

Završna konferencija HRZZ projekta

Monitoring fizikalnih, kemijskih i bioloških indikatora tla

04. prosinca 2024. godine
Osijek, FAZOS

Prof. dr. sc. Boris Đurđević



Pedofizikalni i pedomehanički parametri istraživanja

Monitoring fizikalnih indikatora degradacije tala:

Zbog specifičnosti degradacijskih procesa zbijanja, dubina uzimanja uzoraka tla u fizički neizmijenjenom stanju obuhvatio je obradivi sloj 0-30 cm dubine i podobradivi sloj tla 30-60 cm dubine.

Uzorci su izuzimani u metalne cilindre (Kopecky cilindri volumena 100 cm³) s tri dubine: 0-20 cm, 20-40 cm i 40-60 cm u odgovarajućem broju ponavljanja (5 cilindara s jedne dubine).

Dinamika uzorkovanja tla:

- prije uspostave pokusnih polja, a prije bilo kakvog agrotehničkog zahvata radi utvrđivanja "nultog stanja";
- tijekom vegetacije usklađeno s nastupom opažanih fenoloških faza;
- nakon žetve/berbe, odnosno pred sjetvu sljedećeg usjeva.



Uzeti uzorci obrađeni su na sljedeći način:

- trenutačna vlaga tla, retencijski kapacitet tla za vodu i volumna gustoća tla (ρ_b)
- paralelno s uzorkovanjem tla određena je zbijenost tla penetrometranjem (digitalni penetrolger)
- mjerenje infiltracije s izvedbom infiltrometra
- praćenje pojavnosti i utvrđivanje debljine pokorice
- tekstura tla metodom prosijavanja i sedimentacije
- vlažnost tla u uzorcima u fizički izmijenjenom stanju i fizički neizmijenjenom stanju
- gustoća čvrste faze tla (ρ_s)
- volumna gustoća tla (ρ_b)
- izračun poroznosti i kapacitet tla za zrak
- izračun stupnja zbijanja tala pomoću gustoće pakiranja (PD)
- stabilnost mikrostrukturnih agregata tla izračunom indeksa stabilnosti



Pedokemijski parametri istraživanja

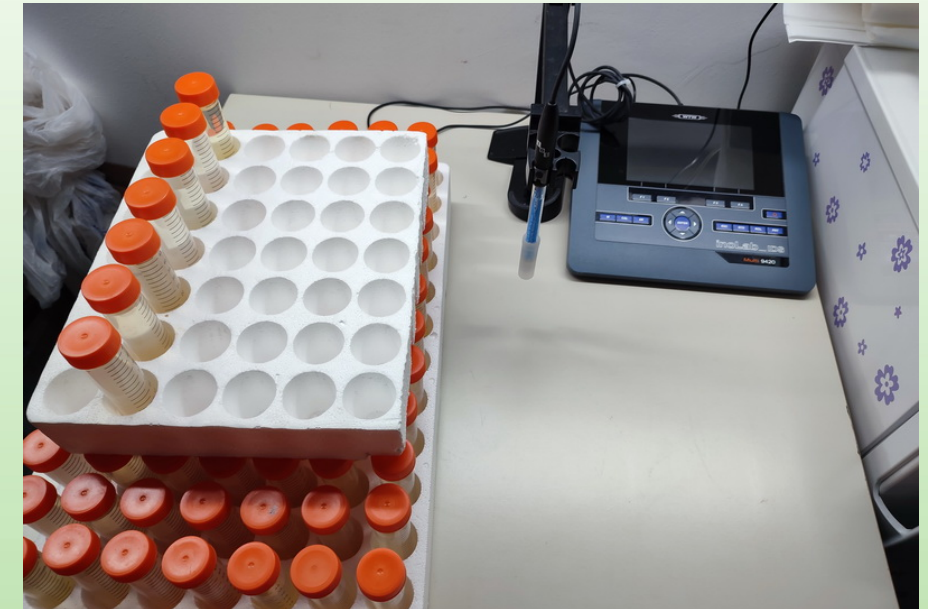
Dinamika uzorkovanja tla:

- prije uspostave pokusnih polja, a prije bilo kakvog agrotehničkog zahvata radi utvrđivanja "nultog stanja"
- nakon žetve/berbe, odnosno pred sjetvu sljedećeg usjeva
- uzorkovanje tla obavljeno je na svakoj obračunskoj parceli za podtretman i pod-potretman agrokemijskom sondom sa dvije dubine, 0-15 cm i 15-30 cm, prema unaprijed utvrđenoj shemi uzorkovanja, s minimalno 25 uboda sondom po parceli



Nakon uzorkovanja tlo je pripravljeno (sušenje i mljevenje) za daljnje kemijske analize:

- pH vrijednost tla: elektrokemijskim postupkom u 1:5 (v/v) otopini tla u deioniziranoj vodi (pH_{H_2O}) i 1M KCl-u (pH_{KCl})
- hidrolitička kiselost: titracijskom metodom
- sadržaj karbonata u tlu: volumetrijskom metodom
- organski ugljik tla (SOC): mokrim spaljivanjem organske tvari (sulfokloridna oksidacija)
- sadržaj organske tvari tla (SOM): konverzijom SOC u SOM
- električni konduktivitet tla (EC): elektrokemijskim postupkom
- oksido-redukcijski potencijal (Eh): elektrokemijskim postupkom
- sadržaj raspoloživog fosfora i kalija: AL metodom temeljenoj na ekstrakciji fosfora i kalija (AL- P_2O_5 i AL- K_2O) iz tla pufernom otopinom amonijevog laktata
- koncentracija mikroelementata: ekstrakcijskom metodom EDTA
- determinacija efektivnog kationsko izmjenjivačkog kapaciteta tla (KIK): primjenom otopine barij klorida

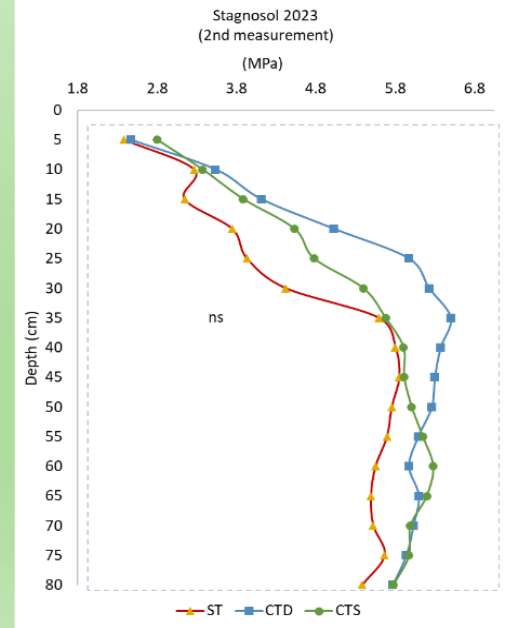
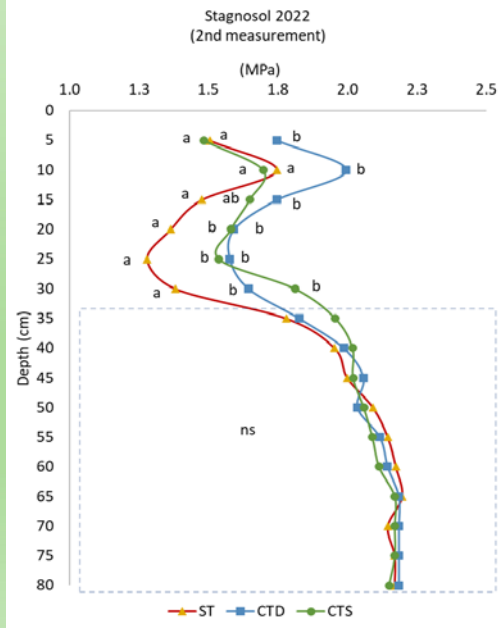
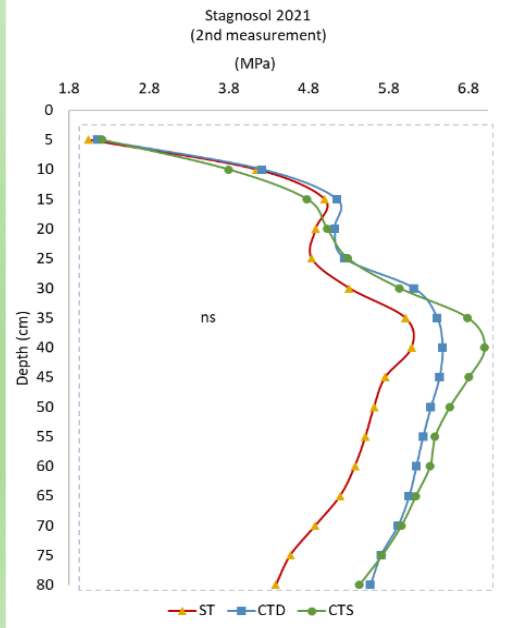
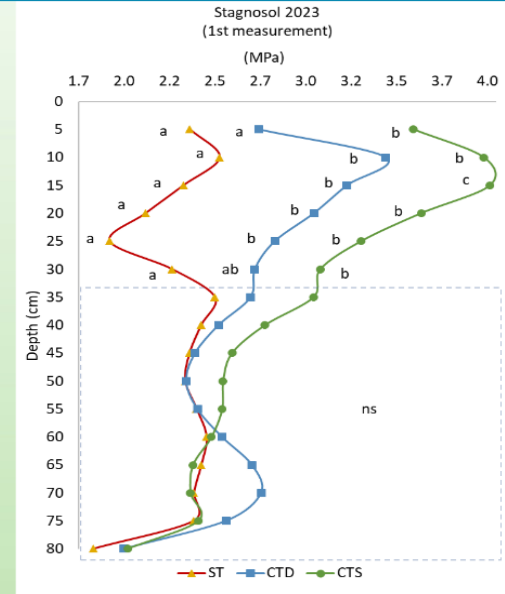
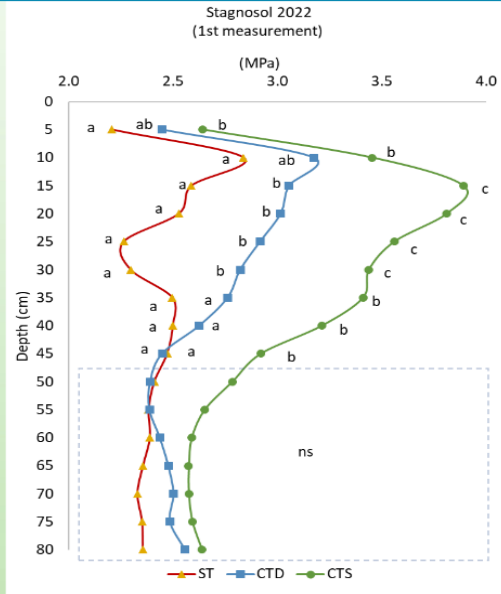
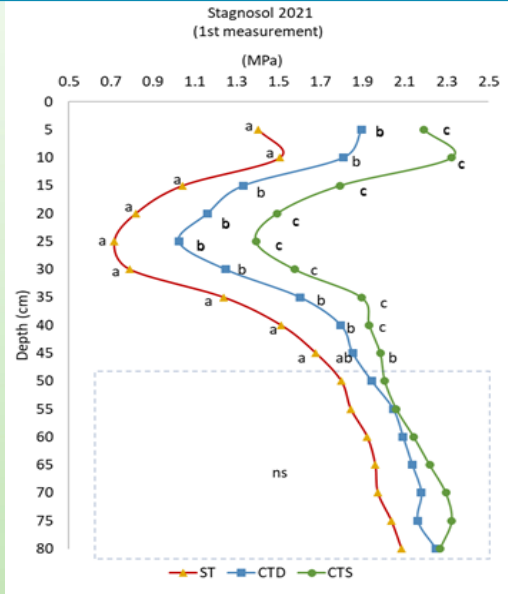




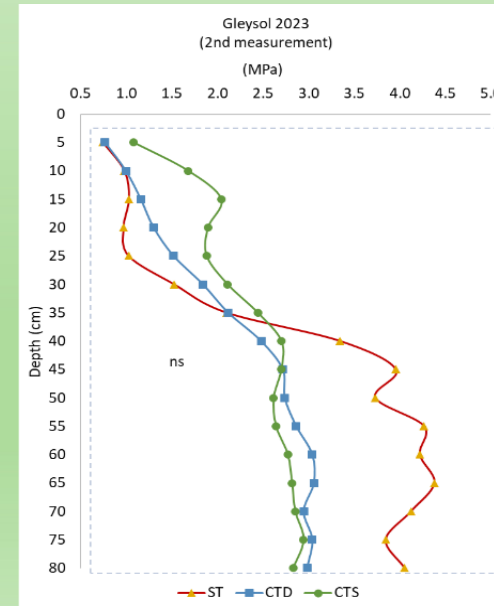
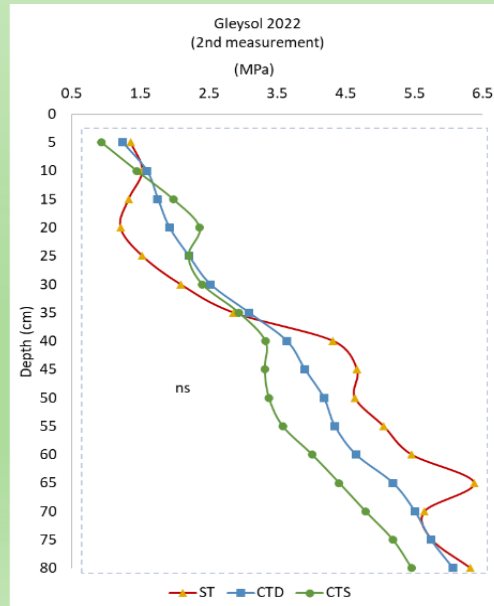
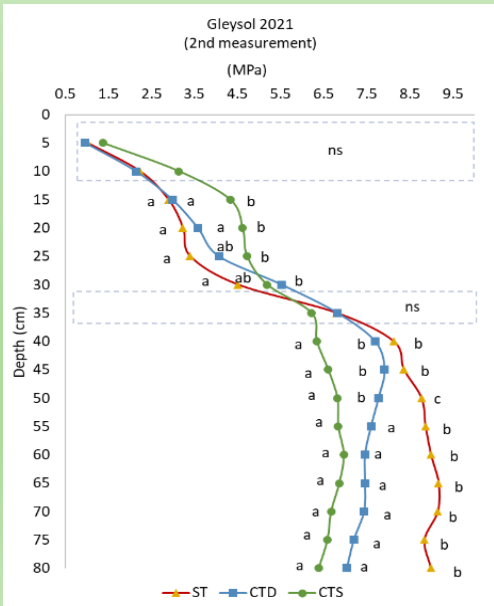
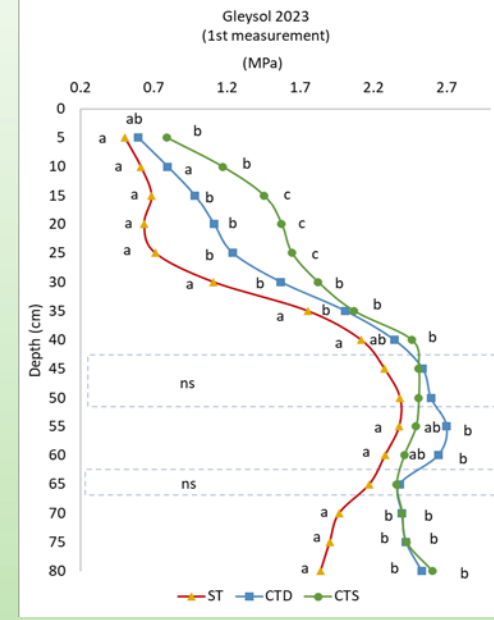
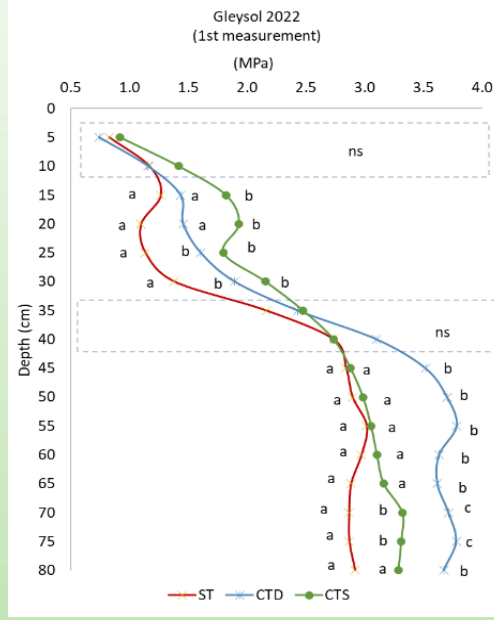
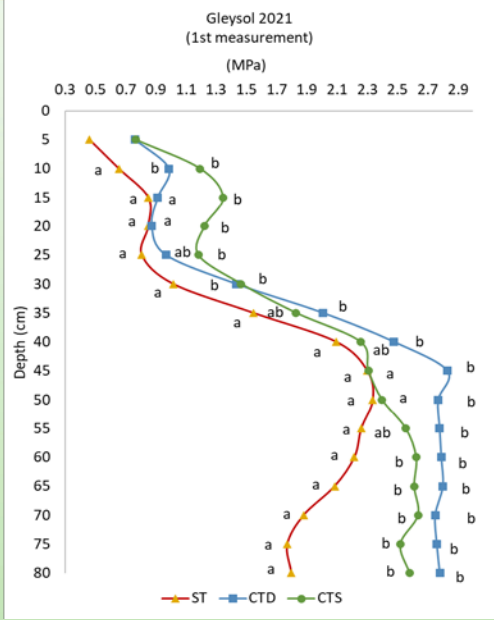
Parameter	Čačinci	Križevi
Lokacija	17	16°33'32" E
	°86'36" E	46°01'38" N
	45°	141 m a. s. l.
	61'32" N	
	111 m a. s. l.	
Mehanička svojstva		
Tip tla	Stagnosol	Gleysol
Tekstura	Praškasta ilovača	Praškasta
Dubina 0–32 cm:	Prah = 60.84	Prah = 82.95
	Glina = 29.35	Glina = 9.61
	Pijesak = 9.81	Pijesak = 7.44
	Dubina 32–65 cm:	Dubina 36–97 cm:
Prah = 57.61	Prah = 80.41	
Glina = 34.08	Glina = 14.08	
Pijesak = 8.31	Pijesak = 5.52	
Fizička svojstva		
Kapacitete tla za vodu – FC (vol.%)	D1: 43.04	D3: 42.44
	D2: 42.58	D4: 37.69
Volumna gustoća – ρ_b (g cm ⁻³)	D1: 2.65	D3: 2.69
	D2: 2.74	D4: 2.73
Gustoća pakiranja – PD (g cm ⁻³)	D1: 1.76	D3: 1.51
	D2: 1.87	D4: 1.73
Poroznost (ϵ)	D1: 43.50	D3: 47.21
	D2: 42.97	D4: 41.39
Kemijska svojstva		
pH _(KCl)	D1: 3.92	D3: 5.22
	D2: 2.43	D4: 5.73
pH _(H2O)	D1: 5.12	D3: 6.65
	D2: 6.16	D4: 7.44
Hy (cmol(+) kg ⁻¹)	D1: 7.48	D3: 2.47
	D2: 4.07	D4: –
P (AL), mg kg ⁻¹ tla	D1: 75	D3: 154
	D2: 20	D4: 26
K (AL), mg kg ⁻¹ tla	D1: 111	D3: 75
	D2: 107	D4: 52
SOM (%)	D1: 2.83	D3: 1.64
	D2: 0.83	D4: 0.52



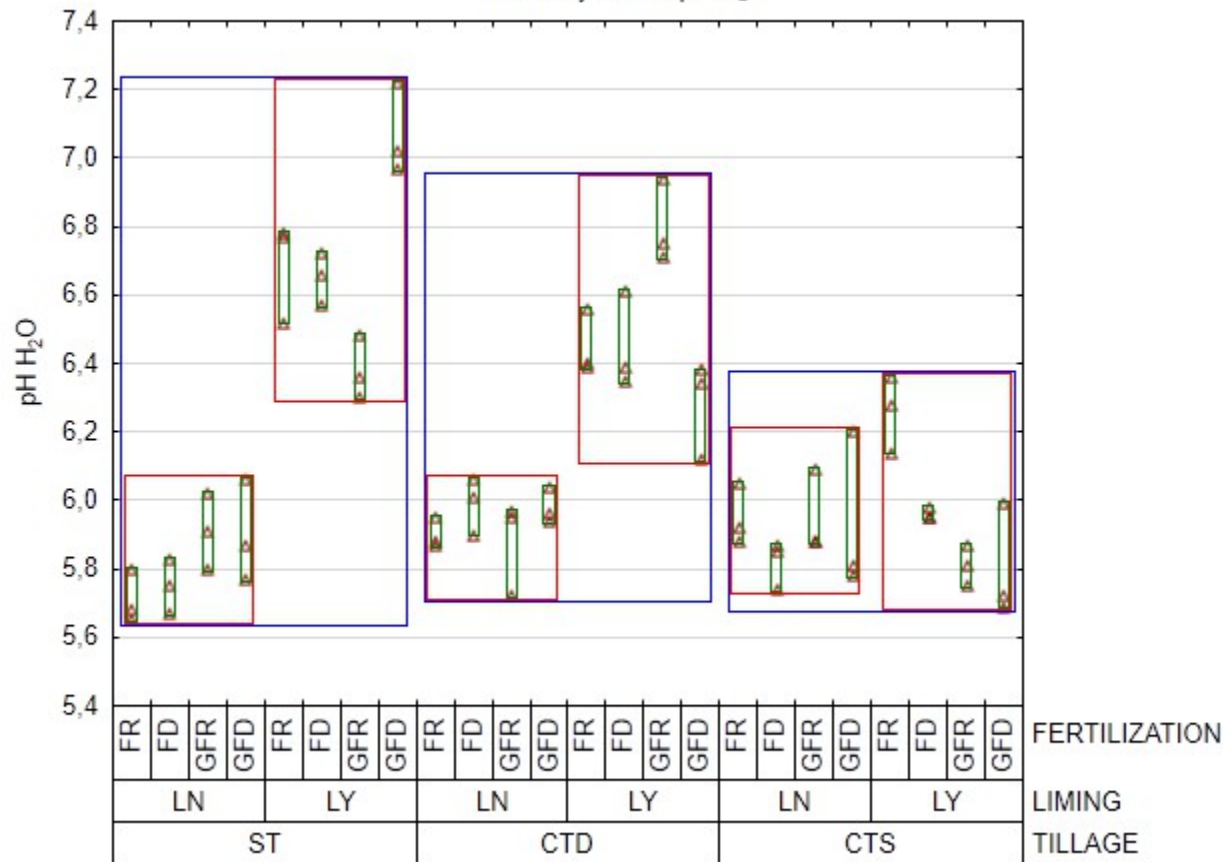
Čačinci



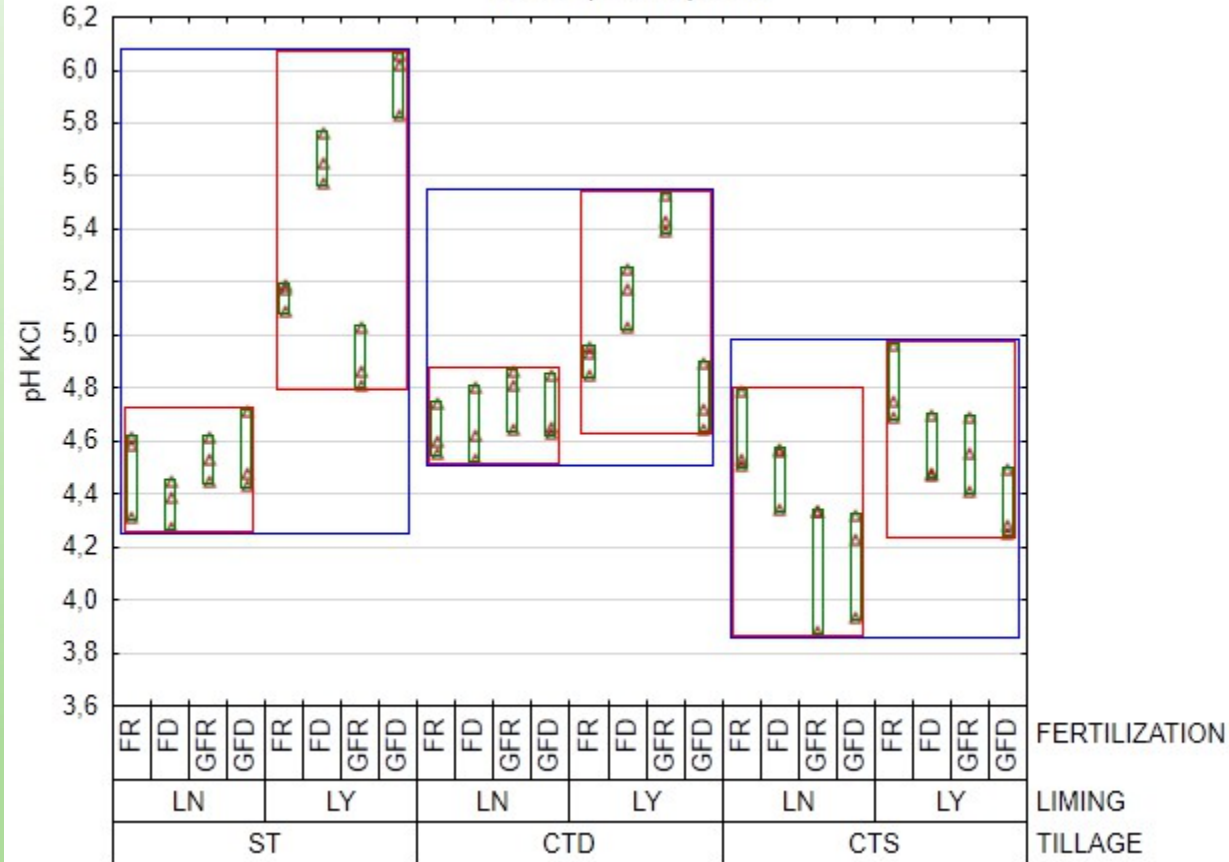
Križevci



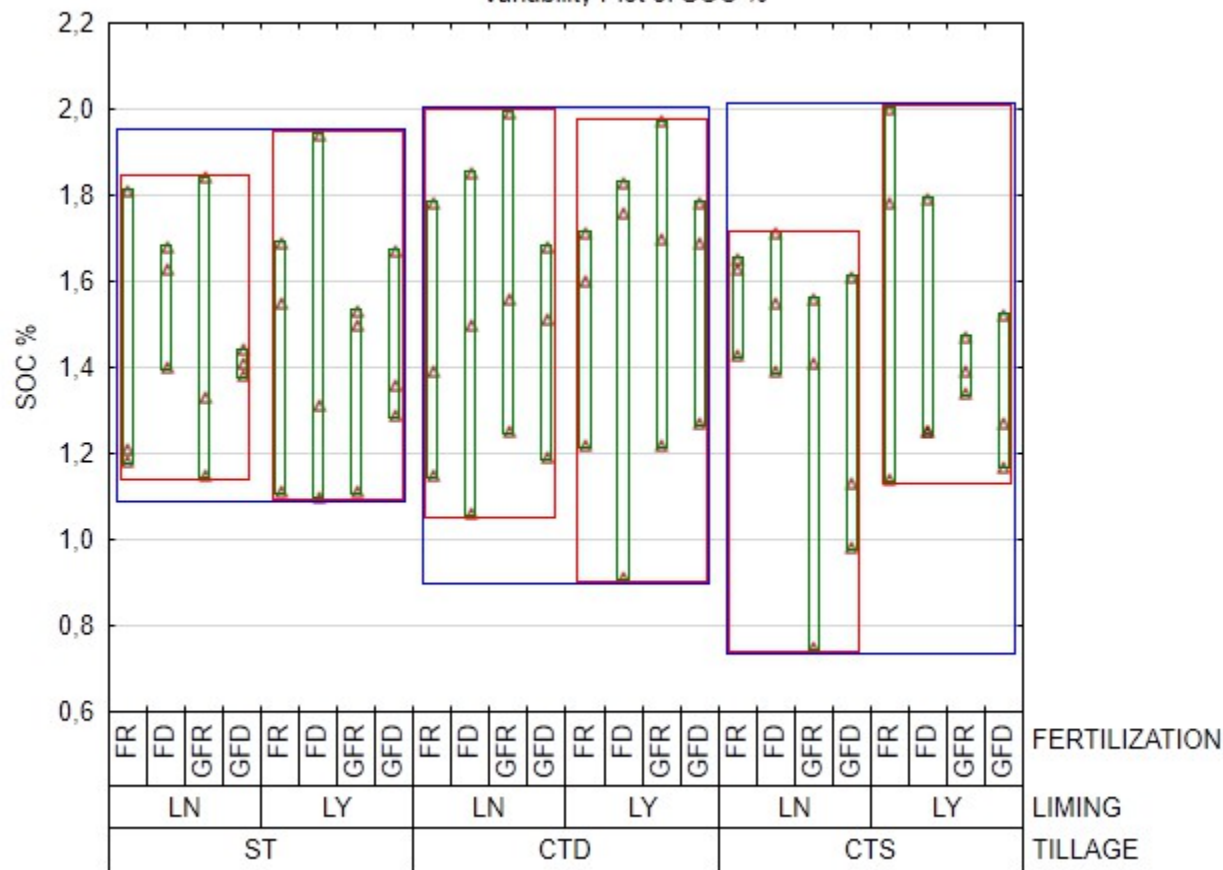
Variability Plot of pH H₂O



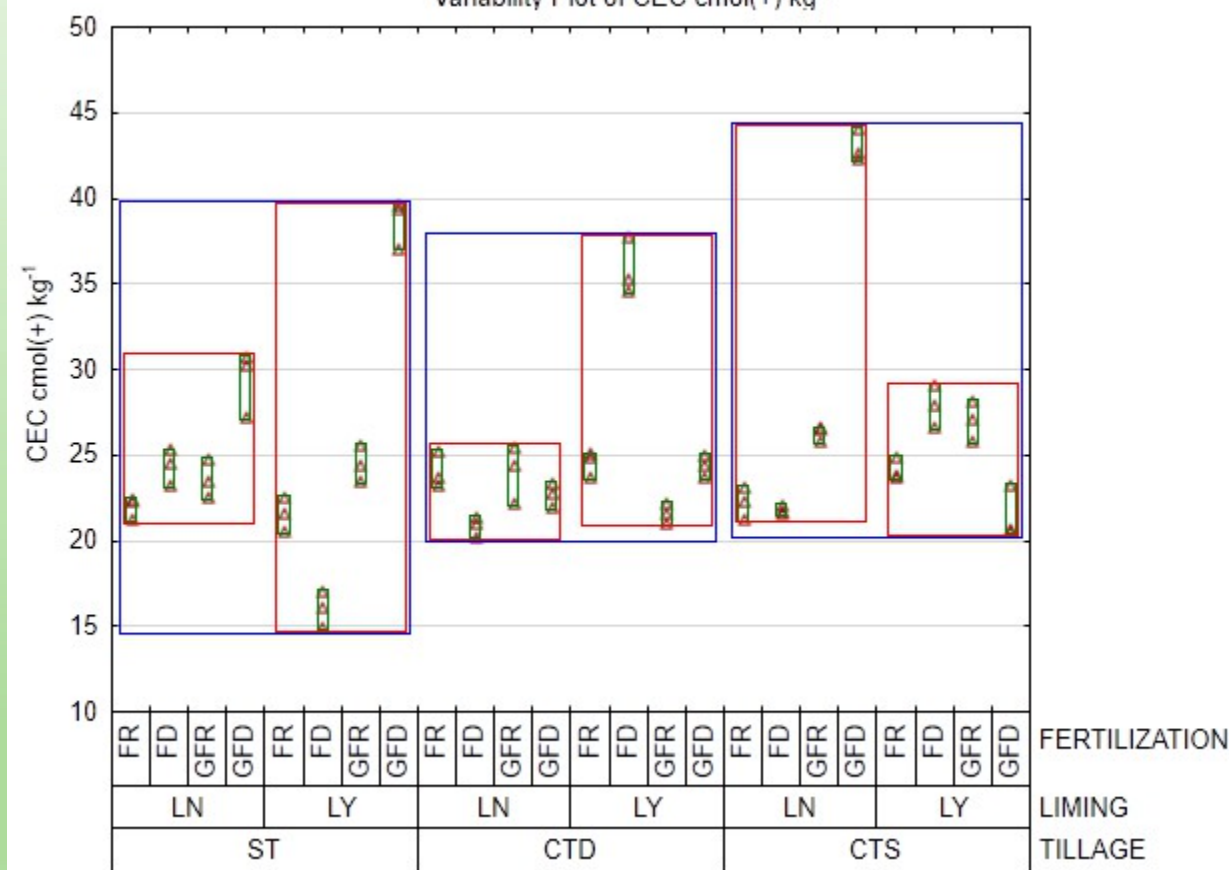
Variability Plot of pH KCl



Variability Plot of SOC %



Variability Plot of CEC cmol(+) kg⁻¹



Pedobiološki parametri istraživanja

Provedene analize:

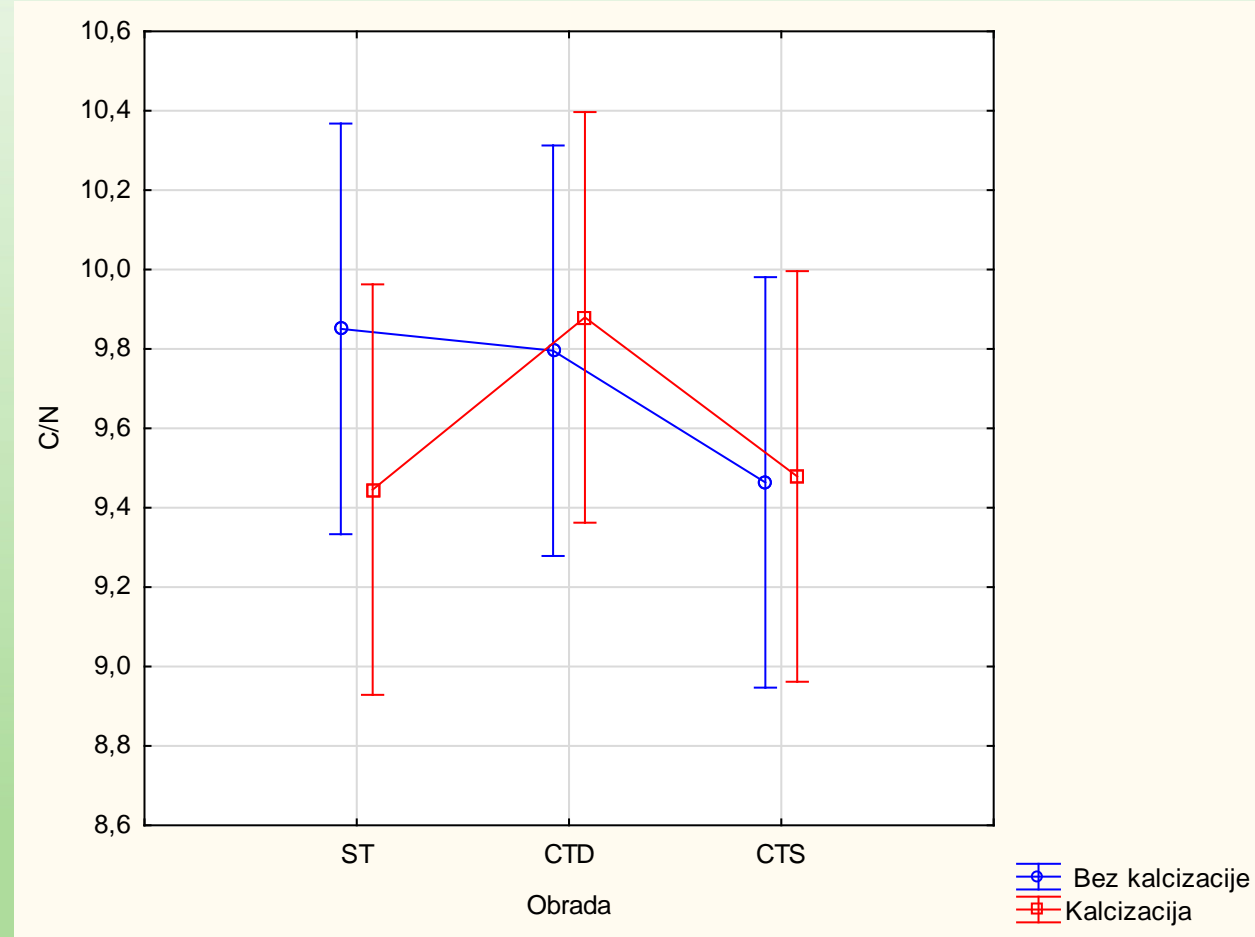
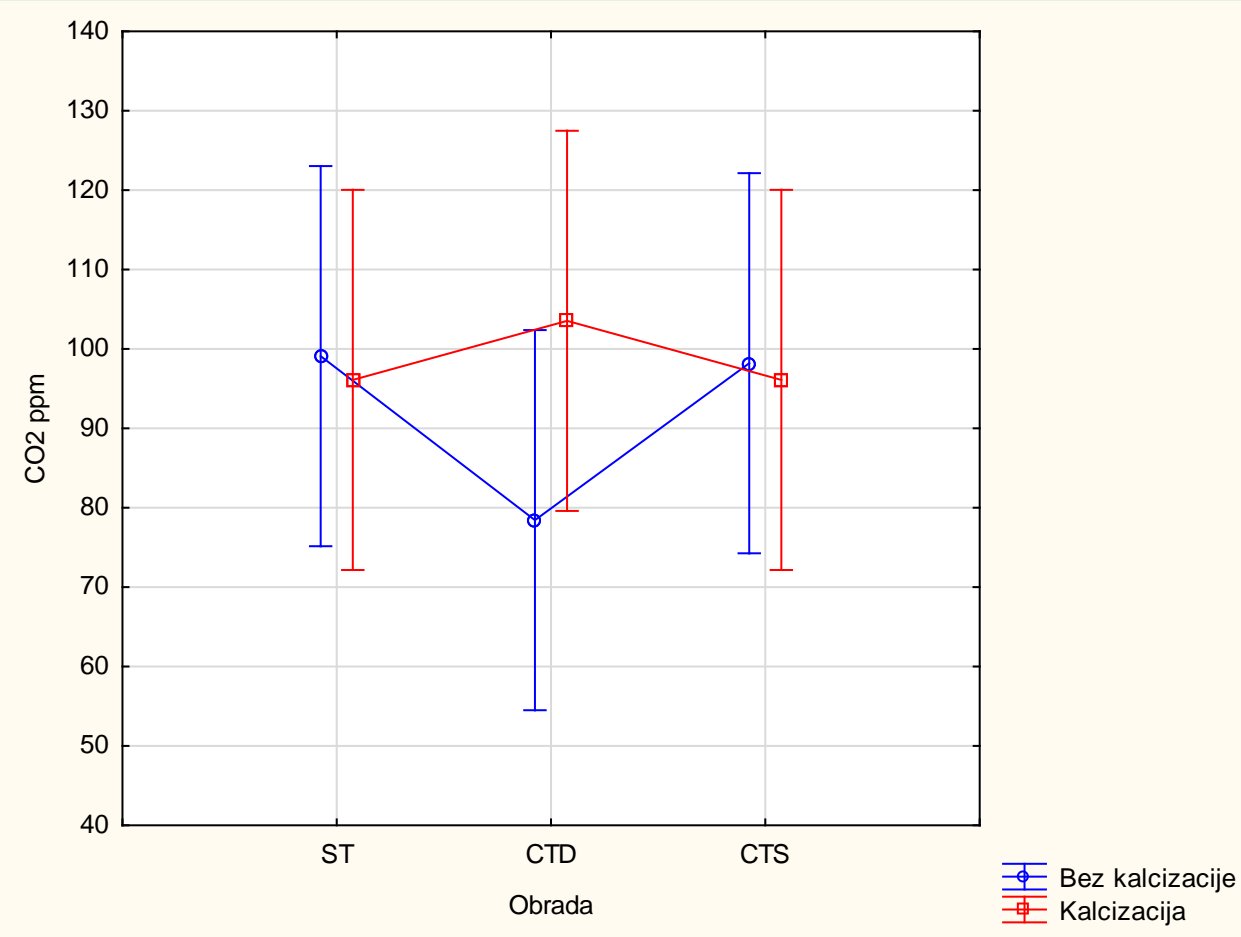
- disanje tla: 24-satnom brzom laboratorijskom metodom
- disanje tla: poljska metoda mjerenja fluxa
- procjena N-mineralizacije: provodit će se brzom laboratorijskom inkubacijskom metodom
- C/N odnos: C/N analizatorom
- nodulacija soje: predsjetvena inokulacija sjemena cjepivom za soju "Nitrobakterin" za koje je korišteno više sojeva vrste *Bradyrhizobium japonicum*, a koji su kreirani na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek. Odrađen je prosječan broj i masa nodula na korijenu određenog reprezentativnog broja biljaka
- temperatura tla: mjerenje u kontinuitetu senzorima ukopanim u tlo i spojenim na data logger
- procjena pokrivenosti površine tla žetvenim ostatcima: određivanje nakon provedenih svih agrotehničkih zahvata zaključno sa sjetvom sljedećeg usjeva, "Linearnom metodom"

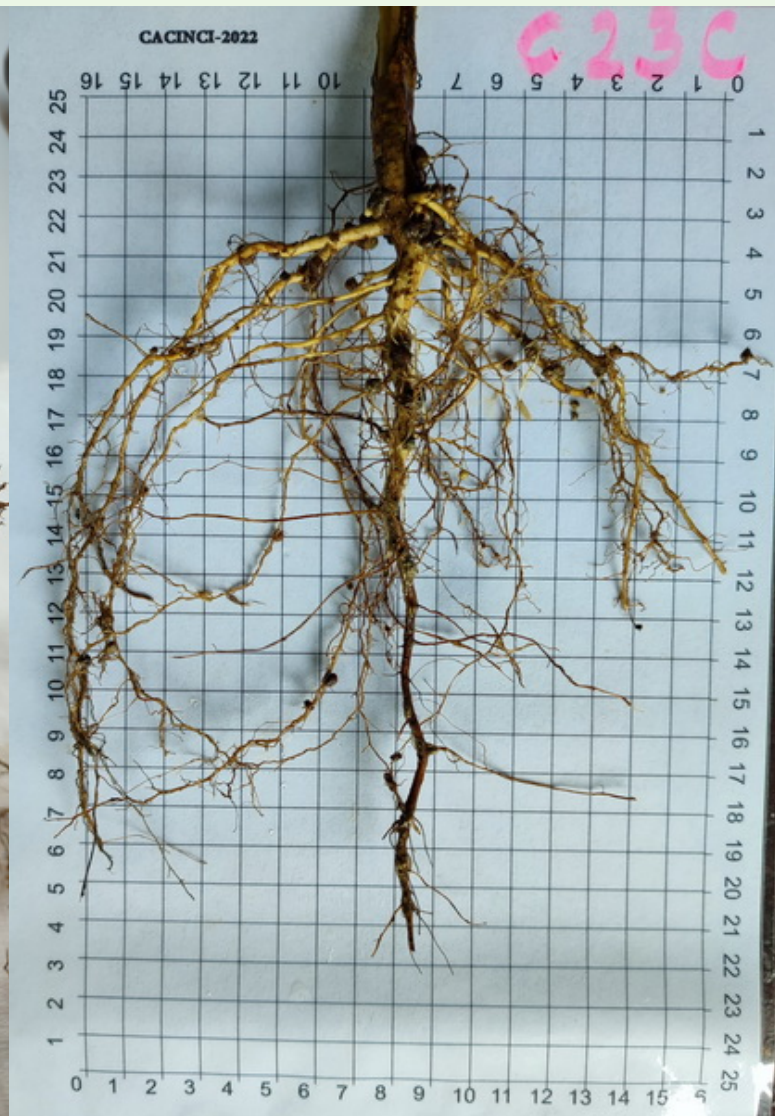




Disanje tla: poljska
metoda mjerenja fluxa







Popratno senzorsko mjerenje na lokacijama

Senzori za mjerenje vlažnosti tla su postavljeni:

- Na svim tretmanima obrade tla
- U tri ponavljanja
- Na maksimalnoj dubini od 40 cm
- Na početku vegetacije, nakon što su obavljene agrotehničke operacije kako ne bi došlo do oštećenja senzora.

Praćen je sadržaj vode u tlu tijekom razdoblja vegetacije, u prosjeku 2 do 3 puta tjedno, ovisno o oborinama



NA TRETMANIMA OBRADE TLA SU POSTAVLJENI SENZORI ZA MJERENJE VLAŽNOSTI TLA

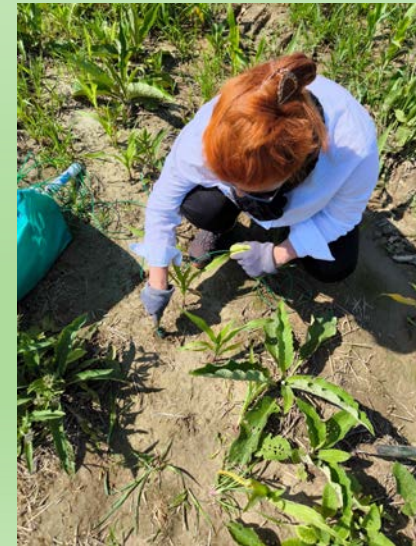
1. WET2 – SOIL MOISTURE PROBE

- Senzor (probe) mjeri vlažnost tla na više dubina te na jednom mjernom mjestu
- Na taj način se smanjuje narušavanje tla
- Smanjeni su troškovi jer se jednim senzorom mjeri vlažnost tla na više dubina
- Mjeri vlažnost tla u vol.%
- Dubina mjerenja: 10 – 20 – 30 - 40 cm
- Senzori su postavljeni na svakih 10 cm tla
- Vlažnost tla se mjeri pomoću ručnog HH2 uređaja na kojem su postavljene opcije za tip tla na pokušalištu



2. GRANULAR MATRIX SENSOR (GMS)

- Često je u praksi nazivan Watermark senzor
- Izmjerene vrijednosti su cbar što znači da je potrebno izraditi krivulju umjeravanja za određeni tip tla
- Za izradu krivulje umjeravanja je potrebno poznavati vrijednosti Pvk i Lkv (pF)
- Senzori su postavljeni na dubine od 10 do 40 cm
- Na svakoj dubini je postavljen jedan senzor što uvelike povećava narušavanje tla
- Vlažnost tla se mjeri Watermark ručnim mjeracom



Praćenje meteoroloških uvjeta

- senzorsko mjerenje meteoroloških indikatora (temperatura, tlak zraka, relativna vlaga, osvjetljenost, ukupna solarna radijacija, količina oborina i drugo)
- senzorsko mjerenje informacija u tlu (EC, vlažnost tla, temperatura tla, vodni potencijal)

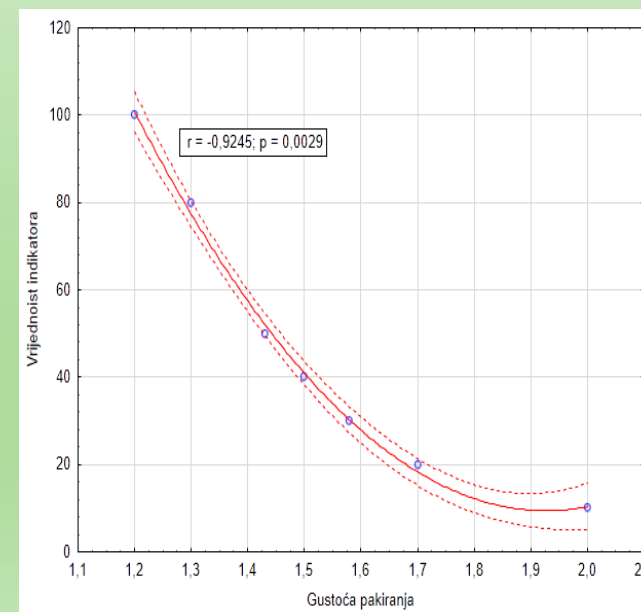
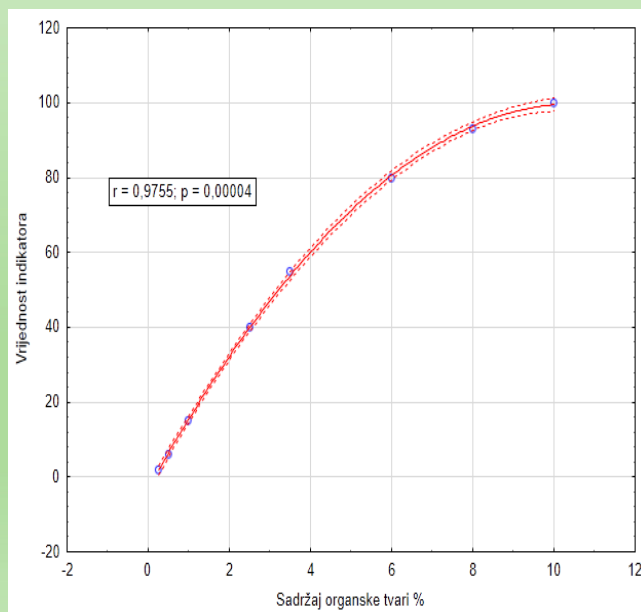
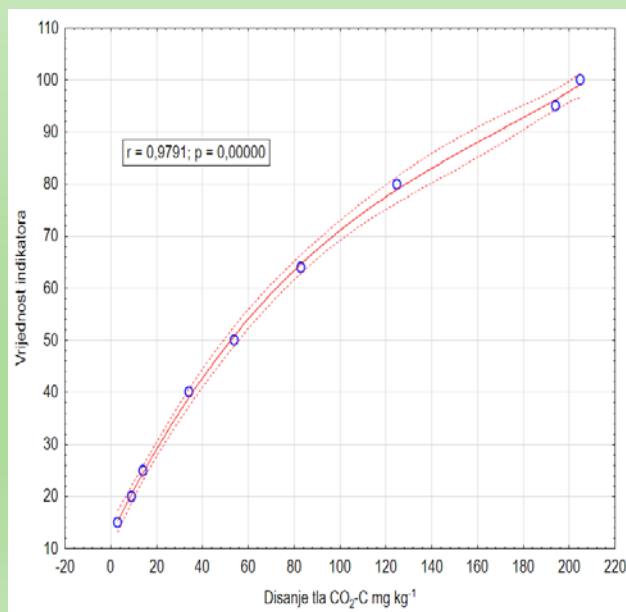
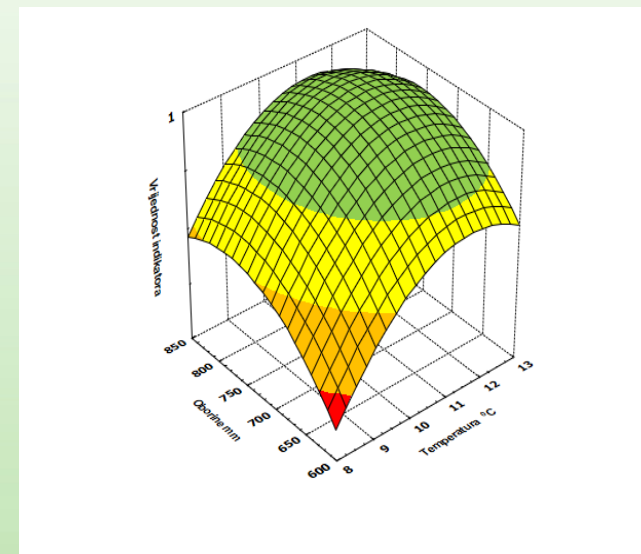
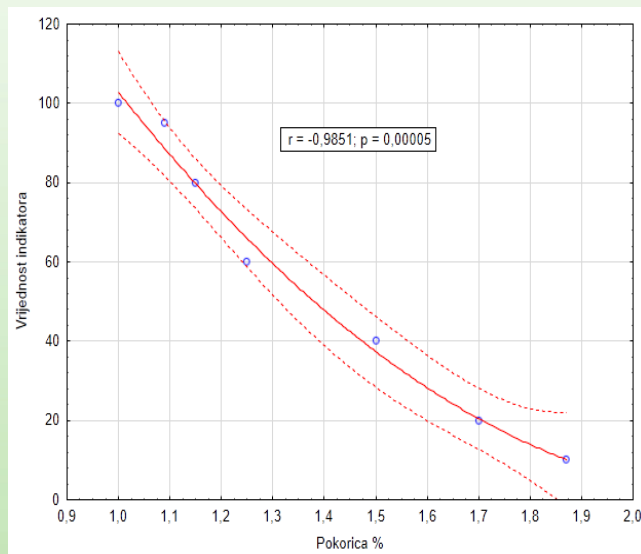
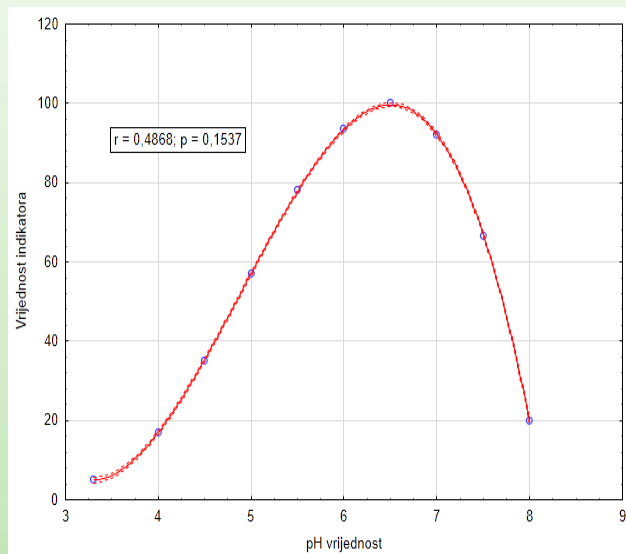


Model procjene pogodnosti optimalnog sustava biljne proizvodnje po principima održivog gospodarjenja tlom (POS-BP)

Model je kreiran pomoću "Skor" funkcija (engl. *scoring functions*) i primjenom logističke regresije te na temelju ekspertnog znanja o pojedinom indikatoru procjenjuje se ili izračunava ocjena/skor za određeni skup podataka.

Skor funkcije na temelju ulaznih podataka generiraju numeričku ocjenu koja predstavlja neki indikator (od 0 do 1 ili od 0 do 100).

fizikalni	kemijski	biološki	klimatološki
PD - gustoća pakiranja (g cm ⁻³)	SOM - organska tvar tla	CO ₂ – disanje tla	količina oborina (mm)
CI – indeks pokorice (%)	pH reakcija tla		temperatura (°C)
	KIK – kationski izmjenjivački kapacitet		



Izračun ukupne POS-BP biti će izveden je uz pomoć MS Office Excell aplikacije.

Cilj modela je, na što jednostavniji način kreirati funkcionalni – "user friendly" model pogodan za različite agroekosustave, uz zadržavanje adaptabilnosti i modularnosti (dodavanje i ispravljanje pojedinog indikatora)

Uvrštavanjem podataka u Excell tablice, model će prvo izračunati vrijednosti indikatora (0-1) po unaprijed zadanim formulama dobivenim na temelju informacija, a zatim će izračunati ukupnu prosječnu POS-BP.

Također, koristiti će se i napredni izračun kreiran pomoću modificiranog Liebsherovog pravila jer smo mišljenja da prosječna vrijednost sume svih indikatora neće pravilno opisivati stvarnu situaciju. Zbog toga će se primijeniti pravilo koje vrši korekciju ovisno o indikatoru koji je u minimumu, tj. što je neka vrijednost od odabiranih indikatora niža, pretpostavka je da će više utjecati degradacijske procese u tlu odnosno na predloženi sustav biljne proizvodnje.

$$POS - BP_{Mode} \% = \frac{\left(\frac{\sum_1^n I - I_{min}}{n - 1} \times \frac{\sum_1^n I}{n - 1} \right)}{100}$$

Na temelju provedenih istraživanja kreirana je klasifikacija različitih sustava biljne proizvodnje koja se temelji na održivom gospodarenju tлом odnosno konzervacijskoj obradi tla. Klasifikacija svrstava pogodnost u šest klasa ovisno o izračunatoj POS-BP.

¹ Pogodnost (%)	Sustav uzgoja	Vizualna kategorija	Napomena	POS-BP				
90-100	² Izravna sjetva/sadnja ¹		Obavezna primjena sekundarnih usjeva	Model procjene pogodnosti optimalnog sustava biljne proizvodnje po principima održivog gospodarenje tлом				
80-90	³ Konzervacijska obrada - plitka		Obavezna primjena sekundarnih usjeva	INDIKATOR	UNOS PODATAKA	Ocjena indikatora	POS-BP_Average%	POS-BP_Mode%
60-80	⁴ Konzervacijska obrada - srednje duboka		Obavezna primjena sekundarnih usjeva	Prosječne oborine	800	96.8	98	92
30-60	⁵ Konzervacijska obrada - duboka		⁸ Moguća primjena sekundarnih usjeva ⁹ Primjena mjera popravke tla	Prosječna temperatura	12	93.4		
10-30	⁶ Reducirana obrada - duboka		Preporučena primjena sekundarnih usjeva Primjena mjera popravke tla	pH vrijednost	6	99.5		
0-10	⁷ Reducirana obrada - plitka		Obavezna primjena sekundarnih usjeva Primjena mjera popravke tla	Sadržaj organske tvari %	10	99.6		
				KIK cmol kg ⁻¹	20	100.0		
				Indeks gustoće pakiranja	1.2	100.0		
				Indeks pokorice	1	96.5		
				Disanje tla CO ₂ -C mg kg ⁻¹	200			
				Izravna sjetva/sadnja				
				Obavezna primjena sekundarnih usjeva				



HVALA VAM NA
PAŽNJI