stoga je pravilna primena tih mera praćena osetnim povećanjem plodnosti zemljišta i prinosa biljaka. Nepravilno korišćenje zemljišta, neuzimanje u obzir njegovih osobina, uslova razvoja, uz kršenje preporučenih agrotehničkih i meliorativnih mera dovodi do smanjenja plodnosti i pogoršanja kvaliteta zemljišta.

Intenzivna biljna proizvodnja, u uslovima konvencionalne, standardne proizvodnje koja je korišćenja na ispitivanom zemljištu, može da prouzrokuje antropogeno sabijanje zemljišta, kvarenje strukture, smanjenje plodnosti, i generalno pogoršanje kvaliteta zemljišta. Intenziviranje ovih procesa posebno je izraženo u uslovima navodnjavanja, ukoliko se agrotehničke mere obavljaju pri nepovoljnoj vlažnosti zemljišta.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. Morfologija i osnovne karakteristike profila

Profil 1.

N 45°19.927

E 19° 50.252

Nadmorska visina 87 m

Reljef: ravan

Vegetacija: paprika

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic, Vermic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćena: CH-cc.vm-ce.ph.

Datum snimanja: 07.07.2011.



Sl. 1. Spoljašnja morfologija



Sl. 2. Unutrašnja morfologija

Ap 0-25 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, glinovita ilovača, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 25-74 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 74-114 cm - Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 114-170 cm – Rastresit matični supstrat, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, glinovita ilovača, sa krečnim konkcijama.

C 170-200 cm – Matični supstrat les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), jako karbonatan, sitno peskovita ilovača.

Profil 2.

N 45°19.838

E 19°50.435

Nadmorska visina 86 m

Reljef: ravan

Vegetacija: grašak

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, oglejeni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćenica: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 07.07.2011.



Sl. 3. Spoljašnja morfologija



Sl. 4. Unutrašnja morfologija

Ap 0-30 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 30-50 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 50-80 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima sa krečnim konkrecijama.

Cca 80-127 cm Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glinovita ilovača, sa puno krečnih konkrecija, malo prožet korenima.

C 127-150 cm – Matični supstrat les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), jako karbonatan, prašasta glinovita ilovača.

CGso 150-185 cm – Oglejeni les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), les sa znacima oglejavanja (sekundarna oksidacija).

Profil 3.

N 45°19.964

E 19°50.288

Nadmorska visina 84 m

Reljef: ravan

Vegetacija: luk

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Loamic, Pachic)

skraćenica: CH-cc-lo.ph

Datum snimanja: 08.07.2011.



Sl. 5. Spoljašnja morfologija



Sl. 6. Unutrašnja morfologija

Ap 0-28 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, glinovita ilovača, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 28-64 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 64-100 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, glinovita ilovača, srednjeznasto-mrvičaste strukture, sa pseudomicelijama, srednje prožet korenima.

Cca 100-148 cm – Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, glinovita ilovača, sa krečnim konkcijama.

C 148-200 cm – Matični supstrat les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), jako karbonatan, sitno peskovita ilovača.

Profil 4.

N 45°19.986

E 19°50.399

Nadmorska visina 89 m

Reljef: blago talasast

Vegetacija: paprika

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćenica: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 08.07.2011.



Sl. 7. Spoljašnja morfologija



Sl. 8. Unutrašnja morfologija

Ap 0-30 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima, jako zbijen.

A 30-65 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima, rastresit.

AC 65-100 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 100-160 cm – Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glina, sa krečnim konkrecijama.

C 160-200 cm - Matični supstrat les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), jako karbonatan, ilovača, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6).

Profil 5.

N 45°20.855

E 19°51.714

Nadmorska visina 85 m

Reljef: blago talasast

Vegetacija: pšenica

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, oglejeni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćena: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 03.08.2011.



Sl. 9. Spoljašnja morfologija



Sl. 10. Unutrašnja morfologija

Ap 0-30 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 30-63 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), srednje karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 63-106 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, prašasta glina, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 106-140 cm – Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glina, sa krečnim konkcijama, malo prožet korenima.

CGso 140-200 cm – Oglejeni les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), les sa znacima oglejavanja (sekundarna oksidacija), jako karbonatan, prašasta glina.

Profil 6.

N 45°20.875

E 19°51.658

Nadmorska visina 85 m

Reljef: blago talasast

Vegetacija: pšenica

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, oglejeni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćena: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 03.08.2011.



Sl. 11. Spoljašnja morfologija



Sl. 12. Unutrašnja morfologija

Ap 0-28 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 28-70 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 70-110 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, prašasta glinovita ilovača, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 110-165 cm Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glina, sa krečnim konkcijama, malo prožet korenima.

CGso 165-204 cm – Oglejeni les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), les sa znacima oglejavanja (sekundarna oksidacija), jako karbonatan, prašasta glinovita ilovača, zbijeniji.

Profil 7.

N 45°20.900

E 19°51.600

Nadmorska visina 81 m

Reljef: blago talasast

Vegetacija: pšenica

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, oglejeni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćena: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 04.08.2011.



Sl. 13. Spoljašnja morfologija



Sl. 14. Unutrašnja morfologija

Ap 0-28 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjezrnasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 28-55 cm - Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjezrnasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 55-91 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjezrnasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 91-140 cm - Rastresit matični supstrat-les, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glina, sa krečnim konkcijama, malo prožet korenima.

CGso 140-200 cm – Oglejeni les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), les sa znacima oglejavanja (sekundarna oksidacija), jako karbonatan, prašasta glinovita ilovača.

Profil 8.

N 45°20.928

E 19°51.530

Nadmorska visina 83 m

Reljef: blago talasast

Vegetacija: pšenica

Klasifikacija zemljišta Jugoslavije (Škorić i sar., 1985): red automorfni, klasa humusno akumulativna A-C, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, oglejeni, forma srednje duboki

WRB klasifikacija (IUSS Working Group WRB, 2014): Calcic Chernozem (Clayic, Pachic)

skraćenica: CH-cc-ce.ph

Datum snimanja: 04.08.2011.



Sl. 15. Spoljašnja morfologija



Sl. 16. Unutrašnja morfologija

Ap 0-25 cm – Humusno-akumulativni horizont, oranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

A 25-65 cm – Humusno-akumulativni horizont, podoranični sloj, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), slabo karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto mrvičaste strukture, jako prožet korenima.

AC 65-100 cm – Prelazni horizont, tamno žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 4/3), a smeđe crne u vlažnom (10 YR 2/3), jako karbonatan, ilovasta glina, srednjeznasto-mrvičaste strukture, srednje prožet korenima.

Cca 100-154 cm – Rastresit matični supstrat, sivo žuto smeđe boje u suvom stanju (10 YR 5/2), a tamno smeđe u vlažnom (10 YR 3/4), terasni les, jako karbonatan, prašasta glina, sa krečnim kongrecijama, malo prožet korenima.

CGso 154-184 cm – Oglejeni les, svetlo žute boje u suvom stanju (2.5 Y 7/4), a žuto sive u vlažnom (2.5 Y 5/6), les sa znacima oglejavanja (sekundarna oksidacija), jako karbonatan, prašasta glina, sa znacima hidromorfizma.

6.2. Fizička i vodno fizička svojstva zemljišta

Vodni i vazdušni režim zemljišta, tesno su vezani sa njegovim osnovnim fizičkim svojstvima, te je stoga neophodno njihovo poznavanje u cilju usmeravanja čovekove aktivnosti u pogledu korišćenja zemljišta u poželjnom, pozitivnom pravcu (Vučić, 1987). Takođe, da bi se utvrdio eventualni antropogeni uticaj, uticaj pojedinih agrotehničkih mera, navodnjavanja, neophodno je utvrditi vrednosti osnovnih fizičkih i vodno fizičkih svojstava zemljišta.

6.2.1. Mehanički sastav zemljišta

Čvrsta faza zemljišta je heterogen polidisperzni sistem sastavljen od mineralnih, organogenih i organomineralnih čestica koje se nazivaju mehaničkim elementima ili elementarnim česticama zemljišta, koje se razvrstavaju po veličini u mehaničke frakcije. Relativni odnos pojedinih frakcija izražen u procentima predstavlja mehanički sastav zemljišta.

Granične vrednosti za pojedine frakcije sitne zemlje se razlikuju u zavisnosti od klasifikacije. Klasifikacija Međunarodnog društva za proučavanje zemljišta zasnovana je na principima podele čestica po Atterbergu i prihvaćena je kod nas kao osnovna klasifikacija mehaničkog sastava zemljišta (Belić i sar., 2014). Prema ovoj klasifikaciji čestice sitne zemlje se dele na čestice krupnog peska (2-0,2 mm), sitnog peska (0,2-0,02 mm), praha (0,02-0,002 mm) i gline (veličine manje od 0,002 mm).

Mehanički sastav navodnjavanog černozema građe profila Ap-A-AC-Cca-C (Tab. 3) ukazuje na heterogenost po dubini profila i teksturnu diferencijaciju. Površinski humusno akumulativni horizont je težeg mehaničkog sastava, i spada u ilovastu glinu. Sa povećanjem dubine profila smanjuje se sadržaj gline, prelazni, AC horizont kao i matični supstrat Cca su lakšeg mehaničkog sastava i spadaju u glinovitu ilovaču, dok je C horizont ilovača. Osim u C horizontu, preovlađuje udeo ukupne gline (suma udela praha i gline) u odnosu na udeo ukupnog peska.

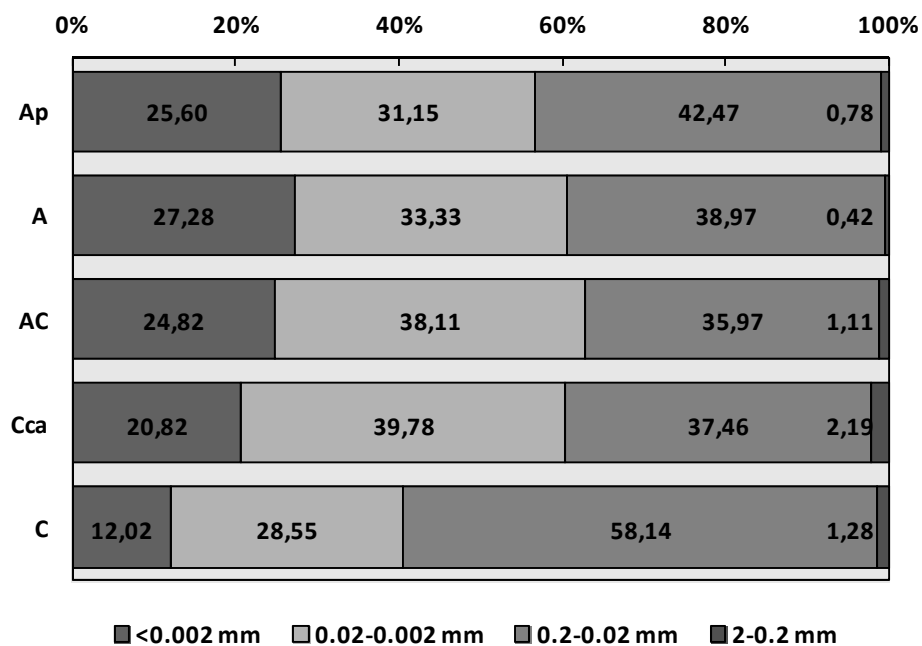
Sadržaj frakcije krupnog peska (Tab. 3), ukoliko se posmatraju srednje vrednosti, varira u intervalu od 0,42% u A horizontu do 2,19% u Cca horizontu. Srednji sadržaj frakcije sitnog peska bio je najveći u C horizontu, 58,14% a najmanji u prelaznom, AC horizontu, 35,97%. Srednji sadržaj frakcije praha varirao je u intervalu od 28,55% u C horizontu do 39,78% u

Cca horizontu. Srednji sadržaj frakcije gline bio je najmanji u C horizontu, 12,02%, a najveći u A horizontu, 27,28%. Na navodnjavanom černozemu preovlađuju frakcije praha i gline (ukupne gline) u odnosu na ukupan pesak (Graf. 6), osim u C horizontu u kom dominira udeo ukupnog peska. Srednji sadržaj ukupnog peska je najveći u Ap horizontu i smanjuje sa povećanjem dubine profila do C horizonta u kom se sadržaj ukupnog peska povećava. Srednji sadržaj ukupne gline se povećava sa porastom dubine profila do Cca horizonta, a zatim smanjuje da bi dostigao najniže vrednosti u C horizontu.

Tab. 3 Mehanički sastav minimalne, maksimalne i srednje vrednosti, po genetičkim horizontima, navodnjavana varijanta

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)	Veličina frakcije (mm)				Ukupan pesak, %	Ukupna glina, %	Teksturna oznaka po Tommerup-u
			2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,002	<0,002			
			Sadržaj frakcije (%)						
Ap	min.	25	0.38	40.83	29.68	24.51	41.53	54.91	Ilovasta glina
	max.	30	1.25	44.17	32.84	27.18	45.09	58.47	
	sred. vr.	28	0.78	42.47	31.15	25.60	43.25	56.75	
A	min.	20	0.15	37.28	31.70	25.61	37.80	58.53	Ilovasta glina
	max.	49	0.75	41.20	34.86	28.45	41.47	62.20	
	sred. vr.	35	0.42	38.97	33.33	27.28	39.39	60.61	
AC	min.	30	0.83	34.99	37.30	24.24	35.99	61.75	Glinovita ilovača
	max.	40	1.28	37.10	38.94	25.40	38.25	64.01	
	sred. vr.	35	1.11	35.97	38.11	24.82	37.08	62.92	
Cca	min.	47	1.35	35.78	38.17	20.08	37.71	58.60	Glinovita ilovača
	max.	60	3.15	39.38	41.21	21.68	41.40	62.29	
	sred. vr.	53	2.19	37.46	39.78	20.82	39.40	60.60	
C	min.	20	0.43	54.85	25.78	11.09	57.18	37.94	Ilovača
	max.	52	2.58	61.30	30.63	13.08	62.06	42.82	
	sred. vr.	31	1.28	58.14	28.55	12.02	59.42	40.58	

Mehanički sastav nenavodnjavanog černozema građe profila Ap-A-AC-Cca-CGso (Tab. 4) takođe ukazuje na heterogenost po dubini profila i teksturnu diferencijaciju, ali slabije izraženu nego kod navodnjavanog černozema. Srednje vrednosti zastupljenosti pojedinih frakcija ukazuju na težu teksturu zemljišta. Oranični, Ap i podoranični, A horizont, kao i prelazni, AC horizont su težeg mehaničkog sastava, i spadaju u ilovastu glinu. Sa povećanjem dubine zemljišta povećava se sadržaj praha, te horizonti Cca i CGso spadaju u praškastu glinu. Celom dubinom profila preovlađuje udeo gline (suma udela praha i gline) u odnosu na udeo ukupnog peska.



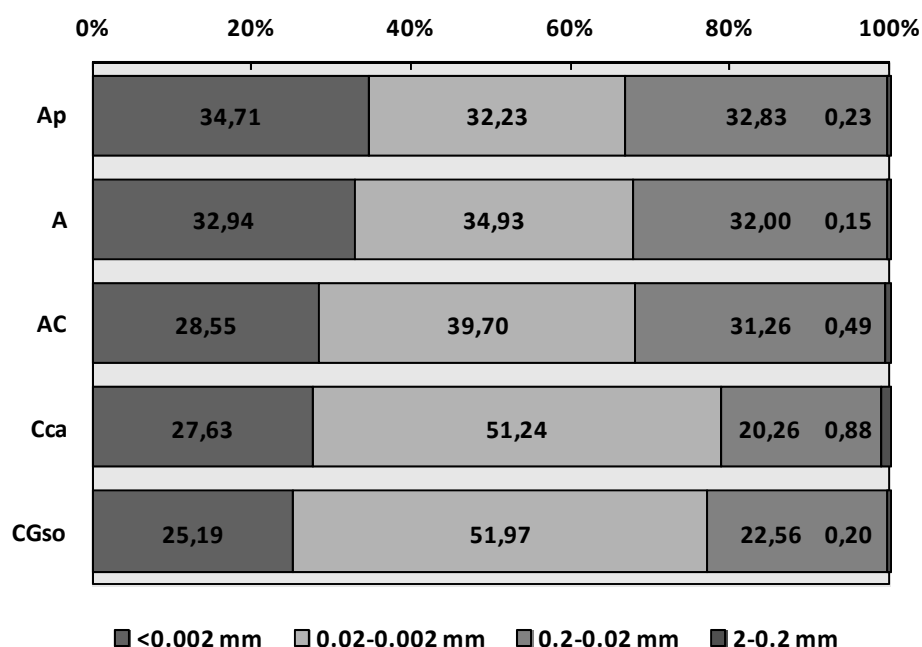
Graf. 6 Srednje vrednosti mehaničkog sastava navodnjavane varijante

Tab. 4 Mehanički sastav minimalne, maksimalne i srednje vrednosti, po genetičkim horizontima, nenavodnjavana varijanta

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)	Veličina frakcije (mm)				Ukupan pesak, %	Ukupna glina, %	Teksturna oznaka po Tommerup-u
			2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,002	<0,002			
			Sadržaj frakcije (%)						
Ap	min.	25	0.15	31.00	29.72	34.05	31.32	64.50	Ilovasta glina
	max.	30	0.33	35.35	34.08	35.25	35.50	68.68	
	sred. vr.	28	0.23	32.83	32.23	34.71	33.06	66.94	
A	min.	27	0.05	30.07	33.23	32.43	30.22	66.00	Ilovasta glina
	max.	48	0.23	33.90	36.85	33.47	34.00	69.78	
	sred. vr.	37	0.15	32.00	34.93	32.94	32.13	67.87	
AC	min.	34	0.33	29.84	38.10	28.12	30.49	66.78	Ilovasta glina
	max.	43	0.73	32.82	40.90	29.02	33.22	69.51	
	sred. vr.	37	0.49	31.26	39.70	28.55	31.75	68.25	
Cca	min.	34	0.73	18.57	49.55	26.55	19.42	77.49	Prašasta glina
	max.	55	1.05	21.59	52.67	28.41	22.51	80.58	
	sred. vr.	48	0.88	20.26	51.24	27.63	21.14	78.86	
CGso	min.	30	0.10	20.99	50.03	24.17	21.14	75.41	Prašasta glina
	max.	60	0.28	24.35	53.53	25.97	24.59	78.86	
	sred. vr.	42	0.20	22.56	51.97	25.19	22.76	77.24	

Sadržaj frakcije krupnog peska (Tab. 4), ukoliko se posmatraju srednje vrednosti, varira u intervalu od 0,15% u A horizontu do 0,88% u Cca horizontu. Srednji sadržaj frakcije sitnog

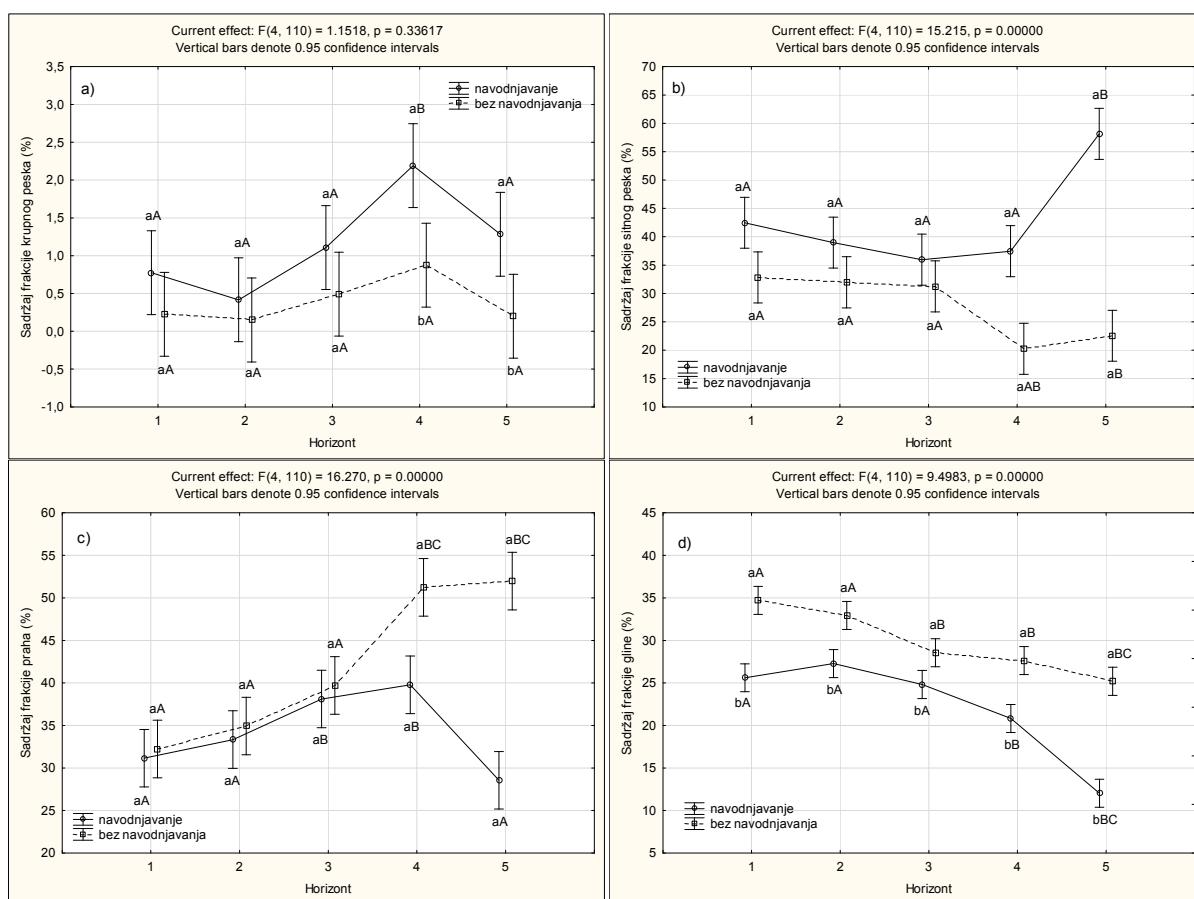
peska bio je najveći u Ap horizontu, 32,82%, prilično ujednačenog sadržaja do Cca horizonta gde su utvrđene i najmanje vrednosti 20,26%. Srednji sadržaj frakcije praha varira u intervalu od 32,23% u Ap horizontu do 51,97% u CGso horizontu. Sa povećanjem dubine profila povećava se i sadržaj praha. Najmanji srednji sadržaj frakcije gline bio je u CGso horizontu, 25,19%, a najveći u A horizontu, 34,71%. U svim horizontima dominiraju frakcije praha i gline (ukupne gline) u odnosu na ukupan pesak (Graf. 7). Dominantan udeo ukupne gline posebno je izražen u Cca (78,86%) i CGso (77,24%) horizontima. Srednji sadržaj ukupnog peska bio je najveći u Ap horizontu, 33,06%, smanjuje se sa povećanjem dubine profila do Cca horizonta, 21,14% i dalje blago povećava u CGso horizontu.



Graf. 7 Srednje vrednosti mehaničkog sastava nenavodnjavane varijante

Površinski horizonti po mehaničkom sastavu spadaju u ilovaste gline ili ređe u glinovite ilovače. Prelazni, AC horizont je uglavnom ilovasta glina kod navodnjavanog černozema ređe glinovita ilovača, a kod nenavodnjavanog praškasta glinovita ilovača i praškasta glina (Graf. 8). U Cca horizontu dominira glinovita ilovača, nekoliko uzoraka svrstani su u praškastu glinovitu ilovaču i praškastu glinu, dok je Cca horizont nenavodnjavanog černozema praškasta glina. Matični supstrat, C horizont je heterogenog mehaničkog sastava, od krupnopeskovite i sitnopeskovite ilovače, preko ilovače, do praškaste ilovače, a CGso horizont je uglavnom praškasta glina ili praškasta glinovita ilovača.

Mehanički sastav navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema ukazuje na heterogenost po dubini profila i teksturnu diferencijaciju. Međutim, teksturna diferencijacija nije toliko izražena u površinskim horizontima. Razlike u teksturi ispitivanog černozema su posledica različitih stratigrafskih prilika u geološkoj prošlosti, a nisu nastale kao posledica navodnjavanja. Pretaloženi ili terasni les pretrpeo je znatne morfološke i mehaničko-fizičke promene pri svom nastanku. Lesna terasa južne Bačke sastavljena je od fluvijalnih i eolskih nanosa koji su različitog mehaničkog sastava, na čiju dijagenezu je uticala i podzemna voda. Promene lesa, koje se manifestuju u pojavi gleja i sekundarne oksidacije posledica su vlaženja pod uticajem podzemnih voda pri njegovom nastanku.



Graf. 8 Srednje vrednosti sadržaja frakcija a) krupnog peska, b) sitnog peska, c) praha i d) gline

Nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju frakcije krupnog peska u površinskim horizontima ispitivanog zemljišta između navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema. Statistički značajne razlike između navodnjavane i nenavodnjavane varijante utvrđene su kod sadržaja čestica dijametra 0,2-2 mm između Cca horizontata kao i između C i CGso horizonta.

Utvrđene su statistički značajne razlike između sadržaja čestica sitnog peska. Statistički značajne razlike sadržaja čestica dijametra 0,2-0,02 mm utvrđene su u površinskom, Ap horizontu, kao i u C horizontu, odnosno između Ap horizonta navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema, između Cca horizonata, kao i između C i CGso horizonata.

Utvrđene su statistički značajne razlike između sadržaja čestica praha. U površinskim slojevima ispitivanog zemljišta nije utvrđeno značajnije variranje sadržaja frakcije praha između varijanti. Statistički značajne razlike sadržaja čestica dijametra 0,02-0,002 mm utvrđene su u C horizontu, odnosno između Cca horizonata, kao i između C i CGso horizonta.

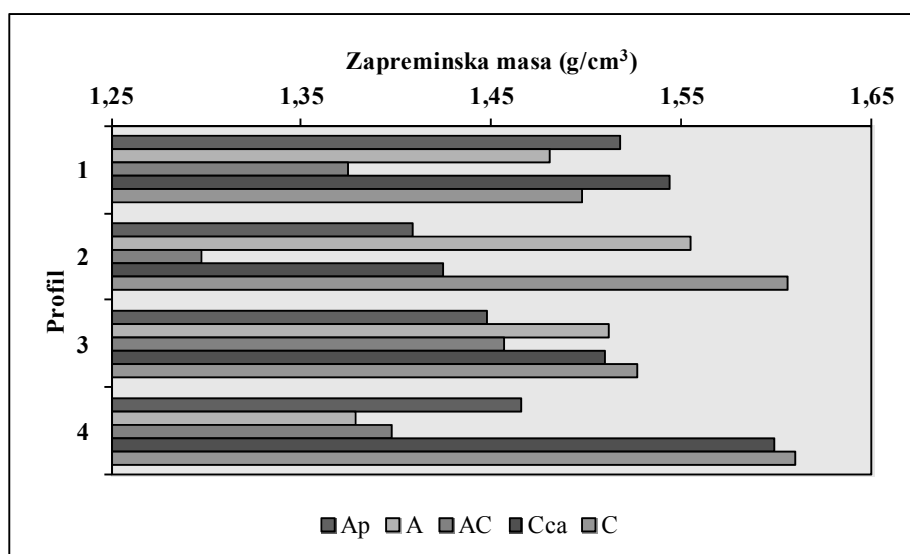
Utvrđene su statistički značajne razlike između sadržaja čestica gline. Ustanovljene su signifikantne razlike poređenjem sadržaja gline navodnjavane i nenavodnjavane varijante između svih horizonata, odnosno, značajno veće vrednosti sadržaja čestica gline na nenavodnjavanoj varijanti celom dubinom profila.

Utvrđene su statistički značajne razlike između sadržaja čestica ukupnog peska i ukupne gline. Ustanovljene su signifikantne razlike sadržaja čestica 0,02-2 mm i <0,02 mm između svih horizonata navodnjavane i nenavodnjavane varijante, osim kod prelaznog, AC horizonta.

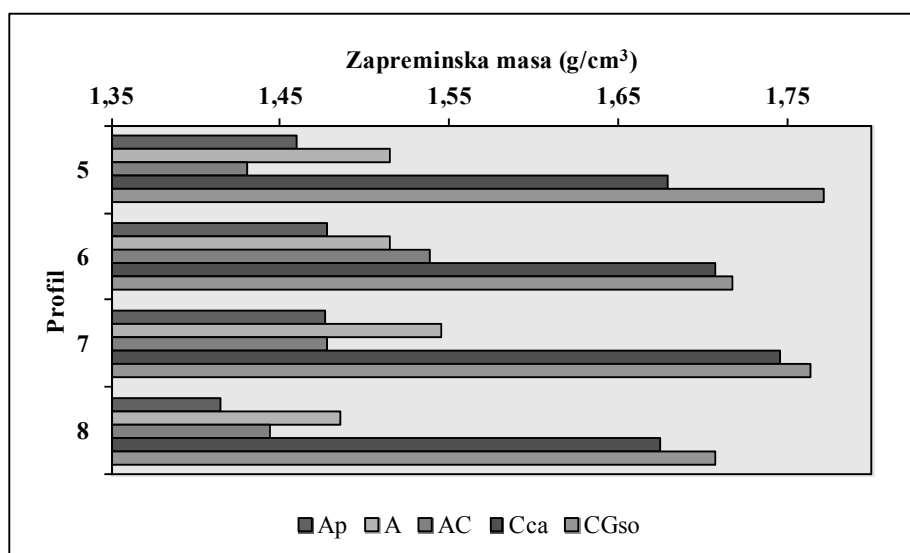
6.2.2. Zapreminska masa

Srednje vrednosti zapreminske mase navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 1,38 g/cm³ u prelaznom AC horizontu do 1,56 u C horizontu (Graf. 9, Tab 5). Sa povećanjem dubine profila zemljišta, povećavaju se vrednosti zapreminske mase. U oraničnom, Ap horizontu srednja vrednost zapreminske mase iznosi 1,46 g/cm³, a u podoraničnom A horizontu 1,48 g/cm³. Daljim povećanjem dubine profila vrednosti zapreminske mase se značajno smanjuju i iznose 1,38 g/cm³ u AC horizontu. Najveće srednje vrednosti utvrđene su u Cca, 1,52 g/cm³ i C horizontu, 1,56 g/cm³.

Srednje vrednosti zapreminske mase nenavodnjavanog černozema varirale se u intervalu od 1,46 g/cm³ u površinskom Ap horizontu do 1,74 u CGso horizontu (Graf. 10, Tab. 5). Sa povećanjem dubine profila zemljišta, povećavaju se i vrednosti zapreminske mase. U oraničnom, Ap horizontu utvrđene su statistički značajno manje vrednosti zapreminske mase (1,46 g/cm³) u poređenju sa A horizontom (1,52 g/cm³). Daljim povećanjem dubine profila vrednosti zapreminske mase se značajno smanjuju i iznose 1,47 g/cm³ u AC horizontu. Najveće srednje vrednosti utvrđene su u Cca horizontu, 1,70 g/cm³ i CGso horizontu, 1,74 g/cm³.

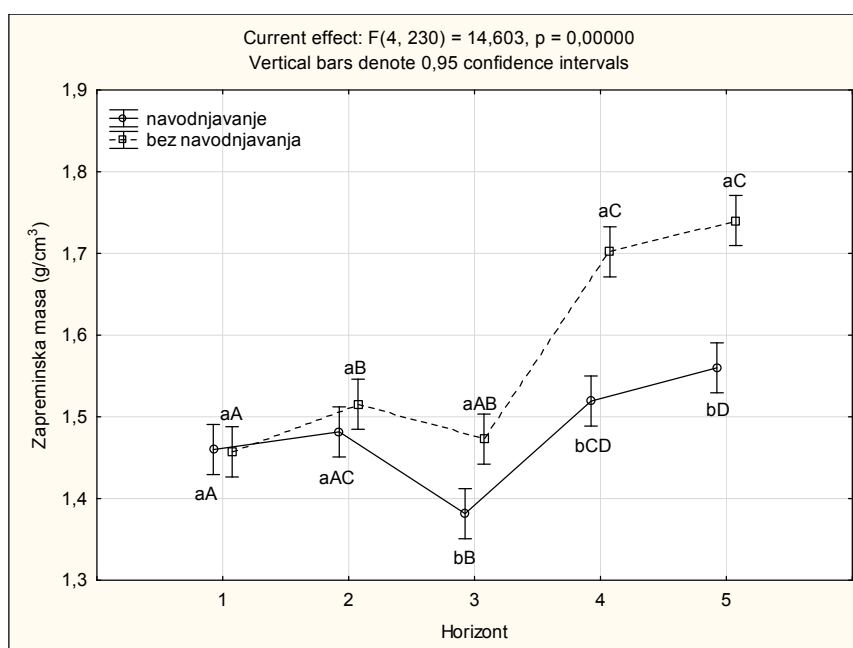


Graf. 9 Srednje vrednosti zapreminske mase zemljišta navodnjavane varijante



Graf. 10 Srednje vrednosti zapreminske mase zemljišta nenavodnjavane varijante

Utvrđene su statistički značajne razlike poređenjem zapreminske mase navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema po horizontima. Međutim, navodnjavanje nije uticalo na vrednosti zapreminske mase u površinskim horizontima zemljišta, odnosno horizontima A i Ap (Graph. 11). U AC i C horizontu utvrđene su statistički značajno manje vrednosti zapreminske mase na navodnjavanoj varijanti. Kod obe varijante utvrđene su visoke vrednosti zapreminske mase u obradivom sloju zemljišta, koji prema klasifikaciji Kačinskog pripada jače zbijenoj oranici, čak i odgovaraju vrednostima za podoranični horizont.



Graf. 11 Srednje vrednosti zapreminske mase zemljišta

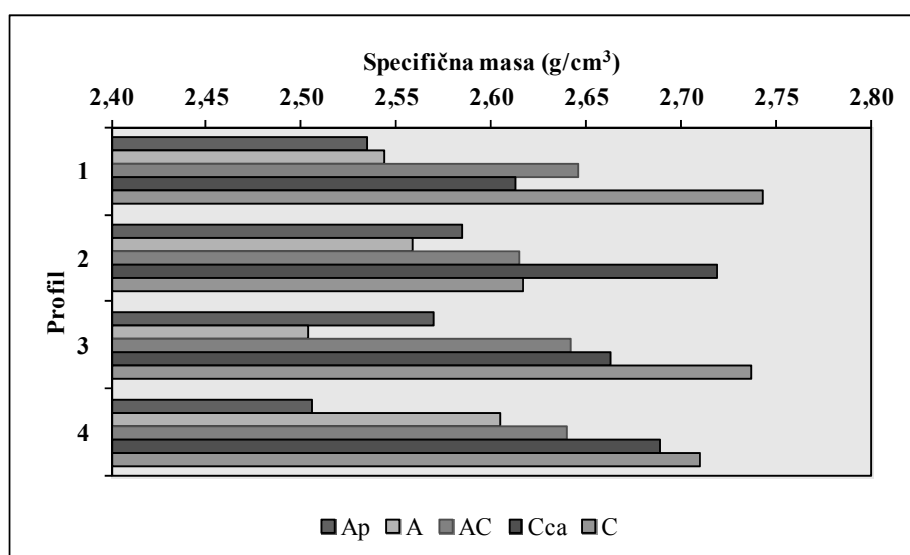
6.2.3. Specifična masa zemljišta

Srednje vrednosti specifične mase navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od $2,55 \text{ g/cm}^3$ u površinskom, Ap horizontu do $2,70$ u C horizontu (Graf. 12, Tab. 5). Sa povećanjem dubine profila zemljišta, povećavaju se u vrednosti specifične mase. Međutim, veća variranja vrednosti specifične mase između horizonata nisu utvrđena. Jedine statistički signifikantne razlike utvrđene su između Ap i A horizonta sa jedne i C horizonta s druge strane.

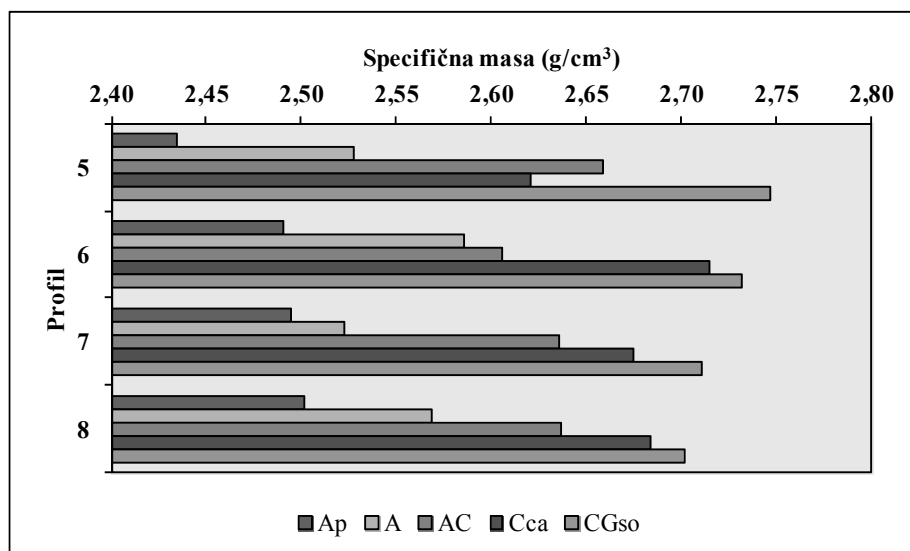
Srednje vrednosti specifične mase nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od $2,48 \text{ g/cm}^3$ u površinskom, Ap horizontu do $2,72$ u CGso horizontu (Graf. 13, Tab. 5). Uočava se pravilno povećavanje vrednosti specifične mase sa porastom dubine. Statistički signifikantne razlike postoje između Ap i A horizonta sa jedne i CGso horizonta s druge strane, kao i između površinskog, Ap horizonta u poređenju sa AC i Cca.

Tab. 5 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti zapreminske mase, po genetičkim horizontima, navodnjavana (N) i nenavodnjavana (O) varijanta

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)	Zm (g/cm ³)		Sm (g/cm ³)		Ukupna poroznost (%)	
			N	O	N	O	N	O
Ap	min.	25	1,27	1,33	2,36	2,40	27,91	30,14
	max.	30	1,63	1,63	2,70	2,57	53,85	48,00
	sred. vr.	28	1,46	1,46	2,55	2,48	40,74	36,81
A	min.	27	1,33	1,40	2,45	2,36	32,05	27,62
	max.	48	1,63	1,60	2,68	2,78	52,97	46,75
	sred. vr.	37	1,48	1,52	2,55	2,55	40,20	37,85
AC	min.	34	1,25	1,26	2,52	2,51	39,63	35,72
	max.	43	1,51	1,61	2,74	2,79	55,18	57,93
	sred. vr.	37	1,38	1,47	2,64	2,63	47,47	45,22
Cca	min.	34	1,30	1,63	2,55	2,60	34,52	30,28
	max.	55	1,66	1,83	2,77	2,78	53,74	42,48
	sred. vr.	48	1,52	1,70	2,67	2,67	43,02	36,23
C/CGso	min.	30	1,24	1,65	2,59	2,62	33,92	30,27
	max.	60	1,73	1,84	2,83	2,87	53,01	42,20
	sred. vr.	42	1,56	1,74	2,70	2,72	42,13	36,00
sred. vr.za A		30	1,47	1,49	2,55	2,61	40,48	37,33
sred. vr. za sve horizonte			1,48	1,58	2,62	2,61	42,71	38,42

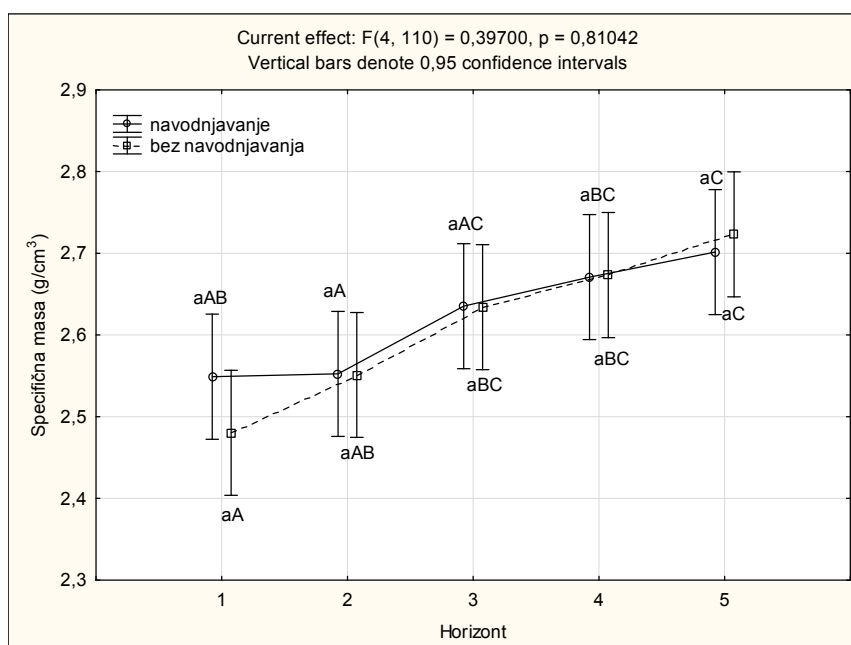


Graf. 12 Srednje vrednosti specifične mase zemljišta navodnjavane varijante



Graf. 13 Srednje vrednosti specifične mase zemljišta nenavodnjavane varijante

Za razliku od zapremiske mase, vrednosti specifične mase ne variraju značajnije. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da su vrednosti specifične mase navodnjavane i nenavodnjavane varijante veoma slične. Nije konstatovan uticaj navodnjavanja na vrednosti specifične mase. Postoje jedino značajne razlike između horizonata i to prvenstveno površinskih Ap i A sa jedne strane i C horizonta sa druge (Graf. 14).

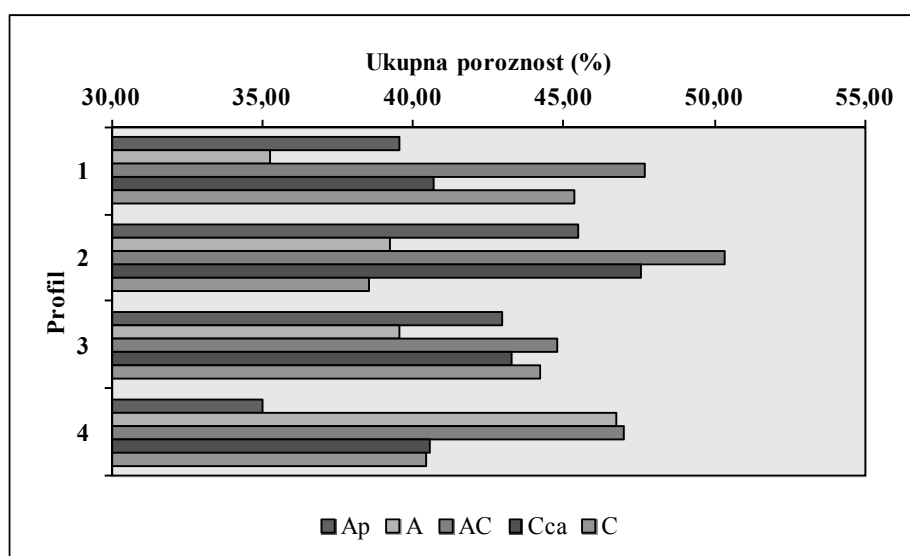


Graf. 14 Srednje vrednosti specifične mase zemljišta navodnjavane i nenavodnjavane varijante

6.2.4. Ukupna poroznost

Srednje vrednosti ukupne poroznosti navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 40,20% u podoraničnom, A horizontu do 47,48% u prelaznom, AC horizontu (Graf. 15, Tab. 5). Utvrđena su veća variranja ukupne poroznosti sa povećanjem dubine profila zemljišta, osim u površinskim horizontima zemljišta, poređenjem oraničnog, Ap i podoraničnog, A horionta. Prema klasifikaciji zemljišta, na osnovu ukupne poroznosti (Miljković, 1996), ispitivani navodnjavani černozem spada u kategoriju slabo poroznih zemljišta, dok se AC horizont klasifikuje kao porozan.

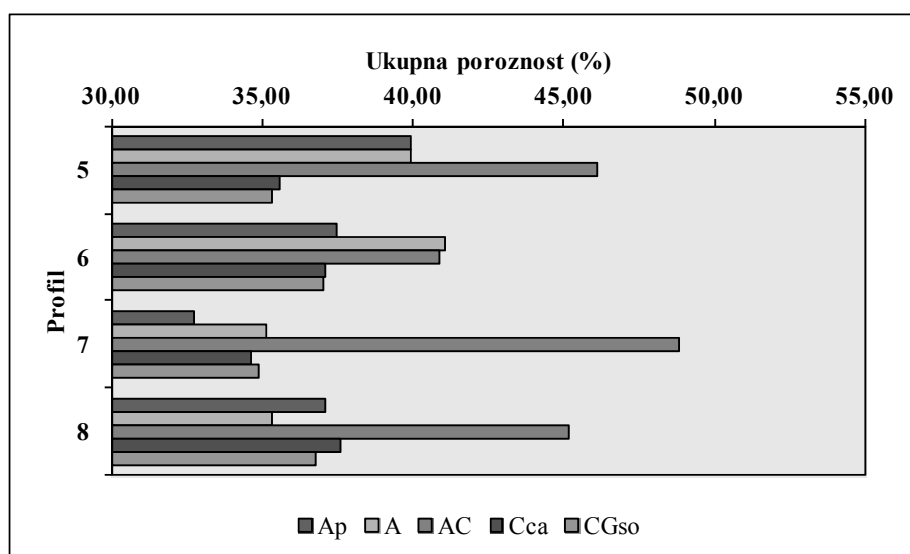
Srednje vrednosti ukupne poroznosti nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 36,00% u CGso horizontu do 45,23% u prelaznom, AC horizontu (Graf. 16, Tab. 5). Utvrđena su veća variranja ukupne poroznosti unutar profila zemljišta, osim u površinskim horizontima zemljišta. Statistički značajno veće vrednosti ukupne poroznosti bile su između prelaznog, AC horizonta u poređenju sa ostalim horizontima. Na osnovu ukupne poroznosti ispitivani navodnjavani černozem može se svrstati u kategoriju slabo poroznih zemljišta.



Graf. 15 Srednje vrednosti ukupne poroznosti zemljišta navodnjavane varijante

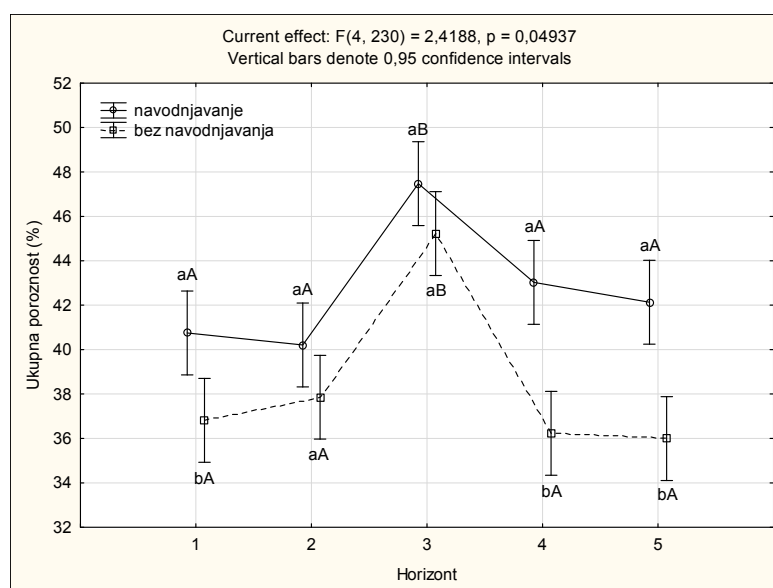
Utvrđene su značajno veće vrednosti ukupne poroznosti na navodnjavanoj varijanti. Srednja vrednost ukupne poroznosti za celu dubinu profila na navodnjavanoj varijanti iznosila je 42,71%, što je statistički značajno veće od vrednosti na nenavodnjavanoj varijanti gde iznosi 38,42%. Takođe, utvrđene su i statistički značajno veće vrednosti ukupne poroznosti u

površinskom A horizontu navodnjavanog černozema u poređenju sa nenavodnjavanim (Graf. 17), kao i u dubljim horizontima zemljišta.



Graf. 16 Srednje vrednosti ukupne poroznosti zemljišta nenavodnjavane varijante

Na osnovu rezultata istraživanja može se konstatovati da je ispitivani černozem slabo porozan. Posebno niske vrednosti ukupne poroznosti utvrđene su u površinskim horizontima zemljišta, koji su imajući u vidu i vrednosti zapreminske mase, jače zbijeni na obe varijante. Veće vrednosti zapreminske mase, uzrokovale su i smanjenu poroznost.

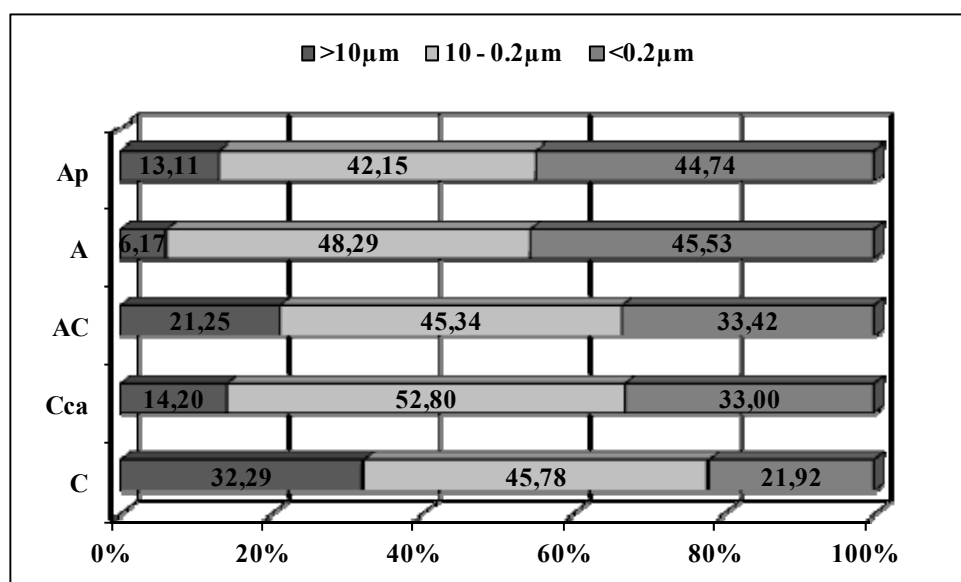


Graf. 17 Srednje vrednosti ukupne poroznosti zemljišta navodnjavane i nenavodnjavane varijante

6.2.5. Diferencijalna poroznost

Mnoge vodno vazdušne osobine zemljišta nisu u direktnoj zavisnosti od ukupne poroznosti, već više od veličine pora i njihove međusobne zastupljenosti. U tome se ogleda značaj određivanja diferencijalne poroznosti, odnosno utvrđivanja sadržaja pora različitog promera (Vučić, 1976).

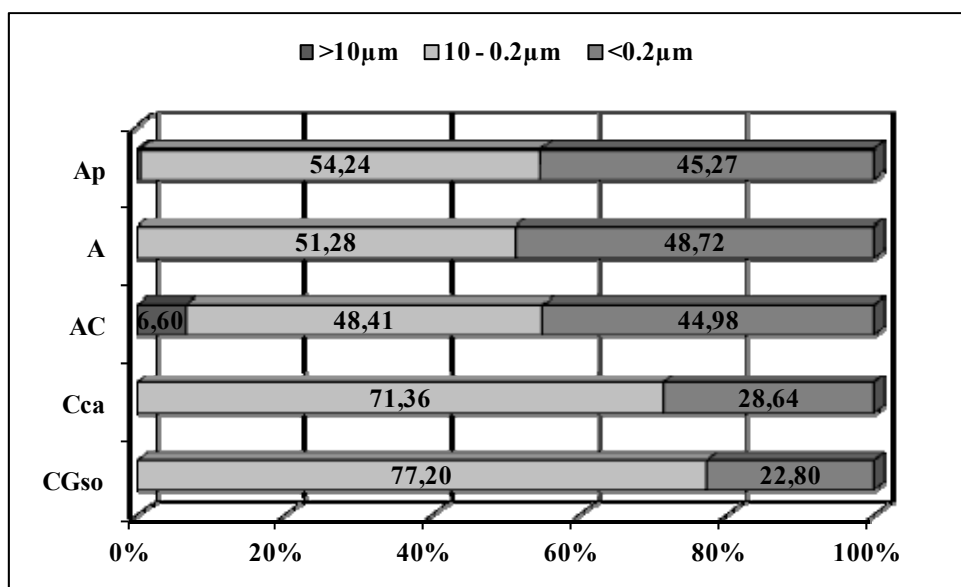
Uzimajući u obzir prelomne tačke u kretanju i zadržavanju vode, zemljišne pore su podeljene prema prečniku na grube pore veće od 10 μm , u koje spadaju sitnije grube pore koje se sporo dreniraju i krupnije grube pore koje se brzo dreniraju, srednje pore prečnika 10-0,2 μm , u kojima se zadržava voda pristupačna za biljke i fine pore prečnika manjeg od 0,2 μm u kojima se zadržava voda nepristupačna za biljke (Ćirić, 1991)



Graf. 18 Srednje vrednosti diferencijalne poroznosti navodnjavanog zemljišta

Analiza diferencijalne poroznosti navodnjavanog černozema ukazuje na dominantan sadržaj srednjih i finih pora celom dubinom profila, izuzev u C horizontu u kojem preovlađuju grube i srednje pore. U površinskom humusno akumulativnom horizontu utvrđen je približno isti udeo srednjih i finih pora (Graf. 18). Sadržaj pora 10 μm – 0,2 μm iznosio je od 42,15% do 48,29%, a pora <0,2 μm od 44,74% do 45,53% u proseku u A i Ap horizontu. Najmanji je bio sadržaj pora >10 μm , 13,11% i 6,17% u proseku u A i Ap horizontu. Sa povećanjem dubine profila smanjuje se sadržaj finih pora, a povećava udeo srednjih i grubih pora. Dominantan je udeo srednjih pora, u proseku 45,34% u AC i 45,78% u C horizontu, prilično

ujednačenog sadržaja između horizonata, dok je u Cca horizontu nešto veći sadržaj srednjih pora, 52,80%. Zastupljenost finih pora iznosila je 33,42% u proseku u prelaznom, AC i 33,00% u Cca horizontu, a statistički značajno manja bila je u C horizontu (21,92%). Najveći udeo grubih pora utvrđen je u C horizontu (32,29%), statistički značajno manje u AC horizontu (21,25%), i najmanje u Cca horizontu (14,20%).

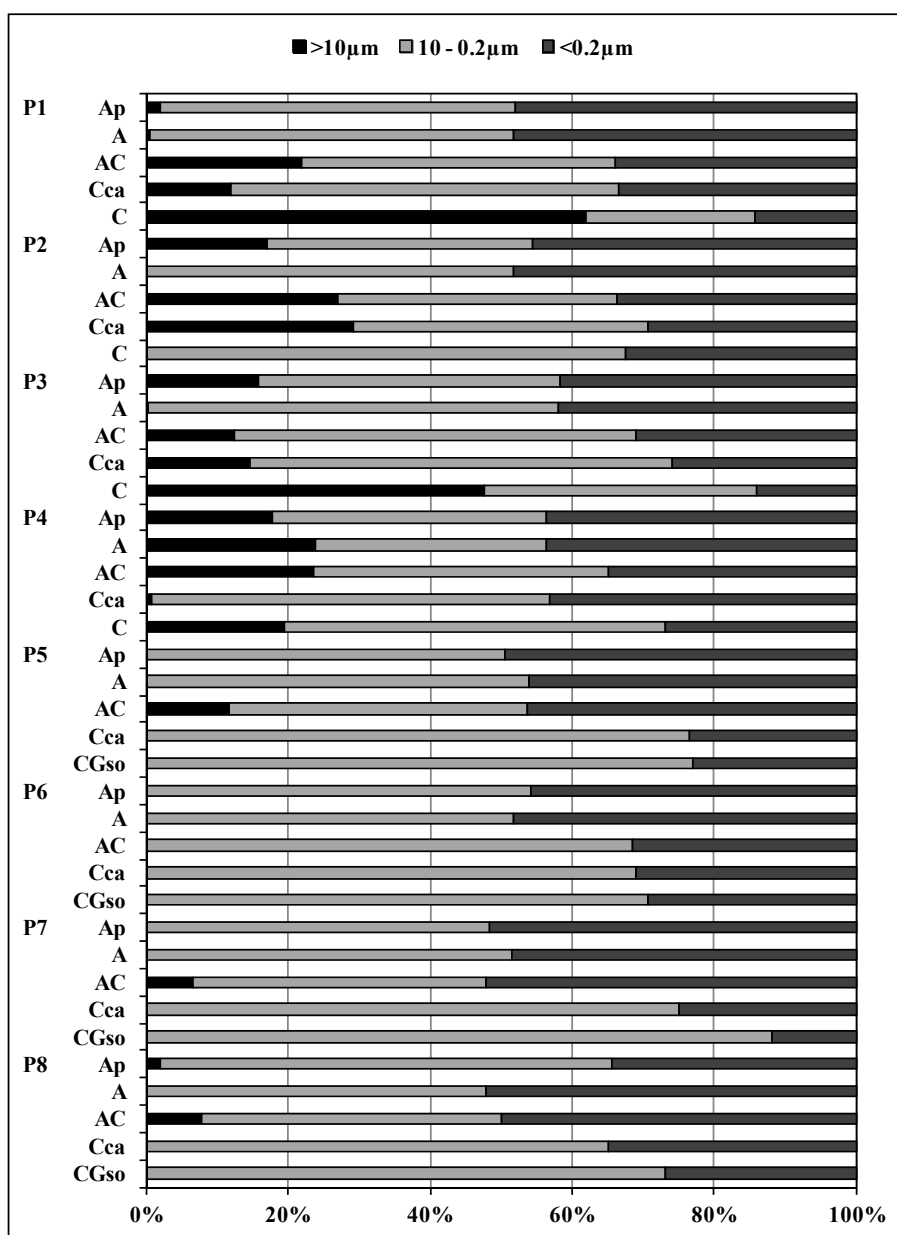


Graf. 19 Srednje vrednosti diferencijalne poroznosti nenavodnjavanog zemljišta

Analiza diferencijalne poroznosti nenavodnjavanog černozema takođe ukazuje na dominantan sadržaj srednjih i finih pora po celoj dubini profila (Graf. 19). U površinskom humusno akumulativnom, A horizontu utvrđen je približno isti udeo srednjih i finih pora, (52,76% srednjih i 47,00% finih pora u proseku u A i Ap horizontu). Grubih pora >10µm, gotovo da nije ni bilo (utvrđen je njihov sadržaj jedino u A horizontu profila broj 8, Graf. 20). U prelaznom, AC horizontu sadržaj srednjih i finih pora je približno isti (u proseku 46,70%), a sadržaj grubih pora izuzetno mali (6,60%). Sa povećanjem dubine profila smanjuje se sadržaj finih pora, a povećava udeo srednjih pora. Udeo srednjih pora je prilično ujednačen između horizonata Cca i CGso (u proseku 74,28%), kao i finih pora (u proseku 25,75%).

Grubih pora gotovo da nije ni bilo na nenavodnjavanoj varijanti, dok je njihov sadržaj u A horizontu bio izuzetno mali, nešto veći u prelaznom horizontu i statistički značajno veći u C horizontu navodnjavane varijante. Nenavodnjavano zemljište ima veći udeo srednjih pora, i to statistički značajno veći u površinskom A i CGso horizontu, dok je približno isti sadržaj bio u

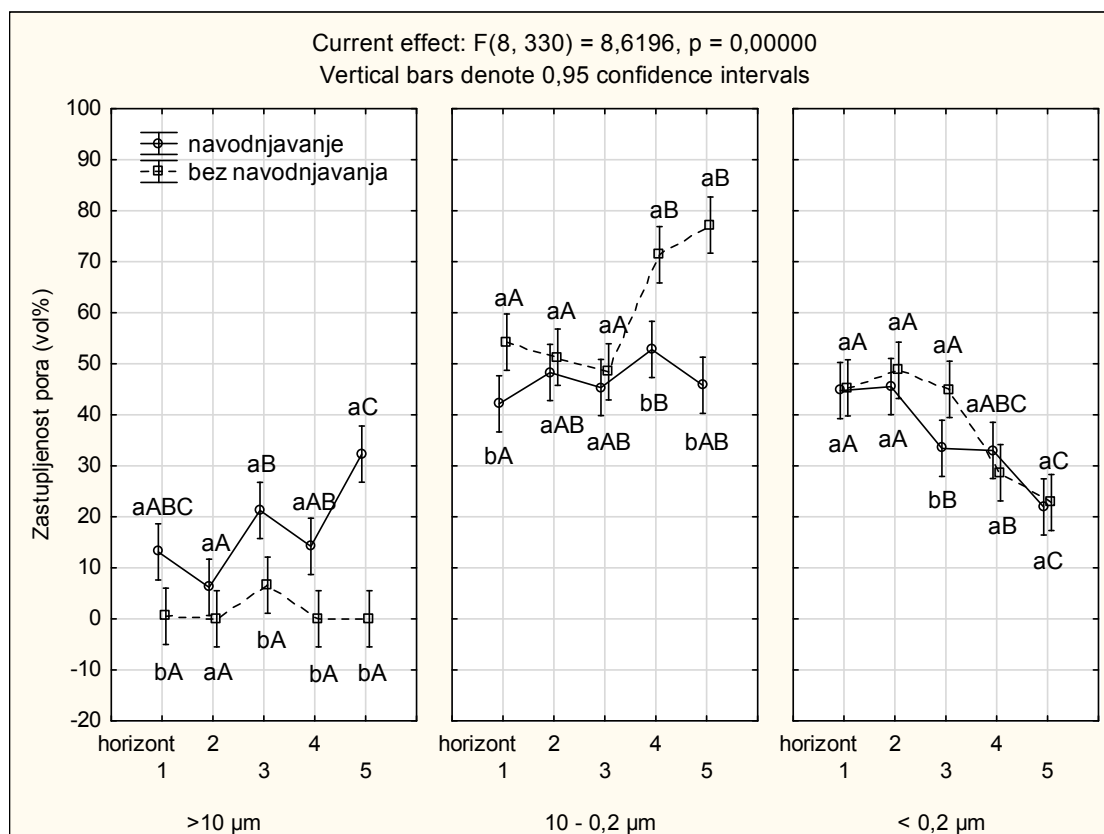
Ap i AC horizontu. Sadržaj finih pora bio je približno isti, osim u AC horizontu, gde je utvrđen njihov statistički značajno veći sadržaj na nenavodnjavanom zemljištu (Graf. 21).



Graf. 20 Srednje vrednosti diferencijalne poroznosti zemljišta, po profilima

Vučić (1964), Bošnjak (1999), navode da se ranije smatralo da je najpovoljniji odnos kapilarnih (srednjih i finih) i nekapilarnih (grubih) pora 50:50, i ističu da novija saznanja pomeraju ovaj odnos u korist kapilarnih pora na 60:40, pa čak i 70:30, jer se u takvim zemljištima magacionira veća količina vode. Ako se imaju u vidu novija istraživanja, može se zaključiti da je odnos makro i mikropora u A i Ap horizontu izuzetno nepovoljan pošto iznosi

oko 87:13 i 94:6, malo povoljniji u Cca horizontu (86:14) i povoljan u AC i C horizontu (79:21 i 68:32). Izuzetno nepovoljan odnos kapilarnih i nekapilarnih pora bio je kod nenavodnjavane varijante, što se može objasniti povećanim sadržajem gline, kao i većim vrednostima zapreminske mase, odnosno zbijenosti zemljišta.

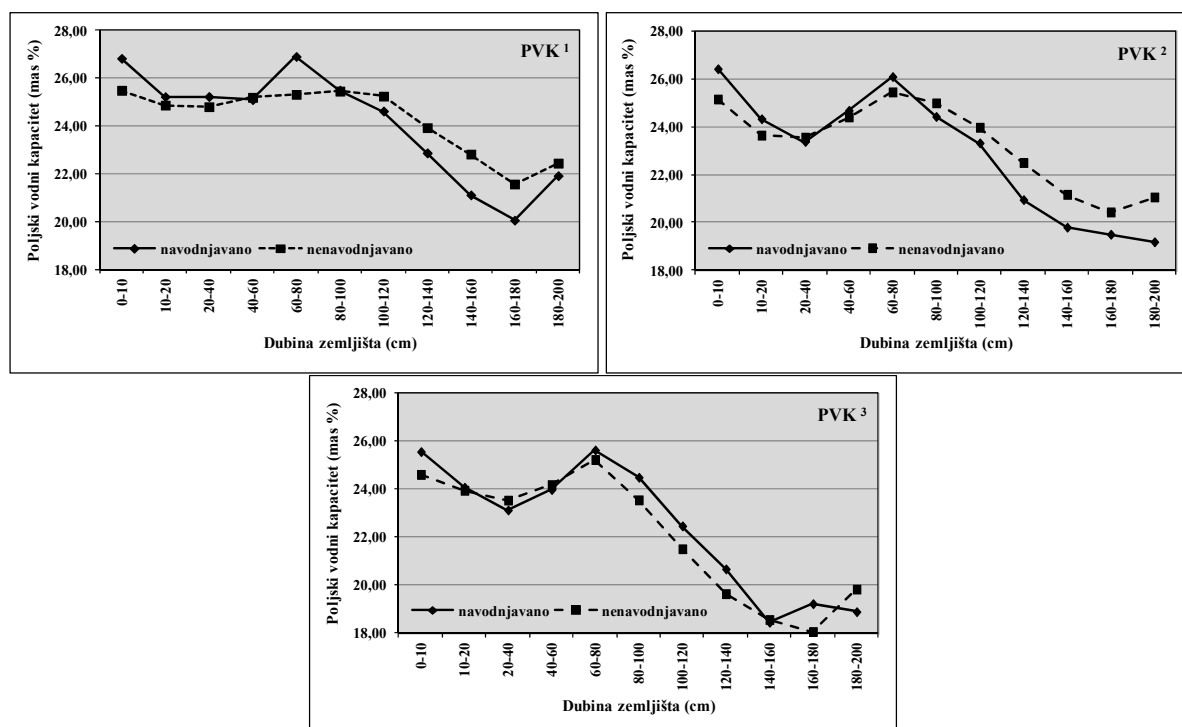


Graf. 21 Srednje vrednosti diferencijalne poroznosti zemljišta

6.2.6. Poljski vodni kapacitet

Poljski vodni kapacitet predstavlja najveću količinu vode koju jedno zemljište može da sadrži u sebi, nakon proceđivanja gravitacione vode, pod uslovom da je nivo podzemne vode dubok i da nema kapilarnog vlaženja (Bošnjak, 1999). Za praksu navodnjavanja, poznavanje poljskog vodnog kapaciteta čini osnovu jer je to gornja granica optimalne vlažnosti zemljišta. Pri zalivanju uvek se zemljište navlaži do poljskog vodnog kapaciteta u sloju koji je određen obračunatom zalivnom normom. Veće količine dodate vode proceđuju se u donje slojeve, pa pored toga što povećavaju troškove zalivanja mogu izazvati i neželjene posledice.

Vrednosti poljskog vodnog kapaciteta, određene su nakon jednog (PVK¹), tri (PVK³) i pet (PVK⁵) dana od momenta dodavanja vode na parcele. Srednje vrednosti PVK¹ za celu dubinu profila (Tab. 6), ne razlikuju se između navodnjavane i nenavodnjavane varijante, i iznose u proseku za obe varijante 24,45%, za PVK³ 23,08% i za PVK⁵ 22,23%. Povećanjem dubine profila vrednosti poljskog vodnog kapaciteta se smanjuju. Najveće vrednosti PVK¹ izmerene su u sloju 0-10 cm (26,83% i 25,48%, na navodnjavanoj i nenavodnjavanoj varijanti redom), a najmanje u sloju 160-180cm (20,06% i 21,56%, na navodnjavanoj i nenavodnjavanoj varijanti redom). Najveće vrednosti PVK⁵ izmerene su u sloju 0-10 cm (25,56%) i 60-80 cm (25,63%) na navodnjavanoj varijanti i sloju 0-10 cm (24,61%) i 60-80 cm (25,23%) na nenavodnjavanoj varijanti, a najmanje u sloju 140-160 cm (18,44%) na navodnjavanoj i u sloju 160-180 cm (18,05%) na nenavodnjavanoj varijanti. Međutim, signifikantne razlike utvrđene su poređenjem slojeva zemljišta do 120 cm sa jedne i dubljih slojeva sa druge strane, odnosno imajući u vidu moćnost određenih horizonata, vrednosti poljskog vodnog kapaciteta se razlikuju između A i AC horizonata i C horizonata s druge strane. Različite vrednosti poljskog vodnog kapaciteta po dubini profila potiču od različitog mehaničkog sastava površinskih i dubljih horizonata, kao i od sadržaja humusa.



Graf. 22 Srednje vrednosti poljskog vodnog kapaciteta

Vrednosti PVK¹ su prilično ujednačene u sloju do 120 cm, dok su nešto veća variranja uočena kod PVK³ i PVK⁵ za sloj zemljišta do 80 cm. Poređenjem poljskog vodnog kapaciteta navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema po dubini profila, nisu utvrđene statistički značajnije razlike (Graf. 22).

Tab. 6 Poljski vodni kapacitet navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema

Dubina (cm)	Navodnjavano			Nenavodnjavano		
	PVK ¹	PVK ³	PVK ⁵	PVK ¹	PVK ³	PVK ⁵
Ap	25,89	24,80	24,45	25,05	24,10	24,03
A	25,42	24,38	23,90	25,08	24,18	24,06
AC	26,19	25,25	25,30	25,26	25,10	23,90
Cca	23,06	21,32	20,47	24,37	23,05	20,46
C/CGso	21,65	19,77	19,17	22,53	20,82	18,91
sred. vr. za A horizont	25,65	24,59	24,17	25,07	24,14	24,04
sred. vr. za sve horizonte	24,44	23,11	22,66	24,46	23,45	22,27

Vučić (1964), smatra da od vlažnosti aktivnog sloja zavisi proizvodnja, dok vlažnost donjih slojeva omogućuje da se biljke održe u životu za vreme suše pri čemu dolazi do opadanja prinosa. Poznavanje poljskog vodnog kapaciteta do 1 m ima praktičan značaj u navodnjavanju za određivanje racionalne zalivne norme, a dublje do 2 m ima više teorijski karakter i služi za obračun vodnog bilansa zemljišta. Stoga su u tabeli 7 prikazane vrednosti PVK¹, PVK³ i PVK⁵ do dubine od 1m.

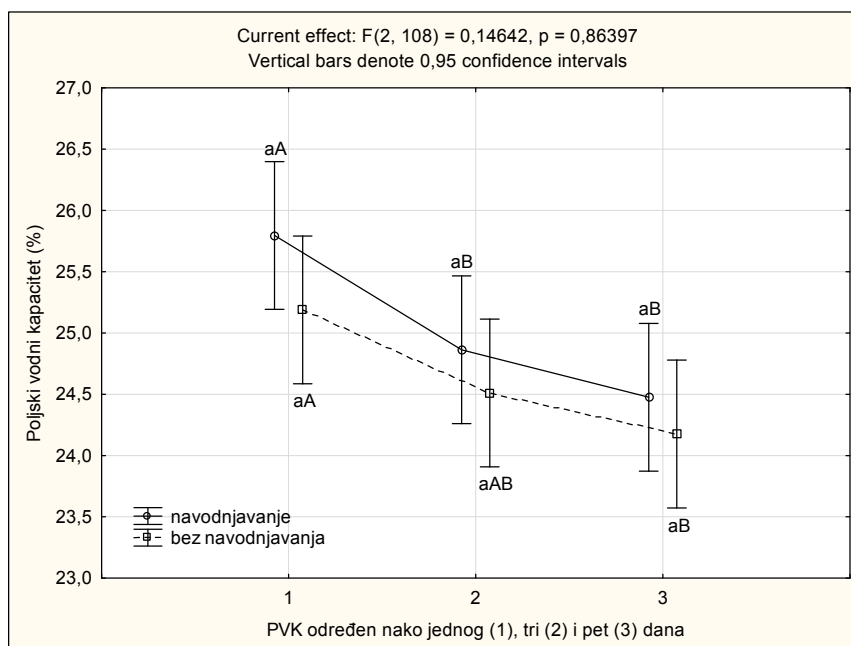
Tab. 7 Poljski vodni kapacitet (mas%) navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema do 1m

Dubina (cm)	Navodnjavano			Nenavodnjavano		
	PVK ¹	PVK ³	PVK ⁵	PVK ¹	PVK ³	PVK ⁵
0-10	26,83	26,39	25,56	25,49	25,13	24,61
10-20	25,22	24,31	24,07	24,87	23,62	23,95
20-40	25,23	23,36	23,13	24,80	23,54	23,54
40-60	25,10	24,66	23,98	25,20	24,38	24,18
60-80	26,90	26,07	25,63	25,32	25,43	25,23
80-100	25,50	24,40	24,49	25,46	24,97	23,55
sred. vr.	25,80	24,86	24,48	25,19	24,51	24,18

Srednja vrednost PVK do 1 m, na navodnjavanom černozemu, iznosila je oko 25,04%, a na nenavodnjavanom 24,62%. Utvrđene su statistički signifikantne razlike poređenjem srednjih vrednosti PVK¹ i PVK³ za dati sloj zemljišta, ali ne i između PVK³ i PVK⁵, na navodnjavanoj varijanti. Na nenavodnjavanoj varijanti značajne razlike bile su jedino između PVK¹ i PVK⁵ (Graf. 23). Ovo ukazuje na činjenicu da se se gravitaciona voda procedila nakon

trećeg dana od momenta dodavanja vode, odnosno da se vrednosti PVK³ mogu koristiti u praksi navodnjavanja, na navodnjavanom kao i na nenavodnjavanom zemljištu.

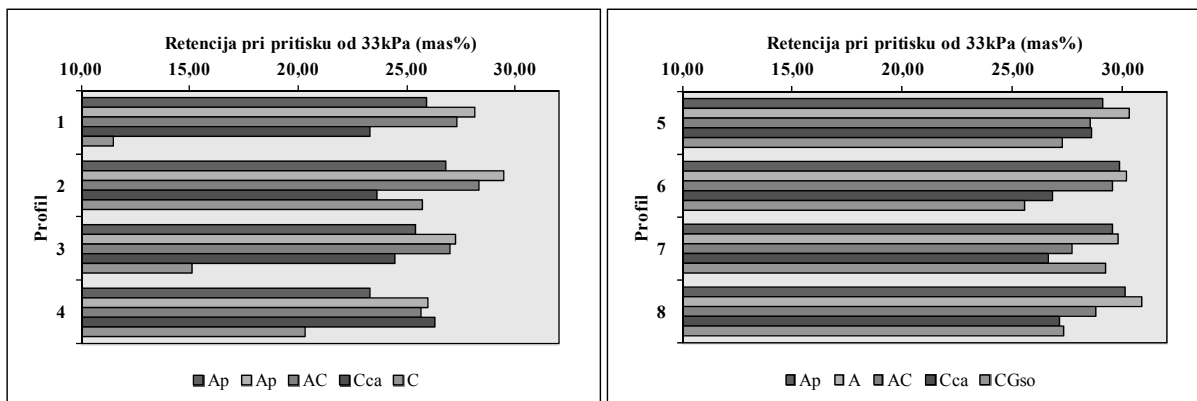
Poređenjem poljskog vodnog kapaciteta navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema određenog do 1 m dubine, nisu utvrđene statistički značajne razlike.



Graf. 23 Srednje vrednosti poljskog vodnog kapaciteta

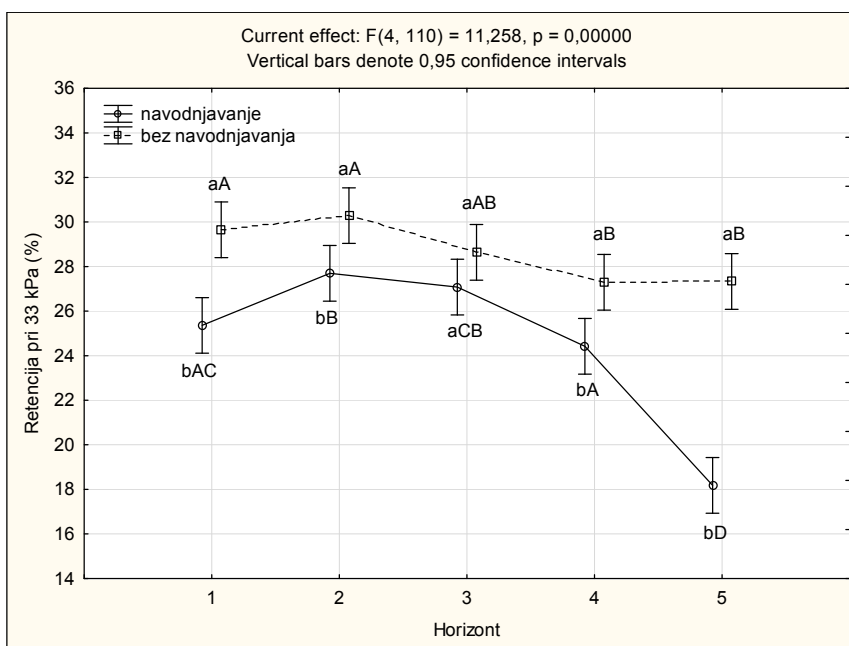
6.2.7. Retencija pri pritisku od 33kPa, 625 kPa i 1500 kPa

Pri vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta voda se u zemljištu drži snagom od 33-50 kPa, odnosno u odnosu na kapilarni potencijal pri pF 2,5-2,7. Ove vrednosti bez obzira koliko se približavaju vrednostima poljskog vodnog kapaciteta, ne mogu nositi ovaj naziv, već nose naziv retencija vlage pri pritisku od 33 kPa. Kod projektovanja zalivnog sistema, koristi se retencija vlage pri pritisku od 33 kPa umesto određivanja poljskog vodnog kapaciteta (Bošnjak i sar., 2012). Voda se u zemljištu pri lentokapilarnoj vlažnosti drži snagom od 625 kPa, odnosno pri pF 3,8, a pri vlažnosti venjenja drži se snagom od 1500 kPa, odnosno pri pF 4,2. Stoga se za određivanje ovih vodnih konstanti primenom pritiska koristi naziv retencija vlage pri pritisku od 625 kPa, odnosno 1500 kPa.



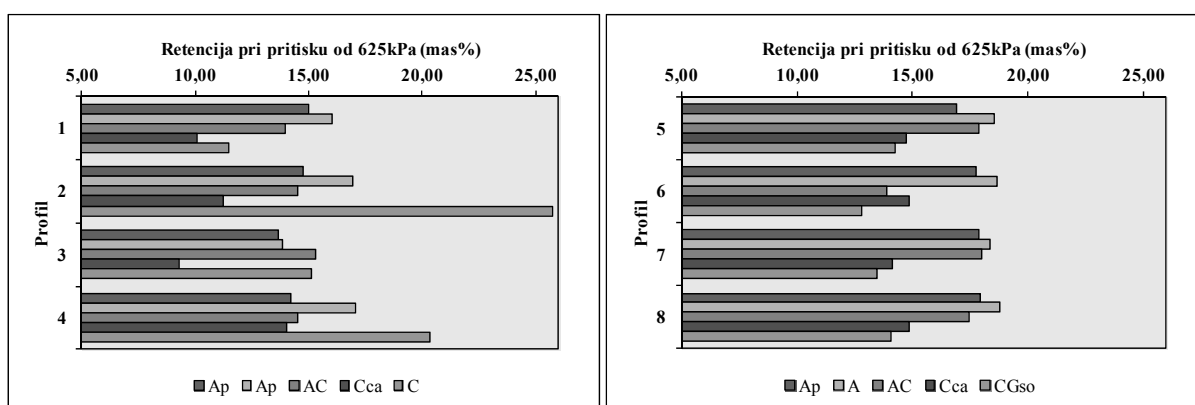
Graf. 24 Srednje vrednosti retencije pri 33 kPa po profilima

Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa (Graf. 24), kod navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 18,18 mas% u C horizontu do 27,69 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 28,36 vol% u C horizontu do 41,03 vol% u podoraničnom, A horizontu. Vrednosti retencije se povećavaju do AC horizonta, a zatim se smanjuju sa porastom dubine. Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa kod nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 27,30 mas% u Cca horizontu do 30,29 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 42,17 vol% u AC horizontu do 47,57 vol% u podoraničnom, C horizontu. Vrednosti retencije se smanjuju sa porastom dubine zemljišta.



Graf. 25 Srednje vrednosti retencije pri 33 kPa

Srednja vrednost za ceo profil navodnjavane varijante iznosila je 24,55 mas% (Tab. 8), dok je statistički značajno veća bila kod nenavodnjavane varijante, 28,64 mas%. Srednja vrednost za oranični horizont bila je 26,53 mas% na navodnjavanoj varijanti i statistički značajno veća na nenavodnjavanoj varijanti, 29,53 mas%. Poređenjem odgovarajućih horizonata navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema, uočavaju se značajno veće vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa na nenavodnjavanoj varijanti (Graf. 25), osim kod AC horizonta. Veće vrednosti retencije gornjih horizonata, kao i razlike između navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema, rezultat su različitog mehaničkog sastava, kao i većeg sadržaja organske materije, nešto bolje stabilnosti strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi i većem sadržaju mikropora nenavodnjavanog černozema.

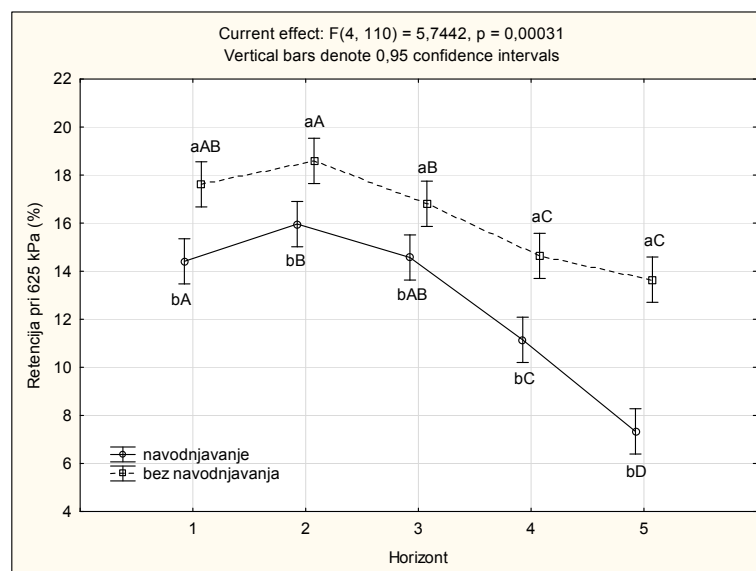


Graf. 26 Srednje vrednosti retencije pri 625 kPa po profilima

Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 625 kPa (Tab. 8, Graf. 26), kod navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 7,33 mas% u C horizontu do 15,96 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 11,44 vol% u C horizontu do 23,65 vol% u podoraničnom, A horizontu. Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti nenavodnjavane varijante poređenjem sa navodnjavanom. Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 625 kPa kod nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 13,65 mas % u C horizontu do 18,59 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 23,76 vol% u C horizontu do 28,17 vol% u podoraničnom, A horizontu. Vrednosti retencije po dubini profila imaju sličan tok na obe varijante, odnosno najpre se povećavaju u podoraničnom horizontu, a zatim smanjuju sa porastom dubine zemljišta.

Srednja vrednost za ceo profil navodnjavane varijante iznosila je 12,68 mas%, dok je značajno veća kod nenavodnjavane varijante 16,26 mas%. Srednja vrednost za humusno

akumulativni, A horizont bila je 15,19 mas% na navodnjavanoj varijanti i statistički značajno veća na nenavodnjavanoj varijanti 18,10 mas% (Graf. 27). Poređenjem odgovarajućih horizonata navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema, uočavaju se statistički značajno veće vrednosti retencije pri pritisku od 625 kPa na nenavodnjavanoj varijanti.

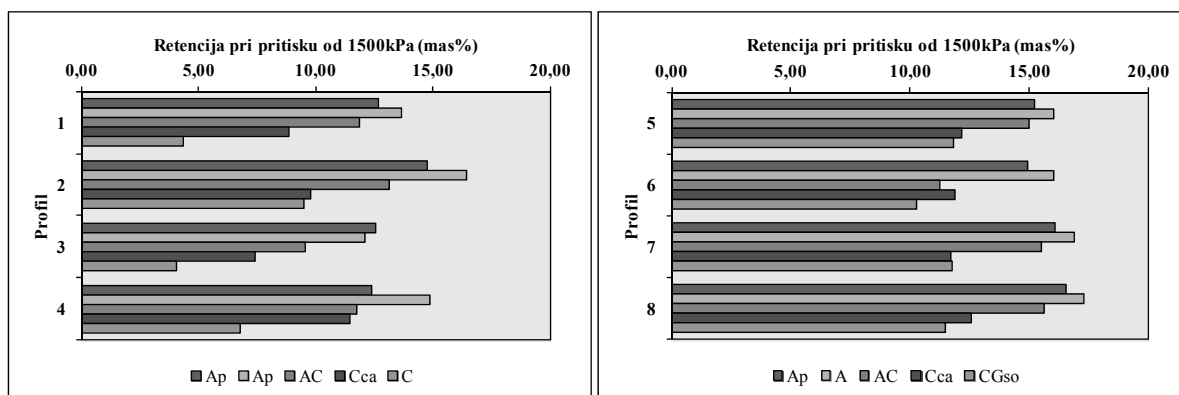


Graf. 27 Srednje vrednosti retencije pri 625 kPa

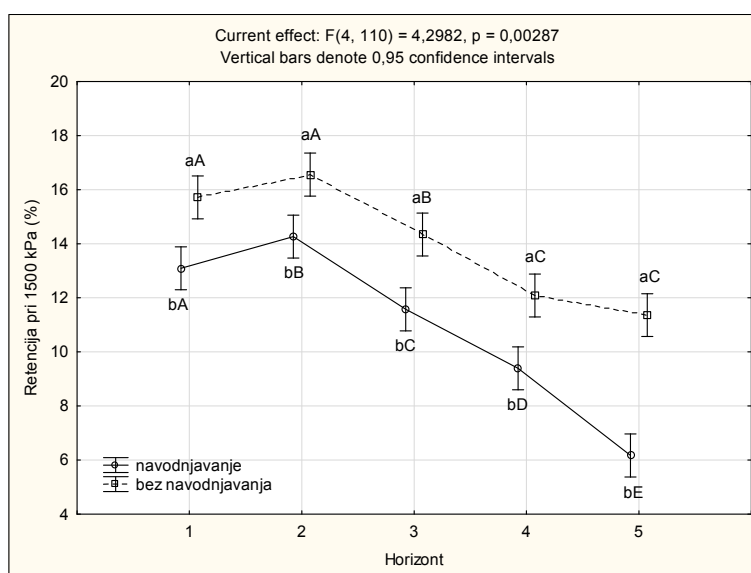
Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 1500 kPa (Tab. 8, Graf. 28) kod navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 6,17 mas% u C horizontu do 14,26 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 9,63 vol% u C horizontu do 21,13 vol% u podoraničnom, A horizontu. Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti nenavodnjavane varijante poređenjem sa navodnjavanom. Srednje vrednosti retencije pri pritisku od 1500 kPa kod nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 11,36 mas% u C horizontu do 16,56 mas% u podoraničnom, A horizontu, odnosno od 19,77 vol% u C horizontu do 25,09 vol% u podoraničnom, A horizontu. Vrednosti retencije po dubini profila imaju sličan tok na obe varijante, odnosno najpre se povećavaju u podoraničnom horizontu, a zatim smanjuju sa porastom dubine zemljišta, s tim što je smanjenje vrednosti retencije nešto oštrije kod navodnjavanog černozema, što je uslovljeno prvenstveno mehaničkim sastavom.

Srednja vrednost za ceo profil navodnjavane varijante iznosila je 10,90 mas%, dok je statistički značajno veća kod nenavodnjavane varijante, 14,01 mas%. Srednja vrednost za humusno akumulativni, A horizont bila je 13,68 mas% na navodnjavanoj varijanti i statistički značajno veća na nenavodnjavanoj varijanti, 16,14 mas%. Poređenjem odgovarajućih

horizonta navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema (Graf. 29), uočavaju se statistički značajno veće vrednosti retencije pri pritisku od 1500 kPa na nenavodnjavanoj varijanti.



Graf. 28 Srednje vrednosti retencije pri 1500 kPa po profilima



Graf. 29 Srednje vrednosti retencije pri 1500 kPa

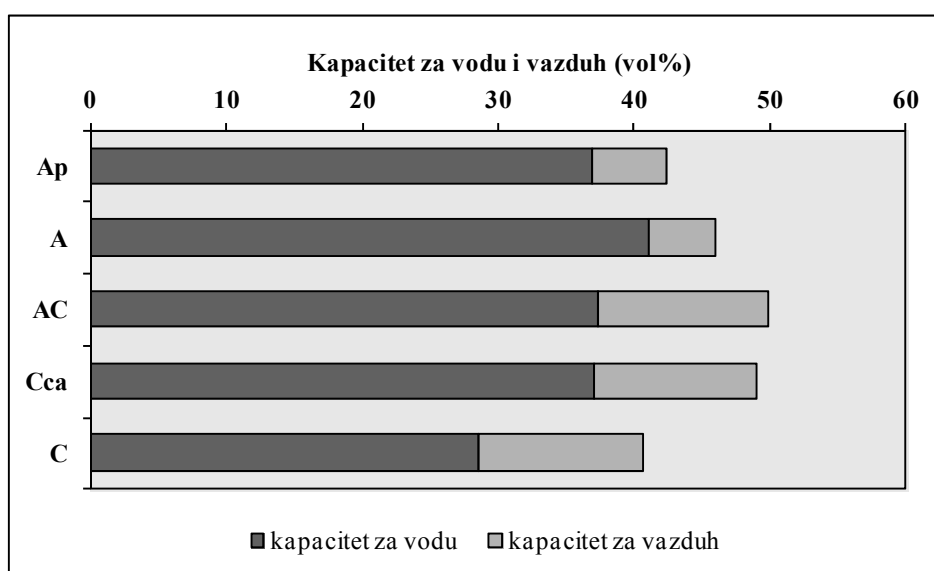
Na osnovu napred iznetih rezultata može se zaključiti da su vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa, 625 kPa i 1500 kPa manje na navodnjavanom černozemu, kao rezultat različitih fizičkih i hemijskih svojstava u poređenju sa nenavodnjavanom, prvenstveno mehaničkog sastava, kao i sadržaja organske materije, strukture i diferencijalne poroznosti. Promene retencije po dubini imaju sličan tok, odnosno vrednosti su nešto veće u podoraničnom horizontu, a zatim se smanjuju sa povećanjem dubine profila.

Tab. 8 Retencija vode navodnjavanog (N) i nenavodnjavanog (O) černozema

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)	Retencija vode pri 33 kPa				Retencija vode pri 625kPa				Retencija vode pri 1500 kPa			
			N (mas%)	N (vol%)	O (mas%)	O (vol%)	N (mas%)	N (vol%)	O (mas%)	O (vol%)	N (mas%)	N (vol%)	O (mas%)	O (vol%)
Ap	min.	25	24,96	36,45	29,22	42,57	14,26	20,82	17,33	25,25	12,74	18,60	15,41	22,45
	max.	30	25,66	37,46	30,13	43,91	14,52	21,19	17,85	26,01	13,63	19,90	16,00	23,32
	sred. vr.	28	25,36	37,02	29,65	43,21	14,41	21,04	17,62	25,67	13,09	19,11	15,71	22,90
A	min.	27	27,07	40,10	29,94	45,38	15,72	23,29	18,43	27,93	13,94	20,65	16,25	24,62
	max.	48	28,09	41,62	30,55	46,29	16,12	23,89	18,76	28,43	14,79	21,91	16,96	25,71
	sred. vr.	37	27,69	41,03	30,29	45,89	15,96	23,65	18,59	28,17	14,26	21,13	16,56	25,09
AC	min.	34	26,71	36,90	28,22	41,56	13,52	18,68	16,57	24,40	11,36	15,70	14,19	20,90
	max.	43	27,39	37,84	29,14	42,91	16,57	22,89	17,17	25,29	11,85	16,37	14,46	21,30
	sred. vr.	37	27,08	37,41	28,64	42,17	14,57	20,13	16,81	24,75	11,57	15,99	14,34	21,12
Cca	min.	34	24,03	36,52	26,77	45,56	11,05	16,78	14,45	24,60	9,13	13,88	11,71	19,93
	max.	55	25,00	37,99	27,89	47,47	11,25	17,10	14,84	25,26	9,70	14,74	12,49	21,25
	sred. vr.	48	24,42	37,10	27,30	46,46	11,14	16,93	14,64	24,91	9,39	14,27	12,09	20,57
C	min.	30	17,98	28,05	26,11	45,44	7,21	11,26	13,47	23,44	6,03	9,40	11,02	19,17
	max.	60	18,41	28,72	29,15	50,73	7,45	11,62	13,93	24,25	6,29	9,81	11,77	20,48
	sred. vr.	42	18,18	28,36	27,33	47,57	7,33	11,44	13,65	23,76	6,17	9,63	11,36	19,77
	sred. vr. A		26,53	39,03	29,97	44,55	15,19	22,35	18,10	26,92	13,68	20,12	16,14	23,99
	sred. vr. za sve horizonte		24,55	36,19	28,64	45,06	12,68	18,64	16,26	25,45	10,90	16,03	14,01	21,89

6.2.8. Kapacitet za vodu i vazduh

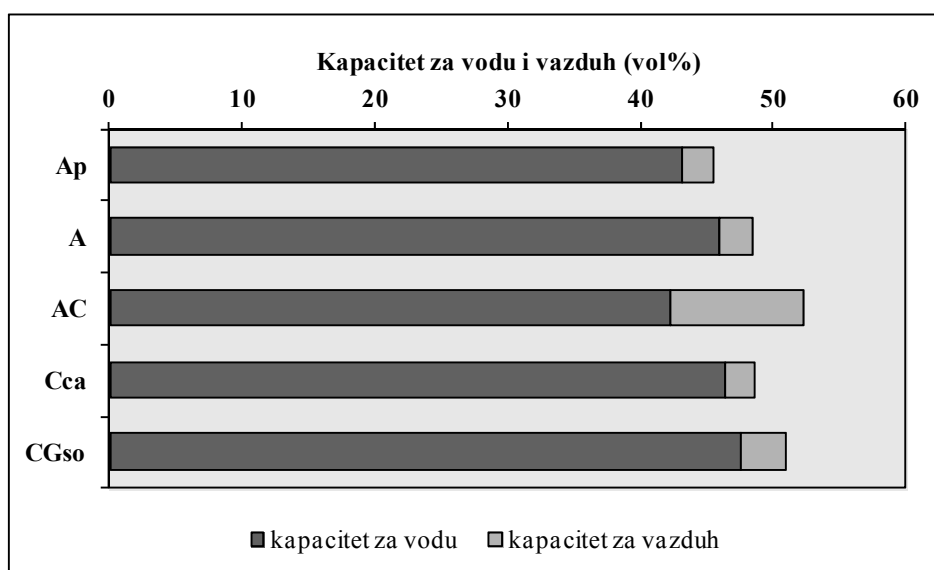
Analogno kapacitetu za vodu ranije je pridavan poseban značaj i kapacitetu za vazduh zemljišta, mada sa gledišta izmene gasova i aeracije zemljišta u celini ovakva konstanta predstavlja samo jedan uski interval stanja, obima gasovite faze u zemljištu. Po definiciji kapacitet za vazduh je deo ukupne poroznosti zemljišta ispunjen vazduhom pri stanju vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta. Očigledno, to je jedna trenutna veličina pod strogo određenim uslovima, pa samim tim ne može da bude osnova za ocenu aeracije zemljišta. Iako kapacitet za vazduh ne može da služi za ocenjivanje pogodnosti zemljišta za biljnu proizvodnju, ipak je od izuzetne koristi kao pouzdana indikacija neophodnih mera u cilju stvaranja „kulturnog” zemljišta (Vučić, 1987).



Graf. 30 Kapacitet zemljišta za vodu i vazduh za navodnjavani černozem

Srednje vrednosti kapaciteta za vodu kod navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 29,99 vol% u C horizontu do 35,67 vol% u oraničnom, Ap horizontu. Vrednosti kapaciteta za vazduh varirale su od 4,89 vol% u A horizontu do 12,53 vol% u AC horizontu (Graf 30), koje ukazuju na slab do srednji kapacitet za vazduh prema klasifikaciji po Miljkoviću (2005). Sa porastom dubine zemljišta smanjuju se vrednosti kapaciteta za vodu, a povećavaju vrednosti kapaciteta za vazduh. Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti

kapaciteta za vodu, kao i statistički značajno manje vrednosti kapaciteta za vazduh u A i Ap horizontu u odnosu na dublje horizonte zemljišta (Graf. 32 i 33).

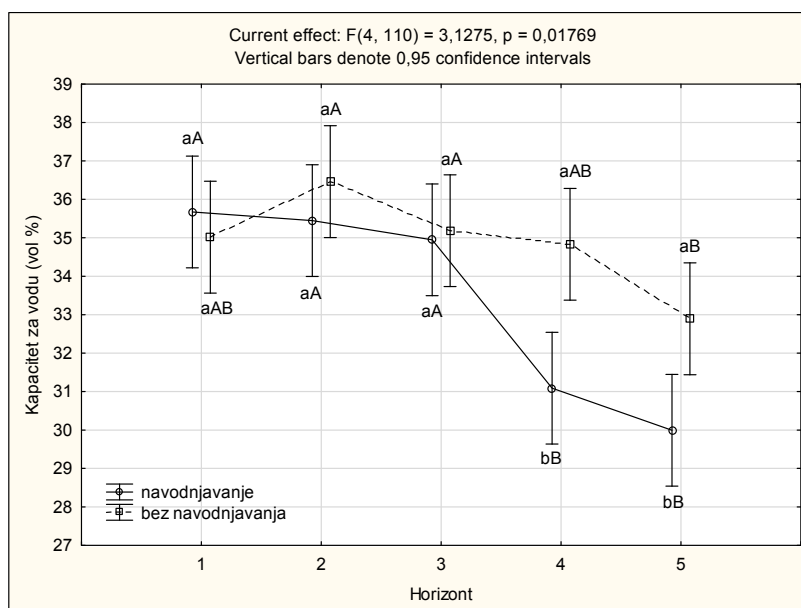


Graf. 31 Kapacitet zemljišta za vodu i vazduh za nenavodnjavani černozem

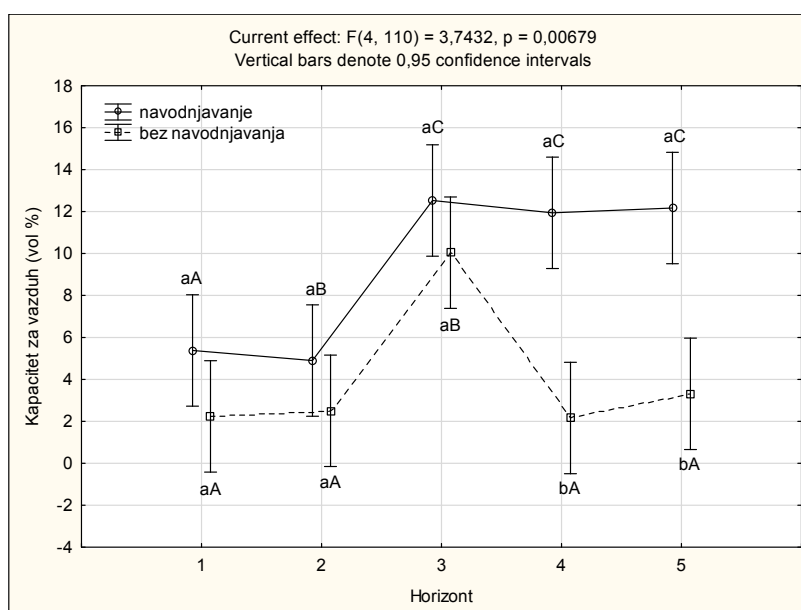
Srednje vrednosti kapaciteta za vodu kod nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 32,89 vol% u C horizontu do 36,46 vol% u podoraničnom, A horizontu. Vrednosti kapaciteta za vazduh iznosile su oko 2-3 vol%, koje ukazuju na krajnje nepovoljan kapacitet za vazduh, osim kod AC horizontu gde je utvrđena nešto veća vrednosti od 10,04 vol% (Graf. 31), koji prema klasifikaciji po Miljkoviću spada u slab vazdušni kapacitet. Vrednosti kapaciteta za vodu su približno iste po dubini profila (Graf. 32), osim u CGso horizontu, a statistički značajno veće vrednosti kapaciteta za vazduh izmerene su u AC horizontu (Graf. 33).

Srednja vrednost kapaciteta za vodu za ceo profil navodnjavane varijante iznosila je 33,43 vol% i bila je približno ista kod nenavodnjavane varijante 34,87 vol%. Srednja vrednost kapaciteta za vodu za humusno akumulativni, A horizont bila je oko 36 vol% na obe varijante. Srednja vrednost kapaciteta za vazduh za ceo profil navodnjavane varijante iznosila je 9,38 vol%, dok je kod nenavodnjavane varijante statistički značajno manji i iznosi 4,05 vol%. Srednja vrednost kapaciteta za vazduh za humusno akumulativni, A horizont bila je oko 5 vol% na navodnjavanoj i oko 2 vol% na nenavodnjavanoj varijanti. Poređenjem odgovarajućih horizonata navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema, uočavaju se statistički značajno veće vrednosti kapaciteta za vazduh i statistički značajno manje vrednosti kapaciteta za vodu

jedino u C horizontu navodnjavane varijante, što je uslovljeno različitim fizičkim svojstvima ovog horizonta zemljišta.



Graf. 32 Kapacitet zemljišta za vodu



Graf. 33 Kapacitet zemljišta za vazduh

Prikazani rezultati ukazuju na izuzetno loš vazdušni kapacitet zemljišta, posebno izražen u površinskim horizontima, koji prema klasifikaciji po Miljkoviću (2005) imaju slab, pa čak i krajnje nepovoljan kapacitet za vazduh, posebno izražen kod nenavodnjavanog černozema.

Međutim, nije utvrđen uticaj navodnjavanja na vazdušni kapacitet zemljišta. Razlike u vrednostima kapaciteta za vazduh u dubljim horizontima zemljišta su prvenstveno uslovljene razlikama u fizičkim svojstvima ispitivanog zemljišta.

6.2.9. Infiltracija

Infiltracija predstavlja sposobnost zemljišta da upija vodu, pri čemu se pore popunjavaju vodom do zasićenja, a zatim je sprovodi u dublje slojeve. Infiltracija se odvija u površinskom sloju zemljišta i izražava se slojem upijene vode, kao sumarna (cm) i kao trenutna infiltracija u jedinici vremena (cm/h). Brzina upijanja vode je vrlo promenljiva osobina zemljišta i zavisi ne samo od trenutnog stanja parcele, već i od svakog agrotehničkog zahvata. Osim toga, na infiltraciju utiče čitav niz ostalih osobina zemljišta – mehanički sastav, struktura i stabilnost strukturnih agregata, poroznost, prisustvo iluvijalnog horizonta i alkalizacija zemljišta.

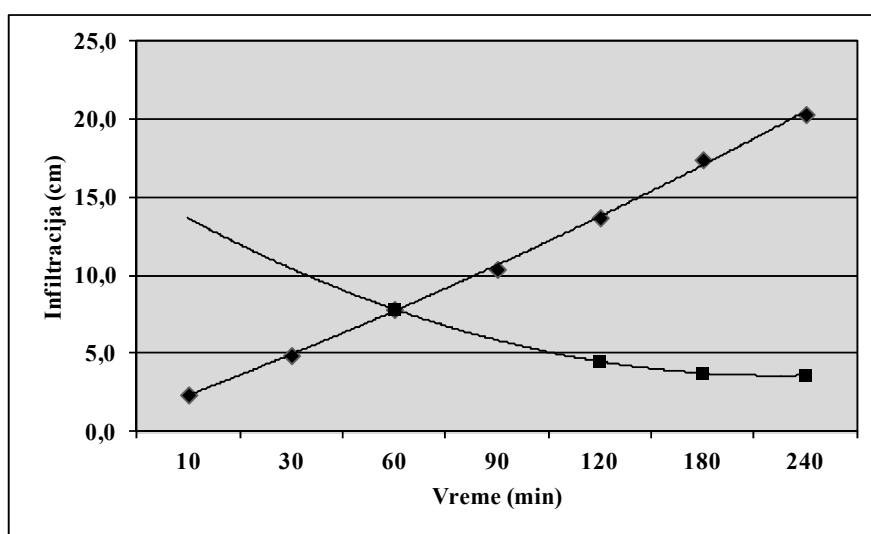
Vrednosti infiltracije se menjaju u toku vremena, najveće su u prvom satu merenja, zatim opadaju da bi se nakon četvrtog sata vrednosti ustalile, odnosno dobile konstantne vrednosti (Graf. 36, 37).

Tab. 10 Trenutna infiltracija (cm/h) navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema

Profil	Interval merenja (min)	Infiltracija (cm/h)	Profil	Interval merenja (min)	Infiltracija (cm/h)
1	60	7,23	5	60	12,73
	120	5,50		120	5,10
	180	2,95		180	3,70
	240	2,88		240	3,17
2	60	8,78	6	60	44,63
	120	6,80		120	35,33
	180	6,08		180	16,75
	240	5,88		240	15,63
3	60	5,18	7	60	16,90
	120	3,30		120	7,77
	180	2,83		180	6,13
	240	2,70		240	6,07
4	60	10,15	8	60	43,90
	120	4,95		120	17,53
	180	3,08		180	13,98
	240	3,00		240	12,25

Srednje vrednosti trenutne infiltracije navodnjavanog černozema u prvom času merenja varirale su u intervalu od 5,18 cm/h (profil 3) do 10,15 cm/h (profil 4), a u poslednjem času merenja od 2,70 cm/h (profil 3) do 5,88 cm/h (profil 2). Utvrđene su značajne statističke razlike između vrednosti infiltracije po profilima merene u prvom kao i u poslednjem času. Na osnovu meliorativne ocene zemljišta prema Kovdi (JDPZ, 1997), infiltracija navodnjavanog černozema u poslednjem času merenja je u rasponu od niske, gde je opasnost od erozije jaka, do dobre infiltracije sa slabom opasnosti od erozije.

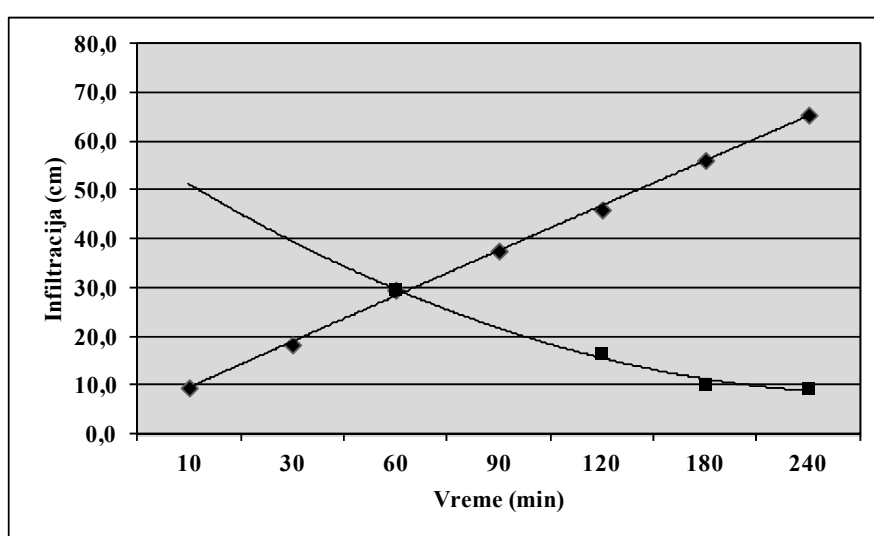
Srednje vrednosti trenutne infiltracije nenavodnjavanog černozema (Tab. 10) u prvom času merenja varirale su intervalu od 12,73 cm/h (profil 5) do 44,63 cm/h (profil 6), a u poslednjem času merenja od 3,17 cm/h (profil 5) do 15,63 cm/h (profil 6). Utvrđene su značajne statističke razlike između vrednosti infiltracije po profilima merene u prvom, kao i u poslednjem času (Graf. 38). Na osnovu meliorativne ocene zemljišta, prema Kovdi, infiltracija nenavodnjavanog černozema u poslednjem času merenja je u rasponu od zadovoljavajuće gde je opasnost od erozije slaba, do optimalne infiltracije sa takođe slabom opasnosti od erozije.



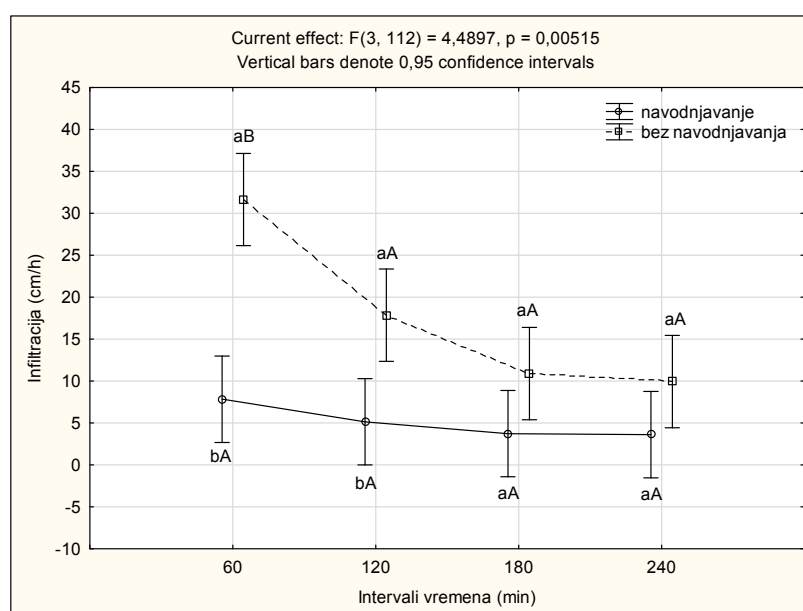
Graf. 36 Srednje vrednosti infiltracije navodnjavane varijante

Srednja vrednost trenutne infiltracije u prvom času merenja iznosila je 7,83cm/h i 31,64cm/h, a u poslednjem času merenja od 3,61cm/h i 9,94cm/h (Graf. 36 i 37), kod navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema redom. Srednje vrednosti sumarne infiltracije na navodnjavanom černozemu iznose 20,3 cm, a na nenavodnjavanom 65,4 cm. Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti trenutne infiltracije merene u prvom času na

nenavodnjavanom černozemu, što može biti uslovljeno manjom početnom vlažnošću zemljišta. U ostalim časovima merenja nisu ustanovljene statistički značajne razlike između trenutne infiltracije navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema. Na osnovu meliorativne ocene zemljišta, prema Kovdi, infiltracija navodnjavanog černozema u prvom času merenja je dobra, a opasnost od erozije je slaba, dok je kod nenavodnjavanog černozema opasnost od erozije visoka, uz opasnost od zabarivanja. Infiltracija u poslednjem času merenja je zadovoljavajuća kod navodnjavane varijante i dobra kod nenavodnjavane varijante sa slabom opasnošću od erozije.



Graf. 37 Srednje vrednosti infiltracije nenavodnjavane varijante

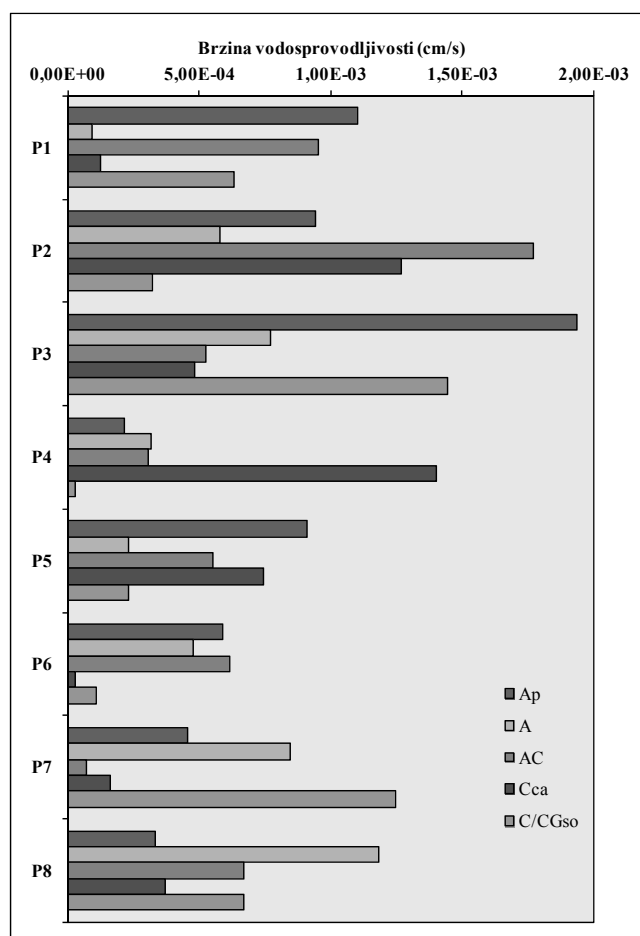


Graf. 38 Srednje vrednosti trenutne infiltracije

Vrednosti koeficijenta infiltracije (α) obračunate su pomoću formule Kostjakova (1952, cit. Vučić, 1976). Vrednosti koeficijenta α , predstavljaju stvarni pokazatelj infiltracije, koji malo zavise od količine upijene vode, već više od navedenih individualnih svojstava zemljišta. Koeficijent infiltracije navodnjavanog černozema bio je 0,31, a nenavodnjavanog statistički značajno veći i iznosio je 0,45. Vrednosti koeficijenta su u okviru graničnih vrednosti za poljoprivredna zemljišta koji, prema Vučiću (1987), variraju od 0,3 do 0,8.

6.2.10. Vodosprovodljivost

Brzina vodosprovodljivosti služi kao baza za projektovanje prvenstveno u odvodnjavanju, pa sa te strane indirektno služi i navodnjavanju gde je od posebnog interesa poznavanje brzine kojom se suvišna voda odstranjuje iz zemljišta. Pošto se zemljište zasiti vodom i kada su sve pore ispunjene vodom, počinje njeno proceđivanje kroz zemljišne slojeve, manjom ili većom brzinom, koja se karakteriše kao k-Darcy i izražava u cm/sec.



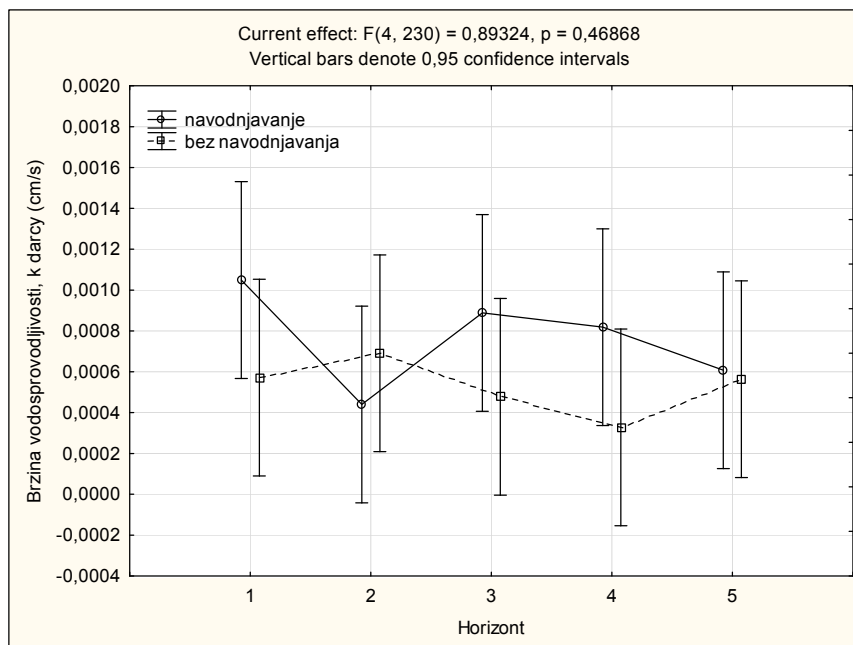
Graf. 34 Srednje vrednosti filtracije po profilima

Srednje vrednosti vodosprovodljivosti kod navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od $8,88 \cdot 10^{-4}$ cm/sec u AC horizontu do $1,05 \cdot 10^{-3}$ cm/sec u oraničnom, Ap horizontu (Tab. 9), što je prema Vukašinoviću (JDPZ, 1971) karakteristično za srednje do jako propusna zemljišta. Najmanje srednje vrednosti k-Darcy-a za sve ispitivane profile navodnjavane varijante utvrđene su u podoraničnom, A horizontu ($9,08 \cdot 10^{-5}$) kod profila 1 (Graf. 34), što ukazuje na postojanje slabo propusnog horizonta kod ovog profila. Najveća vrednost k-Darcy-a izmerena je u oraničnom, Ap horizontu profila 3 ($1,94 \cdot 10^{-3}$ cm/sec), koji se klasifikuje kao jako propusan.

Srednje vrednosti vodosprovodljivosti kod nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od $5,63 \cdot 10^{-4}$ cm/sec u C horizontu do $1,28 \cdot 10^{-3}$ cm/sec u podoraničnom, A horizontu (Tab. 9), što je prema Vukašinoviću (1971) karakteristično za srednje do jako propusna zemljišta. Najmanje srednje vrednosti k-Darcy-a za sve ispitivane profile nenavodnjavane varijante utvrđene su u prelaznom, AC horizontu ($7,22 \cdot 10^{-5}$ cm/sec) kod profila 7 (Graf. 34), što ukazuje na postojanje slabo propusnog horizonta kod ovog profila. Najveća vrednost k-Darcy-a izmerena je u oraničnom, Ap horizontu profila 5 ($9,1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec), koji se klasifikuje kao jako propusan.

Tab. 9 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti vodosprovodljivosti (cm/sec) navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)	Brzina vodosprovodljivosti (cm/sec)	
			Navodnjavano	Nenavodnjavano
Ap	min.	25	2,15E-04	3,33E-04
	max.	30	1,94E-03	9,10E-03
	sred. vr.	28	1,05E-03	2,62E-03
A	min.	27	9,08E-05	4,77E-04
	max.	48	7,71E-04	2,60E-03
	sred. vr.	37	4,40E-04	1,28E-03
AC	min.	34	3,06E-04	7,22E-05
	max.	43	1,77E-03	6,67E-04
	sred. vr.	37	8,88E-04	4,77E-04
Cca	min.	34	1,25E-04	3,06E-05
	max.	55	1,40E-03	7,47E-04
	sred. vr.	48	8,18E-04	3,28E-04
C/CGso	min.	30	2,95E-05	1,07E-04
	max.	60	1,44E-03	1,25E-03
	sred. vr.	42	6,07E-04	5,63E-04



Graf. 35 Srednje vrednosti vodosprovodljivosti

Nije utvrđen uticaj navodnjavanja na brzinu vodosprovodljivosti (Graf. 35). Srednje vrednosti navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema varirale su u granicama reda veličine 10^{-4} , odnosno spadaju u kategoriju srednje propusnog zemljišta. Takođe, nije utvrđeno ni statistički značajnije variranje vodosprovodljivosti po dubini profila.

6.2.11. Struktura zemljišta

Mehanički elementi zemljišta (pesak, prah i glina), vrlo retko zadržavaju svoju individualnost, već su uglavnom međusobno splejane u strukturne agregate različitih veličina i oblika. Među fizičkim svojstvima zemljišta struktura ima izuzetno mesto zbog velikog uticaja na vodni, vazdušni i toplotni režim, na plodnost i služi kao pokazatelj njegove produktivnosti. U svim zemljištima u procesu pedogeneze stvara se karakteristična struktura, koja se pri korišćenju zemljišta u biljnoj proizvodnji može pogoršati ili poboljšati, koja je u intenzivnoj proizvodnji izložena negativnom dejstvu mehanizacije i vode. Ćirić et al. (2012) navode da distribucija strukturnih agregata značajno zavisi od tipa zemljišta, kao i od načina njegovog korišćenja.

Struktura zemljišta analizirana je u oraničnom, podoraničnom i prelaznom horizontu svih ispitivanih profila.

6.2.11.1. Suvo prosejavanje

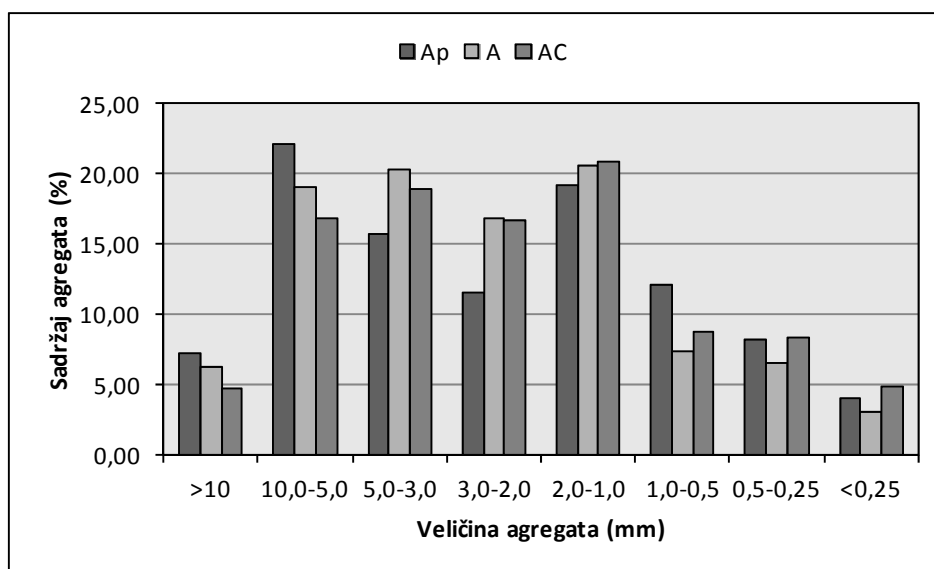
Sa agronomskog aspekta, u pogledu forme i veličine agregata, najpovoljnija je ona struktura u kojoj dominiraju mezoagregati, prečnika 0,25-10 mm (mrvičasti i graškasti agregati), visoke vodootpornosti, poroznosti i mehaničke čvrstoće (Vučić, 1976). U cilju agronomske ocene strukture obračunava se koeficijent strukturnosti (k), kao pokazatelj strukturnog stanja zemljišta, a koji se izračunava iz odnosa procentualnog sadržaja mezoagregata veličine 0,25-10 mm i sume mega i mikroagregata ($>10 + <0,25$ mm) (Gajić, 2006). Prema Šein-u (2001, cit. Gajić et al., 2014) ukoliko je koeficijent strukturnosti veći od 1,5 zemljište ima dobru strukturu, ako je između 1,5 i 0,67 zadovoljavajuću i ako je manji od 0,67 zemljište ima nezadovoljavajuću strukturu. U najvećem broju slučajeva agregati se dele na tri grupe: megaagregati (>10 mm), makroagregati (10 mm-0,25mm) i mikroagregati ($<0,25$ mm).

Tab. 11 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja stukturnih agregata i koeficijenta strukturnosti, po genetičkim horizontima, navodnjavana varijanta

Horizont	Vrednost	Moćnost (cm)	Dimenzije agregata (mm)								Koef. strukt. k
			>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
			Sadržaj agregata (%)								
Ap	min.	25	0,64	13,99	11,61	8,88	10,17	2,92	2,16	1,09	3,39
	max.	30	21,67	37,48	19,47	13,43	25,24	19,96	12,41	6,95	16,43
	sred. vr.	28	7,15	22,11	15,70	11,53	19,21	12,06	8,17	4,06	9,68
A	min.	20	0,94	11,56	17,81	15,09	17,77	4,83	3,17	1,47	6,74
	max.	49	11,45	25,38	24,33	20,07	24,57	10,29	9,76	6,28	15,51
	sred. vr.	35	6,26	19,13	20,32	16,89	20,53	7,31	6,49	2,99	10,54
AC	min.	30	2,21	9,89	15,45	13,63	17,41	6,77	4,50	2,44	6,95
	max.	40	8,07	23,68	23,92	19,52	24,69	10,78	13,00	6,98	13,79
	sred. vr.	35	4,66	16,80	18,91	16,69	20,87	8,80	8,38	4,89	9,85
	sred. vr.		6,02	19,35	18,31	15,04	20,20	9,39	7,68	3,98	10,02

U oraničnom horizontu navodnjavanog černozema najveći je sadržaj makroagregata 5-10 mm (22,11%) i 1-2 mm (19,21%). Srednja vrednost sadržaja agregata >10 mm iznosi 7,15%, a agregata $<0,25$ mm iznosi 4,06% u oraničnom horizontu (Graf. 39, Tab. 11). Sa povećanjem dubine profila smanjuje se udeo makroagregata, dok je sadržaj mikroagregata nezatno manji u podoraničnom horizontu. U prelaznom, AC horizontu smanjen je sadržaj makroagregata, značajno povećan sadržaj mikroagregata. Prosečan sadržaj agregata 1-5 mm u oraničnom

horizontu iznosi 46,44% i nešto veći u podoraničnom, 57,74% i prelaznom, AC horizontu, 56,47%. Koeficijent strukturnosti bio je u intervalu od 9,68 u oraničnom i 10,02 u prelaznom, AC horizontu, dok je neznatno veći u podoraničnom horizontu, 10,54. U proseku za ispitivane horizonte zemljišta dominantan je sadržaj makroagregata 10-1 mm, a koeficijent strukturnosti iznosi 10,02.



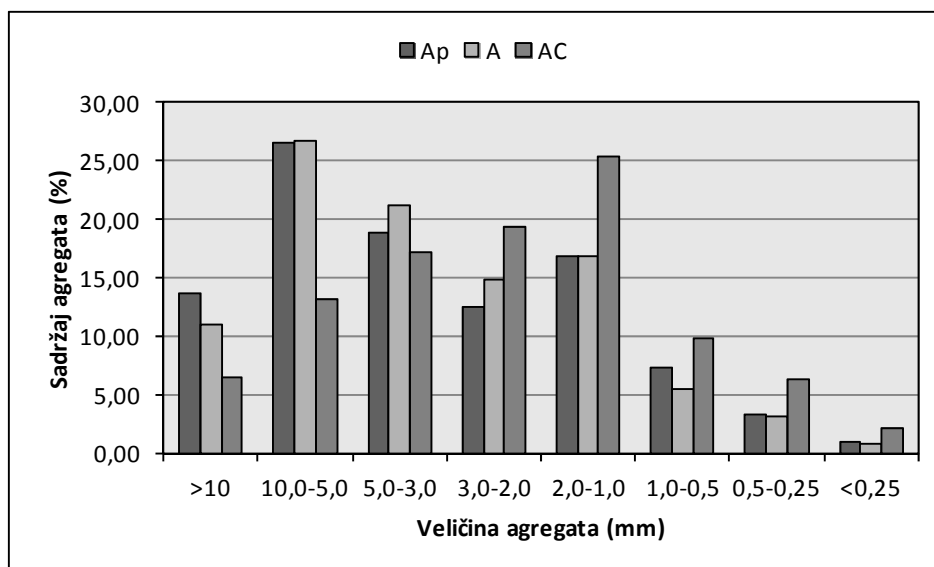
Graf. 39 Srednje vrednosti sadržaja strukturnih agregata navodnjavane varijante

U oraničnom horizontu nenavodnjavanog černozema najveći je sadržaj makroagregata 5-10 mm (26,34%) i 5-3 mm (18,83%). Srednja vrednost sadržaja agregata >10 mm iznosi 13,72% a agregata <0,25 iznosi 0,94% u oraničnom horizontu (Graf. 40, Tab. 12). Sa povećanjem dubine profila smanjuje se udeo makroagregata, dok je sadržaj mikroagregata neznatno manji u podoraničnom horizontu. U prelaznom, AC horizontu značajno je smanjen sadržaj makroagregata, a povećan sadržaj mikroagregata. Prosečan sadržaj agregata 1-5 mm u oraničnom horizontu iznosi 48,27%, i nešto veći u podoraničnom 52,87% i značajno veći u prelaznom, AC horizontu 61,91%. Koeficijent strukturnosti bio je u intervalu od 7,99 u oraničnom i 9,91 u podoraničnom horizontu, dok je neznatno veći u AC horizontu, 10,99. U proseku za ispitivane horizonte zemljišta dominantan je sadržaj makroagregata 10-1 mm, a koeficijent strukturnosti iznosi 9,63.

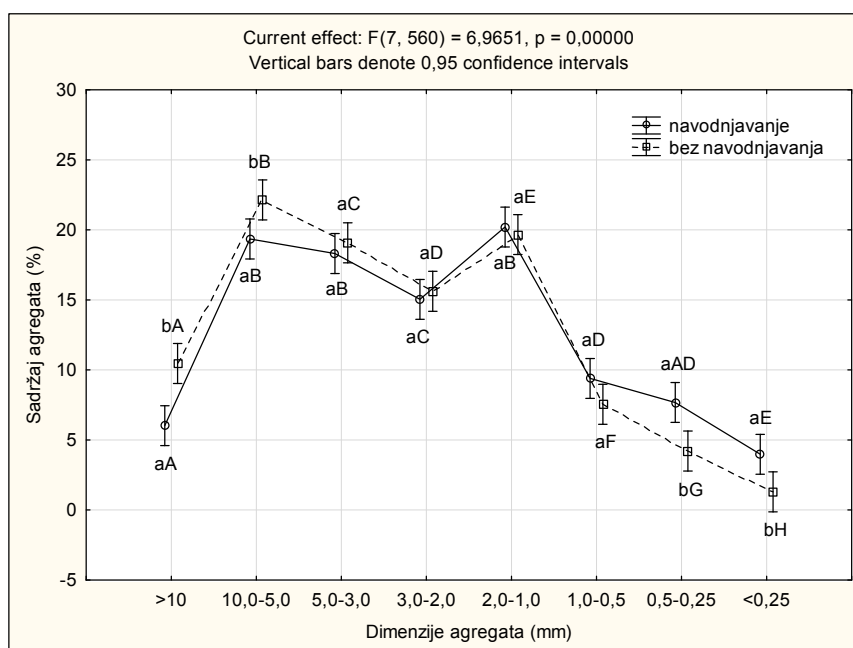
Tab. 12 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja stukturnih agregata i koeficijenta struktornosti, po genetičkim horizontima, nenavodnjavana varijanta

Horizont	Vrednost	Moćnost (cm)	Dimenzije agregata (mm)								Koef. strukt. k
			>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
			Sadržaj agregata (%)								
Ap	min.	25	4,73	12,55	14,38	8,63	8,96	1,97	0,61	0,19	2,76
	max.	30	26,08	36,98	24,64	19,13	26,30	13,49	5,91	1,95	17,42
	sred. vr.	28	13,72	26,34	18,83	12,57	16,87	7,32	3,25	0,94	7,99
A	min.	27	3,58	19,73	18,26	10,45	9,91	1,65	1,82	0,40	2,86
	max.	48	25,50	33,51	23,34	17,61	22,57	9,57	5,10	1,42	18,98
	sred. vr.	37	11,09	26,66	21,18	14,90	16,79	5,50	3,09	0,80	9,91
AC	min.	34	4,66	5,57	14,14	16,41	21,49	7,29	4,13	1,16	7,66
	max.	43	9,41	18,44	19,33	23,74	29,94	11,44	8,65	2,96	16,29
	sred. vr.	37	6,58	14,91	17,22	19,36	25,33	9,82	6,29	2,15	10,99
	sred. vr.		10,46	22,64	19,08	15,61	19,66	7,55	4,21	1,30	9,63

Poređenjem sadržaja makroagregata utvrđen je statistički značajno veći sadržaj u oraničnom i podoraničnom horizontu nenavodnjavanog černozema, dok je sadržaj mikroagregata bio statistički značajno veći na navodnjavanom černozemu (Graf. 42). U oraničnom horizontu zemljišta utvrđen je statistički značajno veći sadržaj agregata 0,5-0,25 mm i agregata 1-0,5 mm, kao i statistički značajno manji udeo agregata 5-3 mm na navodnjavanoj varijanti. U podoraničnom horizontu zemljišta utvrđen je statistički značajno veći sadržaj agregata 0,5-0,25 mm i statistički značajno manji udeo agregata 10-5, 3-2 i 2-1 mm na navodnjavanoj varijanti. U prelaznom, AC horizontu statistički značajno manji udeo makroagregata od 3-2 i 2-1 mm i statistički značajno veći sadržaj agregata 0,5-0,25 mm, ustanovljen je kod navodnjavanog černozema. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između koeficijenta struktornosti navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema posmatrano po pojedinim horizontima.

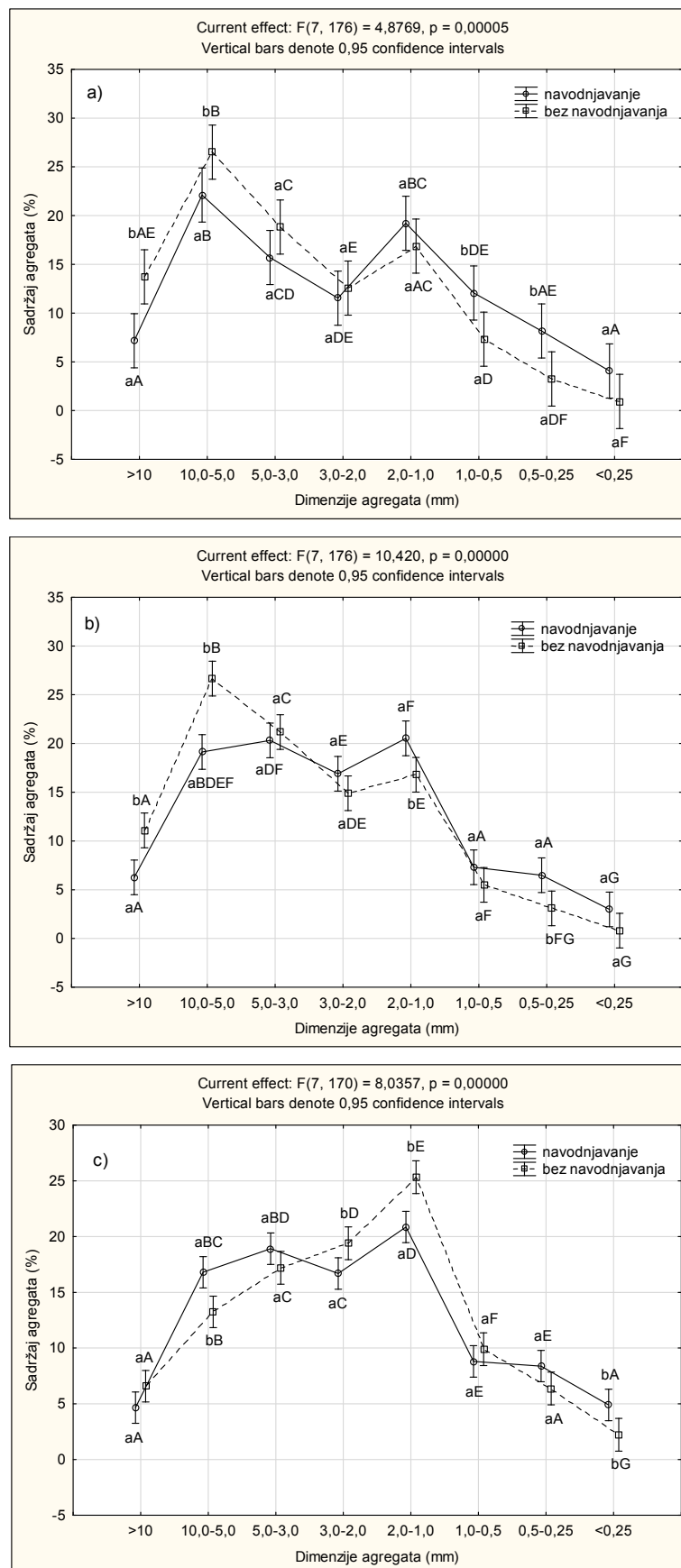


Graf. 40 Srednje vrednosti sadržaja strukturalnih agregata nenavodnjavane varijante



Graf. 41 Srednje vrednosti sadržaja strukturalnih agregata (%), prosek za ispitivane horizonte

Poređenjem sadržaja strukturalnih agregata za ispitivane horizonte zemljišta, utvrđen je statistički značajno veći sadržaj agregata većih od 5 mm kod nenavodnjavanog černozema, dok je sadržaj agregata manjih od 0,5 mm bio statistički značajno veći na navodnjavanom černozemu (Graf. 41). Sadržaj ostalih strukturalnih agregata bio je približno isti na obe varijante.



Graf. 42 Srednje vrednosti sadržaja strukturnih agregata (%) po genetičkim horizontima

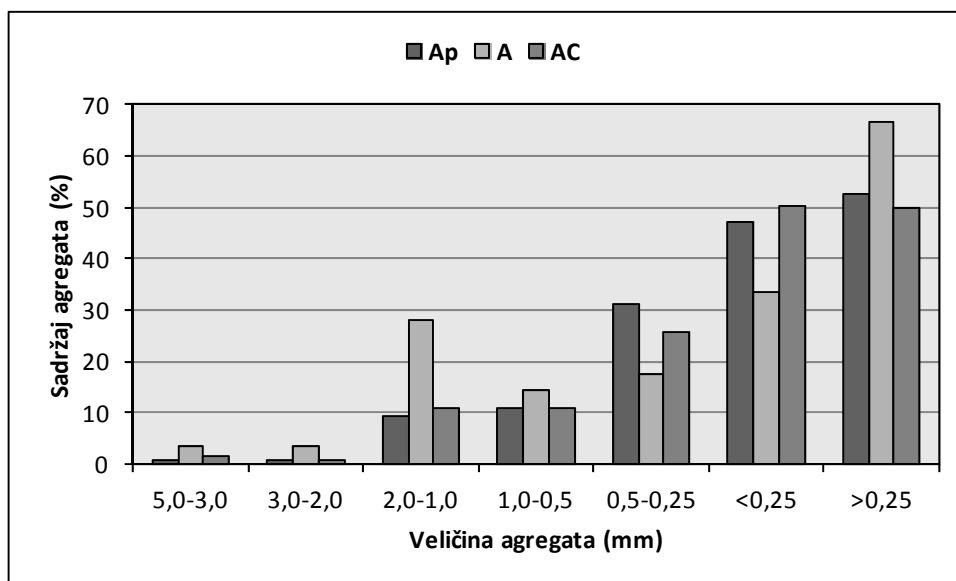
6.2.11.2. Mokra prosejavanje

Ocena stabilnosti strukturnih agregata se određuje na osnovu otpornosti strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi. Nestabilna struktura smanjuje infiltraciju i brzinu vodosprovodljivosti, povećava evaporaciju, pogoršava aeraciju, omogućava stvaranje pokorice i ukoliko postoje ostali uslovi intenzivira pojavu irigacione erozije. Prema klasifikaciji Kačinskog (cit. Шейн et al., 2001.) stabilnost makroagregata prema rasplinjavanju u vodi je izuzetno visoka ako je procentualni sadržaj agregata, većih od 0,25 mm nakon mokrog prosejavanja, veći od 75%, odlična 65-75%, dobra 40-60%, zadovoljavajuća 30-40%, srednja 20-30%, nezadovoljavajuća 10-20% i nestabilna ako je manji od 10%.

Tab. 13 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja stukturnih agregata dobijenih mokrim prosejavanjem, po genetičkim horizontima, navodnjavana varijanta

Horizont	Vrednost	Moćnost (cm)	Dimenzije agregata (mm)						
			5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	>0,25
			Sadržaj agregata (%)						
Ap	min.	25	0,04	0,06	1,38	1,42	18,60	28,04	33,02
	max.	30	1,68	2,26	17,44	19,46	60,96	66,98	71,96
	sred. vr.	28	0,56	0,72	9,49	10,79	31,19	47,25	52,76
A	min.	20	0,02	0,14	4,46	6,80	10,56	23,84	44,50
	max.	49	13,98	7,94	42,52	35,98	30,98	55,50	76,16
	sred. vr.	35	3,55	3,43	28,01	14,20	17,37	33,44	66,56
AC	min.	30	0,04	0,08	1,84	3,56	17,52	28,92	27,06
	max.	40	10,50	3,22	29,42	22,34	36,16	72,94	71,08
	sred. vr.	35	1,46	0,88	11,03	10,74	25,60	50,29	49,71
	sred. vr.		1,86	1,68	16,18	11,91	24,72	43,66	56,34

U oraničnom i podoraničnom horizontu navodnjavanog zemljišta dominantan je sadržaj makroagregata (Tab. 13., Graf 43). U A i Ap horizontu navodnjavanog černozema najveći je sadržaj makroagregata veličine 0,5-0,25 mm (31,19% i 25,60%), dok je u AC horizontu najveći udeo agregata veličine 2-1 mm (28,01%). Stabilnost makroagregata prema rasplinjavanju u vodi je dobra u oraničnom i prelaznom horizontu, a odlična u podoraničnom prema klasifikaciji Kačinskog (cit. Шейн et al., 2001).

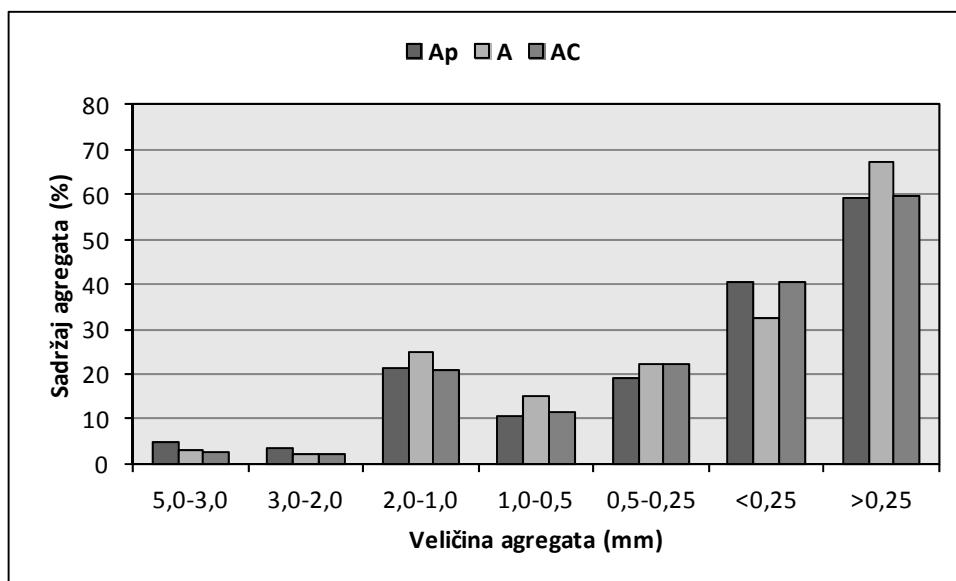


Graf. 43 Srednje vrednosti sadržaja strukturnih agregata navodnjavane varijante

Tabela 14. Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja stukturnih agregata dobijenih mokrim prosejavanjem, po genetičkim horizontima, nenavodnjavana varijanta

Horizont	Vrednost	Moćnost (cm)	Dimenzije agregata (mm)						
			5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	>0,25
			Sadržaj agregata (%)						
Ap	min.	25	0,34	0,00	5,64	2,60	5,88	28,76	39,00
	max.	30	13,32	14,46	44,26	17,82	37,52	61,00	71,24
	sred. vr.	28	4,69	3,50	21,29	10,81	19,14	40,57	59,43
A	min.	27	0,68	0,66	8,42	9,60	11,20	24,76	57,16
	max.	48	11,98	5,74	43,22	25,46	39,88	42,84	75,24
	sred. vr.	37	2,92	2,31	25,00	14,88	22,25	32,64	67,36
AC	min.	34	0,54	0,44	6,12	6,00	15,10	25,54	43,02
	max.	43	7,84	5,02	39,08	17,90	32,14	56,98	74,46
	sred. vr.	37	2,71	2,09	20,94	11,48	22,41	40,37	59,63
	sred. vr.		3,44	2,63	22,41	12,39	21,27	37,86	62,14

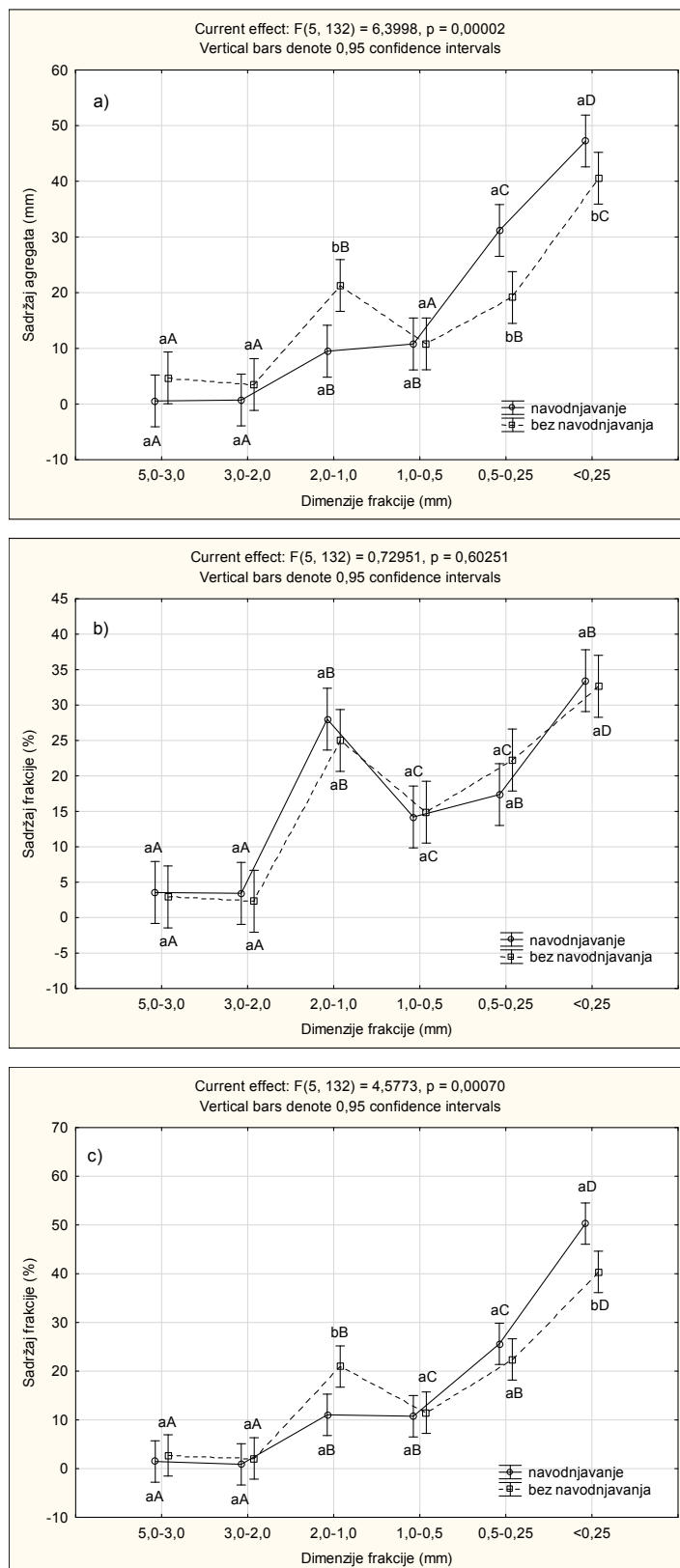
U svim horizontima nenavodnjavanog zemljišta dominantan je sadržaj makroagregata (Tab. 14., Graf 44). U A i Ap horizontu navodnjavanog černozema najveći je sadržaj makroagregata veličine 2-1 mm (21,29% i 25,00%), dok je u AC horizontu najveći udeo agregata veličine 0,5-0,25 mm (22,41%). Stabilnost makroagregata prema rasplinjavanju u vodi je odlična u podoraničnom horizontu, a dobra u oraničnom horizontu i prelaznom, AC horizontu.



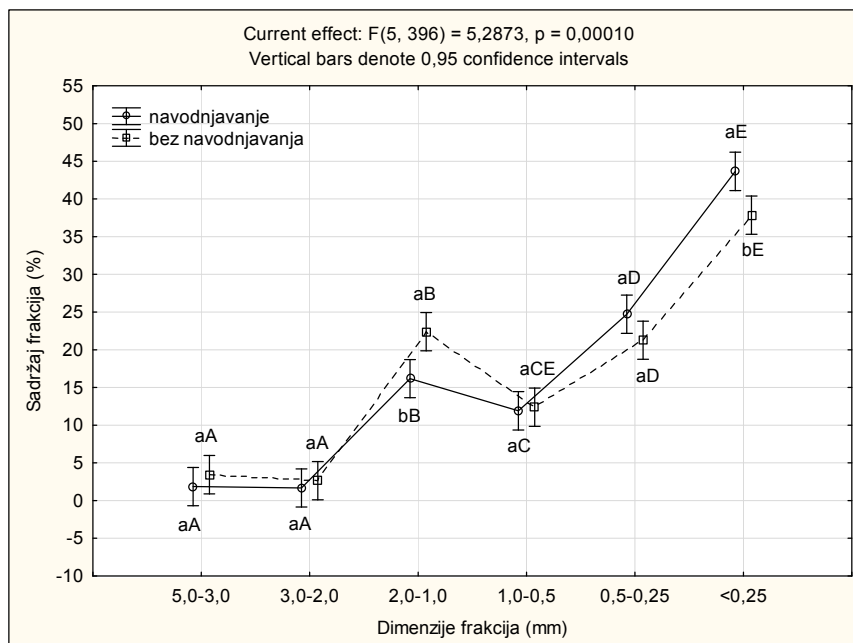
Graf. 44 Srednje vrednosti sadržaja strukturalnih agregata nenavodnjavane varijante

Poređenjem ukupnog sadržaja makroagregata utvrđen je i statistički značajno veći sadržaj agregata 0,5-0,25 mm u prelaznom, AC horizontu navodnjavanog černozema, dok je sadržaj mikroagregata bio statistički značajno veći na navodnjavanom černozemu u istom horizontu (Graf. 45). Nije utvrđen uticaj navodnjavanja na ukupan sadržaj makroagregata u površinskom, A horizontu. Posmatrano po frakcijama, u oraničnom horizontu utvrđen je i statistički značajno veći sadržaj agregata 0,5-0,25 mm značajno manji sadržaj agregata 5-3, 3-2 i 2-1 mm, kao i značajno veći sadržaj makroagregata 0,5-0,25 mm na navodnjavanoj varijanti. U podoraničnom horizontu nisu utvrđene razlike u sadržaju agregata između navodnjavane i nenavodnjavane varijante. U prelaznom, AC horizontu značajno manji udeo makroagregata 2-1 mm, kao i veći sadržaj mikroagregata ustanovljen je kod navodnjavanog černozema.

Poređenjem sadržaja strukturalnih agregata za ispitivane horizonte zemljišta, utvrđen je značajno veći sadržaj agregata 1-2 mm kod nenavodnjavanog černozema, dok je sadržaj agregata <0,25 mm bio statistički značajno veći na navodnjavanom černozemu (Graf. 46). Sadržaj ostalih strukturalnih agregata bio je približno isti na obe varijante. Stabilnost makroagregata prema rasplinjavanju u vodi je dobra kod navodnjavanog černozema, a odlična kod nenavodnjavanog.



Graf. 45 Srednje vrednosti sadržaja strukturalnih agregata (%) po genetičkim horizontima



Graf. 46 Srednje vrednosti sadržaja strukturalnih agregata (%), prosek za ispitivane horizonte

Na osnovu dobijenih vrednosti može se zaključiti da ispitivani černozem ima dobru strukturu i stabilnost prema rasplinjavanju u vodi, što potvrđuju i visoke vrednosti koeficijenta strukturalnosti i visok sadržaj agregata $>0,25$ mm nakon mokrog prosejavanja. Iako rezultati ukazuju na nešto bolju otpornost strukturalnih agregata nenavodnjavanog černozema prema rasplinjavanju u vodi, može se zaključiti da navodnjavanje nije uticalo na strukturalnost i stabilnost strukturalnih agregata ispitivanog zemljišta.

6.3. Hemijska svojstva zemljišta

Imajući u vidu da u uslovima intenzivne proizvodnje u uslovima navodnjavanja može doći do promena hemijskih svojstava zemljišta, ispitivana su osnovna hemijska svojstva, kao i salinitet zemljišta, sadržaj vodorastvorljivih anjona i katjona i svojstva adsorptivnog kompleksa.

6.3.1. Osnovna hemijska svojstva

Od osnovnih hemijskih svojstava analizirani su aktivna kiselost zemljišta (pH u H_2O), potencijalna supstitucionna kiselost (pH u 1M KCl), sadržaj kalcijum karbonata ($CaCO_3$), sadržaj humusa i sadržaj lakopristupačnog oblika fosfora i kalijuma.

6.3.1.1. Aktivna i potencijalna supstitucionna kiselost

Od reakcije hemijske sredine zavisi pravac i intenzitet procesa koji se odigravaju u zemljištu. Zemljišni rastvor predstavlja veoma dinamičnu i aktivnu komponentu zemljišta. Stoga, ekstrahovani rastvor predstavlja sasvim drugu kategoriju, nego što je rastvor u zemljištu, i njegov hemijski sastav predstavlja samo statički prikaz trenutnog stanja (Ćirić, 1991). U zemljištu se razlikuju kiselost zemljišnog rastvora (tečne faze zemljišta - aktivna kiselost) i kiselost zemljišnog adsorptivnog kompleksa (čvrste faze zemljišta - supstitucionna kiselost).

Srednje vrednosti aktivne kiselosti navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 7,94 kod oraničnog, A horizonta do 8,69 kod C horizonta (Tab. 15). pH vrednosti zemljišta se blago povećavaju sa porastom dubine. Prema američkoj klasifikaciji aktivne kiselosti (SSDS, 1993), prva tri horizonta su umereno alkalna, dok su dublji horizonti jako alkalne reakcije. Srednje vrednosti supstitucionne kiselosti navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 7,26 kod podoraničnog, A horizonta do 7,80 kod C horizonta. pH vrednosti zemljišta se blago povećavaju sa porastom dubine. Prema klasifikaciji po Thunu, na osnovu potencijalne supstitucionne kiselosti (cit. Belić i sar, 2014), ispitivano zemljište je alkalne reakcije, više izražene u dubljim horizontima.

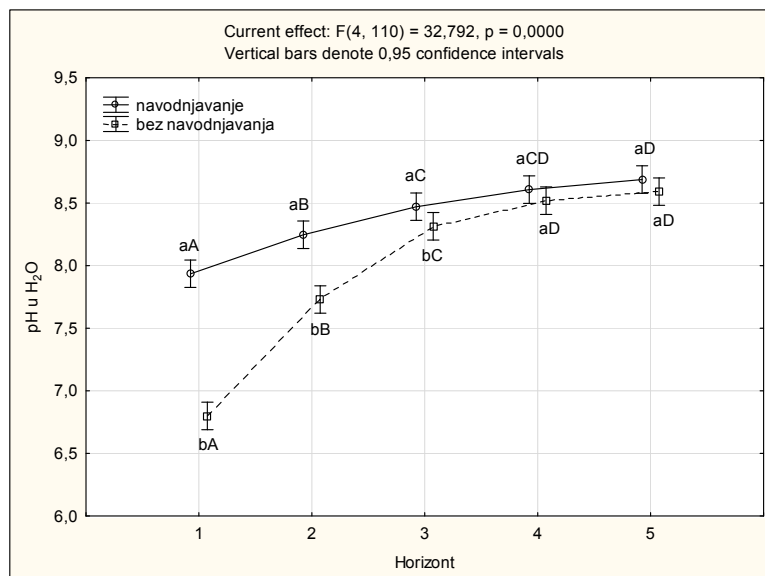
Srednje vrednosti aktivne kiselosti nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 6,80 kod oraničnog, Ap horizonta do 8,59 u CGso horizontu. pH vrednosti zemljišta se blago povećavaju sa porastom dubine. Prema američkoj klasifikaciji oranični horizont zemljišta je neutralne reakcije, podoranični, A horizont slabog alkalne reakcije, prelazni umereno alkalni, a dublji horizonti jako alkalne reakcije. Srednje vrednosti supstitucionne kiselosti nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 5,91 kod oraničnog, A horizonta do 7,60 kod CGso horizonta. Vrednosti pH zemljišta se blago povećavaju sa porastom dubine. Prema klasifikaciji po Thunu, oranični, Ap horizont je slabog kiselog reakcije, podoranični horizont neutralne, dok su dublji horizonti alkalne reakcije.

Utvrđene su statistički značajne razlike između pH vrednosti navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta. Srednje vrednosti aktivne kiselosti (Tab. 15) celom dubinom profila nenavodnjavanog černozema (pH 8,40) bile su veće od vrednosti na nenavodnjavanom zemljištu (pH 7,99). Prema klasifikaciji po Thunu, zemljište je umereno alkalne reakcije. Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće pH vrednosti u

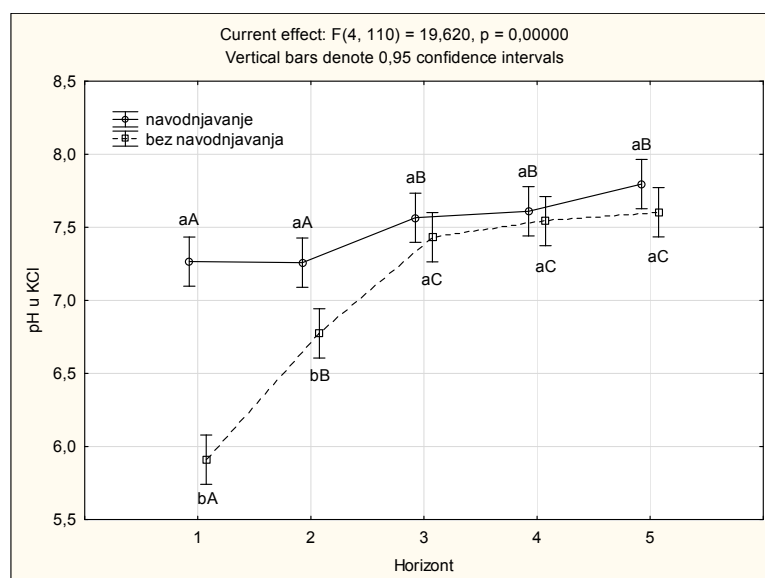
oraničnom, podoraničnom i u prelaznom horizontu navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom (Graf. 47 i 48). Navodnjavanje nije uticalo na pH vrednost dubljih horizonata zemljišta. Srednja pH vrednost supstitucione kiselosti navodnjavanog černozema (pH 7,50) bila je takođe veća od vrednosti na nenavodnjavanom zemljištu (pH 7,05), neutralne reakcije na nenavodnjavanom i alkalne reakcije na navodnjavanom zemljištu. Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće pH vrednosti oraničnog i podoraničnog horizonta navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom.

Tab. 15 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti aktivne i supstitucione kiselosti navodnjavanog (N) i nenavodnjavanog (O) zemljišta

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)		pH - H ₂ O		pH - 1M KCl	
		N	O	N	O	N	O
Ap	min.	25	25	7.83	6.69	7.24	5.67
	max.	30	30	8.05	6.90	7.30	6.37
	sred. vr.	28	28	7.94	6.80	7.27	5.91
A	min.	20	27	8.12	7.67	7.23	6.74
	max.	49	48	8.34	7.79	7.29	6.81
	sred. vr.	35	37	8.25	7.73	7.26	6.77
AC	min.	30	34	8.41	8.23	7.55	7.39
	max.	40	43	8.53	8.39	7.59	7.47
	sred. vr.	35	37	8.47	8.31	7.57	7.43
Cca	min.	47	34	8.54	8.48	7.59	7.53
	max.	60	55	8.68	8.57	7.64	7.56
	sred. vr.	53	48	8.61	8.52	7.61	7.54
C/CGso	min.	20	30	8.60	8.56	7.78	7.58
	max.	52	60	8.77	8.62	7.81	7.62
	sred. vr.	31	42	8.69	8.59	7.80	7.60
	sred. vr. A			8,09	7,26	7,26	6,34
	sred. vr. za sve horizonte			8,39	7,99	7,50	7,05



Graf. 47 Srednje vrednosti aktivne kiselosti



Graf. 48 Srednje vrednosti supstitucione kiselosti

Na osnovu iznetih rezultata može se zaključiti da navodnjavani černozem ima veće pH vrednosti u površinskim horizontima. Imajući u vidu korišćenje alkalne vode za navodnjavanje (pH 7,96), moguće je da je usled navodnjavanja ovakvom vodom došlo do povećanja alkalnosti površinskih horizonata, koji su i najviše izloženi njenom uticaju. Miljković (2005) navodi da je za normalan rast i razvoj biotičkog sveta optimalan raspon pH vrednosti od 6,5 – 8,4. Stoga, može se zaključiti da je navodnjavanje uticalo na promenu pH vrednosti zemljišta, ali je ona i dalje u optimalnim granicama za rast i razviće biljaka.

6.3.1.2. Sadržaj kalcijum karbonata

Kalcijum karbonat, kao slabo rastvorljiv, predstavlja glavni izvor kalcijuma u zemljištu. Pod uticajem ugljen-dioksida rastvorenim u vodi karbonati prelaze u lakše rastvorljive bikarbonate. U karbonatnim zemljištima sadržaj kalcijum karbonata dostiže i više od 30-35%.

Srednje vrednosti sadržaja CaCO_3 navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,8% u oraničnom, Ap horizontu do 34,78% u Cca horizontu (Tab. 16). Procentualni sadržaj kalcijum karbonata povećava se sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja CaCO_3 utvrđene su u oraničnom, Ap horizontu (1,15%) i podoraničnom, A horizontu (0,70%), a najveće u Cca horizontu (39,91%). Povećanje sadržaja CaCO_3 po dubini profila je statistički značajno. Prema klasifikaciji Belića i sar. (2014) oranični i podoranični horizonti su slabo i srednje karbonatni, dok su dublji horizonti zemljišta jako karbonatni.

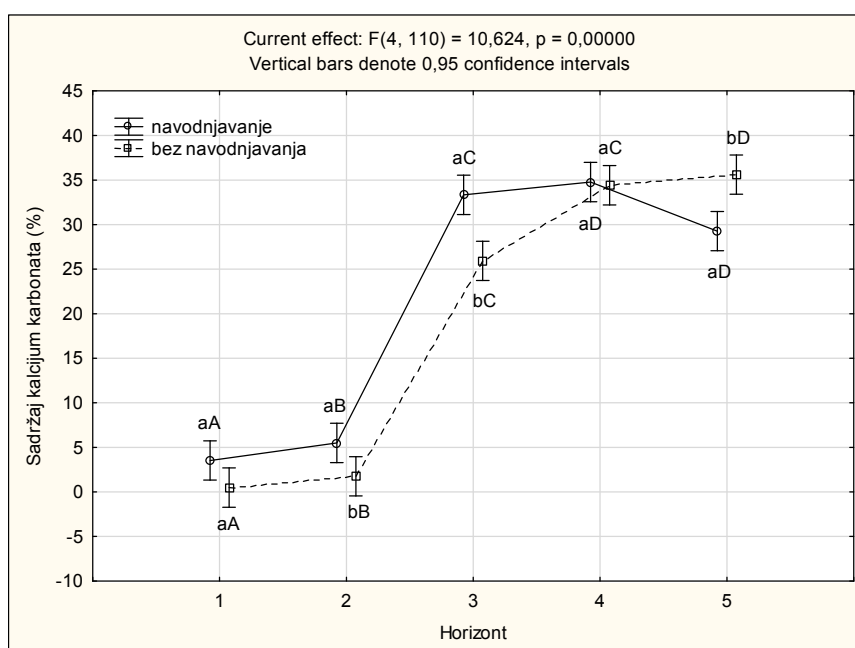
Srednje vrednosti sadržaja CaCO_3 nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,49% u oraničnom, Ap horizontu do 35,60% u C horizontu. Procentualni sadržaj kalcijum karbonata takođe se povećava sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja CaCO_3 utvrđeni su u oraničnom, Ap horizontu (0,25%) i podoraničnom, A horizontu (0,41%), a najveće u CGso horizontu (39,77%). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u površinskom horizontu zemljišta, odnosno poređenjem A i Ap horizonta, kao i između Cca i CGso horizonata. Prema klasifikaciji Belića i sar. (2014) oranični i podoranični horizonti su slabo karbonatni, dok su dublji horizonti zemljišta jako karbonatni.

Utvrđen je statistički značajan uticaj navodnjavanja na sadržaj kalcijum karbonata (Graf. 48). Srednje vrednosti sadržaja CaCO_3 navodnjavanog černozema (21,28%) bile su statistički značajno veće od nenavodnjavanog zemljišta (19,64%), celom dubinom profila, jako karbonatno na obe varijante. Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće vrednosti podoraničnog i prelaznog, AC horizonta navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom, kao i statistički značajno manji sadržaj CaCO_3 u C horizontu navodnjavane varijante u poređenju sa CGso horizontom nenavodnjavane varijante.

Na osnovu iznetih rezultata može se zaključiti da navodnjavani černozem ima nešto veći sadržaj kalcijum karbonata u površinskim horizontima, dok su dublji horizonti jako karbonatni. S obzirom da je u oraničnom i podoraničnom sloju statistički značajno veći sadržaj kalcijum karbonata na navodnjavanoj varijanti, moguće je da je došlo do nakupljanja kalcijum karbonata.

Tab. 16 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja kalcijum karbonata navodnjavanog (N) i nenavodnjavanog (O) černozema, po genetičkim horizontima

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)		Sadržaj CaCO ₃ (%)		Ocena karbonatnosti	
		N	O	N	O	N	O
Ap	min.	25	25	1,15	0,25	srednje	slabo
	max.	30	30	6,72	0,96		
	sred. vr.	28	28	3,53	0,49		
A	min.	20	27	0,70	0,41	karbonatno	slabo
	max.	49	48	12,52	5,07		
	sred. vr.	35	37	5,50	1,76		
AC	min.	30	34	30,24	19,75	jako karbonatno	jako karbonatno
	max.	40	43	36,17	38,67		
	sred. vr.	35	37	33,34	25,93		
Cca	min.	47	34	29,62	28,98	jako karbonatno	jako karbonatno
	max.	60	55	39,91	39,08		
	sred. vr.	53	48	34,78	34,41		
C/CGso	min.	20	30	23,52	29,93	jako karbonatno	jako karbonatno
	max.	52	60	39,91	39,77		
	sred. vr.	31	42	29,27	35,60		
	sred. vr. A			4,51	1,12	srednje	slabo
	sred. vr. za sve horizonte			21,28	19,64	jako karbonatno	jako karbonatno



Graf. 48 Srednje vrednosti sadržaja kalcijum karbonata

6.3.1.3. Sadržaj humusa

Srednje vrednosti sadržaja humusa navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,21% u C horizontu do 2,48% u oraničnom, Ap horizontu (Tab. 17). Sadržaj humusa se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja humusa utvrđeni su u C (0,02%) i Cca horizontu (0,08%), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (2,69%). Smanjenje sadržaja humusa po dubini profila je statistički značajno između svih horizonata zemljišta. Oranični i podoranični horizonti su slabo humozni, dok su dublji horizonti zemljišta vrlo slabo humozni prema podeli Scheffer-Schachtschabel-a (cit. Belić i sar., 2014).

Tab. 17 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja humusa navodnjavanog (N) i nenavodnjavanog (O) černozema, po genetičkim horizontima

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)		Sadržaj humusa (%)	
		N	O	N	O
Ap	min.	25	25	2,26	2,70
	max.	30	30	2,69	3,44
	sred. vr.	28	28	2,48	3,06
A	min.	20	27	1,34	2,14
	max.	49	48	2,13	3,04
	sred. vr.	35	37	1,73	2,57
AC	min.	30	34	0,57	0,69
	max.	40	43	0,94	3,43
	sred. vr.	35	37	0,78	1,58
Cca	min.	47	34	0,08	0,32
	max.	60	55	0,46	0,61
	sred. vr.	53	48	0,33	0,46
C/CGso	min.	20	30	0,02	0,25
	max.	52	60	0,35	0,53
	sred. vr.	31	42	0,21	0,37
	sred. vr. Ap-A			2,11	2,82
	sred. vr. za sve horizonte			1,11	1,61

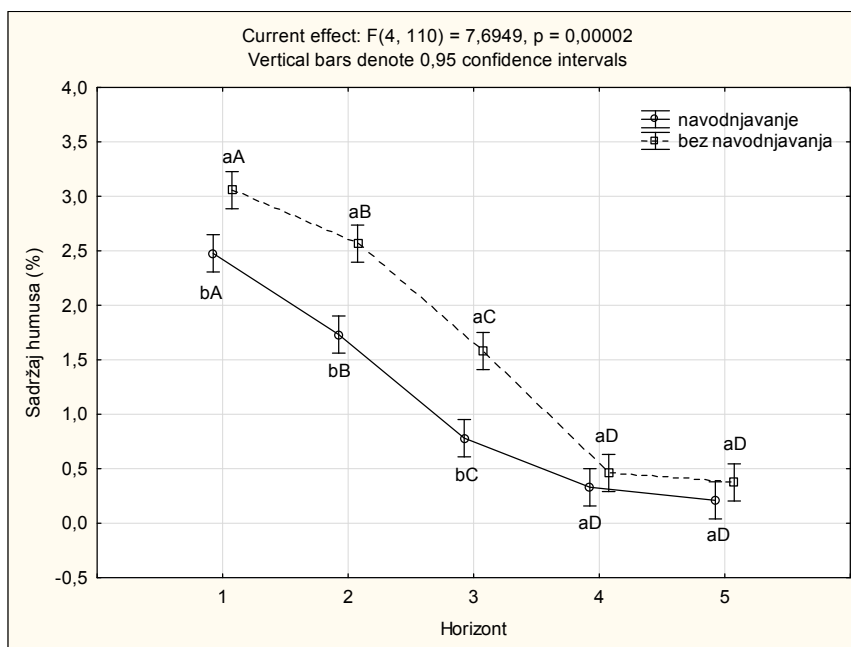
Srednje vrednosti sadržaja humusa nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,37% u C horizontu do 3,06% u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj humusa se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja humusa utvrđeni su u C (0,25%) i Cca horizontu (0,32%), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (3,44 %). Smanjenje sadržaja humusa po dubini profila je statistički značajno između svih horizonata zemljišta, osim

između Cca i C horizonata. Oranični horizont je srednje humozan, podoranični i prelazni horizonti su slabo humozni, dok su dublji horizonti vrlo slabo humozni prema podeli Scheffer-Schachtschabel-a (cit. Belić i sar., 2014).

Utvrđene su statistički značajane razlike u sadržaju humusa u horizontima ispitivanog zemljišta (Graf. 49). Srednje vrednosti sadržaja humusa nenavodnjavanog černozema (1,61%) bile su statistički značajno veće od navodnjavanog zemljišta (1,11%), za ceo profil. Celom dubinom profila ustanovljene su statistički značajno veće razlike u sadržaju humusa između oraničnog, podoraničnog i prelaznog, AC horizonta nenavodnjavane varijante u poređenju sa navodnjavanom.

Na osnovu iznetih rezultata zapaža se da ispitivani černozem ima manji sadržaj humusa u površinskim horizontima. S obzirom da je sadržaj humusa na navodnjavanoj varijanti značajno manji u odnosu na nenavodnjavanu, moguće je da je došlo do smanjenja sadržaja humusa pod uticajem navodnjavanja. Povećana vlažnost zemljišta podstiče mikrobiološku aktivnost i posledično bržu mineralizaciju organske materije, čime se može objasniti smanjenje sadržaja humusa na navodnjavanom černozemu.

Sadržaj ukupnog azota bio je u skladu sa sadržajem humusa.



Graf. 49 Srednje vrednosti sadržaja humusa

6.3.1.4. Sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma

Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora (Tab. 18) navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,60 mg/100g zemljišta u Cca horizontu do 40,22 mg/100g zemljišta u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj lakopristupačnog fosfora se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora utvrđene su u Cca horizontu (0,31 mg/100g zemljišta), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (45,01 mg/100g zemljišta). Utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju lakopristupačnog fosfora između oraničnog, Ap i podoraničnog, A horizonta. Sa porastom dubine značajno se smanjuje sadržaj fosfora. Prema Manojlović i sar. (1991), sadržaj lakopristupačnog fosfora ukazuje da oranični horizont spada u klasu visoko obezbeđenog (preterano obezbeđen) do vrlo visoko (ekstremno) obezbeđenog, podoranični horizont nisko (siromašno) obezbeđen, dok dublji horizonti imaju vrlo nizak (meliorativan) sadržaj lakopristupačnog fosfora.

Tab. 18 Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma navodnjavanog (N) i nenavodnjavanog (O) černozema

Horizont	Vrednosti	Moćnost (cm)		P ₂ O ₅ (mg/100g zemlj.)		K ₂ O (mg/100g zemlj.)	
		N	O	N	O	N	O
Ap	min.	25	25	31,51	12,73	26,25	28,23
	max.	30	30	45,01	13,16	30,61	28,51
	sred. vr.	28	28	40,22	12,94	28,86	28,38
A	min.	20	27	4,70	3,54	15,01	20,94
	max.	49	48	5,57	4,09	15,57	21,18
	sred. vr.	35	37	5,15	3,77	15,23	21,06
AC	min.	30	34	0,80	0,62	6,46	10,82
	max.	40	43	1,31	0,99	6,86	11,10
	sred. vr.	35	37	1,03	0,78	6,69	10,95
Cca	min.	47	34	0,31	0,13	5,89	8,97
	max.	60	55	0,97	0,56	6,44	9,67
	sred. vr.	53	48	0,60	0,35	6,11	9,34
C/CGso	min.	20	30	0,68	0,19	4,89	8,84
	max.	52	60	0,99	0,50	5,19	9,59
	sred. vr.	31	42	0,86	0,35	5,03	9,23
	sred. vr. Ap-A			22,68	8,35	22,05	24,72
	sred. vr. za sve horizonte			9,57	3,64	12,38	15,79

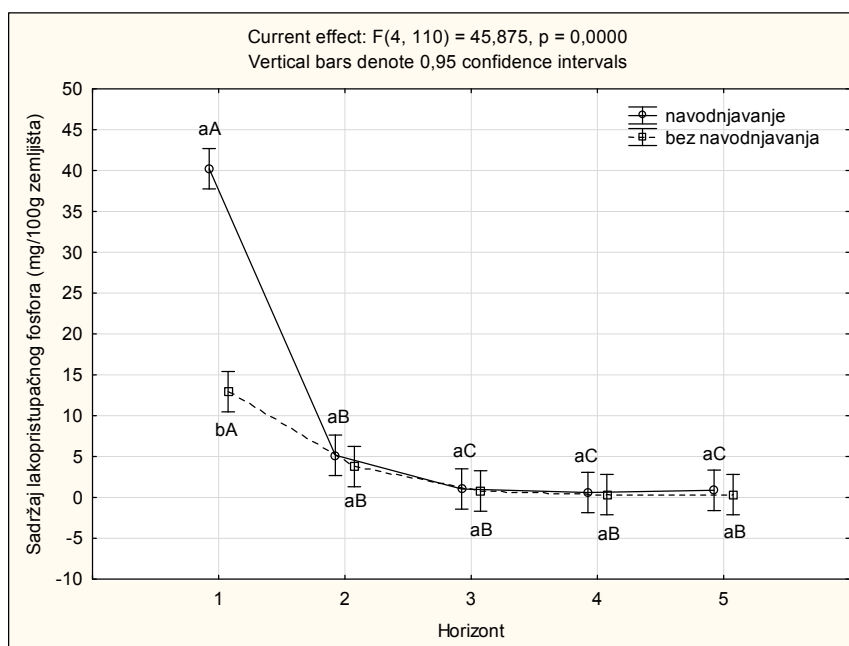
Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma (Tab. 18) navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 5,03 mg/100g zemljišta u C horizontu do 28,86 mg/100g zemljišta u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj lakopristupačnog kalijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma utvrđene su u C (4,89 mg/100g zemljišta) i Cca horizontu (5,89 mg/100g zemljišta), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (30,61 mg/100g zemljišta). Utvrđene su statistički značajne razlike u sadržaju lakopristupačnog kalijuma jedino između oraničnog, Ap horizonta sa jedne strane i dubljih horizonata sa druge. Prema klasifikaciji zemljišta na osnovu sadržaja lakopristupačnog kalijuma (Manojlović i sar., 1991), oranični horizont spada u klasu visoko obezbeđenog (preterano obezbeđen), podoranični horizont optimalan (dobro obezbeđen), dok dublji horizonti imaju nizak (siromašan) sadržaj kalijuma.

Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora (Tab. 18) navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 0,35 mg/100g zemljišta u Cca i CGso horizontu do 12,95 mg/100g zemljišta u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj lakopristupačnog fosfora se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora utvrđene su u Cca horizontu (0,13 mg/100g zemljišta), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (13,16 mg/100g zemljišta). Smanjenje sadržaja lakopristupačnog fosfora po dubini profila je statistički značajno između svih horizonata zemljišta, osim između Cca i C horizonta. Prema Manojlović i sar. (1991), sadržaj lakopristupačnog fosfora ukazuje da oranični horizont spada u klasu srednje (srednje siromašno) obezbeđen, dok dublji horizonti imaju vrlo nizak (meliorativan) sadržaj lakopristupačnog fosfora.

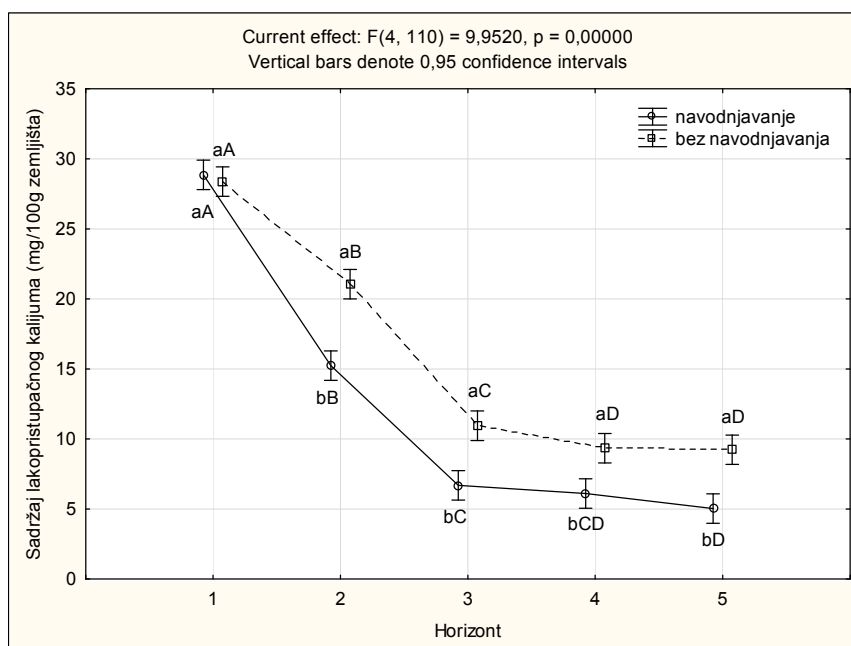
Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma (Tab. 18) navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 9,23 mg/100g zemljišta u C horizontu do 28,38 mg/100g zemljišta u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj lakopristupačnog kalijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma utvrđene su u C (8,84 mg/100g zemljišta) i Cca horizontu (8,97 mg/100g zemljišta), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (28,51 mg/100g zemljišta). Smanjenje sadržaja lakopristupačnog kalijuma po dubini profila je statistički značajno između svih horizonata zemljišta, osim između Cca i C horizonta. Prema klasifikaciji zemljišta na osnovu sadržaja lakopristupačnog kalijuma (Manojlović i sar., 1991) oranični horizont spada u klasu visoko obezbeđenog (preterano obezbeđen), podoranični horizont optimalan (dobro obezbeđen), prelazni AC horizon srednji (srednje siromašno) sadržaj, dok dublji horizonti imaju nizak (siromašan) sadržaj kalijuma.

Utvrđene su značajane razlike u sadržaju lakopristupačnog fosfora između varijanti. Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora navodnjavanog černozema (9,57 mg/100g zemljišta) bile su statistički značajno veće od nenavodnjavanog zemljišta (3,64 mg/100g zemljišta), za ceo profil. Prosečne vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora ukazuju da ispitivano zemljište ima nizak (navodnjavana varijanta) i vrlo nizak - meliorativan (nenavodnjavana varijanta) sadržaj lakopristupačnog fosfora. Posmatrano po dubini profila ustanovljen je statistički značajno veći sadržaj fosfora u oraničnom horizontu navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom, dok su dublji horizonti zemljišta imali približno isti sadržaj (Graf. 50).

Utvrđene su statistički značajane razlike u sadržaju lakopristupačnog kalijuma. Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma navodnjavanog černozema (12,38 mg/100g zemljišta) bile su statistički značajno manje od nenavodnjavanog zemljišta (15,79 mg/100g zemljišta), za ceo profil. Prosečne vrednosti ukazuju da ispitivano zemljište ima srednji (navodnjavana varijanta) i optimalan (nenavodnjavana varijanta) sadržaj lakopristupačnog kalijuma. Posmatrano po dubini profila ustanovljen je statistički značajno veći sadržaj kalijuma u podoraničnom i dubljim horizontima zemljišta nenavodnjavane varijante u poređenju sa navodnjavanom, dok je oranični horizont zemljišta imao isti sadržaj kalijuma (Graf. 51).



Graf. 50 Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora



Graf. 51 Srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma

Visoke srednje vrednosti sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma u površinskom horizontu zemljišta ukazuju da navodnjavanje nije uticalo na promene u njihovom sadržaju, već da je povećanje uzrokovano primenom đubriva.

6.3.2. Salinitet zemljišta, sadržaj vodorastvorljivih katjona i anjona

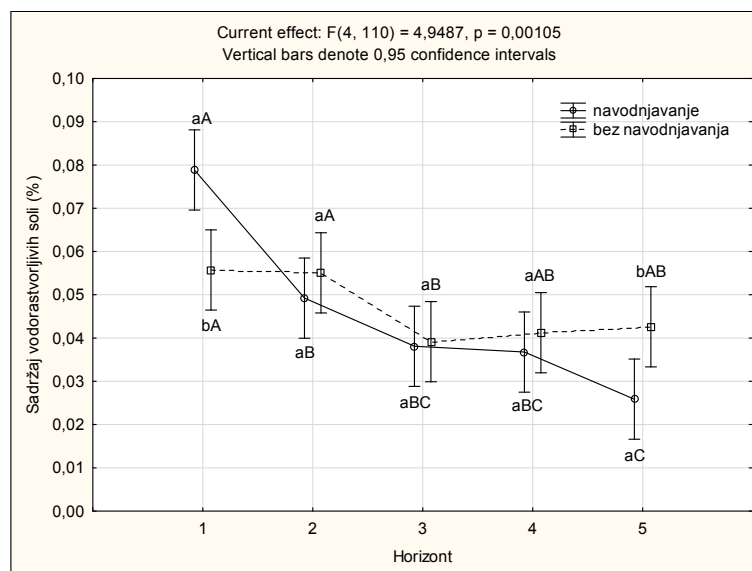
S obzirom da se za navodnjavanje na ispitivanim parcelama koristila voda koja sadrži visoku ukupnu koncentraciju soli, izraženu preko elektroprovodljivosti, od velikog je značaja da se utvrdi ukupan sadržaj vodorastvorljivih soli u zemljištu, takođe i njihov kvalitativni sastav i distribucija unutar zemljišnog profila. Procena saliniteta zemljišta određena je na dva načina: merenjem električnog otpora saturisane zemljišne paste, iz kojeg je zatim izračunat % ukupnih vodorastvorljivih soli, i pomoću električne provodljivosti saturisanog vodnog ekstrakta (EC_e dS/m). Prema mnogim autorima, ova druga metoda daje objektivnije rezultate, jer se koncentracija saturisanog vodnog ekstrakta (koji se dobija ekstrakcijom, vakuum-filtracijom iz saturisane zemljišne paste), najviše približava koncentraciji prirodnih zemljišnih rastvora, kojima je korenov sistem biljaka najčešće izložen u polju.

Procena saliniteta zemljišta zasniva se na određivanju ukupnog sadržaja vodorastvorljivih soli u zemljištu izraženog u procentima, a preračunatog iz merenja električnog otpora saturacione paste. Prema međunarodnoj FAO-WRB klasifikaciji (IUSS Working Group

WRB, 2014), svojstva zemljišta na osnovu kojih se vrši procena saliniteta zemljišta su: pH, električna provodljivost saturisanog vodnog ekstrakta (EC_e), kapacitet adsorpcije natrijuma (SAR), sadržaj vodorastvorljivih katjona (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) i anjona (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- i SO_4^{2-}).

6.3.2.1. Salinitet zemljišta i pH paste i ekstrakta

Prosečan sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli kod navodnjavanog černozema (Tab. 19) bio je izuzetno nizak, i varirao je u intervalu od 0,026% u C horizontu do 0,079% u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj soli se neznatno smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Smanjenje sadržaja soli po dubini profila je statistički značajno jedino između oraničnog, Ap horizonta u poređenju sa ostalim horizontima (Graf. 52). Najmanje vrednosti sadržaja soli utvrđene su u C horizontu (0,011%), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (0,212%). Prema klasifikaciji zemljišta Jugoslavije (Škorić cit. Belić i sar., 2003) slabo zaslanjena zemljišta sadrže od 0,25 do 0,5% soli. Srednji sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli je nizak i znatno ispod kriterijuma za izdvajanje slabo zaslanjenih zemljišta.



Graf. 52 Srednje vrednosti ukupnog sadržaja vodorastvorljivih soli (%)

Međutim, kada se posmatraju pojedinačni profili, uočava se nešto veći sadržaj soli u oraničnom, Ap horizontu profila 3, sa prosečnim sadržajem soli od 0,108%, statistički

značajno veći od ostalih dobijenih vrednosti. Utvrđene vrednosti ukazuju da postoji potencijalna opasnost od procesa zaslanjivanja zemljišta kod ovog profila.

Prosečan sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli kod nenavodnjavanog černozema (Tab. 20) bio je izuzetno nizak, i varirao je u intervalu od 0,039% u AC horizontu do 0,056% u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj soli se neznatno smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Smanjenje sadržaja soli po dubini profila je statistički značajno jedino između oraničnog, Ap i podoraničnog, A horizonta sa jedne strane i ostalih horizonata sa druge (Graf. 52).

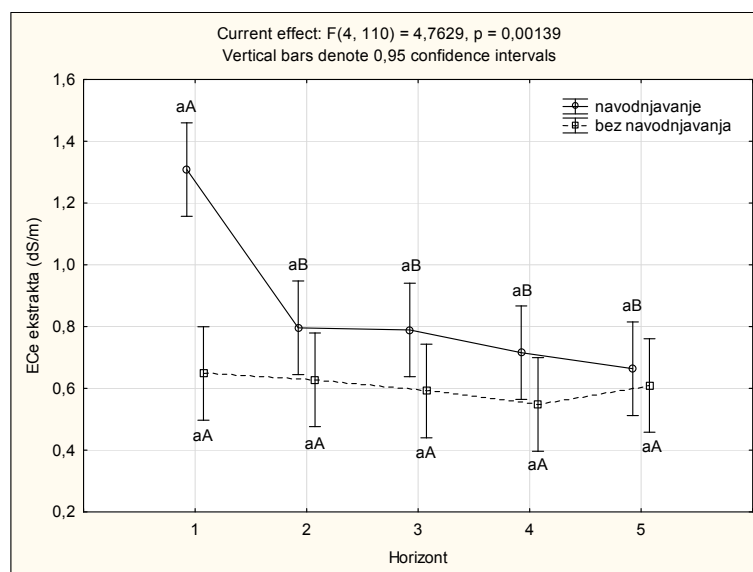
Vrednosti električnog konduktiviteta navodnjavanog černozema u saturisanom vodnom ekstraktu (EC_e na 25°C) pokazuju slične tendencije. Prosečne vrednosti su veoma male, od 0,66 dS/m u C horizontu do 1,31 dS/m u Ap horizontu (Tab. 19). Minimalne utvrđene vrednosti su u C horizontu (0,51 dS/m), dok su najveće vrednosti izmerene u Ap horizontu (2,85 dS/m). Značajno veća prosečna EC_e vrednost utvrđena je u oraničnom horizontu profila 3 u odnosu na ostale ispitivane uzorke navodnjavanog černozema, i iznosila je 2,54 dS/m. Utvrđena EC_e vrednost površinskog horizonta je ispod vrednosti od 4 dS/m koja predstavlja granicu iznad koje se zemljište smatra zaslanjenim (Richards, 1954, FAO, 1988).

Prema međunarodnoj FAO-WRB klasifikaciji (IUSS Working Group WRB, 2006) u okviru dijagnostičkog horizonta "Salic" (zaslanjeni horizont), postoji modifikacija "Hyposalic" (slabo zaslanjen), koja podrazumeva da zemljište treba da ima u nekom od podpovršinskih horizonata do dubine od 100 cm, vrednost EC_e veću od 4 dS/m na 25°C. Prema međunarodnoj FAO-WRB klasifikaciji ispitivano zemljište se ne može klasifikovati kao slabo zaslanjeno. U FAO-WRB klasifikaciji zemljišta iz 2014. godine (IUSS Working Group WRB, 2014) odrednica "hyposalic" ne postoji.

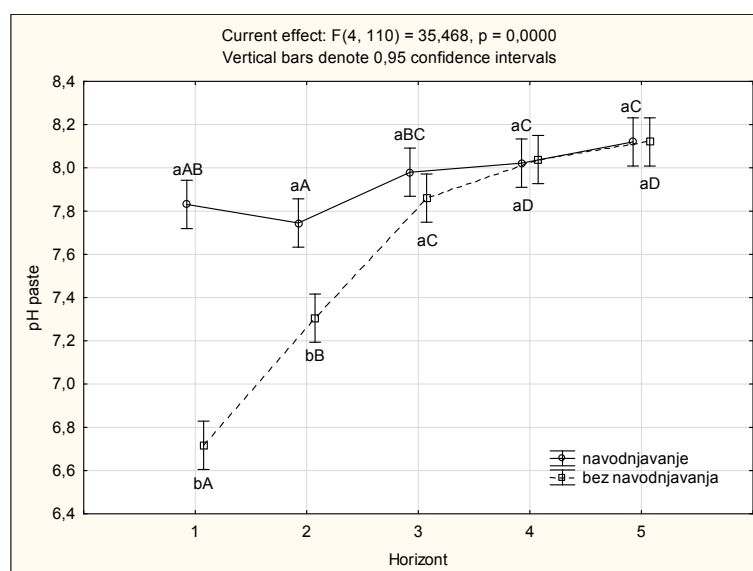
Vrednosti električnog konduktiviteta nenavodnjavanog černozema u saturisanom vodnom ekstraktu (EC_e na 25°C) pokazuju slične tendencije. Prosečne vrednosti su veoma male, od 0,55 dS/m u Cca horizontu do 0,65 dS/m u Ap horizontu (Tab. 20). Minimalne utvrđene vrednosti su u Cca horizontu (0,42 dS/m), dok su najveće vrednosti izmerene u Ap horizontu (0,82 dS/m). Vrednosti EC_e se neznatno smanjuju sa porastom dubine zemljišta, odnosno promena vrednosti EC_e nije statistički značajna (Graf. 53). Utvrđene EC_e vrednosti nenavodnjavanog zemljišta su ispod vrednosti od 4 dS/m koja predstavlja granicu iznad koje se zemljište smatra zaslanjenim (Richards, 1954; FAO, 1988; IUSS Working Group WRB, 2006).

Srednje vrednosti pH paste navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 7,75 u podoraničnom, A horizontu do 8,12 u C horizontu (Tab. 19). Najniže pH vrednosti utvrđene

su u podoraničnom horizontu (7,26). Sa porastom dubine profila blago se povećava i pH vrednost da bi najveće vrednosti bile u C horizontu, 8,46. Prema američkoj klasifikaciji (SSDS, 1993), pH vrednosti paste u ispitivanim uzorcima su umereno alkalne reakcije. Slične vrednosti dobije su i analizom pH ekstrakta. Prosečne vrednosti pH ekstrakta (Tab. 19) bile su u rasponu od 7,82 u oraničnom horizontu do 8,15 u C horizontu. Vrednosti pH ekstrakta varirale su u granicama od neutralne do umereno alkalne reakcije.



Graf. 53 Srednje vrednosti električnog konduktiviteta (dS/m)



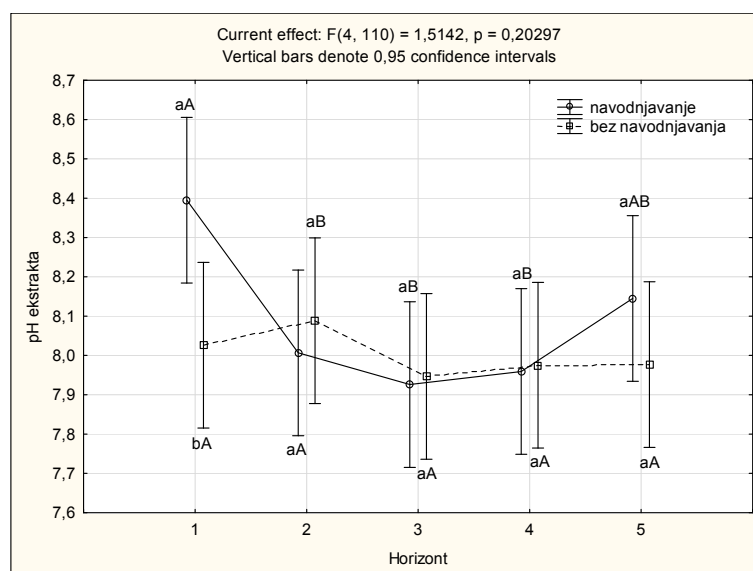
Graf. 54 Srednje vrednosti pH paste

Srednje vrednosti pH paste nenavodnjavanog černozeza varirale su u intervalu od 6,72 u oraničnom, Ap horizontu do 8,12 u CGso horizontu (Tab. 20). Najniže pH vrednosti utvrđene su u oraničnom horizontu (6,29), sa porastom dubine profila povećava se i pH vrednost da bi najveće vrednosti bile kod CGso horizonta, 8,23. Povećanje pH vrednosti paste je statistički značajno (Graf. 54). Prema američkoj klasifikaciji (SSDS, 1993), pH paste u ispitivanim uzorcima su od slabo kisele u površinskim horizontima do umereno alkalne reakcije u dubljim horizontima. Prosečne vrednosti pH ekstrakta varirale su u intervalu od 7,95 u AC horizontu do 8,09 u Ap horizontu (Tab. 20). Nije utvrđeno statistički značajnije variranje vrednosti pH ekstrakta (Graf. 55), koja je umereno alkalne reakcije.

Prosečan sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli za celu dubinu profila kod navodnjavanog i nenavodnjavanog černozeza bio je izuzetno nizak. Ukoliko se posmatra cela dubina profila, navodnjavanje nije uticalo na ukupan sadržaj soli. Međutim, kada se posmatraju pojedinačni horizonti, uočava se nešto veći sadržaj soli u oraničnom, Ap horizontu navodnjavane varijante sa prosečnim sadržajem soli od 0,064%, statistički značajno veći od površinskog horizonta nenavodnjavane varijante (0,055%).

Prosečne vrednosti električnog konduktiviteta u saturisanom vodnom ekstraktu (EC_e na $25^\circ C$) su veoma male, od 0,60 dS/m kod nenavodnjavane varijante do 0,85 dS/m kod navodnjavane varijante. Iako je ustanovljena statistički značajna razlika između varijanti, posmatrano za ceo profil, izmerene vrednosti EC_e ne ukazuju na proces zaslanjivanja. Značajno veća prosečna EC_e vrednost utvrđena je u oraničnom horizontu navodnjavane varijante (1,31 dS/m) u odnosu na navodnjavanu (0,65 dS/m). Utvrđena EC_e vrednost površinskog horizonta je ispod vrednosti od 4 dS/m koja predstavlja granicu iznad koje se zemljište smatra zaslanjenim (Richards, 1954, FAO, 1988, IUSS Working Group WRB, 2014). Međutim, iako se zemljište ne može klasifikovati kao zaslanjeno, utvrđene EC_e vrednosti navodnjavane varijante, mogu ukazivati na tendenciju ka zaslanjivanju. Prema FAO klasifikaciji (1988), zemljište spada u klasu blago zaslanjenog ukoliko je EC_e vrednost saturacionog ekstrakta u granici od 2 do 4 dS/m. Pri ovim EC_e vrednostima prinos osetljivih biljnih vrsta može biti ograničen. Pri nižoj vlažnosti zemljišta (ispod 25% od PVK) isti sadržaj soli čini zemljište zaslanjenim i ograničava proizvodnju većeg broja poljoprivrednih kultura. Vučić (1992), ističe da koncentracija soli u zemljištu deluje na isti način kao i kapilarni kapacitet, odnosno pri nižoj vlažnosti zemljišta prag zaslanjenosti za većinu biljaka smatra se pri EC_e 2 mS/cm.

Prosečne vrednosti pH paste za celu dubinu profila kod navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema bile su u od slabo alkalne kod nenavodnjavane varijante (7,61) do umereno alkalne kod navodnjavane varijante (7,94). Statistički značajno veće vrednosti pH paste utvrđene su u oraničnom i podoraničnom horizontu zemljišta navodnjavane varijante u odnosu na nenavodnjavanu.



Graf. 55 Srednje vrednosti pH ekstrakta

Na osnovu iznetih rezultata može se zaključiti da je pod uticajem navodnjavanja došlo do izvesnih promena u količini soli i povećanju alkalnosti usled korišćenja zaslanjene vode za navodnjavanje. Iako su izmerene vrednosti ispod granice za izdvajanje zaslanjenih zemljišta, može se zaključiti da je pod uticajem navodnjavanja došlo do blagog povećanja saliniteta.

6.3.2.2. Sadržaj vodorastvorljivih katjona i anjona

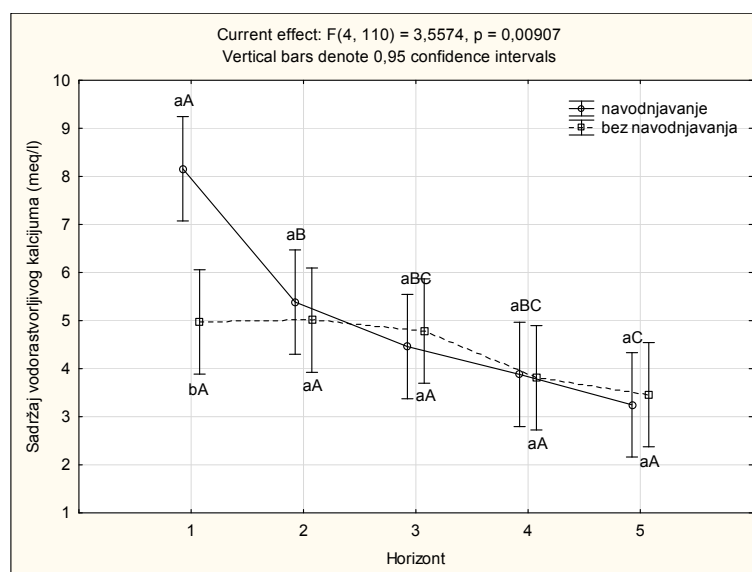
Rezultati analize sadržaja vodorastvorljivih katjona prikazani su u tabelama 19 i 20 i grafikonima 66 i 67.

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalcijuma navodnjavanog černozema varirao je u intervalu od 3,25 meq/l u C horizontu do 8,16 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti utvrđeni su u C horizontu (1,64 meq/l), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (18,50 meq/l,

kod profila 3). Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalcijuma u oraničnom, Ap horizontu (Graf. 56).

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalcijuma nenavodnjavanog černozema varirao je u intervalu od 3,46 meq/l u CGso horizontu do 4,97 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma se neznatno smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti utvrđene su u CGso horizontu (2,59), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (6,58 meq/l, kod profila 3). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju vodorastvorljivog kalcijuma između horizonata (Graf. 56).

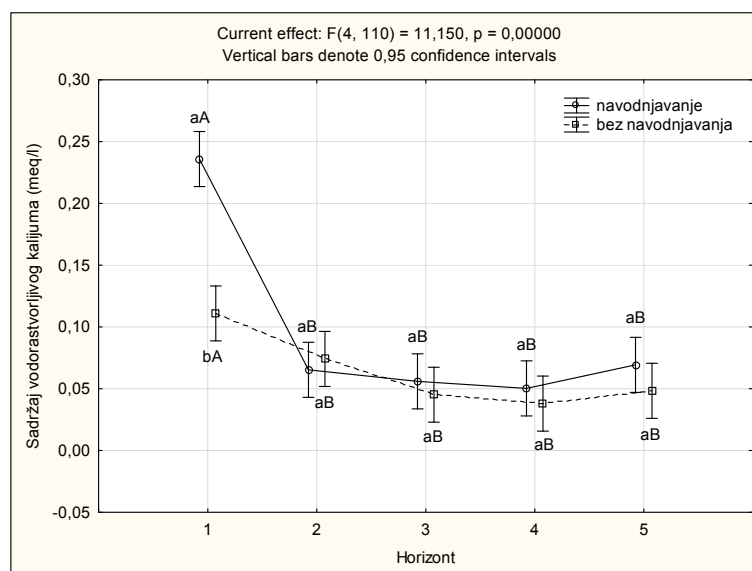
Nije utvrđen uticaj navodnjavanja na sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma ako se posmatraju srednje vrednosti za celu dubinu profila. Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalcijuma navodnjavanog černozema iznosile su 5,03 meq/l a nenavodnjavanog 4,41 meq/l za ceo profil. Ustanovljen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma u oraničnom horizontu zemljišta navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom, dok su dublji horizonti zemljišta imali približno isti sadržaj (Graf. 56).



Graf. 56 Sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma (meq/l)

Sadržaj vodorastvorljivog kalijuma je neznantan na obe varijante. Srednje vrednosti sadržaja kalijuma navodnjavanog černozema bile su u intervalu od 0,05 meq/l u Cca horizontu do 0,24 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Najveći sadržaj vodorastvorljivog kalijuma utvrđen je u oraničnom horizontu (0,44 meq/l), sa povećanjem dubine vrednosti se

manjuju da bi najmanji sadržaj bio u C horizontu (0,03 meq/l) Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalijuma u oraničnom, Ap horizontu (Graf. 57).



Graf. 57 Sadržaj vodorastvorljivog kalijuma (meq/l)

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog kalijuma nenavodnjavanog černozema bile su u intervalu od 0,05 meq/l u CGso horizontu do 0,11 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Najveći sadržaj kalijuma utvrđen je u oraničnom horizontu (0,13 meq/l), sa povećanjem dubine vrednosti se smanjuju da bi najmanji sadržaj bio u CGso horizontu (0,03 meq/l). Utvrđene su statistički značajne veće vrednosti sadržaja kalijuma u oraničnom, Ap horizontu (Graf. 57).

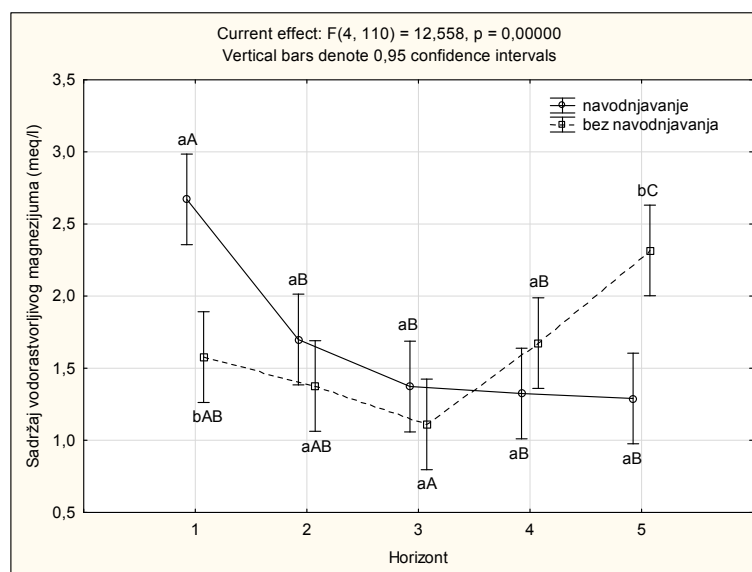
Srednja vrednost sadržaja vodorastvorljivog kalijuma za ceo profil navodnjavanog černozema (0,10 meq/l), statistički je značajno veća od sadržaja vodorastvorljivog kalijuma na nenavodnjavanoj varijanti (0,06 meq/l). Međutim, veće prosečne vrednosti za ceo profil uzrokovane su povećanim vrednostima u površinskom horizontu navodnjavanog černozema. Uticaj navodnjavanja utvrđen je u oraničnom horizontu navodnjavane varijante (Graf. 57).

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog magnezijuma navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 1,29 meq/l u C horizontu do 2,67 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti utvrđene su u C horizontu (0,92 meq/l), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (5,83

meq/l, kod profila 3). Utvrđen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma u oraničnom, Ap horizontu (Graf. 58).

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog magnezijuma nenavodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 1,11 meq/l u AC horizontu do 2,32 meq/l u CGso horizontu. Sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta do AC horizonta, a zatim povećava. Najmanje vrednosti utvrđene su u AC horizontu (0,84 meq/l), a najveće u CGso horizontu (2,87 meq/l). Utvrđen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma u dubljim horizontima zemljišta (Graf. 58).

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog magnezijuma navodnjavanog černozema iznosile su 1,67 meq/l, a nenavodnjavane varijante 1,61 meq/l, za ceo profil. Posmatrano po dubini profila ustanovljen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma u Ap i C horizontu navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom, dok su ostali horizonti zemljišta imali približno isti sadržaj (Graf. 58).

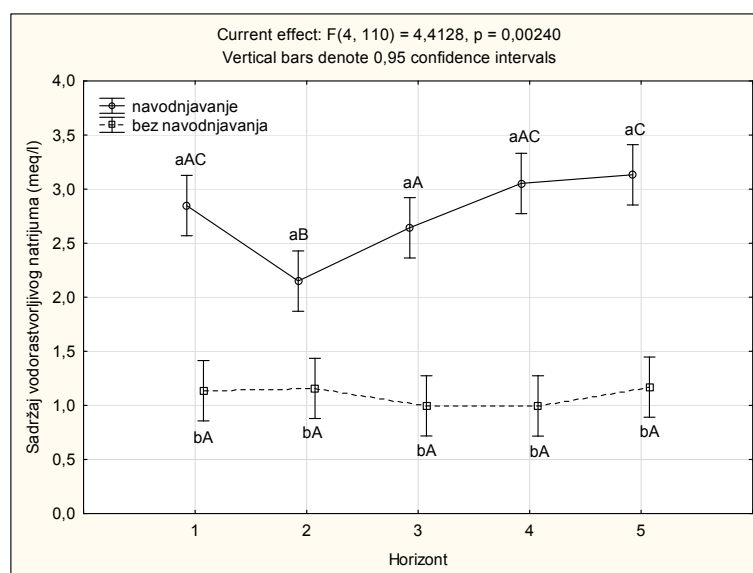


Graf. 58 Sadržaj vodorastvorljivog magnezijuma (meq/l)

Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog natrijuma navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 2,15 meq/l u A horizontu do 3,13 meq/l u C horizontu. Sadržaj natrijuma se povećava sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti izmerene su u AC horizontu (1,52 meq/l), a najveće u Ap horizontu (4,47 meq/l). Utvrđene su statistički značajne razlike između sadržaja natrijuma u pojedinim horizontima (Graf. 58).

Nisu utvrđene statistički značajne razlike u sadržaju vodorastvorljivog natrijuma nenavodnjavanog černozema dubinom profila (Graf. 59). Utvrđene su niske približno iste vrednosti sadržaja natrijuma po horizontima.

Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti sadržaja vodorastvorljivog natrijuma navodnjavanog černozema posmatrano za ceo profil. Srednje vrednosti sadržaja vodorastvorljivog natrijuma navodnjavanog černozema iznosile su 2,76 meq/l, statistički značajno veće od nenavodnjavanog, 1,10 meq/l. Posmatrano po dubini profila ustanovljen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog natrijuma u svim ispitivanim horizontima navodnjavane varijante u poređenju sa istim nenavodnjavane (Graf. 59).

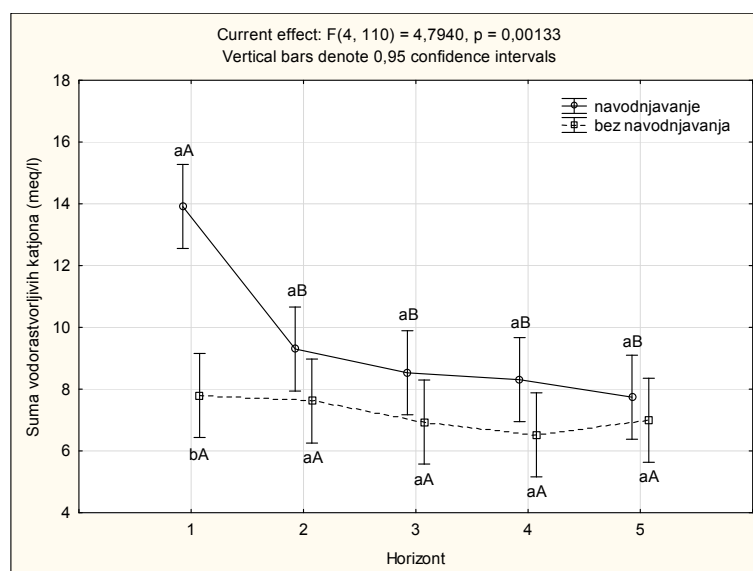


Graf. 59 Sadržaj vodorastvorljivog natrijuma (meq/l)

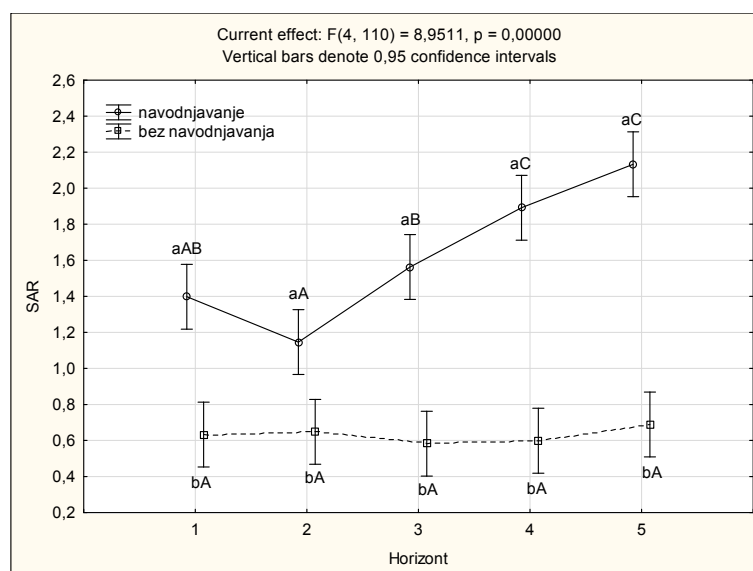
Srednje vrednosti sume vodorastvorljivih katjona navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 7,74 meq/l u C horizontu do 13,91 meq/l u oraničnom, Ap horizontu. Suma vodorastvorljivih katjona se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Najmanje vrednosti sume katjona utvrđene su u Cca horizontu (6,31 meq/l), a najveće u oraničnom, Ap horizontu (26,87 meq/l, kod profila 3). Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti sume katjona oraničnog Ap horizonata (Graf. 60).

Srednje vrednosti sume vodorastvorljivih katjona nenavodnjavanog černozema se ne menjaju značajnije sa porastom dubine profila (Graf. 60). Utvrđene su niske približno iste vrednosti sume vodorastvorljivih katjona po horizontima, koje variraju u interval od 6,25 meq/l do 7,80 meq/l.

Srednje vrednosti sume vodorastvorljivih katjona navodnjavanog černozema bile su značajno veće i iznosile su 9,56 meq/l, a nenavodnjavanog 7,17 meq/l, za ceo profil. Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće vrednosti sume katjona u oraničnom horizontu navodnjavang u poređenju sa nenavodnjavanim zemljištem, dok su dublji horizonti imali približno isti sadržaj (Graf. 60).



Graf. 60 Suma sadržaja vodorastvorljivih katjona (meq/l)



Graf. 61 SAR vrednost

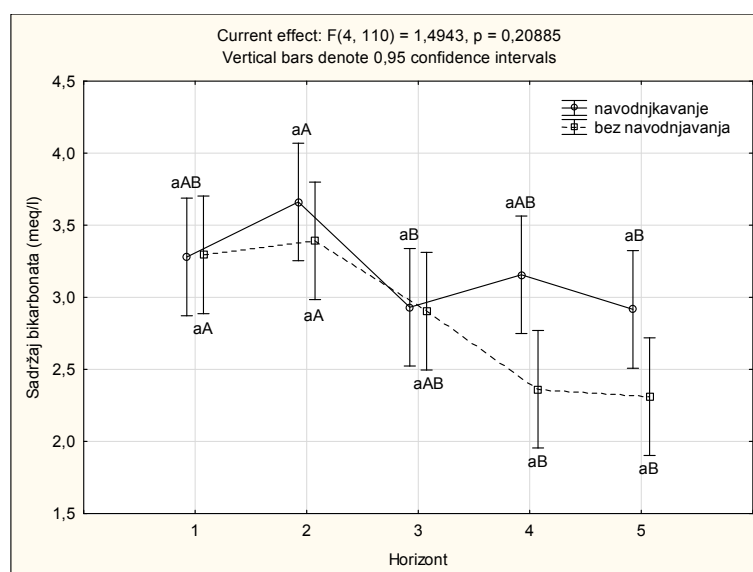
Vrednost koeficijenta adsorpcije natrijuma (SAR vrednost) zemljišnog rastvora kao pokazatelja relativne aktivnosti adsorpcije natrijuma od strane zemljišta, koristi se za procenu opasnost od alkalizacije zemljišta.

Srednje SAR vrednosti navodnjavanog černozema bile su u intervalu od 2,13 u C horizontu do 1,15 u A horizontu (Tab. 19). SAR vrednosti se povećavaju sa porastom dubine zemljišta, odnosno u skladu su sa promenama sadržaja vodorastvorljivih soli. Najmanje izmerene vrednosti sadržaja natrijuma izmerene su u Ap horizontu (0,55), a najveće u C horizontu profila 4 (2,82).

Srednje SAR vrednosti nenavodnjavanog zemljišta se ne menjaju značajnije sa porastom dubine zemljišta (Graf. 61). Utvrđene su niske približno iste SAR vrednosti po horizontima, uglavnom manje od jedan (Tab. 20).

Značajno veće srednje SAR vrednosti utvrđene su kod navodnjavanog černozema, za ceo profil. Srednje SAR vrednosti navodnjavanog černozema (1,63) su statistički značajno veće od nenavodnjavanog (0,63), za ceo profil. Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće SAR vrednosti u svim ispitivanim horizontima navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom varijantom. Utvrđene SAR vrednosti su izuzetno male kod obe varijante i ne postoji opasnost od alkalizacije zemljišta.

Sadržaj vodorastvorljivih anjona je mali (Tab. 19 i 20) i u skladu sa niskim sadržajem ukupnih soli u zemljištu.



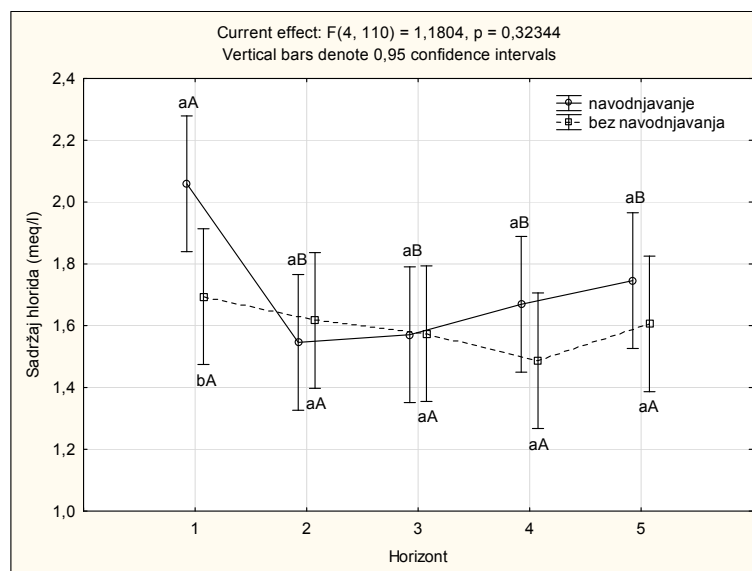
Graf. 62 Sadržaj bikarbonata (meq/l)

Sadržaj karbonata, ukoliko se posmatraju srednje vrednosti, su izuzetno niske (0,12 meq/l, u Ap horizontu navodnjavane varijante) ili nije utvrđeno njegovo prisustvo. Maksimalne vrednosti sadržaja karbonata bile su u Ap horizontu navodnjavane (0,62 meq/l) i u Ap horizontu nenavodnjavane varijante (0,40 meq/l).

Sadržaj bikarbonata je nešto veći. Prosečan sadržaj bikarbonata kod navodnjavane varijante bio je u intervalu od 2,93 meq/l u AC horizontu do 3,66 meq/l u podoraničnom, Ap horizontu, sa maksimalnim vrednostima u podoraničnom horizontu (5,59 meq/l). Sadržaj karbonata je prilično ujednačen po dubini profila, nešto veći u A horizontu.

Srednje vrednosti sadržaja bikarbonata kod nenavodnjavane varijante bile su u intervalu od 2,31 meq/l u CGso horizontu do 3,39 meq/l u podoraničnom, A horizontu, sa maksimalnim vrednostima u podoraničnom horizontu (4,69 meq/l). Sa povećanjem dubine zemljišta značajno se smanjuje sadržaj bikarbonata.

Posmatrano za ceo profil, utvrđen je veći sadržaj bikarbonata na navodnjavanoj varijanti, prvenstveno zbog većeg sadržaja u dubljim horizontima. Međutim, navodnjavanje nije uticalo na sadržaj bikarbonata ako se posmatraju pojedini horizonti zemljišta navodnjavane i nenavodnjavane varijante (Graf. 62).

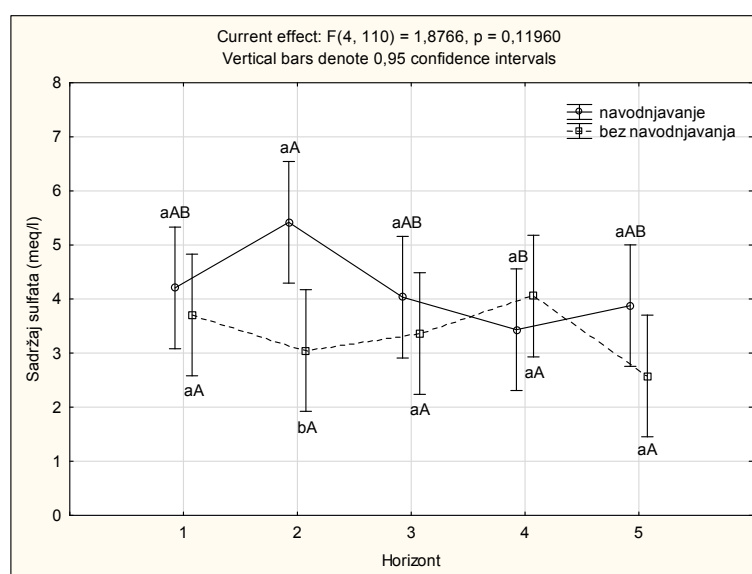


Graf. 63 Sadržaj hlorida (meq/l)

Prosečan sadržaj hlorida je izuzetno mali na obe ispitivane varijante. Na navodnjavanoj varijanti sadržaj hlorida je u intervalu od 1,55 meq/l u A horizontu do 2,06 meq/l u Ap horizontu. Statistički značajno veće vrednosti sadržaja hlorida utvrđene su u oraničnom

horizontu zemljišta u poređenju sa dubljim horizontima (Graf. 63). Na nenavodnjavanoj varijanti sadržaj hlorida bio je prilično ujednačen po dubini profila, i varirao u intervalu od 1,49 meq/ u Cca horizontu do 1,69 meq/l u oraničnom, Ap horizontu.

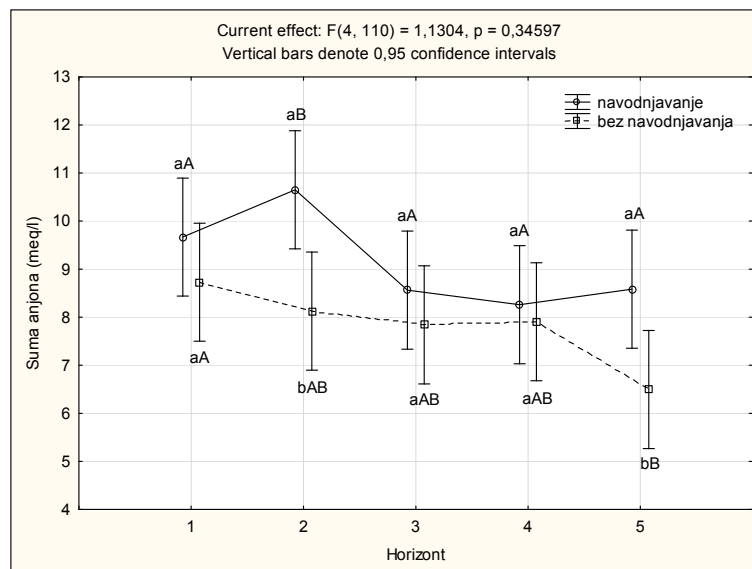
Posmatrano za ceo profil, nije utvrđen uticaj navodnjavanja na sadržaj hlorida. Međutim, ako se posmatraju pojedini horizonti zemljišta navodnjavane i nenavodnjavane varijante, uočava se značajan uticaj navodnjavanja u oraničnom horizontu zemljišta, odnosno značajno veće vrednosti na navodnjavanoj (2,06 meq/l) u poređenju sa nenavodnjavanom varijantom (1,69 meq/l).



Graf. 64 Sadržaj sulfata (meq/l)

Prosečan sadržaj sulfata je nešto veći od sadržaja bikarbonata. Prosečne vrednosti sadržaja sulfata na navodnjavanoj varijanti variraju u intervalu od 3,43 meq/l u Cca horizontu do 5,42 meq/l u A horizontu. Prosečne vrednosti sadržaja sulfata na nenavodnjavanoj varijanti bile su od 2,58 meq/l u CGso horizontu do 4,06 meq/l u Cca horizontu. Prosečne vrednosti sadržaja sulfata su prilično ujednačene po dubini profila zemljišta kod obe varijante.

Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti sadržaja sulfata na navodnjavanoj varijanti (4,19 meq/l) u odnosu na nenavodnjavanu (3,35 meq/l), za ceo profil. Takođe, statistički značajno veće prosečne vrednosti izmerene su u podoraničnom horizontu zemljišta navodnjavane varijante (Graf. 64).



Graf. 65 Sadržaj ukupnih anjona (meq/l)

Na obe ispitivane varijante ukupan sadržaj anjona je nizak. Najveći ukupan sadržaj na navodnjavanoj varijanti utvrđen je u A horizontu (10,65 meq/l), sa porastom dubine zemljišta se smanjuje da bi najmanje vrednosti bile u Cca horizontu (8,26 meq/l). Najveći ukupan sadržaj, na nenavodnjavanoj varijanti, utvrđen je u A horizontu (8,73 meq/l), sa porastom dubine zemljišta se neznatno smanjuje da bi najmanje vrednosti bile utvrđene u CGso horizontu (6,49 meq/l).

Utvrđene su statistički značajno veće vrednosti ukupnog sadržaja anjona na navodnjavanoj varijanti (9,15 meq/l) u odnosu na nenavodnjavanu (7,82 meq/l). Takođe, statistički značajno veće prosečne vrednosti izmerene su u podoraničnom horizontu zemljišta kao i u C horizontu navodnjavane varijante.

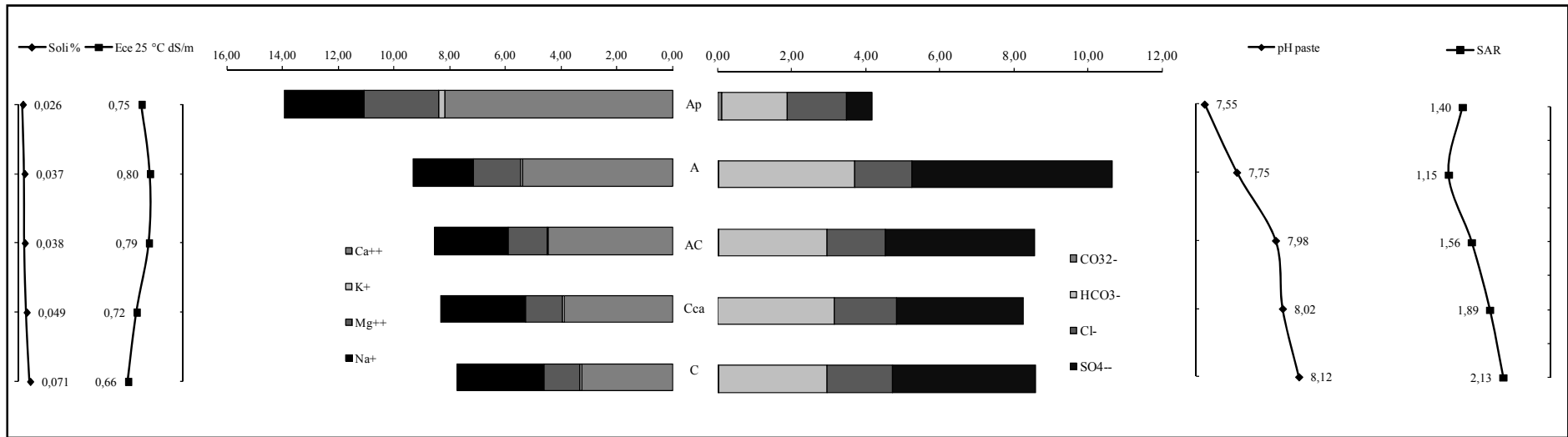
Na osnovu iznetih rezultata uočava se povećan sadržaj vodorastvorljivih katjona (kalcijuma, kalijuma, natrijuma i magnezijuma) i hlorida u površinskim horizontima navodnjavanog zemljišta. Može se zaključiti da je pod uticajem navodnjavanja došlo do izvesnih promena u sadržaju pojedinih katjona i anjona. Takođe, utvrđene su veće SAR vrednosti na navodnjavanoj varijanti. Međutim, ove promene su malih razmera, i ne ukazuju na značajnije pogoršanje ispitivanih svojstava.

Tab. 19 Minimalne maksimalne i srednje vrednosti sadržaja ukupnih vodorastvorljivih soli, električnog konduktiviteta i vodorastvorljivih anjona i katjona, navodnjavane varijante

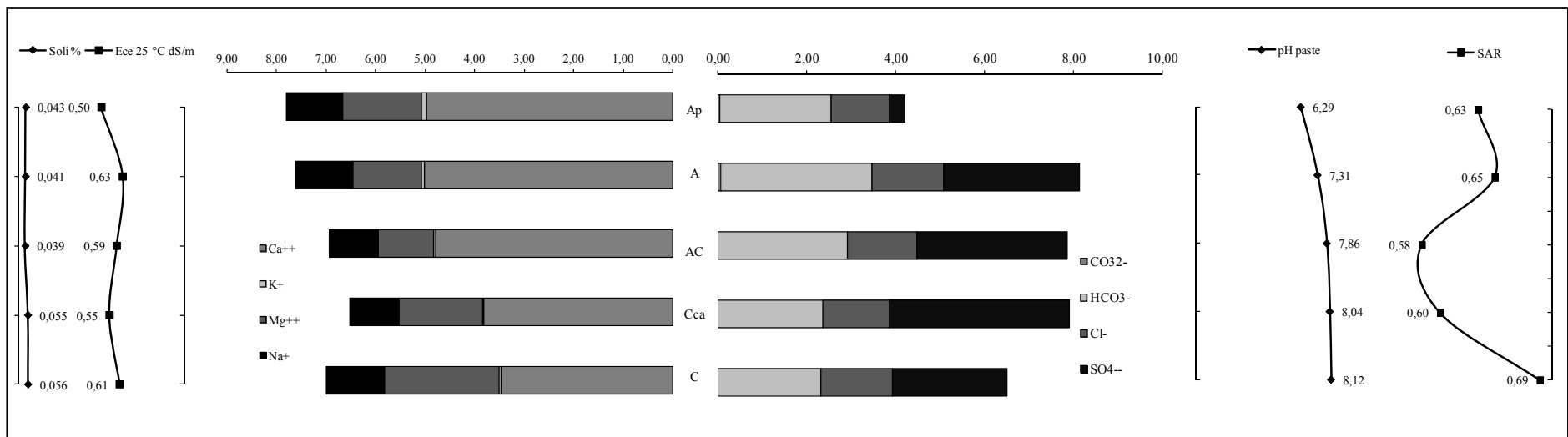
Horizont	Vrednosti	Soli %	EC _e 25°C dS/m	pH paste	pH ekstrakta	CO ₃ ²⁻ meq/l	HCO ₃ meq/l	Cl meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Suma meq/l	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	Suma meq/l	SAR
Ap	min.	0.043	0.75	7.55	7.82	0.00	2.18	1.96	2.91	8.48	4.00	1.64	0.15	1.89	9.06	0.55
	max.	0.212	2.85	8.09	9.14	0.62	4.15	2.12	5.57	10.93	18.50	5.83	0.44	4.47	26.87	2.26
	sred. vr.	0.079	1.31	7.83	8.40	0.12	3.28	2.06	4.21	9.67	8.16	2.67	0.24	2.85	13.91	1.40
A	min.	0.034	0.58	7.26	7.37	0.00	2.21	1.17	2.06	7.80	4.05	1.26	0.03	1.75	7.55	0.91
	max.	0.066	0.92	8.05	8.71	0.30	5.59	2.32	11.65	18.78	6.67	2.08	0.12	2.65	10.58	1.36
	sred. vr.	0.049	0.80	7.75	8.01	0.03	3.66	1.55	5.42	10.65	5.39	1.70	0.07	2.15	9.30	1.15
AC	min.	0.029	0.65	7.55	7.33	0.00	1.70	1.18	0.51	4.90	1.75	1.06	0.03	1.52	4.70	0.97
	max.	0.050	1.14	8.34	8.54	0.34	4.75	2.02	7.11	13.81	7.09	2.10	0.11	3.45	12.21	2.02
	sred. vr.	0.038	0.79	7.98	7.93	0.03	2.93	1.57	4.03	8.56	4.46	1.37	0.06	2.64	8.53	1.56
Cca	min.	0.023	0.51	7.46	7.45	0.00	2.24	0.98	1.54	4.81	3.11	1.04	0.03	1.70	6.31	1.12
	max.	0.046	0.84	8.24	8.60	0.00	4.24	2.28	6.08	11.42	4.81	1.70	0.12	3.71	9.71	2.19
	sred. vr.	0.037	0.72	8.02	7.96	0.00	3.16	1.67	3.43	8.26	3.88	1.32	0.05	3.05	8.31	1.89
C	min.	0.011	0.52	7.37	7.65	0.00	1.65	1.17	2.06	5.52	1.64	0.92	0.03	1.93	6.17	1.17
	max.	0.039	0.81	8.46	9.19	0.52	3.98	2.30	6.26	12.29	4.81	1.82	0.13	3.91	9.64	2.82
	sred. vr.	0.026	0.66	8.12	8.15	0.04	2.92	1.75	3.88	8.58	3.25	1.29	0.07	3.13	7.74	2.13
	sred. vr. Ap-A	0,064	1,05	7,79	8,20	0,07	3,47	1,80	4,81	10,16	6,77	2,18	0,15	2,50	11,61	1,27
	sred. vr. za sve horizonte	0,046	0,85	7,94	8,09	0,04	3,19	1,72	4,19	9,15	5,03	1,67	0,10	2,76	9,56	1,63

Tab. 20 Minimalne maksimalne i srednje vrednosti sadržaja ukupnih vodorastvorljivih soli, električnog konduktiviteta i vodorastvorljivih anjona i katjona, nenavodnjavane varijante

Horizont	Vrednosti	Soli %	EC _e 25°C dS/m	pH paste	pH ekstrakta	CO ₃ ²⁻ meq/l	HCO ₃ meq/l	Cl meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Suma meq/l	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	K ⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	Suma meq/l	SAR
Ap	min.	0.038	0.50	6.29	7.58	0.00	2.87	1.55	2.54	7.08	3.95	1.21	0.09	0.66	6.33	0.36
	max.	0.065	0.824	6.98	8.41	0.40	3.58	1.93	5.74	11.26	6.45	1.91	0.13	1.74	9.41	0.94
	sred. vr.	0.056	0.65	6.72	8.03	0.03	3.30	1.69	3.71	8.73	4.97	1.58	0.11	1.14	7.80	0.63
A	min.	0.043	0.48	7.03	7.80	0.00	2.55	0.92	0.09	5.39	3.94	1.04	0.04	0.73	6.12	0.45
	max.	0.067	0.77	7.66	8.46	0.36	4.69	2.13	6.00	10.42	6.13	1.71	0.23	1.76	9.34	1.04
	sred. vr.	0.055	0.63	7.31	8.09	0.07	3.39	1.62	3.05	8.13	5.01	1.38	0.07	1.16	7.62	0.65
AC	min.	0.033	0.47	7.53	7.61	0.00	2.05	0.84	0.94	4.83	3.77	0.84	0.02	0.65	5.60	0.38
	max.	0.055	0.78	8.00	8.30	0.00	4.24	2.39	9.17	13.72	6.58	1.47	0.07	1.36	9.11	0.72
	sred. vr.	0.039	0.59	7.86	7.95	0.00	2.90	1.57	3.36	7.84	4.78	1.11	0.05	1.00	6.93	0.58
Cca	min.	0.034	0.42	7.78	7.44	0.00	1.55	0.96	0.51	5.42	2.73	1.41	0.02	0.55	5.01	0.36
	max.	0.047	0.69	8.24	8.50	0.00	3.00	2.38	6.43	9.84	4.99	2.31	0.06	1.27	8.18	0.73
	sred. vr.	0.041	0.55	8.04	7.98	0.00	2.36	1.49	4.06	7.90	3.81	1.67	0.04	1.00	6.52	0.60
CGso	min.	0.033	0.50	7.97	7.39	0.00	1.75	0.92	0.86	4.36	2.59	1.64	0.03	0.93	5.79	0.57
	max.	0.060	0.76	8.23	8.49	0.00	3.21	2.34	4.46	8.81	4.42	2.87	0.08	1.47	8.59	0.78
	sred. vr.	0.043	0.61	8.12	7.98	0.00	2.31	1.61	2.58	6.49	3.46	2.32	0.05	1.17	6.99	0.69
	sred. vr. Ap-A	0,055	0,64	7,01	8,06	0,05	3,34	1,66	3,38	8,43	4,99	1,48	0,09	1,15	7,71	0,64
	sred. vr. za sve horizonte	0,047	0,60	7,61	8,00	0,02	2,85	1,60	3,35	7,82	4,41	1,61	0,06	1,09	7,17	0,63



Graf. 66 Srednje vrednosti % soli, EC_e na 25°C, vodorastvorljivih katjona i anjona, pH paste i SAR vrednosti navodnjavanog černozema

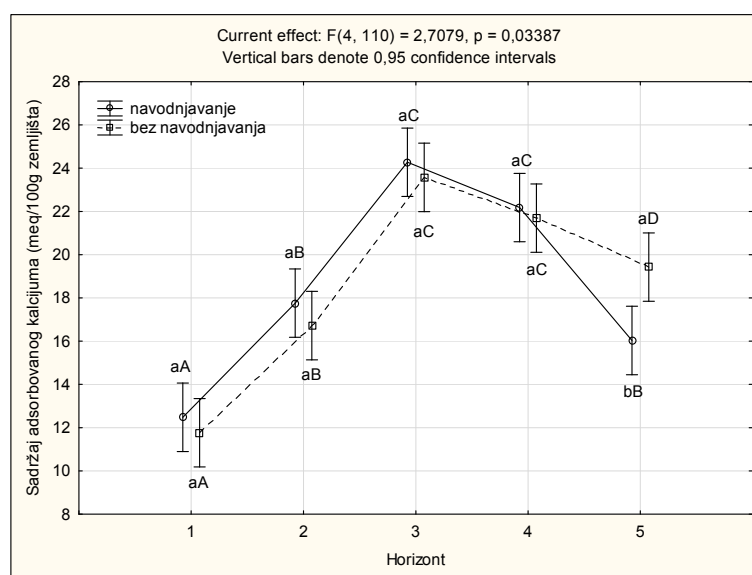


Graf. 67 Srednje vrednosti % soli, EC_e na 25°C, vodorastvorljivih katjona i anjona, pH paste i SAR vrednosti nenavodnjavanog černozema

6.3.3. Svojstva adsorptivnog kompleksa

S obzirom da količina i vrsta katjona u adsorptivnom kompleksu imaju znatan uticaj na fizička i hemijska svojstva ispitivanih zemljišta, poznavanje veličine i sastava adsorptivnog kompleksa ima veliki značaj.

Kod svih ispitivanih profila dominantan je sadržaj adsorbovanog kalcijuma, zatim sledi magnezijuma i kalijuma, dok je udeo natrijuma neznatan (Tab. 21 i 22).

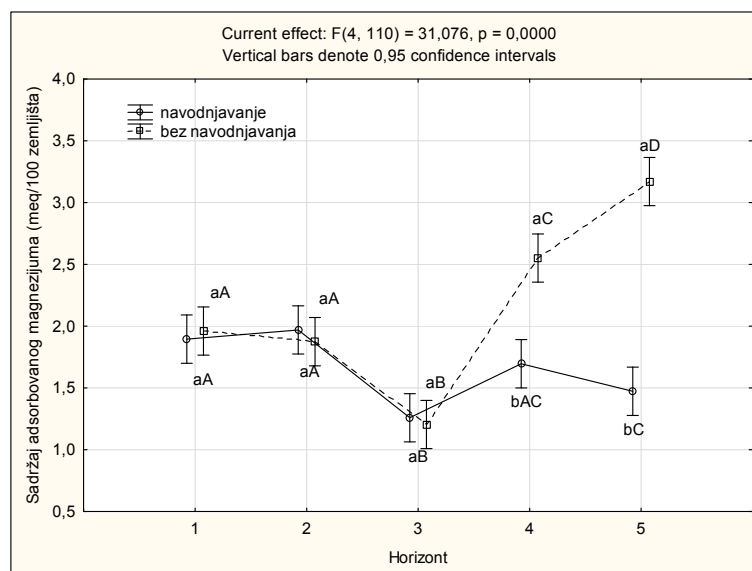


Graf. 68 Sadržaj adsorbovanog kalcijuma (meq/100 zemljišta)

Sadržaj adsorbovanog kalcijuma ima sličan raspored po dubini profila na obe varijante, odnosno najpre raste sa porastom dubine zemljišta, dostiže maksimum u prelaznom, AC horizontu, a zatim opada. Srednje vrednosti sadržaja adsorbovanog kalcijuma navodnjavanog černozema varirale su u intervalu od 12,48 meq/100g zemljišta u Ap horizontu do 24,27 meq/100g zemljišta u AC horizontu (Tab. 21). U adsorptivnom kompleksu dominantan je sadržaj kalcijuma. Najmanji sadržaj kalcijuma (Graf. 73) bio je u Ap horizontu (83,68%), a najveći u prelaznom, AC horizontu (93,94%).

Srednje vrednosti adsorbovanog kalcijuma nenavodnjavanog černozema (Tab. 22) varirale su u intervalu od 11,77 meq/100g zemljišta u Ap horizontu do 23,57 meq/100g zemljišta u AC horizontu. U adsorptivnom kompleksu najviše je zastupljen kalcijum (Graf. 73). Najmanji sadržaj kalcijuma bio je u Ap horizontu (82,56%), a najveći u AC horizontu (93,97%).

Zastupljenost kalcijuma i njegova dinamika u profilu navodnjavanog černozema je slična kao i kod nenavodnjavanog. Nije utvrđen uticaj navodnjavanja na prosečan sadržaj adsorbovanog kalcijuma za ceo profil, kao ni između pojedinih horizonata navodnjavane i nenavodnjavane varijante, osim između C i CGso horizonata (Graf. 68).



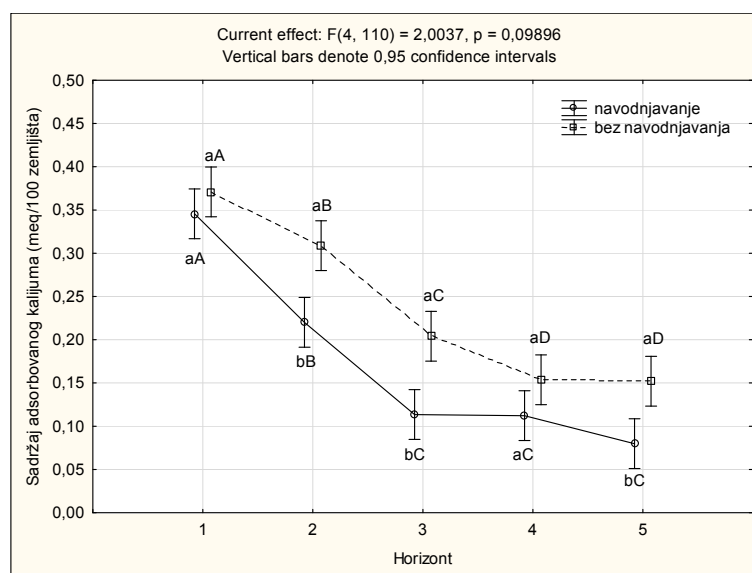
Graf. 69 Sadržaj adsorbovanog magnezijuma (meq/100g zemljišta)

Najveći sadržaj adsorbovanog magnezijuma kod navodnjavanog zemljišta izmeren je u površinskom horizontu, ali bez pravilnog rasporeda unutar profila, dok se kod nenavodnjavanog zemljišta sadržaj adsorbovanog magnezijuma smanjuje sa porastom dubine zemljišta do AC horizonta, a zatim povećava (Tab. 21).

Srednji sadržaj adsorbovanog magnezijuma navodnjavanog černozema varirao je u intervalu od 1,26 meq/100g zemljišta u AC horizontu do 1,97 meq/100g zemljišta u Ap horizontu (Tab. 21). Najmanji sadržaj magnezijuma (Graf. 73) utvrđen je u AC horizontu (4,92%), a najveći u Ap horizontu (12,82%). Utvrđene su statistički značajno manje vrednosti u prelaznom horizontu u poređenju sa ostalim horizontima (Graf. 69).

Srednji sadržaj adsorbovanog magnezijuma nenavodnjavanog černozema (Tab.22) varirao je u intervalu od 1,20 meq/100g zemljišta u AC horizontu do 3,17 meq/100g zemljišta u CGso horizontu. Najmanji sadržaj magnezijuma (Graf. 74) utvrđen je u AC horizontu (4,81%), a najveći u CGso horizontu (13,99%). Utvrđene su statistički značajno manje vrednosti u prelaznom horizontu i statistički značajno veće vrednosti u Cca i CGso horizontu u poređenju sa ostalim horizontima (Graf. 69).

Utvrđen je statistički značajno veći prosečan sadržaj adsorbovanog magnezijuma za ceo profil kod nenavodnjavanog zemljišta (2,15 meq/100g zemljišta) u poređenju sa navodnjavanim (1,66 meq/100g zemljišta). Takođe, utvrđen je značajno veći sadržaj adsorbovanog magnezijuma u podoraničnom, prelaznom i Cca horizontu nenavodnjavanog zemljišta (Graf. 69).



Graf. 70 Sadržaj adsorbovanog kalijuma (meq/100g zemljišta)

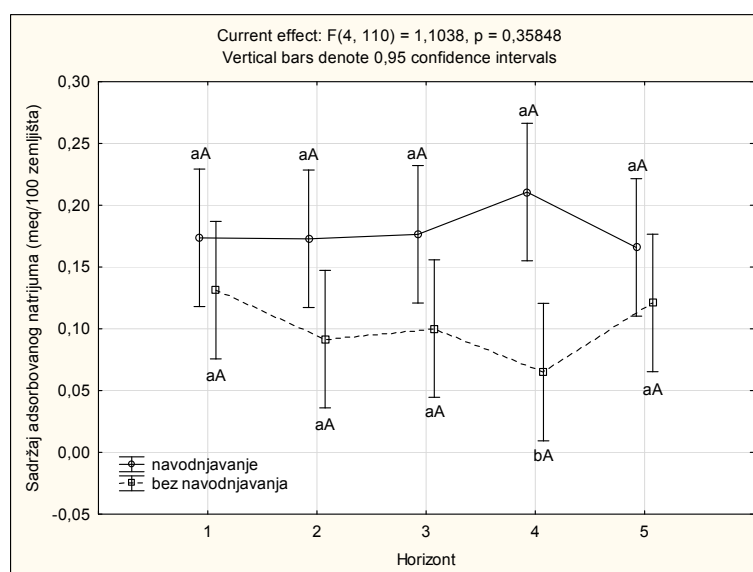
Kod svih ispitivanih profila izmeren je nizak sadržaj adsorbovanog kalijuma. Sadržaj adsorbovanog kalijuma se smanjuje sa porastom dubine zemljišta. Statistički značajno veći sadržaj utvrđen je u površinskim horizontima zemljišta kod obe varijante navodnjavanja.

Srednji sadržaj adsorbovanog kalijuma navodnjavanog černozema varirao je u intervalu od 0,08 meq/100g zemljišta u C horizontu do 0,35 meq/100g zemljišta u Ap horizontu (Tab. 21). Zastupljenost kalijuma u adsorptivnom kompleksu je raltivno mala (Graf. 73). Najmanji sadržaj kalijuma utvrđen je u C horizontu (0,44%), a najveći u oraničnom, Ap horizontu (2,31%). Statistički značajno veće vrednosti utvrđene su u površinskim horizontima zemljišta (Graf. 70).

Srednji sadržaj adsorbovanog kalijuma nenavodnjavanog černozema varirao je u intervalu od 0,15 meq/100g zemljišta u Cca i CGso horizontu do 0,37 meq/100g zemljišta u Ap horizontu (Tab. 22). Sadržaj adsorbovanog kalijuma je relativno mali (Graf. 73). Najmanji sadržaj kalijuma utvrđen je u Cca horizontu (0,63%), a najveći u oraničnom, Ap horizontu

(2,62%). Statistički značajno veće vrednosti utvrđene su u površinskim horizontima zemljišta (Graf. 70).

Utvrđen je statistički značajno veći prosečan sadržaj adsorbovanog kalijuma za celu dubinu profila kod navodnjavanog zemljišta (0,17 meq/100g zemljišta) u poređenju sa nenavodnjavanim (0,24 meq/100g zemljišta). Takođe, utvrđen je statistički značajno veći sadržaj adsorbovanog kalijuma u podoraničnom, prelaznom i Cca horizontu nenavodnjavanog zemljišta (Graf. 70).



Graf. 71 Sadržaj adsorbovanog natrijuma (meq/100g zemljišta)

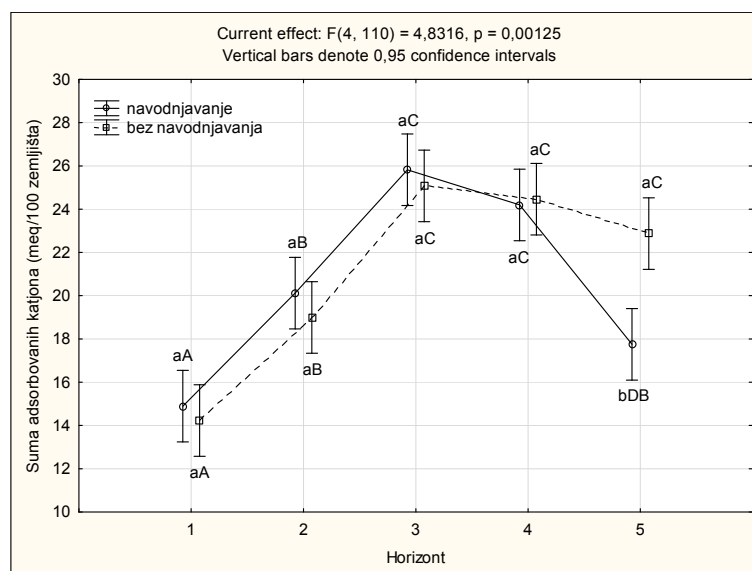
Kod svih ispitivanih profila izmeren je nizak sadržaj adsorbovanog natrijuma. Sadržaj adsorbovanog natrijuma navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema prilično je ujednačen po dubini profila (Tab. 21 i 22).

Srednji sadržaj adsorbovanog natrijuma kod navodnjavanog zemljišta varirao je u intervalu od 0,69% u AC horizontu do 1,19% u Ap horizontu (Graf. 73), dok je kod nenavodnjavane varijante varirao u interval od 0,27% u Cca horizontu do 0,94% u Ap horizontu (Graf. 74).

Utvrđen je značajno veći prosečan sadržaj adsorbovanog natrijuma za celu dubinu profila. Srednji sadržaj adsorbovanog natrijuma iznosio je na navodnjavanoj varijanti 0,18 meq/100g zemljišta, a na nenavodnjavanoj 0,10 meq/100g zemljišta. Distribucija adsorbovanog natrijuma po dubini profila je približno ista kod navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta (Graf. 71).

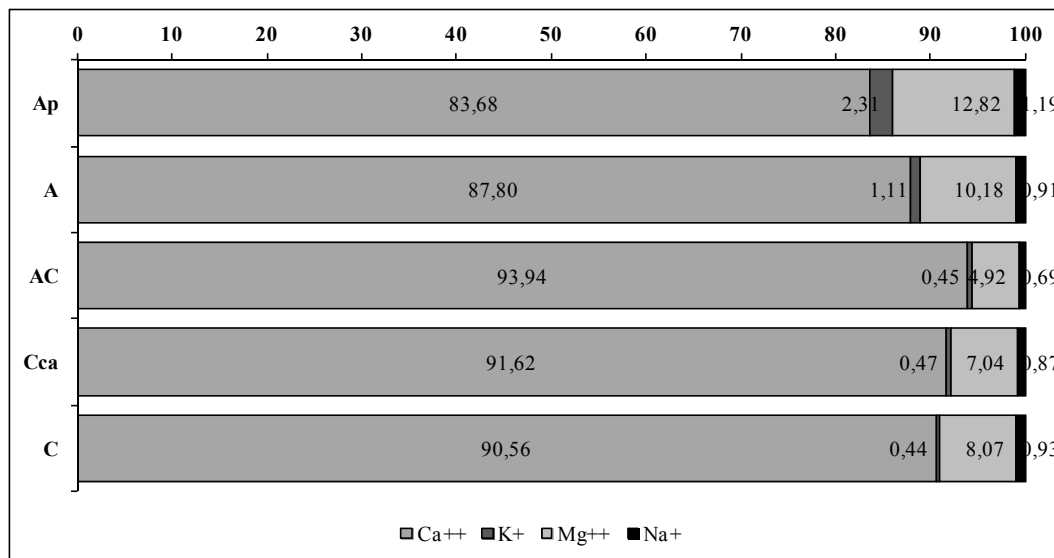
Srednje vrednosti sume adsorbovanih katjona navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema prilično su ujednačene po dubini profila. Srednje vrednosti sume adsorbovanih katjona varirale su u intervalu od 14,89 meq/100g zemljišta kod Ap horizonta do 25,82 meq/100g zemljišta kod AC horizonta kod navodnjavanog zemljišta (Tab. 21). Približno iste vrednosti utvrđene su i kod nenavodnjavane varijante i varirale su u intervalu od 14,23 meq/100g zemljišta kod Ap horizonta do 25,08 meq/100g zemljišta kod AC horizontal (Tab. 22).

Nije utvrđen uticaj navodnjavanja na prosečne vrednosti sume adsorbovanih katjona posmatrano za ceo profil (Graf. 72). Srednje vrednosti sume adsorbovanih katjona iznosile su u proseku za obe varijante oko 21 meq/100g zemljišta. Raspored sume adsorbovanih katjona je približno isti unutar profila navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta.

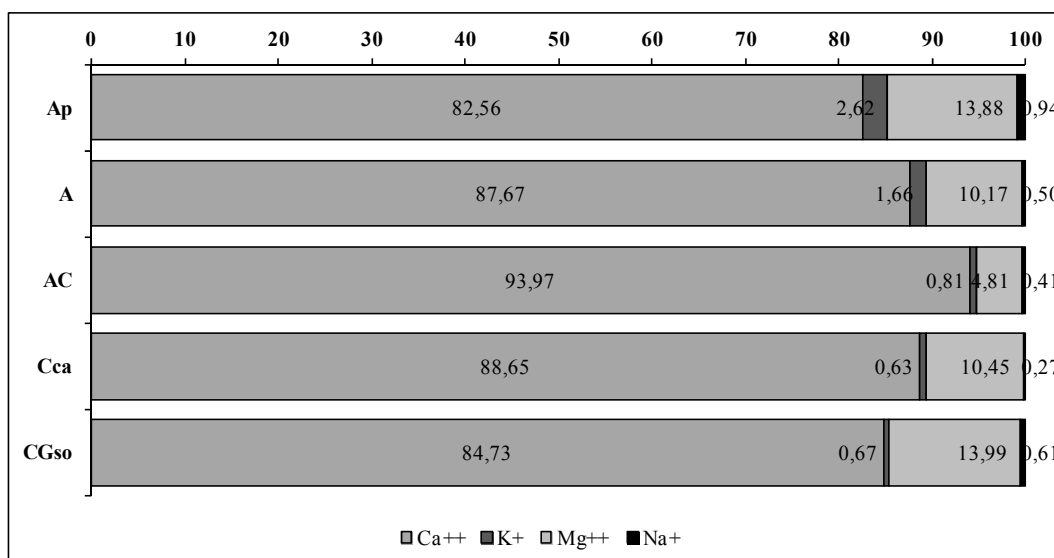


Graf. 72 Suma adsorbovanih katjona (meq/100 zemljišta)

Na osnovu iznetih rezultata uočava se približno isti sadržaj adsorbovanog kalcijuma, magnezijuma i natrijuma na ispitivanom zemljištu i neznatno povećan sadržaj kalijuma na nenavodnjavanom zemljištu. Stoga se može zaključiti da pod uticajem navodnjavanja nije došlo do promena u adsorptivnom kompleksu zemljišta.



Graf. 73 Srednje vrednosti adsorbovanih katjona, navodnjavana varijanta



Graf. 74 Srednje vrednosti adsorbovanih katjona, nenavodnjavana varijanta

Tab. 21 Minimalne maksimalne i srednje vrednosti sadržaja adsorbovanih katjona, navodnjavane varijante

Horizont	Vrednosti	Ca ⁺⁺ meq/100g	K ⁺ meq/100g	Mg ⁺⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	Suma meq/100g	Ca ⁺⁺ %	Mg ⁺⁺ %	K ⁺ %	Na ⁺ %
Ap	min.	9.60	0.24	1.43	0.04	11.55	81.40	9.59	2.09	0.29
	max.	15.77	0.42	2.55	0.35	18.06	87.93	14.90	2.76	2.21
	sred. vr.	12.48	0.35	1.89	0.17	14.89	83.68	12.82	2.31	1.19
A	min.	11.36	0.14	1.52	0.11	13.73	82.40	7.43	0.67	0.52
	max.	23.37	0.30	2.31	0.24	25.79	91.32	14.75	1.40	1.49
	sred. vr.	17.76	0.22	1.97	0.17	20.12	87.80	10.18	1.11	0.91
AC	min.	19.79	0.08	1.03	0.09	21.23	92.54	3.76	0.30	0.32
	max.	27.80	0.15	1.54	0.25	29.22	95.16	6.37	0.61	0.99
	sred. vr.	24.27	0.11	1.26	0.18	25.82	93.94	4.92	0.45	0.69
Cca	min.	20.20	0.06	1.23	0.12	21.95	88.40	5.43	0.28	0.44
	max.	25.91	0.16	2.34	0.31	27.76	93.68	9.72	0.68	1.29
	sred. vr.	22.18	0.11	1.70	0.21	24.20	91.62	7.04	0.47	0.87
C	min.	10.14	0.03	0.71	0.08	10.97	88.24	5.86	0.27	0.51
	max.	22.32	0.14	2.25	0.27	24.66	93.37	10.29	0.63	1.33
	sred. vr.	16.03	0.08	1.47	0.17	17.75	90.56	8.07	0.44	0.93
	sred. vr. Ap-A	15,12	0,28	1,93	0,17	17,51	85,74	11,50	1,71	1,05
	sred. vr. za sve horizonte	18,54	0,17	1,66	0,18	20,56	89,52	8,61	0,96	0,92

Tab. 22 Minimalne maksimalne i srednje vrednosti adsorbovanih katjona, nenavodnjavane varijante

Horizont	Vrednosti	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Suma	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
		meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	%	%	%	%
Ap	min.	8.57	0.25	1.46	0.03	10.32	77.73	11.55	1.95	0.29
	max.	17.26	0.43	2.31	0.69	20.02	86.17	15.18	2.96	5.08
	sred. vr.	11.77	0.37	1.96	0.13	14.23	82.56	13.88	2.62	0.94
A	min.	11.37	0.22	1.46	0.06	13.34	84.89	7.37	1.13	0.27
	max.	28.75	0.36	2.59	0.14	31.78	90.82	12.51	2.00	0.69
	sred. vr.	16.72	0.31	1.87	0.09	18.99	87.67	10.17	1.66	0.50
AC	min.	20.83	0.11	0.90	0.03	22.68	91.81	3.78	0.41	0.14
	max.	27.07	0.48	1.38	0.41	28.48	95.50	5.35	1.81	1.82
	sred. vr.	23.57	0.20	1.20	0.10	25.08	93.97	4.81	0.81	0.41
Cca	min.	19.98	0.09	1.72	0.03	22.66	86.14	7.28	0.40	0.11
	max.	25.10	0.18	3.32	0.11	27.39	92.21	12.87	0.77	0.45
	sred. vr.	21.69	0.15	2.55	0.06	24.46	88.65	10.45	0.63	0.27
C	min.	12.88	0.09	2.37	0.05	16.86	76.38	11.06	0.48	0.21
	max.	22.67	0.21	3.95	0.66	25.86	88.25	18.80	0.93	3.89
	sred. vr.	19.43	0.15	3.17	0.12	22.87	84.73	13.99	0.67	0.61
	sred. vr. Ap-A	14,24	0,34	1,92	0,11	16,61	85,12	12,02	2,14	0,72
	sred. vr. za sve horizonte	18,63	0,24	2,15	0,10	21,13	87,52	10,66	1,28	0,54

6.4. Kvalitet vode za navodnjavanje

Problemi ocene kvaliteta vode za navodnjavanje dolaze do punog izražaja poslednjih decenija. U prirodi je sve manje vode dobrog kvaliteta sa trendom njenog smanjenja. Prvenstveno negativan uticaj mineralizovanih voda na zemljište i biljke uslovalo je potrebu za određivanjem i ocenom kvaliteta vode za navodnjavanje (Bošnjak, 1994).

U tabeli 23 prikazani su rezultati analize hemijskog sastava vode za navodnjavanje na osnovu kojih je data ocena kvaliteta vode prema četiri klasifikacije: na osnovu Steblerovog koeficijenta, po Nejgebaueru, prema Američkoj laboratoriji za slatine (US Salinity Laboratory) i prema modifikovanoj FAO klasifikaciji (Ayers i Westcot, 1985).

Najblaži kriterijumi za ocenu upotrebljivosti vode za navodnjavanje dati su Steblerovim koeficijentom koji uzima u obzir samo sadržaj i međusobni odnos jona natrijuma, hlora i sulfata. Prema ovoj klasifikaciji irigacioni koeficijent je 44,20, a voda za navodnjavanje na ispitivanom lokalitetu je prema ovoj klasifikaciji dobra, jer nema opasnosti od nagomilavanja štetnih soli u zemljištu.

Osnova klasifikacije po Nejgebaueru je stepen zaslanjenosti izražen preko suvog ostatka, kao pokazatelja opasnosti od zaslanjivanja, i odnos kalcijuma i magnezijuma prema natrijumu, kao pokazatelj opasnosti od alkalizacije zemljišta. Na osnovu ove klasifikacije voda za navodnjavanje se svrstava u četiri klase. Ispitivana voda za navodnjavanje svrstana je u treću (IIIb) klasu, u vode koje treba ispitati u našim uslovima.

Kod klasifikacije Američke laboratorije za slatine (US Salinity Laboratory), posebno se razmatra opasnost od zaslanjivanja, preko elektroprovodljivosti vode koja pokazuje ukupnu koncentraciju soli u vodi, i alkalizacije, preko SAR vrednosti, kao pokazatelja relativne adsorpcije natrijuma. Prema klasifikaciji US Salinity Laboratory uzorkovana voda pripada C3S1 klasi, što znači da se radi o mineralizovanoj vodi koja može izazvati proces zaslanjivanja kod slabo dreniranih zemljišta, ali ne i alkalizaciju zbog malog sadržaja natrijuma. Od vodorastvorljivih soli dominiraju bikarbonati kalcijuma i magnezijuma (Tab. 23). Prema ovoj klasifikaciji C3 voda se ne može koristiti na zemljištima slabe dreniranosti. Kod svih zemljišta potrebno je preduzimati posebne mere da ne bi došlo do zaslanjivanja (stalna ili povremena ispiranja soli, dobra prirodna vodosprovodljivost zemljišta ili veštačka drenaža). Neophodan je izbor biljaka visoke tolerantnosti prema solima. Takođe, voda je sa malim sadržajem natrijuma (S1), te se može koristiti za navodnjavanje većine zemljišta bez

posebne opasnosti od alkalizacije. Mogu da se navodnjavanju sve biljne vrste. Od anjona posebno se analiziraju karbonati i bikarbonati. Ukoliko je njihov sadržaj u vodi za navodnjavanje visok, mogu u zemljišnom rastvoru uzrokovati taloženje kalcijuma i magnezijuma, pri čemu se povećava koncentracija izmenljivog natrijuma i pogoršava SAR vrednost.

Tab. 23 Klasifikacije vode za navodnjavanje

Vrsta analize	Uobičajeni nivoi u vodi za navodnjavanje (Ayers & Westcot, 1985).	Vrednosti
pH vrednost	6,0 – 8,5	7,96
Elektroprovodljivost dS/m	0 - 3	1,253
Suvi ostatak mg/l	0 – 2000	712
CO ₃ meq/l	0 – 0,1 meq/l	0
HCO ₃ meq/l	0 – 10 meq/l	13,51
Cl meq/l	0 – 30 meq/l	1,14
SO ₄ meq/l	0 – 20 meq/l	1,05
Ca meq/l	0 – 20 meq/l	4,350
Mg meq/l	0 – 5 meq/l	5,603
K meq/l		0,091
Na meq/l	0 – 40 meq/l	5,376
SAR	0 -15	2,41
RSC	< 1,25	3,56
Steblerov irigacioni koeficijent	> 18 - dobra voda 18 – 6 - zadovoljavajuća voda 5,9-1,2 – nezadovoljavajuća voda < 1,2 – loša voda	44,20
Klasifikacija po Nejgebaueru	I do IV	IIIb klasa
Klasa vode (prema US Salinity Laboratory)	C1 – C4 S1 – S4	C3S1
Modifikovana FAO klasifikacija	I - III	II

Kao pokazatelj odnosa karbonata i bikarbonata prema kalcijumu i magnezijumu, obračunava se vrednost rezidualnog natrijum karbonata (RSC). Obračunata RSC vrednost ispitivane vode za navodnjavanje je 3,56. Prema ovoj klasifikaciji vode sa RSC vrednostima većim od 2,5 nisu pogodne za navodnjavanje.

Modifikovana FAO klasifikacija (Ayers i Westcot, 1985) zasniva se na oceni opasnosti od zaslanjivanja na osnovu ukupne količine soli ili elektroprovodljivosti, a opasnost od alkalizacije se izražava preko SAR vrednosti. Prema Beltran (1999), date smernice se mogu koristiti na navodnjavanom zemljištu aridnih i semiaridnih regiona na zemljištima od

peskovite do glinovite ilovače. Drenažni uslovi moraju biti dobri, odnosno pretpostavlja se da je nivo podzemne vode dubok ili da postoji podzemna drenaža. Takođe, gubici vode proceđivanjem su najmanje 15% od dodate količine vode navodnjavanjem površinskim načinima ili kišenjem. Ako se koriste lokalni načini navodnjavanja, sa češćim zalivanjima preporučuje se drugačiji pristup. Prema ovoj klasifikaciji, kvalitet vode za navodnjavanje je dobar ako je EC_w vode manji od 0,7 dS/m i suvi ostatak manji od 450 mg/l, odnosno sa određenim stepenom ograničenja ako je EC_w vode 0,7-3 dS/m, a ukupne soli 450-2000 mg/l. Prema ovoj klasifikaciji, voda za navodnjavanje na ispitivanim lokalitetima ima slab do srednji stepen ograničenja upotrebe, odnosno spada u drugu kategoriju. Ova klasifikacija posebno razmatra toksičnost pojedinih jona, kao što je Cl. Kod ispitivane vode za navodnjavanje utvrđen je nizak sadržaj hlora, te nema ograničenja upotrebe ukoliko se koriste površinski načini navodnjavanja, kao i orošavanje.

Miljković (2005) navodi da je usled trenda povećanja površina pod navodnjavanjem, kao i zbog kvaliteta vode koji sve manje odgovaraju ranije usvojenim normativima, neophodna savremenija klasifikacija vode. Autor navodi tri osnovne kategorije vode za navodnjavanje zasnovane na savremenim kriterijumima. Pored u osnovi istog pristupa, kao kod predhodnih metoda (Belić i sar, 2003), za ocenu stepena zaslanjenosti voda, ova metoda uzima u obzir i neke dodatne kriterijume koji daju sveobuhvatniji pogled na stanje kvaliteta voda (korigovana vrednost SAR, sadržaj rezidualnog natrijuma, dejstvo specifičnih jona, permeabilnost zemljišta). Prema ovoj klasifikaciji ispitivana voda za navodnjavanje pripada drugoj kategoriji, čija primena uslovljava pojavu mnogih ograničenja. Vodu ovakvog kvaliteta moguće je koristiti za navodnjavanje na dobro dreniranim peskovitim, peskovito ilovastim i ilovastim zemljištima, sa dubljim nivoom podzemne vode. Šira primena moguća je pod uslovom prethodne drenaže zemljišta i/ili kondicioniranja irigacione vode.

6.5. Klasifikacija zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje

U FAO klasifikaciji zemljišta prema pogodnosti za navodnjavanje (1985), zemljišta se svrstavaju u dva reda, pogodna (S) i nepogodna (N), u okviru kojih se nalaze klase, podklase i jedinice. Zemljišta pogodna za navodnjavanje se dalje dele na visoko (S1), umereno (S2) i ograničeno (S3) pogodna, a nepogodna zemljišta na marginalna (N1) i permanentna (N2). Dalja kategorizacija na podklase i jedinice se odnosi na specifična ograničenja pogodnosti.

Visoko pogodna zemljišta za navodnjavanje nemaju ograničenja pri korišćenju, dok zemljišta umerene pogodnosti imaju izvesna ograničenja i kod kojih je moguće da pri datom korišćenju dođe do smanjenja produktivnosti. Ograničeno pogodna zemljišta imaju velika ograničenja korišćenja, kod kojih će pri datom korišćenju doći do smanjenja produktivnosti.

U tabeli 24 prikazani su rezultati analize ocene pogodnosti ispitivanog navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je ispitivano zemljište u granicama umerene do visoke pogodnosti za navodnjavanje. Jedini dijagnostički faktor koji može negativno uticati na produktivnost zemljišta je pH reakcija kod navodnjavanog zemljišta, prema kojem zemljište spada u klasu umerene do ograničene pogodnosti.

Tab. 24 Procena pogodnosti zemljišta za navodnjavanje prema FAO klasifikaciji (1985)

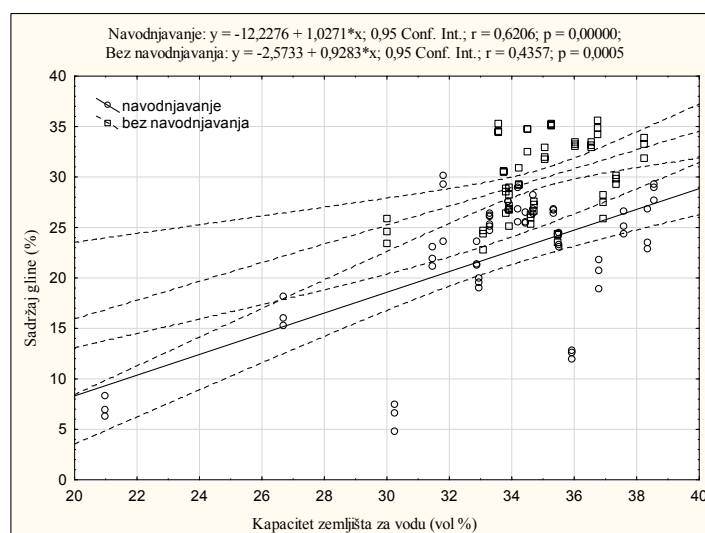
Zahtevi za korišćenje zemljišta					
Kvalitet zemljišta	Dijagnostički faktor	Mera	Vrednosti	Procena pogodnosti	
Raspoloživost vode	Vegetacioni period	dan	april-septembar	< 210	Nepogodno
	Rel. ET za veg. period	opseg	0,26	0,17-0,55	Umereno pogodno
Raspoloživost kiseonikom	Dreniranost	klasa	-	Dobro drenirano	Visoko pogodno
	Dubina podzemne vode tokom vegetacije	cm	>250	> 180	Visoko pogodno
Raspoloživost hraniva	pH reakcija	pH	7,61 do 8,22	7-8 i 8-8,5	Umereno do ograničeno pogodno
Zaslanjenost i alkalizacija	EC _e	mS/cm	Max 1,31	< 2,5	Visoko pogodno

Ocena pogodnosti zemljišta na osnovu prikazanih faktora, predstavlja korisnu informaciju, ali nedovoljnu za donošenje odluke o korišćenju zemljišta. Stoga je neophodno uzeti u obzir i ostale relevantne faktore, kao što je klima, vodni resursi, topografija, kao i društveno ekonomske faktore i infrastrukturu.

6.6. Korelacije

Primenom regresionog modela može se oceniti kako se menja jedna promenljiva pod uticajem promene druge promenljive. Međuzavisnost između dve promenljive u regresionoj analizi izražava se jednačinom regresije ili regresionim modelom. Regresioni model kojim izražavamo linearnu vezu između dve promenljive naziva se linearni regresioni model. Pomoću dijagrama disperzije (rasturanja) moguće je otkriti prirodu, jačinu i smer slaganja između dve promenljive. S druge strane, koeficijent korelacije pokazuje stepen slaganja između ovih promenljivih u linearnoj međuzavisnosti.

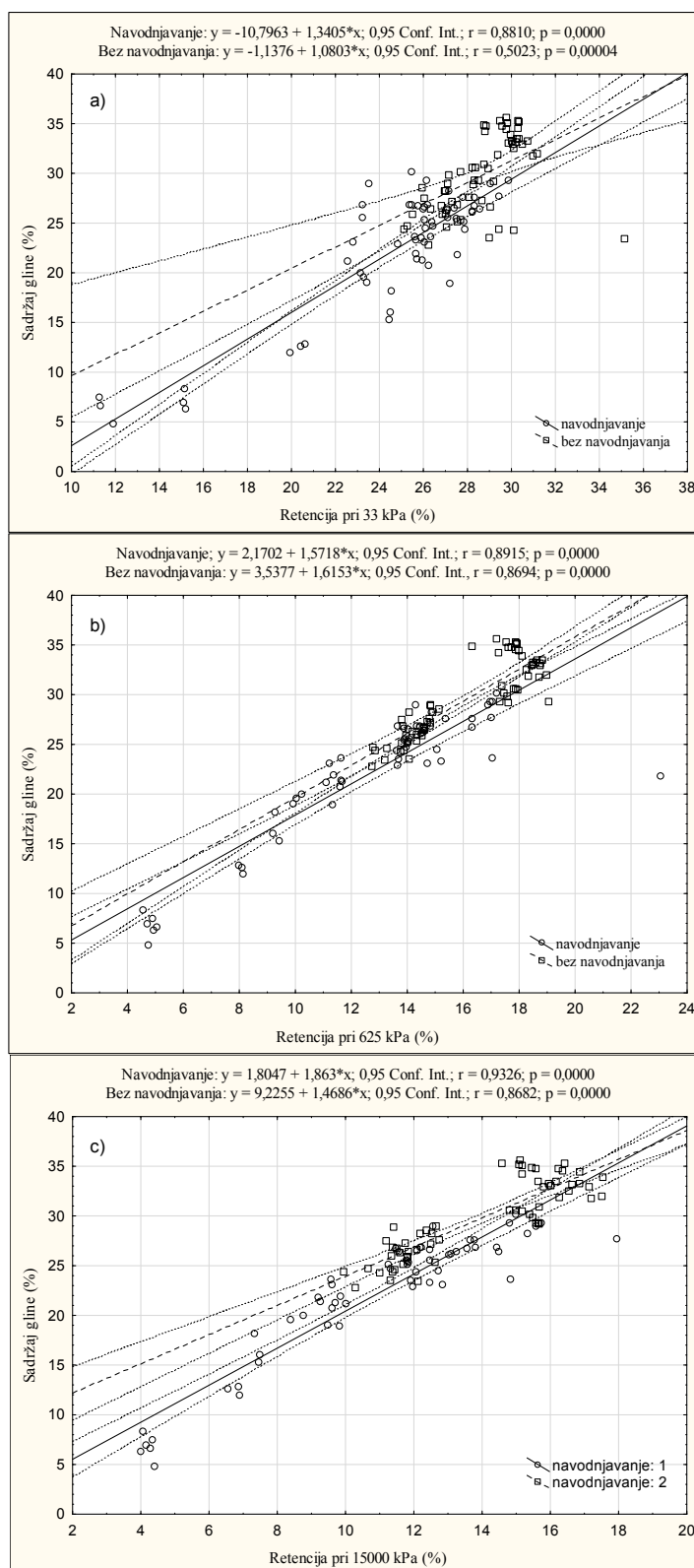
Na grafikonima 75, 76 i 77 prikazani su dijagrami rasturanja i jednačine linearne regresije za pojedina svojstva zemljišta kod kojih su utvrđene visoke vrednosti koeficijenta korelacije. U tabeli 25 dati su koeficijenti korelacije za pojedina svojstva zemljišta.



Graf. 75 Kapacitet zemljišta za vodu u zavisnosti od sadržaja gline

Utvrđena je srednje jaka korelacija između kapaciteta zemljišta za vodu i sadržaja gline. Koeficijent korelacije na navodnjavanom černozemu iznosi 0,6206, a na nenavodnjavanom je nešto manji i iznosi 0,4357. Jaka pozitivna korelacija utvrđena je između sadržaja gline i vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa (0,8810), 625 kPa (0,8195) i 1500 kPa (0,9326) na navodnjavanoj varijanti i vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa (0,5023), 625 kPa (0,8694) i 1500 kPa (0,8682) na nenavodnjavanoj varijanti. Visoke vrednosti koeficijenta korelacije su uslovljene sposobnošću čestica gline da zadržavaju veće količine vode, pa se stoga i vrednosti kapaciteta zemljišta za vodu i vrednosti retencije povećavaju sa povećanjem

sadržaja gline. Suprotno, utvrđena je srednje jaka negativna korelacija između vrednosti retencije i sadržaja ukupnog peska.



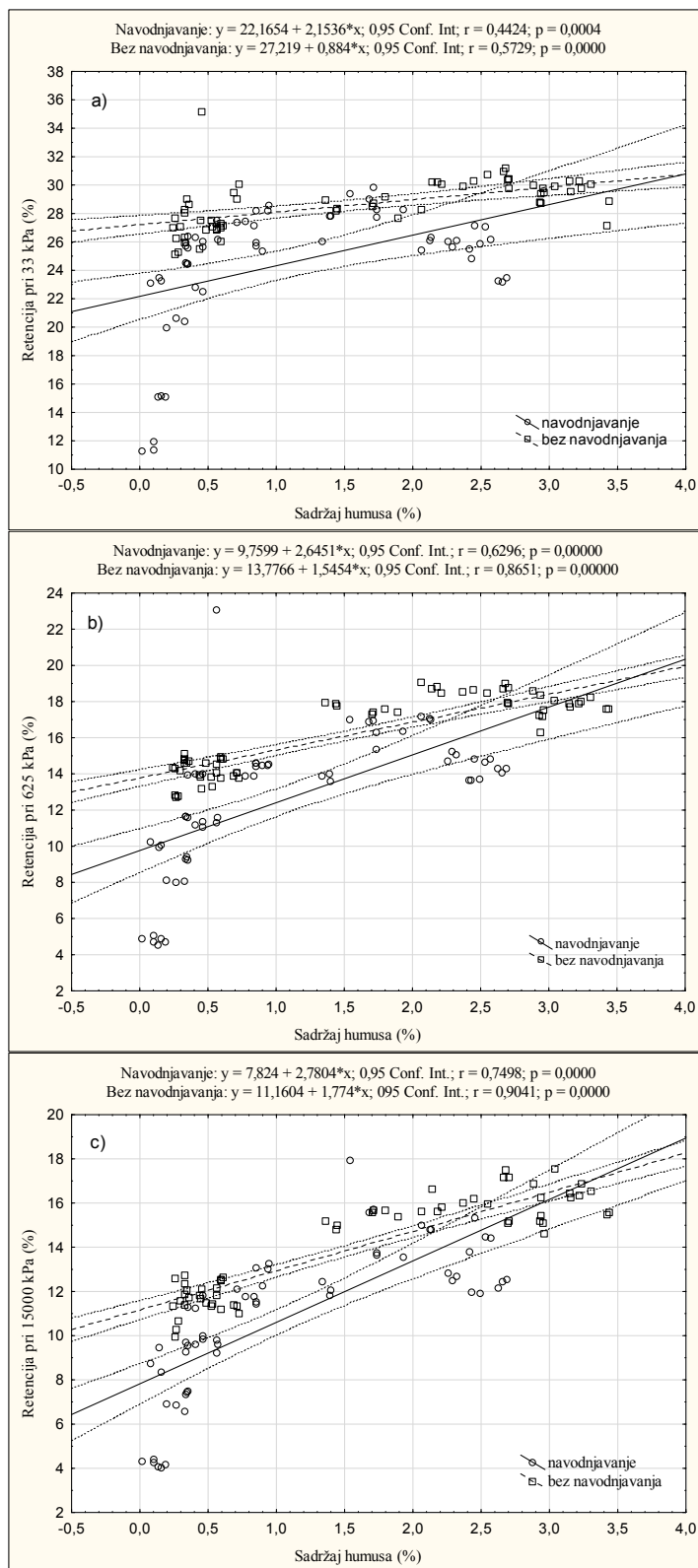
Graf. 76 Retencija vode u zavisnosti od sadržaja gline

Tabela 25. Koeficijenti korelacije ispitivanih svojstava zemljišta

	<0.002	% ukupnog peska	% praha+gline	Zm	Sm	Up	>10 μm	10-0.2 μm	<0.2 μm	kapacitet za vodu	kapacitet za vazduh	vodosprovodljivost	33 kPa	625 kPa	15000 kPa
<0.002	1,00	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	*
% ukupnog peska	-0,71	1,00	*	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*
% praha+gline	0,71	-1,00	1,00	*	ns	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*
Zm	-0,12	-0,37	0,37	1,00	*	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	ns	*
Sm	-0,32	0,03	-0,03	0,21	1,00	0,10	*	ns	*	*	*	*	*	*	*
Up	-0,27	0,34	-0,34	-0,68	0,10	1,00	*	*	ns	ns	*	ns	*	ns	*
>10 μm	-0,69	0,78	-0,78	-0,40	0,19	0,57	1,00	*	*	*	*	ns	*	*	*
10 - 0.2 μm	0,13	-0,56	0,56	0,69	0,09	-0,51	-0,63	1,00	*	ns	*	ns	*	ns	ns
<0.2 μm	0,62	-0,19	0,19	-0,39	-0,32	-0,02	-0,36	-0,50	1,00	*	*	ns	*	*	*
kapacitet za vodu	0,59	-0,42	0,42	-0,03	-0,26	-0,16	-0,54	0,08	0,51	1,00	*	ns	*	*	*
kapacitet za vazduh	-0,50	0,50	-0,50	-0,53	0,22	0,87	0,73	-0,46	-0,26	-0,61	1,00	ns	*	*	*
vodosprovodljivost	0,11	0,00	0,00	-0,12	-0,20	0,08	-0,02	-0,08	0,12	0,05	0,03	1,00	ns	ns	ns
0,33 kPa	0,86	-0,75	0,75	-0,01	-0,28	-0,26	-0,81	0,40	0,43	0,56	-0,49	0,05	1,00	*	*
6,25 kPa	0,92	-0,62	0,62	-0,18	-0,28	-0,16	-0,65	0,07	0,65	0,62	-0,43	0,07	0,85	1,00	*
15 kPa	0,93	-0,55	0,55	-0,22	-0,36	-0,19	-0,60	-0,03	0,71	0,60	-0,44	0,10	0,82	0,92	1,00
% CaCO ₃	-0,47	-0,19	0,19	0,41	0,42	0,18	0,14	0,38	-0,61	-0,31	0,29	-0,15	-0,26	-0,48	-0,60
% humusa	0,69	-0,07	0,07	-0,45	-0,44	-0,14	-0,28	-0,32	0,70	0,43	-0,31	0,16	0,47	0,68	0,78
Ca vodorastvorljivi	0,16	0,09	-0,09	-0,28	-0,16	0,08	-0,04	-0,21	0,30	0,33	-0,09	0,11	0,12	0,18	0,23
K vodorastvorljivi	0,04	0,27	-0,27	-0,28	-0,19	0,04	0,09	-0,28	0,24	0,18	-0,06	0,19	-0,07	0,04	0,13
Mg vodorastvorljivi	0,04	-0,09	0,09	0,16	0,02	-0,17	-0,16	0,14	0,00	0,19	-0,24	0,03	0,04	0,01	0,03
Na vodorastvorljivi	-0,63	0,62	-0,62	-0,25	0,05	0,27	0,56	-0,39	-0,16	-0,30	0,35	-0,01	-0,63	-0,58	-0,58
SAR	-0,70	0,64	-0,64	-0,19	0,12	0,28	0,62	-0,36	-0,26	-0,38	0,40	-0,04	-0,70	-0,66	-0,67
Ca ads	-0,08	-0,32	0,32	0,10	0,28	0,30	-0,06	0,21	-0,19	0,05	0,22	-0,15	0,13	-0,04	-0,13
K ads	0,65	-0,17	0,17	-0,26	-0,40	-0,25	-0,37	-0,12	0,56	0,41	-0,40	0,19	0,47	0,61	0,70
Mg ads	0,23	-0,57	0,57	0,65	0,09	-0,59	-0,55	0,68	-0,20	0,07	-0,52	-0,06	0,30	0,15	0,13
Na ads	-0,13	0,17	-0,17	-0,15	0,11	0,05	0,12	-0,20	0,11	-0,15	0,09	-0,03	-0,18	-0,13	-0,14
Soli%	0,34	-0,11	0,11	-0,11	-0,19	-0,17	-0,22	-0,08	0,34	0,40	-0,34	0,16	0,27	0,32	0,39
EC _e ekstrakta	-0,09	0,24	-0,24	-0,25	-0,08	0,14	0,13	-0,23	0,13	0,20	0,01	0,08	-0,10	-0,07	-0,03
EC _e paste	-0,64	0,15	-0,15	0,31	0,38	0,25	0,36	0,06	-0,48	-0,31	0,34	-0,17	-0,49	-0,56	-0,60

Tabela 25. Koeficijenti korelacije ispitivanih svojstava zemljišta (nastavak)

	% CaCO ₃	% humusa	Ca	K	Mg	Na	SAR	Ca ads	K ads	Mg ads	Na ads	Soli %	EC _e ekstrakta	EC _e paste
<0.002	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	*
% ukupnog peska	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
% praha+gline	*	ns	ns	*	ns	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns
Zm	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	*
Sm	*	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*
Up	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	*
>10 μm	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	*
10 - 0.2 μm	*	*	*	*	ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	ns
<0.2 μm	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	ns	*
kapacitet za vodu	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	*	*	*
kapacitet za vazduh	*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	ns	*	ns	*
vodoprovodljivost	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
0,33 kPa	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	*	ns	*	ns	*
6,25 kPa	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns	*
15 kPa	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	*	ns	*
% CaCO ₃	1,00	*	*	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns	*	*	*
% humusa	-0,90	1,00	*	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	*	*
Ca vodorastvorljivi	-0,40	0,42	1,00	*	*	ns	*	*	*	ns	ns	*	*	ns
K vodorastvorljivi	-0,49	0,47	0,76	1,00	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	*	*
Mg vodorastvorljivi	-0,13	0,11	0,76	0,65	1,00	ns	*	*	*	*	ns	*	*	ns
Na vodorastvorljivi	0,08	-0,27	0,01	0,19	-0,07	1,00	*	ns	*	*	*	ns	*	*
SAR	0,19	-0,39	-0,22	0,02	-0,25	0,95	1,00	ns	*	*	*	*	ns	*
Ca ads	0,67	-0,53	-0,22	-0,47	-0,26	-0,09	-0,03	1,00	*	ns	ns	*	*	*
K ads	-0,79	0,86	0,45	0,52	0,24	-0,25	-0,39	-0,47	1,00	ns	ns	*	*	*
Mg ads	0,12	-0,12	-0,14	-0,09	0,30	-0,31	-0,32	-0,04	0,17	1,00	ns	ns	ns	ns
Na ads	-0,03	0,00	-0,04	0,03	-0,07	0,49	0,46	-0,11	0,01	-0,03	1,00	ns	ns	ns
Soli%	-0,47	0,51	0,83	0,69	0,71	-0,11	-0,30	-0,32	0,58	0,09	-0,03	1,00	*	*
EC _e ekstrakta	-0,25	0,21	0,93	0,79	0,80	0,29	0,07	-0,21	0,28	-0,13	0,07	0,75	1,00	ns
EC _e paste	0,67	-0,75	-0,17	-0,21	0,01	0,38	0,41	0,45	-0,62	0,06	0,13	-0,27	0,02	1,00



Graf. 77 Retencija vode u zavisnosti od sadržaja humusa

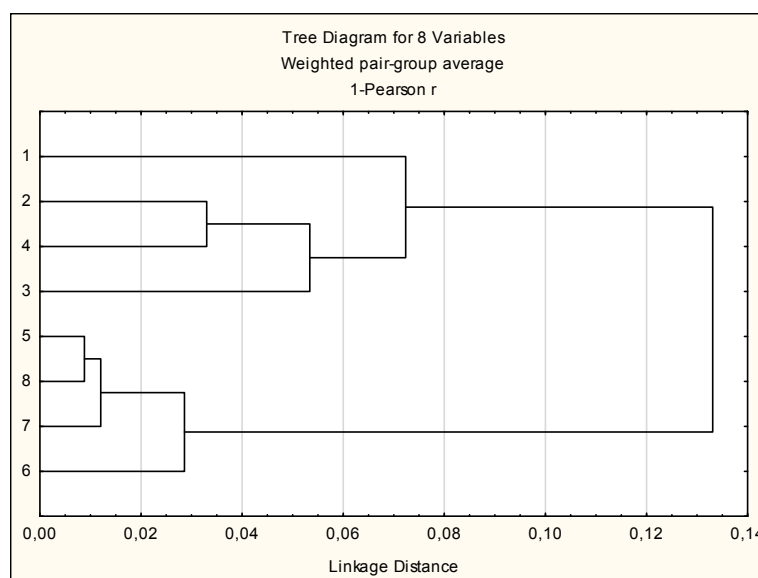
Srednje jaki koeficijenti korelacije utvrđeni su između sadržaja humusa i vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa (0,4424), 625 kPa (0,6296) i 1500 kPa (0,9326) na

navodnjavanoj varijanti i vrednosti retencije pri pritisku od 33 kPa (0,5729), 625 kPa (0,8651) i 1500 kPa (0,9041) na nenavodnjavanoj varijanti. Takođe je utvrđena negativna, srednje jaka korelacija između vrednosti retencije i sadržaja natrijuma.

Klaster analiza obuhvata veliki broj algoritama i metoda za grupisanje objekata slične vrste u odgovarajuće kategorije. Klaster analiza može da se koristi za otkrivanje strukture unutar podataka, ali ne daje objašnjenje zašto one postoje.

Na prikazanom dendrogramu korišćena je matrica podataka u kojoj se kao objekti (cases) u redovima nalaze pedološki profili, a za varijable je izabrano 19 svojstava u pet horizonata pedološkog profila po tri ponavljanja, što za svaki profil iznosi 95 odnosno 285 podataka. Izabrana su sledeća svojstva: sadžaj gline, zapreminska i specifična masa, vodosprovodljivost, retencija na 33, 625 i 15000 kPa, sadržaj kalcijum karbonata, pH u vodi i u KCl, sadržaj humusa, lakopristupačnog kalijuma i fosfora, SAR vrednost, suma vodorastvorljivih i adsorbovanih katjona i anjona, sadržaj soli i pH ekstrakta.

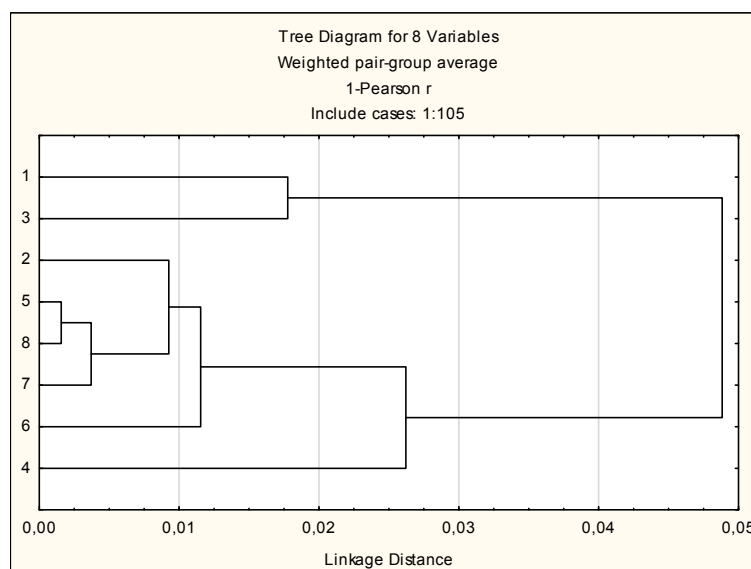
Na dendrogramu se izdvajaju dve grupe pedoloških profila. Prvu grupu čine profili broj 1 do 4, odnosno profili koji su otvarani na navodnjavanom zemljištu, dok drugu grupu čine profili 5 do 8, koji su otvarani na nenavodnjavanom zemljištu. Na dendrogramu su jasno razgraničeni profili na navodnjavanom i nenavodnjavanom zemljištu.



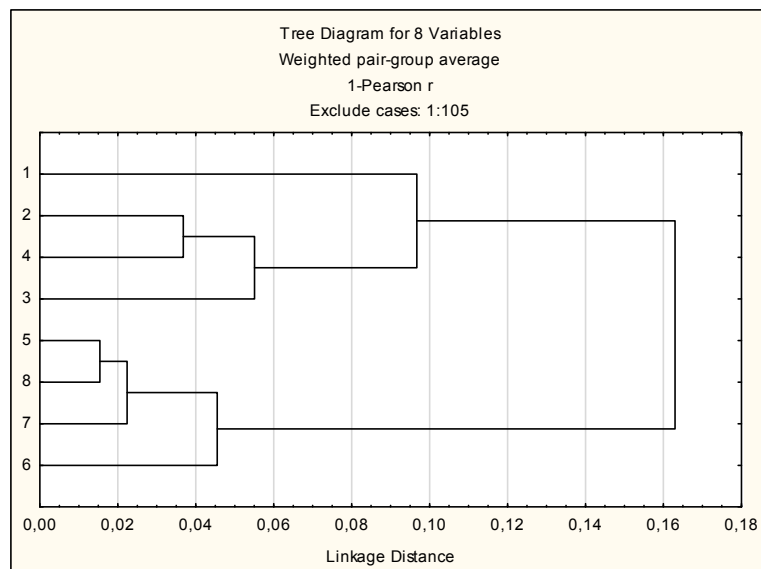
Dendrogram 1 Grupisanje profila u odnosu na fizička vodno fizička i hemijska svojstva

Vezivanje pedoloških profila posledica je uticaja karakterističnih pedogenetskih procesa koji se reflektuju na određeni način preko vrednosti pojedinih ulaznih parametara. Menjanjem

pojedinih parametara tokom klaster analize mogu se dobiti slojevita razmatranja uticaja pojedinih parametara na karakter međusobnog grupisanja podataka (Protić i Protić, 1989). Stoga je sastavljena matrica podataka gde su kao objekti (cases) u redovima uzeti pedološki profili, ali je za varijable izabrano 12 svojstava u 5 horizonata, po 3 ponavljanja, što ukupno iznosi 60, odnosno 180 ulaznih podataka. Izabrana svojstva (varijable) određuju fizička i vodno fizička svojstva zemljišta: sadržaj gline, zapreminska i specifična masa, vodosprovodljivost i retencija na 33, 625 i 15000 kPa. U ovom slučaju prvoj grupi pripadaju profili broj 1 i 3, dok je profil 2 najbliži profilima 5, 7 i 8 koji pripadaju nenavodnjavanom zemljištu. Hijerarhijsko stablo prikazano na dendrogramu 2, ne pokazuje jasno grupisanje pedoloških profila, što ukazuje da navodnjavanje nije imalo uticaja na fizička svojstva ispitivanog zemljišta. U cilju grupisanja profila na osnovu hemijskih svojstava, sastavljena je matrica podataka gde su kao objekti (cases) u redovima ponovo uzeti pedološki profili, ali je za varijable izabrano 7 svojstava u 5 horizonata, po 3 ponavljanja, što ukupno iznosi 35, odnosno 105 ulaznih podataka. Izabrana svojstva (varijable) određuju hemijska svojstva zemljišta: sadržaj kalcijum karbonata, pH u vodi i u KCl, sadržaj humusa, lakopristupačnog kalijuma i fosfora, SAR vrednost, suma vodorastvorljivih i adsorbovanih katjona i anjona, sadržaj soli i pH ekstrakta. Jasna diferencijacija profila na dendrogramu 3, ukazuje na uticaj navodnjavanja na hemijska svojstva ispitivanog zemljišta.



Dendrogram 2 Grupisanje profila u odnosu na fizička i vodno fizička svojstva



Dendrogram 3 Grupisanje profila u odnosu na hemijska svojstva

7. DISKUSIJA

Upotreba vode za navodnjavanje pored velike koristi koje pruža može da izazove i neželjene posledice. Problemi navodnjavanja mogu se svrstati u tri grupe: a) zabarivanje i zaslanjivanje, b) ispiranje asimilativa i osiromašenje oranice i c) pogoršanje strukture zemljišta, smanjenje infiltracije i irigaciona erozija. Kada se govori o promenama na zemljištu koje navodnjavanje može da izazove treba odvojiti direktan uticaj vode i navodnjavanja od dejstva agrotehnike i ostalih pratećih činilaca i uslova (Vučić, 1976).

Mehanički sastav zemljišta

Mehanički sastav navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema je po dubini heterogen sa slabije izraženom teksturnom diferencijacijom kod nenavodnjavanog. Površinski humusno akumulativni, A horizont je težeg mehaničkog sastava i spada u teksturnu klasu ilovasta glina kod obe varijante. Ustanovljen je manji sadržaj gline kod navodnjavane varijante, kao i veći sadržaj sitnog i krupnog peska u C horizontu. Ispitivani navodnjavani černozem, posmatrano za ceo profil, sadrži najmanje krupnog peska (0,42 – 2,19 %), zatim sledi sadržaj gline (12,02-27,28 %) i praha (28,55-38,11 %), a najveći je sadržaj sitnog peska (35,97-58,14 %). Sadržaj krupnog peska kod nenavodnjavanog černozema, posmatrano za ceo profil, je manji od 1 %, zatim sledi sadržaj gline (25,19-34,71 %) i sitnog peska (20,26-32,83 %), a najveći je sadržaj praha (32,23-51,97 %).

Ispitujući vodne osobine černozema i livadske crnice na irigacionom području Bačke, Vučić (1964) navodi da karbonatni černozem lesne terase spada u grupu teže ilovače, što je potvrđeno i ovim istraživanjima. Prema Vučiću (1964) najmanji je sadržaj krupnog peska (manje od 1%), zatim sledi sadržaj gline (21,3 % do 30,5 %), praha (22,8 do 30,3 %), a najviše je zastupljen sitni pesak (28,8 do 52,4 %). Ispitujući uticaj navodnjavanja na svojstva černozema do 60cm dubine, Belić i sar. (2004) navode da se ispitivano zemljište karakteriše ujednačenim mehaničkim sastavom. Frakcija krupnog peska je najmanje zastupljena, a sitan pesak je najzastupljenija frakcija u svim ispitivanim dubinama. Sadržaj frakcije praha je znatno veći u svim dubinama kod obe varijante u odnosu na sadržaj frakcije gline. Od minerala gline preovlađuju ilit i montmorilonit, koji su najvećim delom nasleđeni od matičnog supstrata lesa. Dobijeni rezultati ispitivanja karbonatnog černozema su u saglasnosti sa navedenim rezultatima.

Belić i sar. (2003) nisu utvrdili značajnije promene svojstva černozema u uslovima višegodišnjeg navodnjavanja. Autori smatraju da smanjenje sadržaja frakcije gline u površinskom sloju može biti posledica navodnjavanja vodom koja sadrži sodu. Pod uticajem takve vode minerali gline prelaze u disperzno stanje, što uzrokuje njihovu migraciju. Pri navodnjavanju povećava se stepen disperznosti čestica što dovodi do stvaranja težeg mehaničkog sastava, na račun povećanja sadržaja frakcije gline i koloida (Nikolaeva i Majnaševa, 1980, cit. Belić i sar., 2003). Do sličnih rezultata došli su i Popescu et al. (2009), navodeći da navodnjavanje vodom dobrog kvaliteta nije uticalo na morfološke promene ispitivanog černozema.

S druge strane, Challa (1987) navodi da su glavne razlike između navodnjavanog i nenavodnjavanog zemljišta moćnost horizonta, struktura i tekstura samo površinskog sloja. Ap horizont navodnjavanog zemljišta je manje moćnosti i ima lošiju strukturu kao i veći sadržaj gline, međutim ove razlike pripisuju se ne navodnjavanju već obradi zemljišta. Prema istraživanjima Bezuglova and Yudina (2006) višegodišnje korišćenje černozema u poljoprivrednoj proizvodnji dovelo je do smanjena udela agronomski poželjnih frakcija. Obradivani černozem ima veći sadržaj frakcije gline, u poređenju sa neobrađivanim.

Koliki će uticaj mehanički sastav imati na pojedina svojstva zemljišta zavisi od zastupljenosti pojedinih kategorija čestica kao i od njegovog mineralošskog sastava. Čestice gline su zbog velike aktivne spoljašnje i unutrašnje površine, velikog kapaciteta adsorpcije i mineralnog sastava kojeg predstavljaju sekundarni alumosilikati, najaktivnije čestice tla (Škorić, 1991). Prema istraživanju Prikhodko (2008) kod automorfnihi zemljišta sadržaj gline u humusnom horizontu se povećava za 1-3% pod uticajem navodnjavanja.

Smatra se da su, sa agronomskog stanovišta, najbolja zemljišta „uravnotežene teksture“ u kojoj su osnovne frakcije – pesak, prah i glina – zastupljene u odnosu 40%:40%:20%. Takva zemljišta sadrže dovoljno vazduha i vode, nisu hladna, dobro upijaju vodu i sprovode je kroz zemljište, nisu teška za obradu, pružaju dobro stanište biljkama, imaju intenzivnu mikrobiološku aktivnost (Vučić, 1964). Imajući ovo u vidu, A horizont ispitivanog nenavodnjavanog zemljišta ima zastupljenost frakcija u odnosu 33%:34%:34%, a navodnjavani 41%:32%:26%, što ukazuje na relativno povoljnu teksturu navodnjavanog černozema, i povećani sadržaj gline kod nenavodnjavanog černozema.

Zapreminska masa, specifična masa i ukupna poroznost

Iz definicije zapreminske mase proizilazi da ona nije konstantna veličina i da je podložna promenama. Vučić (1987) ističe da se ovo naročito odnosi na oranični sloj u kome su promene zapreminske mase takoreći neprekidne i povezane sa svakim agrotehničkim zahvatom, a i bez toga usled sleganja zemljišta u toku godine i pod uticajem padavina. Stoga, smatra Vučić (1964), treba višekratno određivati zapreminsku masu gornjih slojeva i na bazi tako obračunatih podataka donositi zaključke o uticaju pojedinih mera. Najmanja volumna masa je posle obrade zemljišta, a zatim se sama po sebi povećava. Posle izvesnog vremena uspostavi se stanje ravnoteže i ta veličina zapreminske mase može da se smatra karakterističnom za određeno zemljište. Povećanje iznad ove granice je znak neadekvatnog gazdovanja zemljištem i odstupanja od principa agrotehnike. Vučić (1976) takođe ističe da promene zapreminske mase zavise i od gajene biljke: na černozemu je utvrđeno u sloju 0-10 cm u toku vegetacije povećanje zapreminske mase pod kukuruzom za oko 25 % (odnosno za 0,29), pod pšenicom oko 8% (0,10), dok su kod donjih slojeva promene znatno manje.

Vučić (1964) navodi vrednosti zapreminske mase za oranični sloj zemljišta od $1,27 \text{ g/cm}^3$ i ukupne poroznosti 54,9%, za karbonatni černozem lesne terase i nešto veće vrednosti za degradirani černozem, $1,35 \text{ g/cm}^3$ i 49,6% za isti sloj. Poredeći rezultate istraživanja sa navedenim vrednostima koje navodi Vučić (1964), može se zaključiti da su vrednosti zapreminske mase ispitivanog černozema znatno iznad ovih vrednosti, a ukupne poroznosti znatno manje. Kod svih ispitivanih profila utvrđene su veće vrednosti zapreminske mase zemljišta u Ap ($1,46 \text{ g/cm}^3$) i A horizontu ($1,48 \text{ g/cm}^3$ kod navodnjavanog i $1,52 \text{ g/cm}^3$ kod nenavodnjavanog zemljišta), što ukazuje na jaču zbijenost ovih horizonata. Vrednosti specifične mase su u granicama optimalnih ($2,48\text{-}2,55 \text{ g/cm}^3$) i uobičajene su za ovaj tip zemljišta. Veće vrednosti zapreminske mase oraničnog i podoraničnog horizonta uticale su i na smanjenje vrednosti ukupne poroznosti (36,81 do 40,74%), te je ispitivano zemljište klasifikovano u kategoriju slabo poroznih zemljišta. Povećane vrednosti zapreminske mase i smanjena ukupna poroznost, ustanovljene su i kod navodnjavane i kod nenavodnjavane varijante, te se može zaključiti da navodnjavanje nije uzrokovalo pogoršanje ispitivanih svojstava. Mogući uzrok povećanja sabijenosti zemljišta je posledica obrade zemljišta i korišćenje teške mehanizacije, što potvrđuju i istraživanja Ćirić i sar. (2012) i Savin i sar. (2011).

Dobijeni rezultati istraživanja su u saglasnosti sa rezultatima Chala (1987) i Roldan et al. (2005), koji su takođe utvrdili povećane vrednosti zapreminske mase površinskih slojeva

navodnjavanog zemljišta, ali i veće vrednosti kod nenavodnjavanog, kao posledica obrade zemljišta. Popescu et al. (2009) navode da je vrednost zapreminske mase navodnjavanog černozema na području Rumunije, ravnica Bailesti, za obradivi sloj zemljišta iznosila $1,48 \text{ g/cm}^3$. Povećane vrednosti zapreminske mase uticale su na smanjenje ukupne poroznosti, u sloju do 55 cm dubine, sa 49 na 44%, kao na poroznost aeracije sa 22 na 12 % u istom sloju zemljišta.

Ispitujući promene osnovnih svojstava černozema u oblasti centralne Rusije Korolev (2007) smatra da su se promene uticaja navodnjavanja najviše ispoljile u oraničnom horizontu, usled čestih smena intenzivnog vlaženja zemljišta navodnjavanjem i brzog sušenja nakon navodnjavanja, ali ističe i intenzivan uticaj poljoprivrednih mašina u toku vegetacije. Takođe navodi da se sabijenost navodnjavanog černozema povećala za $0,06-0,16 \text{ g/cm}^3$ u oraničnom horizontu, za $0,07-0,11 \text{ g/cm}^3$ u podoraničnom horizontu i u dubljim horizontima za $0,06-0,1 \text{ g/cm}^3$, a ukupna i diferencijalna poroznost se smanjila za 1,5-6,4 %, aktivna poroznost za 2,7-9,0 % i kapacitet za vazduh za 0,8-8,7%. Walker and Lin (2008) potvrđuju visoke vrednosti zapreminske mase i smanjenje poroznosti površinskog sloja zemljišta, koja se navodnjavaju otpadnim vodama. Međutim, ovako visoke vrednosti sabijenosti zemljišta mogu biti prouzrokovane usled korišćenja teške mehanizacije, posebno ako se zemljište obrađuje dok je vlažno. Vrednosti zapreminske mase variraju od $1,33$ do $1,60 \text{ g/cm}^3$. Ispitujući uticaj navodnjavanja na fizička, hemijska i mikrobiološka svojstva černozema, Belić i sar. (2005) navode da je zapreminska masa u površinskom sloju 0-20 cm navodnjavane varijante nešto niža ($1,3-1,4 \text{ g/cm}^3$) nego u dubljim slojevima 20-40 cm ($1,48-1,51 \text{ g/cm}^3$), usled međuredne obrade šećerne repe u toku vegetacije. Sa povećanjem dubine povećava se i zapreminska masa. Suprotno, na nenavodnjavanoj varijanti vrednosti zapreminske mase u površinskim slojevima su veće ($1,45-1,7 \text{ g/cm}^3$) nego u dubljim slojevima ($1,29-1,34 \text{ g/cm}^3$).

S druge strane, brojni su i primeri negativnog uticaja navodnjavanja. Kalinitchenko et al. (2011), na osnovu rezultata istraživanja uticaja višegodišnjeg navodnjavanja na černozemu u oblasti južne Rusije, navode da se zbijenost površinskog sloja zemljišta povećala za $0,13-0,15 \text{ g/cm}^3$, a poroznost smanjila na 46-48%. Do sličnih rezultata došli su i Lozovitsi et al. (2012), koji zaključuju da je nakon pedeset godina navodnjavanje uzrokovalo promene u morfološkim karakteristikama zemljišta, odnosno granica genetičkih horizonata pomerena je naniže za 8-15cm kod humusnih horizonata i 15-30 cm kod dubljih slojeva. Povećane su vrednosti zapreminske mase, posebno u sloju 0-40 cm za prvih 10-15 godina navodnjavanja, da bi se

kasnije ove vrednosti stabilizovale. Povećanje zapreminske mase je rezultiralo i smanjenjem poroznosti za 0,9-3,2%. Stătescu and Cotiușcă (2008), proučavajući uticaj navodnjavanja na karbonatni černozem na području Rumunije, zaključuju da je došlo do smanjenja vrednosti ukupne poroznosti za 2,43 do 4 vol% u navodnjavanom području, kao i udela pora prečnika 10-0,2 μm (za 4-7,5%), a povećanja udela pora manjih od 0,2 μm (za 2,5-5%). Prema istraživanjima Bezuglova and Yudina (2006) višegodišnje korišćenje černozema u poljoprivrednoj proizvodnji dovelo je do pogoršanja njegovih fizičkih svojstava: oranični i podoranični horizont je zbijen, smanjen je udeo agronomski poželjnih frakcija, dok je stabilnost strukturnih agregata smanjena četiri do pet puta. Obradivani černozem ima veći sadržaj frakcije gline u poređenju sa neobrađivanim.

Neophodno je takođe istaći i indirektan uticaj koji navodnjavanje može da ima na pogoršanje svojstava zemljišta. Na osnovu ovog istraživanja ne može se sa sigurnošću odbaciti eventualni indirektan uticaj navodnjavanja. U uslovima intenzivne proizvodnje, kakva je proizvodnja povrća, koja uglavnom nije moguća bez primene navodnjavanja, zemljište je u većem stepenu izloženo negativnom dejstvu mehanizacije i eventualno vode. Zamfir et al. (2003) su proučavali uticaj navodnjavanja u trogodišnjem periodu, na zemljište tipa černozem u Rumuniji i utvrdili vrednosti zapreminske mase do 1,4 g/cm^3 za sloj zemljišta do 40 cm, i vrednosti poroznosti zemljišta od 49,3% do 57,5%, koje ukazuju na povećanje zbijenosti zemljišta u uslovima navodnjavanja u poređenju sa nenavodnjavanim parcelama, kao posledica smanjenja stabilnosti strukturnih agregata u vodi. Autori ističu da dobijeni rezultati ne ukazuju na značajno pogoršanje svojstava zemljišta, ali skreću pažnju na činjenicu da se sabijanje zemljišta ubrzano odvija čak i pod kontrolisanim uslovima. Povećanje zbijenosti zemljišta u navodnjavanju, posebno sloja koji je izložen obradi, indirektno je uzrokovano navodnjavanjem, a istovremeno kao posledica smanjenja udela strukturnih agregata stabilnih prema rasplinjavanju u vodi, zemljište postaje više podložno kompaktaciji. Slične rezultate dobili su i Burcea et al. (2013), koji navode da je nakon višegodišnjeg navodnjavanja kukuruza došlo do sabijanja zemljišta na dubini od 10-20 cm usled indirektnog uticaja navodnjavanja, odnosno zemljište je obrađivano pri nešto većoj vlažnosti pri čemu je došlo do smanjenja stabilnosti strukturnih agregata, što je uslovalo i veću podložnost zemljišta sabijanju. U ostalim ispitivanim slojevima do 40 cm nije utvrđen uticaj navodnjavanja. Vrednosti ukupne poroznosti su u korelaciji sa vrednostima zapreminske mase, te su najmanje vrednosti izmerene u površinskom sloju 10-20 cm oko 46% kod zemljišta pod pšenicom i oko

50% pod kukuruzom, obe na navodnjavanoj varijanti, dok su vrednosti na nenavodnjavanoj varijanti oko 53% i 55%, redom.

Do sabijanja zemljišta u intenzivnoj biljnoj proizvodnji može doći usled korišćenja teške mehanizacije i transportnih sredstava, kao i smanjenja organske materije u zemljištu (Kovačević i sar., 2009). Nikolić i sar. (2003) smatraju da se pri degradaciji zemljišta, kao posledici kretanja mehanizacije, rada elemenata za obradu zemljišta, navodnjavanja pa i delovanja kišnih kapi odvijaju sledeći procesi: pritisak na zemljište, klizanje pogonskih elemenata, stvaranje tragova, usitnjavanje frakcija zemljišta i ispiranje sitnih frakcija u dublje slojeve. Kao posledica javlja se lokalno sabijanje zemljišta, duboko sabijene zone, smanjenje zapremine pora za vodu i vazduh, sitnije frakcije zemljišta i anaerobna sredina. Sabijanje se oseća i do dubine od 1 m, a najintenzivnije je u oraničnom sloju do 30 cm.

Buorac i Bašić (cit Gajić et al., 2004) ističu da je sabijanje zemljišta jedan od glavnih problema savremenog intenzivnog korišćenja zemljišta u poljoprivrednoj proizvodnji, usled većeg korišćenja teške mehanizacije, kao i dopunske obrade i transporta na parceli. Proučavajući uticaj višegodišnjeg korišćenja poljoprivredne tehnike u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji Gajić et al. (2004) zaključuju da je došlo do znatnog povećanja zbijenosti livadske crnice u sloju do 30 cm. Povećanje zbijenosti negativno se odrazilo i na ostale fizičke osobine, i to uglavnom na povećanje zapreminske mase za 9-30% (do 1,4 g/cm³) i gustine pakovanja zemljišnih čestica za 5-15%, kao i smanjenje ukupne poroznosti za 13-18% (vrednosti do 47%) i sadržaja pora >30 µm za 80-160%, u oraničnom i podoraničnom sloju. Nisu utvrđene promene na sadržaj pora <30 µm.

Sabijanje ima velik uticaj na značajne procese u zemljištu, prvenstveno vodni, vazdušni i toplotni režim. Gajić et al. (2004) navode podatak da je za većinu useva gajenih na ilovači i glinovitoj ilovači optimalna vrednost zapreminske mase od 1,00 do 1,30 g/cm³ u obradivom sloju zemljišta. Povećanje vrednosti preko optimalnih, dovodi ne samo do degradacije fizičkih svojstava zemljišta već i smanjenja prinosa i kvaliteta gajenih biljaka. Usled smanjenja pora u kojima se zadržava voda, a uzrokovano sabijanjem zemljišta, takođe dolazi i do smanjenja u vodopropustljivosti. Vasiljeva i sar. (cit Gajić et al., 2004) navode da se sa povećanjem zbijenosti sa 1,0 na 1,6 g/cm³ na ilovači i glinovitoj ilovači, brzina filtracije smanjuje, dok sadržaj pora <3 µm ostaje nepromenljiv.

U uslovima proizvodnje usled stalne obrade i antropogenizacije na istoj dubini često dolazi do pojave diferenciranja opštih fizičkih svojstava zemljišta na oranične i podoranične slojeve. Sabijanje zemljišta ostavlja pečat na kompleks fizičkih uslova zemljišta: vodni,

vazdušni i toplotni režim, kao i na biološku aktivnost (Hadžić i sar., 2002). Iz tih razloga, sabijanje zemljišta smatra se jednim od uzroka opadanja prinosa. Sabijanje se odražava nepovoljno kako na samo zemljište tako i na biljku, a s tim u vezi i na biljnu proizvodnju. U izvesnim slučajevima dolazi do anaerobnih uslova i zadržavanja vode u aktivnoj rizosferi, dolazi do ograničenog razvoja korenovog sistema sa svim štetnim pojavama koje ga prate. Sa tačke gledišta visoke i stabilne biljne proizvodnje, ne bi se smelo dozvoliti prisustvo zbijenih slojeva, koji ometaju normalan porast i razvoj korena u zemljištu. Pogotovo u uslovima intenzivnog navodnjavanja u zaštićenom prostoru, dobra drenaža zemljišta je neophodan uslov za održavanje plodnosti zemljišta na optimalnom nivou.

Nešić (2002) navodi da se kod zemljišta glinovitog mehaničkog sastava, nepovoljne strukture sa malim vrednostima ukupne poroznosti i visokim vrednostima zapreminske mase javlja potpuno izostajanje prisustva makropora, odnosno dobijaju se i „negativne vrednosti“ kapaciteta za vazduh kada se on izračuna iz razlike ukupne poroznosti i retencije vlage na 33 kPa u vol %. Vučić (1976) navodi da se pri izvesnim laboratorijskim određivanjima mogu dobiti i nerealni rezultati, da kapilarna poroznost bude veća od ukupne poroznosti, čime se ustvari dobijaju negativne vrednosti za vazdušni kapacitet. Razlog ovim pojavama treba tražiti u sabijanju zemljišta pri uzimanju uzoraka, bubrenju koloida, maloj visini uzorka zemljišta u cilindru, zadržavanju vode između zemljišta i cilindra.

Poljski vodni kapacitet i retencija vode

Vrednosti poljskog vodnog kapaciteta (PVK) u proseku su iznosile oko 24-25%, bez značajnih razlika između navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema. Sa povećanjem dubine smanjuju su vrednosti poljskog vodnog kapaciteta, da bi u Cca horizontu iznosio oko 20,46%, a u C horizontu oko 19%. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Vučića (1964) koji navodi da vrednosti poljskog vodnog kapaciteta iznose 24-26% za A i AC horizont, a za C i CG 20-23%. Isti autor navodi i da sa dubinom profila vrednosti poljskog vodnog kapaciteta opadaju, ali signifikantne razlike postoje samo između A i AC horizonta s jedne i C, CG ili G horizonta s druge strane, što je svojstveno zemljištima ujednačenim po mehaničkom sastavu i promenama u sadržaju humusa. Vučić (1964) takođe navodi da je sloj konkrecija CaCO₃ na dubini od 180 cm uslovio najnižu vrednost poljskog vodnog kapaciteta kod degradiranog černozema na ovoj dubini u poređenju sa ostalim podtipovima. Slične vrednosti poljskog vodnog kapaciteta navodi i Pejić (1999) za karbonatni černozem lesne terase za oranični i podoranični horizont (oko 26%), i nešto više za C horizont (25,37%).

Najveće vrednosti PVK izmerene su u sloju 0-10 cm, reda veličine 25,56-26,83% kod navodnjavane i 24,61-25,49% kod nenavodnjavane varijante zavisno od vremena uzorkovanja. Rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Vučića (1964), koji navodi da površinski sloj debljine od 10 cm ima najveće vrednosti poljskog vodnog kapaciteta. U ovom rasprašenom sloju, kao graničnom u sistemu zemljište – atmosfera koji se nalazi povrh strukturnog, dolazi do pojave kapilarno viseće vode. Površinski pritisak donjeg meniska šireg kapilara, koji je usmeren naviše, veći je od gornjeg meniska užeg kapilara, usmerenog naniže. Razlika u površinskom pritisku nejednakih krivina meniska onemogućava ocedivanje suvišne vode iz nekapilarnih pora, te se u ovom sloju zemljišta javlja nešto veća količina vode. Takođe dolazi do kondenzacije vodene pare u prezasićenoj atmosferi ispod pokrovnog materijala koji sprečava isparavanje pri određivanju poljskog vodnog kapaciteta. Vrednosti PVK¹ malo su veće od PVK³ u A i AC horizontu, što je takođe potvrđeno i ovim istraživanjima (Tab. 6). Vučić (1964), smatra da su male razlike uslovljene ostalim osobinama černozema, dok je u donjim slojevima variranje osetno veće, što je u vezi sa brzinom vodosprovodljivosti. Da bi PVK¹ bio realniji, Vučić (1964) smatra da bi ga trebalo određivati bez sprečavanja isparavanja u prirodnim uslovima gajene kulture.

Vučić (1964) navodi da metod određivanja retencije zahteva prosejavanje zemljišnog uzorka kroz sito od 2 mm pre stavljanja u porous plate apparatus, čime se stvara veštački uzorak. Autor ističe da strukturni sastav uzorka igra značajnu ulogu u rezultatu. Kod veštački rasprašenog uzorka vrednosti vode pri pF 2,5 su veće u odnosu na vrednosti koje se dobijaju merenjem PVK u polju. Usitnjavanjem uzoraka zemljišta se povećava njegova aktivna površina, povećava sadržaj kapilarnih i smanjuje udeo nekapilarnih pora i takvo zemljište zadržava veću količinu vode u laboratorijskim uslovima u odnosu na isto zemljište u polju. Ovo naravno ne znači da ornice treba raspršiti, iako ima veći poljski vodni kapacitet od strukturne, jer rasprašena ornica ima nepovoljan vodni režim, pogoršane ostale vodne osobine i gubici vode isparavanjem su znatno veći.

Na veličinu poljskog vodnog kapaciteta utiču mnogi faktori (struktura, đubrenje, alkalizacija, plodored). Vrednosti, ove vodne konstante, prema novijim shvatanjima, predstavljaju interval vlažnosti, a ne jednu tačku, odnosno da pF vrednosti 2,5-2,7 (retencija vlage pri pritisku od 33-50 kPa) predstavlja približne vrednosti poljskog vodnog kapaciteta (Vučić, 1964). Vučić (1964) navodi da je retencija vode pri 33 kPa kod černozema u proseku za 15-30% veća od poljskog vodnog kapaciteta i da su te razlike signifikantne. Nikakav laboratorijski metod određivanja vodnog kapaciteta ne može da pruži realne rezultate

vlažnosti, pošto se svaki sloj tretira posebno u poremećenim ili neporemećenim uzorcima zemljišta i ne registruju se pojave koje uslovljavaju specifični prirodni sklop zemljišta.

Vrednosti retencije na 33 kPa u proseku iznose oko 24 % kod navodnjavanog černozema i oko 28% kod nenavodnjavanog. Dobijene vrednosti retencije su u saglasnosti sa rezultatima koji navode Markoski et al. (2009). Autori su utvrdili visoke vrednosti retencije vode na 33 kPa kod černozema, na području Makedonije (Ovče polje), koji su najveći u Amo horizontu 31,25%, a zatim u AC, Ap i C horizontu sa približno istim vrednostima (24,51 do 26,74 mas%). Isti autori navode i nešto veće vrednosti retencije pri 1500 kPa (najveće u Amo 14,49, a najmanje u C horizontu 9,44), usled većeg sadržaja gline u zemljištu, što je utvrđeno i ovim istraživanjima.

Visoki koeficijenti korelacije utvrđeni su između vrednosti retencije i sadržaja gline (0,5023 do 0,9326) kao i između sadržaja humusa (0,4424 do 0,9326). Dobijene vrednosti su u saglasnosti sa rezultatima Chala et al (1987), koji navode da je retencija vode u korelaciji sa sadržajem gline, odnosno vrednosti retencije se povećavaju tamo gde se povećava i sadržaj gline. Najveće vrednosti retencije vode (na 33, 625 i 1500 kPa) Markovski et al. (2013), utvrdili su u Amo horizontu rendzina (32,88%, 17,63% i 13,44%, redom) usled većeg sadržaja gline i organske materije. Do sličnih rezultata došli su i drugi autori. Prema istraživanjima Hollis et al. (1977) i Markoski and Mitkova (2012), retencija vode uglavnom zavisi od sadržaja organske materije i gline, kao i mineraloškog sastava zemljišta. Al-Rumikhani (2002) proučavao je promene kapaciteta zemljišta za vodu peskovite ilovače navodnjavane centar pivotom, za višegodišnji period i ustanovio povećane vrednosti kapaciteta zemljišta za vodu na uzorcima uzetih unutar navodnjavanog dela, u poređenju sa uzorcima van kružnog nenavodnjavanog dela. Autor navodi da veće vrednosti potiču verovatno usled povećanja organske materije i bolje strukture. Takođe je ustanovio da kapacitet za vodu opada sa porastom dubine zemljišta. Slična tendencija utvrđena je kod vlažnosti venjenja, čije su se vrednosti kretale od 5,51% sa navodnjavanog i 6,53% sa nenavodnjavanog dela zemljišta. Razlike u vrednostima vlažnosti venjenja pripisane su većoj zapremini mikropora u uzorcima unutar okvašenog kruga centar pivota, u poređenju sa manjom zapreminom mikropora van navodnjavanog dela. Smanjenje vrednosti vlažnosti venjenja sa dubinom zemljišta je uglavnom usled smanjenja sadržaja gline i humusa i povećanja količine peska odnosu na površinske horizonte.

Markoski et al. (2013) navode da je retencija vode pri različitom pritisku u visokoj korelaciji sa sadržajem humusa i gline, i navode visoke koeficijente korelacije između

retencije na 33 kPa ($r = 0.62$) i 1500 kPa ($r = 0.98$) u zavisnosti od sadržaja gline i između sadržaja humusa i retencije na 33 do 1500 kPa ($r = 0.83$ and $r = 0.87$). Suprotno, visoka negativna korelacija utvrđena je između vrednosti retencije i sadržaja peska. S druge strane, Husnjak i Bosak (2014) ukazuju da nije utvrđena korelacija između količine humusa i retencije vode i zaključuju da se vrednosti sadržaja humusa ne mogu koristiti u proceni retencije vode u zemljištu. Međutim, isti autori navode visokosignifikantne korelacijske koeficijente između sadržaja gline i retencije vlage pri 1500 kPa ($r = 0,775$) i pri 625 kPa ($r = 0,731$), i smatraju da se podaci o sadržaju glinenih čestica mogu koristiti u proceni retencije.

Infiltracija i vodosprovodljivost

Kada voda dospe na površinu zemljišta, padavinama ili navodnjavanjem, deo ili celokupnu količinu vode zemljište će upiti. U početku gradijent potencijala je relativno visok i infiltracija je brža. Povećanjem vlažnosti zemljišta gradijent opada i brzina infiltracije se smanjuje a gravitacione sile postaju značajnije i na kraju se postiže neprekidan tok, približavajući se zasićenoj hidrauličkoj provodljivosti. Vrednosti infiltracije su vrlo promenljive i zavise od svake agrotehničke mere i momentalnog stanja parcele.

Infiltracija je vrlo dinamična veličina koja se periodično menja u toku godine, pa stoga merenje upijanja u apsolutnim vrednostima ima karakter trenutnog stanja. Vučić (1964) ističe da vrednosti infiltracije, bez obzira što su dobijene merenjem cilindričnim infiltrometrima, metodom koja ne omogućava potpuno odstranjenje bočne infiltracije, iznenađuju svojom veličinom, koje se prema mehaničkom sastavu zemljišta ne bi mogle očekivati. Prosečna srednja vrednost trenutne infiltracije u ovim istraživanjima u prvom času merenja iznosila je 7,83 cm/h i 31,64 cm/h, a u poslednjem času merenja od 3,61 cm/h i 9,94 cm/h, na navodnjavanom i nenavodnjavanom černozezu. Prosečne vrednosti sumarne infiltracije na navodnjavanom černozezu iznose 20,3 cm, a na nenavodnjavanom 65,4 cm. Rezultati analize infiltracije nenavodnjavanog černozeza su u saglasnosti sa rezultatima Vučića (1964), koji navodi vrednosti sumarne infiltracije od 25,8 cm za karbonatni černozez lesne terase i vrednosti trenutne infiltracije nakon 240 min koje iznose 3,4 cm/h, a u prvom satu 13,5 cm/h. Prema vrednostima infiltracije černozez lesne terase ima srednju propustljivost. Dobijene vrednosti infiltracije u prvom satu i sumarne infiltracije su nešto veće, usled manje vlažnosti zemljišta na početku merenja. Razlike u početnoj vlažnosti ispitivanog zemljišta, uslovile su i razlike u vrednostima infiltracije u prvom satu a posledično i sumarne infiltracije. Stoga je neophodno, ukoliko je to moguće, izbeći velike razlike u početnoj momentalnoj vlazi

zemljišta. Vrednosti infiltracije na kraju merenja su vrednosti karakteristične za ispitivano zemljište i zavise isključivo od svojstava tog zemljišta. Vrednosti trenutne infiltracije u poslednjem času merenja nisu se značajnije razlikovale, te se može zaključiti da navodnjavanje nije imalo uticaja na vrednosti infiltracije.

S druge strane, Kalinitchenko et al. (2011) na osnovu istraživanja višegodišnjeg navodnjavanja černozema u oblasti južne Rusije, ističu da su se vrednosti brzine infiltracije smanjile 1,5-2,0 puta u uslovima navodnjavanja. Walker and Lin (2008) navode da su se vrednosti infiltracije zemljišta nakon navodnjavanja otpadnom vodom smanjile sa 14,23 cm/h na 3,8 cm/h.

Koeficijent infiltracije (α) ima mnogostruku primenu za razne obračune u melioracijama, a u navodnjavanju se koristi za obračun dužine brazde i prelivne leje, jačine zalivne struje, graničnog intenziteta kišenja. Stoga je posebnu pažnju potrebno posvetiti određivanju koeficijenta, čija vrednost varira od 0-1, a kod poljoprivrednih zemljišta od 0,3-0,8. Kada α teži nuli, infiltracija se u vremenu ne menja, a kada teži jedinici, zemljište je nepropusno za vodu (Bošnjak, 1999). Vrednosti koeficijenta infiltracije navodnjavanog černozema iznosile su 0,31, a nenavodnjavanog 0,45. Razlike u vrednostima koeficijenata su posledica razlika u mehaničkom sastavu, odnosno nešto većem sadržaju gline i humusa kod nenavodnjavanog černozema. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Vučića (1964), koji ističe da razlike u koeficijentu α između černozema lesne terase (0,55) i lesne zaravni (0,41), proističu usled razlika u mehaničkom sastavu, dok struktura i njena stabilnost kod livadske crnice uslovljavaju manje vrednosti koeficijenta, bez obzira što se po sadržaju gline livadska crnica i černozem lesne terase malo razlikuju.

Pošto se zemljište zasiti vodom i kada su sve pore ispunjene vodom, počinje njeno proceđivanje kroz uzorak zemljišta ili kretanje kroz zemljišne slojeve. Neprekidno kretanje vode kroz vodom zasićeno zemljište naziva se vodosprovodljivost. Poznavanje vrednosti brzine vodosprovodljivosti je neophodno u projektima navodnjavanja potapanjem, odvodnjavanja, a koristi se i kao pouzdan pokazatelj za primenu odgovarajućih agrotehničkih, melioracionih i hidrotehničkih mera. Pored teksture koja direktno i indirektno preko diferencijalne poroznosti utiče na brzinu vodosprovodljivosti, znatan je uticaj i strukture i njene stabilnosti, organske materije, plodoređa (Vučić, 1987, Korolev, 2007, Dugalić i Gajić, 2012).

Prosečne vrednosti navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema nisu se značajnije razlikovale i variraju u granicama reda veličine 10^{-3} do 10^{-4} cm/sec, odnosno spadaju u kategoriju srednje propusnog zemljišta prema klasifikaciji Vukašinovića (JDPZ, 1971).

Slične rezultate dobili su i Belić et al. (2005). Ispitujući uticaj navodnjavanja na fizička hemijska i mikrobiološka svojstva černozema Autori navode da je vodosprovodljivost zemljišta bila umerena na obe varijante, približno istih vrednosti u svim slojevima ($2,49 \cdot 10^{-3}$ - $7,67 \cdot 10^{-3}$ cm/sec), osim u površinskom na nenavodnjavanoj varijanti ($1,21 \cdot 10^{-2}$ cm/sec). Vučić (1964) takođe ističe vrednosti vodosprovodljivosti karbonatnog černozema od $5,8 \cdot 10^{-3}$ cm/sec u Ap horizontu do $9,3 \cdot 10^{-4}$ cm/sec u AC horizontu, koje ukazuju sa se ispitivano zemljište oslobađa suvišne vode u kratkom roku, od svega nekoliko časova.

Međutim, prema Korolevu (2007), koeficijent vodosprovodljivosti se smanjuje dva do četiri puta u uslovima navodnjavanja. Ispitivani navodnjavani černozem se karakteriše izraženim bubrenjem u vlažnom i kontrakcijom u suvom stanju. Na početku navodnjavanja černozem ima često visoku permeabilnost i brzo upija vodu. Daljim povećanjem vlažnosti i bubrenjem u površinskim slojevima dolazi do smanjenja vodosprovodljivosti i na kraju konstantnih vrednosti. U istraživanju ovog autora štetan uticaj na vodosprovodljivost je bio najviše izražen u prvoj godini navodnjavanja iako voda za navodnjavanje nije sadržala visok sadržaj soli. Agrofizička degradacija černozema pri navodnjavanju zavisi od početnog visokog sadržaja gline montmorilonita, odsustva kalcijum karbonata u humusnom sloju i relativno malog sadržaja humusa. Degradacija zemljišta, posebno utiče na vodosprovodljivost i naročito je izražena kod navodnjavanog zemljišta teže teksture u uslovima kontinentalne klime.

Vučić (1964) zaključuje na osnovu rezultata ispitivanja vrednosti k Darcy-a i infiltracije, da na černozemu nema bojazni od suvišnih površinskih voda na irigacionom području Bačke, izuzev lokaliteta sa visokom podzemnom vodom usled mogućnosti podizanja njenog nivoa.

Struktura zemljišta

Mehanički elementi zemljišta, međusobno su povezani u strukturne agregate različite forme i veličine. Među fizičkim svojstvima zemljišta struktura ima izuzetno mesto zbog velikog uticaja na vodni, vazdušni i toplotni režim, na plodnost zemljišta. Sa agronomskog gledišta, strukturnim zemljištima se smatraju ona koja u oraničnom horizontu imaju agronomski povoljnu, visoko poroznu strukturu s prečnikom agregata 0,25-10 mm. Međutim, nije dovoljan samo agregatni sastav da bi se jedno zemljište nazvalo strukturnim,

već je potrebno i da se strukturni agregati ne rasplinjavaju pri dodiru sa vodom, što je od posebnog značaja za navodnjavana zemljišta. U intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji najveći uticaj na razaranje strukturnih agregata ima neadekvatna obrada zemljišta i neracionalno navodnjavanje, dok su najvažnije agrotehničke mere za poboljšanje i očuvanje strukture gajenje višegodišnjih trava i leguminoza, unošenje organskih đubriva, pravilna i blagovremena obrada zemljišta (Dugalić i Gajić, 2012; Vučić, 1987).

Ispitivanjem uticaja navodnjavanja na svojstva černozema, nije utvrđen uticaj navodnjavanja na strukturu ispitivanog zemljišta, što potvrđuju i navodi Vučića (1964) da povoljne vodne osobine černozema onemogućavaju duže delovanje suvišne vode na oranični sloj i njegovu strukturu.

Prema rezultatima Belić i sar. (2004) agregatni sastav karbonatnog černozema lesne terase ukazuje na manju ili veću ujednačenost agregatnog sastava navodnjavane i nenavodnjavane varijante, što je u saglasnosti sa rezultatima naših istraživanja. Izvesne razlike su uočene u površinskom sloju od 0-10 cm dubine. Na navodnjavanoj varijanti veći je sadržaj agregata veličine >10 mm, 10-5 mm i 5-3 mm, dok je sadržaj agregata veličine 3-2 mm, 2-1 mm 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm i <0,25 mm veći na kontrolnoj varijanti. U uslovima navodnjavanja veća je vlažnosti zemljišta, dolazi do većeg sabijanja pri obradi što može biti razlog povećanja sadržaja krupnijih strukturnih agregata. Pomenuti autori ukazuju na mali sadržaj agregata veličine 5-3 mm, 3-2 mm i 2-1 mm, na obe varijante. Ukupan sadržaj ovih agregata u oraničnom sloju iznosi 32,2% na navodnjavanoj i 32,6% na nenavodnjavanoj varijanti. Manja zastupljenost ovih agregata u oraničnom sloju zemljišta uslovljena je smanjenjem sadržaja humusa i ispiranja kalcijum karbonata iz površinskih u dublje slojeve zemljišta.

Vrednosti koeficijenta strukturnosti nešto su veće u podoraničnom sloju u poređenju sa oraničnim horizontom ispitivanog zemljišta. Dobijeni podaci su u saglasnosti sa rezultatima Belić i sar (2004), koji ukazuju na bolje strukturno stanje u sloju zemljišta 0-20 cm na varijanti bez navodnjavanja. U sloju 20-60 cm povoljniji je odnos makro i mikroagregata, odnosno veće su vrednosti koeficijenta strukturnosti na navodnjavanoj varijanti.

Huisz et al. (2009) ističu da obrada zemljišta, uprkos njenom cilju da stvori optimalnu strukturu zemljišta za razviće biljaka, zajedno sa navodnjavanjem i đubrenjem često uzrokuju pogoršanje strukture zemljišta. Proučavajući fizička i hemijska svojstva černozema, nakon pet i trideset godina navodnjavanja, na području zapadnog Urala Gabbasova et al. (2006) zaključuju da je došlo do pogoršanja ispitivanih svojstava. Nakon trideset godina navodnjavanja sa blago zaslanjenom vodom u kojoj dominira kalcijum bikarbonat, došlo je do

smanjenja moćnosti humusnog horizonta za 3-5 cm, što je verovatno posledica irigacione erozije kao i gajenja korenastog povrća. Nisu utvrđene značajnije promene na teksturi zemljišta, ali autori ukazuju na tendenciju pogošanja strukture zemljišta. Naime, nakon petogošnjeg navodnjavanja došlo je do smanjenja sadržaja krupnih agregata u obradivom sloju za tri puta u poređenju sa nenavodnjavanim zemljištem, i povećanja agronomski značajnih agregata za 10%. Autori navodi da je pozitivan efekat navodnjavanja na strukturu moguć uglavnom zahvaljujući gajenju višegodišnjih trava koje u zemljištu ostavljaju veću količinu biljnih ostataka posebno u uslovima navodnjavanja sa većim prinosima. Iako promene u strukturi černozema nakon trideset godina navodnjavanja nisu statistički značajne, Gabbasova et al. (2006) ukazuju na tendenciju njenog pogoršanja, jer je došlo do smanjenja sadržaja agronomski značanih agregata za 2,6% i mikroagregata za 1,9%, dok se sadržaj agregata stabilnih prema rasplinjavanju u vodi smanjio za 20%.

Vučić (1964) smatra da bez obzira što se sa agronomske tačke gledišta ocena strukture ne može dati samo razmatranjem odnosa pojedinih frakcija strukturnih agregata, ipak stoji činjenica da agregati od 0,25-10 mm uslovljavaju povoljna vodno vazдушna svojstva zemljišta.

Hadžić i sar. (1991) ističu da povoljan agregatni sastav dobijen suvim prosejavanjem često nije dovoljan da bi se zemljište nazvalo strukturnim. Objektivni uvid u kvalitet strukture zemljišta daje analiza stabilnosti strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi (Hadžić i sar., 1991). Stabilnosti strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi je od posebnog značaja za navodnjavana zemljišta jer su upijanje vode, stvaranje pokorice i irigaciona erozija direktno vezani za stabilnost strukturnih agregata (Belić i sar., 2004). Dobra struktura zemljišta zavisi od prisustva agregata veličine 1 do 10 mm, koji ostaju stabilni i nakon obrade i kvašenja (Tisdall and Oades, 1982). Metod zasnovan na suvom i mokrom frakcionisanju uzoraka zemljišta pruža dragocene podatke o sadržaju i distribuciji stabilnih i nestabilnih agregata u zemljištu. Međutim, na osnovu ovih podataka možemo samo indirektno da procenjujemo snagu veza između zemljišnih agregata (Khan et al., 2007).

Rezultati istraživanja strukture dobijenih mokrim prosejavanjem su u saglasnosti sa rezultatima Belić i sar (2004), koji su utvrdili odličnu stabilnost strukturnih makroagregata prema rasplinjavanju u vodi na navodnjavanoj varijanti i dobru na nenavodnjavanoj varijanti, bez značajnih razlika između varijanti. Analizirajući stabilnost agregata po dubini zemljišta, autori ističu veću stabilnost u sloju 0-10 cm na nenavodnjavanoj varijanti, a objašnjenje pronalaze u sabijanju i rasprašivanju površinskog sloja zemljišta energijom udara kišnih kapi

prilikom navodnjavanja. Veća stabilnost agregata u sloju od 10-40 cm dubine objašnjavaju činjenicom da se zemljište u uslovima navodnjavanja obrađuje pri povoljnijoj vlažnosti zemljišta, takođe veća je masa korena gajenih biljaka, kao i povećana mikrobiološka aktivnost. Procenjujući promene u stabilnosti strukturnih agregata černozema na području južne Mađarske, Huisz et al. (2009) su ustanovili da je navodnjavanje uticalo na povećanje stabilnosti strukturnih agregata usled povećanja količine biomase i mikrobiološke aktivnosti u povoljnim uslovima konstantnog kvašenja zemljišta navodnjavanjem.

Takođe povoljan uticaj navodnjavanja na stabilnot agregata je i usled unošenja kalcijuma zajedno sa vodom za navodnjavanje (Belić i sar., 2004). Manja količina međuagregatnih pora kod sabijenijeg, navodnjavanog zemljišta koja sadrži i manje količine vode u međuagregatnom prostoru utiče na povećanje stabilnosti strukturnih agregata. Soročkin (cit Belić i sar., 2004) je, proučavajući uticaj navodnjavanja na strukturu zemljišta, u 11 ispitivanih slučajeva od 25, utvrdio da nije bilo promena ili da je čak došlo do povećanja stabilnosti strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi.

S druge strane, prema istraživanjima Bezuglova and Yudina (2006), višegodišnje korišćenje černozema u poljoprivrednoj proizvodnji dovelo je do smanjenja stabilnosti strukturnih agregata za četiri do pet puta. Zamfir et al. (2003) ističu značajno veće vrednosti sadržaja mikrostrukturnih agregata na navodnjavanom černozemu u Rumuniji što može predstavljati rizik od daljeg pogoršanja vodnih i fizičkih osobina ovog zemljišta. Pilatti et al. (2006), proučavajući fizička svojstva zemljišta na području Argentine, zaključuju da je dopunsko navodnjavanje vodom sa umerenim sadržajem bikarbonata i natrijuma i niskog sadržaja soli, povećalo rasprašivanje strukturnih agregata. Takođe utvrđena je i negativna korelacija navodnjavanja sa sadržajem agregata u zemljištu.

Korolev (2007) navodi da se na navodnjavanom černozemu sadržaj agronomski važnijih agregata značajno smanjuje, što rezultira smanjenjem vrednosti koeficijenta strukturnosti od 2,0-2,5 na 1,2. Isti autor utvrdio je značajne razlike između koeficijenta strukturnosti navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema u površinskom, obradivom sloju. Međutim, uticaj navodnjavanja nije utvrđen kod stabilnosti strukturnih agregata, što autori objašnjavaju povećanim sadržajem agregata sa veoma zbijenim rasporedom elementarnih čestica zemljišta i malom unutaragregatnom poroznošću u obradivom sloju navodnjavanog černozema. Ovo sprečava prodiranje vode između agregata kada se koristi metod Savinova i sprečava njihovu destrukciju.

Ispitivanjem strukture černozema, utvrđena je nešto bolja struktura, veći koeficijent strukturnosti i veća stabilnost strukturnih agregata prema rasplinjavanju u vodi kod nenavodnjavanog černozema, na kojem je predhodno gajena pšenica. Vučić (1960) navodi da rezultati mokrog prosejavanja pokazuju da pšenica ima povoljan uticaj na stabilnost strukturnih agregata i da čuva strukturu zemljišta, obrazovanjem gušćeg sklopa i žiličastog korenovog sistema čime štiti zemljište od mehaničkog udara kišnih kapi. Iako rezultati istraživanja ukazuju na nešto bolju otpornost strukturnih agregata nenavodnjavanog černozema prema rasplinjavanju u vodi, može se zaključiti da navodnjavanje nije značajnije uticalo na strukturnost i stabilnost strukturnih agregata ispitivanog zemljišta. U tom smislu treba istaći navode Vučića (1964) da ocena stabilnosti laboratorijskom metodom nije univerzalna ocena agronomske vrednosti strukture zemljišta.

Hemijska reakcija zemljišta

Povrće ima izražene zahteve prema pH zemljišnog rastvora i vode za navodnjavanje. Od reakcije zemljišnog rastvora zavisi sposobnost korenovog sistema da usvoji mikro i makro elemente, što je usko povezano sa prinosom biljaka. Većina povrtarskih biljaka bolje uspeva pri pH vrednosti zemljišnog rastvora od 6,0 do 7,0 (blago kisela do neutralna sredina) (Ilin i sar, 2009). Ispitujući hemijska svojstva zemljišta Srema, Nešić i sar. (2008), na osnovu analiza površinskog sloja (0-30 cm) zaključuju da je većina uzoraka umereno alkalne reakcije (u proseku pH u vodi 7,83), a slične vrednosti navodi i Vasin i sar. (2004) za područje Vojvodine (pH u vodi 7,73).

Ispitivano zemljište je alkalne reakcije, blago alkalno u površinskim horizontima, a sa povećanjem dubine se povećava i pH vrednost. Veće pH vrednosti utvrđene su u površinskom horizontu navodnjavane varijante. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Belić i sar. (2005). Ispitujući uticaj navodnjavanja na fizička, hemijska i mikrobiološka svojstva černozema Belić i sar. (2005) navode da je nenavodnjavano zemljište do 40 cm dubine imalo blago alkalnu reakciju, a navodnjavano umereno alkalnu reakciju. Sa povećanjem dubine pH vrednost se povećava i dublji slojevi su umereno alkalne reakcije (Belić i sar., 2004).

Povećanje pH vrednosti pod uticajem navodnjavanja navode brojni autori. Zamfir i sar. (2003) proučavali su uticaj navodnjavanja, za trogodišnji period, na zemljište tipa černozema u Rumuniji i ustanovili veće pH vrednosti na navodnjavanoj (6,49 do 7,98) u poređenju sa nenavodnjavanom varijantom (5,9). Do sličnih rezultata došli su i Popescu i sar. (2009), koji navode da je navodnjavanje vodom sa većim sadržajem kalcijuma doprinelo promeni

hemijske reakcije navodnjavanog černozema, usled čega je došlo do povećanja pH vrednosti za ispitivani sloj zemljišta do 1m. Slične rezultate navode i Getaneh et al. (2007).

Suprotno, Kalinitchenko i sar. (2011) navode da je usled višegodišnjeg navodnjavanja došlo do blagog smanjenja pH vrednosti černozema u oblasti južne Rusije. Prema istraživanjima Nunes et al. (2007) uticaj navodnjavanja na pH vrednost navodnjavanog zemljišta zavisi od tipa zemljišta, a prvenstveno od sadržaja gline i organske materije. Navodnjavanje je uticalo na smanjenje pH vrednosti većine ispitivanih zemljišta, pri čemu je acidifikacija više izražena kod duže navodnjavanog zemljišta (preko 25 godina), ali taj trend nije statistički značajan.

Višegodišnje navodnjavanje blago zaslanjenom vodom sa dominacijom kalcijum bikarbonata nije značajnije uticalo na hemijska svojstva černozema zapadnog Urala, prema istraživanjima Gabbasova et al. (2006). Kiselost zemljišta se nije značajnije promenila, i ostala je u granicama blago kisele do neutralne u površinskom sloju, odnosno neutralne do blago alkalne u dubljim slojevima. Međutim, nakon tridesetogodišnjeg navodnjavanja došlo je do smanjenja pH vrednosti merene u vodi za 0,72 i za 0,75 merene u KCl.

Sadržaj kalcijum karbonata

Sadržaj kalcijum karbonata, kao izvor kalcijuma u zemljištu ima izuzetnu ulogu te je prema Stebut-u (1949) i Nejgebauer-u (cit. Vučić, 1964) sadržaj kalcijuma pedološki temelj uspešne poljoprivredne proizvodnje, a da je najvažnija osobina vojvođanskog černozema njegova karbonatnost. Vučić (1964) ističe da kreč zajedno sa humusom utiče na vodni, vazdušni, toplotni i biološki režim zemljišta.

Površinski horizonti ispitivanog navodnjavanog černozema su srednje do jako karbonatni, dok su kod nenavodnjavanog slabo karbonatni. Utvrđen je nešto veći sadržaj kalcijum karbonata u površinskom horizontu navodnjavanog černozema (3,53%) u poređenju sa nenavodnjavanim (0,49%), koji je posledica korišćenja tvrde vode za navodnjavanje, visoke RSC vrednosti (3,56). Belić i sar. (2004) navode da su prema sadržaju CaCO₃ površinski slojevi do 20 cm dubine, kod navodnjavane i nenavodnjavane varijante ispitivanog černozema srednje karbonatni, sloj 20-30 cm je karbonatan, dublji slojevi (30 cm do 60 cm) su jako karbonatni i do 200 cm takođe jako karbonatni. Do 30 cm CaCO₃ je zastupljen sa 5%, sa dubinom se njegov sadržaj povećava i u sloju 60-80 cm iznosi 30%, a daljim povećanjem dubine se smanjuje. Manji sadržaj u površinskim i dubljim slojevima ukazuje na ascedentnu i descendentnu migraciju kalcijum karbonata. Pod uticajem navodnjavanja sadržaj kalcijum

karbonata se nije promenio. Suprotno, Popescu i sar. (2009) navode da navodnjavanje vodom sa većim sadržajem kalcijuma dovodi do nakupljanja ovog elementa posebno u površinskim slojevima zemljišta.

Vučić (1964) navodi da se kod černozema u Bačkoj kalcijum karbonat nalazi u celom profilu počev od površine, izuzev kod podtipova koji su bili izloženi dejstvu jačeg vlaženja (beskarbonatni, zabareni) i degradaciji, kod kojih je CaCO_3 ispran na manju ili veću dubinu. S dubinom sadržaj CaCO_3 pravilno raste usled ispiranja iz gornjih slojeva, a u zoni taloženja dostiže vrednosti i preko 30%.

Sadržaj humusa

Ispitivani černozem ima mali sadržaj humusa, a površinski horizonti su slabo humozni. Prosečan sadržaj humusa u oraničnom horizontu navodnjavanog zemljišta bio je 2,69%, a kod nenavodnjavanog 3,44%. Prema Nejgebaueru (cit Vučić, 1964) vojvođanski černozem je izgubio skoro 50% od prvobitnog sadržaja humusa usled lošeg gazdovanja, a u vezi sa tim smanjene su i njegove proizvodne sposobnosti. Istraživanja Hadžić i sar. (2004), Vasin (2008) na černozemu u Vojvodini, ukazuju na trend smanjenja organske materije za oko 0,05-0,2%. Nešić i sar. (2008) ističu manje vrednosti sadržaja humusa (3,01%) na zemljištima Srema u odnosu na ranija istraživanja, a Vasin i sar. (2006) posebno ističu činjenicu da je 45% uzoraka sa područja Vojvodine imalo sadržaj humusa manji od 3%. Vučić (1987) smatra da je smanjenje sadržaja humusa uticalo i na druga svojstva černozema, naročito strukturu i stabilnost strukturnih agregata. Franzluebbers (2002) navodi da veći sadržaj organske materije redukuje vrednosti zapreminske mase za 12% i poboljšava infiltraciju za 27%. Zapreminska masa organske materije je značajno manja od mineralnog dela i organska materija se često povezuje sa povećanom agregacijom i poroznošću kao rezultat biološke aktivnosti u zemljištu.

Dobijeni rezultati ispitivanja su u saglasnosti sa rezultatima Belić i sar. (2005), koji navode da je navodnjavani i nenavodnjavani černozem u sloju 0-30 cm srednje humusan (2,16 do 2,52%) i slabo humusan u sloju 30-40 cm (1,70 do 1,79%). Međutim, autori navode veće vrednosti sadržaja humusa na navodnjavanoj varijanti, što objašnjavaju povećanom količinom žetvenih ostataka i povoljnijim uslova za njihovu mineralizaciju. Zamfir et al. (2003) su u trogodišnjem periodu istraživanja utvrdili da navodnjavanje nije značajnije uticalo na sadržaj humusa na černozemu u Rumuniji.

Sadržaj humusa je celom dubinom profila na navodnjavanoj varijanti bio statistički značajno manji u poređenju sa nenavodnjavanom. Moguće je da je do smanjenja sadržaja humusa pod uticajem navodnjavanja došlo usled povećane mikrobiološke aktivnosti i brže mineralizacije organske materije u uslovima povoljne vlažnosti zemljišta.

Brojni su primeri smanjenja sadržaja humusa pod uticajem navodnjavanja. Proučavajući višegodišnji uticaj navodnjavanja i zaslanjivanja na černozem na području južne Rusije, Kalinitchenko et al. (2010) navode da je došlo do smanjenja sadržaja humusa za 15%-22% za sloj 0-50 cm, kao i redistribucije u dublje slojeve. Popescu et al. (2009) takođe navode da je došlo do smanjenja sadržaja humusa posebno u površinskim slojevima navodnjavanog černozema ravničarskog dela Rumunije. Prema većini autora, navodnjavanje utiče na smanjenje organske materije u zemljištu, podstiče mikrobiološku aktivnost i posledično bržu mineralizaciju organske materije (Nunes i sar., 2007).

Lozovitsii et al. (2012) zaključuju da je nakon pedeset godina navodnjavanja zaslanjenom vodom sa povećanim sadržajem soli magnezijuma i natrijuma uticalo na smanjenje sadržaja humusa u zemljištu. Uočeno je kontinuirano opadanje sadržaja humusa u površinskom sloju zemljišta. Sadržaj humusa u sloju 40-100 cm na navodnjavanom černozemu bio je značajno veći nego na istom nenavodnjavanom zemljištu, što je objašnjeno ispiranjem kalcijum karbonata, gipsa i nešto humusa iz gornjih slojeva pod uticajem navodnjavanja zaslanjenom vodom kao i većom dubinom prodiranja korena čiji ostaci u zemljištu predstavljaju dodatni izvor humusa. Autori navode da navodnjavanje menja prirodne uslove pedogeneze zbog unošenja većih količina vode sa rastvorenim solima, veće dubine prokvašavanja zemljišta, česte alternacije oksido-redukcionih procesa, povećanje mikroflore i smanjenje temperature zemljišta. Kao rezultat, pravac dubina i trajanje procesa formiranja zemljišta se takođe menjaju, što vodi ka menjanju svojstava zemljišta. Posmatrano za sloj zemljišta od 1m, našim istraživanjem utvrđen je značajno manji sadržaj humusa na navodnjavanom černozemu. Voyevodina (2013) zaključuje da je navodnjavanje kapanjem zaslanjenom vodom uticalo na smanjenje sadržaja humusa u površinskom sloju zemljišta za 1,1%.

Kalinitchenko et al. (2011) su utvrdili da je nakon 30 godina navodnjavanja stajaćom (sadržaj soli 0,4-0,6 g/l) i mineralizovanom vodom (sadržaj soli 2,4-2,9 g/l) sadržaj humusa u obradivom horizontu černozema bio manji za 15 odnosno 22-23%. Takođe, uočena je i redistribucija sadržaja humusa od obradivih ka dubljim slojevima zemljišta.

Sadržaj humusa zavisi od nivoa agrotehnike. Prikhodko (2008) navodi da u uslovima loše agrotehnike na navodnjavanim poljima dolazi do smanjenja sadržaja humusa za 10-25%.

Autori ističu da je moguće očuvanje sadržaja humusa pri pravilnom upravljanju zemljištem, gde dolazi do transformacije humunskih materija, povećavaju se veze kalcijuma sa huminskim kiselinama, dok se smanjuje količina fulvo kiselina i humina.

Sadržaj humusa i hraniva na navodnjavanom zemljištu značajno zavisi od tehnologije proizvodnje i kvaliteta vode za navodnjavanje. Gabbasova et al. (2006) navode da u uslovima višegodišnjeg navodnjavanja blago zaslanjenom vodom sa dominacijom kalcijum bikarbonata, na černozemu zapadnog Urala, u uslovima korišćenja organskih đubriva, uključivanju višegodišnjih trava u rotaciju sa povrćem i korišćenje odgovarajućeg režima navodnjavanja, sadržaj humusa ostaje na istom nivou ili se čak povećava. Prema istim autorima, na černozemu koji je navodnjavan trideset godina u uslovima proizvodnje povrća, sadržaj humusa u oraničnom sloju zemljišta se smanjio sa 9,34% na 8,53%, a istovremeno se povećao u podoraničnom sloju. Mnoga istraživanja ukazuju na mobilnost humusnih materija i njihovu descendentnu migraciju u profilu pod uticajem navodnjavanja. Poredeći sadašnje vrednosti sadržaja organske materije sa vrednostima iz 1971. godine, Walker and Lin (2008) zaključuju da je došlo do malog povećanja u površinskim slojevima i većeg u podpovršinskim. Slične rezultate navode i Qian and Meham (2005).

Belić i sar. (2004) navode da su površinski slojevi od 0-30 cm navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema srednje humusni (do 2,52%), do 60 cm su slabo humusni (do 1,79%), dok su dublji slojevi veoma slabo humusni (manje od 1%). U toku navodnjavanja dublji horizonti se mogu obogatiti organskom materijom kako na račun migracije, iz površinskih horizonata, tako i na račun formiranja in situ. U humusu ispitivanog černozema preovlađuju huminske kiseline koje sa jonima kalcijum i magnezijuma grade stabilne soli kalcijum i magnezijum humate. Belić i sar. (2003, 2004) zaključuju da se količina humusa u černozemu, u uslovima navodnjavanja ne smanjuje, ukoliko se navodnjava vodom dobrog kvaliteta, gajenjem višegodišnjih trava, unošenjem organskih đubriva. Rodlan et al. (2005) takođe navode da se sadržaj organske materije smanjuje sa porastom dubine zemljišta i zaključuju da nije došlo do promene u sadržaju organske materije pod uticajem navodnjavanja.

Sadržaj lakopristupačnog kalijuma i fosfora

Na osnovu sadržaja lakopristupačnog fosfora (40,22 mg/100g zemljišta) i kalijuma (28,86 mg/100g zemljišta), oranični sloj ispitivanog navodnjavanog zemljišta spada u klasu visoko obezbeđenog fosforom i visoko obezbeđenog kalijumom, a nenavodnjavanog zemljišta u

klasu srednje obezbeđenog fosforom (12,95 mg/100g zemljišta) i visoko obezbeđenog kalijumom (28,38 mg/100g zemljišta). Visoke vrednosti sadržaja lakopristupačnog kalijuma i fosfora u površinskom horizontu zemljišta potiču od primene đubriva, odnosno nije utvrđena promena sadržaja ovih elemenata pod uticajem navodnjavanja.

Visoke koncentracije azota, fosfora i kalijuma u navodnjavanom zemljištu ističe i Al-Zubi (2007), ali zaključuje da one nisu nastale pod uticajem navodnjavanja već primenom prekomernih količina đubriva. Hadžić i sar (2004) navode da su u uzorcima zemljišta na području Vojvodine, utvrđene velike količine fosfora i kalijuma, preko 50 mg/100g zemljišta koji mogu da izazovu štetne posledice zbog mogućeg antagonizma sa drugim elementima. Isti autori smatraju da velike količine ovih elemenata ukazuju na to da u prethodnom periodu unošenje mineralnih đubriva nije uvek bilo racionalno.

Zamfir et al. (2003) navode da sadržaj fosfora i kalijuma zavisi od zalivnog režima, kao i vremena uzorkovanja (u setvi ili u berbi kukurza). Takođe ističu nešto veći sadržaj hraniva u suvom ratarenju u poređenju na navodnjavanom varijantom, usled iznošenja hraniva prinosom.

S druge strane, Jalali and Merrikhpour (2008) smatraju da ispiranje hraniva iz zemljišta može biti značajno kod zemljišta sa malim kapacitetom adsorpcije katjona. Velike količine fosfornih đubriva i loš kvalitet vode za navodnjavanje mogu voditi ka akumulaciji i zagađenju podzemnih voda.

Sadržaj soli i električni konduktivitet, sadržaj katjona i anjona

Hemijska svojstva zemljišta, kao i morfološka i fizička svojstva su posledica određenog toka pedogenetskih procesa (Miljković, 2005), odnosno ona su odraz uticaja geološkog supstrata od kojeg se zemljište obrazuje kao i ostalih pedogenetskih faktora (Nešić, 2002).

U hemijskom pogledu, voda u zemljištu deluje kao rastvarač, pa se hemijski procesi odvijaju bez teškoća. U uslovima navodnjavanja narušava se prirodna dinamička ravnoteža između priliva i gubitaka vode u zemljištu, te u praksi dolazi do ozbiljnih problema zaslanjenosti i alkalizacije, u uslovima prirodne dreniranosti (Miljković, 2005).

Vrednosti pH paste u proseku za Ap horizont bile su 7,83. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Nešić i sar. (2003), koji su analizom površinskog sloja navodnjavanog zemljišta utvrdili pH u saturisanoj zemljišnom pasti u intervalu od 7,4 do 8,19.

Vrednosti električnog konduktiviteta i sadržaja soli navodnjavanog zemljišta iznosile su 1,31 dS/m, odnosno 0,08% u površinskom sloju. Nizak sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli, kao i električnog konduktiviteta u rasponu 0,03 - 0,1% i 0,1 – 1,5 dS/m u ispitivanim uzorcima saturisanog zemljišnog ekstrakta u površinskim slojevima navodnjavanog zemljišta navode i Nešić i sar (2003). Al-Ghobari (2011) je utvrdio smanjenje koncentracije soli utvrđene na osnovi EC_e vrednosti zemljišta po dubini profila. Autor navodi da vrednosti sadržaja soli u zemljištu ostaju približno iste i ne menjaju se značajno pod uticajem višegodišnjeg korišćenja vode za navodnjavanje sa manjim, kao i sa visokim sadržajem soli i zaključuje da se se voda čiji je salinitet ispod 2,5 dS/m može koristiti za navodnjavanje bez većih štetnih uticaja na usev pšenice. Gabbasova i sar. (2006) navode da je nakon petogodišnjeg perioda navodnjavanja blago zaslanjenom vodom sa dominacijom kalcijum bikarbonata černozema zapadnog Urala, došlo do manjeg povećanja ukupne količine soli u zemljištu, za 0,03%, prvenstveno HCO_3^- i Ca^{2+} jona. Nakon trideset godina navodnjavanja zaslanjivanje zemljišta je nešto više izraženo, odnosno povećanje količine soli iznosilo je 0,07% u oraničnom sloju i 0,1-0,25% u dubljim horizontima, sa dominacijom kalcijum bikarbonata. Međutim, ukupne količine soli su ispod kritične granice i ne pokazuju toksičan efekat na biljke.

S druge strane, Challa i sar. (1987) navode da je navodnjavanje značajno uticalo na povećanje EC_e vrednosti, kao i sadržaja katjona, prvenstveno natrijuma, zatim kalcijuma i magnezijuma. Rezultati istraživanja Al-Zubi (2007) ukazuju na povećanu koncentraciju soli navodnjavanog zemljišta, u poređenju sa nenavodnjavanim, koja je rezultat uticaja navodnjavanja vodom saliniteta 0,6-1,44 dS/m. Salinitet zemljišta je bio dva do tri puta veći na navodnjavanoj varijanti. Hadžić i sar (2004) navode da je od 79 analiziranih sistema za navodnjavanje, utvrđen povećan sadržaj soli u površinskom sloju samo na dva lokaliteta. Analizom uzoraka po dubini profila, od 14 reprezentativnih sistema, u 7 je utvrđen povećan sadržaj soli u sloju 80-125 cm, koji se takođe smatra vrlo opasnom zonom sa aspekta zaslanjivanja. Ovi rezultati ukazuju na potencijalnu opasnost od sekundarnog zaslanjivanja (Hadžić, et al., 2004). Prema Dragoviću i sar. (1993) u periodu intenzivne evapotranspiracije, pri deficitu padavina i nedovoljnom navodnjavanju, soli se kapilarnim putem premeštaju u površinski deo zemljišta i kod tih sistema je utvrđena koncentracija soli 0,15%. Povećan sadržaj Na je utvrđen uglavnom u zemljištima sa visokim salinitetom.

Ispitujući soni režim ritske crnice, Dragović i sar. (2007) su utvrdili nešto veće vrednosti električnog konduktiviteta na navodnjavanoj parceli (iznad 2,5 mS/cm) u odnosu na

navodnjavanu, kao i veće koncentracije soli u površinskim slojevima zemljišta kao posledicu isušivanja sloja do 30 cm, koje sa dubinom profila opadaju. Ukupna koncentracija vodorastvorljivih soli u zemljištu, određena preko elektrokonduktiviteta, je u pozitivnoj korelaciji sa koncentracijom soli, koja je na ispitivanom lokalitetu najveća u površinskom sloju, do 20 cm, i iznosi 0,08%, a u sloju 20-40 cm 0,06%, dok po dubini značajno opada.

Belić i sar. (2003) navode da je sadržaj ukupnih vodorastvorljivih soli kod navodnjavanog černozema manji od 0,25%, odnosno ispod granice za izdvajanje slabo zaslanjenih zemljišta. Takođe vrednosti električnog konduktiviteta EC_e saturisanog vodnog ekstrakta su niske, do 0,72 mS/cm, i ne ukazuju na zaslanjenost zemljišta pod uticajem navodnjavanja. Vrednosti relativne aktivnosti adsorpcije natrijuma su znatno niže u svim ispitivanim slojevima zemljišta od vrednosti koja ukazuje na opasnost od alkalizacije, pri čemu su nešto veće na navodnjavanoj varijanti u sloju do 60 cm (do 1,18%) i preko 120 cm (do 3,32%) u poređenju sa navodnjavanom varijantom (do 0,89 i 2,69%). U uslovima navodnjavanja povećan sadržaj soli u zemljištu je posledica korišćenja mineralizovane vode za navodnjavanje, kao i uticaja mineralizovane vode prve izdani koja kapilarnim silama dospeva u površinske horizonte zemljišta. Kritičan nivo podzemne vode na lesu je od 200 do 250 cm dubine. Navodnjavanje zaslanjenom vodom u klimatskim uslovima Vojvodine može da uzrokuje zaslanjivanje i černozema koji ima dobru vodopropustljivost (Belić i sar., 2003).

Za većinu biljaka smatra se da je optimalan nivo sadržaja soli u zemljištu od 1 do 2 dS/m (Ayers, 1985). Sadržaj soli na ispitivanom zemljištu je u većini uzoraka bio manji od 2 dS/m, odnosno u okviru optimalnog nivoa. U oraničnom sloju profila 3 utvrđene su nešto veće EC_e vrednosti, u proseku 2,54. Pri vrednostima EC_e od 2 do 4 dS/m očekuje se smanjenje produkcije osetljivih biljaka (salata, krastavac, paradajz), a pri vrednostima EC_e od 4 do 8 dS/m smanjuje se produkcija kod većine biljaka (Ayers and Westcot, 1985). Međutim, Dragović i sar. (1993) smatraju da zaslanjivanje zemljišta obično počinje znatno ranije, i pre nego što biljke reaguju morfološkim promenama na povećanu koncentraciju soli u zemljištu, i smatra da se nepovoljan efekat kod osetljivih i srednje osetljivih biljnih vrsta ispoljava i pri 0,10% vodorastvorljivih soli.

Za navodnjavanje na ispitivanom zemljištu korišćena je voda sa visokim sadržajem soli, koja pripada C3 kategoriji. U uslovima intenzivnog navodnjavanja, kod biljnih vrsta koje zahtevaju povećanu vlažnost zemljišta i češća zalivanja, kao što je povrće, može doći do nakupljanja soli u površinskom sloju zemljišta. Lekakis et al. (2011) smatraju da kretanje soli i njihova distribucija u zemljištu je direktno povezana sa kretanjem vode za navodnjavanje.

Anikwe et al. (2002) su utvrdili značajnu visoku korelaciju između EC_w vode za navodnjavanje i EC_e vrednosti navodnjavanog zemljišta, ukazujući da povećanje EC_w vrednosti vode za navodnjavanje vodi ka povećanju EC_e vrednosti zemljišta koje se navodnjava. Do sličnih zaključaka došli su i Pisinaras et al. (2010), koji su proučavajući promene EC_e vrednosti navodnjavanog zemljišta na području severoistočne Grčke, utvrdili da je degradacija zemljišta povezana sa korišćenjem zaslanjene vode koja se koristi za navodnjavanje. Takođe ustanovili su linearnu korelaciju sa većinom jona, prvenstveno hlora, natrijuma, magnezijuma, kalcijuma i kalijuma sa vrednostima EC_e zemljišta. Značajno veće EC_e vrednosti zemljišta u uslovima višegodišnjeg navodnjavanja, preko 25 godina, utvrdili su i Nunes et al. (2007). Autori zaključuju da bi EC_e vrednosti trebale biti glavni faktor u proceni degradacije zemljišta, posebno u uslovima višegodišnjeg navodnjavanja. Međutim, Nagaz et al. (2012), na osnovu istraživanja primene zaslanjene vode i deficitarnog navodnjavanja na području Tunisa, zaključuju da su EC_e vrednosti zemljišta jednake ili čak niže u odnosu na EC_w vode za navodnjavanje, usled prirodnog ispiranja soli iz korenove rizosfere padavinama.

Belić i sar. (2003) navode da kvantitativna i kvalitativna analiza sadržaja katjona, određenih u vodnom ekstraktu karbonatnog černozema, pokazuje da preovlađuju joni kalcijuma i magnezijuma, u odnosu na natrijum i kalijum, koji je najmanje zastupljen (do 1,15 meq/100g). Najveći sadržaj kalcijuma (4,15 meq/100g), magnezijuma (1,59 meq/100g) i natrijuma (1,98 meq/100g), kod obe varijante je u sloju 30-60cm. Manji sadržaj kalcijuma i magnezijuma može se objasniti njihovim prelaskom u dublje slojeve. Sadržaj hidrokarbonata u vodnom ekstraktu je ujednačen i vrlo malo se povećava sa dubinom. Nešto veći sadržaj bio je kod navodnjavane varijante u slojevima do 80cm dubine. Hloridi su znatno više zastupljeni u odnosu na hidrokarbonate i njihov sadržaj je veći u slojevima navodnjavane varijante, što je verovatno posledica navodnjavanja i njihove rastvorljivosti. Voda za navodnjavanje pripada C3S1 klasi, u kojoj dominiraju soli kalcijuma i magnezijuma sa malim sadržajem natrijuma, odnosno postoji umerena potreba za restrikcijom korišćenja vode prema FAO klasifikaciji.

Na osnovu istraživanja uticaja višegodišnjeg navodnjavanja na černozem u oblasti južne Rusije, Kalinitchenko i sar. (2011) navode da je došlo do intenzivnog ispiranja kalcijuma usled navodnjavanja. Sadržaj adsorbovanog natrijuma iznosio je 2,9-8,8%, što ukazuje na vrednosti koje odgovaraju solonjecu, dok je kalcijum u zemljištu mobilan, što je posebno uočeno na lokalitetima gde se obavlja navodnjavanje mineralizovanom vodom u kojoj preovlađuje natrijum nad kalcijumom.

Proučavajući uticaj različitih režima navodnjavanja na salinitet černozema, Krogman and Hobbs (1972) zaključuju da je smanjenje saliniteta prvenstveno povezano sa brojem navodnjavanja, odnosno češća zalivanja sa manjom količinom vode. Autori navode da nakon četvorogodišnjeg navodnjavanja nije došlo do značajnijih promena u sadržaju natrijuma i EC vrednosti dok su utvrđene manje promene u sadržaju kalcijuma i magnezijuma u zemljištu, ali zaključuju da ne postoji opasnost od zaslanjivanja zemljišta. Autori smatraju da su se vrednosti SAR smanjivale, verovatno usled veće mobilnosti natrijuma od kalcijuma i magnezijuma, što ukazuje na smanjenu opasnost od alkalizacije.

Ispitujući svojstva navodnjavane ritske crnice, Dragović i sar. (2007) su utvrdili najveći sadržaj Ca^{2+} u površinskom sloju (0-20 cm) od 18,8 meq/l koji po dubini opada, da bi u sloju 180-200 cm iznosio 1,6 meq/l. Sadržaj Mg^{2+} je nizak, od 1,7 do 3,9 meq/l i po dubini profila je prilično ujednačen. Sadržaj kalijuma je vrlo nizak, a natrijuma nešto veći u odnosu na K^+ , od 0,85 do 2,23 meq/l. Autori zaključuju da je sadržaj natrijuma u saturisanom vodnom rastvoru ispitivanog zemljišta mali, te ne predstavlja opasnost od alkalizacije zemljišta. Sadržaj vodorastvorljivih anjona u saturisanom vodnom ekstraktu karakteriše najveće prisustvo bikarbonata i to u sloju od 0-20 cm, 12,7 meq/l i po dubini se značajno smanjuje, slično i sulfata, od 1,90 do 6,57 meq/l. Sadržaj hlorida je prilično nizak, od 1,2 do 2,8 meq/l, a sadržaj karbonata nije prisutan ili samo u tragovima.

Iako su utvrdili trend zaslanjivanja zemljišta nakon 24 godine navodnjavanja na ispitivanim lokalitetima na području severoistočne Španije, Herrero and Perez Coveta (2005) ističu da nedostatak informacija o usevima i istoriji menadžmenta za svaki ispitivani lokalitet isključuje bilo kakve konačne zaključke.

Navodnjavanje često zahteva učestali monitoring promena sadržaja soli u zemljištu. Dinamika promene sadržaja vodorastvorljivih soli zavisi od količine i vrste samih soli. Dominantne vrste soli su značajne prvenstveno zbog njihovih uticaja na svojstva zemljišta i mogućeg toksičnog dejstva na biljke. Pisinaras et al. (2010) ističu da su najveći koeficijenti korelacije utvrđeni za hloridni jon od anjona i kalcijum kod katjona koji i dominiraju u vodnom ekstraktu zemljišta. Takođe ukazuju da od svih ispitivanih jona, hlor, natrijum i kalcijum imaju najveći uticaj na EC_e vrednosti zemljišta.

Kvalitet vode za navodnjavanje

Kvalitet vode za navodnjavanje ima značajnu ulogu u biljnoj proizvodnji i veliki uticaj na fizička i hemijska svojstva zemljišta (Jalali and Merrikhpour, 2008). Pre korišćenja vode za

potrebe navodnjavanja neophodno je najpre utvrditi njenu pogodnost za tu namenu. Ako rezultati analize ukažu na opasnost od zaslanjivanja i/ili alkalizacije, neophodna je temeljna analiza navodnjavanja, pošto je zaslanjenu vodu moguće koristiti za navodnjavanje u uslovima pravilnog korišćenja zemljišta i vode. Saznanje o hemijskom sastavu vode je neophodno ali ne i dovoljno da bi se procenila njena pogodnost za navodnjavanje, već je neophodna i analiza ostalih faktora kao što su klima, svojstva zemljišta, uslovi za drenažu i način navodnjavanja (Beltran, 1999).

Prema količini i rasporedu padavina, Vojvodina spada u predele pogodne za sekundarno zaslanjivanje zemljišta. Nešić (2002) navodi da na obrazovanje zemljišta u Vojvodini, pored pedogenetskih faktora, klime, reljefa, matičnog supstrata i organskog sveta, veliki značaj imaju i podzemne vode prve izdani, koje svojim nivoom i kvalitetom, mogu uticati na pravac i intenzitet pedogenetskih procesa. Podzemne vode prve izdani u Vojvodini su u manjoj ili većoj meri mineralizovane, što je u tesnoj vezi sa hidrologijom, geologijom i geomorfologijom Panonske nizije (Nešić, 2002), te mogu uticati na pedogenetske procese u pravcu hidromorfizma (oglejavanje) i halomorfizma (zaslanjivanje i/ili alkalizacija). Izvori soli su magmatske, metamorfne i sedimentne stene od kojih su izgrađeni planinski masivi koji okružuju Panonsku niziju (Hadžić i sar., 1997). Raspadanjem minerala iz ovih stena, oslobađaju se soli koje se vodom prenose u niže položaje. Međutim, glavni izvor soli u podzemnoj vodi prve izdani, u niziji Bačke su vodorastvorljive soli, koje su nastale hemijskim raspadanjem primarnih minerala iz lesa i peska (feldspati, liskuni, pirokseni i dr). Njihovim raspadanjem oslobađaju se mineralne kiseline i baze, koje u međusobnom kontaktu daju razne soli. Sem toga, u lesu dominiraju već ranije obrazovani kalцит, magnezit i dr. (Hadžić i sar., 1997).

U Vojvodini postoje i zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje, naročito kada je voda za navodnjavanje mineralizovana iznad dozvoljenog stepena (Nešić i sar., 2007). Ispitivana voda za navodnjavanje uzeta iz bunara na Rimskim šančevima spada u C3S1 klasu prema klasifikaciji US Salinity Laboratory, što znači da se radi o mineralizovanoj vodi koja može izazvati proces zaslanjivanja kod slabo dreniranih zemljišta, ali ne i alkalizaciju s obzirom na mali sadržaj natrijuma. Od vodorastvorljivih soli dominiraju bikarbonati kalcijuma i magnezijuma. Vodu ovakvog kvaliteta moguće je koristiti za navodnjavanje na dobro dreniranim zemljištima, sa dubljim nivoom podzemne vode. Nivo podzemne vode je ispod kritične dubine od 250 cm, i nije uočena pojava procesa zaslanjivanja ni alkalizacije. Prisustvo znakova procesa

sekundarne oksidacije potvrđuje da su CGso horizonti u dužem periodu bili izvan uticaja podzemne vode. Imajući u vidu da ispitivano zemljište ima povoljna vodno fizička svojstva, dobru infiltraciju i vodosprovodljivost, kao i dovoljne količine padavina na ispitivanom području u predvegetacionom periodu, može se zaključiti da se ovakva voda može koristiti za navodnjavanje. Međutim, u cilju prevencije pojave sekundarnog zaslanjivanja, neophodna je periodična kontrola kvaliteta vode za navodnjavanje, kao i saliniteta zemljišta.

Elektroprovodljivost ispitivane vode za navodnjavanje iznosila je 1,253 dS/m, a pH 7,96. Prema modifikovanoj FAO klasifikaciji, ako se koriste vode sa većom količinom soli, od 0,7 do 3,0 dS/m i više, neophodno je vršiti ispiranja da bi se održao adekvatan sadržaj soli. Međutim, istraživanja Ma et al. (2008) pokazuju da je moguće koristiti zaslanjenu vodu za navodnjavanje u uslovima dopunskog navodnjavanja, gde je omogućeno prirodno ispiranje soli padavinama. Hemijska reakcija vode za navodnjavanje na području Vojvodine varira u okviru neutralne do alkalne reakcije (Nešić i sar., 2003), a pH vrednost zemljišta se kreće u pravcu postizanja ravnoteže sa pH vrednostima vode za navodnjavanje (Parizek i sar., cit. Walker and Lin, 2008).

Prema hemijskom sastavu voda za navodnjavanje, na površini oko 1200 ha kod četiri velika proizvođača povrća u Vojvodini, svrstava se u slanu (C3) do srednje slanu vodu (C2) sa malim sadržajem natrijuma (S1), te postoji potreba za restrikcijom upotrebe ovakve vode (Nešić i sar., 2003). Sa aspekta biljne proizvodnje, prema Nešić i sar. (2003) vode za navodnjavanje ovakvog kvaliteta, posebno C3 klase, predstavljaju opasnost u pogledu zaslanjivanja zemljišta u zoni korenovog sistema, u slučaju kada je nivo podzemne vode iznad kritične dubine tokom dužeg perioda. Soli iz podzemne vode, mogu da se nagomilavaju blizu površine zemljišta, putem kapilarnog uspona, naročito u odsustvu padavina. Autori zaključuju da primena ovakve vode nije uticala na zaslanjivanje površinskih slojeva zemljišta, ali predlažu na ispitivanim lokalitetima obaveznu periodičnu kontrolu kvaliteta vode za navodnjavanje kao i podzemne vode.

Dobijeni rezultati istraživanja kvaliteta vode za navodnjavanje su u saglasnosti sa rezultatima Dragović et al. (2007), koji su utvrdili da kvalitet vode za navodnjavanje na lokalitetu Jakovo, pripada klasi C3S1, sa dosta visokim vrednostima EC vode, od 900 do 1700 μ S/m. Pošto se voda za navodnjavanje u Vojvodini koristi iz različitih izvora, prvenstveno iz kanala Hs DTD, podzemnih voda, kanalske mreže za odvodnjavanje i iz drugih, kvalitet često ne zadovoljava. Iz tog razloga potrebno je stalno proveravati kvalitet

vode za navodnjavanje i analizirati soni i vodni režim zemljišta, u cilju zaštite zemljišta od zaslanjivanja i degradacije.

Belić i sar. (2003) ističu da iako su površinske vode Srbije za potrebe navodnjavanja dobrog kvaliteta prema ocenama svih primenjenih klasifikacija (Stebler, Nejgebauer, USSL, FAO, Miljković), upotrebljivost voda za navodnjavanje trebalo bi oceniti savremenijim klasifikacijama u njihovom punom obimu, uzimajući u obzir i ostale predviđene kriterijume i parametre (teški metali, gvožđe, pH vrednost, bakteriološka i enzimaska aktivnost), uzimajući u obzir agronomske specifičnosti pojedinih načina navodnjavanja.

Vučić (1976) smatra da je nemoguće predložiti klasifikaciju voda za navodnjavanje koju bi praksa koristila u svim slučajevima. Stoga je neophodno poznavanje više klasifikacija i njihovih osnova da bi se u spornim i neizvesnim situacijama mogla doneti realna ocena o kvalitetu vode. Takođe, Vučić (1976) ističe da ocene jedne iste vode po različitim klasifikacijama mogu da se međusobno divergentno razlikuju. Bez obzira što je osnovni kriterijum u svim klasifikacijama kvantitativna i kvalitativna analiza soli u vodi, konačna ocena mora da uzme u obzir osobenosti navodnjavanih biljaka, svojstva zemljišta, klimu i agrotehniku. Takođe je neophodno istaći da je u klimatskim uslovima Vojvodine, navodnjavanje dopunskog karaktera, a godišnja količina padavina u proseku oko 600 mm, što predstavlja dobar preduslov za prirodno ispiranje soli. Autoregulacioni karakter černozema kao i prirodni uslovi za ispiranje soli, ne dozvoljavaju da se problem kvaliteta vode jače ispolji.

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu detaljnog proučavanja morfoloških, vodno fizičkih i hemijskih svojstava černozema nakon višegodišnjeg navodnjavanja u odnosu u na isti tip zemljišta gde navodnjavanje nije primenjivano mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Zemljište na ispitivanom lokalitetu pripada redu automorfni, klasi humusno akumulativnih zemljišta A-C profila, tip černozem, podtip na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje duboki, prema klasifikaciji Škorić i sar (1985). Prema međunarodnoj FAO-WRB klasifikaciji (IUSS Working Group WRB, 2014) zemljište na ispitivanom lokalitetu je klasifikovano kao Calcic Chernozem (Clayic, Pachic).
- Mehanički sastav navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema je heterogen po dubini profila i ukazuje na teksturnu diferencijaciju između horizonata, više izraženu kod navodnjavane varijante. Humusno akumulativni, A horizont pripada teksturnoj klasi ilovasta glina, na obe varijante, prelazni, AC horizont je glinovita ilovača i ilovasta glina, a rastresiti matični supstrat, C horizont je glinovita ilovača do ilovača na navodnjavanoj varijanti i prašasta glina na nenavodnjavanoj varijanti.
- Ispitivani navodnjavani černozem sadrži najmanje krupnog peska (0,42 – 2,19%), zatim sledi sadržaj gline (12,02-27,28%) i praha (28,55-38,11%), a najveći je sadržaj sitnog peska (35,97-58,14%). Sadržaj krupnog peska kod nenavodnjavanog černozema je manji od 1%, zatim sledi sadržaj gline (25,19-34,71%) i sitnog peska (20,26-32,83%), a najveći je sadržaj praha (32,23-51,97%). Utvrđen je statistički značajno manji sadržaj čestica gline celom dubinom profila, kao i manji sadržaj praha na navodnjavanoj varijanti. Humusno akumulativni horizont ispitivanog nenavodnjavanog zemljišta ima zastupljenost frakcija u odnosu 33%:34%:34% (pesak:prah:gline), a navodnjavani 41%:32%:26%, što ukazuje na relativno povoljnu teksturu navodnjavanog černozema, i povećani sadržaj gline kod nenavodnjavanog černozema. Može se zaključiti da navodnjavanje nije uticalo na mehanički sastav černozema, već su razlike posledica prirodne heterogenosti uslovljene geomorfologijom terena.
- Kod svih ispitivanih profila utvrđene su veće vrednosti zapreminske mase zemljišta u Ap (1,46 g/cm³ kod obe varijante) i A horizontu (1,48 g/cm³ kod navodnjavanog i 1,52 g/cm³ kod nenavodnjavanog zemljišta), što ukazuje na jaču zbijenost ovih horizonata, dok su

Mr Ksenija Mačkić – doktorska disertacija

vrednosti specifične mase u granicama optimalnih (2,48-2,55 g/cm³). Veće vrednosti zapreminske mase oraničnog i podoraničnog horizonta uticale su i na smanjenje vrednosti ukupne poroznosti (36,81 do 40,74%), te je ispitivano zemljište u kategoriji slabo poroznih zemljišta. Povećane vrednosti zapreminske mase i smanjena ukupna poroznost, ustanovljene su i kod navodnjavane i kod nenavodnjavane varijante, te se može zaključiti da navodnjavanje nije uzrokovalo pogoršanje ovih svojstava.

- Na ispitivanom zemljištu dominantan je udeo srednjih i finih pora, koji je varirao od 21,92-52,80% na navodnjavanom zemljištu, a na nenavodnjavanom 22,80-77,20%. Sadržaj grubih pora bio je izuzetno mali kod navodnjavanog černozema, posebno u humusno akumulativnom horizontu (6,17-13,11%), dok ih na nenavodnjavanom černozemu gotovo da nije ni bilo. Takođe, utvrđen je nepovoljan odnos kapilarnih (srednjih i finih) i nekapilarnih (grubih) pora u oraničnom (87:13) i podoraničnom (94:6) horizontu. Izuzetno nepovoljan odnos kapilarnih i nekapilarnih pora utvrđen je kod nenavodnjavane varijante, što se može objasniti povećanim sadržajem gline kao i većim vrednostima zapreminske mase, odnosno zbijenosti zemljišta.

- Poređenjem poljskog vodnog kapaciteta navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema dubinom profila, nisu konstatovane statistički značajne razlike. Vrednosti poljskog vodnog kapaciteta za humusno akumulativni i prelazni horizont ispitivanog černozema iznose u proseku 24%, a za C horizont 19%. Srednja vrednost PVK do 1m, na navodnjavanom černozemu iznosila je u proseku 24,48%, a na nenavodnjavanom 24,18%.

- Vrednosti retencije za ceo profil, pri pritisku od 33 kPa, 625 kPa i 1500 kPa, statistički su značajno manje na navodnjavanom (24,5%, 12,68 i 10,90%) u poređenju sa nenavodnjavanim černozemom (28,64%, 16,26%, i 14,01%), i nisu posledica navodnjavanja već se javljaju kao rezultat različitih fizičkih i hemijskih svojstava, prvenstveno težeg mehaničkog sastava kao i većeg sadržaja humusa na nenavodnjavanoj varijanti. Promene retencije po dubini imaju sličan tok, odnosno nešto su veće u podoraničnom horizontu a zatim se smanjuju sa povećanjem dubine profila.

- Kapacitet za vazduh ispitivanog černozema je izuzetno mali, posebno u površinskim horizontima bez statističke značajnosti između navodnjavanog (4-5 vol%) i nenavodnjavanog zemljišta (2-3 vol%), koji imaju slab, pa čak i krajnje nepovoljan kapacitet za vazduh. Međutim, nije utvrđen uticaj navodnjavanja na kapacitet za vazduh ispitivanog zemljišta.

- Prosečne vrednosti vodopropustljivosti navodnjavanog i nenavodnjavanog černozema nisu se statistički značajnije razlikovale i variraju u granicama reda veličine 10⁻³ do 10⁻⁴,

odnosno spadaju u kategoriju srednje propusnog zemljišta. Takođe nije utvrđeno ni statistički značajnije variranje vodosprovodljivosti po dubini profila.

- Prosečne srednje vrednosti trenutne infiltracije iznosile su 3,61cm/h na navodnjavanom i 9,94cm/h na nenavodnjavanom černozezu. Prema vrednostima infiltracije černozez lesne terase ima srednju propustljivost. Vrednosti trenutne infiltracije u poslednjem času merenja nisu se statistički značajnije razlikovale, te se može zaključiti da navodnjavanje nije imalo uticaja na vrednosti infiltracije.

- Ispitivani černozez ima dobru strukturu, što potvrđuju i visoke vrednosti koeficijenta strukturalnosti (k) navodnjavanog (10,2) i nenavodnjavanog (9,63) zemljišta. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između koeficijenta strukturalnosti, pa se može zaključiti da navodnjavanje nije uticalo na strukturu ispitivanog černozeza. Ispitivani černozez ima dobru stabilnost strukturalnih agregata prema rasplinjavanju u vodi. Utvrđen je visok sadržaj agregata većih od 0,25 mm nakon mokrog prosejavanja uzoraka sa navodnjavanog (56,34%) i nenavodnjavanog (62,14%) zemljišta. Rezultati istraživanja ukazuju na bolju stabilnost strukturalnih agregata prema rasplinjavanju u vodi kod nenavodnjavanog černozeza.

- Prema klasifikaciji US Salinity Laboratory, voda kojom se navodnjava na ovom lokalitetu pripada C3S1 klasi. Od vodorastvorljivih soli dominiraju bikarbonati kalcijuma i magnezijuma, što znači da se radi o mineralizovanoj, tvrdoj vodi koja može izazvati proces zaslanjivanja kod slabo dreniranih zemljišta, ali ne i alkalizaciju zbog malog sadržaja natrijuma. Prema modifikovanoj FAO klasifikaciji voda za navodnjavanje na ispitivanim lokalitetima ima slab do srednji stepen ograničenja upotrebe, odnosno spada u drugu kategoriju. Vrednost rezidualnog natrijum karbonata, RSC, (3,56), ukazuje da voda nije pogodna za navodnjavanje.

- Ispitivano zemljište je umereno alkalne reakcije. Vrednosti pH u H₂O celom dubinom profila zemljišta bile su statistički značajno veće na navodnjavanom (pH 8,39) u poređenju sa nenavodnjavanim zemljištem (7,99). Posmatrano po dubini profila ustanovljene su statistički značajno veće pH vrednosti u H₂O u oraničnom, podoraničnom i u prelaznom horizontu navodnjavane varijante u poređenju sa nenavodnjavanom, kao posledica navodnjavanja alkalnom vodom.

- Površinski horizonti ispitivanog navodnjavanog černozeza su srednje do jako karbonatni dok su kod nenavodnjavanog slabo karbonatni. Utvrđen je veći sadržaj kalcijum karbonata u površinskom horizontu navodnjavanog černozeza (3,53%) u poređenju sa nenavodnjavanim (0,49%), moguće kao posledica korišćenja tvrde vode za navodnjavanje.

- Ispitivani černozem spada u srednje humusno zemljište. Srednji sadržaj humusa u oraničnom horizontu navodnjavanog zemljišta bio je 2,69%, a kod nenavodnjavanog 3,44%. S obzirom da je sadržaj humusa celom dubinom profila na navodnjavanoj varijanti statistički značajno manji u poređenju sa nenavodnjavanom, moguće je da je došlo do smanjenja sadržaja humusa pod uticajem navodnjavanja, usled povećane mikrobiološke aktivnosti i brže mineralizacije organske materije u uslovima povoljne vlažnosti zemljišta.
- Na osnovu sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma, može se zaključiti da oranični sloj ispitivanog navodnjavanog zemljišta spada u klasu visoko obezbeđenog (40,22 mg/100g zemljišta) fosforom i visoko obezbeđenog kalijumom (28,86 mg/100g zemljišta), a nenavodnjavanog zemljišta u klasu srednje obezbeđenog fosforom (12,95 mg/100g zemljišta) i visoko obezbeđenog kalijumom (28,38 mg/100g zemljišta). Utvrđene statistički veće vrednosti sadržaja fosfora u oraničnom horizontu navodnjavanog zemljišta, kao i veće vrednosti sadržaja kalijuma celom dubinom profila, nisu posledica uticaja navodnjavanja, već primene đubriva.
- Srednje vrednosti ukupnog sadržaja soli u oraničnom horizontu bile su niske, ali statistički ipak veće kod navodnjavanog (0,079%) u odnosu na nenavodnjavano zemljište (0,056%). Vrednosti električnog konduktiviteta su takođe veoma niske, 1,31 dS/m kod navodnjavanog i 0,65 dS/m kod nenavodnjavanog zemljišta. Značajno veće vrednosti pH paste utvrđene su kod navodnjavanog zemljišta (pH 7,94) u poređenju sa nenavodnjavanom (pH 7,61). Može se zaključiti da je pod uticajem navodnjavanja došlo do povećanja količine soli i alkalnosti usled korišćenja zaslanjene vode za navodnjavanje, ali su one ispod graničnih koje ukazuju da je u zemljištu došlo do procesa zaslanjivanja. Iako je došlo do blagog povećanja saliniteta, izmerene vrednosti ukupne količine soli i EC_e vrednosti su ispod kriterijuma za izdvajanje slabo zaslanjenih zemljišta.
- Utvrđen je statistički značajno veći sadržaj vodorastvorljivog kalcijuma (8,16 meq/l), kalijuma (0,24 meq/l), natrijuma (2,85 meq/l) i magnezijuma (2,67 meq/l) u oraničnom horizontu zemljišta navodnjavanog černozema u poređenju sa nenavodnjavanom (4,97 meq/l, 0,11 meq/l, 1,58 meq/l i 1,14 meq/l, redom). Utvrđene SAR vrednosti za ceo profil su izuzetno niske, 1,63 na navodnjavanom i 0,63 na nenavodnjavanom zemljištu, što ukazuje da na ispitivanom zemljištu nema opasnosti od alkalizacije.
- Sadržaj hlorida je statistički značajno veći (2,06 meq/l) u površinskom horizontu zemljišta navodnjavanog černozema u poređenju sa nenavodnjavanom (1,69 meq/l), dok je koncentracija bikarbonata i sulfata približno ista.

- U adsorptivnom kompleksu dominira kalcijum sa preko 80%, a znatno manje je zastupljen magnezijum, dok je udeo kalijuma i natrijuma neznatan. Nisu utvrđene statistički značajnije promene u adsorptivnom kompleksu ispitivanog zemljišta pod uticajem navodnjavanja.
- Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da višegodišnje navodnjavanje mineralizovanom vodom, kvaliteta C3S1, uz uvažavanje osnovnih principa racionalnog navodnjavanja, nije značajnije uticalo na vodno fizička svojstva i zaslanjivanje zemljišta. Klimatski i zemljišni uslovi područja, prvenstveno količine i raspored padavina u toku godine, činjenica da je navodnjavanje dopunskog karaktera, kao i autoregulacioni karakter vodno vazdušnog režima černozema, sprečili su veće nagomilavanje soli u zoni aktivne rizosfere i mogućnost da negativne posledice budu izraženije. S obzirom da je uočen trend blagog pogoršanja hemijskih svojstava zemljišta, predlaže se periodična kontrola kvaliteta ne samo vode za navodnjavanje, nego i zemljišta, u cilju zaštite zemljišta od degradacije.

9. LITERATURA

Al-Ghobari, H. (2011). Effect of Irrigation Water Quality on Soil Salinity and Application Uniformity under Center Pivot Systems in Arid Region. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5 (7), 72-80.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Al-Rumikhani, Y. (2002). Effect of crop sequence, soil sample location and depth on soil water holding capacity under pivot irrigation. *Agricultural water management*, 55 (2), 93-104.

Al-Zubi, Y. (2007). Effect of irrigation water on agricultural soil in Jordan valley: An example from arid area conditions. *Journal of Arid Environments*, 70, 63–79.

Anikwe, M., Ofoke, P., Mbah, C. (2002). Relationship between irrigation water quality and salinization of selected irrigated soils in Abakaliki South Eastern Nigeria. *Nigerian Journal of Soil Research*, 3, 58-62.

Ayers, R., Westcot, D. (1985). *Water Quality for Agriculture*. Rome: FAO Irrigation and drainage.

Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Nešić, Ljiljana, Bošnjak, Đ., Sekulić, P., Maksimović, Livija, Vasin, J., Dozet, D. (2003). Uticaj navodnjavanja na svojstva černozema. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 38, 21-36.

Belić, M., Pejić, B., Hadžić, V., Bošnjak, Đ., Nešić, Ljiljana, Maksimović, Livija, Šeremešić, S. (2004). Uticaj navodnjavanja na strukturno stanje černozema. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 40, 141-152.

Belić, M., Jarak, Mirjana, Pejić, B., Đurić, Simonida, Nešić, Ljiljana, Govedarica, M. (2005). Physical, chemical and microbiological properties of černozem soil in conditions with and without irrigation. *Savremena poljoprivreda*, 54 (3-4), 42-46.

Belić, M., Nešić, Ljiljana, Ćirić, V. (2014). *Praktikum iz pedologije*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

Belić, S., Savić, R., Belić, Anđelka (2003). Upotrebljivost voda za navodnjavanje. *Vodoprivreda*, 35 (201-202), 37-49.

Belić, S., Belić, Anđelka., Savić, R. (2005). Water resources management in Vojvodina province. 9th International Conference on Environmental Science and Technology, pp 80-85, Rhodes Island, Greece.

Beltran, J. (1999). Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. *Agricultural Water Management*, 40 (2-3), 183-194.

Bendra, B., Fetouani, S., Laffray, X., Vanclooster, M., Sbaa, M., Aleya, L. (2012). Effects of irrigation on soil physic-chemistry; a case study of the Triffa Plain (Marocco). *Irrigation and Drainage*, 61 (4), 507-519.

Bezuglova, O., Yudina, N. (2006). Interrelationship Between the Physical Properties and the Humus Content of Chernozems in the South of European Russia. *Eurasian Soil Science*, 39 (2), 187-194.

Bhardwaj, A., Goldstein, D., Azenkot, A., Levy, G. (2007). Irrigation with treated wastewater under two different irrigation methods: Effects on hydraulic conductivity of a clay soil. *Geoderma*, 140, 199-206.

Biggelaar, C., Lal, R., Wiebe, K., Breneman, V. (2003). The Global Impact Of Soil Erosion On Productivity: Absolute and Relative Erosion-induced Yield Losses. *Advances in Agronomy*, 81, 1-48.

Bossio, D., Geheb, K., Critchley, W. (2010). Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management*, 97 (4), 536-542.

Bošnjak, Đ. (1994). Osnove kriterijuma ocene kvaliteta vode za navodnjavanje - FAO 1985. *Zbornik Radova*, 22, 109-117.

Bošnjak, Đ. (1999). Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Bošnjak, Đ. (2003a). Stanje, problemi i potrebe unapređenja navodnjavanja u Srbiji. *Vodoprivreda*, 35 (201-202), 10-18.

Bošnjak, Đ. (2003b). Navodnjavanje u bašti. Poljoprivredni fakultet, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Bošnjak, Đ., Gvozdrenović, Đ. (2004). Potencijalna evapotranspiracija i zalivni režim paprike. *Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta*, 28 (1), 131-136.

Bošnjak, Đ., Gvozdrenović, Đ., Milić, S. (2005). Turnus kao osnova zalivnog režima paprike. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 41, 113-118.

Bošnjak, Đ., Mačkić, K. (2009). Drought and overmoisture consequences of climatic change and its relationship with field crop yield in Vojvodina province. *Zemljište i biljka*, 58 (2), 109-128.

Bošnjak, Đ., Pejić, B., Mačkić-Ksenija. (2012). Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

Bouwer, H. (2000). Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural water management*, 45 (3), 217-228.

Bouwer, H. (2002). Integrated Water Management for the 21st Century: Problems and Solutions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128 (4), 193-202.

Brady, N. C., Weil, R. R. (2001). The nature and properties of soil. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Bruinsma, J. (2003). World agriculture: towards 2015/2030 an FAO perspective. FAO.

Burcea, M., Gegorgescu, E., Burcea, A. (2013). Maximizing the Positive Impacts of Irrigation and Its Influence on the Settlement of Soil Particles. *Bulletin UASMV serie Agriculture*, 70 (1), 129-133.

Challa, A. (1987). Impact of irrigation on morphological, physicochemical, and mineralogical properties of soils in Trans-Pecos, Texas. Thesis.

Clothier, B., Droogers, P., Fernandez, J., Jovanovic, N., Wichelns, D. (2013). Soil and irrigation sustainability practices. *Agricultural Water Management*, 120, 1-4.

Ćirić, M. (1991). *Pedologija*. Svjetlost, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo.

Ćirić, V., Manojlović, Maja, Nešić, Ljiljana, Belić, M. (2012). Soil dry aggregate size distribution: effects of soil type and land use. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12 (4), 711-725.

Ćirić, V., Nešić, Ljiljana, Belić, M., Savin, L., Simikić, M. (2012). Stanje sabijenosti černozema u proizvodnji kukuruza. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 38 (1), 21-30.

Denef, K., Stewart, C., Brenner, J., Paustian, K. (2008). Does long-term center-pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems? *Geoderma*, 145, 121-129.

Dragović, S. (1993). Opasnost od zaslanjivanja zemljišta u sistemima za navodnjavanje u Vojvodini. Poglavlje u monografiji R. Kastori, Teški metali i pesticidi u zemljištu: teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 269-290.

Dragović, S., Ćirović, M., Hadžić, V. (1993). Problem zaslanjivanja zemljišta u navodnjavanju i uticaj kvaliteta vode. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 21, 111-126.

Dragović, S., Božić, M., Stević, D., Rudić, D., Vasić, G. (2007). Vodno-soni režim zemljišta u navodnjavanju sa aspekta problema zaslanjivanja u Surčinskom donjem polju. Vodoprivreda, 39 (5-6), 376-390.

Dubrovik, E. (2012). Effect of Sprinkling on the Macrostructure of a Typical Chernozem. Eurasian Soil Science, 45 (3), 303–308.

Dugalić, G., Gajić, B. (2012). Pedologija. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.

Elmaloglou, S., Diamantopoulos, E. (2009). Effects of hysteresis on redistribution of soil moisture and deep percolation at continuous and pulse drip irrigation. Agricultural water management, 96, 533-538.

Emadodin, I., Narita, D., Bork, H. (2012). Soil degradation and agricultural sustainability: an overview from Iran. Environ Dev Sustain. 14 (5), 611-625.

English, M., Solomon, K., Hoffman, G. (2002). A paradigm shift in irrigation management. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128 (5), 267-277.

FAO (1985). Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture - FAO soils bulletin 55. from <http://www.fao.org/docrep/x5648e/x5648e00.htm>.

FAO (1988). Salt-Affected Soils and their Management. FAO Soils Bulletin 39. <http://www.fao.org/docrep/x5871e/x5871e00.htm#Contents>.

FAO (1996). Food production: The critical role of water. World food summit. <http://www.fao.org/docrep/003/w2612e/w2612e07c.htm#5>.

FAO (2002). Crops and drops, making the best use of water for agriculture. <http://www.fao.org/docrep/005/y3918e/y3918e00.htm>

FAO (2011). The state of the world s land and water resources for food and agriculture. <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>

FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/home/E> .

Fernández Cirelli, A., Rivera, D., Boochs, P. (2009). Environmental effects of irrigation in arid and semi-arid regions. Chilean journal of agricultural research, 69 (1), 27-40.

Fischer, G., van Velthuisen, H., Shah, M., Nachtergaele, F. (2002). Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results. FAO, Rome, Italy.

Fraiture, C., Molden, D., Wichelns, D. (2010). Investing in water for food, ecosystems, and livelihoods: An overview of the comprehensive assessment of water management in agriculture. *Agricultural Water Management*, 97 (4), 495-501.

Franzen, D., Scherer, T., Seelig, B. (1996). Compatibility of North Dakota Soils for Irrigation. http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/6401/EB68_1996.pdf?sequence=1.

Franzluebbers, A. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66, 197–205.

Gabbasova, I., Suleimanov, R. R., Sitdikov, R. N., Garipov, T. T., Komissarov, A. V. (2006). The effect of long-term irrigation on the properties of leached chernozems in the forest-steppe of the southern Cis-Ural region. *Eurasian Soil Science*, 39 (3), 283-289.

Gajić, B. (1991). Uticaj višegodišnjeg navodnjavanja na promene nekih fizičkih osobina černozema i ritske crnice u jugoistočnom Sremu. Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Gajic, B. (1999). Influence of sprinkling irrigation on the physico-mechanical properties of chernozem and humogley. *Zemljište i biljka*, 48 (2), 93-101.

Gajić, B., Dugalić, G., Sredojević, Z. (2004). Soil compaction as a consequence of utilization modes. *Journal of Agricultural Sciences*, 49 (2), 179-185.

Gajić, B. (2006). *Fizika zemljišta*. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.

Gajić, B., Kresović, B., Dragović, S., Sredojević, Z., Dragović, R. (2014). Effect of land use change on the structure of Gleyic Fluvisols in Western Serbia. *Journal of Agricultural Sciences*, 59 (2), 151-160.

Gawel, L. J. (2009). A guide for remediation of salt/hydrocarbon impacted soil. Bismarck, North Dakota Industrial Commission, Department of Mineral Resources.

Getaneh, F. D. (2007). Influence of Small scale Irrigation on Selected Soil Chemical Properties. Utilization of diversity in land use systems: Sustainable and organic approaches to meet human needs, October 9 – 11, Witzenhausen, Germany, 1-5.

Gvozdrenović, Đ. Takač, A. (1997). Pepper cultivation. *Contemporary Agriculture*, 1-2, 3-45.

Hadžić, V., Dragović, S., Nešić, Ljiljana, Belić, M., Rožić, R., Šinvari, R., Malenčić, S. (1989). Soni režim u nekim hidromorfnim zemljištima u uslovima navodnjavanja. *Vodoprivreda*, 119-120 (3-4), 313-319.

Hadžić, V., Molnar, I., Belić, M., Vukotić, M. (1991). Uticaj meliorativnih mera na agregatni sastav i stabilnost makro i mikrostrukturnih agregata. Akademija nauke i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo.

Hadžić, A., Kukin, A., Nešić, Ljiljana, Belić, M. (1997). Uticaj podzemnih voda na pedogenetske procese zemljišta obrazovanih na lesnoj terasi Južne Bačke. Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, Kongres Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta, 543-551.

Hadžić, V., Nešić, Ljiljana, Belić, M., Furman, T., Savin, L. (2002). Zemljišni potencijal Srbije. Traktori i pogonske mašine, 7 (4), 43-51.

Hadžić, V., Nešić, L., Sekulić, P., Ubavić, M., Bogdanović, D., Dozet, D., Belić, M., Govedarica, M., Dragović, S., Verešbaranji, I. (2004). Kontrola plodnosti zemljišta i utvrđivanje sadržaja štetnih i opasnih materija u zemljištima Vojvodine. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 40, 57-64.

Hadžić, V., Sekulić, P., Nešić, Ljiljana. (2004). Zemljište i njegova zaštita u savremenoj poljoprivredi. Zbornik referata XXXVIII Seminara agronoma, 5-16.

Hadžić, V., Sekulić, P., Vasin, J., Nešić, Ljiljana (2005). Geološka osnova zemljišnog pokrivača Vojvodine. Ekonomika poljoprivrede, 52, 429-438.

Herrero, J., Perez Coveta, O. (2005). Soil salinity changes over 24 years in a Mediterranean irrigated district. Geoderma, 125, 287-308.

Hinrichsen, D., Robey, B., Upadhyay, U. (1998). Solutions for a Water-short World. Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program, Baltimore.

Hollis, J., Jones, R., Palmer, R. (1977). The effects of organic matter and particle size on the water-retention properties of some soils in the west midlands of England. Geoderma, 17 (3), 225-238.

Howell, T., Evett, S., O'Shaughnessy, S., Colaizzi, P., Gowda, P. (2009). Advanced irrigation engineering: Precision and Precise. Proceedings of The Dahlia Greidinger International Symposium, Crop Production in the 21st Century: Global climate change, environmental risks and water scarcity. Haifa, Israel.

Hsiao, T. C., Steduto, P., Fereres, E. (2007). A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. Irrigation Science, 23 (3), 209-231.

Huisz, A., Tóth, T., Németh, T. (2009). Normalized Stability Index and Mean Weight Diameter in a Combined Nitrogen Fertilization X Irrigation Experiment on Hungarian Chernozem Soil. Cereal Research Communications, 37, 443-446.

Husnjak, S., Bosak, M. (2014). Utjecaj značajki tla na retenciju vlage u tlu. *Agronomski glasnik*, 1-2, 3-14.

Ilin, Ž., Nešić, Ljiljana, Maksimović, Ivana, Mišković, A. (2009). Značaj plodnosti i kvaliteta zemljišnog supstrata za proizvodnju povrća u zaštićenom prostoru. *Zbornik radova*, 46, 141-154.

IPCC (2014). *Climate change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf

Issaeva, S., Parfenova, N. (2004). Solving of Ecology Problems Caused by Irrigation in Volga-Basin. International Commission on Irrigation and Drainage. <http://www.watertech.cn/english/index.htm>.

IUSS Working Group WRB (2006). *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

IUSS Working Group WRB (2014). *World Reference Base for Soil Resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Jalali, M., Merrikhpour, H. (2008). Effects of poor quality irrigation waters on the nutrient leaching and groundwater quality from sandy soil. *Environmental Geology*, 53, 1289–1298.

JDPZ. (1966). *Priručnik za ispitivanje zemljišta*. Knjiga I, Hemijske metode ispitivanja zemljišta, Beograd.

JDPZ. (1971). *Priručnik za ispitivanje zemljišta*. Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, Beograd.

JDPZ. (1997). *Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava*. Komisija za fiziku zemljišta, Novi Sad.

Kalinitchenko, V., Minkina, T., Solntseva, N., Skovpen, A., Chernenko, V., Boldyrev, A. (2010). Chernozem and chestnut soils of South Russia long-term vulnerability o irrigation and salinization (learning from past experiences). *Proceedings of the Global Forum on Salinization and Climate Change*, FAO, Valencia, 25–29 October, 29-34.

Kalinitchenko, V., Minkina, T., Endovitsky, A., Solntseva, N., Skovpen, A., Šimunić, I., (2011). Soil, hydrological and hydrogeological extremes of current irrigation concept. In D. Biondić, D. Holjević, and L. Tropan (Ed.), *5th Croatian water conference "Croatian waters facing the challenge of climate changes"*, Opatija, Hrvatska: Hrvatske vode, 905-915.

Katić, P., Đukanović, D., Đaković, P. (1979). *Klima SAP Vojvodine*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Khan, K., Pozdnyakov, A., Son, B. (2007). The Method of Cohesion Determination in Soil Aggregates. *Eurasian Soil Science*, 40 (7), 754-760.

Khana, S., Tariq, R., Yuanlai, C., Blackwell, J. (2006). Can irrigation be sustainable? *Agricultural Water Management*, 80 (1-3), 87-99.

Khitrov, N. (2008). An approach for a retrospective assessment of soil changes. *Eurasian Soil Science*, 41 (8), 793-804.

Knoepfel, P., Nahrath, S. (2005). The sustainable management of natural resources: from traditional environmental protection policies towards institutional natural resource regime (INRR). IDHEAP, Chavannes Lausanne.

Korolev, V. (2007). Specific features of water permeability in virgin and cultivated chernozems. *Soil physics*, 40 (9), 1078-1085.

Korolev, V. (2008). Changes in the main physical properties of ordinary chernozems under the impact of irrigation. *Eurasian Soil Science*, 41 (10), 1092-1097.

Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Oljača, M., Oljača, J. (2009). Uticaj meliorativne obrade na neke fizičke osobine zemljišta. *Poljoprivredna tehnika*, 2, 35-42.

Kovaleva, E., Dergacheva, M. (2001). Effects of prolonged irrigation on the humus of steppe soils in southwest Siberia. *Catena*, 43, 191-202.

Kresović, Branka, Tolimir, M. (2009). Uticaj sistema obrade na prinos kukuruza i poroznost oraničnog sloja navodnjavanog černozeza. *Poljoprivredna tehnika*, 2, 43-51.

Krogman, K., Hobbs, E. (1972). Salinity and drainage in brown chernozem irrigated at different minimum moisture contents. *Canadian journal of soil science*, 52, 359-364.

Lai, R. (2007). Anthropogenic influences on world soils and implications to global food security. *Advances in Agronomy*, 93, 69-93.

Lalic, Branislava, Mihailovic, D., Arsenic, I. (2002). Analiza kisnog faktora Langa za potrebe klimatske karakterizacije AP Vojvodine. *Eko-konferencija*, 25-28. septembar, Novi Sad, 69-75.

Lalić, Branislava, Mihailović, D., Malinović, Slavica (2004). Ekstremne temperature vazduha u Vojvodini u periodu 1948-2003. *Eko-konferencija*, Novi Sad, 49-54.

Lalić, Branislava, Mihailović, D., Podrašćanin, Z. (2011). Buduće stanje klime u Vojvodini i očekivani uticaj na ratarsku proizvodnju. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 48, 403-418.

Lekakis, E., Georgiou, P., Pavlatou, A., Antonopoulos, V. (2011). Effects of fixed partial root-zone drying irrigation and soil texture on water and solute dynamics in calcareous soils and corn yield. *Agricultural water management*, 101 (1), 71-80.

Ličina, V., Nešić, Ljiljana, Belić, M., Hadžić, V., Sekulić, P., Vasin, J. (2011). The soils of Serbia and their degradation. *Field and vegetable crops research*, 48, 285-290.

Lipton, M., Litchfield, Julie, Faurès, J. (2003). The effects of irrigation on poverty: a framework for analysis. *Water Policy*, 5, 413-427.

Lozovitsii, P. (2012). Monitoring of the Humus Status of Soils of the Ingulets Irrigation System. *Eurasian Soil Science*, 45 (3), 290-302.

Ma, W., Mao, Z., Yu, Z., van Mensvoort, M., Driessen, P. (2008). Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of winter wheat–maize in North China Plain. *Irrig Drainage Syst*, 22, 3-18.

Mace, J., Amrhein, C. (2001). Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. *Journal of Soil Science*, 65 (1), 199– 204.

Maggio, A., De Pascale, S., Fagnano, M., Barbieri, G. (2011). Saline agriculture in Mediterranean environments. *Italian Journal of Agronomy*, 6 (7), 36-43.

Maksimović, Ivana. (2011). Kvalitet vode za navodnjavanje i metabolizam biljaka. Poglavlje u monografiji S. Belić, *Upotrebljivost voda za navodnjavanje*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 88-105.

Malash, N., Flowers, T., Ragab, R. (2008). Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation science*, 26, 313-323.

Manojlović, S., Ubavić, M., Bogdanović, Darinka, Dozet, D. (1991). *Praktikum iz agrohemije*. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

Markoski, M., Mitkova, Tatjana, Mitrikeski, J., Čukaliev, O., Tanasković, V. (2009). The influence of mechanical composition on the retention curves at soil moisture in the chernozems. *Zemljište i biljka*, 58 (2), 119-128.

Markoski, M., Mitkova, Tatjana (2012). Soil Moisture Retention Changes in Terms of Mineralogical Composition of Clays Phase. In M. M. Valaškova (Ed.), *Clay Minerals in Nature - Their Characterization, Modification and Application*. InTech, 101-118.

Markoski, M., Mitkova, Tatjana, Tanasković, V., Vasilevski, K., Nečkovski, S. (2013). Influence of mechanical composition and organic matter on soil moisture retention curves. In P. D. Elmira (Ed.), *Proceedings of the 1st International Congress on Soil Science, XIII National Congress in Soil Science, Soil-Water–Plant*, Soil Science Society of Serbia and Soil Science Institute, Belgrade, Serbia, 589-600.

Marković, K. (2011). Faktori razvoja poljoprivrede i njihov uticaj na svetsku prehrambenu situaciju. *Agroekonomika*, 51-52, 49-57.

Mihailović, D., Lalić, Branislava, Arsenić, I., Malinović, Slavica. (2004). Klimatski uslovi za proizvodnju semena. Poglavlje u monografiji M. Milošević, M. Malešević, *Semenarstvo*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 244-264

Miljković, S. N. (1996). *Osnovi pedologije*. PMF-Institut za geografiju, Novi Sad.

Miljković, N. S. (2005). *Meliorativna pedologija*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda, JVP "Vode Vojvodine", Novi Sad.

Minashina, N. (2009). Irrigation of steppe soils in the south of Russia: Problems and solutions (Analysis of Irrigation Practices in 1950–1990). *Eurasian Soil Science*, 42 (7), 807-815.

Molden, D., de Fraiture, Charlotte (2004). Investing in water for food, ecosystems and livelihoods. <http://www.columbia.edu/itc/sipa/envp/louchouart/courses/ClimWat/Wat/WaterforFood%28IWMI2004%29.pdf>.

Molden, D. (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London and International Water Management Institute Colombo .

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjr, M., Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97 (4), 528-535.

Nagaz, K., Masmoudi, M., Mechlia, N. (2012). Impacts of irrigation regimes with saline water on carrot productivity and soil salinity. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11, 19-27.

Nešić, Ljiljana (2002). *Svojstva solođa i njegovo mesto u klasifikaciji zemljišta*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

Nešić, Ljiljana, Hadžić, V., Sekulić, P., Belić, M. (2003). Kvalitet vode za navodnjavanje i salinitet zemljišta i intenzivnoj povrtarskoj proizvodnji. *Letopis naučnih radova*, 27 (1), 5-10.

Nešić, Ljiljana, Maksimović, Livija, Pejić, B., Dragović, S. (2007). Monitoring kvaliteta vode prve izdani koja se koristi za navodnjavanje. *Zbornik radova 36. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda «Voda 2007»*, 26-29. Jun, Tara: Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, 241-245.

Nešić, Ljiljana, Pucarević, Mira, Sekulić, P., Belić, M., Vasin, J., Ćirić, V. (2008). Osnovna hemijska svojstva u zemljištima Srema. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 45, 255-263.

Nešić, L. (2011). Pogodnost zemljišta Vojvodine za navodnjavanje. Poglavlje u monografiji S. Belić, Upotrebljivost voda za navodnjavanje. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 3-27.

Nešić, Ljiljana, Belić, M., Ćirić, V. (2011). Održivo korišćenje i zaštita zemljišta Vojvodine. Zbornik radova naučnog skupa "Zaštita životne sredine", Sremska Kamenica, 36-41.

Nikolić, R, Hadžić, V., Savin, L., Furman, T., Nešić, Ljiljana, Gligorić, Radojka, Belić, M., Tomić, M. (2003). Sabijanje zemljišta, uzroci, posledice, mere. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 38, 37-48.

Novikova, A. (2008). Ameliorative status of irrigated soils in Rostov oblast. Eurasian Soil Science, 41 (5), 599-613.

Nunes, J. M., López, Piñeiro, A., Albarrán, A., Muñoz, A., Coelho, J. (2007). Changes in selected soil properties caused by 30 years of continuous irrigation under Mediterranean conditions. Geoderma, 139 (3-4), 321-328.

Oldeman, L., Lynden, G., Engelen, V. (1995). An international methodology for soil degradation assessment and for a soils and terrain digital database (soter). http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/ISRIC_Report_95_12.pdf.

Oster, J. D., Wichelns, D. (2003). Economic and agronomic strategies to achieve sustainable irrigation. Irrigation Science, 22 (3-4), 107-120.

Özerol, G., Bressers, H., Coenen, F. (2012). Irrigated agriculture and environmental sustainability: an alignment perspective. Environmental Science & Policy, 23, 57-67.

Pathak, P., Sahrawat, K., Wani, S., Sachan, R., Sudi, R. (2009). Opportunities for water harvesting and supplemental irrigation for improving rainfed agriculture in semi-arid areas. In J. R. S.P. Wani, Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential. Comprehensive Assessment of Water in Agriculture Series 7, CAB International, Wallingford, UK, 197–221.

Payero, J., Tarkalson, D., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J. (2008). Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agricultural Water Management, 95 (8), 895-908.

Pejić, B. (1999). Evapotranspiracija i morfološke karakteristike kukuruza u zavisnosti od dubine navlaženog zemljišta i njihov odnos prema prinosu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Pejić, B., Rajić, Milica, Bošnjak, Đ., Mačkić, Ksenija, Jaćimović, G., Jug, D., Stričević, Ružica (2011). Primena referentne evapotranspiracije za obračun utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza u klimatskim uslovima Vojvodine. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta, 35 (1), 32-46.

Pejić, B., Gajić, B., Bošnjak, Dj., Stričević, R., Mačkić, Ksenija (2014). Effect of water stress on water use and yield of onion. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 20 (2), 297-302.

Penning de Vries, F., Acquay, H., Molden, D., Scherr, S., Valentin, C., Cofie, O. (2008). Learning from bright spots to enhance food security and to combat degradation of water and land resources. In D. G. Bossio, Conserving land, protecting water, Wallingford, UK: CABI, 1-19.

Pereira, L., Oweis, T., Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity. Agricultural water management, 57, 175-206.

Pilatti, M., Imhoff, S., Ghiberto, P., Marano, R. (2006). Changes in some physical properties of Mollisols induced by supplemental irrigation. Geoderma, 33, 431-443.

Pimentel, D., Berger, Bonnie, Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, Elizabeth (2004). Water Resources, Agriculture and the Environment. BioScience, 54 (10), 909-918.

Pisinaras, V., Tsihrintzis, V., Petalas, C., Ouzounis, K. (2010). Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope District, northeastern Greece. Environmental Monitoring and Assessment, 166 (1-4), 79-94.

Poch, R., Martinez Casanovas, J. (2002). Degradation. In R. Lal, Encyclopedia of Soil Science, Marcel Dekker, p 260.

Pollice, A., Lopez, A., Laera, G., Rubino, P., Lonigro, A. (2004). Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. Science of the Total Environment, 324, 201-210.

Popescu, C., Dumitru, V., Iancu, S., Grecu-Florina. (2009). Research on the influence of irrigation on the main features of the typical černozem from Bailesti plain. Scientific Papers, USAMV Bucharest , LII (Series A), 119-123.

Postiglione. (2002). Soil Salinization in the Mediterranean: Soils, Processes and Implications. In N. B. Geeson, *Mediterranean Desertification: A Mosaic of Processes and Responses*, Wiley, 163-173.

Prikhodko, V. (2008). Changes in soil properties at different levels of soil structural arrangement under the impact of irrigation. *Eurasian Soil Science*, 41 (13), 1469-1479.

Protić, N. J., Protić, S. J. (1989). Teorijske osnove i oblicic korišćenja multivarijantne (klaster) numeričke analize podataka u klasifikaciji zemljišta. *Zemljište i biljka*, 38 (3), 163-171.

Qadir, M., Oster, J. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323, 1-19.

Qian, Y., Meham, B. (2005). Long-term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways. *Agronomy Journal*, 97, 717-721.

Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57 (5), 1017-1023.

Rhoades, J., Kandiah, A., Mashali, A. (1992). The use of saline waters for crop production. *FAO irrigation and drainage paper 48*. Roma, Italy, FAO.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agriculture Handbook No 60, USA.

Roldan, A., Salinas Garcia, J., Alguacil, M., Caravaca, F. (2005). Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field. *Applied Soil Ecology*, 30, 11-20.

Rosengrant, M. W., Ringler-Claudia, Tingju, Z. (2009). Water for Agriculture: Maintaining Food Security under Growing Scarcity. *Annual Review of Environmental Resources*, 34, 205-222.

Roux, P., Preez, C., Strydom, M., Van Rensburg, L. (2007). Effect of irrigation on soil salinity profiles along the Lower Vaal River, South Africa. *Water SA Manuscript*, Water research commission, 33 (4), 437-478.

Rozema, J., Flowers, T. (2008). Crops for a Salinized World. *Science*, 322 (5907), 1478-1480.

Sahrawat, K., Wani, S., Pathak, P., Rego, T. (2010). Managing natural resources of watersheds in the semi-arid tropics for improved soil and water quality: A review. *Agricultural Water Management*, 97 (3), 375-381.

Savić, R., Pejić, B., Ondrašek, G., Vranešević, Milica, Bezdan, A. (2013). Iskorišćenost prirodnih resursa Vojvodine za navodnjavanje. *Agroznanje*, 14 (1), 133-142.

Savin, L., Simikić, M., Gligorić, Radojka, Belić, M., Nešić, Ljiljana, Ćirić, V., Tomić, M., Dedović, N. (2011). Stanje sabijenosti černozema u organskoj poljoprivredi. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37 (4), 335-344.

Scherer, S., Seelig, B., Franzen, D. (1991). Soil, Water and Plant Characteristics Important to Irrigation. NDSU Extension service, North Dakota.

Schilfgaarde, J. (1994). Irrigation—a blessing or a curse. *Agricultural Water Management*, 25 (3), 203-219.

Schultz, B., De Wrachien, D. (2002). Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century. *Irrigation and Drainage*, 51 (4), 311-327.

Seid, M., Tessema, G. (2013). Evaluation of soil and water salinity for irrigation in North-eastern Ethiopia: Case study of Fursa small scale irrigation system in Awash River Basin. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7 (5), 167-174.

Sharma, B., Minhas, P. (2005). Strategies for managing saline/alkali waters for sustainable agricultural production in South Asia. *Agricultural Water Management*, 78, 136-151.

Siebert, S., Döll, P., Hoogeveen, J., Faures, J., Frenken, K., Feick, S. (2005). Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydrology and Earth System Science*, 9, 535-547.

Society, R. (2009). Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London, UK.

SSDS (1993). Soil survey manual. Chapter 3: Selected chemical properties. Soil Conservation Service. U.S. Soil Survey Division Staff, Department of Agriculture, Handbook 18.

Stătescu, F., Cotiușcă, D. (2008). Studies on the influence of irrigation on a calcic chernozem in the easter region of Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, 7 (6), 835-841.

Stojićević, D. (1996). Navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta. Partenon, Beograd.

Škorić, A. (1991). Sastav i svojstva tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985). Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo, Posebna izdanja, knjiga LXXVIII.

Шейн, Е. В., Архангельская, Т. А., Гончаров, В. М., Губер, А. К., Початкова, Т., Сидорова, М., et al. (2001). Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. Издательство Московского университета, Москва.

Tanji, K. K. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. Rome, FAO.

Tedeschi, A., Dell Aquila, R. (2005). Effects of irrigation with saline waters, at different concentrations, on soil physical and chemical characteristics. *Agricultural Water Management*, 77 (1-3), 308-322.

Tessema, G. (2011). Management of Salt Affected Soils. *Soil Analysis for Soil Salinity and Fertility Status*. VDM Publishing House Ltd, Verlag.

Tilman, D. (1999). Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Science*, 96, 5995-6000.

Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418, 671-677.

Tisdall, J., Oades, J. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33 (2), 141–163.

Topunova, I. V., Prikhodko, V. E., Sokolova, T. A. (2010). The effect of irrigation on the content and mineralogical composition of clays in chernozems of Rostov oblast (Bagaevsko-Sadkovskaya Irrigation System). *University Soil Science Bulletin*, 65 (1), 1-8.

Trajković, S., Kolaković, S. (2009). Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. *Water Resources Management*, 23, 3057-3067.

Trnka, M., Olesen, J., Kersebaum, K. C., Skjelvag, A. O., Eitzinger, J., Seguin, B. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17 (7), 2298–2318.

Turrall, H., Svendsen, M., Faures, J. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97 (4), 551-560.

Van Camp, L., Bujarrbal, B., Gentile, A., Jones, R., Montarella, L., Olazaball, C. (2004). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Várallyay, G. (2000). Soil Quality in Relation to the Concepts of Multifunctionality and Sustainable Development. In M K. Wilson, *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*, NATO Science Series, 17-33.

Vasin J., Sekulić P., Belić M. (2002): Characteristics of the chernozem soil at Rimski Šančevi experiments field of Institute of Field and Vegetable crops. Sesiunea anuala omagiala de comunicari si referate stiintifice "80 de ani de la nasterea prof. dr. Iulian Dracea", 9-10 May 2002., Temisoara, Romania, 153-160.

Vasin, J., Sekulić, P. Đ., Kurjački, I. (2004). Stanje plodnosti zemljišta Vojvodine. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 40, 101-107.

Vasin, J., Sekulić, P., Kurjački, I. (2006). Plodnost oraničnih površina u privatnom vlasništvu u Vojvodini. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, 42 (2), 149-156.

Vasin J. (2008): Stanje plodnosti zemljišta Vojvodine. Poglavlje u monografiji Đubrenje u održivoj poljoprivredi, urednik Manojlović M., str. 45-53., Poljoprivredni fakultet Novi Sad.

Vasin, J. (2009). Solončaci Vojvodine - karakteristike i savremena klasifikacija. Doktorska disertacija.

Voyevodina, L. (2013). Impact of drip irrigation by mineralized water on the humus state of ordinary chernozem. Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Improvement Problems, 1 (9), 1-12.

Vučić, N. (1960). Uticaj plodoreda na stabilnost strukturnih makroagregata černozeza. Letopis naučnih radova Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu, 4, 1-5.

Vučić, N. (1964). Vodne osobine černozeza i livadske crnice i njihov značaj za navodnjavanje na irigacionom području Bačke. Savremena poljoprivreda, Posebna izdanja, 1, Novi Sad.

Vučić, N. (1976). Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

Vučić, N. (1987). Vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad.

Vučić, N. (1992). Higijena zemljišta. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad.

Walker, C., Lin, H. S. (2008). Soil property changes after four decades of wastewater irrigation: A landscape perspective. Catena, 73, 63-74.

Walker, W. (1986). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Rome, FAO.

Wang, Z., Chang, A., Wu, L., Crowley, D. (2003). Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland. Geoderma, 114, 261-278.

Wichelns, D., Oster, J. (2006). Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial. *Agricultural water management*, 86 (1-2), 114-127.

Wild, A. (2003). *Soils, Land and Food: Managing the Land during the Twenty-First Century*. Cambridge University Press.

Wolff, P. H. (1996). Irrigation in the World - the Future will not be like the Past. *Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*, 97 (2), 195-208.

Xua, C., Singh, V. P. (2005). Evaluation of three complementary relationship evapotranspiration models by water balance approach to estimate actual regional evapotranspiration in different climatic regions. *Journal of Hydrology*, 308 (1-4), 105-212.

Zaidelman, F. R. (2009). Degradation of soils as a result of human-induced transformation of their water regime and soil-protective practice. *Eurasian Soil Science*, 42 (1), 82-92.

Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88, 137-146.

Zamfir, I., Zamfir, M., Popovici, I., Calciu, I., Gaþe, O. (2003). Maize irrigation at different water supplying levels on the clay-illuvial černozem from A.R.D.S. Teleorman. *Romanian agricultural research*, 19-20, 45-59.

Zhao, H., Cui, J., Zhou, R., Zhang, T., Zhao, X., Drake, S. (2007). Soil properties, crop productivity and irrigation effects on five croplands of Inner Mongolia. *Soil & Tillage Research*, 93, 346-355.

Živković, B., Nejgebauer, K., Tanasijević, Ð., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P. (1972). *Zemljišta Vojvodine*. Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad.

BIOGRAFIJA

Ksenija Mačkić (rođ. Potkonjak) je rođena 2. marta 1978. godine u Novom Sadu, gde je završila osnovnu i srednju školu. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu upisala je 1997/98. godine, smer ratarsko povrtarski. Diplomirala je 2003. godine sa opštim uspehom 9,56, a diplomski rad pod naslovom „Zavisnost dinamike plodonošenja i ukupnog prinosa bukovače od vrste supstrata“ odbranila sa ocenom 10. U toku osnovnih studija bila je nagrađena stipendijom Norveške ambasade za postignute akademske rezultate.

Poslediplomske studije na smeru Navodnjavanje poljoprivrednih useva na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu upisala je 2004. godine. Položila je sve ispite sa prosečnom ocenom 10. Magistarsku tezu pod nazivom „Efekti navodnjavanja i gustine biljaka na formiranje lisne površine i prinosa kukuruza“ odbranila je u aprilu 2010. godine sa ocenom 10. Kao stipendista Ministarstva nauke i zaštite životne sredine, u periodu 2005/2006. godine bila je angažovana na projektu Oplemenjivanje kukuruza na tolerantnost prema štetnim faktorima gde je obavljala svoj naučno istraživački rad.

Od 2009 do 2011. godine bila je angažovana kao saradnik u nastavi na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, na Departmanu za ratarstvo i povrtarstvo, na predmetu Navodnjavanje poljoprivrednih useva, a kao asistent zaposlena je od 2012. godine za užu naučnu oblast Ratarstvo i povrtarstvo. Tokom jednomesečnog boravka u Izraelu pohađala je kurs “Crop production under saline stress - Environmental soil and water qualities due to climatic changes” koji je organizovao Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem.

U dosadašnjoj karijeri, bila je angažovana na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, u okviru kojih je obavljala svoj naučno istraživački rad. Kao autor i koautor objavila je više od 40 naučnih radova, učestvovala na domaćim i međunarodnim naučnim i stručnim skupovima iz oblasti navodnjavanja. Kao koautor, učestvovala je na izradi preko 10 stručnih studija. Glavna oblast naučno istraživačkog rada i polje interesovanja su Navodnjavanje poljoprivrednih useva – navodnjavanje korišćenjem zaslanjene vode, degradacija zemljišta navodnjavanjem, hidropedologija.

Vrlo dobro se služi engleskim jezikom. Udata je i majka je dvoje dece.