

# Nematode kao bioindikatori stanja ekosustava tla u konsocijaciji drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura

---

**Puškarčić, Josipa**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:338577>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-12**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Josipa Puškarić, mag. ing. agr.**

**NEMATODE KAO BIOINDIKATORI STANJA EKOSUSTAVA TLA U  
KONSOCIJACIJI DRVENASTIH VRSTA I POLJOPRIVREDNIH  
KULTURA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2022.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Josipa Puškarić, mag. ing. agr.**

**NEMATODE KAO BIOINDIKATORI STANJA EKOSUSTAVA TLA U  
KONSOCIJACIJI DRVENASTIH VRSTA I POLJOPRIVREDNIH  
KULTURA**

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2022.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Josipa Puškarić, mag. ing. agr.**

**NEMATODE KAO BIOINDIKATORI STANJA EKOSUSTAVA TLA  
U KONSOCIJACIJI DRVENASTIH VRSTA I POLJOPRIVREDNIH  
KULTURA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Brmež

Komentor: izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić

**Povjerenstvo za ocjenu:**

**prof. dr. sc. Brigita Popović, profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek,  
predsjednik**

**prof. dr. sc. Emilija Raspudić, profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti  
Osijek, član**

**prof. dr. sc. Dinka Grubišić, profesorica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u  
Zagrebu, član**

Osijek, 2022.

REPUBLIKA HRVATSKA  
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

**Josipa Puškarić, mag. ing. agr.**

**NEMATODE KAO BIOINDIKATORI STANJA EKOSUSTAVA TLA  
U KONSOCIJACIJI DRVENASTIH VRSTA I POLJOPRIVREDNIH  
KULTURA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Brmež

Komentor: izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivezić

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 16. ožujka 2022. godine pred  
Povjerenstvom za obranu:**

**Prof. dr. sc. Brigita Popović, profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek,  
predsjednik**

**prof. dr. sc. Emilija Raspudić, profesorica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti  
Osijek, član**

**prof. dr. sc. Dinka Grubišić, profesorica Agronomskog fakulteta Sveučilišta u  
Zagrebu, član**

Osijek, 2022.

*“The proper use of Science is not to conquer Nature, but to live in it.”*

*Barry Commoner*



Istraživanje ove doktorske disertacije provedeno je u sklopu uspostavnog istraživačkog projekta pod naslovom *Konsocijacija drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura kao inovativni pristup u agroekosustavima – AGROINOVA* (IP-05-2017), odobren i financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ).

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Zaštita bilja

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Fitomedicina

**Nematode kao bioindikatori stanja ekosustava tla u konsocijaciji drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura**

**Josipa Puškarić, mag. ing. agr.**

Disertacija je izrađena na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Brmež**

**Komentor: izv.prof. dr.sc. Vladimir Ivezić**

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura na bioraznolikost nematoda u tlu, na strukturu zajednica te indekse uznemirenja tla i ekološke indekse raznolikosti kao i na parametre plodnosti i prinos. U svrhu istraživanja, pokusi su provedeni na tri različita ekosustava, na ekosustavu konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha (K+O), na ekosustavu s orasima (O) i na ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (K), na dva lokaliteta (Ivankovo i Đakovo), od 2017. do 2019. Ekosustav K+O pokazao je pozitivan utjecaj na indeks raznolikosti H', ukupnu i najveću prosječnu raznolikost rodova, posebno na raznolikost korisnih omnivora što ukazuje na stabilnost ekosustava. Bakterivore su bile značajno brojnije u ekosustavu K, a fungivore u ekosustavu O. Za razliku od navedenih ekosustava, ekosustav K+O ukazuje na razgradnju organskih tvari jednako i bakterijskim i gljivičnim putevima. Vrijednosti indeksa MI i MI 2-5 ukazuju na najveća uznemirenja nastala u ekosustavu K. Vrijednosti CI u ekosustavu O ukazuju na viši udio gljiva i fungivora koji sudjeluju u razgradnji organske tvari. Vrijednosti BI i EI u svim ekosustavima ukazuju na to da je uznemirenje tla prisutno, ali da hranidbena mreža u tlu nije iscrpljena. Vrijednosti SI ukazuju na razvijenost hranidbene mreže u tlu, dobar udio viših trofičkih skupina te na otpornost na pojavu štetnika u ekosustavima K+O i O. Metabolički otisci nematoda, visoka aktivnost bakterija i gljiva, veće količine organske tvari i vlage u tlu također ukazuju na pozitivan utjecaj ekosustava K+O, s obzirom na ekosustav K. Prinos pšenice se nije razlikovao, dok je prinos heljde bio smanjen u ekosustavu K+O. Također, izrađen je regresijski model za procjenu broja rodova nematoda na temelju analize kemijskih, fizikalnih i mikrobioloških svojstava tla s preciznošću od 87,5 % (Đakovo) i 86,68 % (Ivankovo).

**Broj stranica: 252**

**Broj slika i grafikona: 181**

**Broj tablica: 51**

**Broj literaturnih navoda: 228**

**Jezik izvornika: hrvatski**

**Ključne riječi: zajednica nematoda, bioraznolikost, indeksi, konsocijacija, orah**

**Datum obrane: 16. ožujka 2022**

**Povjerenstvo za obranu:**

**izv. prof. dr. sc. Brigita Popović** – predsjednik

**prof. dr. sc. Emilija Raspudić** – član

**prof. dr. sc. Dinka Grubišić** – član

**Disertacija je pohranjena u:** Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu



University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Postgraduate university study: Agricultural sciences  
Course: Plant Protection

**UDK:**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**

**Scientific Field: Agriculture**

**Branch: Fitomedicine**

**Nematodes as bioindicators of soil ecosystem status in the intercropping ecosystem of woody species and agricultural crops**

**Josipa Puškarić, M.Eng.Sc.Agr.**

**Thesis performed at** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

**Supervisor: Prof. Mirjana Brmež, PhD**

**Co-supervisor: Assoc. Prof. Vladimir Ivezić, PhD**

The aim of this study was to determine the impact of intercropping of permanent plantation and agricultural crops on biodiversity, community structure and indices of soil disturbance and ecological diversity, as well as on fertility parameters and yield. For the purpose, from 2017 to 2019 experiments were conducted at two sites (Ivankovo and Đakovo) with three different ecosystems: the intercropping ecosystem of agricultural crops and walnut (K + O), the ecosystem of walnut (O) and the ecosystem of agricultural crops (K). The K+O ecosystem showed a positive influence on the diversity index  $H'$ , the total and average diversity of genera, especially on the diversity of beneficial omnivores, indicating the stability of the ecosystem. Bacterivores were significantly more numerous in ecosystem K, and fungivores in ecosystem O. Unlike these ecosystems, ecosystem K+O indicates decomposition of organic matter by both bacterial and fungal pathways. The values of MI and MI 2-5 indicate the greatest disturbances in ecosystem K. CI values in ecosystem O indicate a higher proportion of fungi and fungivores involved in organic matter decomposition. BI and EI values in all ecosystems indicate that the soil is disturbed, but the soil food web is not impoverished. SI values indicate a developed soil food web, a good share of higher trophic groups and resistance to pests in ecosystems K+O and O. Metabolic footprints of nematodes, high activity of bacteria and fungi, higher amounts of organic matter and soil moisture also indicate a positive influence of ecosystem K+O, when compared to ecosystem K. Wheat yields did not differ, while buckwheat yield was lower in ecosystem K+O. In addition, a regression model was created to estimate the number of nematode genera based on the analysis of chemical, physical and microbiological properties of the soil with an accuracy of 87.53% (Đakovo) and 86.68% (Ivankovo).

**Number of pages:** 252

**Number of figures:** 181

**Number of tables:** 51

**Number of references:** 228

**Original in:** croatian

**Key words:** nematode community, biodiversity, indices, intercropping, walnut

**Date of the thesis defense:** the 16<sup>th</sup> of March, 2022

**Reviewers:**

**Assoc. Prof. Brigita Popović, PhD** – president

**Prof. Emilija Raspudić, PhD** – member

**Prof. Dinka Grubišić, PhD** – member

**Thesis deposited in:** National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb; University of Rijeka; University of Split

# KAZALO

1. UVOD	1
1.1. Pregled literature	4
1.2. Ciljevi istraživanja	21
2. MATERIJAL I METODE RADA	22
2.2. Eksperimentalni materijal i poljski pokusi	22
2.2.1. Agroekološki sustavi	23
2.2.2. Sjetva i uzgoj kultura na poljskim pokusima	26
2.2. Uzorkovanje tla i obrada uzoraka	26
2.2.1.1. Uzorkovanje tla za nematološke i mikrobiološke analize	29
2.2.1.2. Uzorkovanje tla za agrokemijske analize	30
2.2.2. Obrada uzoraka	30
2.3. Laboratorijske analize tla	30
2.3.1. Metode utvrđivanja biološke raznolikosti	31
2.3.1.1. Nematološke analize	31
2.3.1.2. Mikrobiološke analize	42
2.3.2. Metode utvrđivanja agrokemijskih, pedoloških i agronomskih svojstava	43
2.3.2.1. Agrokemijska svojstva	43
2.3.2.2. Agronomska svojstva	43
2.4. Prikupljanje agroklimatoloških podataka	44
2.5. Statistička obrada podataka	47
2.5.1. Deskriptivna statistika	47
2.5.2. Modeliranje	47
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	48
3.1. Analize biološke raznolikosti	48
3.1.1. Nematološka svojstva	48
3.1.1.1. Ukupna brojnost nematoda	48
3.1.1.2. Bioraznolikost rodova	53
3.1.1.3. Ukupna biomasa nematoda	60
3.1.1.4. Trofičke skupine nematoda	65
3.1.1.5. Metabolički otisak trofičkih skupina na okoliš	80
3.1.1.6. Indeksi uznemirenja zajednice nematoda	98
3.1.1.7. Grafički prikazi zajednice nematoda kroz ep trokute	113
3.1.1.8. Nematološki indeksi hranidbenog lanca	115
3.1.1.9. Analiza hranidbene mreže u tlu	130
3.1.1.10. Metabolički otisak zajednica nematoda na okoliš	132
3.1.1.11. Shannonov indeks raznolikosti zajednice nematoda – indeks H'	145

3.1.2. Rezultati analiza mikrobioloških svojstava tla -----	150
3.2. Rezultati pedoloških, agrokemijskih, agronomskih i agroklimatskih svojstava-----	159
3.2.1. Rezultati analiza pedoloških i agrokemijskih svojstava tla -----	159
3.2.2. Rezultati analiza agronomskih svojstava -----	163
3.2.3. Rezultati analiza agroklimatskih svojstava-----	167
3.3. Korelacije između brojnosti bakterija i gljiva i nematoloških svojstava-----	171
3.4. Regresijski modeli za procjenu brojnosti rodova nematoda -----	175
3.4.1. Analiza glavnih komponenata (PCA) -----	175
3.4.2. Regresijski model za procjenu brojnosti rodova nematoda -----	178
4. RASPRAVA -----	180
4.1. Utjecaj konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha (agrošumarstvo) na zajednicu nematoda i mikroorganizme u tlu te na agrokemijska i fizikalna svojstva tla i prinos -----	180
4.2. Regresijski model-----	199
5. ZAKLJUČCI-----	201
6. LITERATURA -----	205
7. SAŽETAK-----	221
8. SUMMARY-----	222
9. PRILOG-----	223
ŽIVOTOPIS	

## 1. UVOD

Organizmi u tlu predstavljaju vrlo važan dio Zemljine biosfere jer ljudska vrsta ovisi o procesima u tlu. Tlo podržava osnovne funkcije ekosustava, poput poticanja produktivnosti biljaka, reguliranja mineralizacije hranjiva te razgradnje organske tvari i ublažavanja negativnog utjecaja okoliša na biljke (Neher, 1999.). Zdravlje i kvaliteta nekog tla u agroekosustavu, posebno njegove biološke i ekološke komponente, značajno je povezano sa sveukupnim zdravljem i održivosti ekosustava tla. Biološki ekosustavi tla podržavaju veliku raznolikost mikrofaune (gljiva, bakterija i algi) i mezofaune (protozoa, člankonožaca i nematoda) (Neher, 2001.a). Brojni procesi tla koje provode različite skupine organizama zaslužni su za zdrava tla (Ferris i Tuomisto, 2015.). Organizmi u tlu imaju ulogu razlagača organske tvari, izmjenjuju hranjiva, arhitekti su ekosustava te služe kao biološka kontrola (Kibblewhite i sur., 2008.). Neki od tih organizama imaju i svojstva koja ih čine korisnima kao ekološkim bioindikatorima tj. pokazateljima stanja ekosustava.

Proučavanje strukture zajednice organizama u tlu, poput nematoda, može poslužiti kao korisni pokazatelj zdravlja poljoprivrednih tala, te pokazatelj održivosti agroekosustava (Ritz i Trudgill, 1999.). Slobodnoživuće nematode su mnogobrojni organizmi s velikim brojem vrsta te relativno kratkim životnim ciklusom. Za razliku od druge faune u tlu, one su prisutne svugdje, čak i gdje je makrofauna rijetka, zastupljene su u svim tlima u kojima se odvija razgradnja organske tvari s velikom brojnosti i raznolikosti vrsta u svakom staništu. Nematode su aktivne tijekom cijele godine. One su u stalnom dodiru s otopinama u tlu i brzo reagiraju na sve promjene u tlu zbog svoje propusne kutikule koja usvaja otopljene tvari iz vode u kojoj žive (Neher i sur., 2005., Brmež i sur., 2018.). Nematode zbog svoje propusne kutikule odražavaju svaku promjenu u strukturi i funkciji tla (Neher i sur., 1998.). Uz to, metode uzorkovanja i ekstrakcije nematoda lako se izvode, a nematode se svrstavaju u trofičke ili funkcionalne skupine prvenstveno na temelju morfološke strukture njihove usne šupljine koja je usko povezana s različitim načinom hranjenja (Neher i sur., 2005.).

Trofičke skupine nematoda su heterogene i mnogobrojne, no u tlu ih je najčešće samo pet. Jedna skupina, fitoparazitske nematode, djeluje izravno u ekosustavima, hraneći se na biljkama. Mali dio faune tla se hrani korijenjem biljaka i njihovim eksudatima. Fitoparazitske nematode su primarni razlagači. Druge skupine djeluju posredno hraneći se na mikroflori te reguliraju razgradnju organske tvari i raspodjelu hranjivih tvari u tlu (Urzelai i sur., 2000.). Fitoparazitske nematode su najviše proučene od svih trofičkih skupina nematoda u tlu zbog šteta koje uzrokuju na poljoprivrednim kulturama jer otežavaju

---

proizvodnju bilja, ometaju prijenos hranjivih tvari i vode kroz biljku, te smanjuju kvalitetu i kvantitetu prinosa (Yeates i Coleman, 1982., Brussaard i sur., 1997.).

Razvoj nematoloških indeksa pomogao je u razumijevanju odnosa između zajednica nematoda i funkcija tla, te od tada mnogobrojna ekološka istraživanja koriste nematode kao pokazatelje stanja ekosustava tla (Neher i sur., 2005.). Analize zajednica nematoda korištene su u procjenama kvalitete vode već u 70-im godinama prošlog stoljeća (Zullini, 1976.). Povećanjem svijesti za potrebama održivosti ekosustava tla i njegove ranjivosti, koja se intenzivirala tijekom 80-ih godina prošlog stoljeća, nematode poprimaju sve veću važnost u procjenama kvalitete okoliša (Zullini i Peretti, 1986.). Daljnjim istraživanjima u 90-im godinama 20. stoljeća dolazi do izražaja važnost strukture zajednice nematoda kao korisnog pokazatelja stanja ekosustava tla (Yeates, 2003.). Zajednice nematoda proučavaju se radi procjene uznemirenja u tlu i praćenja ekološkog stanja tla (Bongers, 1990., de Goede, 1993., Freckman i Ettema, 1993.). Neke vrste nematoda preferiraju određene okolišne čimbenike. Bogatstvo vrsta nematoda i struktura trofičkih skupina u zajednici nematoda mijenjaju se kao odgovor na uznemirenja tla uzrokovana gnojidbom mineralnim dušikom, obradom tla, kalcizacijom tla, nakupljanjem teških metala u tlu, onečišćenjem tla, kao i na bilo koja druga prirodna ili antropogena uznemirenja tla u ekosustavu (Urzelai i sur., 2000., Neher i sur., 1998., Korthals i sur., 1996.a,b,c).

Slobodnoživuće nematode, poput nematoda koje se hrane bakterijama i gljivama, odražavaju stanje bakterija i gljiva u tlu. Spomenute nematode utječu na veličinu zajednica bakterija i gljiva u tlu, kao i na njegovu strukturu i aktivnost (Ingham i sur., 1985., Venette i Ferris, 1998.). Mikroorganizmi imaju važnu ulogu u kruženju hranjivih tvari i razgradnji organske tvari. Hraneći se na tim mikroorganizmima, nematode imaju veliku ulogu u mineralizaciji dušika u tlu (Ferris i sur., 1998., Bardgett i Chan, 1999.). Nematode mogu pridonijeti do 27 % raspoloživog dušika u prirodnim ekosustavima i agroekosustavima (Ekschmitt i sur., 1999.) jer obavljaju vrlo važnu ulogu u funkciji tla kao sekundarni razlagači (Mulder i sur., 2005.) zbog čega je njihovo mjesto u hranidbenom lancu izuzetno važno. Također, pomažu kolonizaciji korisnih rizobakterija u rizosferi (Knox i sur., 2003.). Mnoštvo nematoda koje se hrane bakterijama mogu biti indikator aktivnosti mikroorganizama te indikator mineralizacije dušika koju vrši fauna tla (Ferris i sur., 2004.).

Promjene u mikrobiološkoj zajednici mogu utjecati na brzinu razgradnje organske tvari i brzinu reduciranja onečišćenja u tlu (Bardgett i van der Putten, 2014.). Promjene u tlu

uzrokovane antropogenim djelovanjem mogu utjecati na kvalitetu i elastičnost tla, a time i na procese u tlu i funkciju tla (Wagg i sur., 2014.). Utjecaj klimatskih promjena na zajednicu nematoda u tlu još uvijek je nedovoljno istražen. Utjecaj temperature i vlage na odnos bakterija i gljiva u tlu je značajan, a samim time i utjecaj na zajednicu nematoda kao sekundarnog potrošača (Wasilewska, 1979.). Oko 65 % nematoda u tlu usko je povezano s godišnjom količinom padalina, a 58 % s temperaturom (Nielsen i sur., 2014.). U istraživanjima provedenim u Hrvatskoj, u Osijeku, tlo pod sojom brojalo je preko 3000 nematoda u 100 g tla u devedesetima (Raspudić, 1991.), 1000 nematoda u 100 g tla determinirano je 1997. i 1998. godine (Brmež, 1999.), a Majić (2009.) izvještava o 317, 204 i 323 nematode u 100 g tla (od 2005. do 2007. godine). Nedavnim istraživanjem potvrđen je daljnji pad ukupne brojnosti nematoda u tlima, te su Jakobović i sur. (2017.) utvrdili oko 100 nematoda u 100 g tla, u povrćarskoj proizvodnji. Pad ukupne brojnosti organizama i smanjenje njihove bioraznolikosti može značajno utjecati na faunu tla te time i na razgradnju organske tvari.

Jedno od rješenja za poboljšanje zdravlja tla i njegove biološke raznolikosti može se naći u agrošumarstvu. Agrošumarski sustavi po Somarriba (1992.) zadovoljavaju tri uvjeta, tj. uključuju najmanje dvije biljne vrste koje imaju međusobni utjecaj, barem jedna od biljnih vrsta je drvenasta kultura te se najmanje jedna od biljnih vrsta uzgaja za krmnu, jednogodišnju ili višegodišnju poljoprivrednu proizvodnju. Agrošumarski sustavi su sustavi usjeva mješovitih vrsta koji povećavaju planiranu biološku raznolikost u usporedbi s monokulturama (Vandermeer i sur., 1998., Malézieux i sur., 2009.).

Takvi sustavi imaju posebne utjecaje na biološku raznolikost tla (Barrios i sur., 2018.) jer drvenaste kulture pružaju specifična staništa svojim višegodišnjim nadzemnim i podzemnim dijelovima. Prisutnost drveća u nasadima dovodi do lokalnih koncentracija organskog materijala što dovodi do lokalnog povećanja organskog ugljika u tlu (Cardinael i sur., 2017.) i hranjiva (Palm, 1995.).

Značaj konsocijacije je u uzgoju biljnih kultura u sustavima koji su manje podložni različitim stresnim uvjetima. Agrošumarski sustavi imaju snažan utjecaj na heterogenost mikroklike unutar jedne parcele (Singh i sur., 2012.) te su temperaturne oscilacije ublažene ispod krošnji drveća, temperaturni su maksimumi niži, minimumi viši, a prosječna temperatura je niža nego izvan nasada (Chen i sur., 1999.). Osim toga, kombiniranjem trajnih nasada drvenastih kultura s poljoprivrednim kulturama na jednoj proizvodnoj površini direktno utječemo na

vlagu, insolaciju te strujanje vjetra unutar nasada, što za posljedicu ima veću otpornost biljaka na stresne uvjete kao što su klimatski ekstremi (suša, poplava) (Marsden i sur., 2020.).

Glavne prednosti konsocijacije, osim bolje iskoristivosti poljoprivredne površine i raznolikosti poljoprivredne proizvodnje u jednoj vegetacijskoj sezoni, su pozitivan utjecaj na plodnost tla, smanjena pojava bolesti, štetnika i korova, bolje iskorištavanje hranjivih tvari i vode u tlu te povećana biološka raznolikost tla (Dupraz i sur., 2005., Verchot i sur., 2007.). Agrošumarstvom se, stoga, može smanjiti negativan utjecaj promjena nastalih antropogenim djelovanjem.

## **1.1. Pregled literature**

### *Zdravlje tla*

Sorauer i sur. (1908.) definirali su zdravlje biljaka kao stanje biljke u kojem su sve fiziološke funkcije u optimalnom rasponu te omogućuju normalan razvoj biljke, biološke procese u biljci i sam opstanak biljke. Navedena definicija može se proširiti na zdravlje životinja i ljudi, ali i na ekosustave, posebice ako se promatraju njihove funkcije i usluge. Mnogobrojne važne funkcije i usluge ekosustava tla zaslužne su za osnovnu potporu životu na Zemlji. Ekosustavi tla održavaju produktivnost biljaka i životinja, izvor su genetske raznolikosti i odgovorni su za pročišćavanje vode i zraka (Karlen i sur., 1997.).

Funkcije tla podržavaju mnogobrojni organizmi u tlu koji su zaslužni za procese razgradnje organske tvari, mineralizacije organskih molekula, izdvajanje i preraspodjelu minerala i reguliranje brojnosti štetnih vrsta organizama. Funkcije ekosustava tla generalno omogućuju proizvodnju hrane, vlakana, goriva i građevinskog materijala (Sikora i sur., 2018.).

Zbog konstantno rastuće ljudske populacije ogroman je antropogeni utjecaj na okoliš s ciljem povećanja poljoprivredne produktivnosti. Takav antropogeni utjecaj doprinosi degradaciji kakvoće tla. Degradaciji tala, osim toga, doprinose utjecaj onečišćenja mnogih industrijskih postrojenja te otpadi nastali kao produkt životnog stila i društvenih uređenja ljudske zajednice (Pimentel i sur., 1997.).

U održivim sustavima, koji minimaliziraju korištenje pesticida, gnojiva i fosilnih goriva, tlo pruža potrebne resurse za potporu fiziološkim procesima biljaka. Zdravlje biljaka povezano je sa zdravljem tla. U suvremenim poljoprivrednim praksama ta povezanost je slaba jer su potrebni resursi osigurani antropogenom interferencijom, dok su negativne funkcije

ekosustava tla uvećane korištenjem pesticida. U održivoj proizvodnji treba se uspostaviti, održavati i njegovati veza između zdravlja biljaka i zdravlja tla (Sikora i sur., 2018.).

Različita upravljanja tlima u agroekosustavima mijenjaju komponente tla te time indirektno utječu na zdravlje tla i biljaka. Razumijevanje utjecaja različitih tehnika gospodarenja tlima je ključni proces u uspostavljanju, održavanju i procjeni zdravlja tla i zdravlja biljaka u održivim poljoprivrednim ekosustavima. Agrošumarstvo spaja poljoprivrednu proizvodnju i šumarstvo te rješava ekološke i društveno-ekonomske ciljeve. Agrošumarski ekosustavi imaju potencijal poboljšati otpornost poljoprivrednih ekosustava i ublažiti utjecaj klimatskih promjena. Integriranjem drveća na poljoprivrednim ekosustavima može se spriječiti degradacija okoliša, poboljšati poljoprivredna produktivnost, sekvencijalno uklanjanje ugljika i pročišćavanje vode te su takvi ekosustavi općenito dobrotvorni za sve žive organizme. Navedeni ekosustavi podržavaju zdravo tlo, a ujedno i osiguravaju stabilne prihode (Brown i sur., 2018.).

#### *Abiotske i biotske komponente tla*

Tlo ima svoja fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Fizikalna struktura tla određena je prirodom matičnog supstrata na kojeg utječu kemijski i biološki procesi. Svaka vrsta tla ima karakteristične veličine i nakupine čestica te homogenost slojeva koje mnogobrojni organizmi u tlu te različita antropogena djelovanja mogu izmijeniti. Kemijski sastav tla je produkt razgradnje matičnog supstrata i djelovanja klimatskih utjecaja, aktivnosti različitih organizama u tlu te utjecaja pesticida i gnojiva. Biološka komponenta tla je najsloženija i najmanje istražena komponenta u pogledu raznolikosti i brojnosti vrsta u zajednici tla te njihovih složenih uloga. Navedene komponente tla utječu jedna na drugu, prvenstveno fizikalne i kemijske komponente svojom interakcijom reguliraju prirodu i aktivnost biološke komponente (Tablica 1.1.) (Sikora i sur., 2018.).

U radu Reeve i sur. (2016.) opisuju mehanizme pomoću kojih stanje tla određuje zdravlje biljaka pomoću fizikalnih i kemijskih svojstava tla te biološke komponente tla. Fizikalna svojstva tla, kao što su utjecaj strukture, poroznost i gustoća tla utječu na dubinu ukorjenjivanja i dostupnost vode biljkama te na prozračnost tla. Kemijska svojstva tla mogu biti izvor hranjiva za biljke, ali i izvor toksičnih spojeva za biljke. Biološka komponenta može imati pozitivan i negativan utjecaj na rast i razvoj biljaka.



Tablica 1.1. Glavna fizikalna i kemijska svojstva tla (nastala pod utjecajem biološke komponente tla) i njihov utjecaj na funkcije i usluge ekosustava (Karlen i sur., 1997.).

<b>Svojstva tla</b>	<b>Funkcije i usluge ekosustava na koje navedena komponenta ima utjecaj</b>
organska tvar	kruženje hranjivih tvari, retencija pesticida i vode, struktura tla, potencijal biološke kontrole bolesti i štetnih nematoda
infiltracija	potencijal otjecanja, ispiranja i erozije tla, učinkovitost usvajanja vode za biljke
agregacija tla	struktura tla, otpornost na eroziju, nicanje usjeva, infiltracija
pH tla	dostupnost hranjiva, apsorpcija i mobilnost pesticida
mikrobiološka biomasa	biološka aktivnost, kruženje hranjivih tvari, sposobnost razgradnje pesticida, pozitivan i negativan utjecaj na zdravlje biljaka
različiti oblici N	dostupnost N usjevima, potencijal ispiranja, stope mineralizacije i imobilizacije
zbijenost tla	prodiranje korijena biljke, prostor pora ispunjen vodom i zrakom, biološka aktivnost
dubina oraničnog sloja	volumen dostupan za ukorjenjavanje biljaka, dostupnost vode i hranjiva
vodljivost ili salinitet	infiltracija vode, rast usjeva, struktura tla
dostupnost hranjiva	utjecaj na rast usjeva, opasnost za okoliš

#### *Tlo - stanište različitim organizmima*

Tlo pruža različita mikrostaništa velikom broju različitih organizama. Razlike između mikrostaništa određuju se česticama, poroznošću i stratifikacijom slojeva tla na koje utječu biološka, fizikalna i kemijska svojstva te različiti klimatski uvjeti tijekom godine. Svako stanište osigurano je nekim oblikom resursa kojeg mogu iskoristiti organizmi različitih vrsta sa svojstvima i trofičkim navikama pogodnim za taj prostor. Sva svojstva ekosustava, od dostupnosti hranjiva do grabežljivosti, u kombinaciji s trenutnim uvjetima okoline, pokreću biološku aktivnost i funkcije ekosustava unutar svakog mikrostaništa (Sikora i sur., 2018.).

Usluge ekosustava koje pružaju organizmi u tlu uključuju kruženje mineralnih hranjivih tvari i regulaciju štetnih organizama. Ti organizmi pružaju važan doprinos dostupnosti hranjivih tvari biljkama te time i proizvodnji hrane (de Vries i sur., 2013., Ciobanu i sur., 2015.).

Razlagači ispod površine tla su osnova plodnosti tla jer recikliraju biljni materijal i mineraliziraju hranjive tvari u tlu. Kvaliteta usluga ekosustava određuju se sastavom, obiljem i raznolikošću biotske komponente tla (Ruess i Ferris, 2004., Ferris i Tuomisto, 2015.).

### *Koljeno Nematoda*

Koljeno Nematoda uključuje vrste oblića koje se hrane bakterijama, gljivama, algama i drugim nematodama, kao i parazite biljaka i životinja, pa tako i parazite ljudi. Četiri od pet višestaničnih životinja na planeti Zemlji su nematode (Platt, 1994.). Procijenjeno je da postoji između 40 000 i 10 000 000 vrsta nematoda. Nematode nastanjuju gotovo sva staništa, te se nalaze na morskim, slatkovodnim i kopnenim prostorima (Blaxter, 1998., Yeates i Boag, 2006.).

Nematode su nesegmentirani beskralježnjaci, obično cilindrično nitastog oblića tijela koje se sužava prema oba kraja. Cilindrični oblik tijela kod nekih ženki fitoparazitskih vrsta se modificira nakon oplodnje, te tijelo poprima kruškoliki, limunasti ili okrugli oblik. Većina nematoda su mikroskopskih veličina, prosječne duljine manje od milimetra, dok su neki paraziti životinja prilično veliki i lako vidljivi golim okom (do 8 m). Slobodnoživuće nematode u tlu variraju od mikroskopskih veličina do približno 10 mm duljine te pripadaju mezofauni tla, dok je duljina fitoparazitskih nematoda većinom od 0,4 do 1,5 mm, osim nematoda iz porodice Longidoridae koje su veće. Paraziti životinja i biljaka imaju izravan utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju, okoliš i zdravlje ljudi, no većina nematoda u okolišu nisu paraziti te su iznimno korisni organizmi jer imaju ključne uloge u poljoprivrednim i prirodnim ekosustavima. Osim toga, nematode su korisne kao bioindikator stanja i zdravlja tla i za različita molekularna istraživanja (npr. *Caenorhabditis elegans*), te su stoga u sve većem fokusu za različita taksonomska, ekološka, fiziološka i molekularna istraživanja (Heyns, 1982., Hunt i sur., 2005.).

### *Morfologija nematoda*

Morfologija nematoda (Slika 1.1., Slika 1.2., Slika 1.3., Slika 1.4.) je relativno jednostavna te ih je na osnovu njihove morfologije moguće determinirati do roda, ponekad i do vrste. Nematode se sastoje od prednjeg dijela (glava), srednjeg dijela i stražnjeg dijela (rep). Glava nematode je općeniti pojam koji označava prednji dio tijela, no pojedini znanstvenici precizni je definiraju glavu kao dio nematode od početka tijela nematode do baze stileta, dok drugi znanstvenici označavaju glavu kao sinonim za područje oko usana nematoda (sam

početak tijela nematode) (van den Berg i sur., 2017.). Usta (usni otvor) nematode vodi do stome (bukalne šupljine), koja je povezana s lumenom mišićnog i/ili žljezdanog ždrijela (jednjak) koja vodi do cjevastog probavnog trakta, rektuma te anusa. Rep je dio tijela nematode koji slijedi iza anusa do kraja tijela nematode. Rep varira duljinom i oblikom te je korisna karakteristika pri determinaciji nematoda (Heyns, 1982.).

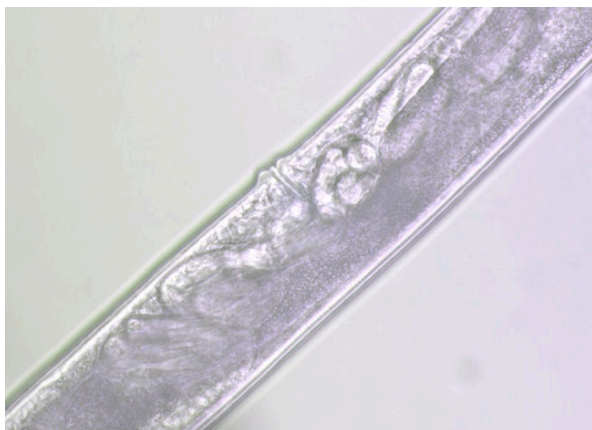
Stijenka tijela nematode sastoji se od kutikule, subkutikule, hipoderme ili epiderme i somatskih mišića. Kutikula može sadržavati poprečne strije koje su korisne pri determinaciji. Strije mogu biti slabo vidljive (Dorylaimida), izražene (Tylenchida i Cephalobidae) ili vrlo izražene (Criconematidae) (van den Berg i sur., 2017.).



Slika 1.1. Glava i odontostilet omnivore *Pungentus* sp. (Izvor: J. Puškarić)



Slika 1.2. Glava i usna šupljina predatora *Anatonchus* sp. (Izvor: J. Puškarić)



Slika 1.3. Jaja, ličinke prvog stadija i vulva ženke bakterivore iz porodice Rhabditidae (Izvor: J. Puškarić)



Slika 1.4. Rep, anus te spicula mužjaka omnivore *Prodorylaimus rotundiceps* (Izvor: J. Puškarić)

*Nematode kao bioindikatori*

Stanje i uloga složenih organizama, koji čine složenu interaktivnu zajednicu tla, jedan su od niza kriterija za mjerenje zdravlja ekosustava, a posebno zdravlja tla. Sastav različitih vrsta organizama u tlu kao i njihove interakcije najprikladniji su pokazatelji procjene zdravlja tla, posebno kada interdisciplinarne metode procjene nisu primjenjive. Među biološkim pokazateljima stanja tla često se koristi sastav zajednica nematoda u tlu. Nematode se koriste kao biopokazatelji jer su mnogobrojne, taksonomski i funkcionalno raznolike, javljaju se u svim sustavima tla i voda, a razlikuju se u svojim fiziološkim, razvojnim i prehranbenim navikama te ponašanjima (Bongers i Ferris, 1999.).

Ekološki pokazatelji temeljeni na nematodama pokazuju se korisnim alatima u razumijevanju mnogobrojnih utjecaja na ekosustav. Do nedavno su mnogobrojna istraživanja provedena većinom na fitoparazitskim nematodama od svih slobodnoživućih nematoda jer su fitoparazitske nematode štetnici koji otežavaju razvoj i fiziološke procese u biljkama. No, važno je napomenuti kako većina vrsta nematoda u tlima nisu paraziti biljaka, nego važni organizmi koji na različite način doprinose korisnim i bitnim funkcijama i uslugama ekosustava (Reeve i sur., 2016.).

Slobodnoživuće nematode imaju važnu ulogu u funkcioniranju ekosustava kao glavna komponenta hranidbene mreže mezofaune tla, uključujući razgradnju organske tvari, tijekom hranjivih tvari i prijenos energije (Wall i sur., 2012., Coleman i Wall, 2015.). Među slobodnoživućim nematodama, mikrobivore (bakterivore i fungivore) su ključni posrednici u procesima razgradnje i kruženju hranjivih tvari. Te nematode povećavaju kruženje bakterija i ubrzavaju razgradnju organske tvari u tlu (Neher, 2001.b). Osim toga, nematode prenose bakterije do novih resursa, što dodatno ubrzava i pospješuje razgradnju organske tvari (Brown i sur., 2004.). Budući da nematode mikrobivore unose više određenih hranjivih sastojaka nego što im je potrebno, višak izlučuju u mineralnom ili lako mineralizirajućem obliku, te mogu poboljšati rast biljaka (Neher i sur., 2012.). Nematode predatori i omnivore također su uključene u ciklus hranjivih tvari, kao tercijarni razlagači, hraneći se na mikrobivorama i fitoparazitskim vrstama (Holtkamp i sur., 2011.).

Osim izravnog doprinosa uslugama ekosustava, nematode su također korisni bioindikatori obilja i aktivnosti drugih organizama u tlu koji pružaju slične usluge ekosustava (Ferris i sur., 2012.a). Na temelju njihove brojnosti i aktivnosti, nematode u tlu mogu biti zaslužne za čak 25% mineralizacije dušika u tlu (Ferris i sur., 2012.b). Metabolički otisci

---

funkcionalnih skupina nematoda i raznolikost vrsta koje čine te skupine daju kvantitativnu procjenu veličine funkcija ekosustava (Zhang i sur., 2015.b).

Usluge ekosustava u tlu, podržane organskim resursima, temelj su za sustave poljoprivredne proizvodnje koji se ne oslanjaju na velike unose mineralnih gnojiva ili sintetičkih pesticida. Prakse upravljanja poljoprivredom utječu na razinu organske tvari u tlu te, izravno i neizravno, na biomasu i raznolikost slobodnoživućih nematoda, s posljedičnim utjecajem na ciklus hranjivih tvari. Također utječu na elastičnost hranidbenih mreža tla i funkcija ekosustava (Sánchez-Moreno i sur., 2009.).

#### *Funkcionalne skupine nematoda/trofičke skupine nematoda*

Zbog sve veće zabrinutosti za zdravlje tla i onečišćenja okoliša na globalnoj razini, istraživanja faune nematoda u tlima dobivaju sve veću pažnju. Kako bi se olakšalo tumačenje zajednice slobodnoživućih nematoda one su podijeljene u funkcionalne skupine. Sve vrste nematoda unutar jedne funkcionalne skupine imaju sličan utjecaj na procese u ekosustavima. Takvo grupiranje je praktično jer nije poznato kako svaka pojedina vrsta utječe na procese u različitim ekosustavima (Chapin i sur., 1992.).

Nematode se mogu grupirati u funkcionalne skupine na osnovi prepoznavanja jedinki na višoj taksonomskoj razini, bez korištenja specijaliziranih identifikacijskih ključeva. No, najkorisnija razina identifikacije nematoda je identifikacija jedinki do roda ili porodice, ovisno o jedinkama koje se determiniraju. Identifikacija nematoda na taksonomskoj razini porodice pruža značajne informacije za bolje razumijevanje funkcije tla. Identifikacija nematoda na razini vrste daje nesumnjivo više informacija o biološkoj raznolikosti, ali zahtijeva puno više vremena i ograničena je nedostatkom identifikacijskih ključeva za svaku proučenu vrstu (Bongers i Bongers, 1998.). U ekološkim istraživanjima, najčešća je identifikacija nematoda do roda.

Struktura zajednice nematoda je koristan bioindikator za biološku procjenu kakvoće i funkcija tla jer se nematode javljaju svugdje gdje se odvija razgradnja organske tvari. Osim toga, morfologija nematoda je usko vezana za njihov način ishrane te njihove interakcije s drugim organizmima u tlu. Također, nematode brzo reagiraju na promjene u okolišu, lako se izdvajaju iz tla, a identifikacija nematoda do roda je relativno jednostavna (Bongers i Bongers, 1998.).

Funkcionalna raznolikost nematoda u tlu ogleda se prvenstveno u raznolikosti trofičkih skupina nematoda i razlikama među vrstama u osjetljivosti na promjene, od dodatka hranjiva do različitih uznemirenja i onečišćenja u okolišu. Potencijal nematoda kao bioindikatora temelji se na toj funkcionalnoj raznolikosti, a upotreba nematoda kao bioindikatora je uvelike olakšana prijedlogom podjele nematoda na kolonizere i perzistere (cp skupine). Cp podjela grupira nematode u pet skupina u rasponu od ekstremnih r-stratega (cp-1) do ekstremnih K-stratega (cp-5) prema r/K selekcijskoj teoriji (Bongers, 1990., Bongers i Bongers, 1998., Pianka, 1970.).

Tablica 1.2. Ekološke karakteristike nematoda različitih cp skupina (Bongers, 1990., Yeates i sur., 1993., Ferris i sur., 2001.)

cp	Ekološke karakteristike nematoda
cp-1	male nematode, kratak životni vijek, kratko vrijeme jedne generacije, velik omjer gonada i tijela, visoke stope reprodukcije s velikim brojem malih jajašaca, brzi odgovor na promjene u resursima, visoka metabolička aktivnost, preživljavaju nepovoljne uvjete pomoću visoke tolerancije ili mirovanjem
cp-2	kratak životni vijek, relativno visoke stope reprodukcije, uobičajene u svim okruženjima (čak i gdje su resursi oskudni), otporne na nepovoljne uvjete (no ne ulaze u stanje mirovanja)
cp-3	duži životni vijek od cp-1 i cp-2, umjerena osjetljivost na uznemirenja
cp-4	dug životni vijek, mali omjer gonada i tijela, propusna kutikula, visoka osjetljivost na različita onečišćenja i uznemirenja
cp-5	velike nematode, dug životni vijek, dugo vrijeme jedne generacije, niske stope reprodukcije s malim brojem velikih jaja, niska metabolička aktivnost, polako kretanje, propusna kutikula, vrlo osjetljive na različita onečišćenja i uznemirenja

Nematode kolonizeri, na donjem kraju cp ljestvice (cp skupine 1 i 2), smatraju se oportunistima i ukazuju na dostupnost resursa ili povećanje resursa. Oportunističke cp-2 nematode gotovo su uvijek prisutne, sposobne su preživjeti najnepovoljnije uvjete te opstaju u većini hranidbenih mrežna u tlu. Nematode perzisteri, na drugom kraju ljestvice (cp-4 i cp-5), ukazuju na stabilnost ekosustava, složenost hranidbene mreže i povezanost među organizmima (Tablica 1.2.) (Ferris i sur., 2001., 2004.).

Indeks zrelosti (MI) je indeks koji se često koristi među indeksima u istraživanju zajednice nematoda. Znanstvenici su prepoznali njegovu primjenu u procjenama stanja različitih ekosustava. Indeks zrelosti temelji se na ponderiranoj rasprostranjenosti svake cp skupine u zajednici nematoda (Bongers, 1990., Bongers, 1999., Yeates, 1994., Neher i Campbell, 1996., Bongers i sur., 1997., Bongers i Ferris, 1999.) (Tablica 1.4.).

Tablica 1.3. Trofičke skupine nematoda po Yeates i sur. (1993.) te karakteristike nematoda najčešćih pet trofičkih skupina u tlu (Bongers, 1990., Yeates i sur., 1993., Ferris i sur., 2001.)

<b>Trofičke skupine nematoda</b>	<b>Karakteristike nematoda</b>
1. fitoparaziti 1.a. sedentorni paraziti 1.b. migratorni endoparaziti 1.c. semi-endoparaziti 1.d. ektoparaziti 1.e. paraziti stanica epiderme i korjenčića 1.f. paraziti algi i mahovina 1.g. paraziti na nadzemnim dijelovima biljke	hrane se na vaskularnim biljkama te algama, prisutan stomatostilet ili odontostilet
2. fungivore	prodiru hife gljiva stomatostiletom ili odontostiletom
3. bakterivore	hrane se prokariotima
4. nematode koje se hrane na supstratima	
5. predatori	hrane se beskralješnjacima kao što su protozoe, nematode, kolnjaci i enhitreide obično koristeći zub(e) ili odontostilet
6. nematode koje se hrane na jednostaničnim eukariotima	
7. paraziti životinja	
8. omnivore	hrane se širokim rasponom hrane, obično odontostiletom

Osim što su nematode u tlu kategorizirane u cp skupine, obično se klasificiraju i u trofičke skupine. Yeates i sur. (1993.) su opisali osam trofičkih skupina prema načinu ishrane, od kojih su pet najčešćih u tlu: bakterivore, fungivore, fitoparaziti, omnivore i predatori (Tablica 1.3.).

Matrica funkcionalnih skupina nematoda formirana je na bazi dvije klasifikacije gdje funkcionalna skupina označava skup svih vrsta koje pridonose istoj funkciji ekosustava (Tablica 1.2.) i iskorištavaju isti resurs (Tablica 1.3.) te npr. funkcionalnu skupinu *Ba 2*, čine bakterivore iz skupine *cp 2*. Matrica funkcionalnih skupina nematoda pruža osnovu za upotrebu zajednica nematoda u tlu kao bioindikatora funkcija ekosustava tla i stanja okoliša tla (Cohen, 1989.).

Tablica 1.4. Indeksi uznemirenja zajednice nematoda te karakteristike ekosustava tla vezane za moguće raspone vrijednosti navedenih indeksa (Sikora i sur., 2018.).

Indeksi	Vrijednosti	Karakteristike ekosustava tla
MI	< 2	niska zrelost i struktura hranidbene mreže tla, brzo razlaganje organske tvari bakterijama, visoka plodnost tla, visoka osjetljivost na pojavu štetnika
	2 - 3,5	srednja zrelost i struktura hranidbene mreže tla, ujednačena razgradnja organske tvari, srednja do visoka plodnost tla, srednja osjetljivost na pojavu štetnika
	> 3,5	visoka zrelost hranidbene mreže tla, spora razgradnja organske tvari, srednja do niska plodnost tla, niska osjetljivost na pojavu štetnika
MI 2-5	2 - 3,5	niska zrelost hranidbene mreže tla, višak kemijskih gnojiva, visoka osjetljivost na pojavu štetnika
	> 3,5	visoka zrelost hranidbene mreže tla, niska osjetljivost na pojavu štetnika
PPI	2 - 3,5	nizak do umjeren napad fitoparazitskih nematoda
	> 3,5	umjeren do visok napad fitoparazitskih nematoda

Fauna nematoda tla pruža informacije o dvije glavne karakteristike okoliša tla i zajednica organizama u tom tlu. Jedna od navedenih karakteristika je protok resursa u sustavu hranidbene mreže tla, na što ukazuju oportunističke vrste nematoda, dok je druga karakteristika trofička povezanost sustava, na što ukazuje rasprostranjenost i brojnost organizama viših trofičkih skupina (Cohen, 1989.).

Sastav nematoda u tlu se sastoji od bazalne (b) komponente (bakterivore i fungivore), komponente oportunističke obogaćenja resursima (e) i strukturne (s) komponente (omnivore i predatori) (Ferris i sur., 2001.). Na temelju relativne brojnosti tri navedene komponente



zajednice nematoda (b, e i s) izračunavaju se nematološki indeksi kao što su indeks obogaćenja (EI), indeks strukture (SI), bazalni indeks (BI) i indeks puteva razgradnje organske tvari (CI) (Tablica 1.5.).

Tablica 1.5. Nematološki indeksi hranidbenog lanca te karakteristike ekosustava tla vezane za moguće raspone vrijednosti navedenih indeksa (Sikora i sur., 2018.).

<b>Indeksi</b>	<b>Vrijednosti</b>	<b>Karakteristike ekosustava tla</b>
EI	0 - 30	mala zajednica bakterivora, mali udio bakterivora u razgradnji organske tvari, nizak unos labilne organske tvari ili gnojiva, niska plodnost tla
	30 - 60	srednji do visoki unosi labilne organske tvari i gnojiva, srednja do brza razgradnja organske tvari, srednja do visoka plodnost tla
	60 - 100	brza razgradnja organske tvari, složeni unosi organske tvari u tlo, visoka plodnost tla
CI	0 - 30	mali unosi složene organske tvari u tlo, nizak udio fungivora u razgradnji organske tvari, niska sekvestracija C u složene C oblike
	30 - 60	srednji do visoki unosi složene organske tvari, srednji do visok udio fungivora u razgradnji organske tvar
	60 - 100	visok udio fungivora u razgradnji organske tvar, spora razgradnja organske tvari u tlu
BI	0 - 30	bez uznemirenja tla, sačuvana hranidbena mreža tla
	30 - 60	uznemirenja tla prisutna, za vrijednosti BI > 50 hranidbena mreža tla je iscrpljena
	60 - 100	visoka uznemirenja tla, hranidbena mreža tla je uznemirena
SI	0 - 30	hranidbena mreža tla je uznemirena, mali postotak viših trofičkih i viših cp skupina, velika osjetljivost na pojavu štetnika
	30 - 60	hranidbena mreža tla srednje do visoko razvijena, dobar udio viših trofičkih i viših cp kupina, srednja do visoka otpornosti na pojavu štetnika
	60 - 100	hranidbena mreža tla vrlo strukturirana, niska osjetljivost na pojavu štetnika, visoka elastičnost ekosustava tla

---

### *Brojnost, raznolikost, biomasa i metabolički otisak nematoda*

Udjeli nematoda u različitim funkcionalnim skupinama su temelj indeksa uznemirenja zajednice nematoda i nematoloških indeksa hranidbenog lanca. Navedeni indeksi ukazuju na relativan udjel funkcija koje se mogu pripisati različitim skupinama u zajednici tla, no ne ukazuju na veličinu tih funkcija. Osim što veličina funkcija i usluga ovise o proporcionalnom sastavu zajednice, oni uvelike ovise i o biomasi te fiziološkoj aktivnosti organizama koji sudjeluju u tim funkcijama. Različiti organizmi se razlikuju po veličini, duljini životnog vijeka, njihovim aktivnostima te ponašanju.

Ferris (2010.) je predložio metaboličke otiske nematoda kao novu zajednicu nematoloških indeksa jer takvi indeksi odražavaju veličinu onih usluga ekosustava u kojima nematode sudjeluju. Navedeni indeksi prevladavaju ograničenja drugih nematoloških pokazatelja u odražavanju veličine usluga ekosustava.

Metabolički otisci nematoda imaju dvije komponente: reproduktivna komponenta i respiratorna komponenta. Reproductivna komponenta čini količinu ugljika usvojenog tijekom cijelog životnog ciklusa nematode za njezin rast, razvoj te reprodukciju potomstva. Respiratorna komponenta predstavlja iskorištenost ugljika tijekom metaboličke aktivnosti nematoda. Reproductivna i respiratorna komponenta izračunavaju se na temelju veličine tijela, brzini disanja i životnih karakteristika pojedinih vrsta nematoda (Ferris, 2010.).

Metabolički otisci nematoda se mogu podijeliti u nekoliko skupina. Metabolički otisci bakterivora, fungivora, fitoparazita, predatora i omnivora su metabolički otisci svake trofičke skupine nematoda posebno. Otisak obogaćenja je metabolički otisak nematoda koji najbrže reagiraju na obogaćenja tla resursima tj. otisak nematoda nižih cp skupina. Strukturni otisak je metabolički otisak nematoda viših trofičkih skupina koje imaju ulogu reguliranja hranidbene mreže tla i koje ukazuju na obilje organizama sličnih funkcija u ekosustavima. Kompozitni metabolički otisak je sveukupni metabolički otisak cijele zajednice nematoda u tlu (Ferris, 2010.).

### *Agrošumarstvo i organizmi u tlu*

Prema istraživanjima Svjetskog agrošumarskog centra, *ICRAF*, 43 % poljoprivrednog zemljišta (više od milijardu hektara) je pokriveno različitim drvenastim kulturama koji zauzimaju barem 10 % njihovih površina (Zomer i sur., 2009.). Oko 160 milijuna hektara poljoprivrednog zemljišta je u nekom od oblika agrošumarske konsocijacijske zajednice

nastale antropogenim utjecajem. Ovakve zajednice imaju veliki potencijal u doprinosu poboljšanja poljoprivredne proizvodnje, prihoda, stanovanja, zdravlja, potreba za energijom, te zaštite okoliša. Drvenaste kulture obogaćuju organsku tvar u tlu na različite načine, najčešće putem korijena i njegovih izlučevina (Bertin i sur., 2003.). Korjenove izlučevine utječu na širok spektar organizama uključenih u biološku aktivnost tla i interakcije koje pridonose plodnosti tla. Drvenaste kulture doprinose akumulaciji i sekvestraciji ugljika u tlima, pozitivno djeluju na retenciju vode, mikroklimu, ublažavaju oscilacije temperature i vlage, smanjuju brzinu vjetera, poboljšavaju kruženje i iskoristivost hranjiva, te potiču biološku aktivnost i raznolikost unutar proizvodne površine (Quinkenstein i sur., 2009.).

Po uzoru na agrošumarske sustave u tropskim područjima i u Europi se počinju primjenjivati *alley cropping* sustavi gdje se udružuju poljoprivredna kultura i trajni nasadi. Podizanjem takvih sustava stvaraju se stabilni agroekosustavi koji su otporni na negativne klimatske ekstreme i koji smanjuju negativan utjecaj uzrokovan temperaturnim stresom kao što su povećana produkcija CO<sub>2</sub> tj. emisija stakleničkih plinova. Pozitivni rezultati akumulacije ugljika u tlu pod šumom ili trajnim nasadom slični su rezultatima zabilježenim pri prijelazu na kontinuiranu *no-till* poljoprivrednu proizvodnju (Quinkenstein i sur., 2009.).

Konsocijacija trajnih nasada i jednogodišnjih kultura omogućuje povećanu produktivnost poljoprivredne površine, veću ukupnu biomasu korijena i korijenovih izlučevina, povećanu populaciju korisnih mikroorganizama te poboljšanu mikorizu i njezinu aktivnost u simbiozi korijena i fiksatora dušika. Povećana aktivnost mikroorganizma dovodi i do povećane pristupačnosti hranjivih elemenata (K, Mg, mikroelementi) biljkama te smanjuje degradaciju tala. Mikorizna aktivnost pomaže apsorpciji fosfora u tlu. Mikrobiološka aktivnost tla ima iznimno važnu ulogu u konsocijacijskim sustavima s orahom kao drvenastom kulturom jer određeni mikroorganizmi razgrađuju juglon. Bakterije u tlu su iznimno važan posrednik u interakcijama između biljaka, posebno kad je riječ o brzom razgradnji juglona i drugih poznatih alelokemijskih spojeva (Schmidt, 1988.).

Područja prirodne vegetacije u poljoprivrednim ekosustavima poboljšavaju bioraznolikost i povezanost usluga ekosustava, osobito ako služe kao kanali kretanja koji održavaju interakcije i raspršenost različitih vrsta (Mitchell i sur., 2014.).

Konsocijacijski sustavi značajno utječu i na aktivnost organizama u tlu, posebice nematoda (Jackson i sur., 2002.), no nema dovoljno velikog broja znanstvenih radova koji doprinose

---

spoznajama o utjecaju ovakvih sustava na strukturu organizama u tlu kako bi se njihovi utjecaji potpuno razumjeli.

Biederman i Boutton (2009.) izvještavaju u svom istraživanju kako se nakon sadnje drvenastih kultura na travnjacima brojnost štetnih fitoparazitskih nematoda smanjila za 40%, dok je brojnost korisnih bakterivora porasla od 30 do 80 %. Autori smatraju da je za porast populacije korisnih nematoda zaslužno povećanje mikrobiološke aktivnosti bakterija i gljiva u tlu za 50 % do 100 %. Mnogi čimbenici utječu na mikrobiološku aktivnost bakterija i gljiva u tlu, no možda najveći utjecaj ima pH reakcija samog tla. U kiselim tlima povećava se aktivnost i brojnost gljiva, dok se u tlima neutralne i alkalne pH reakcije povećava aktivnost i brojnost bakterija. Drugi važni čimbenici koji utječu na mikrobiološku aktivnost u tlu su temperatura, vlaga i organska tvar u tlu (Dobbelaere i sur., 2003.).

Abiotski čimbenici imaju značajan utjecaj na brojnost nematoda u tlu te pogodni uvjeti pospješuju njihov razvoj i opstanak u odnosu na nematode u drugim tlima istih svojstava. Alby i sur. (1983.) su djelomično objasnili nejednaku distribuciju nematoda nastalu kao posljedica abiotskih čimbenika.

Vlaga tla je najvažniji abiotski čimbenik koji utječe izravno i neizravno na populaciju nematoda. No, teško je razdvojiti utjecaj vlage od utjecaja temperature jer su često povezani te djeluju zajedno. Osim toga, vlaga tla jako varira kod različitih vrsta tla. Optimalnom vlagom tla za rast biljaka smatra se vlaga tla između 75 i 100 % poljskog vodnog kapaciteta. Mnogi znanstvenici smatraju da su potrebe nematoda za vlagom slične potrebama biljaka za vlagom. Neke nematode mogu preživjeti suhe uvjete mjesecima ili godinama zbog sposobnosti mirovanja, no do pokretanja njihovog rasta i razvoja dolazi tek kada je vlažnost tla povoljna. Distribucija i populacija nematoda barem je djelomično ograničena nedostatkom dovoljne količine vlage tijekom kritične faze u životnom ciklusu nematoda (Norton, 1979.).

Na populaciju nematoda u tlu utječe i prozračnost tla koja je regulirana veličinom pora, vlagom, dubinom i temperaturom tla. Većina tala je vrlo heterogena, a varijacije u veličini pora utječu na razvoj i raznolikost nematoda u tlu. Također, ekstremni udjeli kisika i ugljikovog dioksida u porama nesumnjivo upravljaju pojavom nekih slobodnoživućih i fitoparazitskih nematoda (Norton, 1979.).

Slobodnoživuće nematode su kao i većina mikrofaune i mezofaune tla korisne za funkcioniranje ekosustava te usluge koje pruža ekosustav. Mikrofauna i mezofauna pašnjaka

kao što su skokunci, grinje, nematode i protozoe utječu na rast i metaboličku aktivnost mikroorganizama te mijenjaju njihove sastave zajednica čime utječu na regulaciju brzine razgradnje organske tvari i mineralizacije hranjiva (Whitford i sur., 1982., Yeates i Coleman, 1982., Seastedt, 1984., Sohlenius i sur., 1988.).

Nematode koje se hrane bakterijama i gljivama utječu na razgradnju organske tvari na nekoliko načina. Nematode hranjenjem na mikroorganizmima reguliraju brzinu kojom se organski spojevi razlažu na anorganske ione. Također, nematode prenose i raširuju mikroorganizme u tlu i vodi, hrane se na saprofitskim bakterijama i biljnim patogenima te utječu na sastav zajednice mikroorganizama. Osim toga, nematode su plijen i izvor hranjivih tvari za faunu i mikrofloru kao što su nematofagne gljive u tlu, te utječu na raspodjelu i funkciju biljnih simbionata (Freckman, 1988.).

Osim što sudjeluju u razgradnji organske tvari, nematode sudjeluju i u regulaciji procesa mineralizacije te povećanjem dostupnosti nutrijenata utječu na produktivnost biljaka. Biomasa izdanka i sadržaj dušika izdanaka proučavanih biljnih kultura uzgajanih u prisutnosti protozoa i slobodnoživućih nematoda su veći nego kod biljnih kultura koje su uzgajane bez prisutnosti mezofaune u tlu (Verhoef i Brussaard, 1990., Yeates i Wardle, 1996.).

Hranjenjem na mikroorganizmima, mezofauna tla oslobađa i mineralizira hranjiva imobilizirana u njima, te pretvara organski dušik u anorganske oblike koje zatim biljke mogu usvojiti (Seastedt i sur., 1988., Sohlenius i sur., 1988.). Fauna tla zaslužna je za oko 30 % mineralizacije dušika koja se odvija u poljoprivrednim i prirodnim ekosustavima. Od navedenih 30 % mineralizacije dušika, bakterivore i protozoe pridonose najviše, 83 % (Elliott i Coleman, 1988.). Nematode izravno pridonose mineralizaciji dušika izlučivanjem dušičnih spojeva, uglavnom u obliku amonijevih iona. Osim toga i same nematode imobiliziraju hranjiva te njihova tijela čine zalihe hranjivih tvari. Nakon ugibanja nematoda te se tvari mineraliziraju te postanu ponovno dostupne biljkama (Anderson i sur., 1983., Ingham i sur., 1985.).

Proces razgradnje organske tvari je usko povezan s mineralizacijom i imobilizacijom hranjiva. Neher i sur. (2005.). su utvrdili pozitivnu korelaciju između stabilnosti zajednica nematoda i razgradnje celuloze, u nekultiviranim višegodišnjim poljoprivrednim sustavima. Njihov rezultat ukazuje na izravnu povezanost između stabilnosti zajednice nematoda u tlu i funkcija i usluga ekosustava.

Nematode su važna biološka komponenta tla i procjena sastava zajednica nematoda može pružiti uvid u biološko i funkcionalno stanje tla, procese unutar različitih ekosustava te usluge koje ekosustav pruža (Ritz i Trudgill, 1999.). Nematode su dobri bioindikatori jer su usko povezane s okolišem te reagiraju brzo i nakon najmanjih promjena u ekosustavu tla (Brmež i sur., 2004.). Indeksi uznemirenja zajednice nematoda i nematološki indeksi hranidbenog lanca nematoda smatraju se dobrim pokazateljima kakvoće tla jer je struktura zajednica nematoda u tlu povezana s ekološkim procesima te nematode reflektiraju ekološke procese koji se odvijaju u tlu, tj. mineralizaciju hranjivih tvari i dekompoziciju organske tvari (Neher, 2001.a).

U istraživanjima sustava ekološke proizvodnje u Kaliforniji, poljoprivredne kulture usijane nakon zimskog pokrova pokazale su nedostatak hranjivih tvari zbog imobilizacije N i drugih minerala. Nakon inkorporacije pokrovnih usjeva došlo je do povećane biomase mikroorganizama te time i imobilizacija N. Navodnjavanje i dodavanje organske tvari tijekom sušnog razdoblja nakon žetve povećala je brojnost bakterivora i fungivora. Raspoloživi mineralni N bio je viši na parcelama s obiljem organizama koji se hrane bakterijama, čime je ublažen nedostatak N (Ferris i sur., 2004.). Razine mineralnog N u tlu mogu se povećati za 20 % ili više metaboličkom aktivnošću bakterivora i fungivora (Ferris i sur., 2012.c).

Šume imaju tendenciju podržavanja više gljiva u tlu, fungivora i strukturiraniju faunsku zajednicu tla nego travnjaci i livade, dok obradivi sustavi imaju nižu bioraznolikost faune tla i brojnost nematoda u tlu od svih navedenih neuznemirenih ekosustava. Veća bioraznolikost u tlu i biomasa nematoda povezani su s povećanjem funkcija i usluga ekosustava, poput kvalitete tla i produktivnosti usjeva (Paula i sur., 2014., Culman i sur., 2010.).

### *Linearni regresijski model*

Model linearne regresije daleko je najčešće korišteno sredstvo za opis, analizu i predviđanje podataka u znanosti i ekonomiji (Krämer i Sonnberger, 2012.).

Jednadžba procesa analize podataka je relativno jednostavna i glasi:

$$podatci = model + pogreška$$

Podatci predstavljaju osnovne ocjene svojstava ili zapažanja koja želimo analizirati te su obično numerička. Sirovi podatci obično su mnogobrojni i u obliku koji je teško prenijeti drugima, dok je model kompaktniji opis ili prikaz podataka. Takav prikaz podataka lakše je

prenijeti i pomaže u razumijevanju fenomena, stvaranju teorija i olakšavanju predviđanja. Modeli se kreću od jednostavnih (isto predviđanje za svako opažanje u podacima) do složenih (različita predviđanja drugim poznatim atributima svakog promatranja). Posljednji dio jednadžbe je pogreška. Pogreška je iznos za koji model ne uspijeva točno prikazati podatke tj. indeks stupnja do kojeg model pogrešno predviđa opažanja podataka. Cilj analize podataka je izgraditi model koji će predstavljati dobre podatke tako što će pogrešku učiniti što manjom. U nevjerojatno ekstremnom slučaju kada je pogreška 0, podatci bi bili savršeno predstavljeni modelom (Judd i sur., 2017.).

U nematološkim istraživanjima, takvi modeli nisu mnogobrojni, ali su primjenjivi. Wang i sur. (2020.) su proučavali nematodu *Caenorhabditis elegans*, važan model organizam u raznim biološkim istraživanjima. Njihov sustav automatizirane analize slika detektira i segmentira nematode te predviđa koordinate tijela. Na osnovu tih podataka, model, koji je unaprijed obučan za izvođenje regresije koordinata tijela, izvlači mnogobrojne podatke koji se mogu koristiti za predviđanje starosti pojedinih nematoda s velikom preciznošću. Ovakvo istraživanje na *C. elegans* postavlja temelje za buduća istraživanja u kvantificiranju odnosa između fiziološkog i biokemijskog stanja organa i individualnog životnog vijeka.

Poage i sur. (2008.) proveli su istraživanje u tlima suhih dolina McMurdo na Antarktici koje su jedne od najekstremnijih kopnenih sredina, s niskom raznolikošću mikroorganizama, protozoa i metazoa. Na Bull Passu bile su prisutne samo tri vrste nematoda, *Scottnema lindsayae*, *Plectus antarcticus* i omnivora *Eudorylaimus antarcticus*. Model logističke regresije pokazao je snažnu negativnu vezu između slanosti tla i vjerojatnosti pojave živih nematoda.

## 1.2. Ciljevi istraživanja

Ciljevi ovog istraživanja bili su sljedeći:

- odrediti utjecaj međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura na bioraznolikost nematoda u tlu, na strukturu zajednica nematoda te indekse uznemirenja zajednice nematoda i nematološke indekse hranidbenog lanca
- odrediti utjecaj međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura na parametre plodnosti tla te njihovu korelaciju s parametrima koji reflektiraju stanje bioraznolikosti zajednice nematoda u tlu
- odrediti produktivnost međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura kroz prinos te njihovu korelaciju s parametrima koji reflektiraju stanje bioraznolikosti zajednice nematoda u tlu
- razviti model za predviđanje utjecaja istraživanih agroekosustava na bioraznolikost zajednice nematoda u tlu

Postavljena je sljedeća hipoteza:

Kombinacijom drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura smanjuju se negativni utjecaji klime na poljoprivrednu proizvodnju te se stvara nova mikroklima koja pogoduje povećanju bioraznolikosti u tlu.



## 2. MATERIJAL I METODE RADA

Poljski pokus proveden je tijekom tri godine na dvije lokacije u tri različita ekosustava. Istraživanje se sastojalo od terenskog rada, otvaranja pedoloških profila, bioloških, fizikalnih i kemijskih analiza uzoraka tla provedenih u laboratoriju, prikupljanja meteoroloških podataka te statističke obrade podataka.

### 2.2. Eksperimentalni materijal i poljski pokusi

Poljski pokus je bio postavljen na dva lokaliteta, od kojih je jedan bio u Osječko-baranjskoj županiji (Đakovo), a drugi u Vukovarsko-srijemskoj županiji (Ivankovo) te su dobiveni rezultati primjenjivi na šire područje regije dunavskoga sliva (Slika 2.1.). Oba lokaliteta primjenjivali su principe ekološke poljoprivrede kako ne bi imali dodatni čimbenik u agroekosustavu, utjecaj primjene kemijskih pesticida na biološku komponentu tla, zajednicu nematoda, bakterija i gljiva.

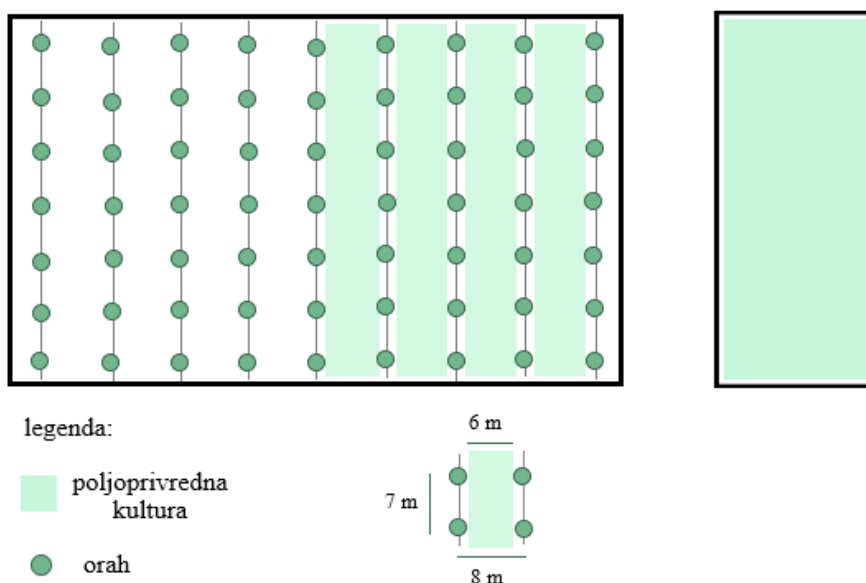


Slika 2.1. Geografski prikaz lokaliteta Đakovo i Ivankovo ([www.google.hr/maps](http://www.google.hr/maps))

### 2.1.1. Agroekološki sustavi

Oba lokaliteta bila su podijeljena na tri parcele koje su predstavljale tri različita ekosustava. Prvi ekosustav bio je ekosustav s poljoprivrednom kulturom (K), drugi je ekosustav bio ekosustav s trajnim nasadom oraha s usijanom poljoprivrednom kulturom između redova oraha (K + O) dok je treći ekosustav bio s trajnim nasadom oraha (O). Promatrani trajni nasadi bili su s cijepljenim orasima sorti *Milotai 10* (90 %) i *Jupiter* (10 %). Plodored, tj. izmjena poljoprivrednih kultura bila je ujednačena na oba lokaliteta kao i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i trajnog nasada oraha te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom.


Eksperimentalni dio pokusa sastojao se od uzorkovanja za nematološke analize, uzorkovanja tla za fizikalne i agrokemijske analize te prikupljanja agroklimatoloških podataka, otvaranja pedološkog profila i izračuna prinosa.



Slika 2.2. Shema pokusa na lokalitetu Đakovo

Prvi lokalitet nalazio se u vlasništvu OPG-a *Jela Paponja* iz Đakova. Na lokalitetu su bile promatrane tri parcele. Prva parcela veličine 1,05 ha (ARKOD ID: 3198790, GPS: 45°18'21,69" N, 18°26' 20,48" E) je predstavljala kontrolu te se na njoj nalazila samo poljoprivredna kultura, dok je parcela trajnih nasada oraha starosti od 9 do 11 godina veličine 2,7 ha (ARKOD ID: 1440464, GPS: 45°18'24,09" N, 18°25'59,95" E) bila podijeljena na dva dijela gdje se u jedan dio (~ 1,35 ha) usijavala poljoprivredna kultura, a drugi dio parcele je

Tablica 2.1. Pedomorfološke značajke profila tla na lokalitetu Đakovo: lesivirano pseudoglejno tlo na lesu

	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0 - 37 cm	P	boja tla: pepeljasto siva tekstura: praškasta ilovača struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	37 - 60 cm	Btg	boja tla: smeđa tekstura: praškasto glinasta ilovača struktura: mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
60 - 125 cm	BtgC	boja tla: sivo smeđa tekstura: praškasta ilovača struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : +	

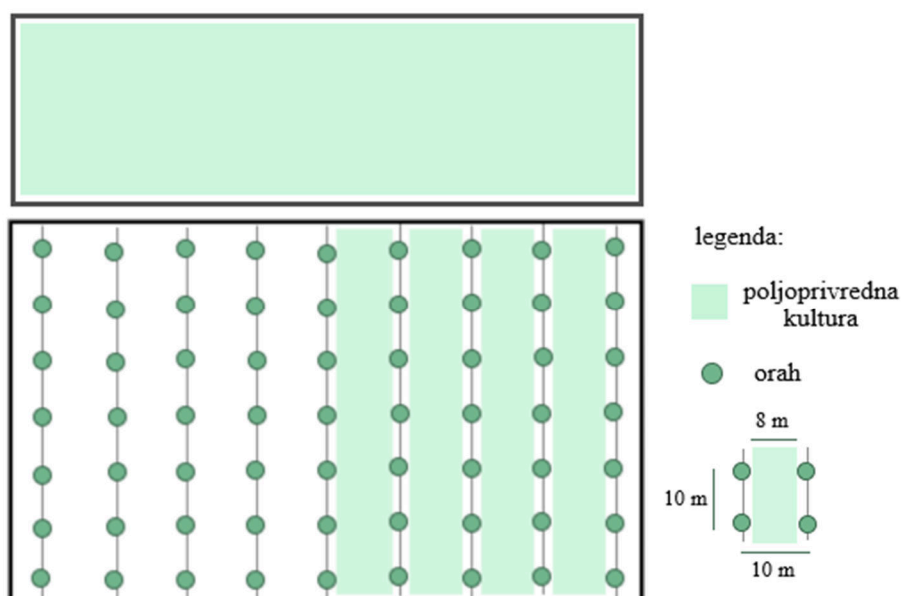
Tablica 2.2. Osnovna agrokemijska svojstva tla na istraživanim lokalitetima

Dubina	Lokalitet	pHH <sub>2</sub> O	pHKCl	Humus	Hy	CaCO <sub>3</sub>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
0-37	Đakovo	6,90	5,05	1,79	3,33	-	8,34	13,67
37-60		6,67	5,00	0,62	2,01	-	7,53	11,00
60-125		7,53	6,47	0,55	-	1,24	8,40	8,63
0-40	Ivankovo	6,92	5,53	1,59	-	0,83	20,11	28,16
40-61		5,52	4,06	0,79	5,03	-	10,43	14,18
61-112		6,10	4,56	0,83	3,54	-	9,47	13,80
112-140		6,23	4,63	0,45	2,32	-	13,22	10,86

ostao samo pod orasima kao trajni nasad. Cjelokupna parcela trajnih nasada oraha (2,7 ha) sastojala se od 9 redova oraha koji su dužine 310 m. Međuredni razmak u nasadu oraha bio je 8 m, a razmak unutar reda bio je 7 m. U četiri reda oraha bile su usijane poljoprivredne kulture u trakama širine 6 m (Slika 2.2. i Slika 2.4.). Pedomorfološke značajke profila lesiviranog pseudoglejnog tla na lesu, na lokalitetu Đakovo, prikazane su u Tablici 2.1, a osnovna agrokemijska svojstva u Tablici 2.2.


Drugi lokalitet se nalazio u vlasništvu OPG-a *Zubo* iz Ivankova. Na ovome lokalitetu bile su također promatrane tri parcele. Prva parcela veličine 1,05 ha (ARKOD ID: 1441347, GPS: 45°19'21,06" N, 18°40'32,49" E) predstavljala je kontrolu te se na njoj nalazila samo poljoprivredna kultura dok je parcela trajnih nasada oraha starosti od 3 do 5 godina veličine 4,35 ha (ARKOD ID: 3310217, GPS: 45°18' 52,71" N, 18°40' 25,49" E) bila podijeljena na dva dijela gdje je u jedan dio (~ 1,35 ha) bila usijana poljoprivredna kultura, a drugi dio parcele je ostao samo pod orasima kao trajni nasad. Cjelokupna parcela s trajnim nasadima oraha se sastojala od 9 redova oraha dužine 250 m. Međuredni razmaci u nasadu kao i razmaci unutar reda bili su 10 m. U četiri reda oraha bile su usijane poljoprivredne kulture u trakama širine 8 m (Slika 2.3. i Slika 2.5.). Pedomorfološke značajke profila lesiviranog pseudoglejnog tla na lesu, na lokalitetu Ivankovo, prikazane su u Tablici 2.3., a osnovna agrokemijska svojstva u Tablici 2.2.

Slika 2.3. Shema pokusa na lokalitetu Ivankovo



S obzirom na to da orah zakiseljava tlo, istraživane poljoprivredne kulture su kulture koje podnose kiselo tlo. Tijekom istraživanja bile su usijane sljedeće ratarske kulture: pšenica sorte KWS *Basmati* (od 10. 2017. do 07. 2018.), uljana repica sorte *Alvaro* KWS kao zelena gnojidba (od 08. 2018. do 04. 2019.) te heljda sorte *Bamby* RWA (od 05. 2019. do 09. 2019.). Cilj zelene gnojidbe je bio povećati sadržaj organske tvari kako bi se potaknula mikrobiološka aktivnost te time i razgradnja juglona.

Tablica 2.3. Pedomorfološke značajke profila tla na lokalitetu Ivankovo: lesivirano pseudoglejno tlo na lesu

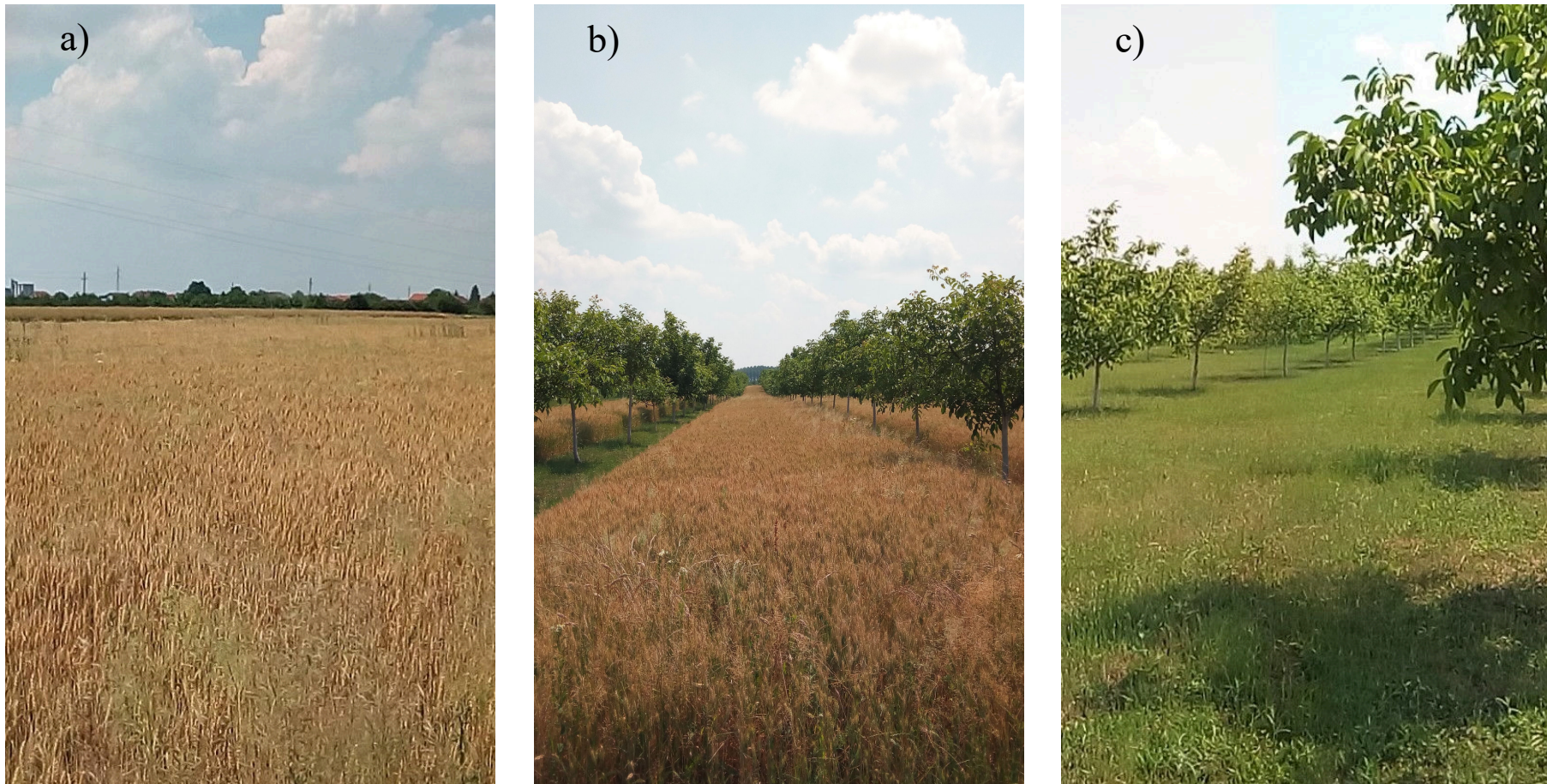
	Dubina	Horizont	Endomorfologija
	0 - 40 cm	IP	boja tla: pepeljasto smeđa tekstura: praškasta ilovača struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : +
	40 - 61 cm	IIP	boja tla: svijetlo smeđa tekstura: praškasta ilovača struktura: sitno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	61 - 112 cm	Btg	boja tla: mramorirano smeđe siva tekstura: praškasto glinasta ilovača struktura: krupno mrvičasta CaCO <sub>3</sub> : -
	112 - 140 cm	BtgC	boja tla: žuta tekstura: praškasta ilovača struktura: praškasta CaCO <sub>3</sub> : -

### 2.1.2. Sjetva i uzgoj kultura na poljskim pokusima

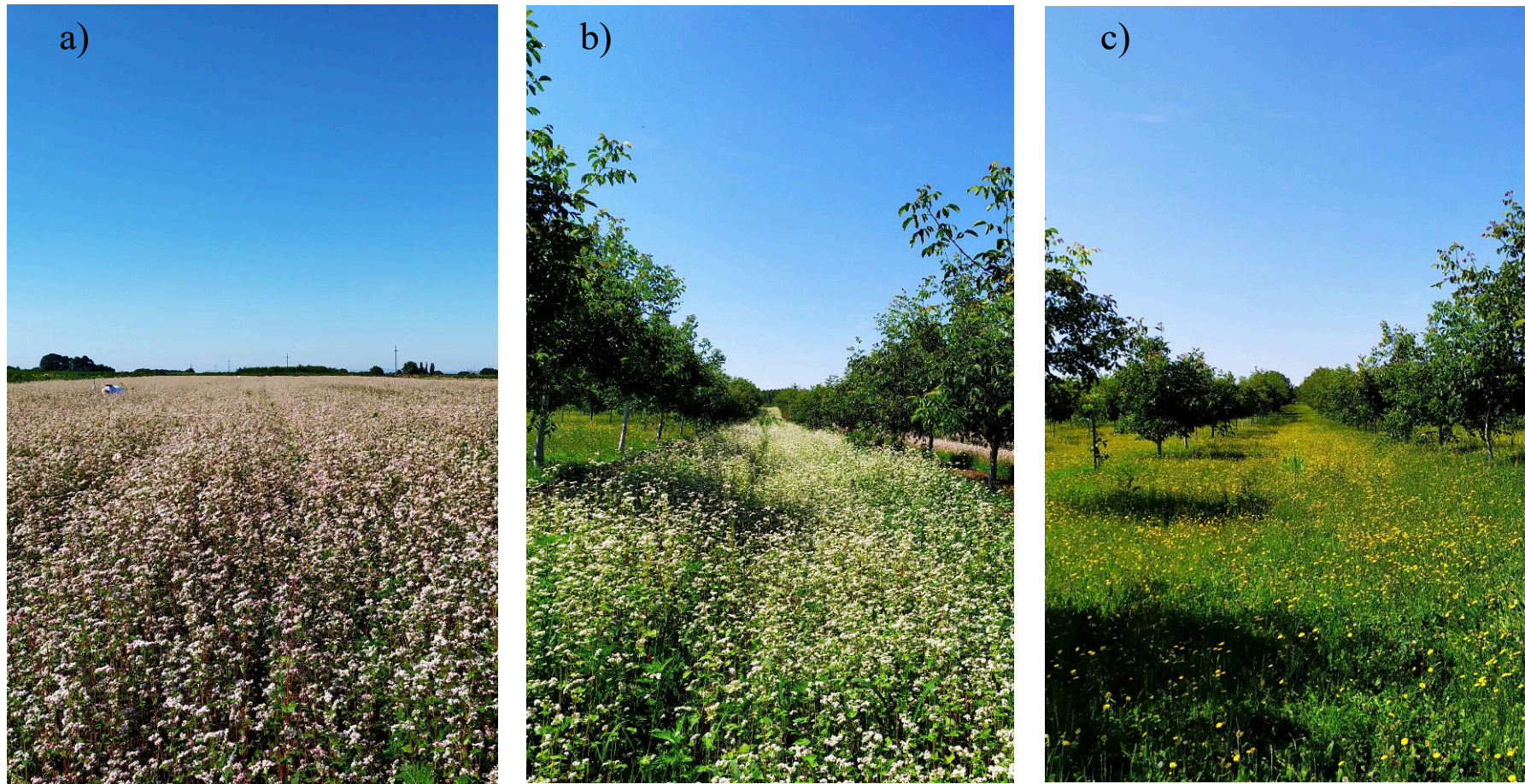
Agronomske mjere su uključivale primjenu agrotehničkih mjera, sredstava za zaštitu bilja i gnojidbu prema pravilima za ekološku proizvodnju. Na pšenici, od mehaničkih mjera provedeno je oranje, tanjuranje, priprema tla, sjetva, dva puta mehaničko uništavanje korova te žetva. Za uljanu repicu obavljeno je oranje, priprema tla i sjetva te zaoravanje zelene mase prije sjetve heljde. Na heljdi od mehaničkih mjera provedeno je tanjuranje, freziranje, sjetva, malčiranje i zaoravanje. Gnojidba pšenice obavljena je folijarno s pripravkom *Condi agro*.

## 2.2. Uzorkovanje tla i obrada uzoraka

Uzorci tla bili su prikupljeni tijekom vegetacije za nematološke analize te fizikalne i agrokemijske analize, na kraju vegetacije za agronomske analize, a mikroklimatski parametri bili su prikupljeni tijekom cijele vegetacijske godine. Prikupljeno je 288 uzoraka za nematološke analize, 72 uzorka za agrokemijske analize te 32 uzorka za agronomske analize.



Slika 2.4. Proučavani ekosustavi pred žetvu pšenice na lokalitetu Đakovo: a) ekosustav s poljoprivrednom kulturom, b) ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i trajnih nasada oraha, c) ekosustav s trajnim nasadom oraha (Izvor: J. Puškarić)



Slika 2.5. Proučavani ekosustavi s heljdom na lokalitetu Đakovo: a) ekosustav s poljoprivrednom kulturom, b) ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i trajnih nasada oraha, c) ekosustav s trajnim nasadom oraha (Izvor: J. Puškarić)

## 2.2.1.1. Uzorkovanje tla za nematološke i mikrobiološke analize

Početno uzorkovanje tla za nematološke analize obavljeno je prije postavljanja pokusa, a za vrijeme trajanja istraživanja uzorkovanje je obavljeno četiri puta tijekom vegetacije pšenice, tri puta tijekom vegetacije uljane repice korištene za zelenu gnojidbu, tri puta tijekom vegetacije heljde te jednom nakon žetve heljde. U ukupno 12 uzorkovanja prikupljeno je 288 uzoraka. Datumi i oznake uzorkovanja tla za nematološke analize prikazani su u Tablici 2.4. Uzorci tla, sa svake parcele, uzorkovani su pomoću uske nematološke sonde, promjera 2 cm, vertikalno do 30 cm dubine (oranični sloj) te je za nematološke analize dobivena masa od 1000 g tla u svježem stanju. Uzorci tla bili su prikupljeni sistematski, na približno istom mjestu pri svakom uzorkovanju. Na lokalitetu Đakovo uzorci su bili prikupljeni između dva reda oraha kod svakog petog stabla unutar parcele, dok su uzorci na lokalitetu Ivankovo bili prikupljeni između dva reda oraha kod svakog trećeg stabla unutar parcele. Prikupljeni uzorci su bili spremljeni u plastične vrećice, označeni rednim brojem te složeni u prijenosni hladnjak kako bi se usporila promjena u zajednici nematoda uzrokovana nastalim mehaničkim uznemirenjem (uzorkovanjem) te smanjio utjecaj vanjskih temperatura, pogotovo u ljetnim mjesecima. Takvi uzorci su u svježem stanju dopremljeni u Centralni laboratorij za fitomedicinu, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Tablica 2.4. Datumi i oznake uzorkovanja tla za nematološke analize

Oznake uzorkovanja	Datum	Poljoprivredna kultura
I.	29. 8. 2017.	-
II.	20. 10. 2017.	pšenica
III.	12. 4. 2018.	
IV.	9. 5. 2018.	
V.	2. 7. 2018.	
VI.	20. 9. 2018.	uljana repica (zelena gnojidba)
VII.	17. 11. 2018.	
VIII.	8. 4. 2019.	
IX.	12. 6. 2019.	heljda
X.	11. 7. 2019.	
XI.	3. 9. 2019.	
XII.	21. 11. 2019.	-



Tlo za mikrobiološke analize odvojeno je od tla prikupljenog za nematološke analize jednom tijekom svake vegetacijske godine, sveukupno tri puta, te poslano u Laboratorij za primijenjenu mikrobiologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek za daljnje mikrobiološke analize. Tlo za mikrobiološke analize uzorkovano je: 9. 5. 2018., 20. 9. 2018. te 3. 9. 2019. godine.

#### 2.2.1.2. Uzorkovanje tla za agrokemijske analize

Početno uzorkovanje tla za agrokemijske analize tla obavljeno je prije postavljanja pokusa (2017.), a za vrijeme trajanja istraživanja uzorkovanje je obavljeno jednom tijekom vegetacije pšenice (2018.), te jednom tijekom vegetacije heljde (2019.), ukupno tri uzorkovanja te 72 uzorka. Tlo za agrokemijske analize uzorkovano je: 29. 8. 2017., 20. 9. 2018. te 3. 9. 2019. Uzorci tla, sa svake parcele, uzorkovani su pomoću pedološke sonde, vertikalno do 30 cm dubine, te je za agrokemijske analize dobivena masa od približno 1000 g tla u svježem stanju. Uzorci tla prikupljeni su nasumično na oba lokaliteta unutar svake parcele. Prikupljeni uzorci spremljeni su u plastične vrećice i označeni rednim brojem. Takvi uzorci su u svježem stanju dopremljeni u Centralni laboratorij za agroekologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

#### 2.2.2. Obrada uzoraka

Uzorci za nematološke i mikrobiološke analize su nakon uzorkovanja bili spremljeni u hladnjak na 4 °C do pripreme i ispiranja uzoraka za daljnje analize.

Uzorci za fizikalne i agrokemijske analize su bili očišćeni od organskih ostataka i ostalih primjesa te osušeni na sobnoj temperaturi u tankom sloju u Centralnom laboratoriju za agroekologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Osušeni uzorci su zatim bili usitnjeni mlinom za tlo radi očuvanja mikrostrukturnih agregata tla te prosijani kroz sito kružnih otvora promjera 2 mm i homogenizirani. Tako pripremljeni uzorci tla bili su uskladišteni u papirnim vrećicama te kartonskim kutijama do trenutka pripreme za analizu prema standardnom propisanom postupku (ISO 11464, 1994.).

### 2.3. Laboratorijske analize tla

Laboratorijske analize tla provedene su na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, a uključivale su nematološke i mikrobiološke analize te analize fizikalnih, agrokemijskih i pedoloških svojstava tla te agronomska svojstva.

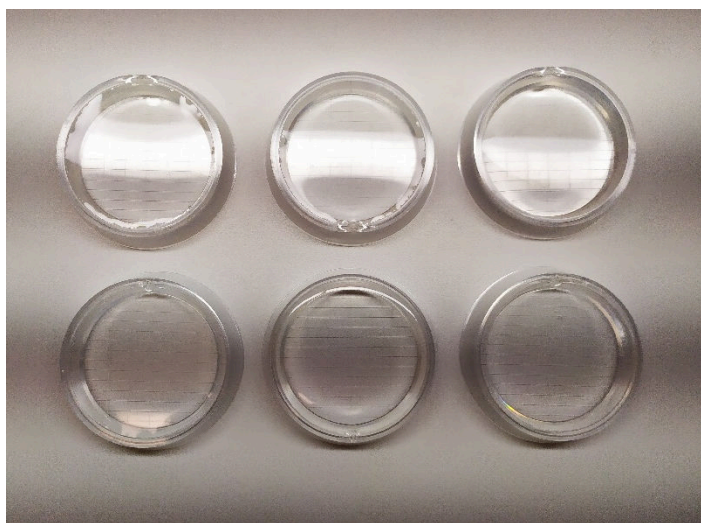
### 2.3.1. Metode utvrđivanja biološke raznolikosti

#### 2.3.1.1. Nematološke analize

##### *Baermannova metoda lijevaka*

Izdvajanje nematoda iz tla obavljeno je u Centralnom laboratoriju za fitomedicinu tj. Laboratoriju za nematologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Baermanovom metodom lijevaka (Baermann, 1917., Van Bezooijen, 2006.).

Metoda Baermannovih lijevaka korištena je za izdvajanje aktivnih nematoda iz tla, a zasniva se na pokretljivosti nematoda koje se odvajaju od zemlje i tonu. Komad gumene cijevi je postavljen na donji dio lijevka, te je cijev zatvorena stegom. Tako pripremljeni lijevak postavljen je na prstenasti stalak te je 2/3 lijevka napunjeno vodom. Na vrh lijevka stavljeno je sito s mrežicom promjera 1 mm kako bi pridržalo filter papir. Pripremljeni uzorak tla izmiješan je te prosijan na plastičnu podlogu kroz posebno sito okruglih otvora kako bi se odvojili ostaci biljaka i ostale nečistoće. Izmiješano i prosijano tlo nasumično je pokupljeno u prethodno tariranu staklenu čašu te je odvagano 100 g tla. Tako pripremljeno tlo postavljeno je ravnomjerno na pripremljeni vlažni filter papir koji se nalazio na situ na lijevku, zatim je dodan ostatak vode u lijevak tako da je voda prekrila tlo oko 2 mm. Uzorak je ostavljen 24 h tijekom kojih se nematode odvajaju od čestica tla, prolaze kroz filter papir i zbog djelovanja gravitacije padaju na dno lijevka, u čistu vodu, dok filter papir služi za zadržavanje tla na situ. Uzorci se mogu ostaviti i duže, ali postoji mogućnost ugibanja nematoda zbog nedostatka kisika.



Slika 2.6. Posudice za prebrojavanje nematoda (Izvor: J. Puškarić)

Nakon 24 h stega je otpuštena i 100 ml suspenzije nematoda je prikupljeno u označenu staklenu laboratorijsku čašu. Uzorak je stavljen u hladnjak na 2 h dok se nematode slegnu na dno čaše. Nakon 2 h izdvojen je višak vode laganim pipetiranjem s površine čaše, uz rub, dok ne ostane oko 20 ml. Preostalih 20 ml lagano je promućkano pipetom te uliveno u posudicu za prebrojavanje nematoda, plastičnu plitku posudicu s okomitim i vodoravnim crtama na dnu za lakše prebrojavanje nematoda (Slika 2.6.). Nematode su prebrojane pod stereozoom lupom (Olympus BX 16) pomoću ručnog brojača.

#### *Masovna fiksacija suspenzije nematoda*

U ovoj se metodi ubijanje i fiksacija nematoda događa istovremeno s vrućim i hladnim fiksativom. Tehnika je izvedena iz Seinhorstove metode za fiksiranje pojedinih nematoda (1966., 1973.). Iz suspenzije nematoda, koja je prethodno ispuštena iz Baermannovih lijevaka i ostavljena 2 h kako bi se nematode sedimentirale na dno čaše, pipetirana je pažljivo tekućina dok ne ostane oko 10 ml suspenzije. Za pipetiranje viška vode korištena je automatska pipeta tako da vrh pipete dodiruje površinu vode kako se talog nematoda ne bi uznemirio te ne bi došlo do gubitka sedimentiranih nematoda. Ostalih 10 ml suspenzije lagano je promiješano kako bi se nematode podigle te je takva suspenzija ulivena u epruvetu od 10 ml. Nakon toga suspenzija je ostavljena najmanje jedan sat kako bi se nematode opet sedimentirale na dnu. Nakon sat vremena pažljivo je izdvojeno što više tekućine mikropipetom pod mikroskopom kako bi se spriječilo usisavanje nematoda u mikropipetu. Kako bi se postiglo optimalno ubijanje i fiksacija nematoda, treba ostaviti što manje vode, ali nematode moraju ostati u vodenom filmu. Epruvete koje su prethodno stavljene na stalke napunjene su 4 % - tnom formalinom, u digestoru zbog štetnosti formalina.

#### Formula za fiksativ na bazi 4 % - tnog formalina:

Formalin (= 37 % - tni formaldehid)	10,8 ml
Destilirana voda	89,2 ml

Velika laboratorijska čaša napunjena je vodom te stavljena na grijaču ploču. U tu vodu su uronjene epruvete s 4 % - tnom formalinom tako da razina vode ne prelazi rub epruvete te je voda zagrijana do stvaranja malih mjehurića koji ukazuju da je temperatura vode oko 90 °C. U međuvremenu hladni je formalin uliven u drugu epruvetu. Vrući je fiksator preliven preko nematoda koje su se nalazile u epruveti od 10 ml te je zatim brzo uliven i hladni fiksator

kako bi se spriječila deformacija samih nematoda. Zatim je pažljivo zatvorena epruveta kako bi se izbjeglo isparavanje tekućine, uzorak je označen i spremljen do daljnjeg korištenja.

*Prijenos na glicerin: glicerin - etanol metoda*

Probavni sustav nematoda često postane zrnast nakon fiksacije. Prebacivanjem nematoda u glicerin njihove strukture postanu jasnije, pa organi poput spolnih ponovno postanu vidljivi (iako strukture koje lome svjetlost, poput stileta, mogu izbljedjeti). Glicerin je također dugotrajan medij, pogodan za izradu trajnih preparata. Nedavno fiksirane nematode, koje još nisu otvrdnule, ne prenose se izravno na glicerin, jer bi se smanjile zbog visokog osmotskog tlaka. Kod glicerin - etanol metode (Seinhorst, 1959.) nematode su postupno dehidrirane i infiltrirane glicerinom pomoću dvije otopine (S.1 i S.2). Ova metoda je dugotrajna i može se koristiti za prijenos pojedinih nematoda ili cijelih suspenzija na trajne preparate.

Formula za S.1. otopinu:

Etanol (96 %)	20 ml
Glicerin	1 ml
Destilirana voda	79 ml

Formula za S.2. otopinu:

Etanol (96 %)	93 ml
Glicerin	7 ml

Nakon fiksacije nematoda prema Seinhorstovoj metodi, nematode su ostavljene najmanje dva tjedna u formalinu kako bi izbljedile i stvrdnule, po mogućnosti se mogu ostaviti i duže. Zatim su nematode prenesene u posudu za fiksiranje i dodana je S.1 otopina. Posuda za fiksiranje je postavljena u eksikator s tankim slojem 96 % - tnog etanola. Eksikator je zatim stavljen u inkubator na 40 °C. Zbog etanola, na visokoj temperaturi stvorena je zasićena alkoholna para pa se povećala koncentracija alkohola u posudi za fiksiranje i došlo je do dehidracije nematoda. Nakon 16 do 24 sata, ispipetirana je otopina S.1 pod mikroskopom pomoću mikropipete i dodana je otopina S.2. Posuda za fiksiranje postavljena je u zatvorenu Petrijevu zdjelicu i vraćena u inkubator. Nakon dva sata dodano je dvije kapi dehidriranog glicerina. Alkohol je ispario pomoću S.2. otopine te su nematode ostavljene u glicerinu. Nakon dodatnih 16 do 24 sata, kad je alkohol ispario, posuda za fiksiranje je stavljena u

eksikator koji sadrži silikagel ili neku drugu vrstu sredstva za sušenje kako bi posljednji tragovi vode isparili.

### *Preparati nematoda*

Preparati nematoda su izrađeni na običnim predmetnim stakalcima. Prilikom provođenja analize zajednica nematoda, uobičajeno su korištena velika predmetna stakalca (76 x 50 mm) na koje je stala cijela zajednica iz jednog uzorka ili su korištena manja predmetna stakalca (26 x 76 mm) gdje je cijela zajednica podijeljena na dva stakalca (Bongers i sur., 1989.). Parafinski prsten je korišten da bi se izbjeglo drobljenje nematoda jer drži pokrovno stakalce, ali i kako bi se spriječilo isušivanje jer parafinski prsten zapečati preparat. Također, njegova prednost je i u tome što zadržava nematode na malom području što olakšava determinaciju. Kako bi nastao parafinski prsten, mesingana cijev je zagrijana na plameniku, rub mesingane cijevi umočen je u čvrsti parafin i lagano utisnut na predmetno stakalce tako da ostane tanak prsten parafina na predmetnom stakalcu. Kapljica uzorka s dehidriranim glicerinom stavljena je u sredinu parafinskog prstena te pokrivena pokrovnim stakalcem. Takav preparat je stavljen na grijaču ploču na 65 do 90 °C dok se parafinski prsten nije potpuno otopio i zapečatio kapljicu vode između predmetnog i pokrovnog stakalca. Zatim je preparat skinut s ploče i ostavljen sa strane dok se parafin potpuno nije stvrdnuo.

### *Determinacija nematoda*

Gotovi preparati nematoda korišteni su za determiniranje nematoda do roda pomoću stereozoom mikroskopa (Olympus BX 50). U svakom uzorku determinirano je minimalno 100 nematoda do roda ili sve nematode u uzorku, ako ih je bilo manje od 100 po uzorku. Mjerenja nematoda izvršena su pomoću programa Promicra – QuickPHOTO MICRO 3.1., a determinacija je obavljena po ključevima: Bongers, 1998., Mai i Lyon, 1975., Hunt, 1993., Zullini, 2010., Siddiqi, 2000. i Andrassy, 2005., 2007. i 2009. te po ključevima tj. opisima pojedinih vrsta nematoda objavljenim u relevantnim znanstvenim radovima.

Nakon determinacije nematoda do rodova (Slike 2.7., 2.8., 2.9., 2.10., 2.11. i 2.12.), nematode su grupirane u različite trofičke i cp te pp skupine. Analize nematoda obuhvatile su analizu biološke raznolikosti nematoda tj. ukupne brojnosti nematoda u uzorku (u 100 g tla), analizu bioraznolikosti rodova nematoda, analizu trofičkih skupina nematoda (Yeates i sur., 1993.), zatim analizu indeksa uznemirenja zajednice nematoda tj. analizu indeksa zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5), fitoparazitskog indeksa (PPI), omjer PPI/MI (Bongers i Korthals, 1995., Bongers i sur., 1997.), te analizu nematoloških indeksa

hranidbenog lanca tj. bazalni indeks (BI), indeks obogaćenja (EI), indeks strukture tla (SI), indeks puteva razgradnje u tlu (CI) (Ferris i sur., 2001.) te ekološki indeks raznolikosti zajednice nematoda (Shannonov indeks raznolikosti, H') (Shannon i Weaver, 1949.).

Sve nematode u jednom uzorku (u 100 g tla) prebrojane su ručnim brojačem, a nakon determinacije nematoda određena je brojnost rodova. Trofičke skupine nematode vezane su za način ishrane nematoda koji se može prepoznati po morfološkim karakteristikama usnog ustroja. Od 15 poznatih načina ishrane nematoda, trofičke skupine determinirane u uzorcima bile su bakterivore, fungiovore, fitoparaziti, omnivore te predatori. Bakterivore, fungiovore, omnivore i predatori se dijele u cp skupine, a fitoparazitske nematode se dijele u PP skupine. cp skupine bazirane su na cp ljestvici od 1 do 5, gdje 1 predstavljaju kolonizeri (c, r-selekcija), a 5 perzisteri (p, K-selekcija). Svaka taksonomska jedinica nematoda, obično na razini porodice, klasificirana je u jedan od pet cp skupina. Rodovi i vrste unutar taksonomske jedinice imaju istu cp vrijednost kao i njihova porodica za kopnene i slatkovodne taksonomske jedinice ili rodove u slučaju nekih morskih vrsta. Pp ljestvica jednaka je kao i cp ljestvica, a služi samo za fitoparazitske nematode i kreće se od 2 do 5 (Yeates i sur., 1993.).



Slika 2.7. Bakterivora porodice Rhabditidae s jajašcima (Izvor: J. Puškarić)



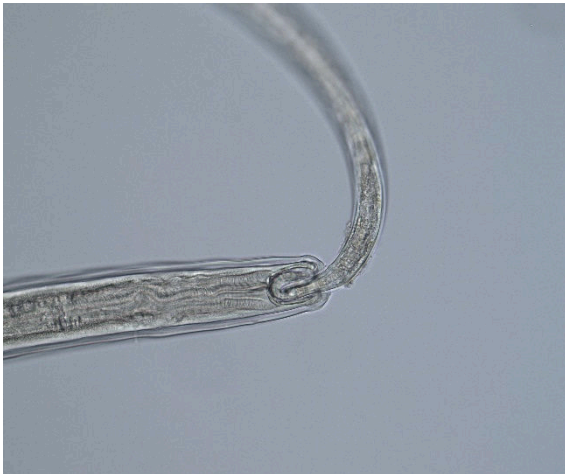
Slika 2.8. Fitoparazit *Gracilacus* sp. (Izvor: J. Puškarić)



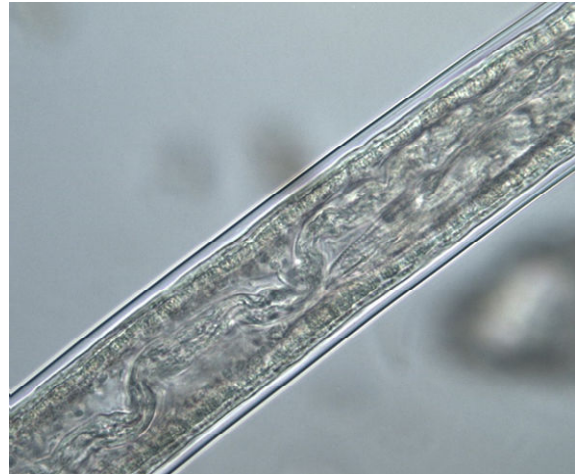
Slika 2.9. Fungivora *Diphtherophora* sp.  
(Izvor: J. Puškarić)



Slika 2.10. Omnivora *Mesodorylaimus bastiani* koja se hrani na nematodi (Izvor: J. Puškarić)



Slika 2.11. Predator *Anatonchus* sp. koji se hrani na nematodi (Izvor: J. Puškarić)



Slika 2.12. Fitoparazit *Malenchus* sp. u probavnom sustavu predatora *Anatonchus* sp. (Izvor: J. Puškarić)

Indeksi uznemirenja zajednice nematoda (Bongers, 1990., Bongers i sur., 1997.) dijele se na indekse zrelosti tla ili *Maturity Indices* (MI i MI 2-5), fitoparazitski indeks ili *Plant parasitic index* (PPI) te omjer PPI/MI.

Indeks zrelosti tla (MI) temelji se na trofičkim skupinama nematoda koje se ne hrane biljkama i ukazuje na jačinu uznemirenja ekosustava. U izračun MI indeksa ne ubrajaju se fitoparazitske nematode jer fitoparazitske nematode imaju potpuno različit način života i ovise o prisutnosti biljaka. Niske vrijednosti MI ukazuju na uznemirenje (uključujući i obogaćenja tla prihranom), dok visoke vrijednosti MI ukazuju na stabilan ekosustav (Bongers, 1990.). U osnovi je MI ekološki pokazatelj stanja sukcesije sustava pri čemu

različita uznemirenja rezultiraju vraćanjem sukcesije u ranije stanje (Odum, 1985.). Kod proučavanja zajednice nematoda, sukcesijski zastoj ekosustava odražava se nižim vrijednostima MI tog ekosustava (Bongers i sur., 1997.). Formula za izračunavanje indeksa zrelosti zajednice nematoda je:

$$MI = \frac{\sum [v(i) * f(i)]}{n}$$

gdje je  $v(i)$  vrijednost cp ljestvice (1 do 5) koja pripada determiniranom rodu  $i$ ,  $f(i)$  je frekvencija tog roda u uzorku, a  $n$  je ukupan broj nematoda u uzorku (osim fitoparazitskih nematoda).

Indeks zrelosti tla (MI 2-5) identičan je kao i MI, ali isključuje oportuniste cp 1 skupine jer u nekim slučajevima izvor uznemirenja i onečišćenja okoliša može postati izvor hrane za mikrobiološku zajednicu koja je izvor hrane za nematode cp-1 skupine (Bongers i Korthals, 1993.). U tom slučaju umnožavaju se nematode cp-1 skupine što ne predstavlja nužno realnu sliku ispitivanog ekosustava.

Fitoparazitski indeks (PPI) je usporediv s MI, ali izračunava se samo za fitoparazitske nematode s obrazloženjem da je njihova brojnost usko povezana s rastom, razvojem i vitalnosti biljke domaćina, što je povezano s obogaćivanjem sustava. U prirodnim ekosustavima koji nisu bogati hranjivima često su veliki udjeli Tylenchidae (cp-2) u zajednici nematoda, pa je PPI niži nego u poljoprivrednim ekosustavima s obilnim izvorom hranjiva, obrnuto proporcionalno od vrijednosti MI za iste sustave (Bongers, 1990., Bongers i sur., 1997.). Formula za izračunavanje fitoparazitskog indeksa je:

$$PPI = \frac{\sum [v(i) * f(i)]}{n}$$

gdje je  $v(i)$  vrijednost PP ljestvice (2 do 5) koja pripada determiniranom rodu  $i$ ,  $f(i)$  je frekvencija tog roda u uzorku, a  $n$  je ukupan broj nematoda u uzorku (samo za fitoparazitske nematode).

Vrijednosti omjera PPI/MI niže su u uvjetima siromašnim izvorima hranjivih tvari nego u uvjetima bogatim izvorima hranjivih tvari. PPI/MI je osjetljiv pokazatelj dostupnosti hrane u agroekosustavima (Bongers i Korthals, 1995., Bongers i sur., 1997.).



Nematološki indeksi hranidbenog lanca (Ferris i sur., 2001.) dijele se na bazalni indeks ili *Basal index* (BI), indeks obogaćenja ili *Enrichment index* (EI), indeks strukture ili *Structure index* (SI) te indeks puteva razgradnje organske tvari u tlu ili *Channel Index* (CI).

Indeks obogaćenja (EI) i indeks strukture (SI) pokazatelji su stanja hranidbene mreže, a temelje se na funkcionalnim skupinama nematoda. Funkcionalne skupine nematoda definirane su kao matrica trofičkih skupina nematoda (način ishrane) s biološkim, ekološkim i evolucijskim karakteristikama prikazanim kroz cp klasifikaciju. Nematode koje se hrane bakterijama, a pripadaju cp-1 skupini, označuju se kao funkcionalna skupina *Ba1*, dok su bakterivore koje pripadaju cp-2 skupini označene kao funkcionalna skupina *Ba2* itd. Nematode svih trofičkih skupina klasificirane kao cp-2 smatraju se osnovnim tj. baznim (b) za oba navedena indeksa, za puteve obogaćenja i strukturu zajednice nematoda. Bakterivore cp-1 skupine i fungivore cp-2 skupine pokazatelji su obogaćenja (e), dok su pokazatelji strukture (s) nematode svih trofičkih skupina koje pripadaju skupinama na cp skali od 3 do 5. Pokazatelji funkcionalnih skupina ponderiraju se prema stopama rasta i metabolizmu (iskorištenju resursa). Konstantne vrijednosti pondera strukture i obogaćenja ( $W_i$ ) dali su Ferris i sur. (2001.). Zajednica nematoda se sastoji od osnovnih (b), obogaćujućih (e) i strukturnih (s) komponenti, a formule za njih su:

$$b = (Ba2 + Fu2) * W_2$$

$$e = (Ba1 * W_1) + (Fu2 * W_2)$$

gdje je  $W_1 = 3,2$ , a  $W_2 = 0,8$ .

$$s = (Ba_n * W_n) + (Fu_n * W_n) + (Om_n * W_n) + (Pr_n * W_n)$$

gdje je  $n = 3-5$ , tj.  $W_3 = 1,8$ ,  $W_4 = 3,2$  i  $W_5 = 5$ .

Indeks obogaćenja (EI), indeks strukture (SI), bazalni indeks (BI) i indeks puteva razgradnje organske tvari (CI) izračunavaju se iz ponderiranih komponenti nematološke faune tla, prema formulama:

$$EI = \frac{100 * e}{e + b}$$

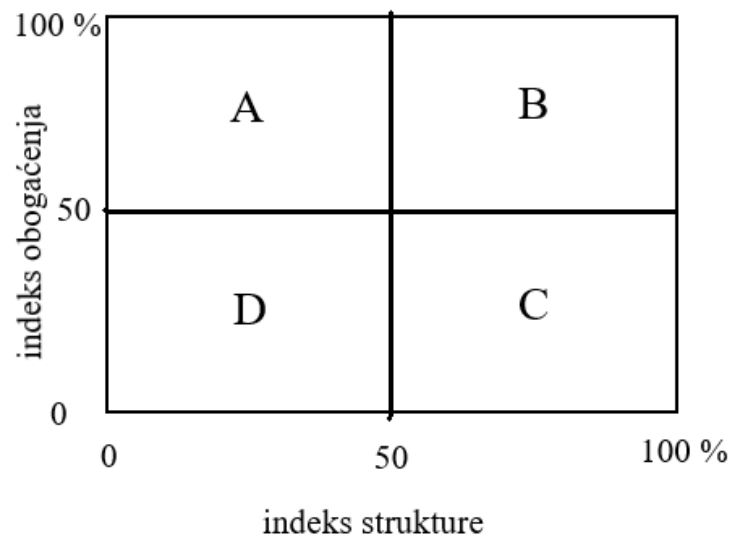
$$SI = \frac{100 * s}{s + b}$$

$$BI = \frac{100 * b}{e + s + b}$$

$$CI = \frac{100 * Fu2 * W_2}{(Ba1 * W_1) + (Fu2 * W_2)}$$

EI ukazuje na intenzitet obogaćivanja hranjivim tvarima, dok je SI pozitivno koreliran sa stupnjem zrelosti ekosustava. BI je pokazatelj prevalencije nematoda koji su tolerantni na stres tj. pokazuje obilje općih oportunisti, te su u tlima poželjne niže vrijednosti BI. Veće vrijednosti CI odgovaraju većem udjelu energije transformirane sporijim putevima razgradnje organske tvari pomoću gljiva.

Stanje hranidbene mreže tla i ekosustava može se prikazati kroz kvadrante i trokute, na temelju analiza ponderirane nematološke zajednice. Kvadranti i trokuti se odnose na uređenje faune u faunističkom profilu (Ferris i sur., 2001.), a izrađeni su u programu *NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring* (Sieriebriennikov, 2014.) (Slika 2.13., Tablica 2.5.).



Slika 2.13. Shematski prikaz kvadranta analize hranidbene mreže (Ferris i sur., 2001.)

Tablica 2.5. Svojstva tla vezana za grafički prikaz strukture i kvalitete tla po kvadrantima (Ferris i sur., 2001.)

Karakteristike tla	Kvadrant A	Kvadrant B	Kvadrant C	Kvadrant D
uznemirenje	visoko	srednje do umjereno	neuznemireno	stres
raspoloživost N	visoka	visoka	umjerena	iscrpljeno
putevi razgradnje organske tvari	bakterijski	bakterijski i gljivični	gljivični	gljivični
C:N omjer	nizak	nizak	umjeren do visok	visok
stanje hranidbene mreže	uznemireno	sazrijevanje	strukturirano	degradirano

Korisnost zajednice nematoda kao i stabilnost ekosustava može se vidjeti i kroz otisak nematoda na okoliš. Metabolički otisci nematoda kvantificiraju amplitudu iskorištavanja ugljika kroz različite uloge u hranidbenoj mreži tla (Ferris, 2010.).

Metabolička i respiratorna energija nematoda koje nastanjuju tlo izračunate su na osnovi stope disanja, tj. potrošnji O<sub>2</sub> po satu i obično se izračunava u nl/h. Brzina metabolizma je stopa potrošnje O<sub>2</sub> po jedinici tjelesne težine, mjerena u nl/μg\*h (Ferris, 2010.).

Stope disanja nematoda po jedinki proporcionalne su veličini jedinki i ovise o bazalnom metabolizmu i tjelesnoj težini, a može se izračunati po formuli:

$$R = (a * W^b)$$

gdje je  $R$  stopa disanja,  $W$  je svježa težina jedinke, dok su  $a$  i  $b$  regresijski parametri takvi da je  $b$  blizu 0,75 za nematode i druge beskralježnjake (Ferris, 2010., Klekowski i sur., 1974., Nicholas, 1975., Apple i Korostyshevskiy, 1980. i Atkinson, 1980.).

Tjelesna masa nematoda može se izračunati pomoću Andrassyjeve (1956.) formule:

$$W = \frac{L * D^2}{1,6 * 10^6}$$

gdje je  $W$  svježa masa jedinke (μg),  $L$  je duljina nematode (μm) i  $D$  je najveći promjer tijela nematode (μm). Masa rodova nematoda determiniranih u ovom istraživanju nalaze se u Tablici 2.6.

Formula se temelji na najčešćem morfološkom obliku tijela nematode, izduženom i cilindričnom tijelu koje se sužava prema oba kraja nematode, dok je anteriorni kraj tupo zaobljen, a posteriorni oštiji.

Tablica 2.6. Masa determiniranih nematoda (<http://nemaplex.ucdavis.edu/>)

Rodovi nematoda		cp	masa, µg	Rodovi nematoda		cp	PP	masa, µg	
BAKTERIVORE	<i>Acrobeles</i>	2	0,600	FITOPARAZITI	<i>Axonchium</i>	5		3,263	
	<i>Acrobeloides</i>	2	0,227		<i>Basiria</i>	2		0,151	
	<i>Acrolobus</i>	2	0,136		<i>Gracilacus</i>	2		0,033	
	<i>Alaimus</i>	4	0,534		<i>Helicotylenchus</i>	3		0,287	
	<i>Anaplectus</i>	2	1,497		<i>Malenchus</i>	2		0,076	
	<i>Cephalobus</i>	2	0,257		<i>Paratylenchus</i>	2		0,053	
	<i>Cervidellus</i>	2	0,152		<i>Pratylenchus</i>	3		0,126	
	<i>Chiloplacus</i>	2	0,508		<i>Psilenchus</i>	2		0,580	
	<i>dauer larvae</i>	1	2,846		<i>Rotylenchus</i>	3		3,559	
	<i>Diplogaster</i>	1	1,886		<i>Tylenchorhynchus</i>	3		0,234	
	<i>Diploscapter</i>	1	0,261		<i>Tylenchus</i>	2		0,354	
	<i>Drilocephalobus</i>	2	0,100		<i>Xiphinema</i>	5		5,668	
	<i>Eucephalobus</i>	2	0,243		OMNIVORE	<i>Aporcelaimellus</i>	5		9,079
	<i>Eumonhystera</i>	2	0,241			<i>Aporcelaimium</i>	5		9,540
	<i>Geomonhystera</i>	2	0,287	<i>Enchodelus</i>		4		3,434	
	<i>Heterocephalobus</i>	2	0,356	<i>Epidorylaimus</i>		4		1,647	
	<i>Metateratocephalus</i>	3	0,073	<i>Eudorylaimus</i>		4		3,090	
	<i>Microlaimus</i>	3	0,146	<i>Labronema</i>		4		10,059	
	<i>Panagrobelus</i>	1	0,429	<i>Mesodorylaimus</i>		4		1,306	
	<i>Panagrolaimus</i>	1	0,612	<i>Microdorylaimus</i>		4		0,201	
	<i>Plectus</i>	2	0,902	<i>Paraxonchium</i>		5		5,700	
	<i>Prismatolaimus</i>	3	0,413	<i>Prodorylaimus</i>		4		5,787	
	<i>Rhabditidae</i>	1	5,037	<i>Pungentus</i>	4		2,080		
	<i>Teratocephalus</i>	3	0,078	PREDATORI	<i>Anatonchus</i>	4		9,371	
<i>Aphelenchoides</i>	2	0,145	<i>Clarkus</i>		4		4,389		
<i>Aphelenchus</i>	2	0,231	<i>Mylonchulus</i>		4		1,745		
<i>Diphtherophora</i>	3	0,504	<i>Prionchulus</i>		4		10,584		
<i>Ditylenchus</i>	2	0,494	<i>Pristionchus</i>		1		4,499		
<i>Dorylaimoides</i>	4	1,159	<i>Tripyla</i>		3		5,020		
<i>Filenchus</i>	2	0,098							
<i>Tylencholaimellus</i>	4	0,564							
<i>Tylopharynx</i>	1	0,532							

Pomoću brojnosti rodova, mase nematoda i stope disanja, izračunat je metabolički otisak na okoliš svake trofičke skupine posebno (metabolički otisak bakterivora, fungivora, fitoparazita, omnivora i predatora) te kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda

(otisak cjelokupne zajednice nematoda), metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda (metabolički otisak svih nematoda cp-1 skupine i fungivora cp-2 skupine na okoliš) i metabolički otisak strukture zajednice nematoda (metabolički otisak svih nematoda cp-3, cp-4 i cp-5 skupina te predatora cp-2 skupine na okoliš).

Nekoliko pokazatelja raznolikosti vrsta koristi se u mnogobrojnim literaturama o biološkoj raznolikosti i ekološkom praćenju vrsta. Često korišten indeks je Shannonov indeks raznolikosti zajednice nematoda (Shannon-Weaver indeks ili *Shannon diversity index*,  $H'$ ) (Shannon i Weaver, 1949.) koji se može izračunati po formuli:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

gdje je  $p_i$  u ekološkim istraživanjima udio jedinki koje pripadaju  $i$ -oj vrsti u zajednici od interesa. Tada Shannonova entropija kvantificira nesigurnost u predviđanju vrste jedinke koja je slučajno uzeta iz skupa podataka.

#### 2.3.1.2. Mikrobiološke analize

Uzorci za mikrobiološke analize tla odvojeni su od uzoraka za nematološke analize kako bi se ustanovila povezanost između brojnosti nematoda te nematoloških indeksa i ukupnog broja bakterija i gljiva u tlu. Mikrobiološke analize provedene su u Laboratoriju za primijenjenu mikrobiologiju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Nakon homogenizacije uzorka tla, odvojeno je 10 g tla od homogeniziranog uzorka te dodano u tikvicu u koju je prethodno stavljeno 90 ml fiziološke otopine (0,8 %). Nakon toga je uslijedilo mućkanje uzorka.

Nacjepljivanje uzorka obavljeno je na krutim selektivnim podlogama za određene mikroorganizme. Za uzgoj podloga dodan je 1 ml svakog razrjeđenja u odgovarajućem mediju, koristeći krumpir dekstrozni agar (PDA, *Liofilchem*) za gljive i *Tryptone Glucose Yeast Extract Agar* (TGA, *Biolife*) za bakterije. U PDA podlogu je dodan pripravak na bazi kloramfenikola za inhibiciju rasta bakterija, a u TGA otopina cikloheksimida za inhibiciju rasta gljiva. Podloge za gljive su inkubirane 72 sata na 28 °C dok su podloge za bakterije inkubirane 48 sati na 30 °C. Ukupan broj bakterija i gljiva određen je Kochovom metodom (Reddy i sur., 2007.), brojanjem kolonija gljiva i bakterija na agarnoj podlozi u Petrijevim zdjelicama. Prebrojavanje kolonija izvršeno je pomoću brojača kolonija. U obzir su uzete samo one Petrijeve posude u kojima je broj kolonija bio u rasponu od 25 do 300. Ovakav

raspon je postignut naciepljivanjem više decimalnih razrjeđenja. Izvedena su različita razrjeđenja od  $10^1$  do  $10^6$ . Između prenošenja pojedinog uzorka u sljedeće decimalno razrjeđenje izvršena je homogenizacija prethodnog uzorka na Vortex-u. Broj kolonija odgovarao je broju bakterijskih stanica u uzorku i označen je kao broj jedinica koje tvore kolonije ili CFU (*Colony Forming Units*). Broj ukupnih bakterija, odnosno gljiva, izražava se na sljedeći način:

$$CFU = \frac{\text{broj prebrojnih kolonija} * (100 + Sv) * \text{stupanj decimalnog razrjeđenja}}{100}$$

gdje je *Sv* sadržaj vlage u uzorku tla

### 2.3.2. Metode utvrđivanja agrokemijskih, pedoloških i agronomskih svojstava

#### 2.3.2.1. Agrokemijska svojstva

Iz uzoraka pripremljenih za agrokemijske analize analizirana su sljedeća agrokemijska svojstva na dubini od 0 do 30 cm: pH vrijednost (ISO 10390:2005.), sadržaj humusa u tlu bikarbonatnom metodom (HRN ISO 14235:1998), koncentracija lakopristupačnog fosfora i kalija AL metodom (Egnér i sur., 1960.) pomoću ICP-OES-a i spektrofotometrijski, hidrolitička kiselost titracijom (modificirana metoda po Kappenu) (Kappen, 1929.), sadržaj karbonata (Lončarić, 2009.) te koncentracija mikroelemenata Cu, Fe, Mn, i Zn (HRN ISO 11466:2004). Sve korištene metode u navedenim analizama provedene su po ISO standardima i metodama propisanim u Republici Hrvatskoj.

#### 2.3.2.2. Agronomska svojstva

Prinos i sklop pšenice i heljde, kultura zastupljenih u plodoredu na pokusnim parcelama, utvrđen je nakon žetve. Površina od 0,5 m<sup>2</sup> unutar parcela požeta je ručno za procjenu prinosa. Ostali dio parcele požet je malim kombajnom za poljske pokuse. Uzorci su prikupljeni u četiri ponavljanja iz ekosustava s poljoprivrednom kulturom i četiri ponavljanja u ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i trajnih nasada oraha. Na polju je izmjeren sklop biljaka. Uzorci su zatim preneseni u prostoriju za pripremu uzoraka Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Na osnovi dobivene količine zrna sa žetvene površine od 0,5 m<sup>2</sup> određen je prosječni prinos svakog ekosustava.

Biljna masa heljde je sušena na temperaturi od 105 °C prvih sat vremena, a zatim na temperaturi od 70 °C do konstantne mase te usitnjena u mlinu za biljni materijal do praškaste

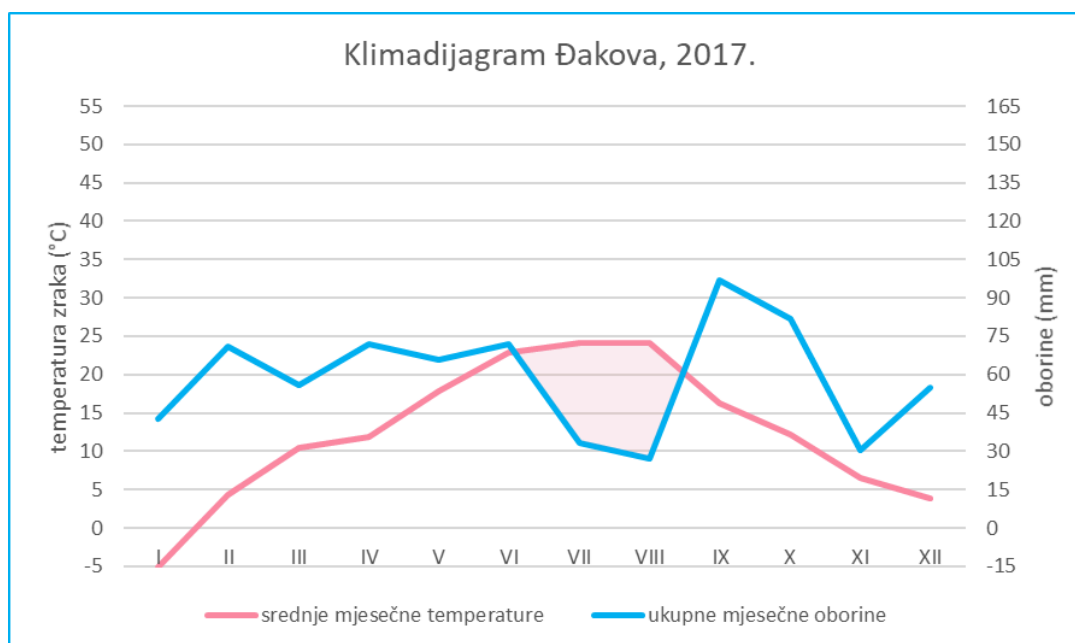
konzistencije. U navedenom stanju uzorak je pohranjen za analizu mase biljne tvari tj. mjerenje biomase (t/ha).

#### 2.4. Prikupljanje agroklimatoloških podataka

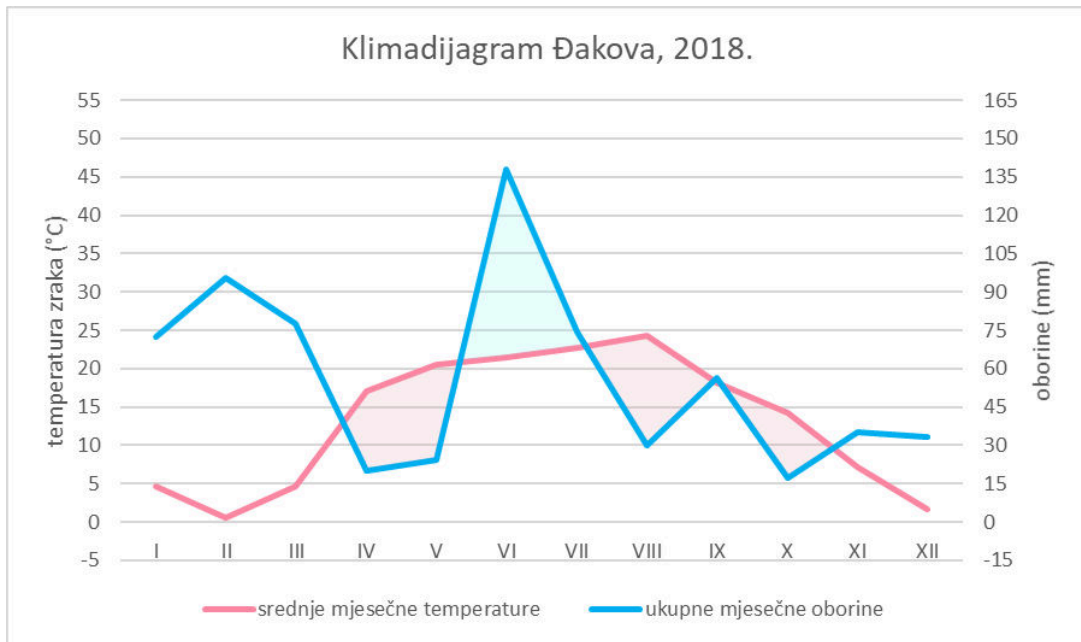
Prikupljanje agroklimatoloških podataka obavljeno je pomoću *Tiny Tag data logger*a te mobilnog mjerača vlage i temperature u tlu (*Aquaterr - T300*). Podatci o srednjim dnevnim temperaturama i dnevnim padalinama dobiveni su od DHMZ-a te su na osnovu tih podataka izrađeni klimadijagrami Đakova (Grafikon 2.1., 2.2. i 2.3.) i Ivankova (Grafikon 2.4., 2.5. i 2.6.).

Za praćenje temperature i vlage zraka na visini od 50 cm iznad tla postavljeni su *Tiny Tag data logger*i na oba lokaliteta. Na svakom lokalitetu nalazilo se 9 *Tiny Tag data logger*a, tj. tri *Tiny Tag data logger*a po ekosustavu.

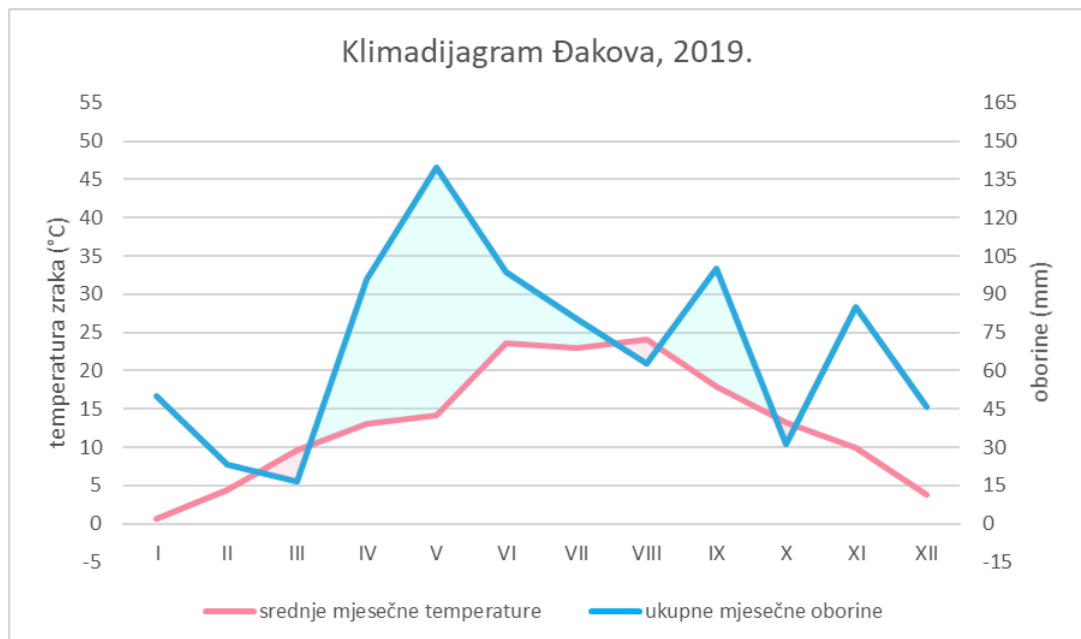
Prilikom svakog uzorkovanja tla za nematološke analize, na mjestu uzorkovanja se određivala vlaga i temperatura tla mobilnim mjeračem vlage i temperature u tlu (*Aquaterr - T300*). Podatci o temperaturi i vlazi tla su prikupljeni 12 puta u četiri ponavljanja, na oba lokaliteta i u svim ekosustavima.



Grafikon 2.1. Klimadijagram Đakova, 2017.

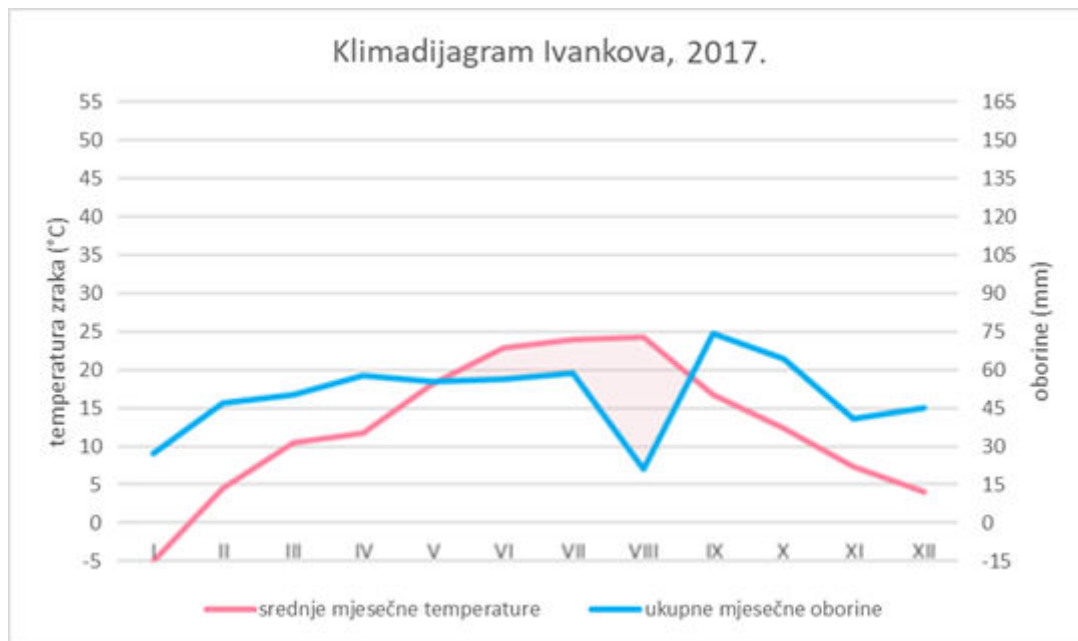


Grafikon 2.2. Klimadijagram Đakova, 2018.

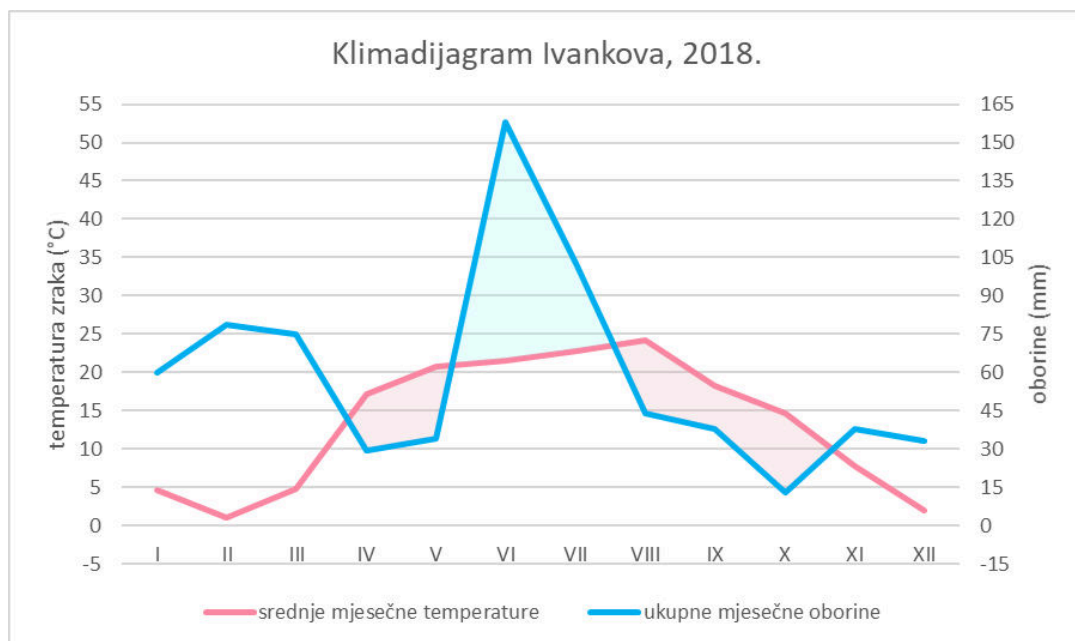


Grafikon 2.3. Klimadijagram Đakova, 2019.

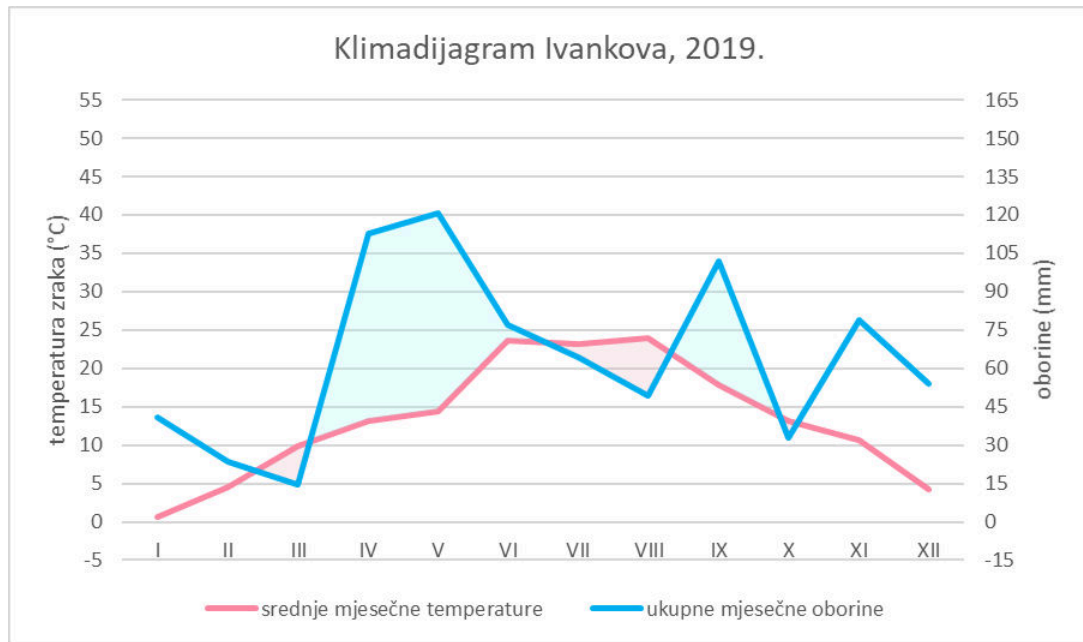




Grafikon 2.4. Klimadijagram Ivanka, 2017.



Grafikon 2.5. Klimadijagram Ivanka, 2018.



Grafikon 2.6. Klimadijagram Ivankova, 2019.

## 2.5. Statistička obrada podataka

### 2.5.1. Deskriptivna statistika

Analiza podataka uključivala je procjenu parametara deskriptivne statistike i koeficijente korelacije između analiziranih svojstava. Podatci su obrađeni prema dvofaktorijalnom pokusu s četiri ponavljanja, odvojeno za lokalitet Đakovo i lokalitet Ivankovo. Statističke analize su napravljene pomoću SAS programa (SAS® 9.4 Software, 2017 i SAS Enterprise Guide 7.1) i Minitab (Minitab® Statistical Software 17, 2010.).

### 2.5.2. Modeliranje

Na kraju trogodišnjeg istraživanja kreiran je kompjutorski model koji kao ulazne podatke koristi bazu podataka prikupljenih temeljem kemijske, fizikalne i biološke analize tla. Baza podataka sadrži rezultate mikrobioloških, kemijskih i fizikalnih analiza, a kreirani model ima za cilj predvidjeti raznolikost rodova nematoda u različitim uvjetima okoline. Isto tako, kompjutorski model može predvidjeti utjecaj združenih usjeva na promjene u tlu, kako s kemijskog tako i s biološkog aspekta.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Analize biološke raznolikosti

##### 3.1.1. Nematološka svojstva

##### 3.1.1.1. Ukupna brojnost nematoda

Proučavani ekosustavi, vrijeme uzorkovanja te njihova interakcija pokazali su značajan utjecaj na brojnost nematoda na lokalitetu Đakovo. Na lokalitetu Ivankovo značajan utjecaj na brojnost nematoda imali su vrijeme uzorkovanja te interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Tablica 3.1.)

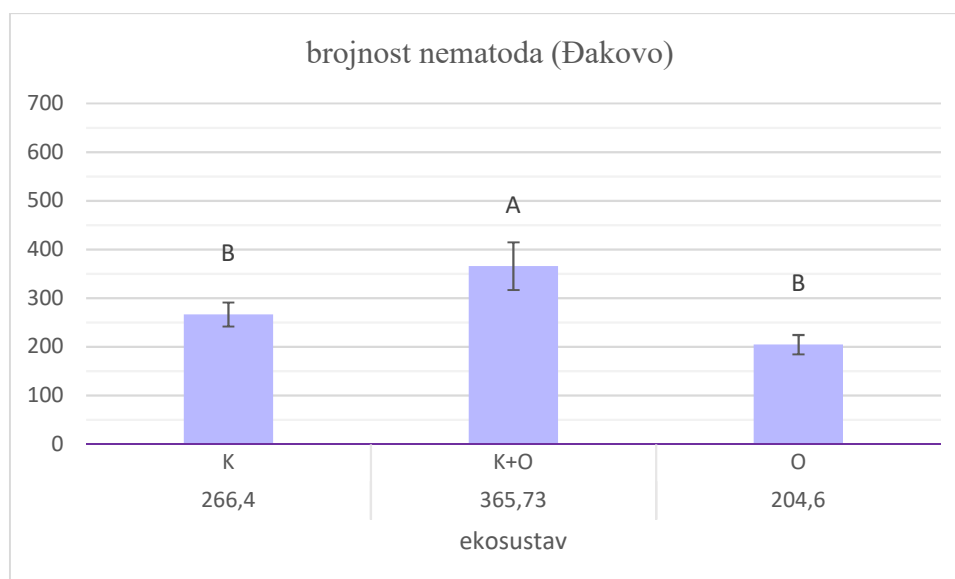
Tablica 3.1. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na broj nematoda

	Đakovo		Ivankovo	
	F vrijednost	Pr>F	F vrijednost	Pr>F
ekosustavi	10,12	<,0001	2,63	0,0768
vrijeme uzorkovanja	8,73	<0001	5,88	<,0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	1,88	0,0181	2,08	0,0072

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu.

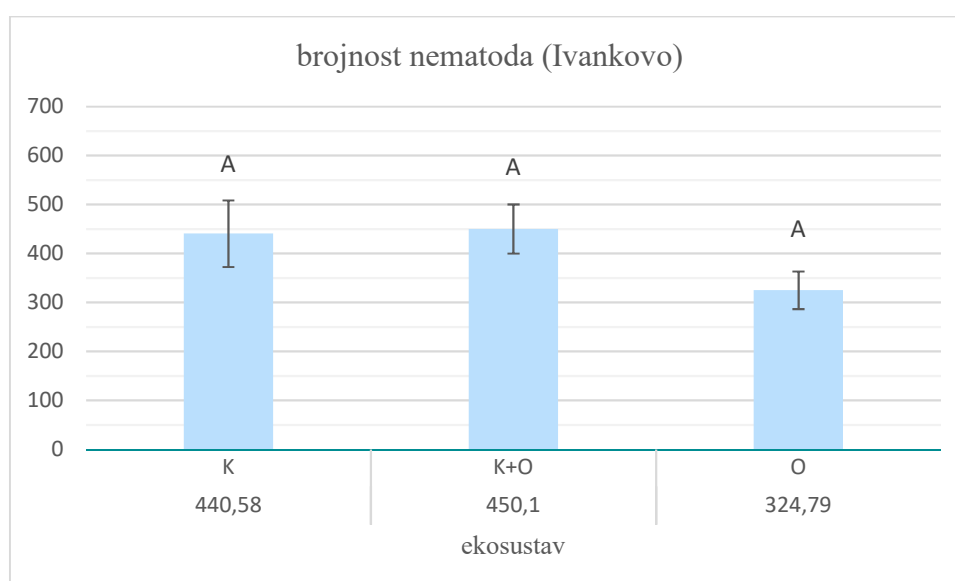
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na brojnost nematoda na lokalitetu Đakovo gdje je najveća brojnost nematoda zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (365,7), nakon čega slijede ostali proučavani ekosustavi (266,4 te 204,6) (Grafikon 3.1.).

Na lokalitetu Ivankovo, utjecaj različitih ekosustava na brojnost nematoda nije bio statistički značajan, no brojnost nematoda prati trend lokaliteta Đakovo, te je najveća brojnost zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (450,1), nakon čega slijede ostali proučavani ekosustavi (440,58 te 324,79) (Grafikon 3.2.).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.1. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



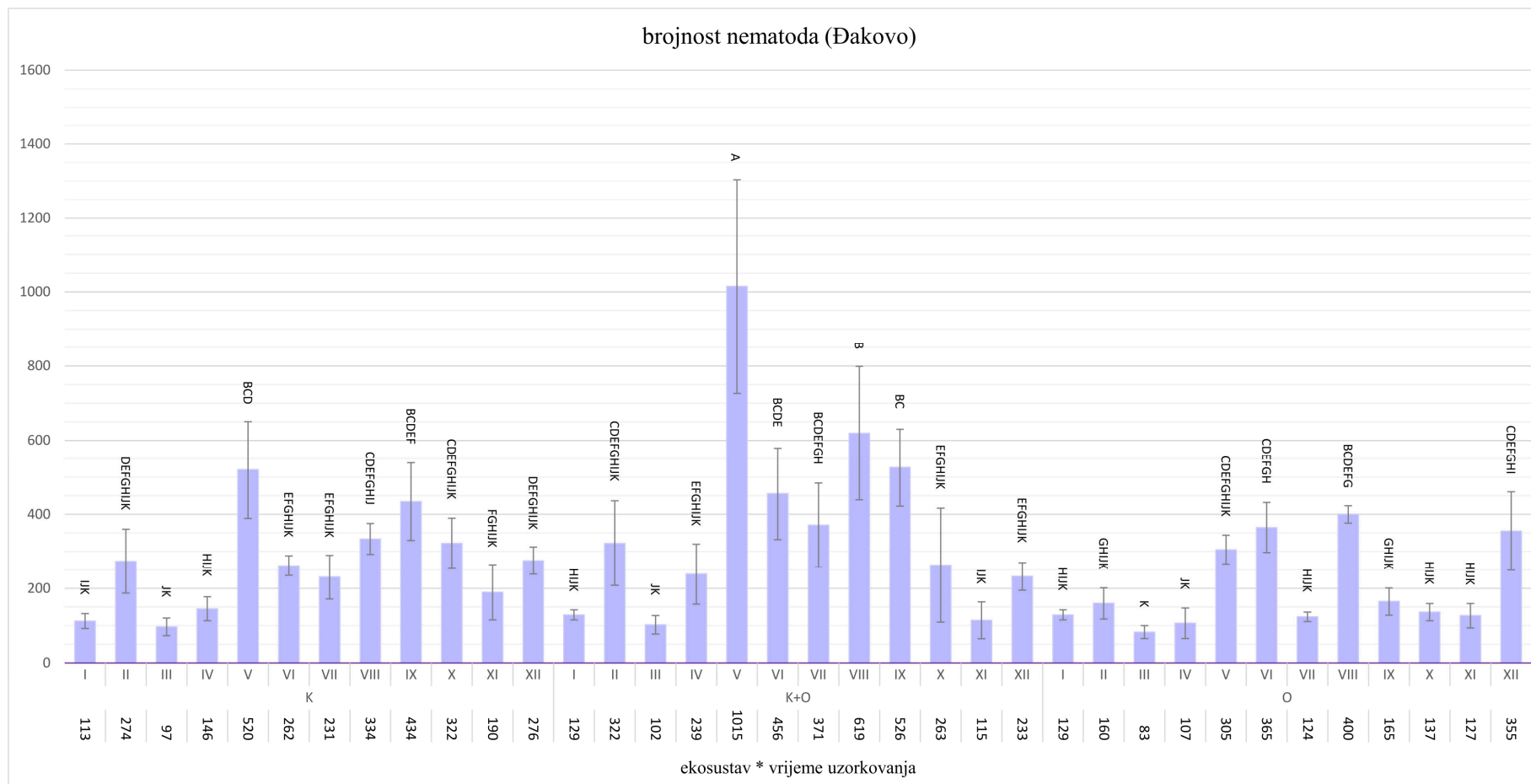
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.2. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Brojnost nematoda po vremenu uzorkovanja prikazana je u prilogu (Grafikon 9.1. i Grafikon 9.2.), a utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na brojnost nematoda prikazan je u Grafikonima 3.3. i 3.4.

Interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, imala je značajan utjecaj na brojnost nematoda na lokalitetu Đakovo. Najveća brojnost nematoda zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom V. uzorkovanja (2. 7. 2018.). Prethodno spomenuta interakcija statistički je najznačajnije djelovala na brojnost nematoda s obzirom na utjecaj ostalih proučavanih interakcija ekosustava i vremena uzorkovanja. Sljedeće statistički značajne interakcije zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom VI. (20. 9. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom V. (2. 7. 2018.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja i u ekosustavu oraha tijekom VIII. (18. 4. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.3.).

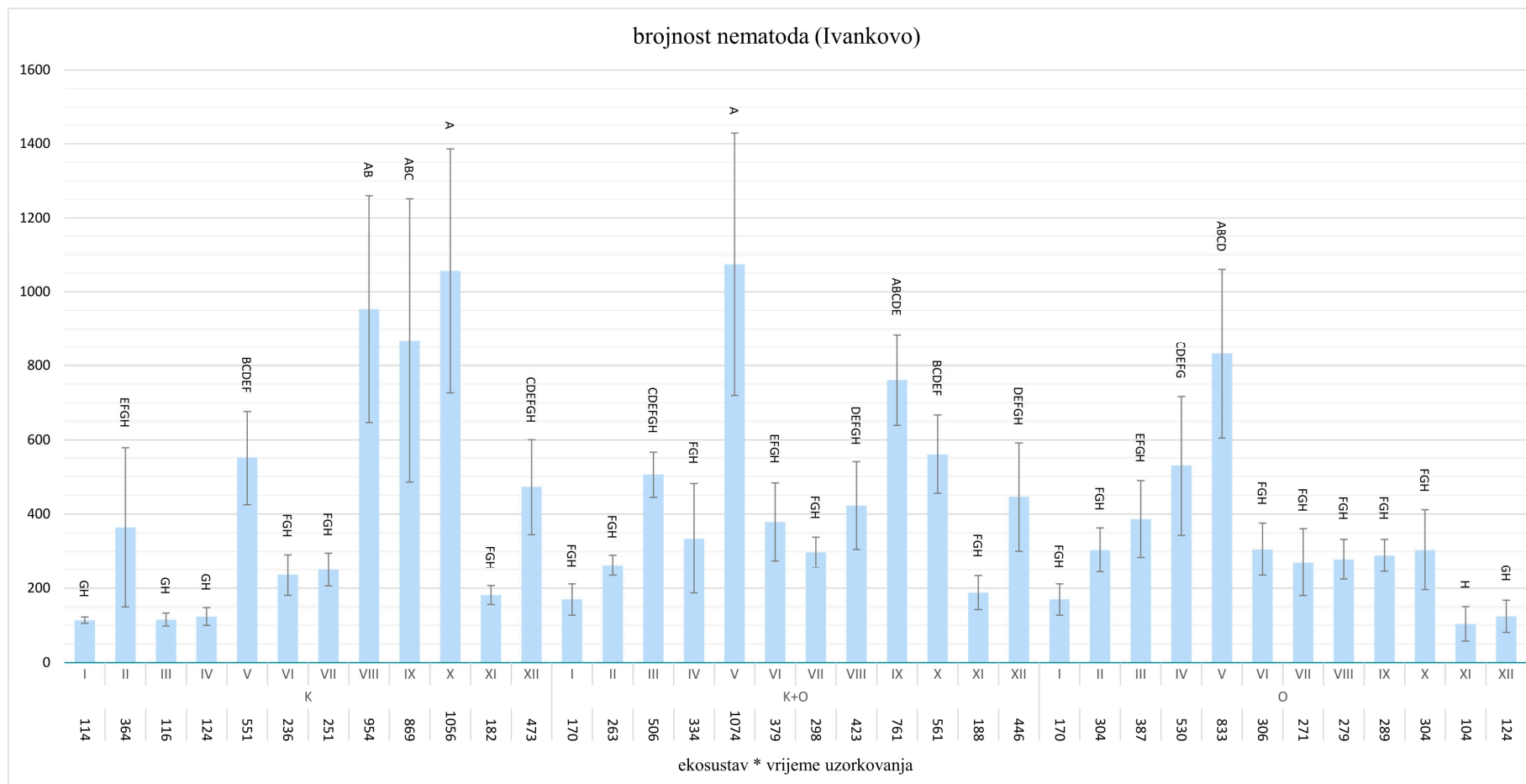
Na lokalitetu Ivankovo interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, je također imala značajan utjecaj na brojnost nematoda. Najveća brojnost nematoda zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom V. (2. 7. 2018.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu poljoprivredne kulture tijekom VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.) i X. (11. 7. 2019.) uzorkovanja i u ekosustavu oraha tijekom V. (2. 7. 2018.) uzorkovanja. Prethodno spomenute interakcije statistički su najznačajnije djelovale na brojnost nematoda s obzirom na utjecaj ostalih proučavanih ekosustava i vremena uzorkovanja (Grafikon 3.4.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.3. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.4. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo).

## 3.1.1.2. Bioraznolikost rodova

Bioraznolikost rodova i njihov udio u proučavanim ekosustavima, u prosjeku svih uzorkovanja prikazani su u Tablicama 3.2.a. i 3.2.b.

Tablica 3.2.a Prosječan udio (%) rodova nematoda bakterivora i fungivora zastupljenih u proučavanim ekosustavima

Rodovi nematoda	cp	pp	Đakovo			Ivankovo			
			K	K+O	O	K	K+O	O	
BAKTERIVORE	<i>Acrobeles</i>	2	0,06	0,00	0,07	0,08	0,10	0,04	
	<i>Acrobeloides</i>	2	20,94	18,28	14,30	9,47	12,96	11,86	
	<i>Acrolobus</i>	2	0,17	0,02	0,11	0,08	0,10	0,20	
	<i>Alaimus</i>	4	0,00	0,04	0,00	0,23	0,04	0,12	
	<i>Anaplectus</i>	2	0,02	0,12	0,29	0,00	0,00	0,00	
	<i>Cephalobus</i>	2	3,13	3,10	3,89	2,45	1,44	2,68	
	<i>Cervidellus</i>	2	0,02	0,10	0,09	0,02	0,64	0,29	
	<i>Chiloplacus</i>	2	0,76	0,78	0,84	0,50	0,88	1,43	
	<i>dauer larvae</i>	1	10,40	5,22	1,04	2,09	4,67	8,35	
	<i>Diplogaster</i>	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
	<i>Diploscapter</i>	1	0,04	0,10	0,02	0,10	0,16	0,53	
	<i>Drilocephalobus</i>	2	0,13	0,06	0,04	0,00	0,02	0,02	
	<i>Eucephalobus</i>	2	5,15	4,46	3,86	3,11	2,98	3,70	
	<i>Eumonhystera</i>	2	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	
	<i>Geomonhystera</i>	2	0,04	0,16	0,18	0,04	0,19	0,06	
	<i>Heterocephalobus</i>	2	8,38	4,44	2,52	2,51	5,68	5,64	
	<i>Metateratocephalus</i>	3	0,23	0,21	0,49	0,00	0,16	0,29	
	<i>Microlaimus</i>	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	
	<i>Panagrobelus</i>	1	0,25	0,04	0,33	0,08	0,31	0,10	
	<i>Panagrolaimus</i>	1	2,21	1,11	3,75	2,49	4,48	4,00	
	<i>Plectus</i>	2	0,11	0,31	0,35	0,52	0,47	0,55	
	<i>Prismatolaimus</i>	3	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	
	<i>Rhabditidae</i>	1	10,19	13,29	3,97	11,40	9,57	11,70	
	<i>Teratocephalus</i>	3	0,04	0,08	0,13	0,02	0,00	0,06	
	FUNGIVORE	<i>Aphelenchoides</i>	2	7,12	5,71	4,86	6,42	5,76	4,43
		<i>Aphelenchus</i>	2	7,58	9,37	19,21	13,39	18,12	16,77
<i>Diphtherophora</i>		3	0,04	0,47	0,62	0,06	0,25	0,10	
<i>Ditylenchus</i>		2	2,79	1,93	1,81	2,38	2,70	3,43	
<i>Dorylaimoides</i>		4	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	
<i>Filenchus</i>		2	1,70	1,79	1,83	1,18	1,32	1,65	
<i>Tylencholaimellus</i>		4	0,06	0,41	0,33	0,04	0,06	0,02	
<i>Tylopharynx</i>		1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	



Tablica 3.2.b Prosječan udio (%) rodova nematoda fitoparazita, omnivora i predatora zastupljenih u proučavanim ekosustavima

Rodovi nematoda	cp	pp	Đakovo			Ivankovo		
			K	K+O	O	K	K+O	O
FITOPARAZITI	<i>Axonchium</i>	5	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>Basiria</i>	2	0,11	0,06	0,13	0,04	0,00	0,02
	<i>Gracilacus</i>	2	0,00	0,76	0,51	0,00	0,00	0,49
	<i>Helicotylenchus</i>	3	1,07	0,58	2,41	0,75	0,25	0,37
	<i>Malenchus</i>	2	1,74	1,50	4,15	1,02	1,42	0,98
	<i>Paratylenchus</i>	2	3,32	1,42	0,60	2,03	1,26	0,10
	<i>Pratylenchus</i>	3	4,01	9,41	12,89	26,16	12,57	8,99
	<i>Psilenchus</i>	2	0,00	0,10	0,02	0,04	0,00	0,00
	<i>Rotylenchus</i>	3	0,17	0,12	0,51	0,02	0,02	0,00
	<i>Tylenchorhynchus</i>	3	0,36	0,60	1,13	2,65	2,55	2,90
	<i>Tylenchus</i>	2	3,26	6,70	4,94	1,74	3,06	2,25
<i>Xiphinema</i>	5	0,00	0,23	0,22	0,00	0,00	0,00	
OMNIVORE	<i>Aporcelaimellus</i>	5	1,11	0,68	0,60	1,45	0,58	0,88
	<i>Aporcelaimium</i>	5	0,34	0,08	0,02	0,10	0,21	0,10
	<i>Epidorylaimus</i>	4	0,42	0,33	0,82	0,35	0,49	0,55
	<i>Enchodelus</i>	4	0,02	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
	<i>Eudorylaimus</i>	4	0,59	0,84	0,73	0,39	0,54	0,61
	<i>Labronema</i>	4	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
	<i>Mesodorylaimus</i>	4	0,34	0,99	1,10	0,25	0,54	0,33
	<i>Microdorylaimus</i>	4	0,04	0,10	0,20	0,04	0,16	0,43
	<i>Paraxonchium</i>	5	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
	<i>Prodorylaimus</i>	4	0,50	1,73	1,83	0,41	0,27	0,51
	<i>Pungentus</i>	4	0,21	1,11	0,75	0,23	0,33	0,18
PREDATORI	<i>Anatonchus</i>	4	0,13	0,78	0,95	0,04	0,04	0,10
	<i>Clarkus</i>	4	0,61	0,14	0,09	0,60	0,97	0,51
	<i>Mylonchulus</i>	4	0,11	0,02	0,11	2,90	1,56	1,55
	<i>Prionchulus</i>	4	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00
	<i>Pristionchus</i>	1	0,00	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02
	<i>Tripyla</i>	3	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00

Na lokalitetu Đakovo najveća brojnost rodova zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (51 rod) i u ekosustavu s orasima (51 rod), te ukazuje na povećanje broja rodova za 13,33 % s obzirom na brojnost rodova zabilježenu u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (45 rodova) (Tablica 3.2.a. i 3.2.b.).

Na lokalitetu Ivankovo najveća brojnost rodova zabilježena je u ekosustavu s orasima (48 rodova), zatim ekosustavu s poljoprivrednom kulturom gdje je brojnost rodova 2,08 % manja (47 rodova) te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (46 rodova)

(Tablica 3.2.a. i 3.2.b.) gdje je brojnost rodova manja za 4,16 % s obzirom na ekosustav s orasima.

Tijekom analiziranja zajednica nematoda sveukupno su determinirana 23 roda bakterivora, 8 rodova fungivora, 12 rodova fitoparazita, 11 rodova omnivora i 6 rodova predatora (Tablica 3.2.a. i 3.2.b.).

Proučavani ekosustavi i vrijeme uzorkovanja pokazali su statistički značajan utjecaj na broj rodova nematoda na lokalitetima Đakovo i Ivankovo. Interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala utjecaj na broj rodova sa statističkom značajnosti većom od 99,5% iako je utjecaj navedene interakcije zapažen (Tablica 3.3.)

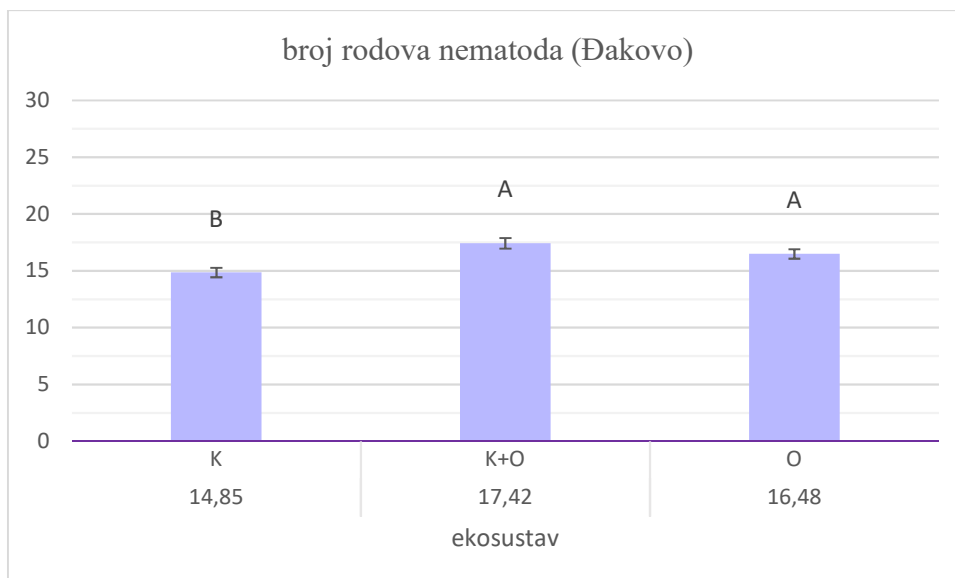
Tablica 3.3. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na broj rodova nematoda

	Đakovo		Ivankovo	
	F vrijednost	Pr> F	F vrijednost	Pr>F
ekosustavi	11,39	<,0001	12,9	<,0001
vrijeme uzorkovanja	3,33	0,0006	5,96	<,0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	1,55	0,0734	1,52	0,0812

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu.

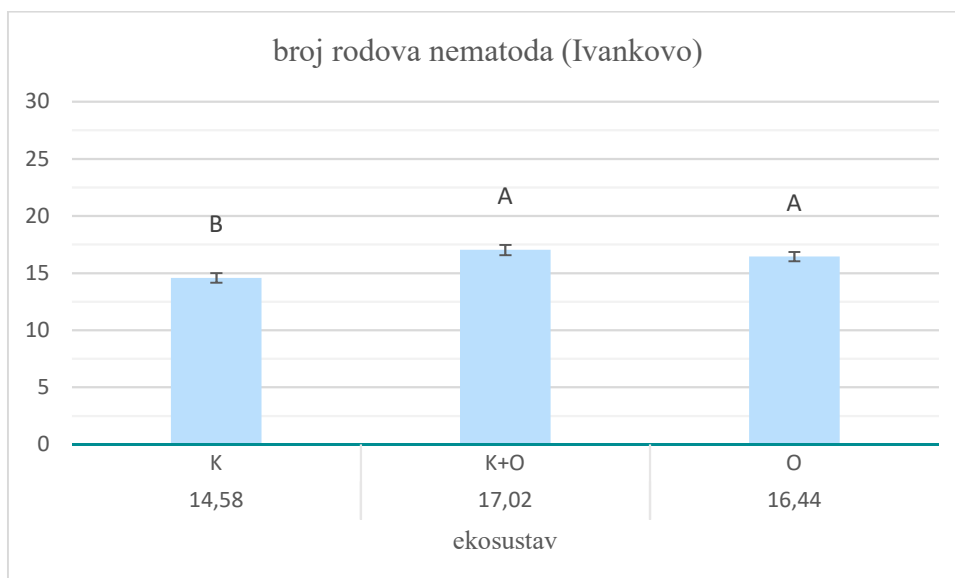
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na broj rodova nematoda na lokalitetu Đakovo gdje je statistički najveća bioraznolikost nematoda zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.5.).

Na lokalitetu Ivankovo, utjecaj različitih ekosustava na brojnost nematoda, u prosjeku svih uzorkovanja, je također bio statistički značajan. Najveća bioraznolikost rodova nematoda zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.6.).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.5. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bioraznolikosti rodova nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

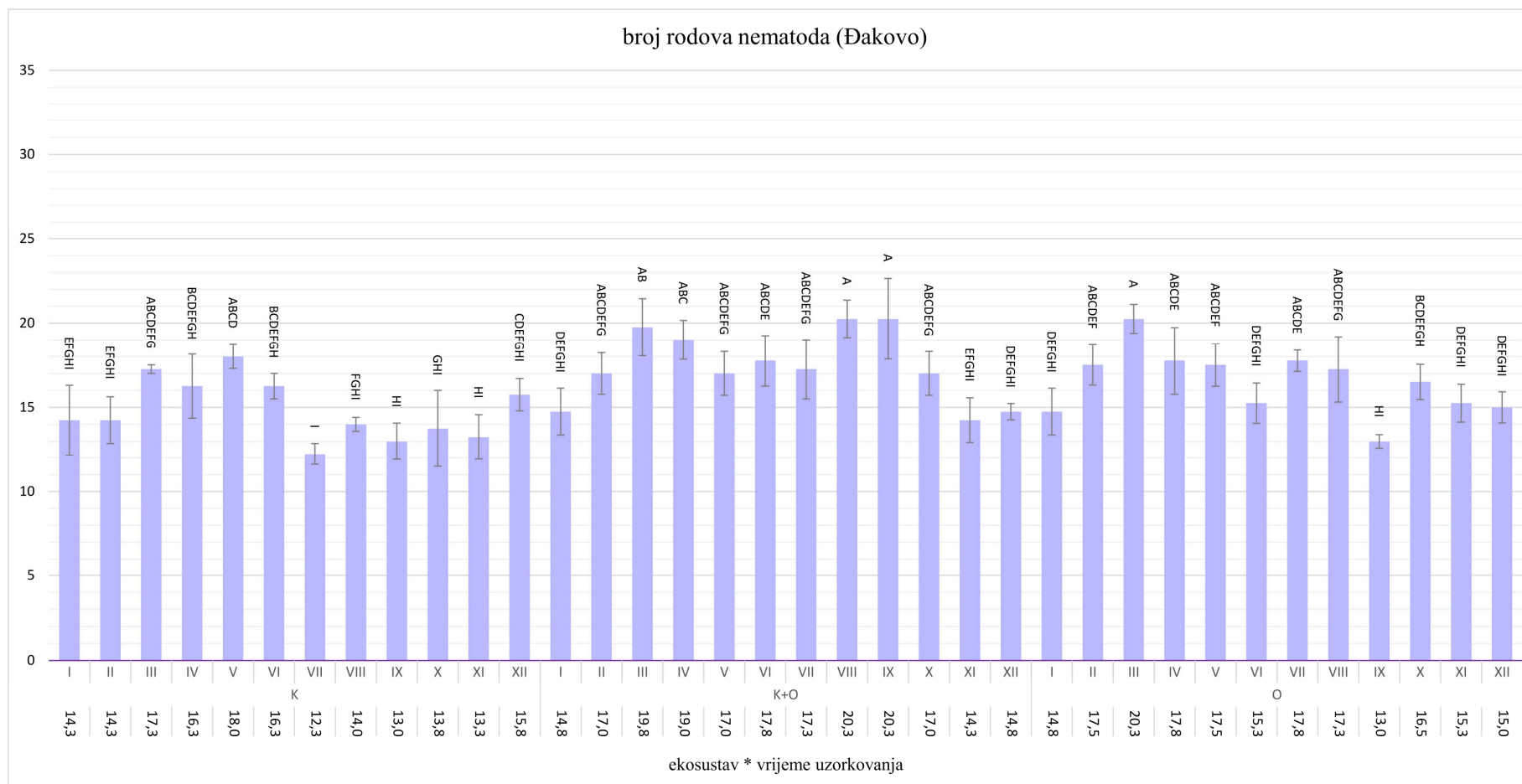
Grafikon 3.6. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bioraznolikosti rodova nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Bioraznolikost rodova nematoda po vremenu uzorkovanja prikazana je u prilogu (Grafikon 9.5. i Grafikon 9.6.), a utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na bioraznolikost rodova nematoda prikazan je u Grafikonima 3.3. i 3.4.

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, nije imala značajan utjecaj na bioraznolikost rodova nematoda na lokalitetima Đakovo i Ivankovo prema F testu ( $P < 0,0734$  te  $P < 0,0812$ ).

Najveća bioraznolikost rodova nematoda na lokalitetu Đakovo zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), IV. (9. 5. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.) i X. (11. 7. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s orasima tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), IV. (9. 5. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VII. (17. 11. 2018.) i VIII. (18. 4. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom III. (12. 4. 2018.) i V. (2. 7. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.7.).

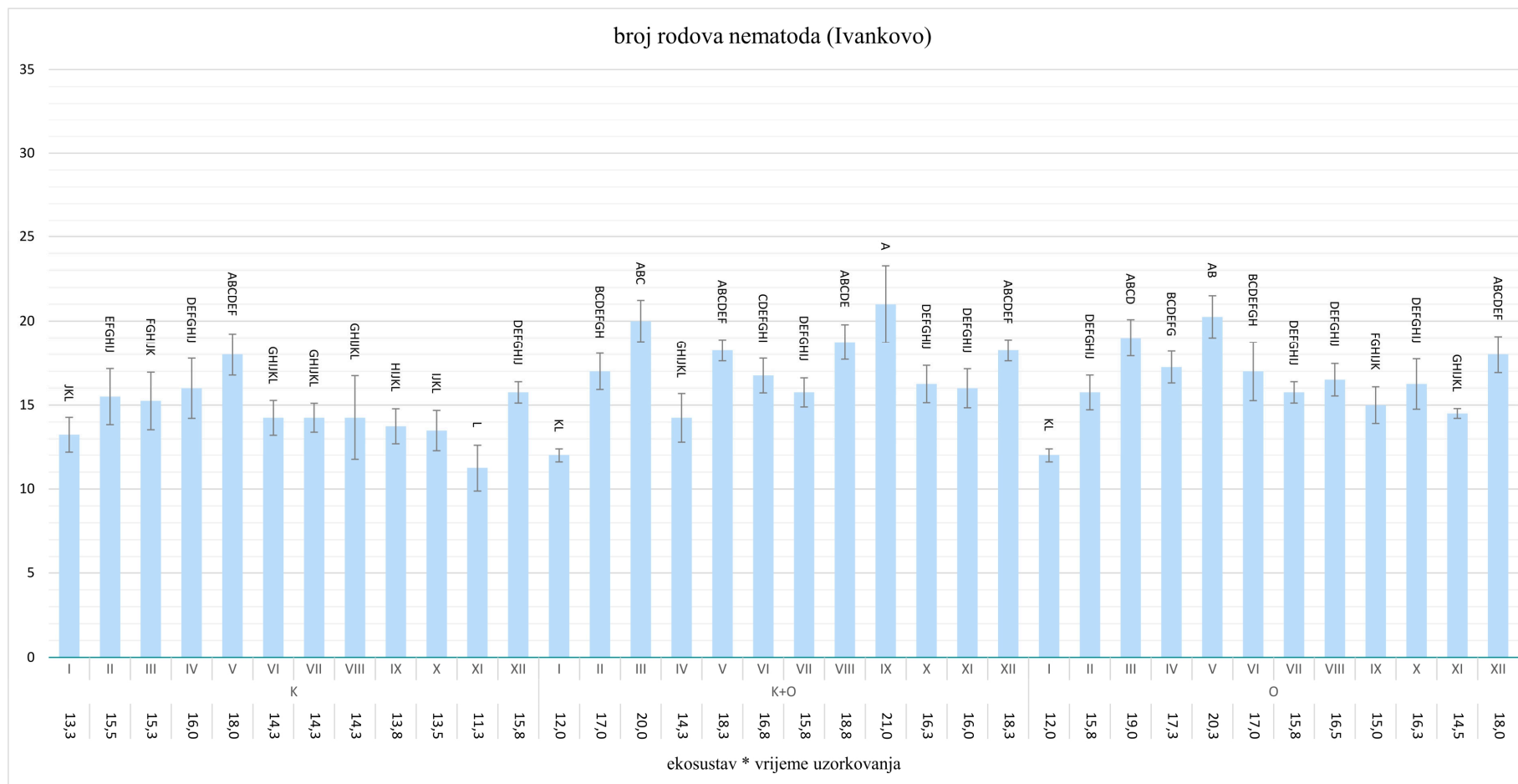
Najveća bioraznolikost rodova nematoda na lokalitetu Ivankovo zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s orasima tijekom III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom V. (2. 7. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.8.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.7. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biorazolikosti rodova nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.8. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biorazolikosti rodova nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.3. Ukupna biomasa nematoda

Proučavani ekosustavi, vrijeme uzorkovanja te njihova interakcija pokazali su značajan utjecaj na biomasu nematoda u 100 g tla na lokalitetu Đakovo. Na lokalitetu Ivankovo značajan utjecaj na brojnost nematoda imali su vrijeme uzorkovanja te interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Tablica 3.4.)

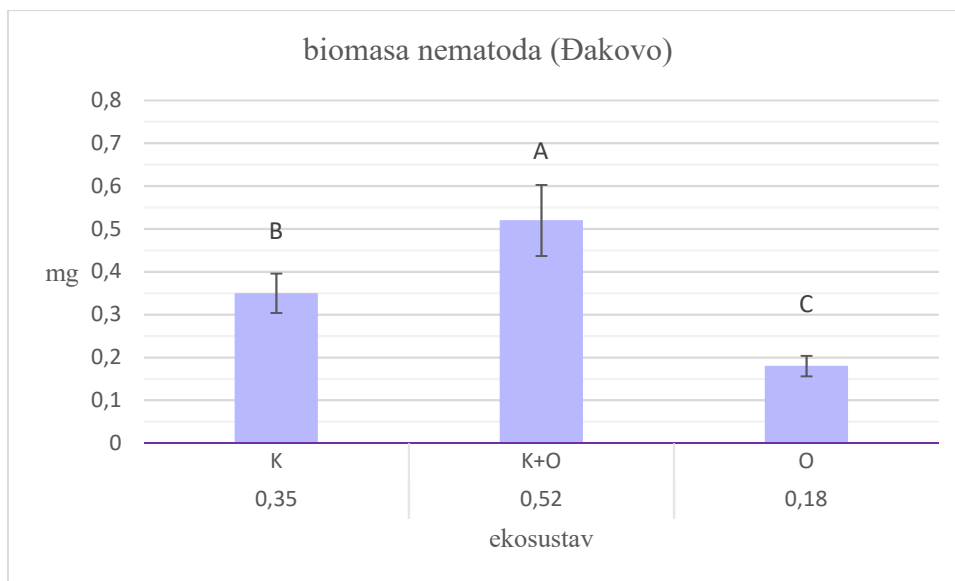
Tablica 3.4. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na biomasu nematoda

	Đakovo		Ivankovo	
	F vrijednost	Pr>F	F vrijednost	Pr>F
ekosustavi	16,17	<,0001	0,31	0,7365
vrijeme uzorkovanja	7,2	<,0001	7,74	<,0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	2,46	0,0012	4,04	<,0001

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu.

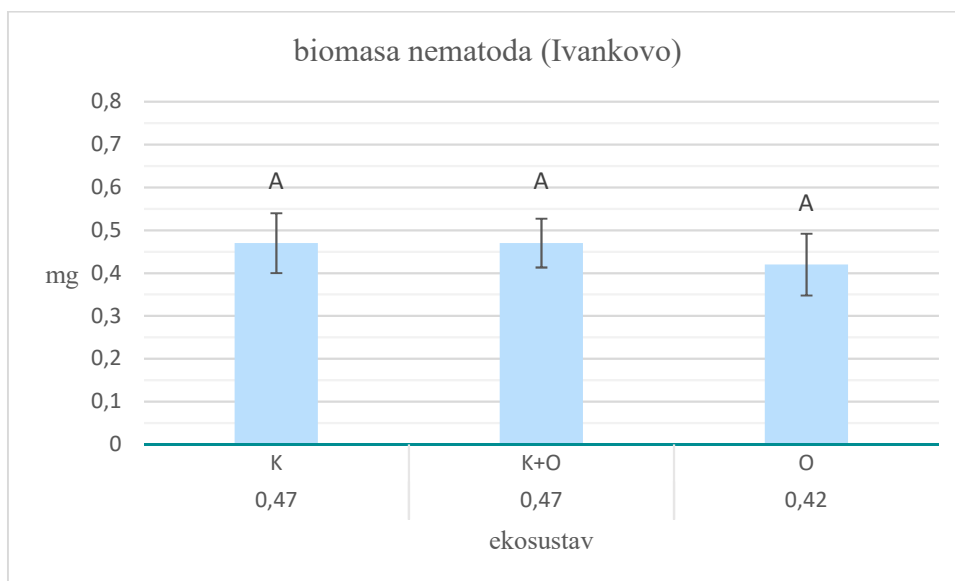
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na biomasu nematoda na lokalitetu Đakovo gdje je statistički značajno najveća biomasa nematoda zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Ekosustav s poljoprivrednom kulturom značajno se razlikuje od dugih ekosustava, dok je najniža biomasa nematoda zabilježena u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.9.).

Na lokalitetu Ivankovo, utjecaj različitih ekosustava na biomasu nematoda nije bio statistički značajan, no najveća biomasa nematoda zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.10.).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.9. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

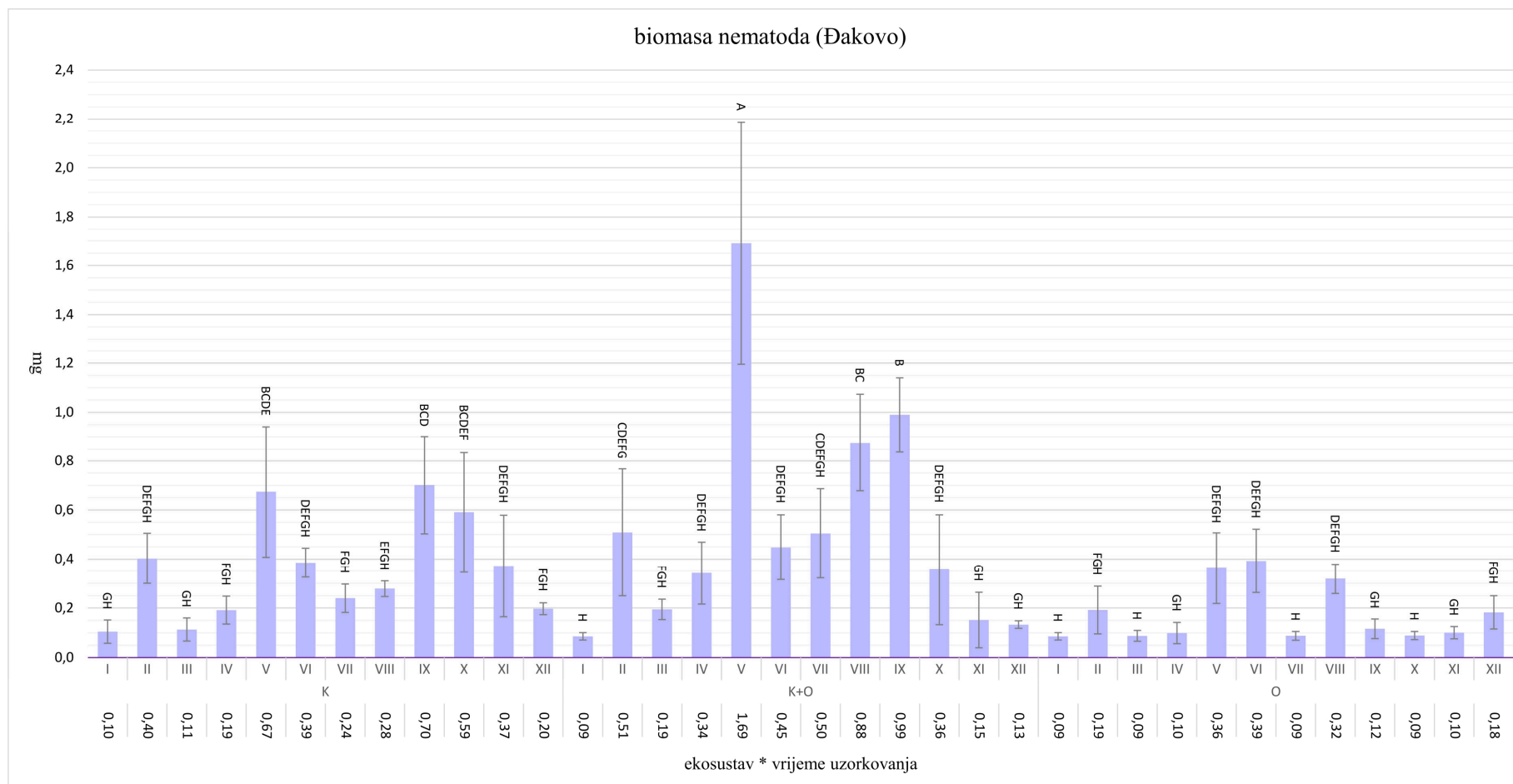
Grafikon 3.10. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Biomasa nematoda po vremenu uzorkovanja prikazana je u prilogu (Grafikon 9.5. i Grafikon 9.6.), a utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na biomasu nematoda prikazan je u Grafikonima 3.11. i 3.12.

Interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, je imala značajan utjecaj na biomasu nematoda na lokalitetu Đakovo. Najveća biomasa nematoda zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom V. uzorkovanja pred žetvu pšenice (2. 7. 2018.). Prethodno spomenuta interakcija statistički je najznačajnije djelovala na brojnost nematoda s obzirom na utjecaj ostalih proučavanih ekosustava i vremena uzorkovanja. Sljedeće statistički značajne interakcije zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom VIII (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu poljoprivredne kulture tijekom V. (2. 7. 2018.), IX. (12. 6. 2019.) i X (11. 7. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.3.).

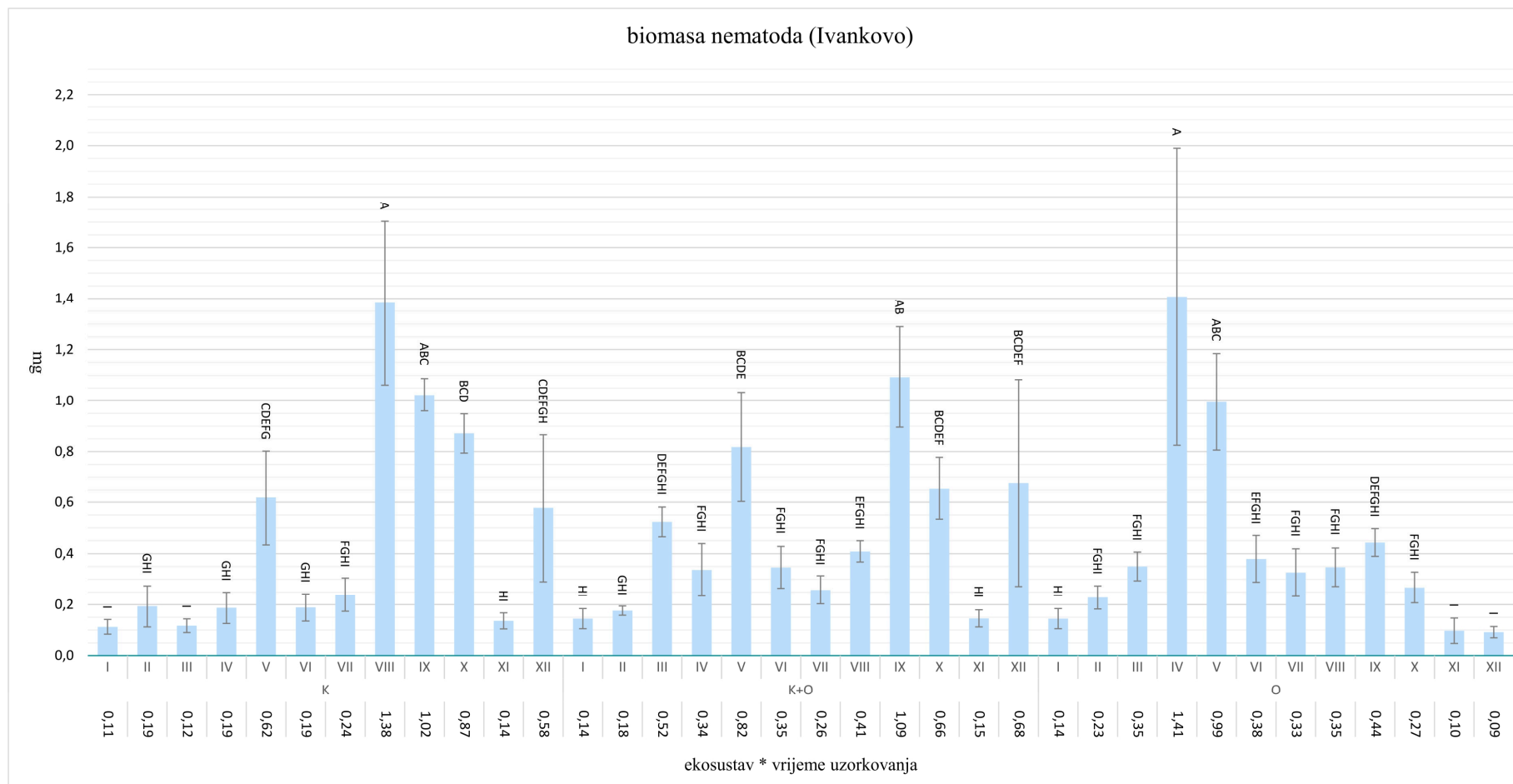
Na lokalitetu Ivankovo interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, je također imala značajan utjecaj na biomasu nematoda. Najveća biomasa nematoda zabilježena je u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9. 5. 2018.) i V. (2. 7. 2018.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom VIII. (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.4.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.11. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.12. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.4. Trofičke skupine nematoda

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na udio trofičkih skupina u zajednici nematoda na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.5. i Tablici 3.6.

Tablica 3.5. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na postotni udio trofičkih skupina u zajednici nematoda (Đakovo)

	bakterivore		fungivore		fitoparaziti		omnivore		predatori	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	70,41	<,0001	10,94	<,0001	20,43	<,0001	4,71	0,0109	1,69	0,1891
V	7,34	<,0001	7,55	<,0001	6,66	<,0001	2,86	0,0025	3,2	0,0009
E*V	3,17	<,0001	1,4	0,1292	2,6	0,0006	1,11	0,3447	0,73	0,8019

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

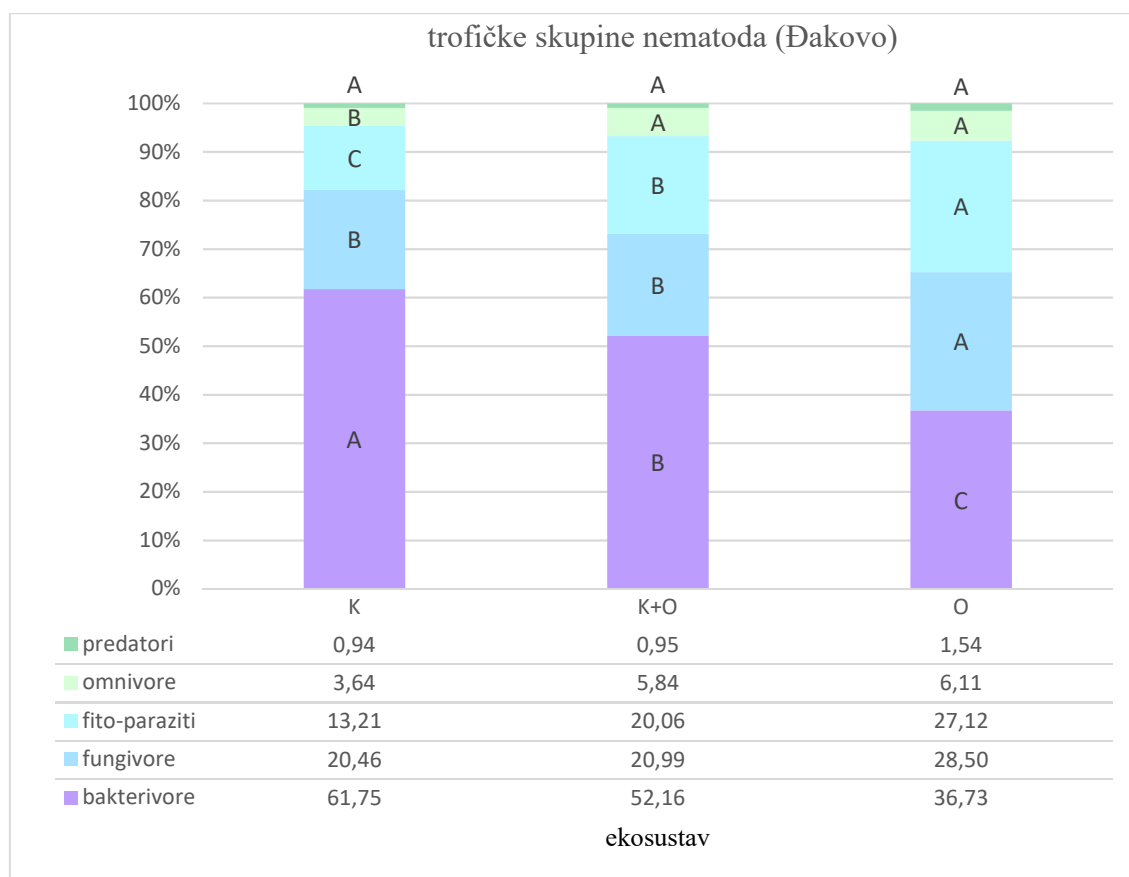
Tablica 3.6. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na postotni udio trofičkih skupina u zajednici nematoda (Ivankovo)

	bakterivore		fungivore		fitoparaziti		omnivore		predatori	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	20,61	<,0001	1,2	0,3058	22,58	<,0001	0,43	0,6499	2,09	0,1291
V	2,11	0,0251	10,65	<,0001	5,99	<,0001	4,26	<,0001	2,26	0,016
E*V	1,44	0,1117	2,92	<,0001	1,27	0,2111	1,33	0,1679	1,46	0,1025

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na udio bakterivora, fungivora, fitoparazita i omnivora u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo, dok utjecaj ekosustava na udio predatora u zajednici nematoda nije zabilježen. Statistički značajno najveći udio bakterivora u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, najveći udio fungivora i fitoparazita u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s orasima, dok je najveći udio omnivora zabilježen u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha i u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.13.).



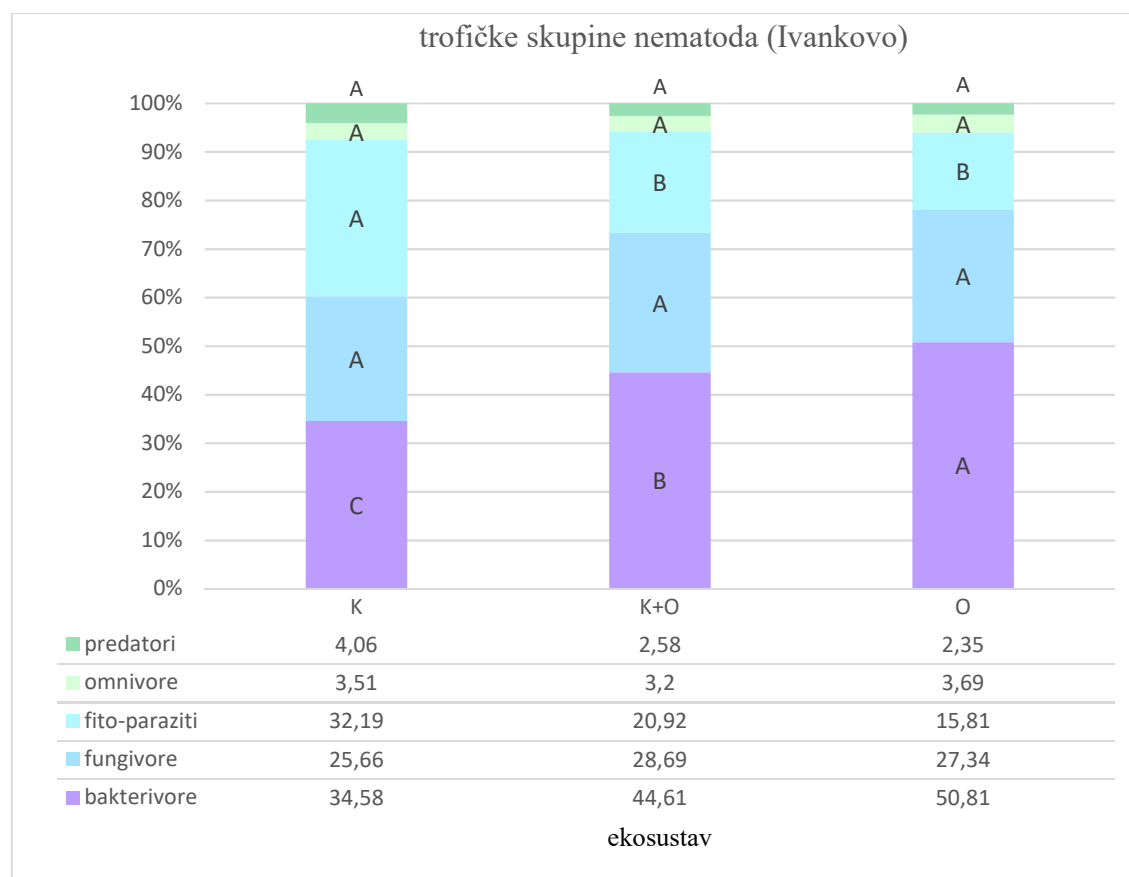
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.13. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela trofičkih skupina u zajednici nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)

#### *Ivankovo*

Na lokalitetu Ivankovo, različiti ekosustavi pokazali su značajan utjecaj na udio bakterivora i fitoparazita u zajednici nematoda. Statistički značajno najveći udio bakterivora u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s orasima, a najveći udio fitoparazita u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Utjecaj ekosustava na udio fungivora, omnivora i predatora u zajednici nematoda nije zabilježen (Grafikon 3.14.).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.14. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela trofičkih skupina u zajednici nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Udio trofičkih skupina u zajednici nematoda po vremenu uzorkovanja prikazan je u prilogu (Grafikon 9.7. i Grafikon 9.8.).

### Đakovo

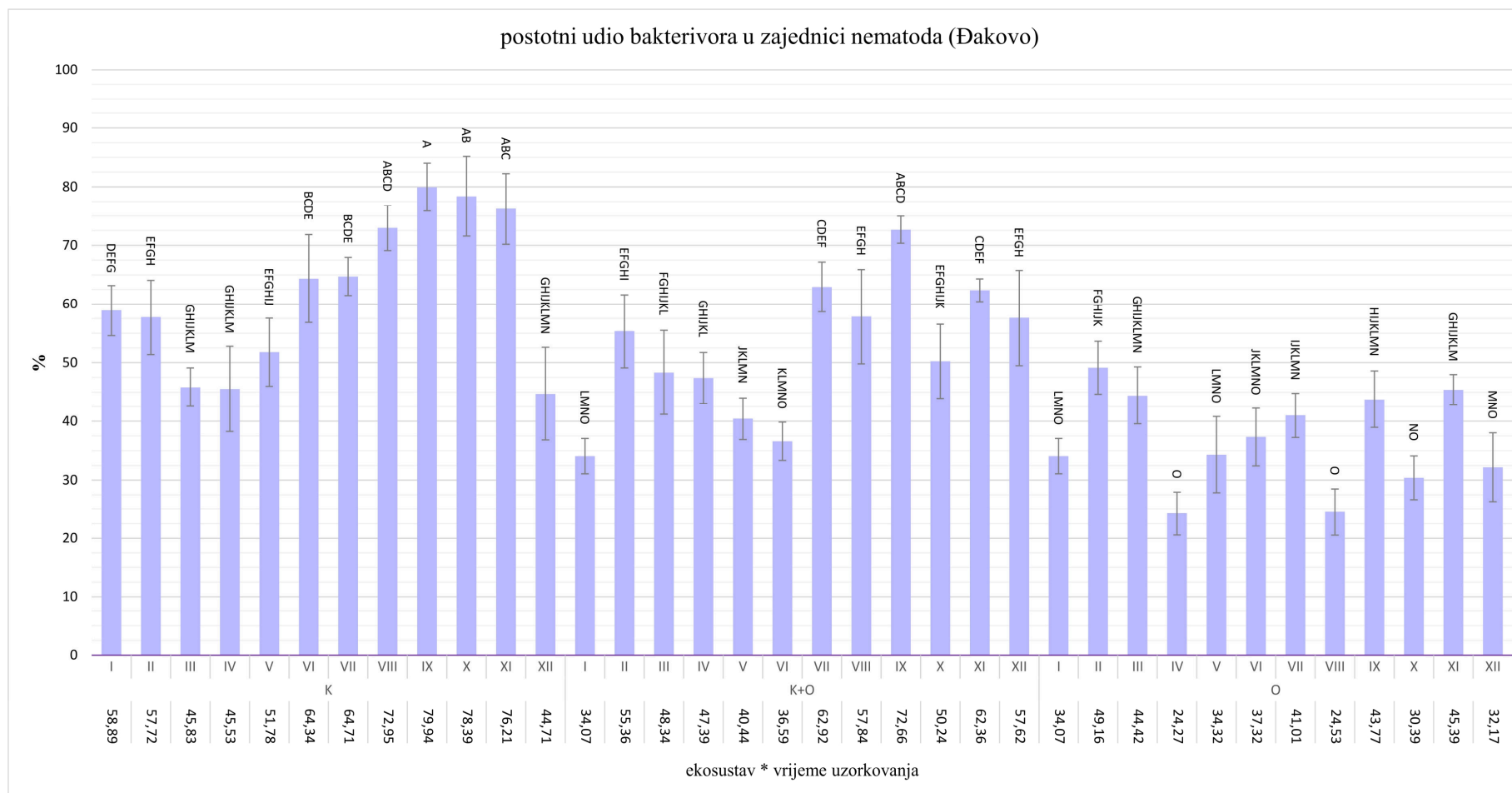
Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na postotak bakterivora u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo. Najveći postotak bakterivora u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.), X. (11. 7. 2019.) i XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja, te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.15.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na udio fungivora u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo nije pokazala značajan utjecaj prema F testu ( $P = 0,1292$ ), no s obzirom na to da su ekosustavi i vrijeme uzorkovanja imali vrlo značajan utjecaj odvojeno ( $P < 0,0001$ ) u Grafikonu 3.16. može se vidjeti različit udio fungivora u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih ekosustava i njihove interakcije.

Značajan utjecaj na postotak fitoparazita u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo pokazala je interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja. Najveći postotak fitoparazita u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s orasima tijekom VIII. (18. 4. 2019.), X (11. 7. 2019.) i XII (21. 11. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraħa tijekom V. (2. 7. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom XII (21. 11. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.17.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na udio omnivora u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu (0,3447). Ekosustavi i vrijeme uzorkovanja imali su vrlo značajan utjecaj odvojeno ( $P < 0,0001$ ) na udio omnivora u zajednici nematoda. Grafikon 3.18. prikazuje udio omnivora u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih interakcija.

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu (0,8019) na udio predatora u zajednici nematoda na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.19.), no vrijeme uzorkovanja je imao vrlo značajan utjecaj ( $P < 0,0001$ ).

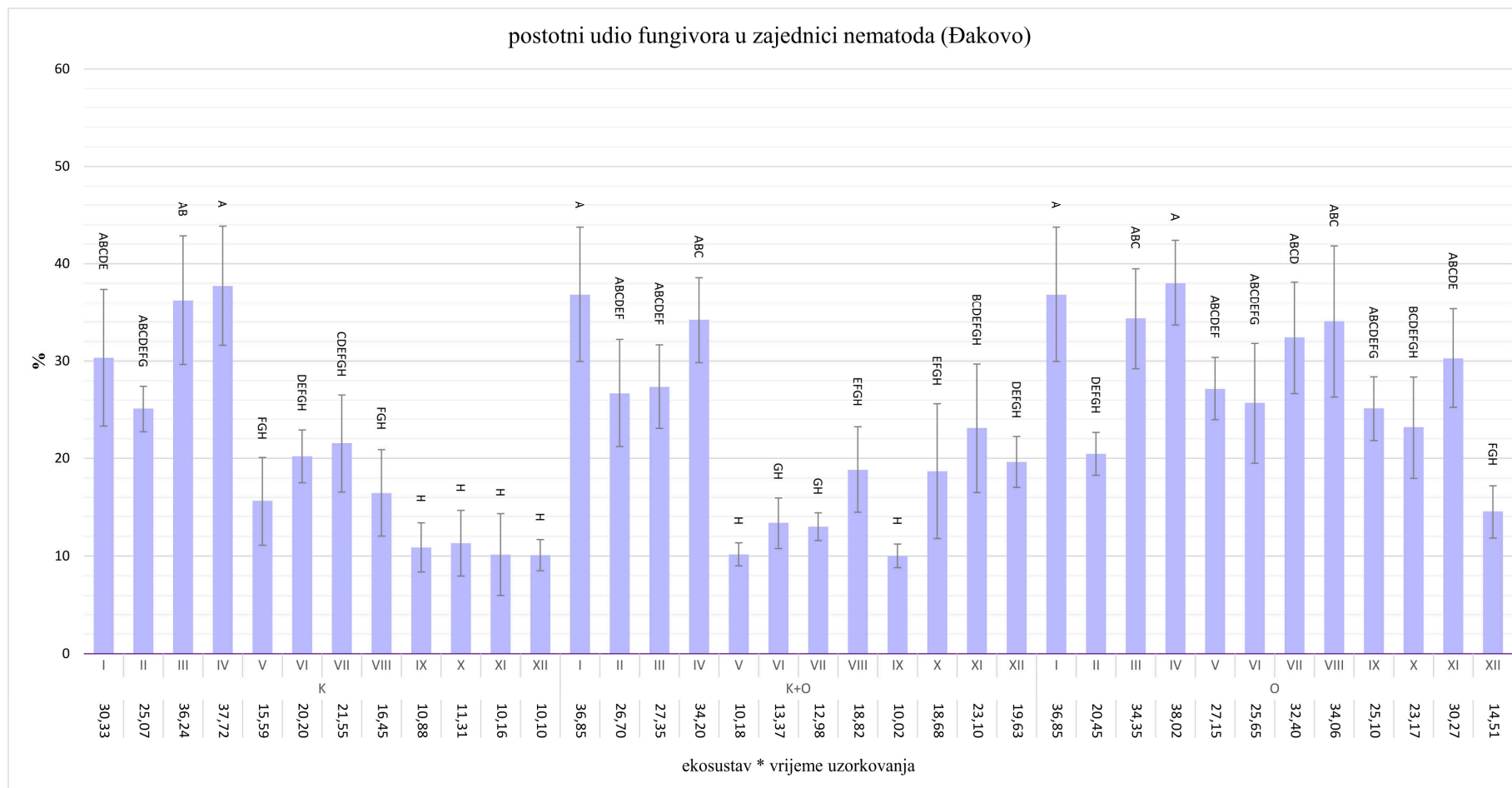


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.15. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela bakterivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

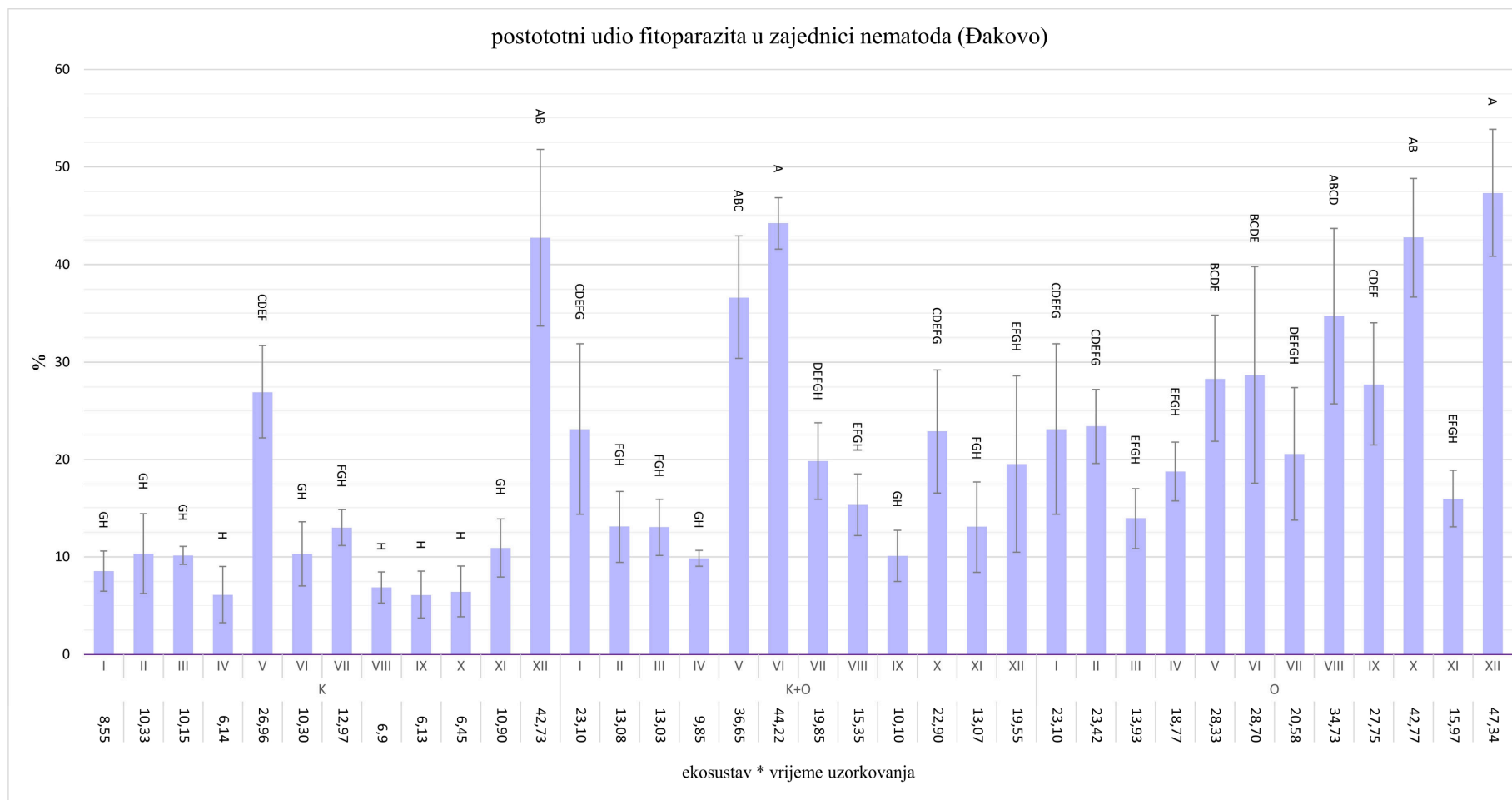




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

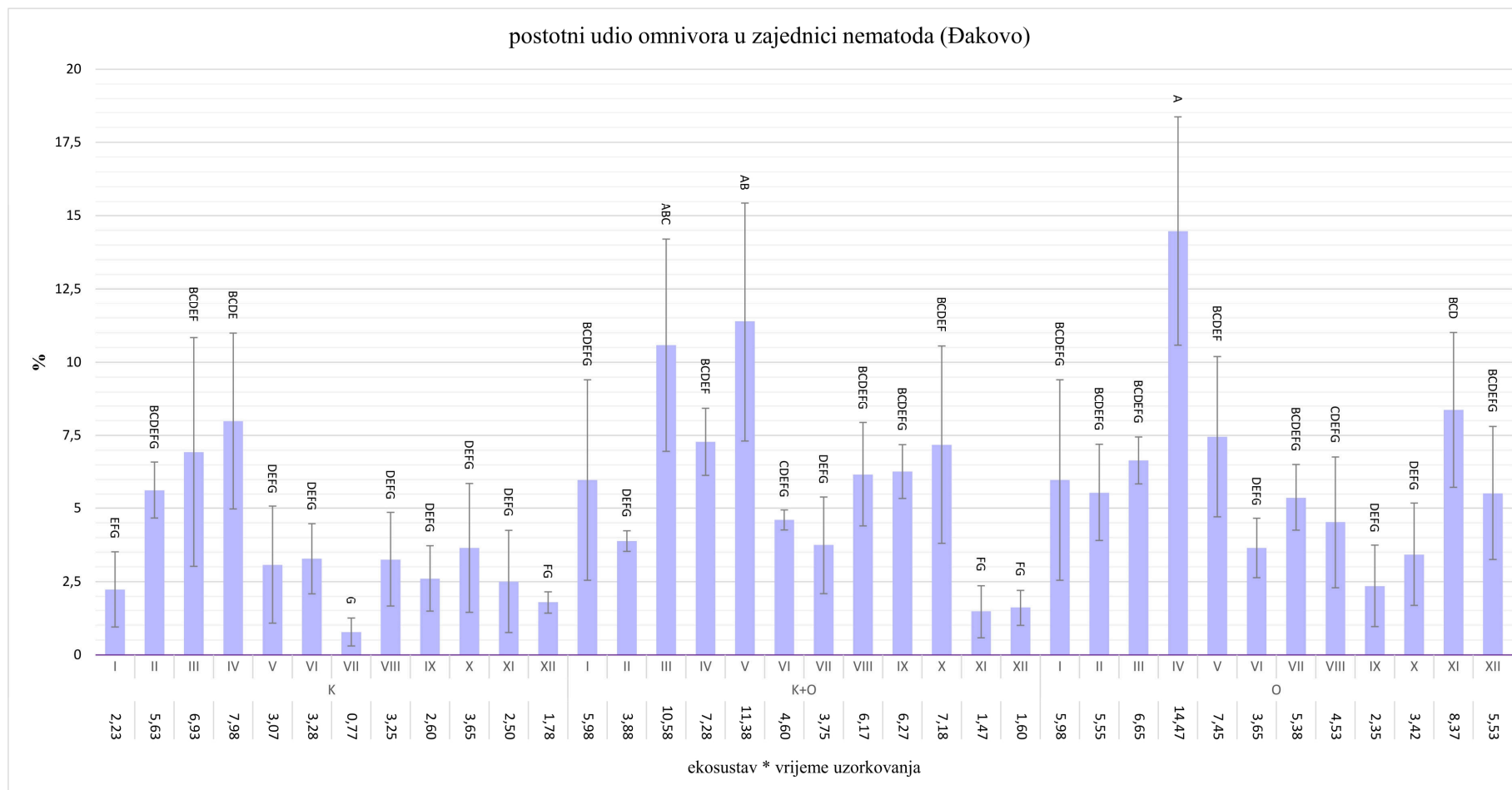
Grafikon 3.16. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela fungivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

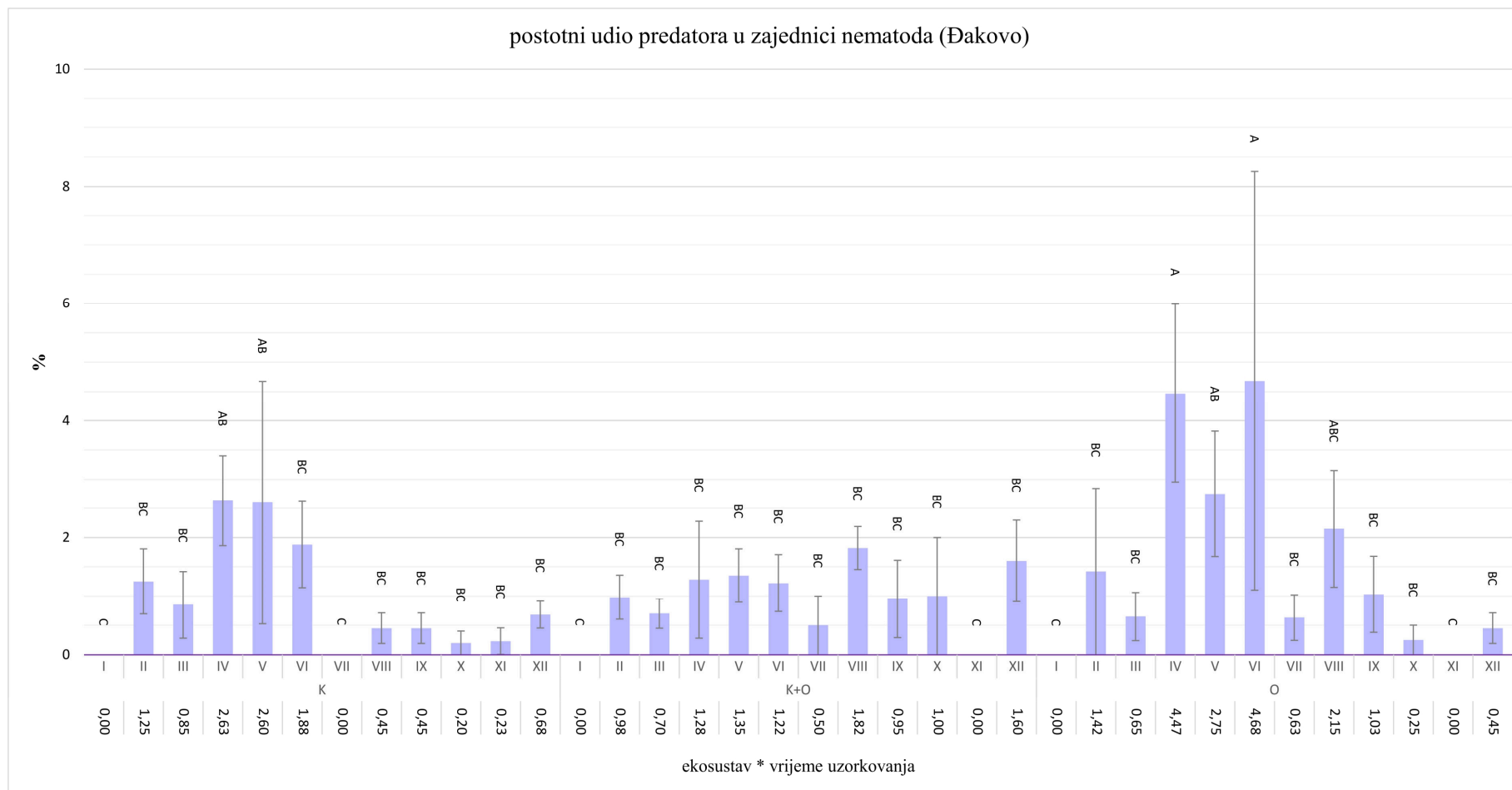
Grafikon 3.17. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela fitoparazita u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 3.18. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela omnivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.19. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela predatora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

*Ivankovo*

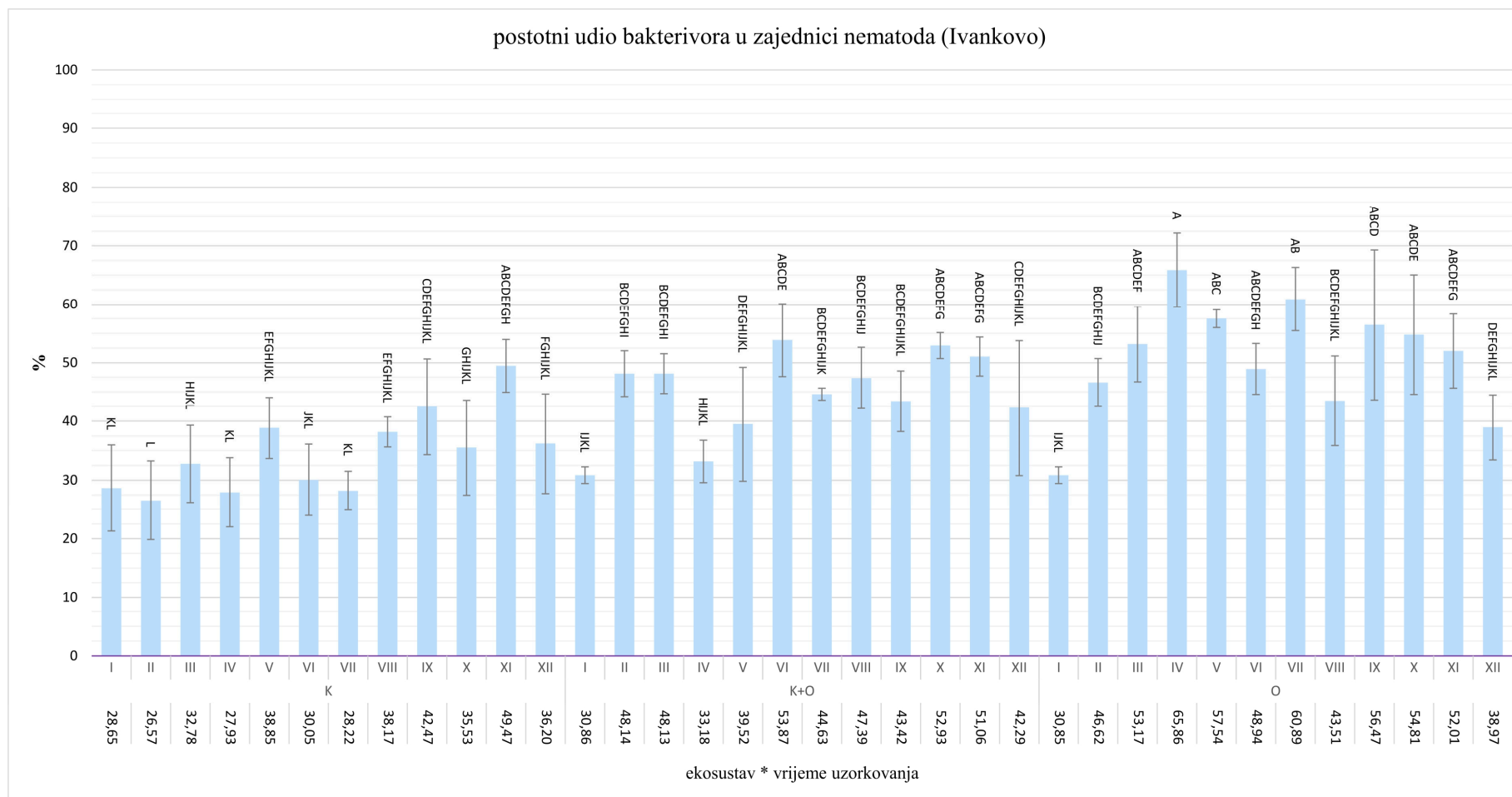
Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu ( $P = 0,1117$ ) na udio bakterivora u zajednici nematoda na lokalitetu Ivankovo no s obzirom na to da su ekosustavi i vrijeme uzorkovanja imali vrlo značajan utjecaj odvojeno ( $P < 0,0001$ ) u Grafikonu 3.20. može se vidjeti različit udio bakterivora u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih tretmana i njihove interakcije.

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na postotak fungivora u zajednici nematoda na lokalitetu Ivankovo. Najveći postotak fungivora u zajednici nematoda zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom I. (29. 8. 2017.), III. (12. 4. 2018.) i IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom III. (12. 4. 2018.) i IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom I. (29. 8. 2017.) i II. (20. 10. 2017.) uzorkovanja (Grafikon 3.21.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije bio značajan prema F testu (0,2111) na udio fitoparazita u zajednici nematoda na lokalitetu Ivankovo. Ekosustavi i vrijeme uzorkovanja imali su vrlo značajan utjecaj odvojeno ( $P < 0,0001$ ) na udio fitoparazita u zajednici nematoda. Grafikon 3.22. prikazuje udio fitoparazita u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih interakcija.

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na udio omnivora u zajednici nematoda na lokalitetu Ivankovo nije bio značajan prema F testu (0,1679). Zabilježen je vrlo značajan utjecaj vremena uzorkovanja ( $P < 0,0001$ ) na udio omnivora u zajednici nematoda. Grafikon 3.23. prikazuje udio omnivora u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih interakcija.

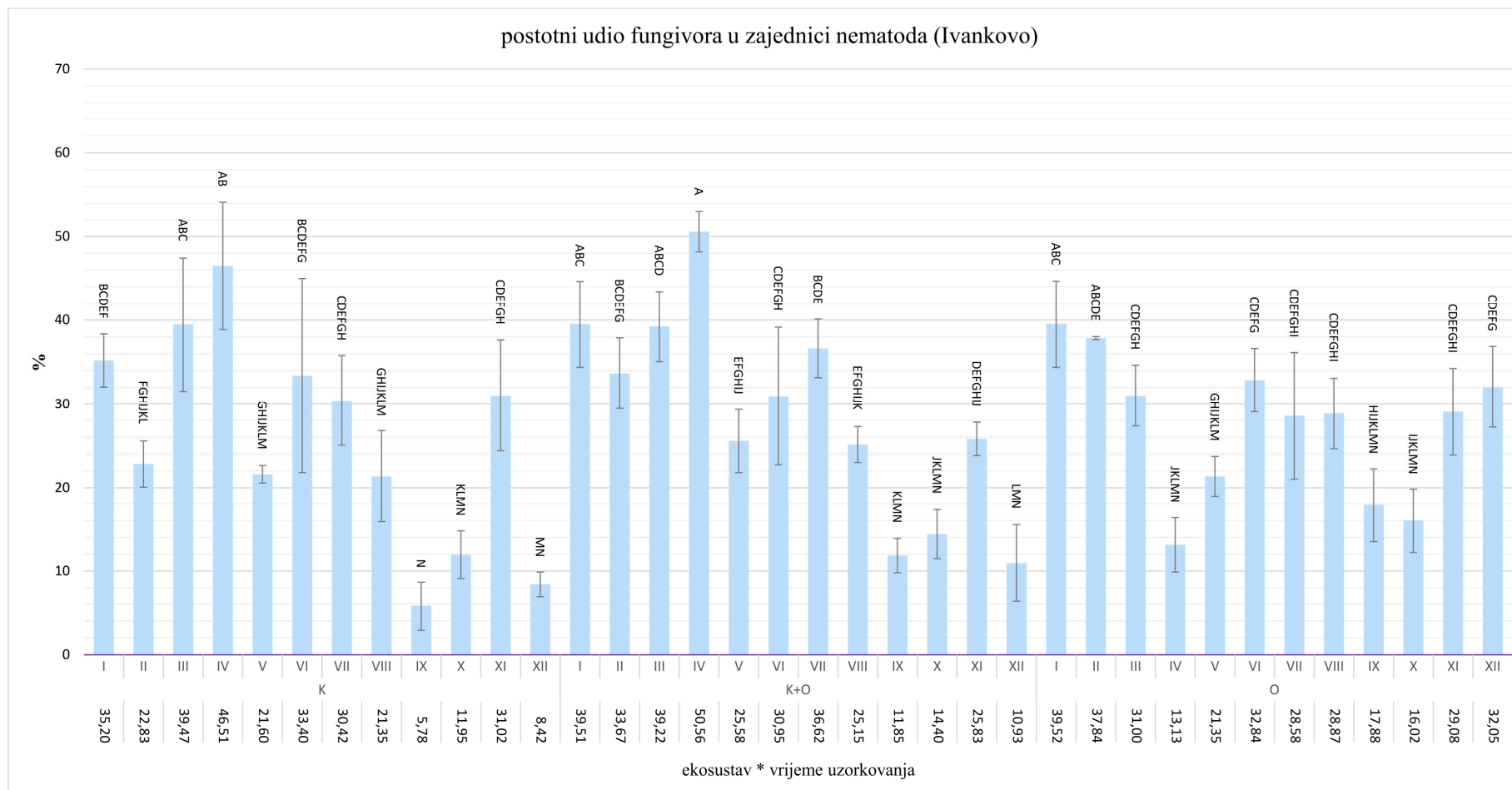
Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu (0,1025) na udio predatora u zajednici nematoda na lokalitetu Ivankovo, no vrijeme uzorkovanja je imao vrlo značajan utjecaj ( $P < 0,0001$ ). Grafikon 3.24. prikazuje udio predatora u zajednici nematoda pod utjecajem proučavanih interakcija.



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

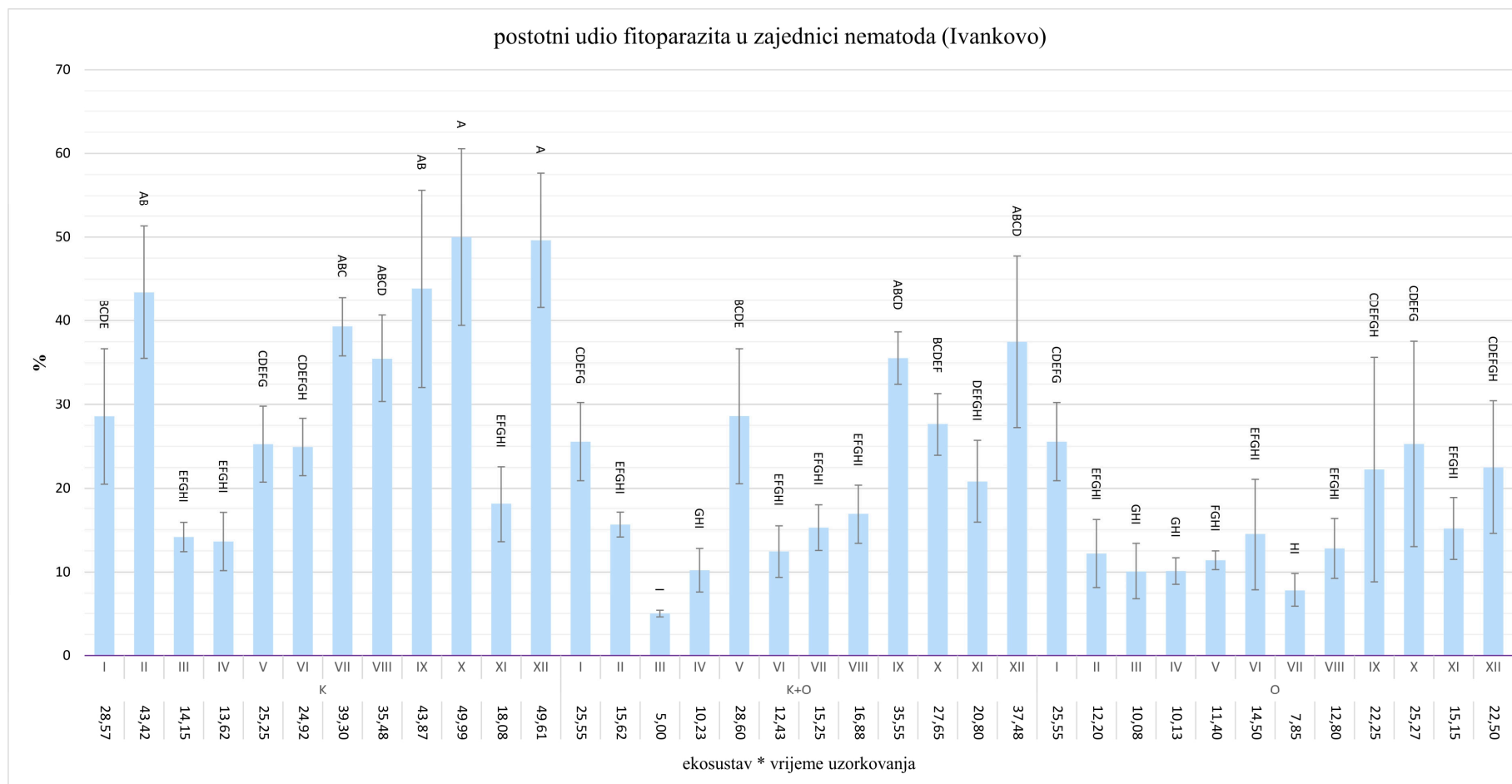
Grafikon 3.20. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela bakterivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi, I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 3.21. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela fungivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

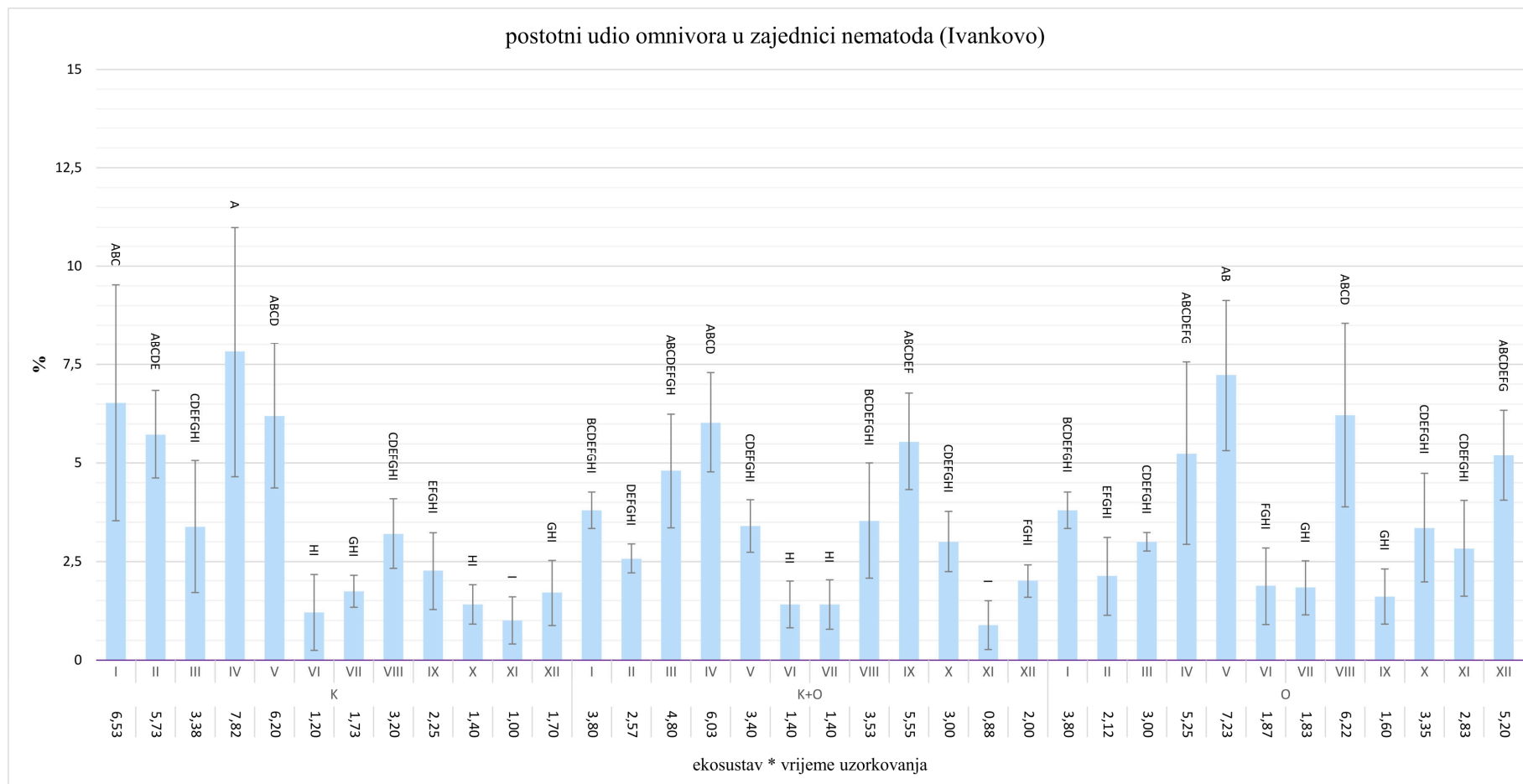


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.22. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela fitoparazita u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

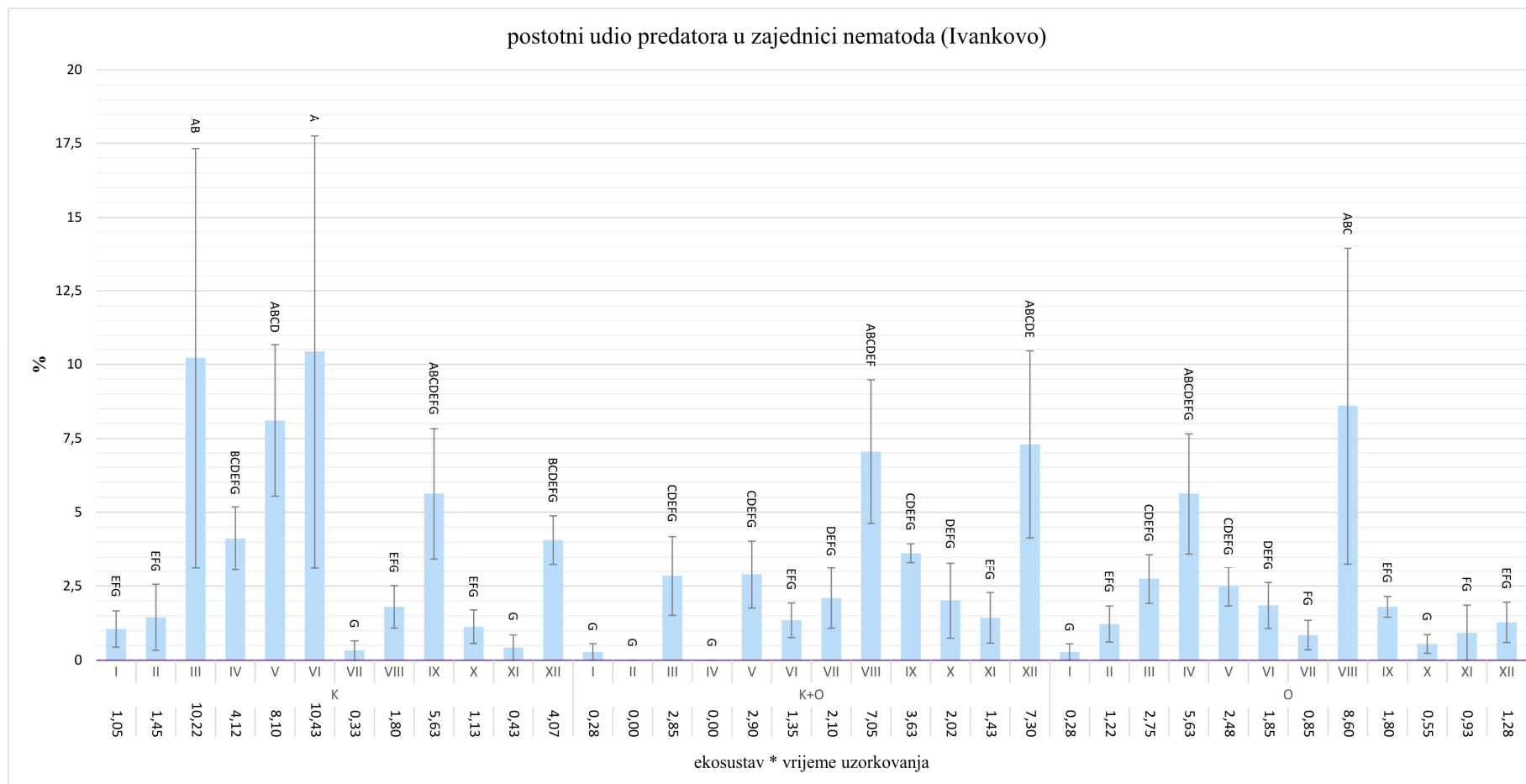




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.23. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela omnivora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.24. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške postotnog udjela predatora u zajednici nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.5. Metabolički otisak trofičkih skupina na okoliš

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na metabolički otisak trofičkih skupina nematoda na okoliš na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.7. i Tablici 3.8.

Tablica 3.7. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na metabolički otisak trofičkih skupina nematoda (Đakovo)

	metabolički otisak bakterivora		metabolički otisak fungivora		metabolički otisak fitoparazita		metabolički otisak omnivora		metabolički otisak predatora	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	28,54	<,0001	7,7	0,0008	8,27	0,0005	1,31	0,2737	2,79	0,066
V	3,63	0,0002	5,06	<,0001	5,98	<,0001	2,97	0,0018	3,5	0,0003
E*V	1,76	0,0305	0,69	0,8394	1,7	0,0386	1,35	0,1556	0,78	0,7471

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

Prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.8. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na metabolički otisak trofičkih skupina nematoda (Ivankovo)

	metabolički otisak bakterivora		metabolički otisak fungivora		metabolički otisak fitoparazita		metabolički otisak omnivora		metabolički otisak predatora	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	4,05	0,02	5,8	0,0041	11,13	<,0001	1,52	0,2239	1,32	0,2707
V	4,8	<,0001	8,34	<,0001	4,23	<,0001	6,98	<,0001	3,64	0,0002
E*V	2,53	0,0008	2,14	0,0054	1,35	0,1601	1,42	0,1194	1,84	0,0208

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

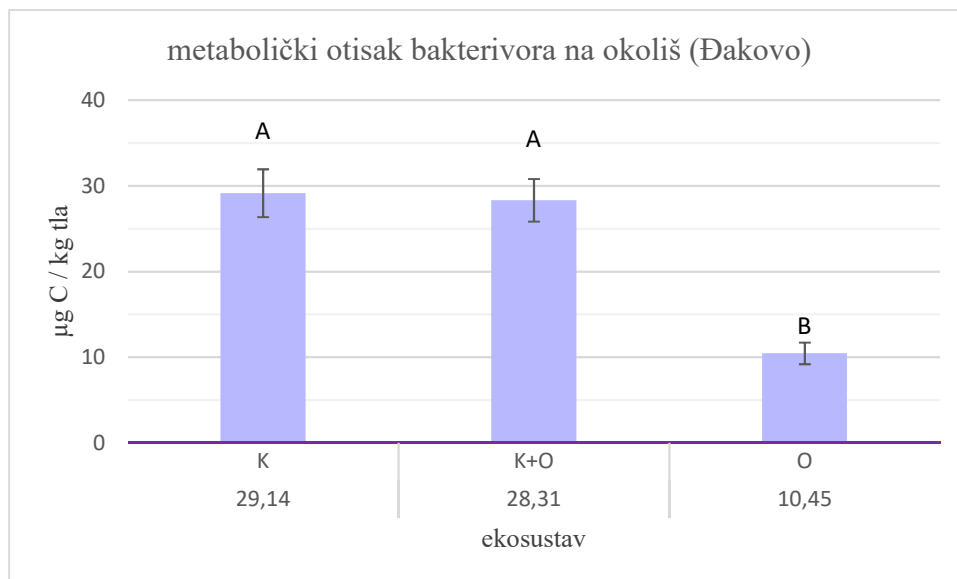
Prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na metabolički otisak bakterivora, fungivora i fitoparazita na okoliš na lokalitetu Đakovo, dok utjecaj ekosustava na metabolički otisak omnivora i predatora nije bio statistički značajan.

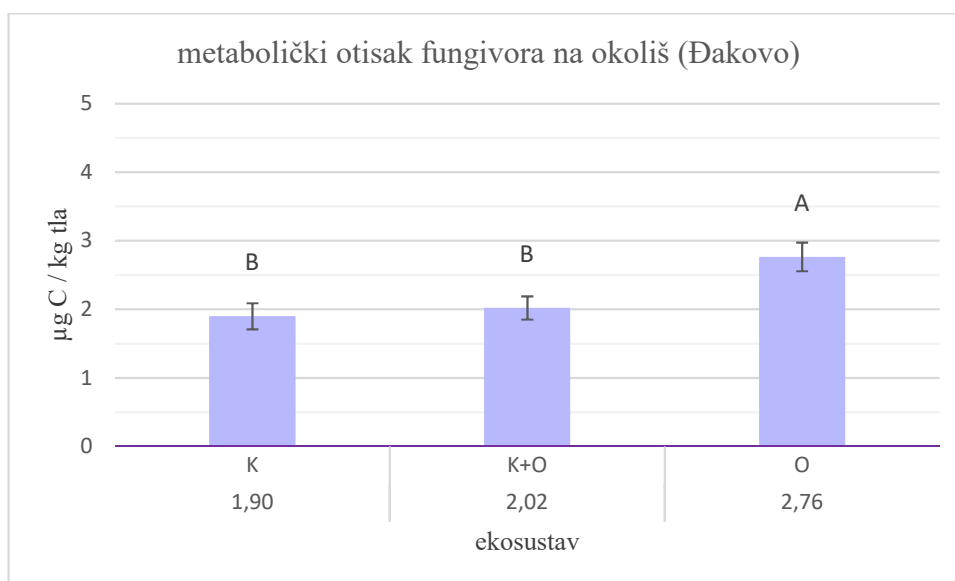
Statistički značajno najveći metabolički otisak bakterivora na okoliš, zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.25.). Najznačajniji metabolički otisak fungivora na okoliš zabilježen u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.26.), dok je najznačajniji metabolički otisak fitoparazita na okoliš zabilježen u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.27.). Utjecaj ekosustava nije pokazao statističku

značajnost prema F testu (Tablica 3.7.) na metabolički otisak omnivora i predatora na okoliš (Grafikon 3.28. i Grafikon 3.29.).



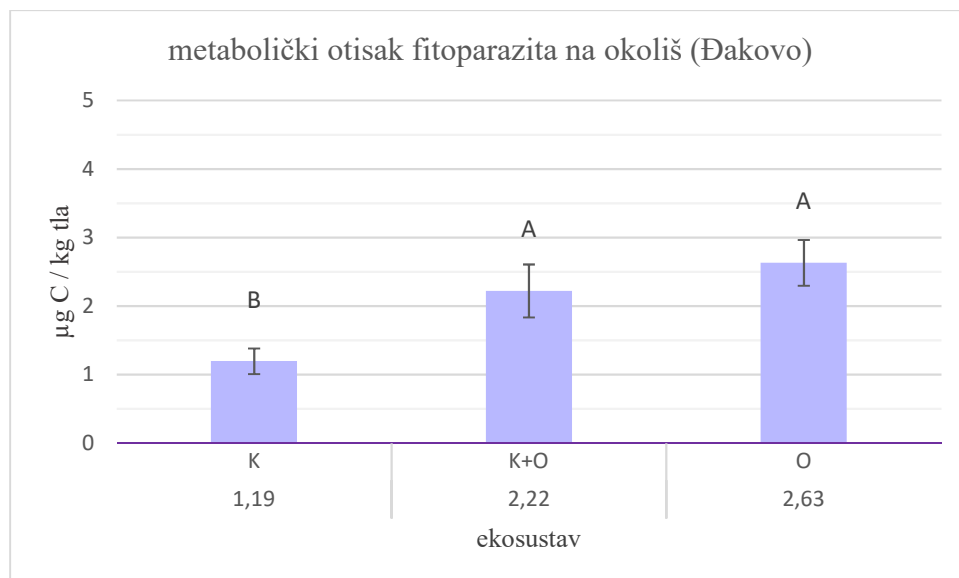
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.25. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za proučavane ekosustave (Đakovo)



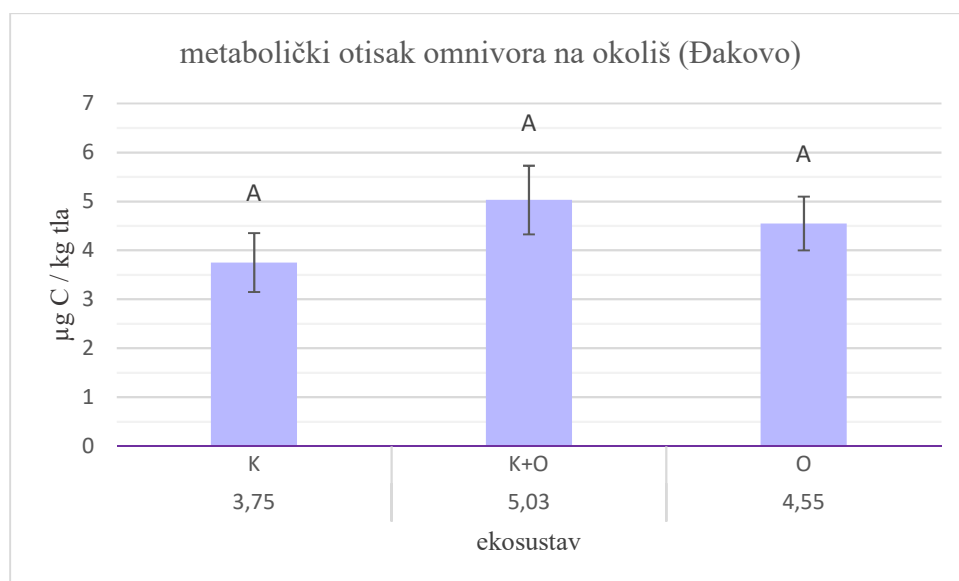
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.26. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za proučavane ekosustave (Đakovo)



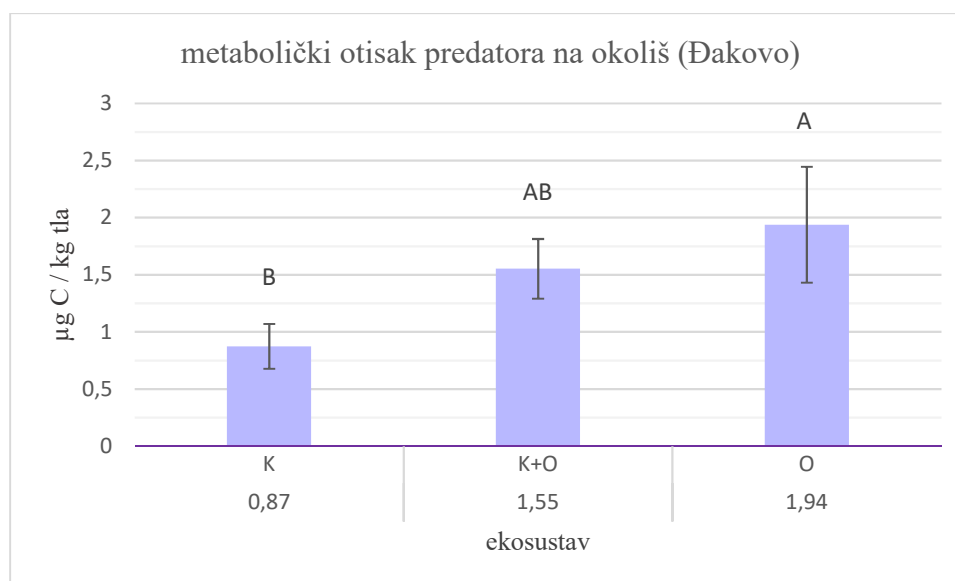
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.27. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.28. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za proučavane ekosustave (Đakovo)



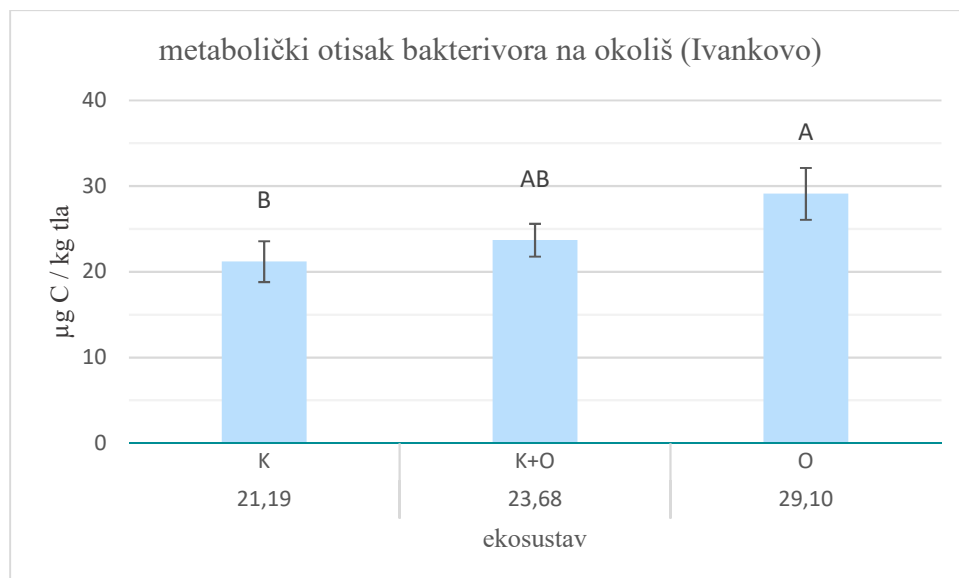
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.29. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za proučavane ekosustave (Đakovo)

#### *Ivankovo*

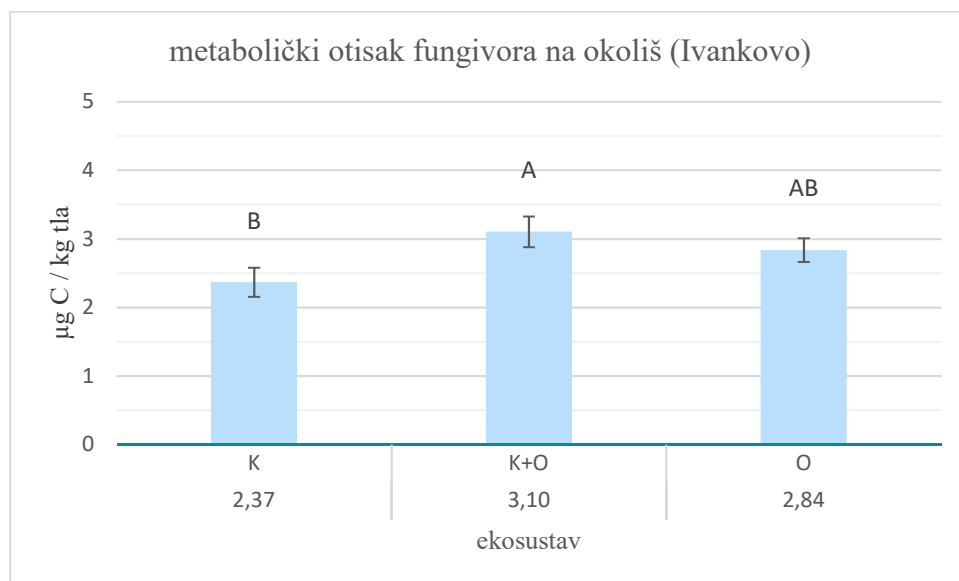
Zabilježen je značajan utjecaj ekosustava, u prosjeku svih uzorkovanja, na metabolički otisak bakterivora, fungivora i fitoparazita na okoliš na lokalitetu Ivankovo. Utjecaj ekosustava na metabolički otisak omnivora i predatora na okoliš nije bio statistički značajan.

Na lokalitetu Ivankovo zabilježen je statistički značajno najveći metabolički otisak bakterivora na okoliš u ekosustavu s orasima, zatim u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.30.). Najznačajniji metabolički otisak fungivora na okoliš zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, zatim u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.31.). Metabolički otisak fitoparazita na okoliš bio je najveći u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.32.). Utjecaj ekosustava nije pokazao statističku značajnost prema F testu (Tablica 3.8.) na metabolički otisak omnivora i predatora na okoliš (Grafikon 3.33. i Grafikon 3.34.).



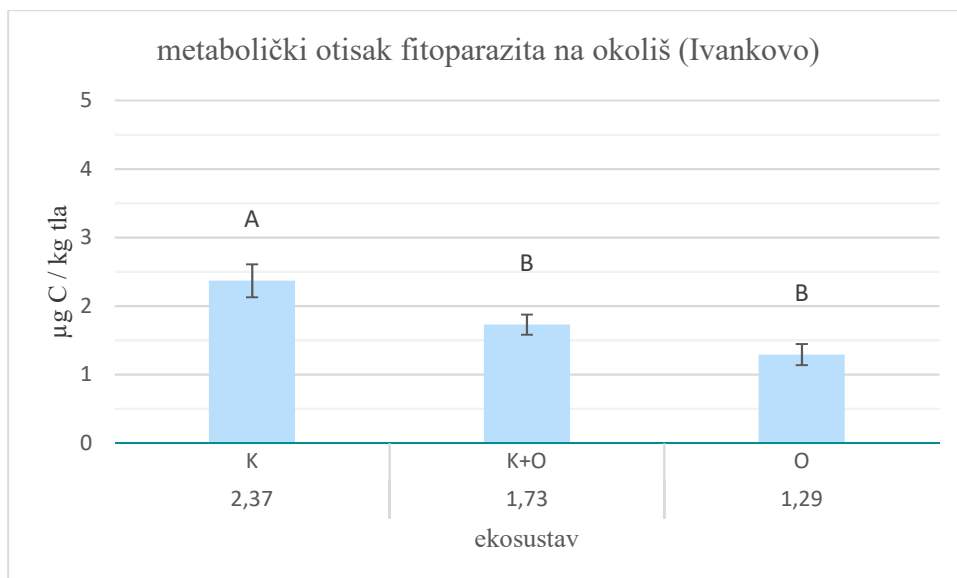
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.30. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za proučavane ekosustave (Ivankovo)



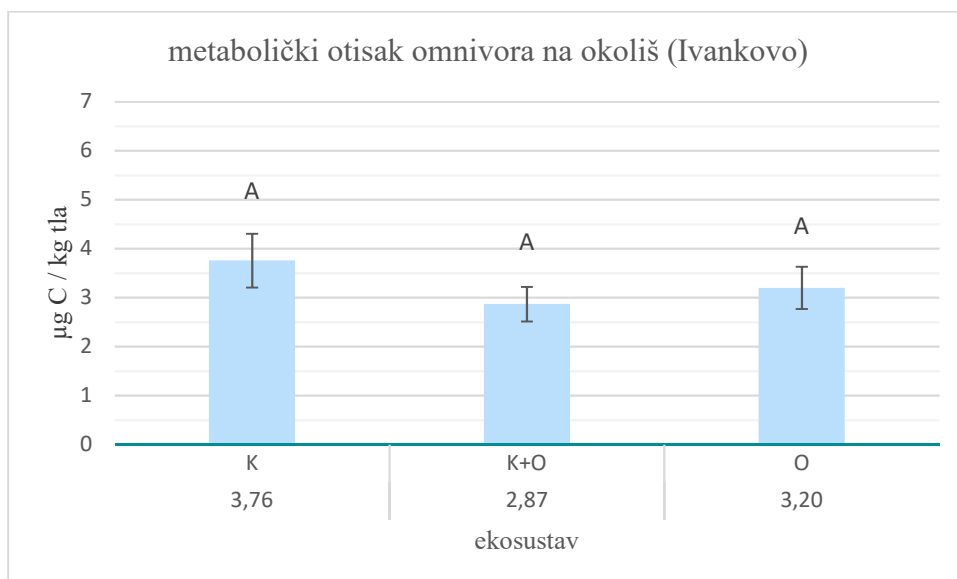
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.31. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

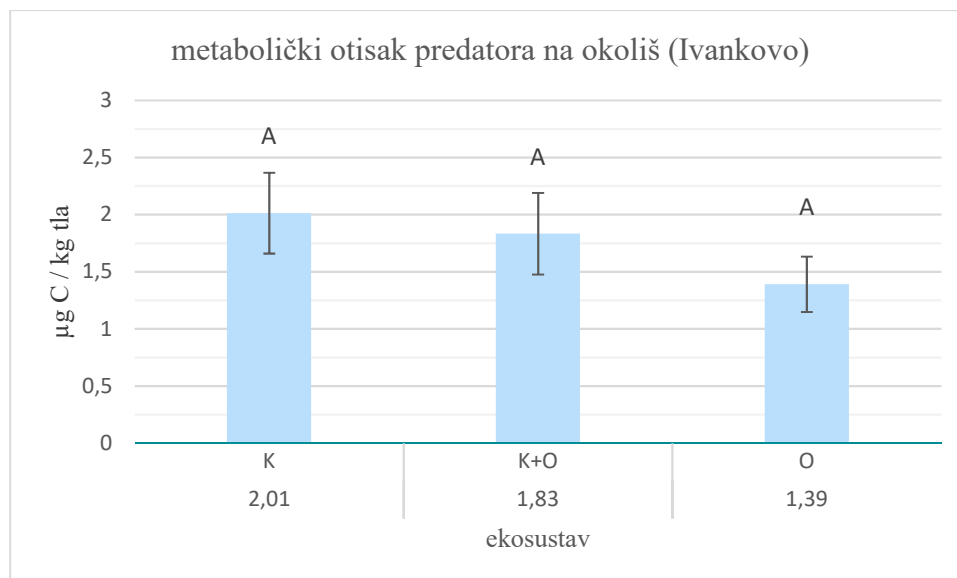
Grafikon 3.32. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.33. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za proučavane ekosustave (Ivankovo)





Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.34. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Metabolički otisak trofičkih skupina nematoda na okoliš, po vremenu uzorkovanja, prikazan je u prilogu (Grafikon 9.9. do Grafikon 9.18.).

#### Đakovo

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na metabolički otisak bakterivora i fitoparazita na okoliš na lokalitetu Đakovo. Najveći metabolički otisak bakterivora zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom V. (2. 7. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), IX. (12. 6. 2019.), X. (11. 7. 2019.) i XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.35.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na metabolički otisak fungivora na okoliš nije pokazala značajan utjecaj prema F testu ( $P = 0,8394$ ) na lokalitetu Đakovo. U Grafikonu 3.36. prikazan je metabolički otisak fungivora po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

Na lokalitetu Đakovo interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, pokazala je značajan utjecaj na metabolički otisak fitoparazita na okoliš. Najveći metabolički otisak fitoparazita zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom V. (2. 7. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja i u

ekosustavu s orasima tijekom VIII. (18. 4. 2019.) i XII (21. 11. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.37.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na metabolički otisak omnivora i predatora na okoliš na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu ( $P=0,1556$  te  $P=0,7471$ ). Metabolički otisak omnivora i predatora po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, prikazan je u Grafikonu 3.38. i Grafikonu 3.39.

#### *Ivankovo*

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na metabolički otisak bakterivora, fungivora i predatora na okoliš na lokalitetu Ivankovo.

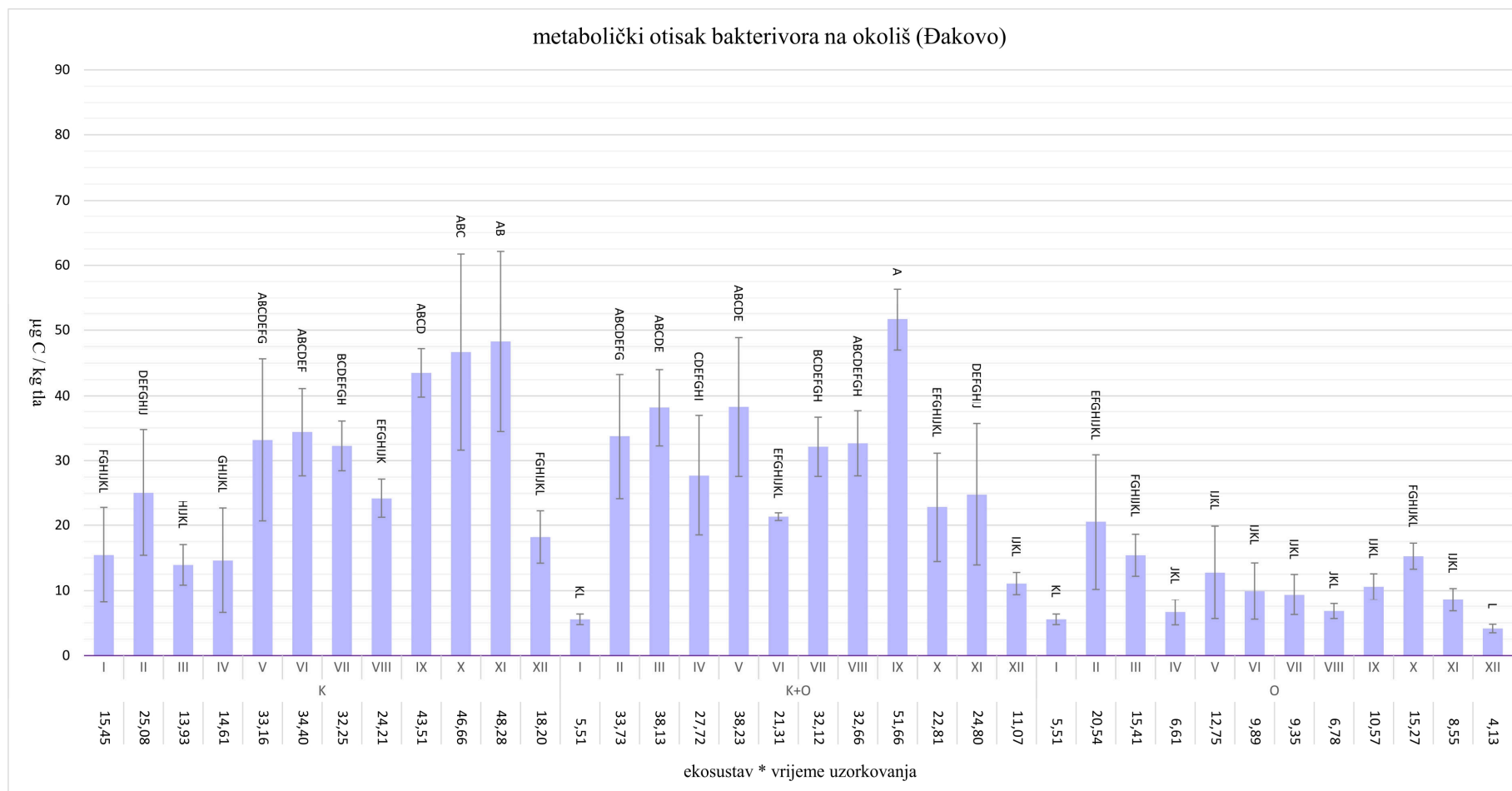
Najveći metabolički otisak bakterivora na okoliš zabilježen je u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9.5.2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.40.).

Najveći metabolički otisak fungivora na okoliš zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom III. (12. 4. 2018.) i IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom II. (20. 10. 2017.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.41.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu ( $P = 0,1601$ ) na metabolički otisak fitoparazita na okoliš na lokalitetu Ivankovo. U Grafikonu 3.42. prikazan je metabolički otisak fitoparazita po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na metabolički otisak omnivora na okoliš na lokalitetu Ivankovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,1194$ ). Metabolički otisak omnivora po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, prikazan je u Grafikonu 3.43.

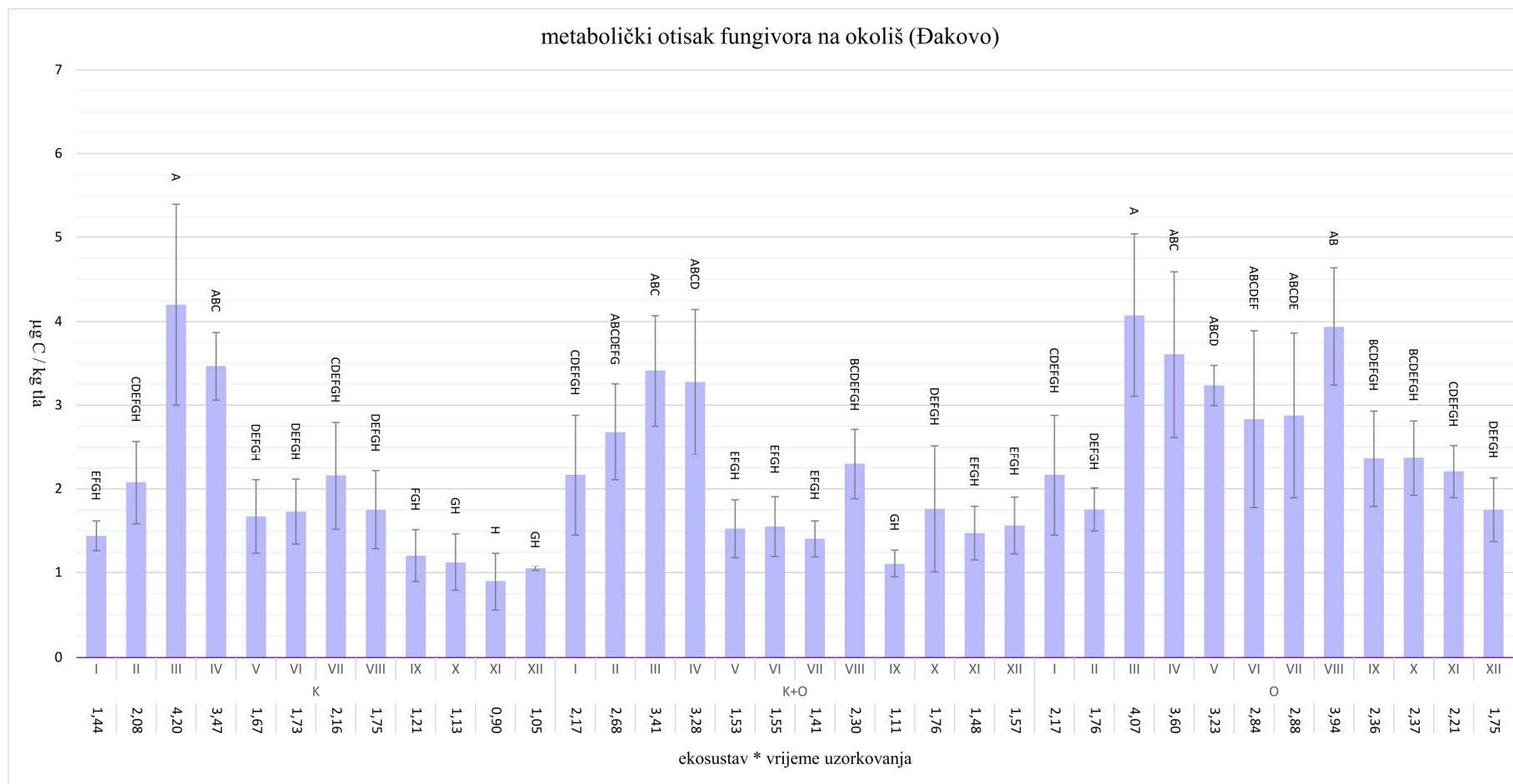
Na lokalitetu Ivankovo interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, pokazala je značajan utjecaj na metabolički otisak predatora na okoliš. Najveći metabolički otisak predatora zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.) VI. (20. 9. 2018.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9. 5. 2018.) i VIII. (18. 4. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.44.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

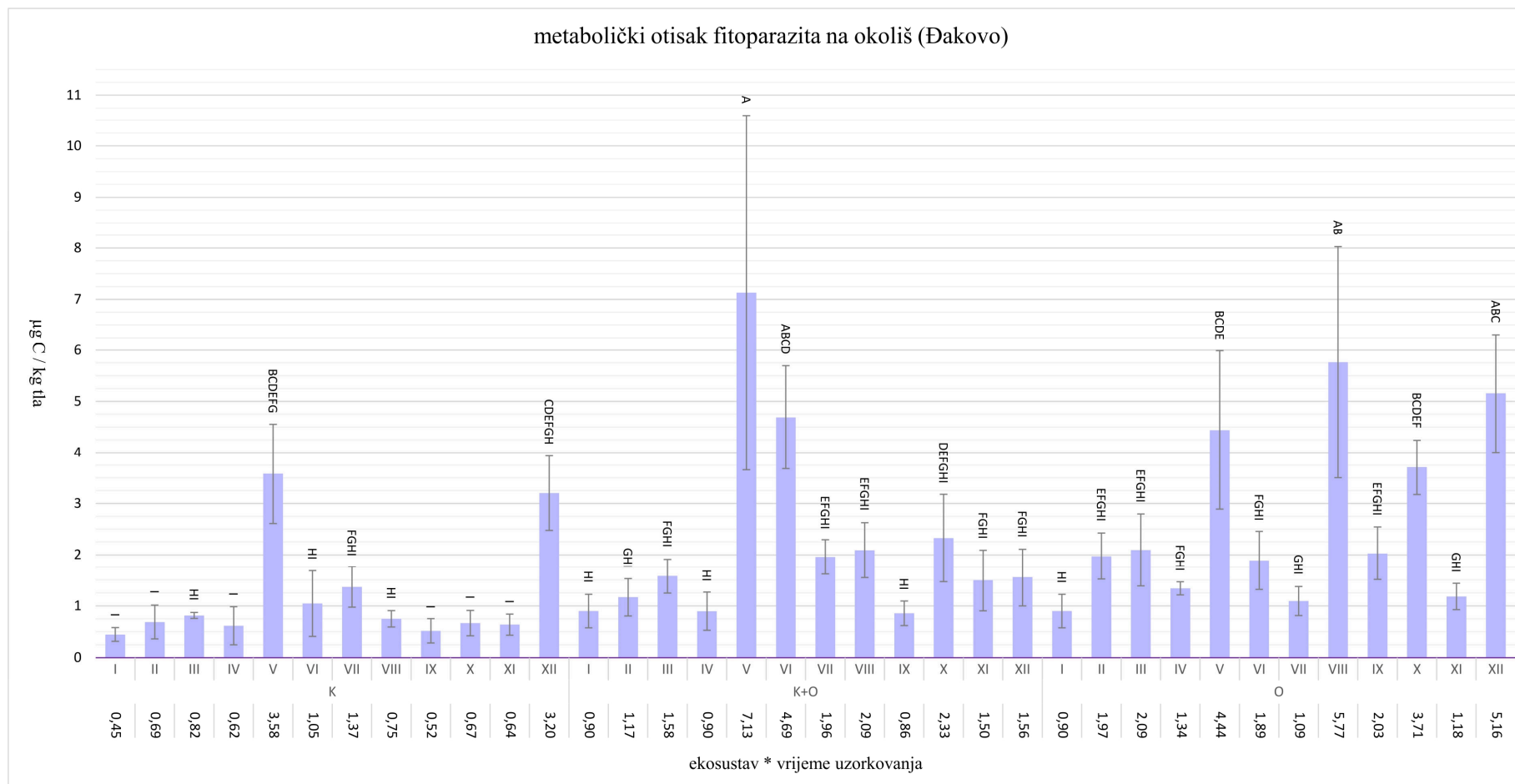
Grafikon 3.35. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

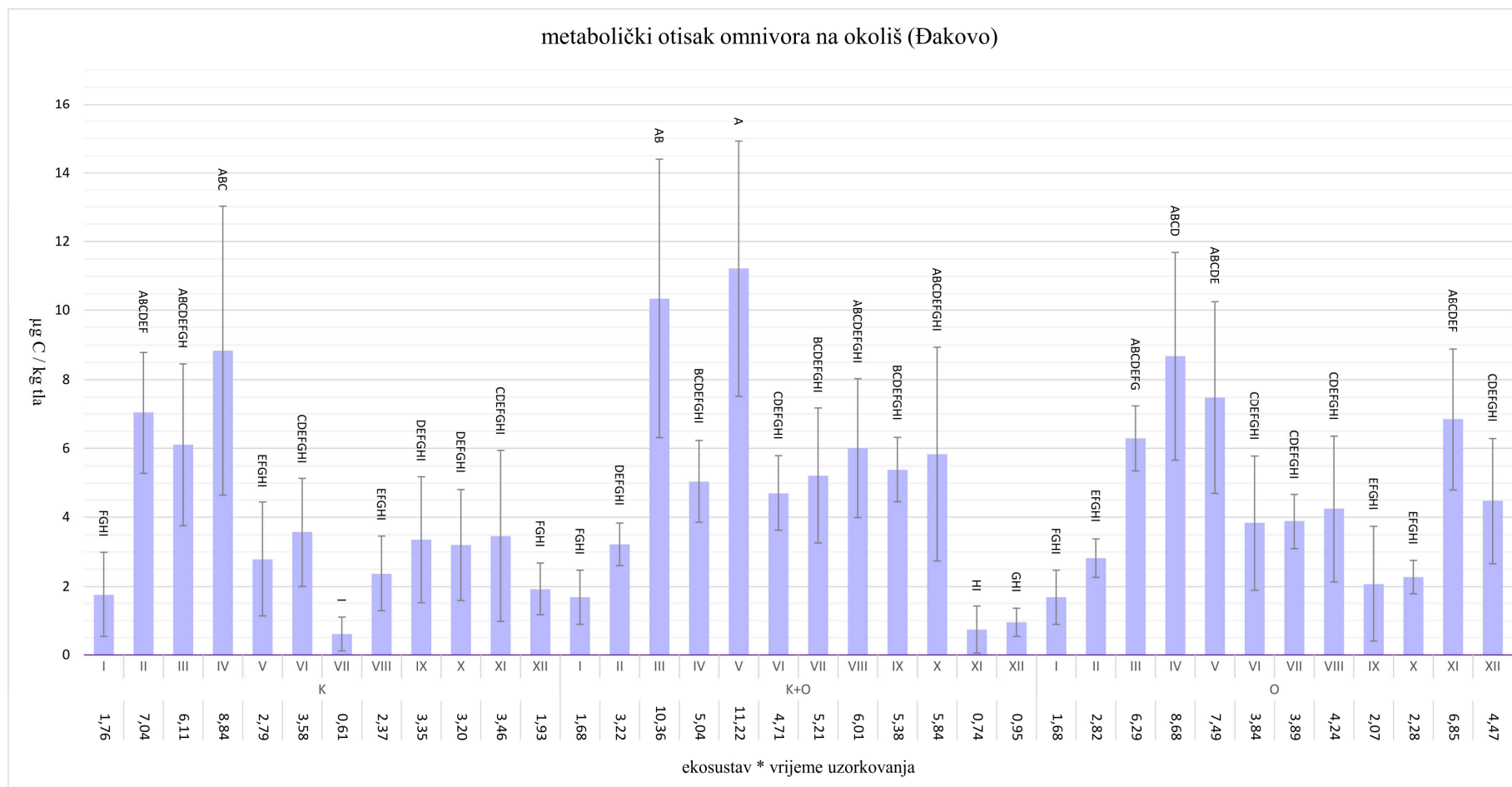
Grafikon 3.36. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

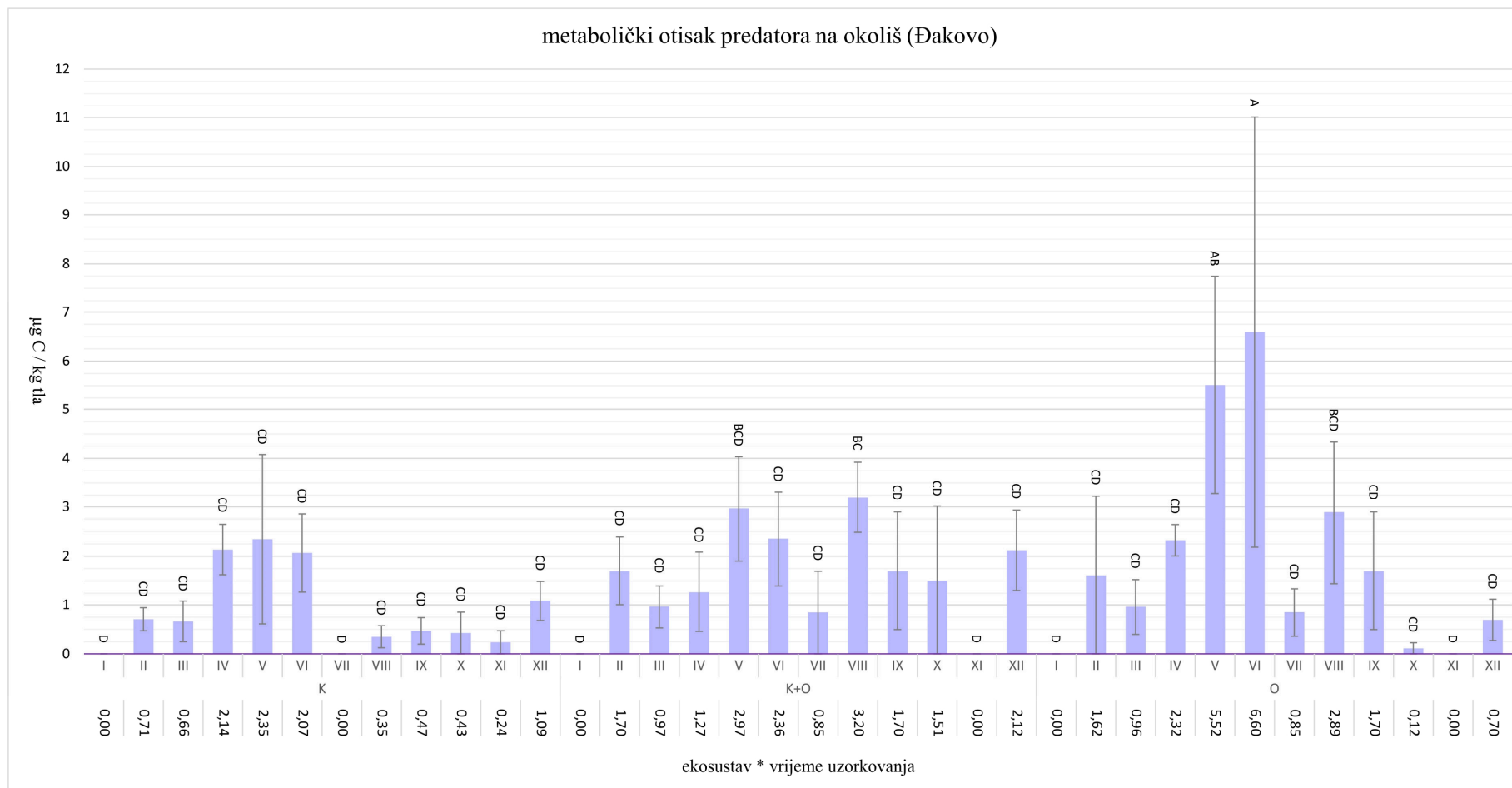
Grafikon 3.37. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

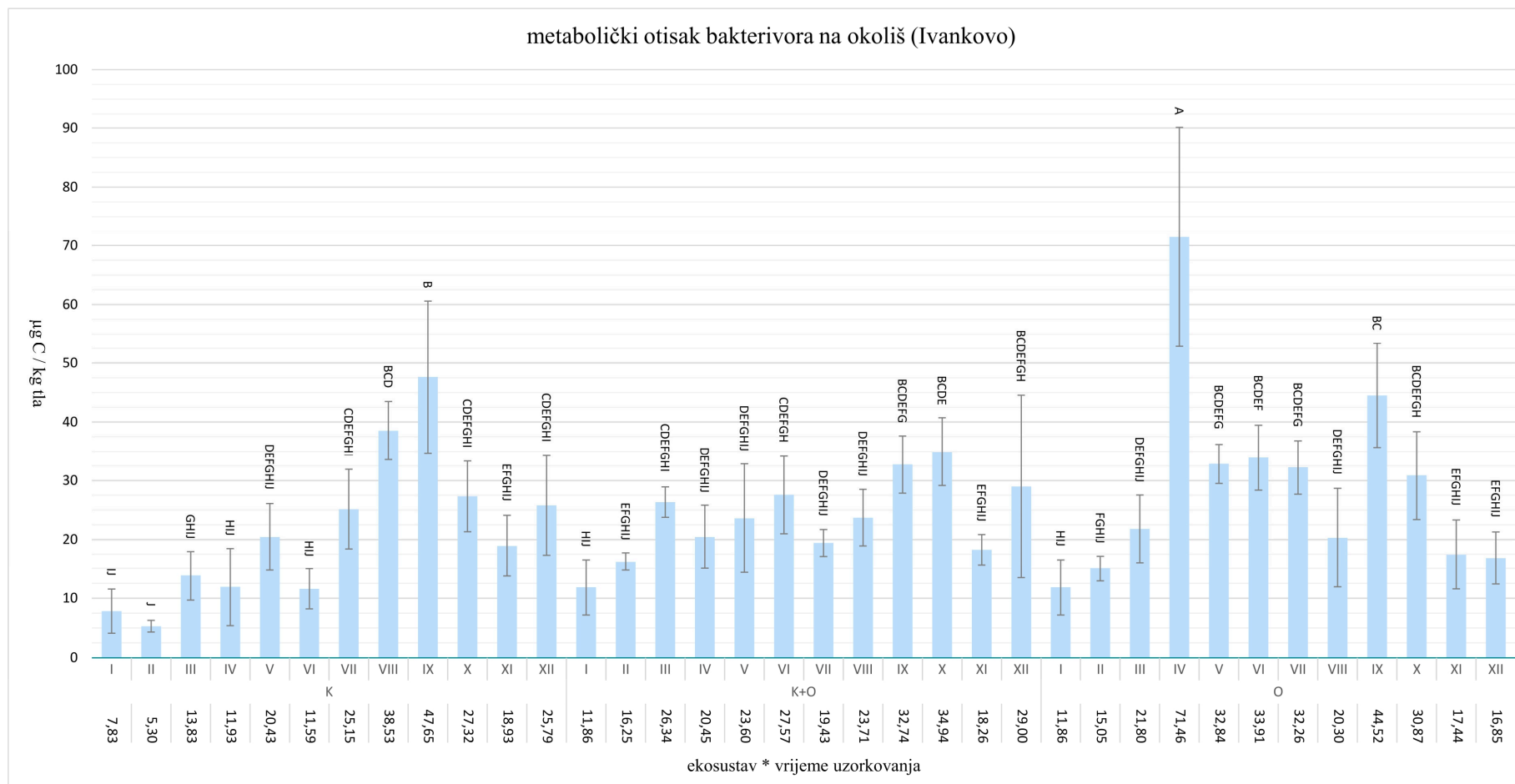
Grafikon 3.38. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.39. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

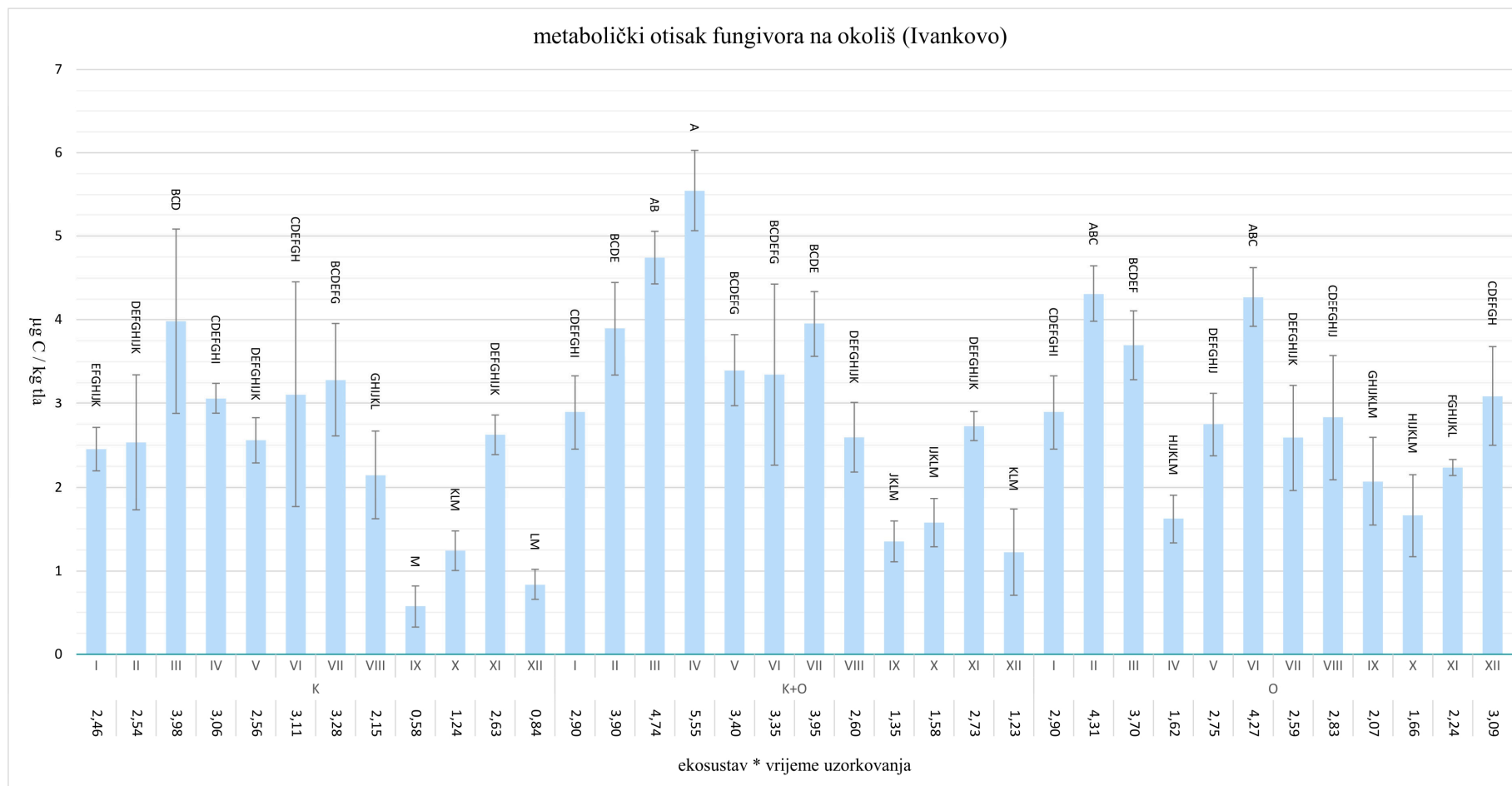


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.40. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

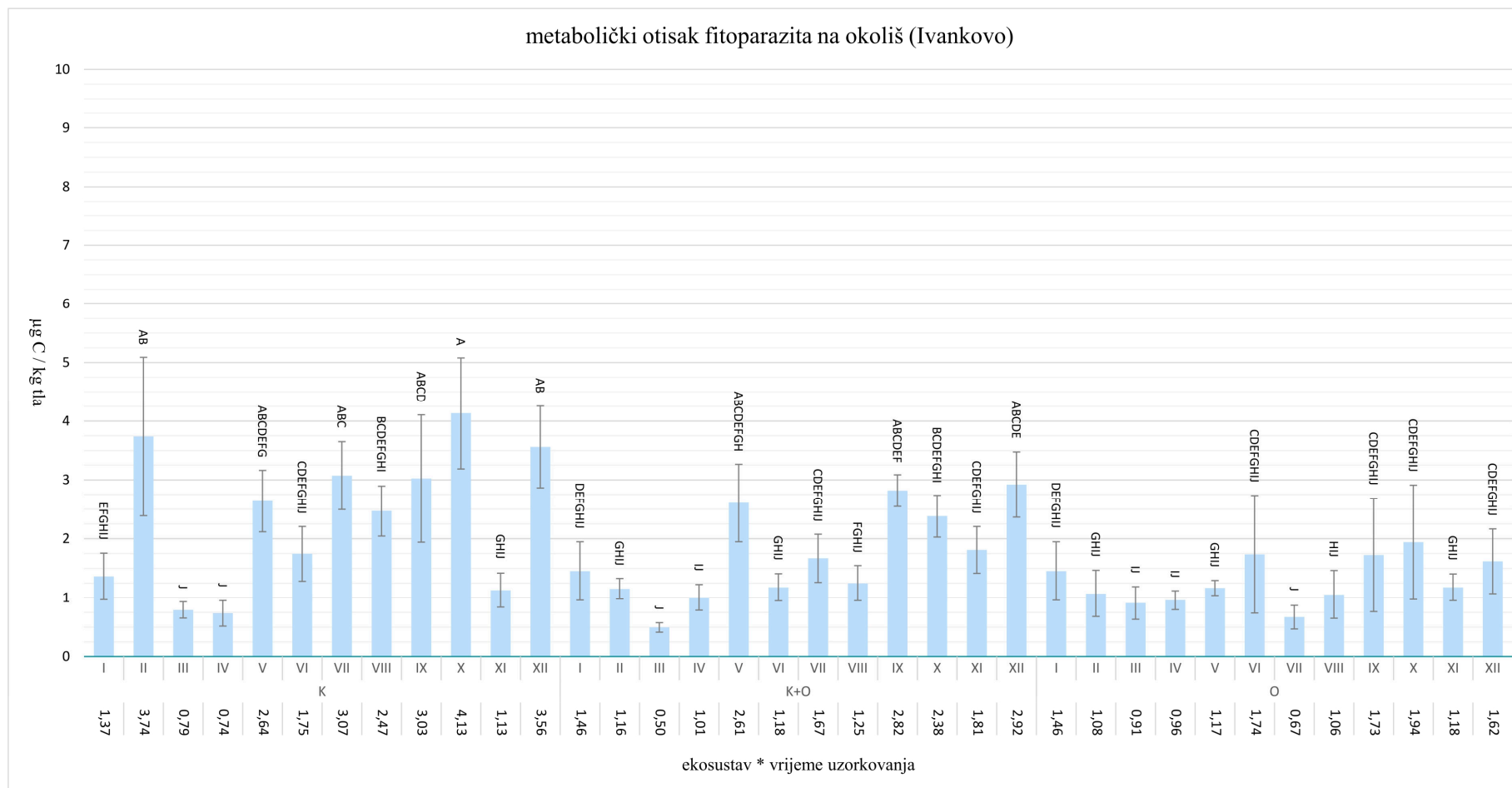




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

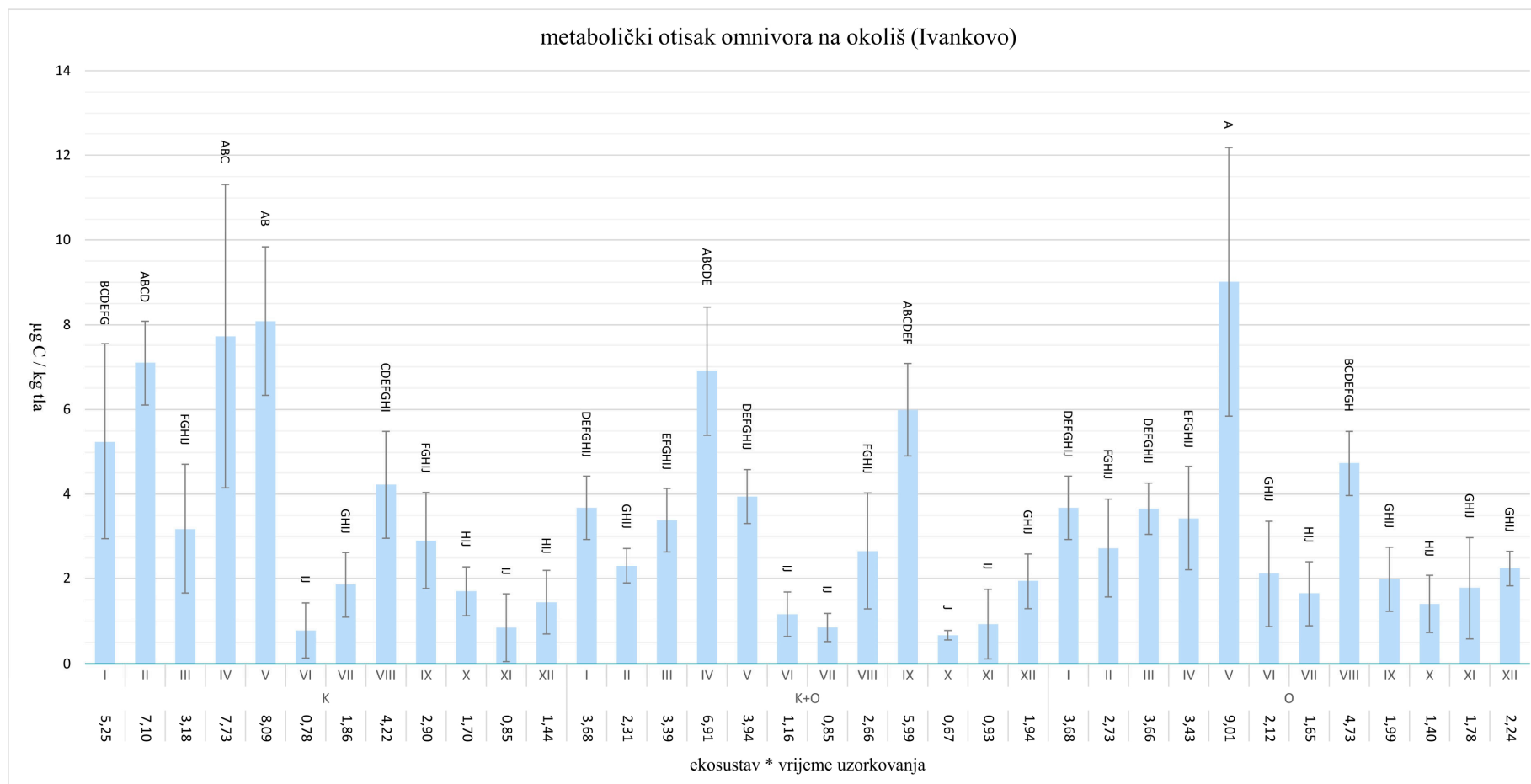
Grafikon 3.41. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

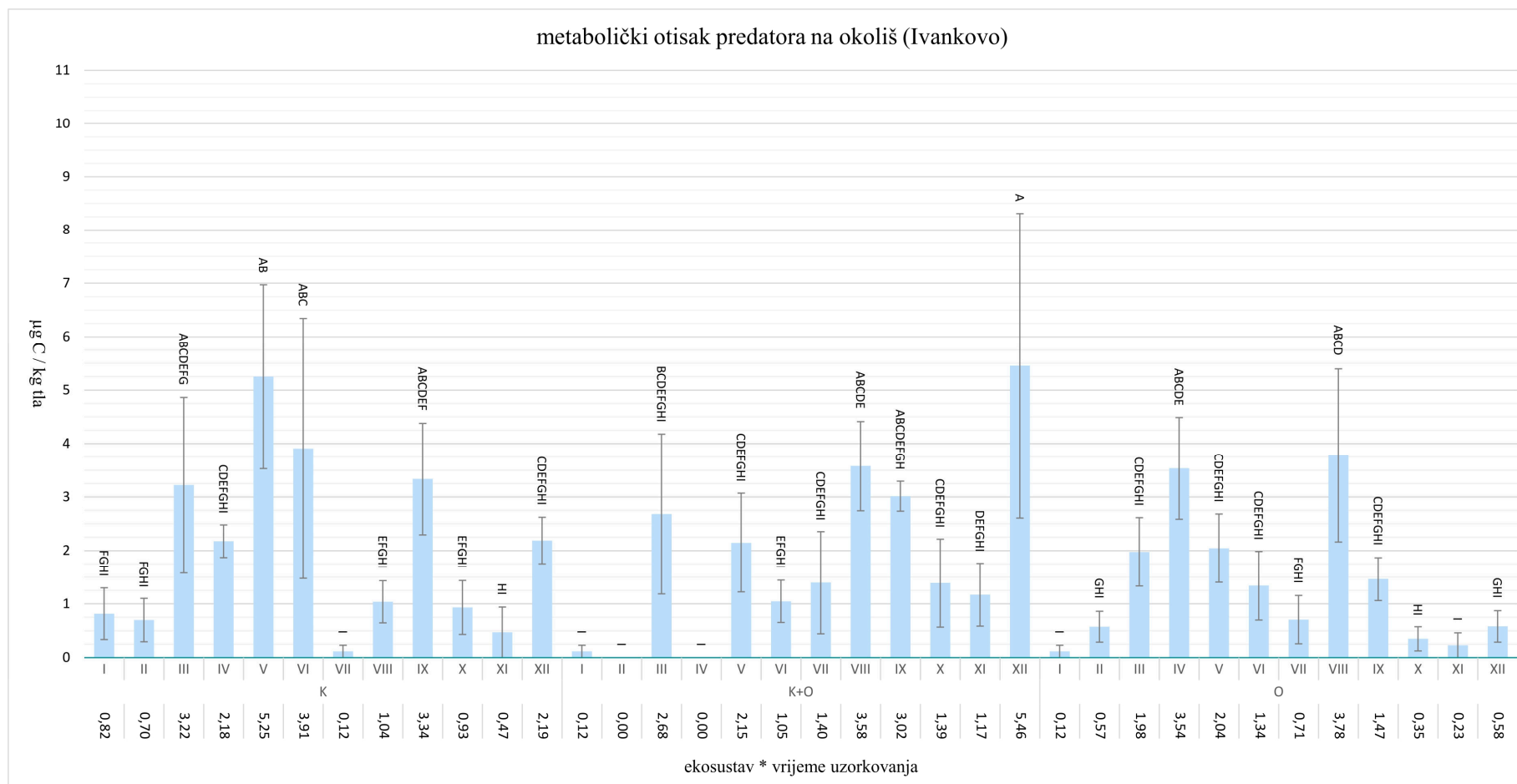
Grafikon 3.42. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.43. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.44. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.6. Indeksi uznemirenja zajednice nematoda

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na indekse uznemirenja zajednice nematoda na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.9. i Tablici 3.10.

Tablica 3.9. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na indekse uznemirenja zajednice nematoda (Đakovo)

	MI		MI 2-5		PPI		PPI/MI	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	18,26	<,0001	6,56	0,002	12,2	<,0001	0,59	0,5547
V	3,2	0,0009	2,92	0,002	3,44	0,0004	2,72	0,0039
E*V	1	0,4704	1,38	0,1429	2,11	0,0062	0,92	0,5719

MI, MI 2-5 - indeksi zrelosti zajednice nematoda, PPI - fitoparazitski indeks

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.10. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na indekse uznemirenja zajednice nematoda (Ivankovo)

	MI		MI 2-5		PPI		PPI/MI	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
T	4,96	0,0087	6,02	0,0033	7,48	0,0009	1,22	0,2992
V	5,83	<,0001	4,35	<,0001	2,1	0,0264	4,24	<,0001
E*V	1,79	0,0268	1,3	0,1883	1,69	0,0402	1,92	0,0147

MI, MI 2-5 - indeksi zrelosti zajednice nematoda, PPI - fitoparazitski indeks

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

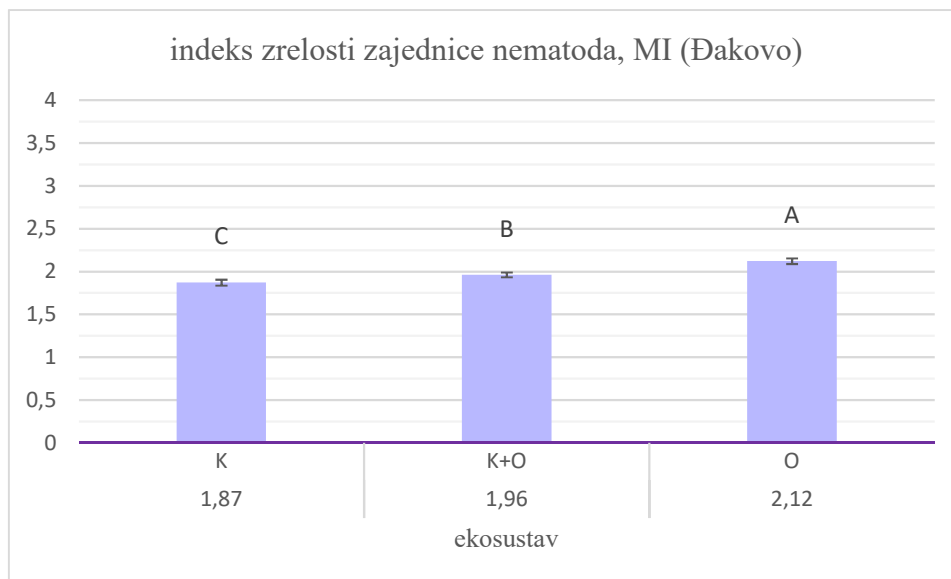
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na indekse zrelosti zajednice nematoda (MI te MI 2-5) i fitoparazitski indeks na lokalitetu Đakovo, dok utjecaj ekosustava na omjer indeksa PPI/MI nije bio statistički značajan.

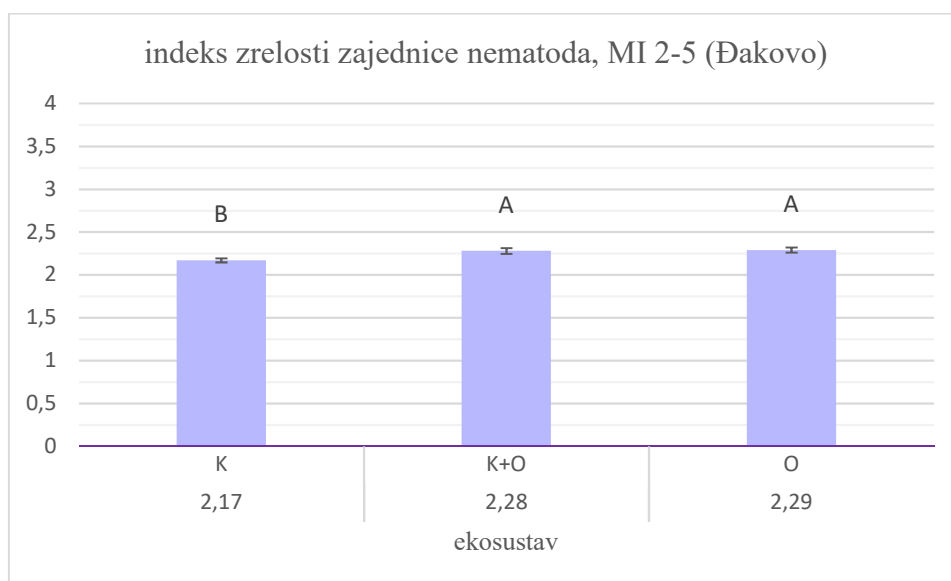
Statistički značajno najveći indeks zrelosti ekosustava (MI) zabilježen je u ekosustavu s orasima, zatim u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je najmanji MI zabilježen u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.45.). Najviši indeks zrelosti zajednice nematoda (MI 2-5) zabilježen je u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Najniža vrijednost indeksa MI 2-5 zabilježena je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.46.). Najviše vrijednosti fitoparazitskog indeksa zabilježene su u ekosustavu s orasima, a značajno manje u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s

poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.47.). Utjecaj ekosustava nije pokazao statističku značajnost prema F testu (Tablica 3.9.) na omjer indeksa PPI/MI (Grafikon 3.48).



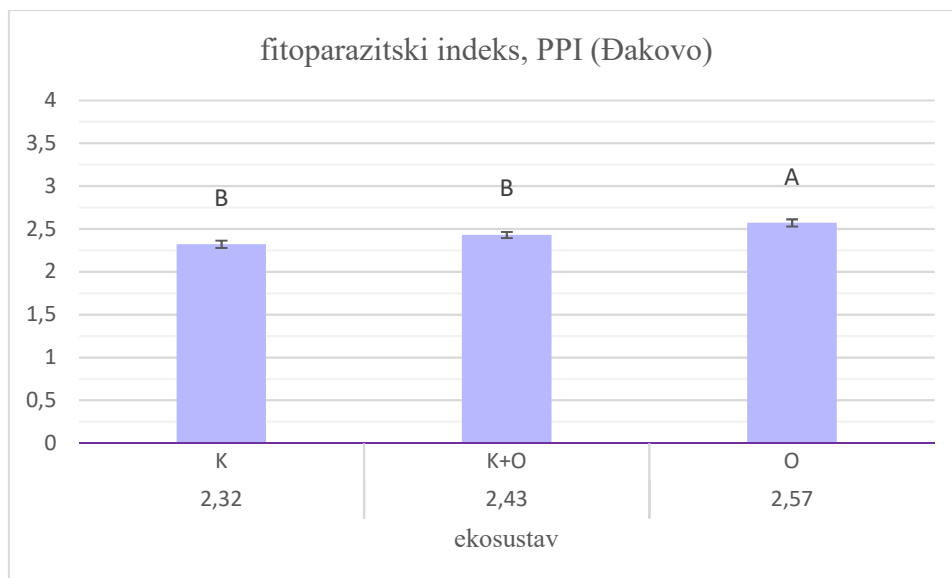
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.45. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



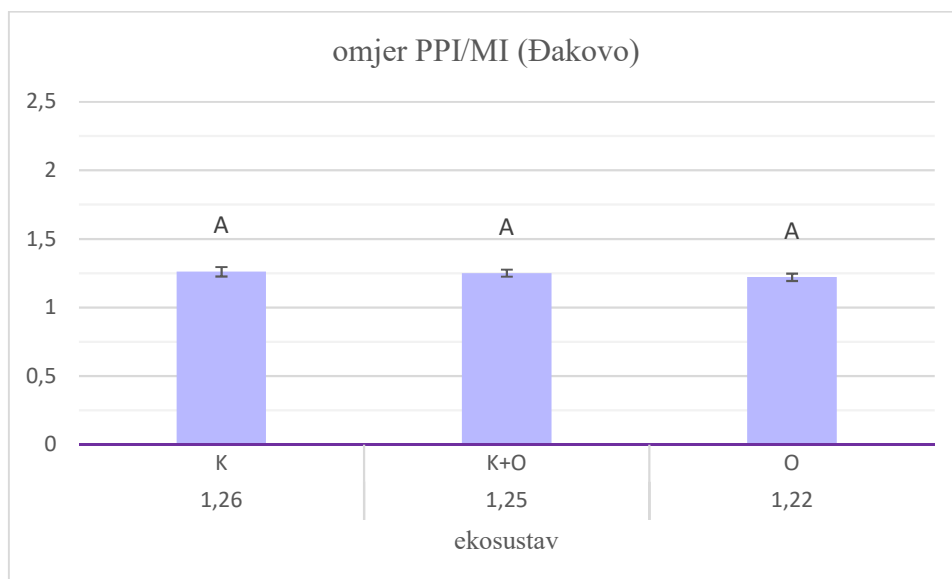
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Grafikon 3.46. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.47. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



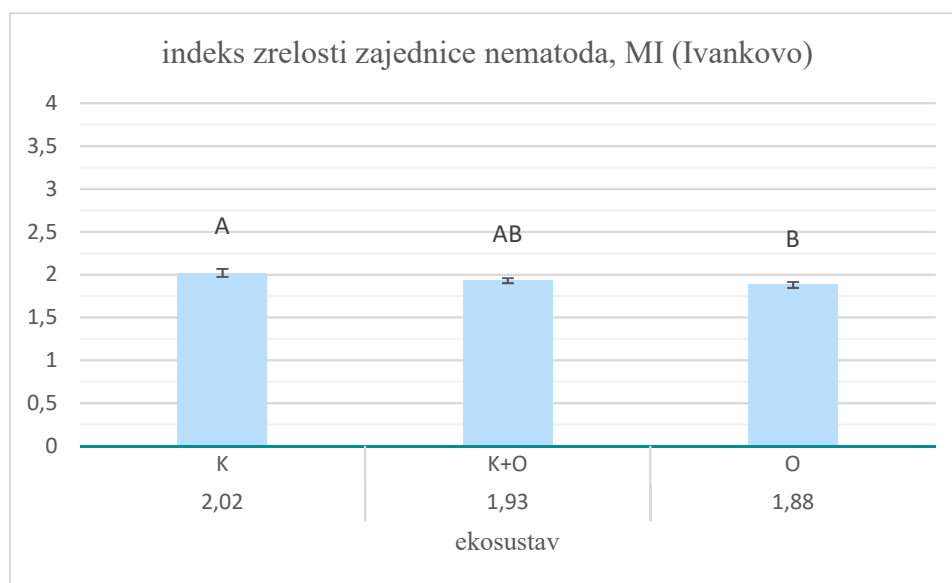
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.48. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda, PPI/MI, za proučavane ekosustave (Đakovo)

*Ivankovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali značajan utjecaj na indekse zrelosti zajednice nematoda (MI te MI 2-5) i fitoparazitski indeks na lokalitetu Ivankovo, dok utjecaj ekosustava na omjer indeksa PPI/MI nije bio statistički značajan.

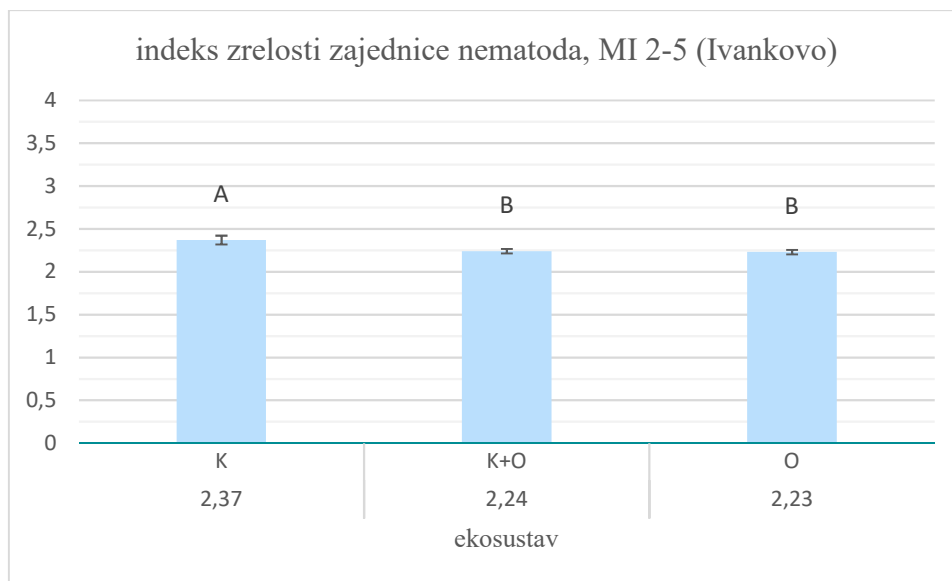
Statistički značajno najveći indeks zrelosti zajednice nematoda (MI) zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, zatim u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je najmanji MI zabilježen u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.49.). Najznačajniji indeks zrelosti zajednice nematoda (MI 2-5) zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Najniža vrijednost indeksa MI 2-5 zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.50.). Najviše vrijednost fitoparazitskog indeksa zabilježene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manje u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.51.). Utjecaj ekosustava nije pokazao statističku značajnost prema F testu (Tablica 3.10.) na omjer indeksa PPI/MI (Grafikon 3.52).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

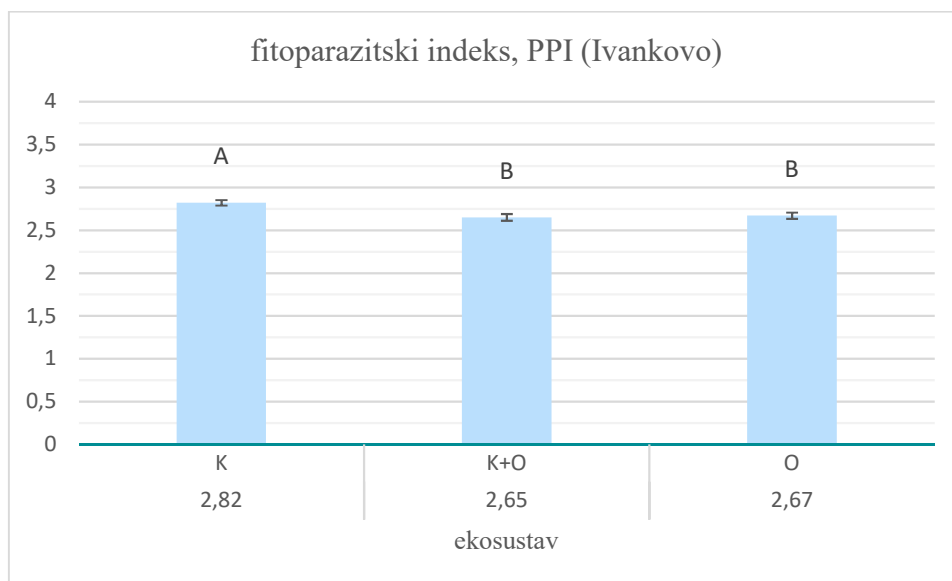
Grafikon 3.49. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)





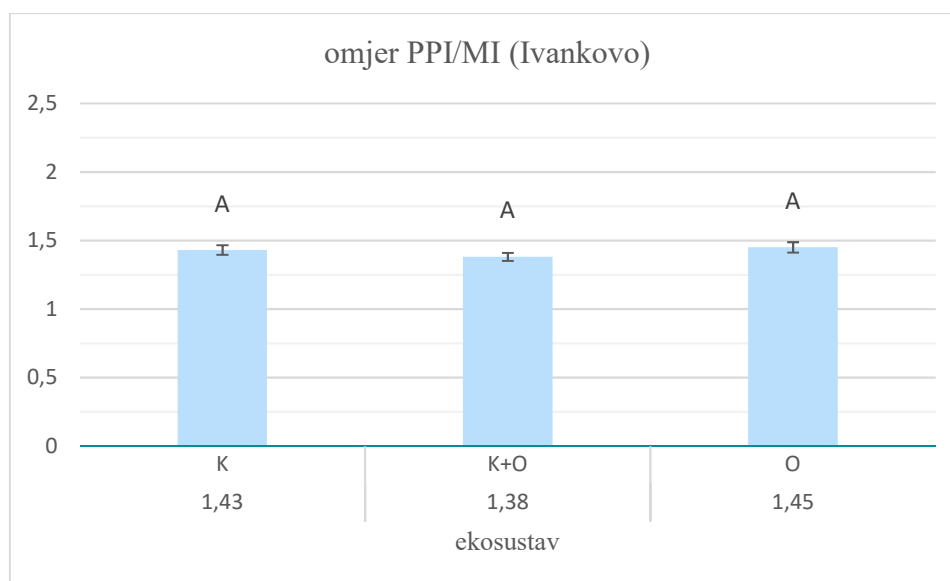
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.50. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.51. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.52. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda, PPI/MI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Utjecaj vremena uzorkovanja na indekse zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5), fitoparazitski indeks (PPI) te omjer fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda (PPI/MI) po vremenu uzorkovanja prikazan je u prilogu (od Grafikona 9.19. do Grafikona 9.26.).

#### Đakovo

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na PPI na lokalitetu Đakovo, no značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na indekse zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5) te omjer PPI/MI (Tablica 3.9.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu (Tablica 3.9.) na indekse zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5). U Grafikonu 3.53. te Grafikonu 3.54. prikazane su vrijednosti indeksa zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5) po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

Najveća vrijednost fitoparazitskog indeksa zabilježena je u ekosustavu s orasima tijekom II. (20. 10. 2017.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.), X. (11. 7. 2019.), XI. (3. 9. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom I. (29. 8. 2017.) i V. (2. 7. 2018.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom III. (12. 4. 2018.) i IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.55.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na omjer indeksa zrelosti zajednice nematoda i fitoparazitskog indeksa (PPI/MI) na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,5719$ ). U Grafikonu 3.56. prikazan je omjer PPI/MI po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

#### *Ivankovo*

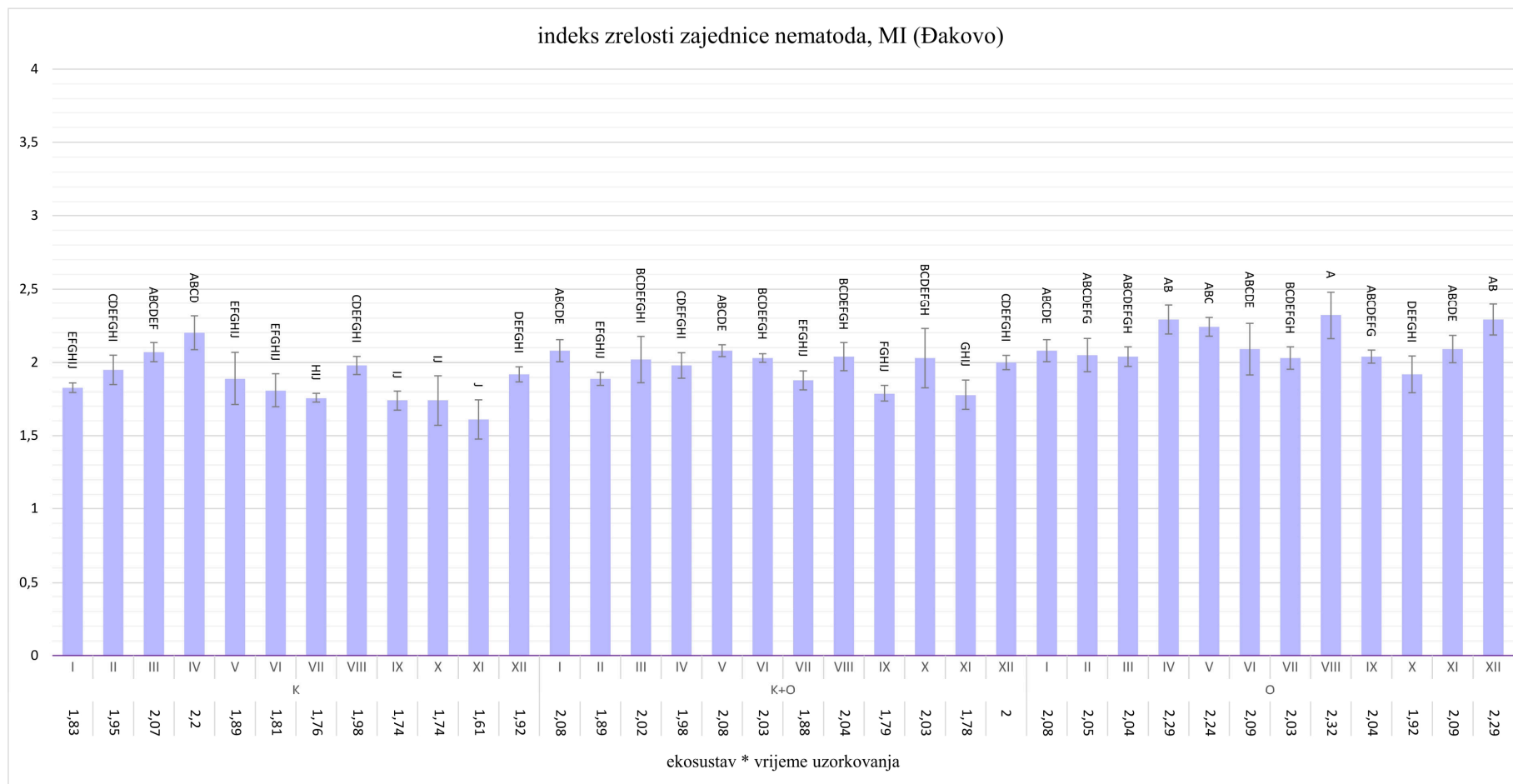
Na lokalitetu Ivankovo interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na indekse zrelosti zajednice nematoda, MI, fitoparazitski indeks (PPI) te na omjer fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda (PPI/MI), no značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na indeks zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5 (Tablica 3.10.).

Najveće vrijednosti indeksa zrelosti zajednice nematoda (MI) zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), III. (12.4.2018.), IV. (9.5.2018.), V. (2.7.2018.) i VI. (20.9.2018.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom III. (12.4.2018.) i VIII. (18.4.2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom VIII. (18.4.2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.57.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja nije pokazala značajan utjecaj prema F testu ( $P = 0,1883$ ) na vrijednosti indeksa MI 2-5. Vrijednost indeksa MI 2-5 po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, prikazane su u Grafikonu 3.58.

Najviše vrijednosti PPI zabilježene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), III. (12.4.2018.), V. (2.7.2018.), VI. (20.9.2018.), VII. (17.11.2018.), VIII. (18.4.2019.), X. (11.7.2019.), XI. (3.9.2019.) i XII. (21.11.2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), V. (2.7.2018.), VIII. (18.4.2019.), IX. (12.6.2019.) i X. (11.7.2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), IV. (9.5.2018.), VI. (20.9.2018.), VIII. (18.4.2019.), IX. (12.6.2019.) i X. (11.7.2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.59.).

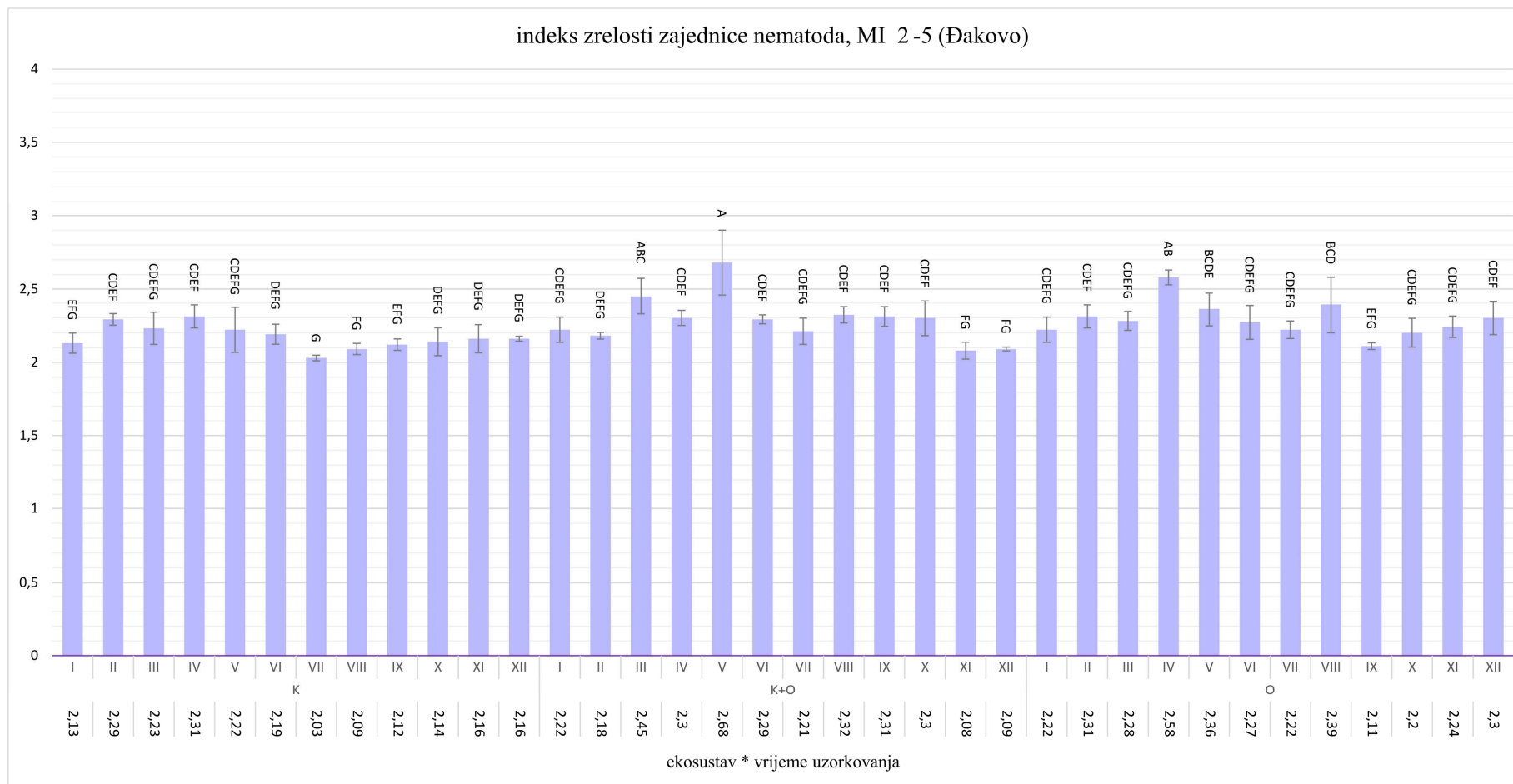
Najveće vrijednosti omjera PPI/MI zabilježene su u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9.5.2018.), VI. (20.9.2018.), IX. (12.6.2019.) i X. (11.7.2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom VII. (17.11.2018.), VIII. (18.4.2019.), X. (11.7.2019.) i XI. (3.9.2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IX. (12.6.2019.) i X. (11.7.2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.60.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

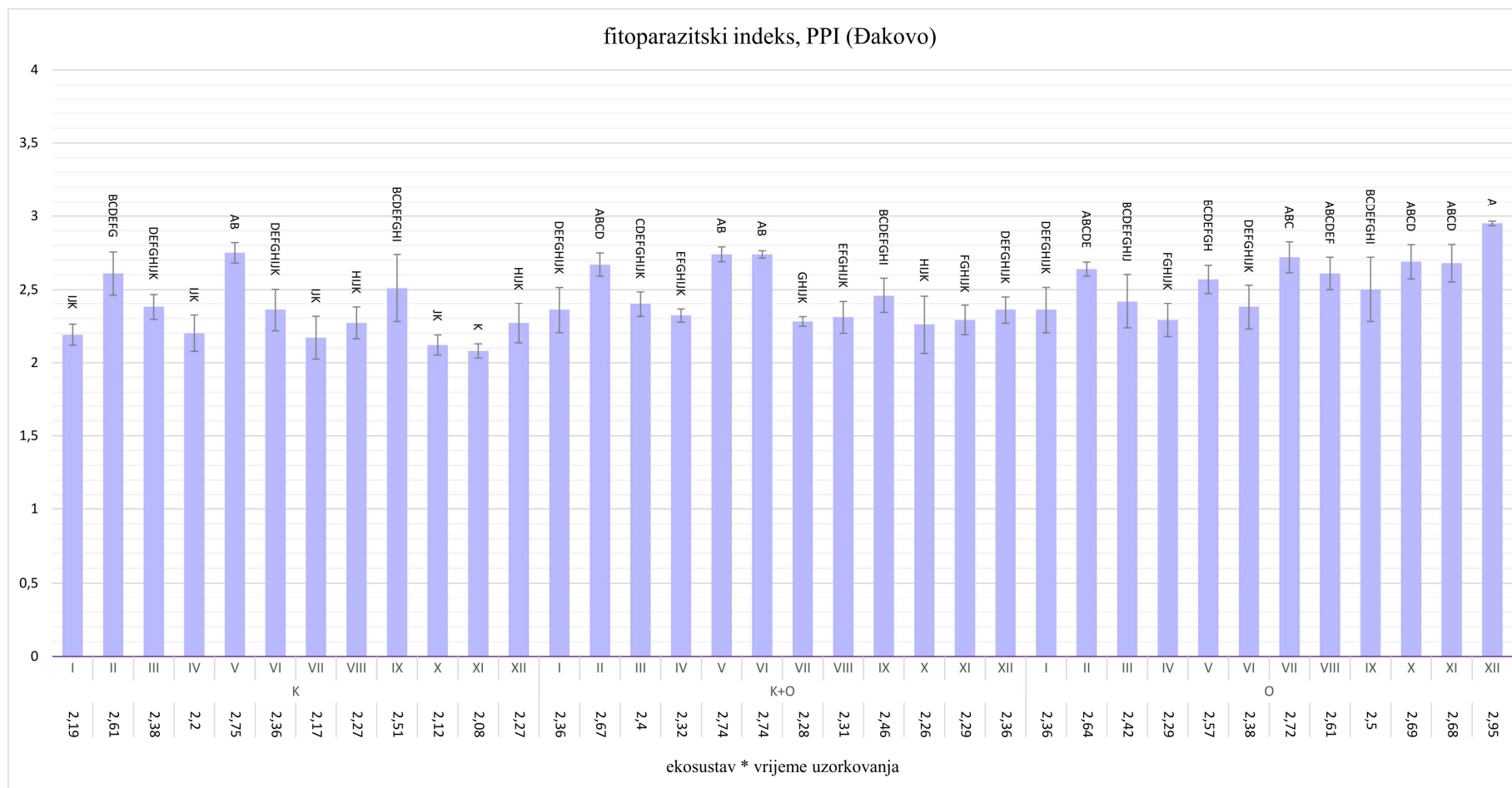
Grafikon 3.53. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

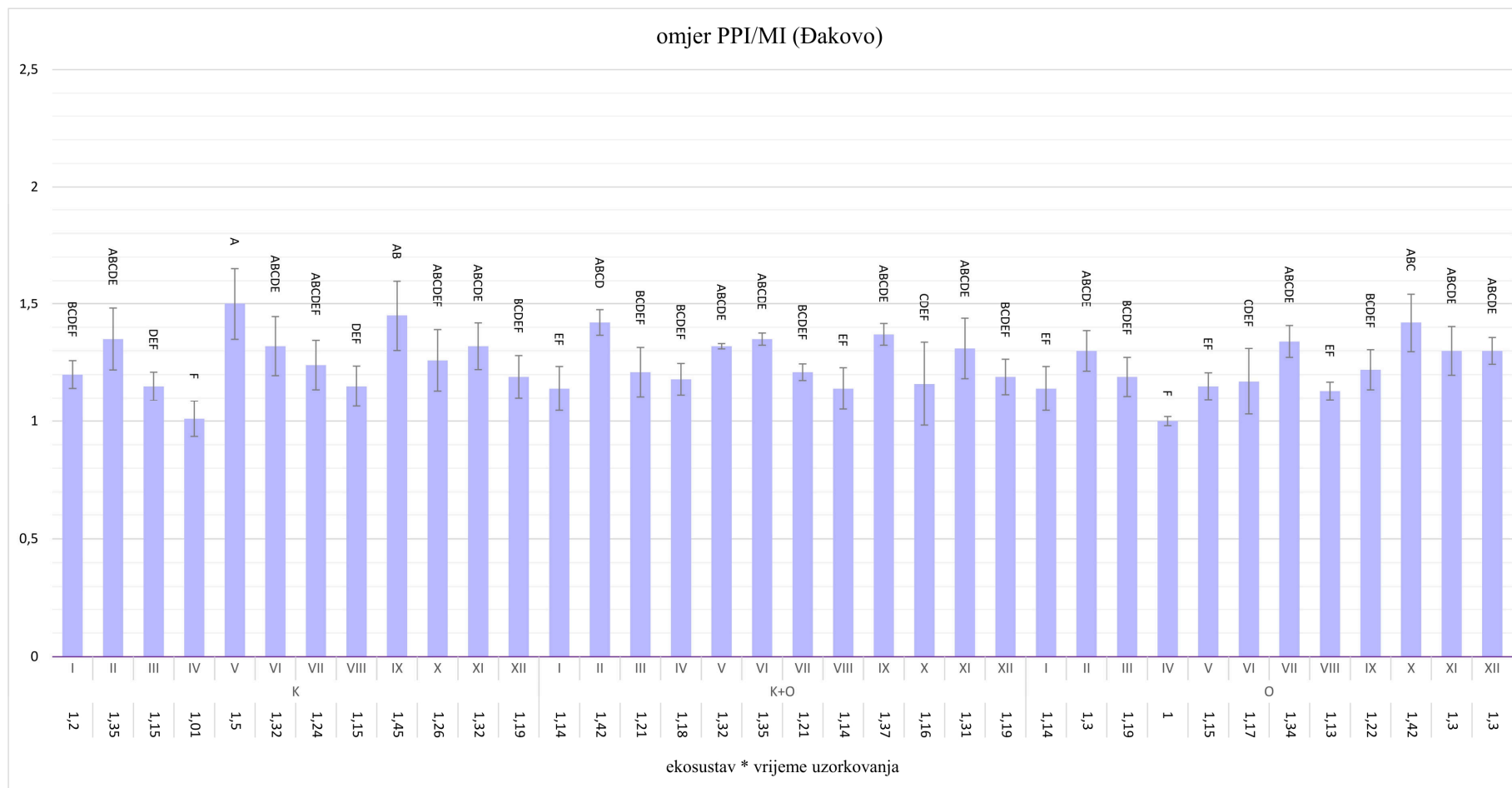
Grafikon 3.54. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

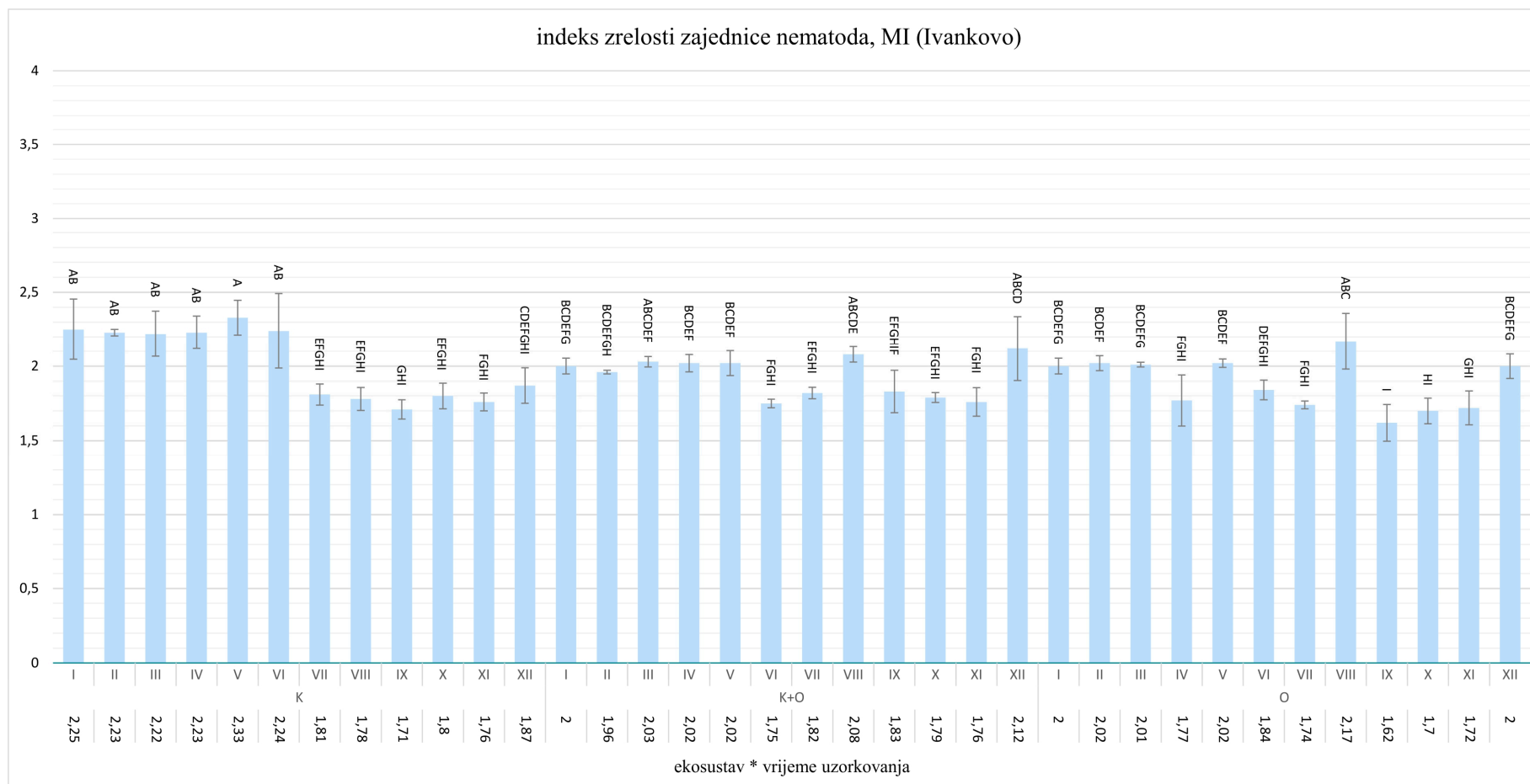
Grafikon 3.55. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.56. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda, PPI/MI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

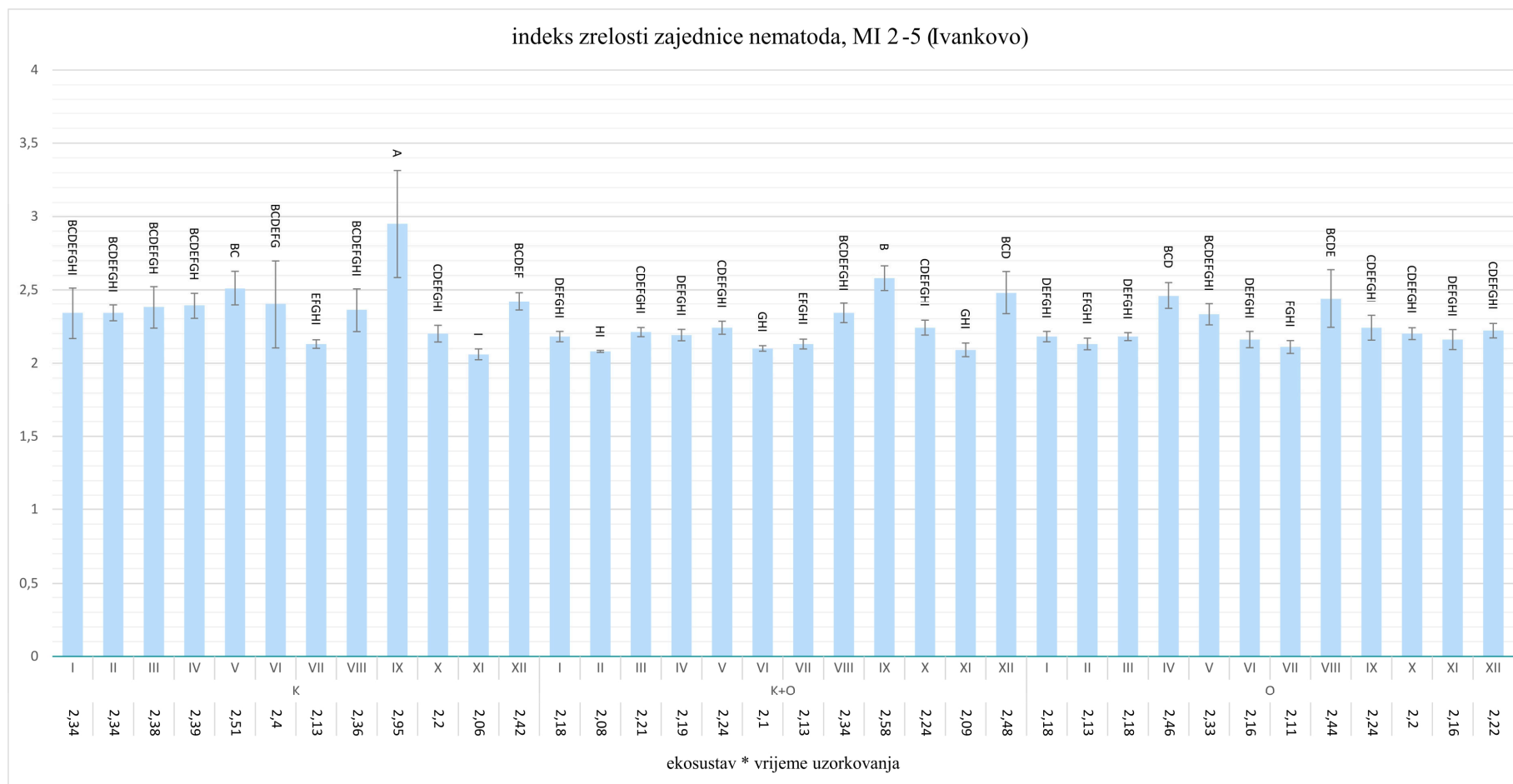


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.57. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

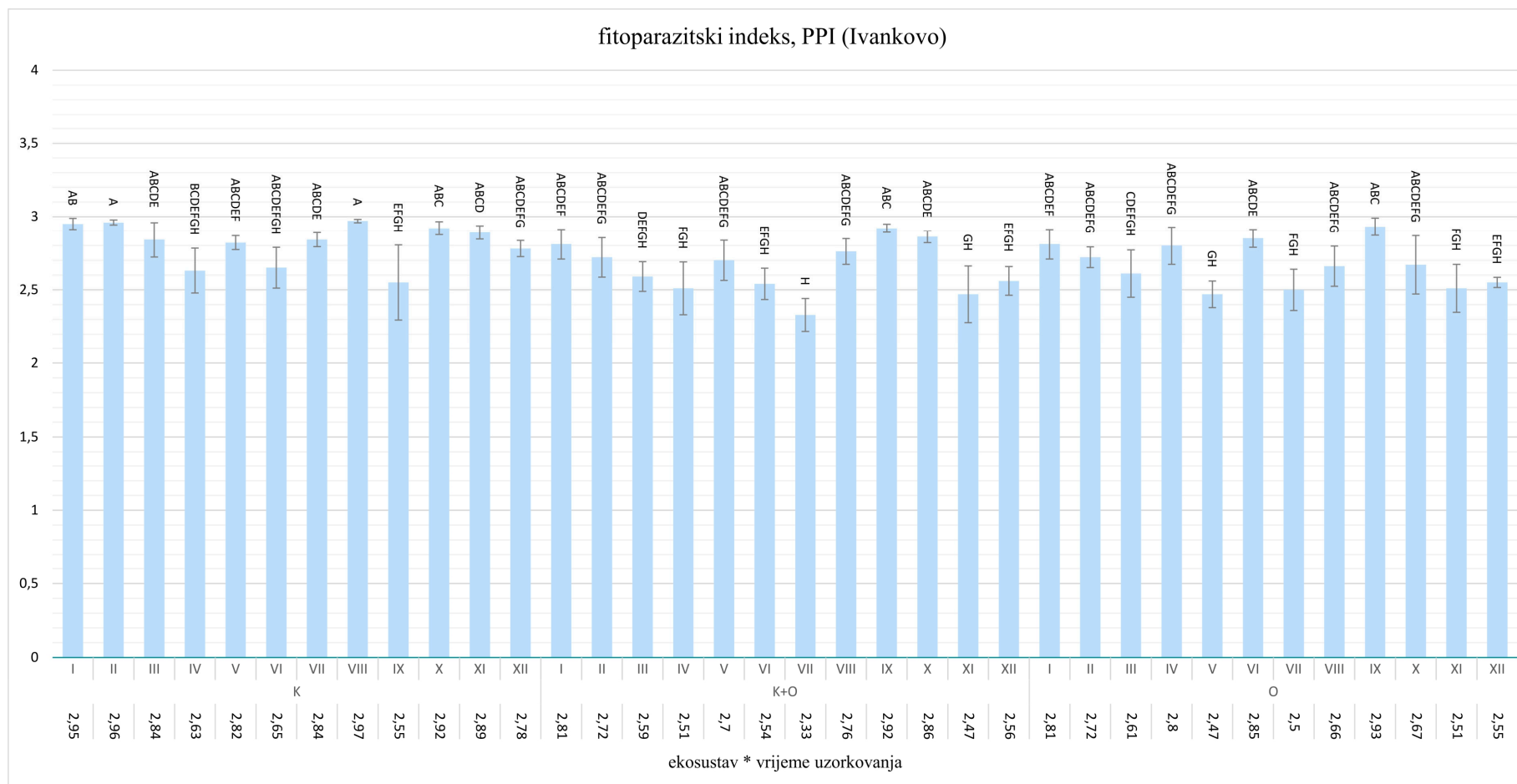




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

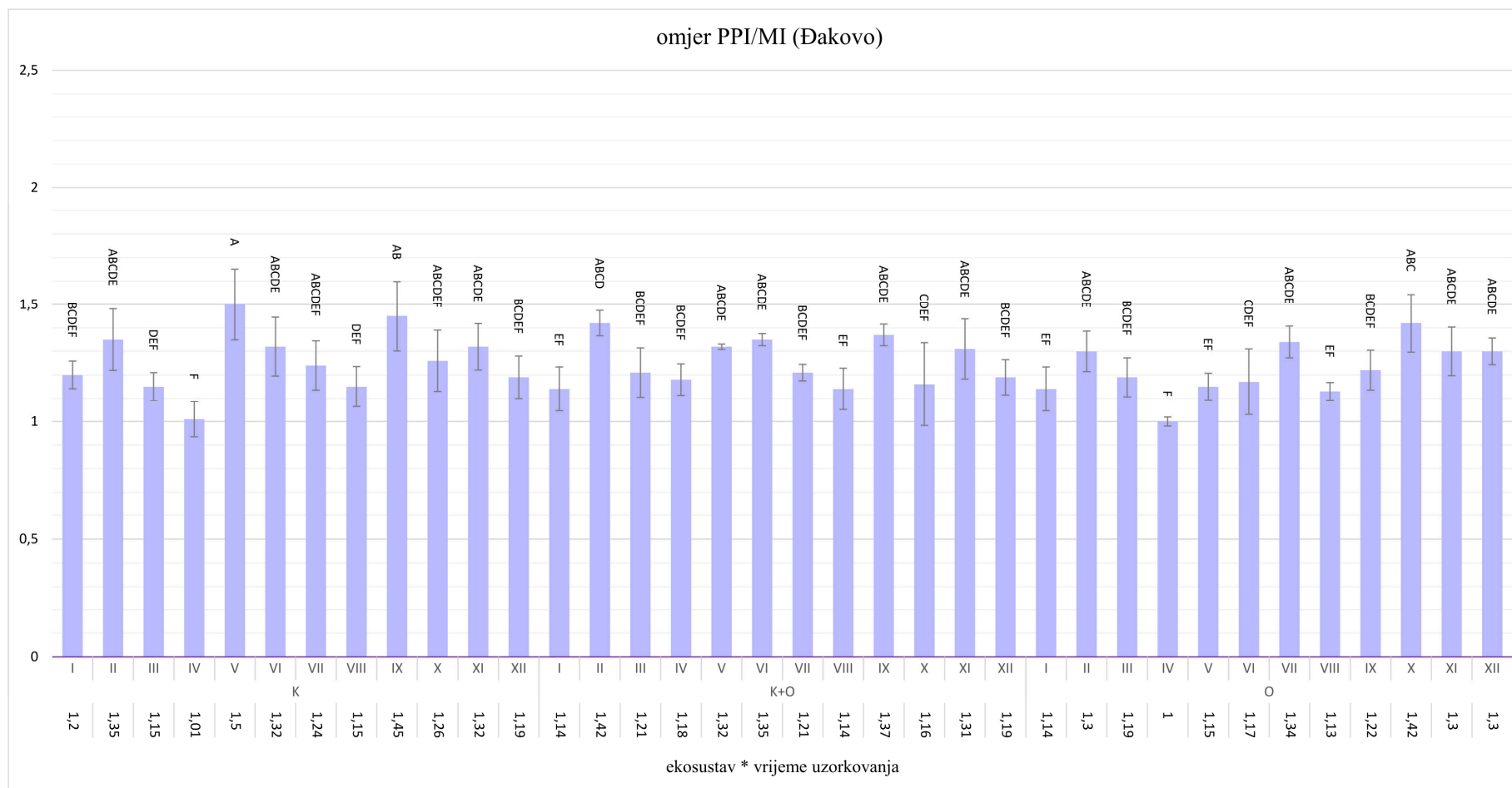
Grafikon 3.58. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.59. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.60. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera fitoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti zajednice nematoda, PPI/MI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.7. Grafički prikazi zajednice nematoda kroz cp trokute

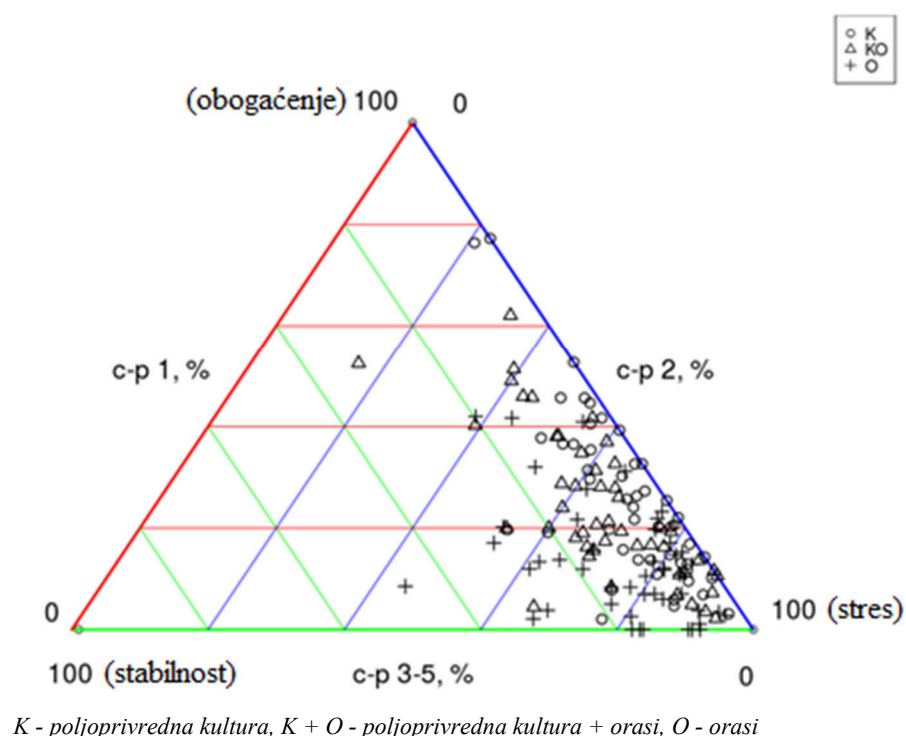
*Đakovo*

Prosječne cp vrijednosti zajednice nematoda za sve ekosustave, sva vremena uzorkovanja te sva ponavljanja na lokalitetu Đakovo prikazane su grafički na Slici 3.1.

Cp vrijednosti zajednice nematoda u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom kretale su se većinom uz liniju 2 (cp-2) koja označava uznemirenje zajednice, te prema liniji 1 (cp-1) koja označava visoku dostupnost hrane za bakterije i/ili uznemirenje.

Prosječne cp vrijednosti zajednice nematoda u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha kretale su se većinom uz liniju 2 (cp-2), te prema liniji 1 (cp-1) i prema liniji 3 (cp-3-5) koja označava oporavak i/ili stabilnost ekosustava.

U ekosustavu s orasima prosječne cp vrijednosti kretale su se najviše uz liniju 1 (cp-1) i liniju 3 (cp-3-5), što ukazuje na višu stabilnost ekosustava u odnosu na ostale proučavane ekosustave te na prirodnu sukcesiju habitata.



Slika 3.1. Grafički prikaz zajednice nematoda kroz cp trokut (Đakovo)

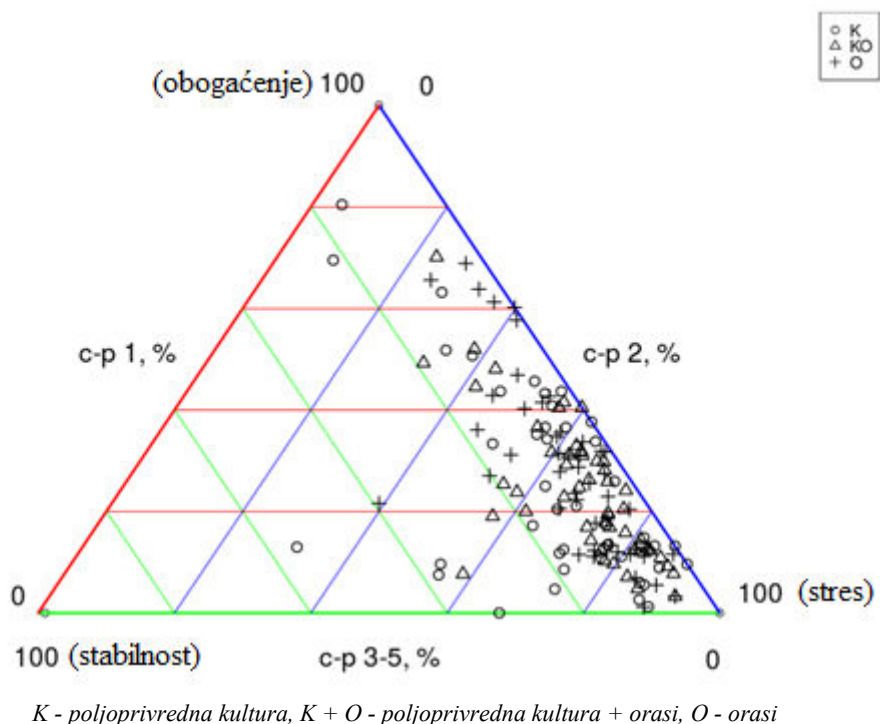
## Ivankovo

Na lokalitetu Ivankovo prosječne cp vrijednosti zajednice nematoda za sve ekosustave, sva vremena uzorkovanja te sva ponavljanja prikazane su grafički na Slici 3.2.

Cp vrijednosti zajednice nematoda u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom kretale su se većinom uz liniju 2 (cp-2) koja označava uznemirenje zajednice, te prema liniji 1 (cp-1) koja označava visoku dostupnost hrane za bakterije i/ili uznemirenje i prema liniji 3 (cp-3-5) koja označava oporavak i/ili stabilnost ekosustava.

U ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha prosječne cp vrijednosti zajednice nematoda kretale su se većinom uz liniju 2 (cp-2), te prema liniji 3 (cp-3-5) i prema liniji 1 (cp-1).

Prosječne cp vrijednosti u ekosustavu s orasima kretale su se najviše uz liniju 2 (cp-2), te blago prema linijama 1 (cp-1) i 3 (cp-3-5).



Slika 3.2. Grafički prikaz zajednice nematoda kroz cp trokut (Ivankovo)

## 3.1.1.8. Nematološki indeksi hranidbenog lanca

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na nematološke indekse hranidbenog lanca (indeks puteva razgradnje organske tvari, bazalni indeks, indeks obogaćenja i indeks strukture) na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.11. i Tablici 3.12.

Tablica 3.11. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na nematološke indekse hranidbenog lanca (Đakovo)

	CI		BI		EI		SI	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	34,25	<,0001	3,15	0,0469	11,42	<,0001	8,68	0,0003
V	3,01	0,0015	3,25	0,0007	3,81	0,0001	3,12	0,0011
E*V	2,66	0,0004	2,35	0,002	2,42	0,0014	1,38	0,1407

CI - indeks puteva razgradnje organske tvari, BI - bazalni indeks, EI - indeks obogaćenja, SI - indeks strukture

E - ekosustav, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.12. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na nematološke indekse hranidbenog lanca (Ivankovo)

	CI		BI		EI		SI	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	2,72	0,0707	1,07	0,347	1,48	0,233	4,52	0,0131
V	10,35	<,0001	9,59	<,0001	12,6	<,0001	6,1	<,0001
E*V	2,17	0,0046	1,61	0,0567	2,12	0,0059	1,35	0,1568

CI - indeks puteva razgradnje organske tvari, BI - bazalni indeks, EI - indeks obogaćenja, SI - indeks strukture

E - ekosustav, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja

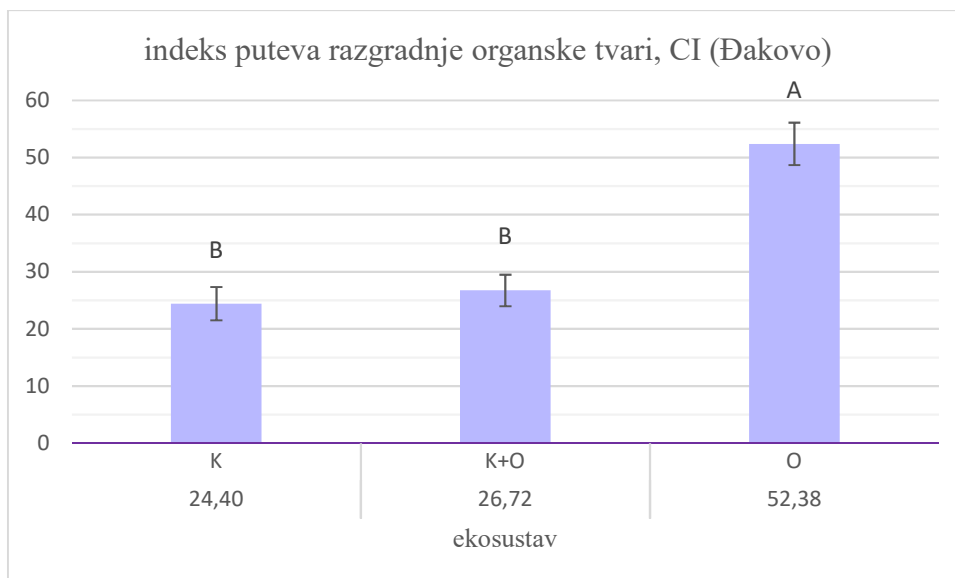
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na sve proučavane nematološke indekse hranidbenog lanca (CI, BI, EI i SI) na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.11.)

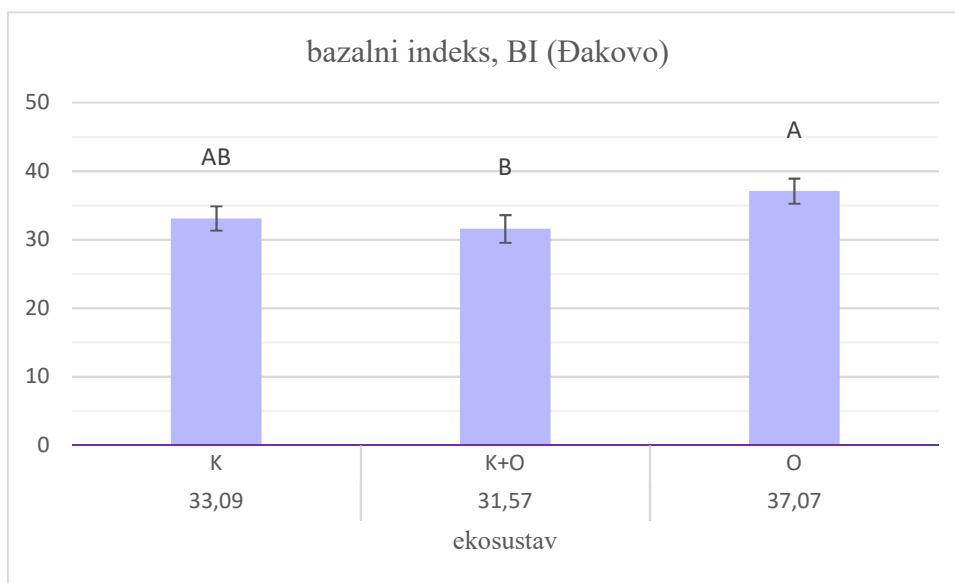
Statistički značajno najveće vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) zabilježene su u ekosustavu s orasima, a najmanje u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.61.).

Najniže i poželjne vrijednosti bazalnog indeksa (BI) zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najviše u ekosustavu s orasima. Ekosustav s poljoprivrednom kulturom nije se značajno razlikovao od ostalih proučavanih ekosustava (Grafikon 3.62.).



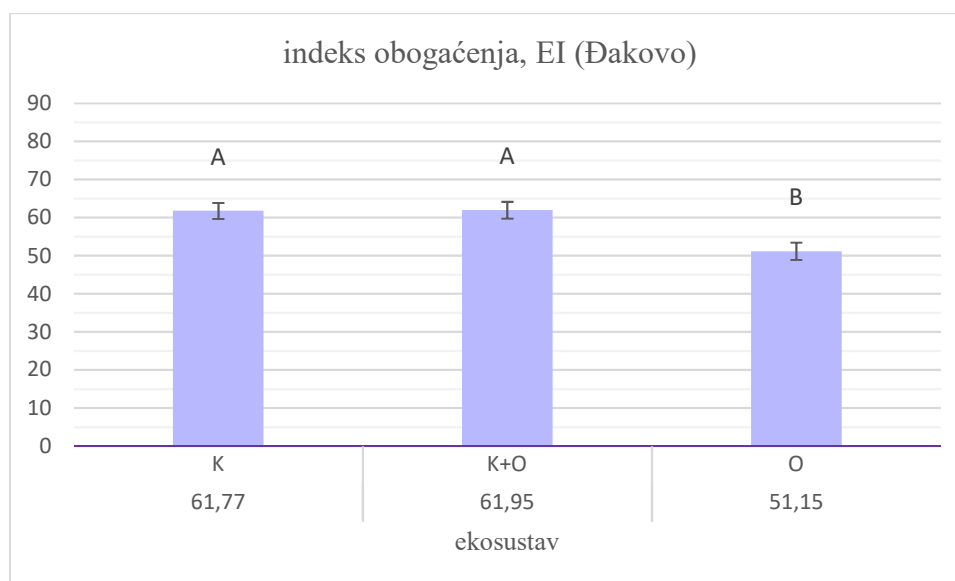
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.61. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



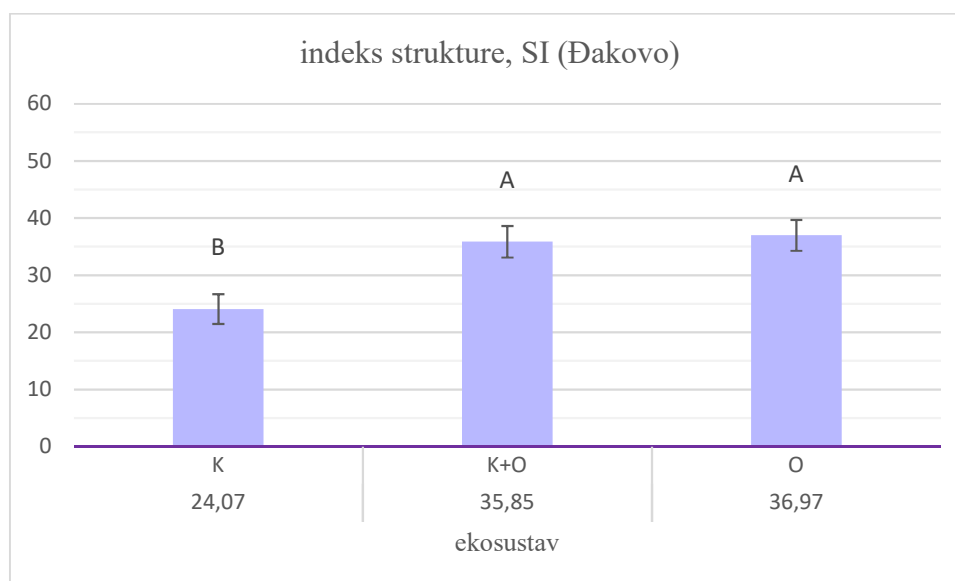
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.62. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.63. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.64. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za proučavane ekosustave (Đakovo)



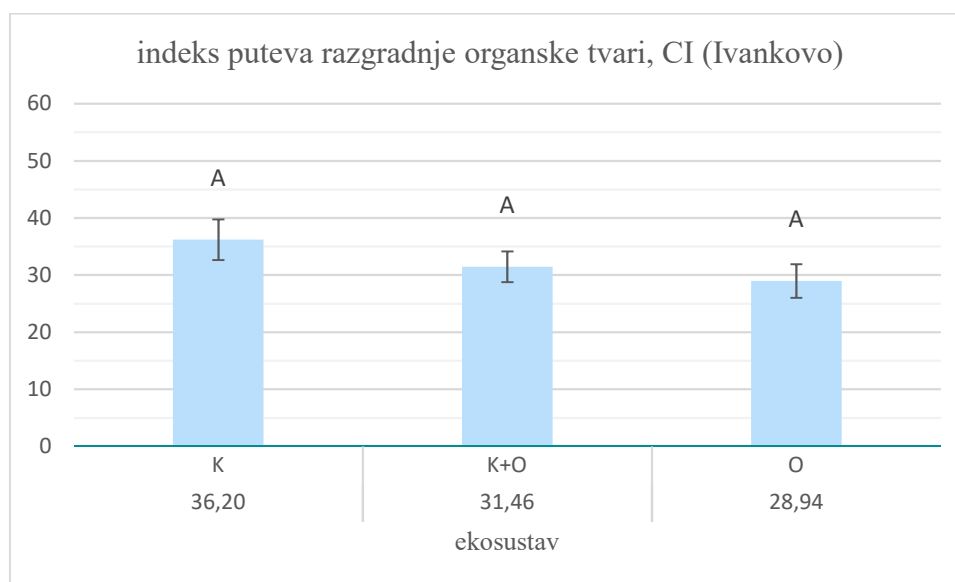
Najviše vrijednosti indeksa obogaćenja (EI) zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manje u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.63.).

Vrijednosti indeksa strukture tla (SI) bile su najviše u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najmanje u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.64.).

#### Ivankovo

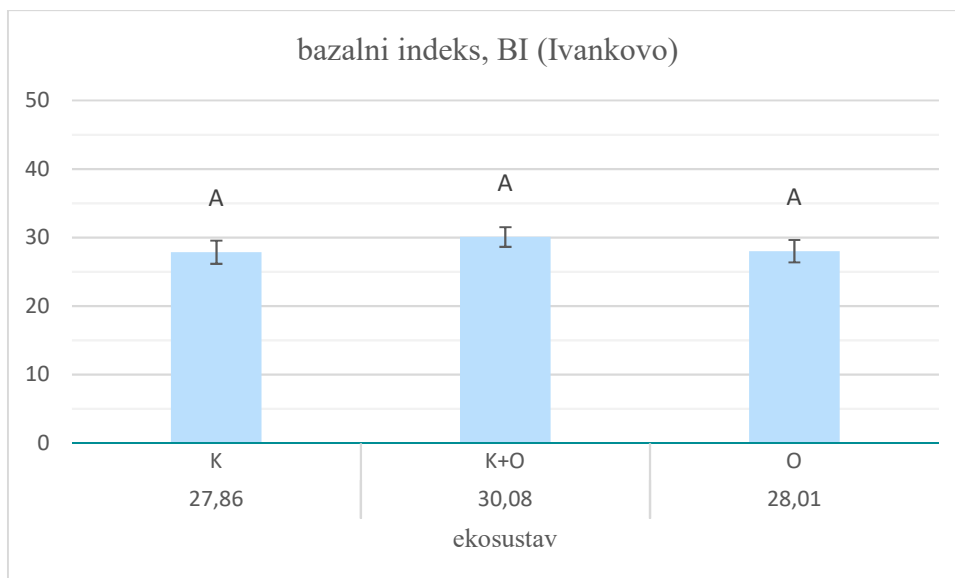
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, na lokalitetu Ivankovo, imali vrlo značajan utjecaj na indeks strukture tla (SI) (Tablica 3.12.). Vrijednosti indeksa strukture tla (SI) bile su značajno više u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u odnosu na vrijednosti SI u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.68.).

Utjecaj ekosustava na vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI), na vrijednosti bazalnog indeksa (BI) te na vrijednosti indeksa obogaćenja (EI) nije bio statistički značajan prema F testu ( $P = 0,0707$ ,  $P = 0,347$  i  $P = 0,233$ ) na lokalitetu Ivankovo. Vrijednost indeksa CI, BI i EI po ekosustavima, u prosjeku svih vremena uzorkovanja i ponavljanja, prikazane su u Grafikonu 3.65., Grafikonu 3.66. i Grafikonu 3.67.



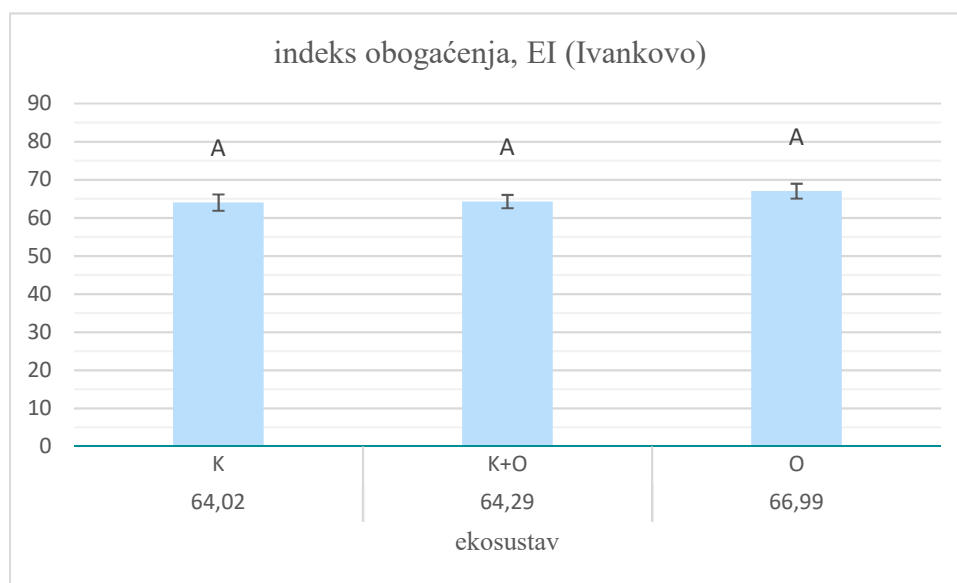
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.65. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)



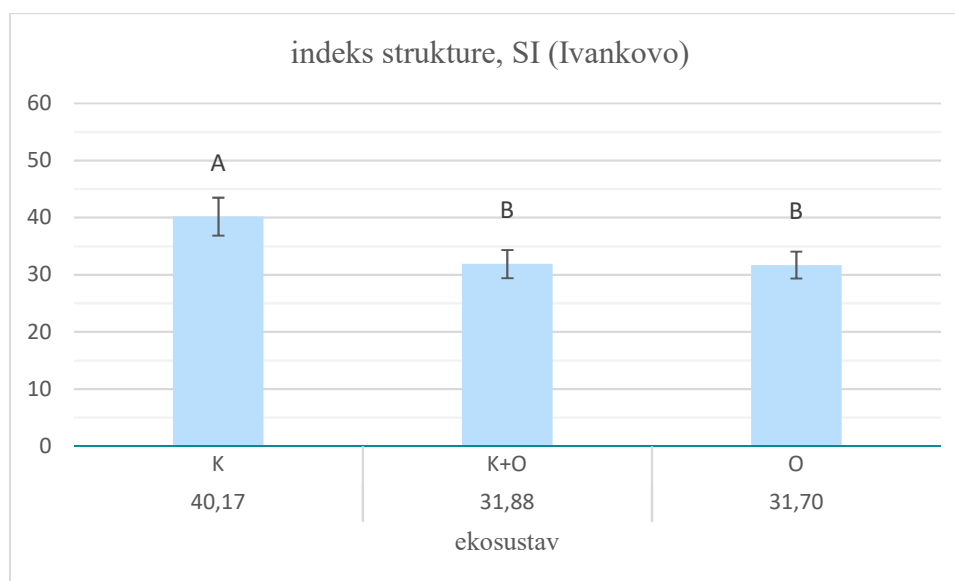
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.66. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.67. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.68. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Utjecaj vremena uzorkovanja na indeks puteva razgradnje organske tvari (CI), bazalni indeks (BI), indeks obogaćenja (EI) i indeks strukture (SI) prikazan je u prilogu (od Grafikona 9.27. do Grafikona 9.34.).

#### *Đakovo*

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI), bazalnog indeksa (BI) i indeksa obogaćenja (EI) na lokalitetu Đakovo, no značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na vrijednosti indeksa strukture (SI) na istom lokalitetu (Tablica 3.11.).

Najveće vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) zabilježene su u ekosustavu s orasima tijekom VIII. (18. 4. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.69.).

Najniže vrijednosti bazalnog indeksa (BI) zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom devet uzorkovanja (20. 10. 2017., 12. 4. 2018., 9. 5. 2018., 2. 7. 2018., 20. 9. 2018., 17. 11. 2018., 18. 4. 2019., 12. 6. 2019. i 11. 7. 2019.), u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom sedam uzorkovanja (29. 8. 2017., 20. 10. 2017., 2. 7. 2018., 20. 9. 2018., 12. 6. 2019., 11. 7. 2019. i 3. 9. 2019.) te u ekosustavu s orasima tijekom pet uzorkovanja (20. 10. 2017., 12. 4. 2018., 9. 5. 2018., 20. 9. 2018. i 11. 7. 2019.) (Grafikon 3.70.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je imala značajan utjecaj na vrijednosti indeksa obogaćenja (EI), te su najveće vrijednosti EI zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), V. (2.7.2018.) VI. (20.9.2018.), VII. (17.11.2018.), IX. (12.6.2019.), X. (11.7.2019.) i XI. (3.9.2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha od II. do IX. (20.10.2017., 12.4.2018., 9.5.2018., 2.7.2018., 20.9.2018., 17.11.2018., 18.4.2019. i 12.6.2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9.5.2018.) i X. (11.7.2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.71.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na vrijednosti indeksa strukture (SI) nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,1407$ ). U Grafikonu 3.72. prikazane su vrijednosti SI po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

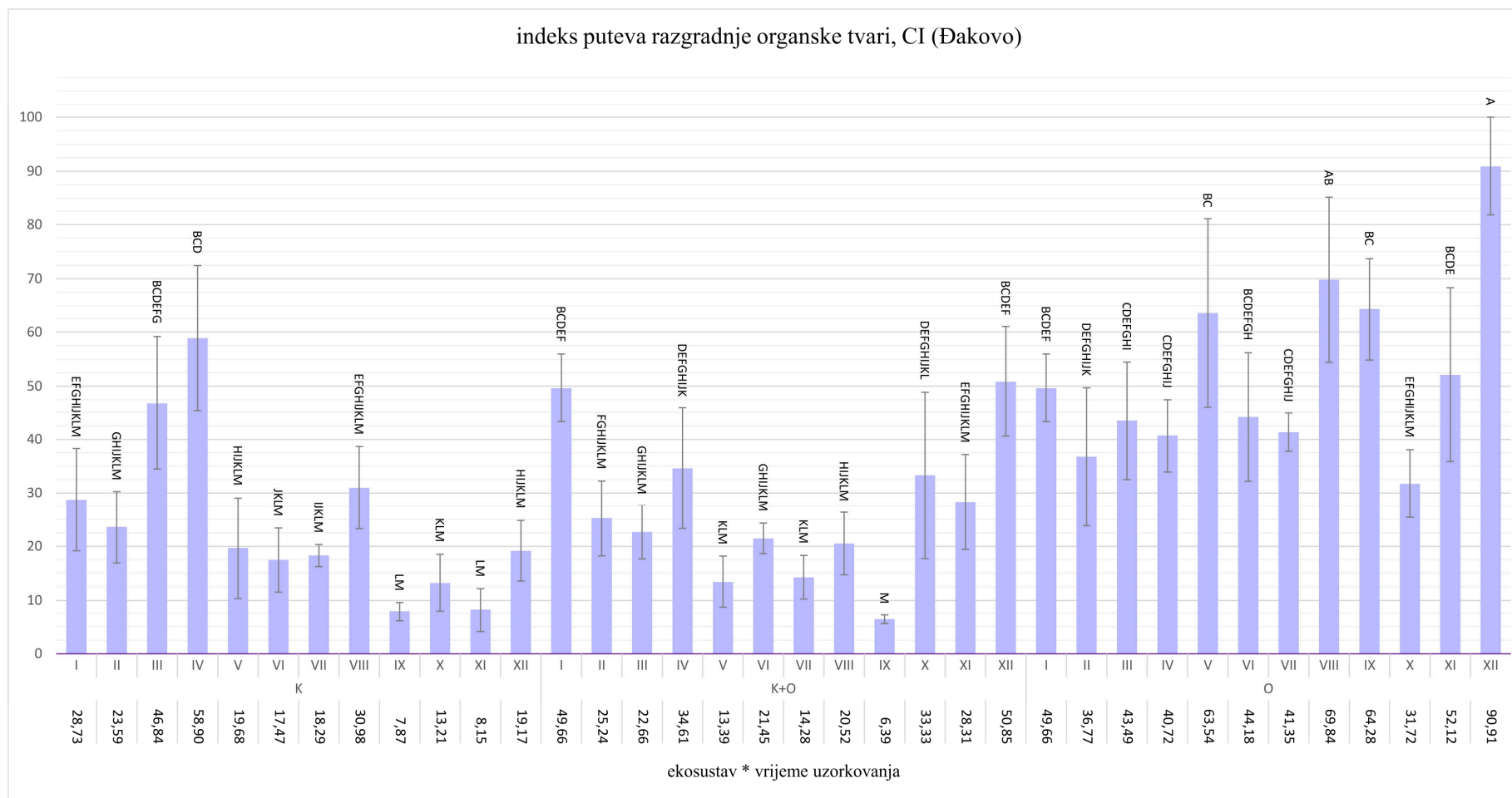
#### *Ivankovo*

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) i indeksa obogaćenja (EI) na lokalitetu Ivankovo, no značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na vrijednosti bazalnog indeksa (BA) i indeksa strukture (SI) (Tablica 3.12.).

Najviše vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) na lokalitetu Ivankovo zabilježene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom I. (29.8.2017.), II. (20.10.2017.), III. (12.4.2018.), IV. (9.5.2018.) i VI. (20.9.2018.) uzorkovanja, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha od I. do IV. (29.8.2017., 20.10.2017., 12.4.2018. i 9.5.2018.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom I. (29.8.2017.) i II. (20.10.2017.) uzorkovanja (Grafikon 3.73.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je pokazala značajan utjecaj na vrijednosti indeksa obogaćenja (EI), te su najveće vrijednosti EI zabilježene u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9.5.2018.), IX. (12.6.2019.), X. (11.7.2019.) i XI. (3.9.2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom VIII. (18.4.2019.), IX. (12.6.2019.) i XII. (21.11.2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IX. (12.6.2019.) uzorkovanja na lokalitetu Ivankovo (Grafikon 3.74.).

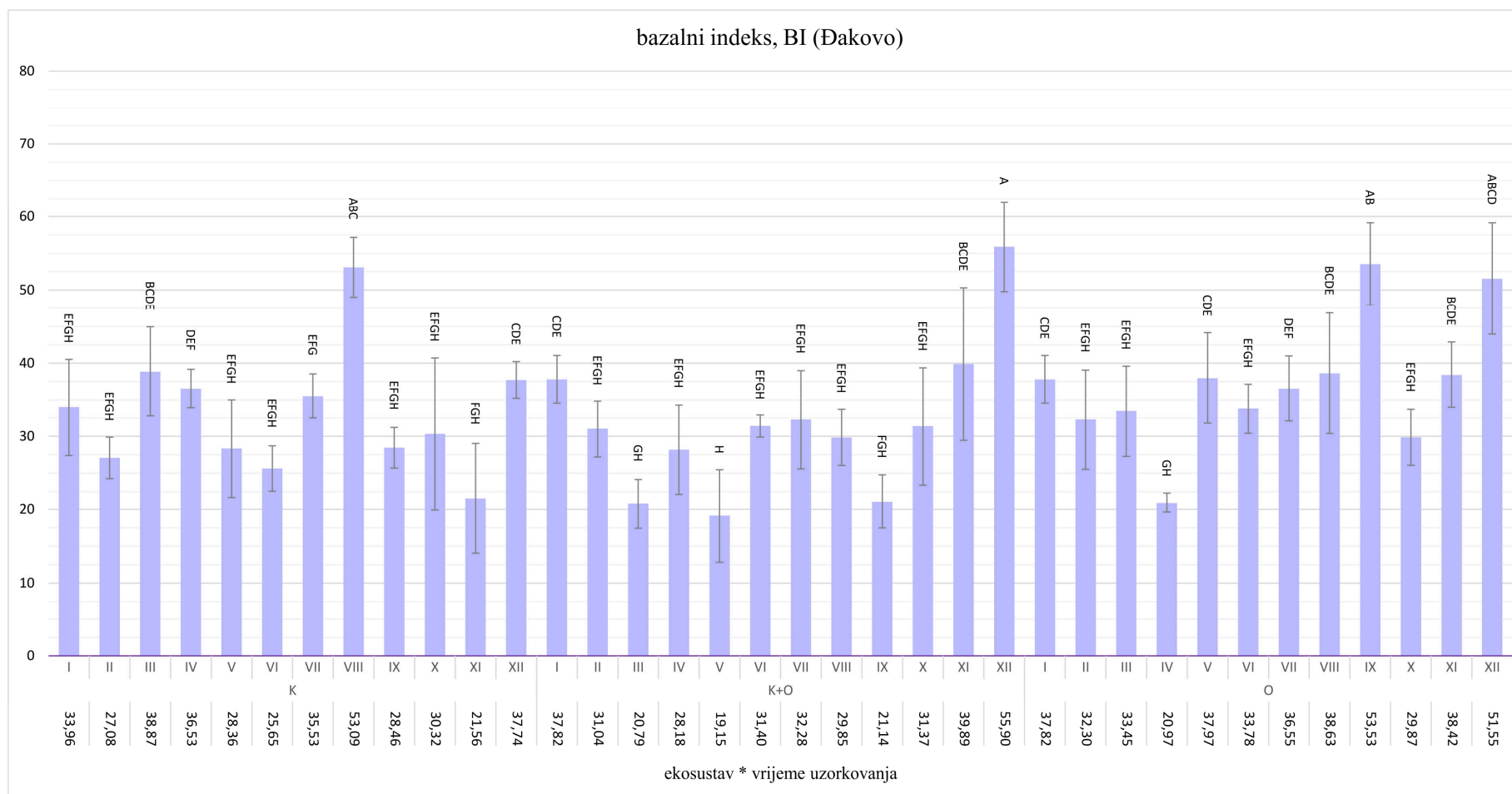
Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na vrijednosti bazalnog indeksa (BI) i indeksa strukture (SI) nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,0567$  i  $P = 0,1568$ ). U Grafikonu 3.75. i Grafikonu 3.76. prikazane su vrijednosti BI i SI po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

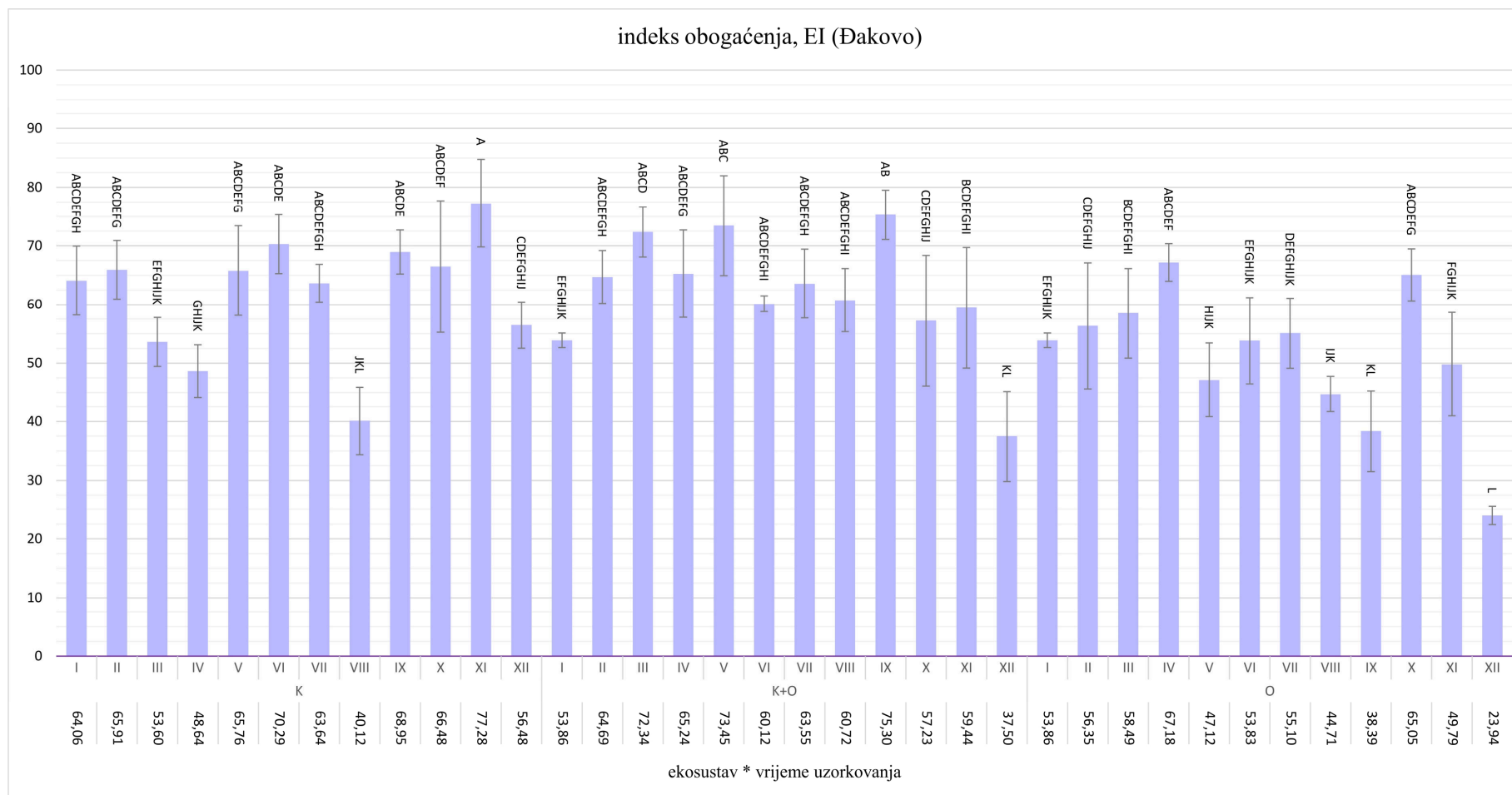
Grafikon 3.69. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

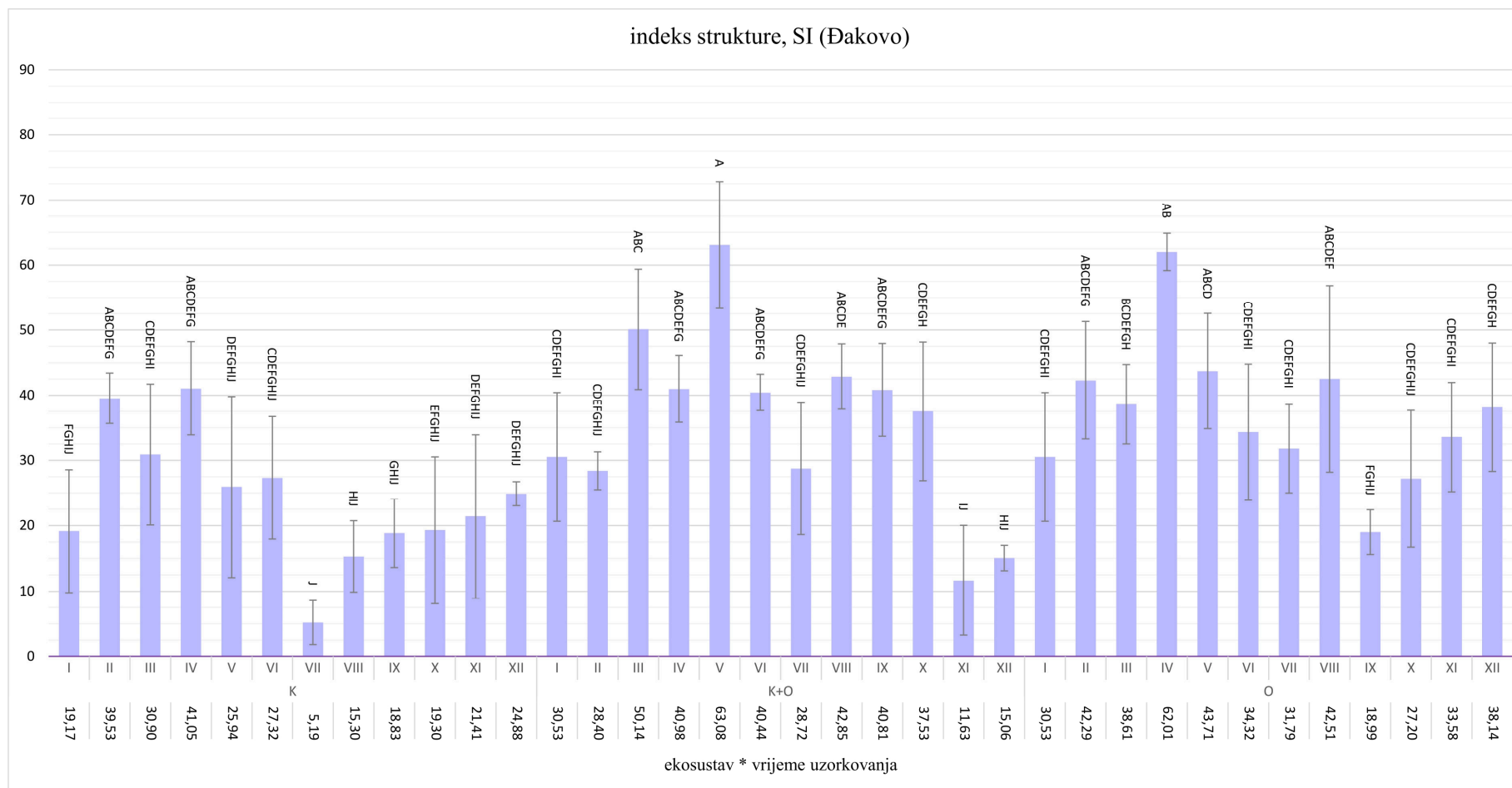
Grafikon 3.70. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.71. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

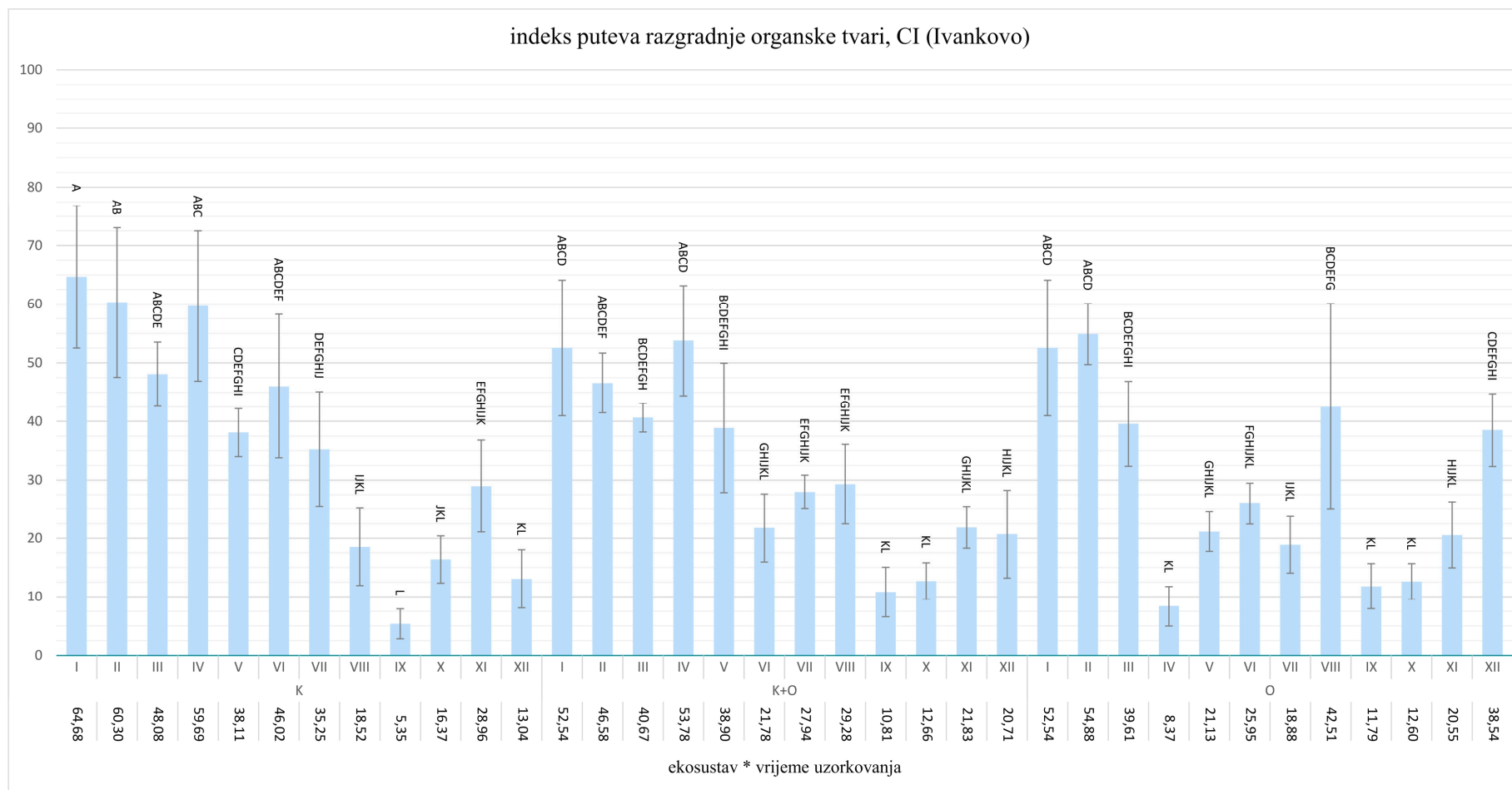


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.72. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

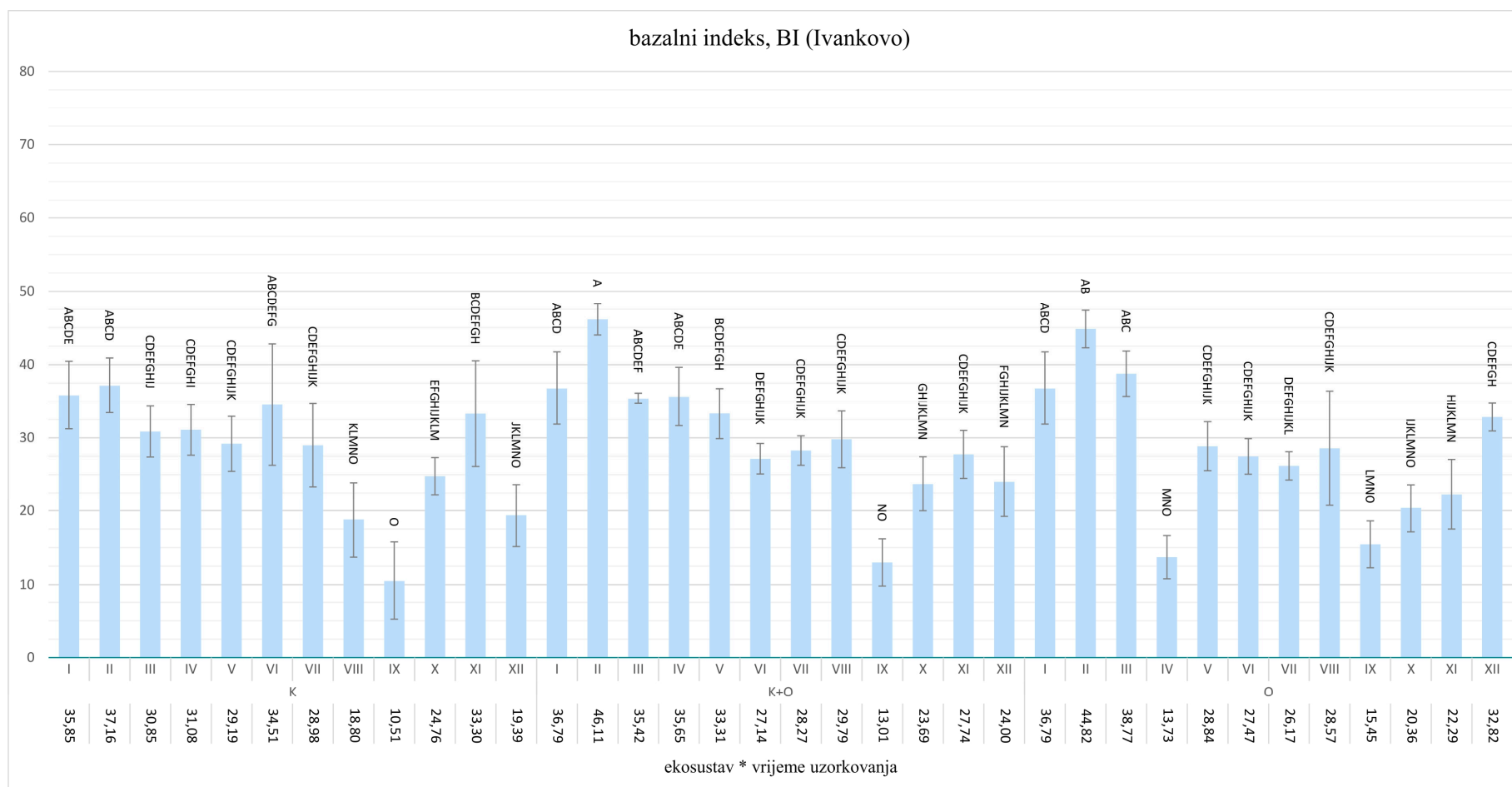




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

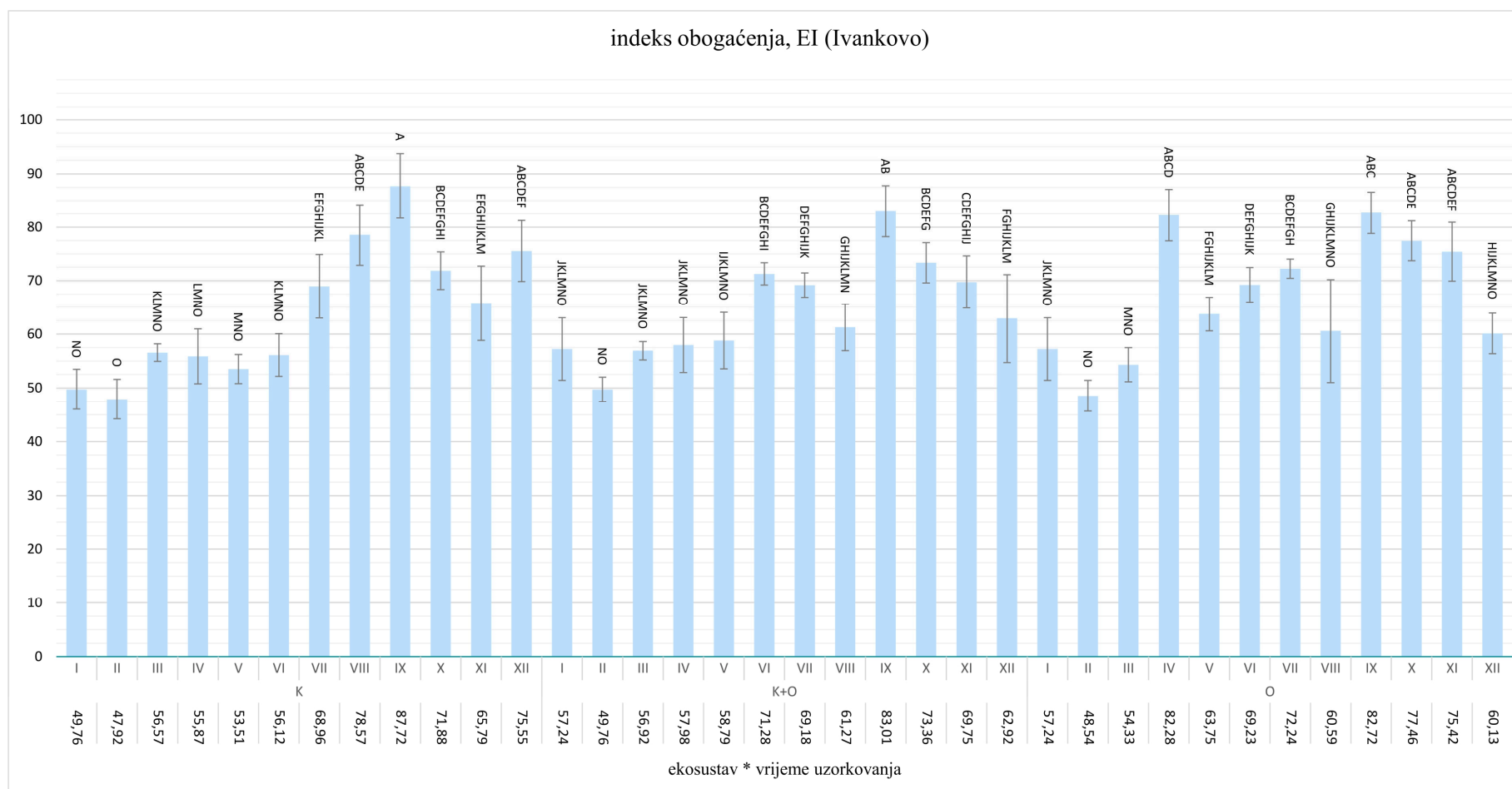
Grafikon 3.73. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

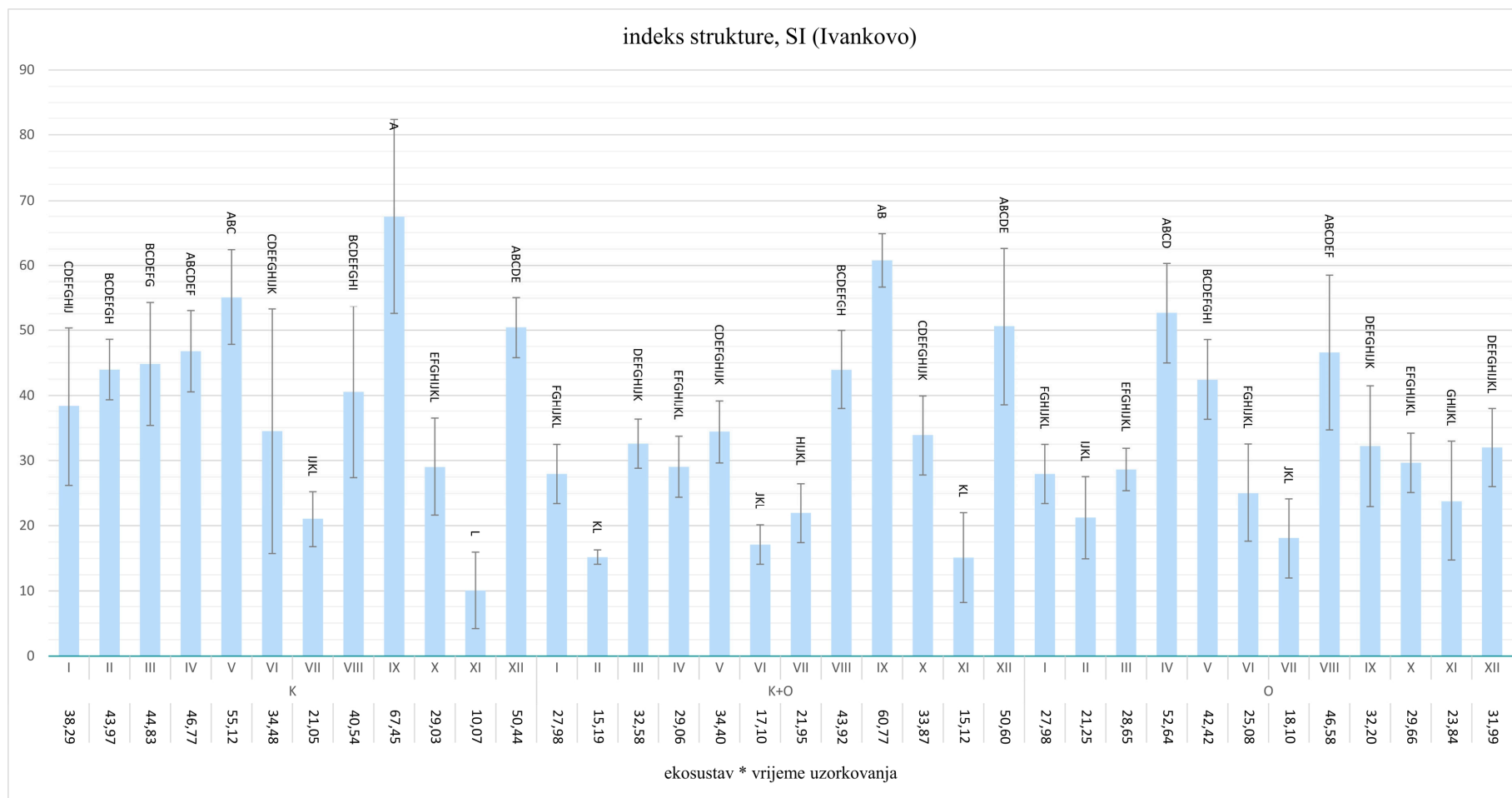
Grafikon 3.74. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.75. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

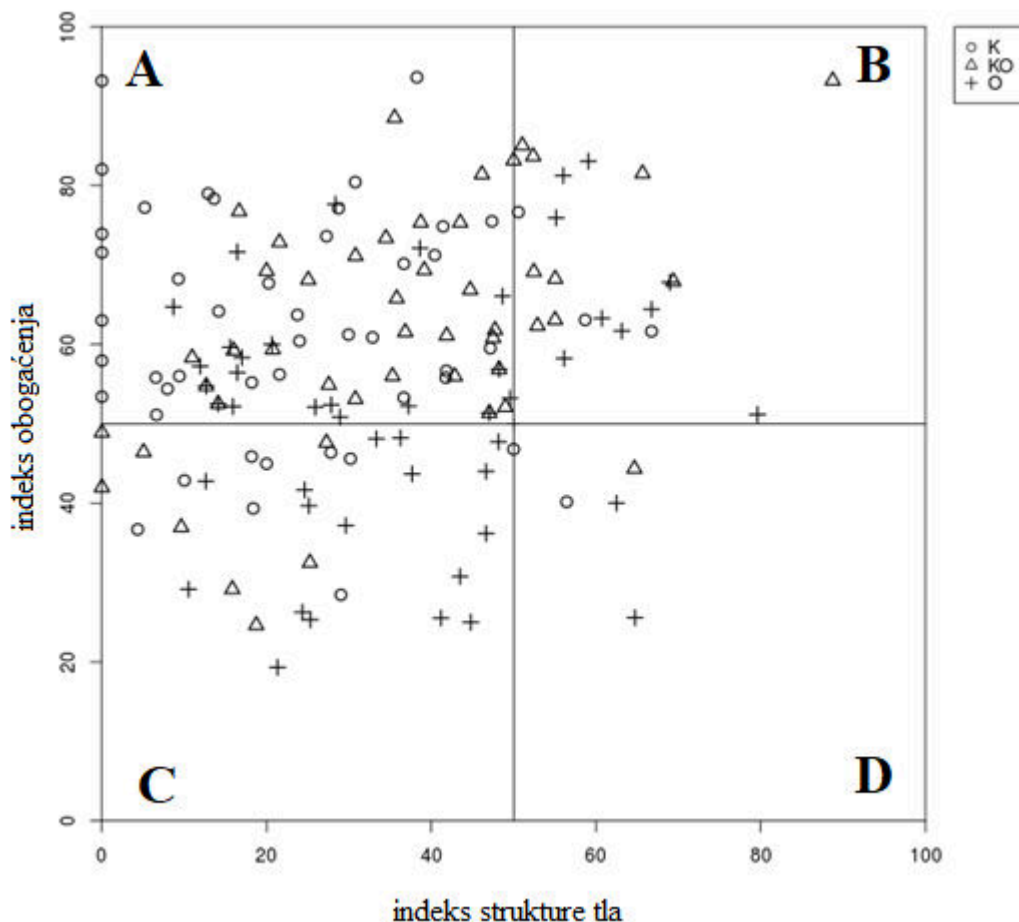


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.76. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.9. Analiza hranidbene mreže u tlu



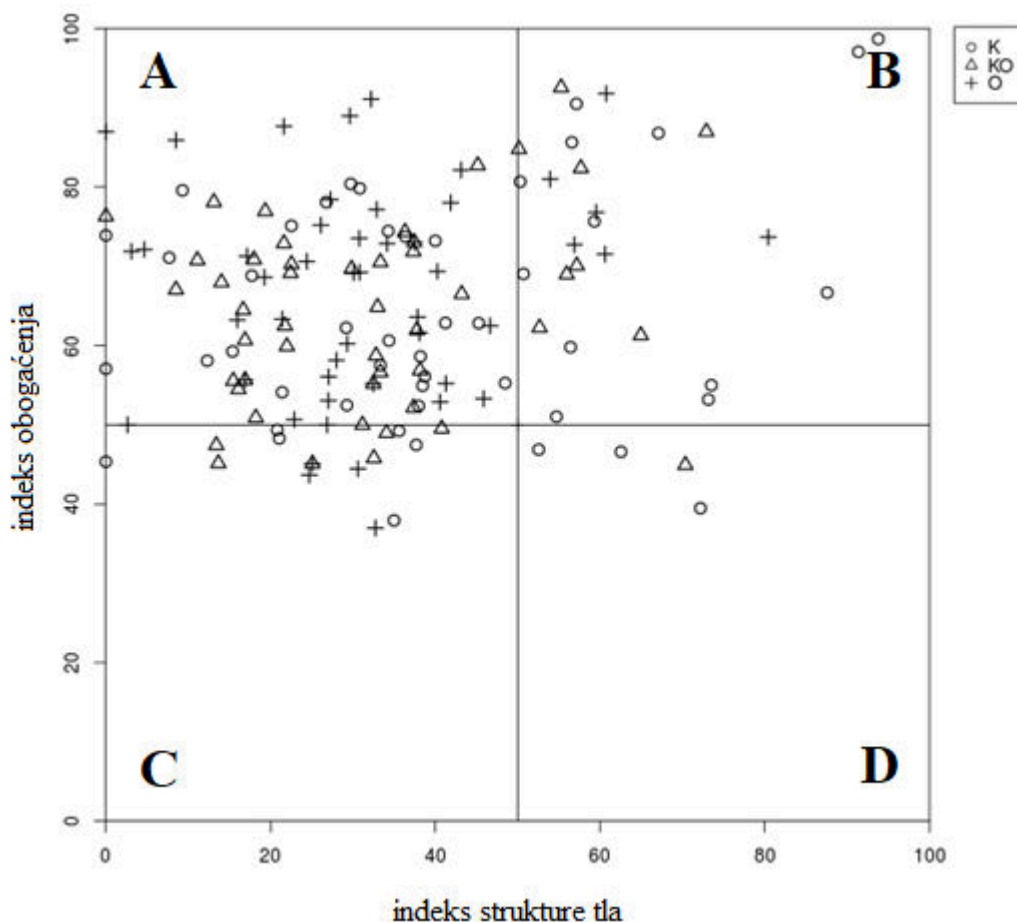
*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Slika 3.3. Analiza hranidbene mreže u tlu prikazana kroz kvadrante (Đakovo)

#### Đakovo

Na slici 3.3. grafički je prikazana struktura i kvaliteta tla proučavanih ekosustava kroz analizu hranidbene mreže po kvadrantima na lokalitetu Đakovo. Većina proučavanih nematoloških zajednica nalazi se u kvadrantu A koji ukazuje na visoko uznemirenje ekosustava i hranidbene mreže te bakterijski put razgradnje organske tvari. U navedenom kvadrantu dominirale su zajednice nematoda iz ekosustava s poljoprivrednom kulturom te ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. U kvadrantu B dominirale su zajednice iz ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te zajednice iz ekosustava s orasima. Kvadrant B ukazuje na srednju do umjerenu stabilnost ekosustava te razgradnju organske tvari bakterijskim i gljivičnim putem. Kvadrantima C i D dominirale su zajednice ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Oba kvadranta ukazuju na razgradnju organske tvari gljivičnim putem, dok kvadrant C ukazuje na

neuznemiren ekosustav i strukturiranu hranidbenu mrežu, a kvadrant D na stres i degradiranu hranidbenu mrežu u ekosustavu.



*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Slika 3.4. Analiza hranidbene mreže u tlu prikazana kroz kvadrante (Ivankovo)

#### *Ivankovo*

Na slici 3.4. grafički je prikazana struktura i kvaliteta tla proučavanih ekosustava kroz analizu hranidbene mreže po kvadrantima na lokalitetu Ivankovo. Većina proučavanih nematoloških zajednica nalazi se u kvadrantu A. U navedenom kvadrantu dominirale su zajednice nematoda iz svih proučavanih ekosustava, ekosustava s poljoprivrednom kulturom, ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te ekosustava s orasima. U kvadrantu B i C dominirale su zajednice nematoda iz ekosustava s poljoprivrednom kulturom. U kvadrantu D dominirale su zajednice nematoda iz ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha.

## 3.1.1.10. Metabolički otisak zajednica nematoda na okoliš

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na metabolički otisak zajednice nematoda na okoliš (kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda, metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda i metabolički otisak strukture zajednice nematoda) na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.13. i Tablici 3.14. Metabolički otisak nematoda prikazuje koliko nematode iskorištavaju ugljik za respiraciju, rast i razvoj.

Tablica 3.13. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na metabolički otisak zajednica nematoda na okoliš (Đakovo)

	kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda		metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda		metabolički otisak strukture zajednice nematoda	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	19,92	<,0001	22,14	<,0001	2,81	0,0648
V	4,78	<,0001	2,97	0,0018	3,68	0,0002
E*V	1,77	0,0293	1,67	0,0452	1,13	0,3285

E - ekosustav, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.14. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na metabolički otisak zajednica nematoda na okoliš (Ivankovo)

	kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda		metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda		metabolički otisak strukture zajednice nematoda	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	2,6	0,0789	3,58	0,0312	2,08	0,1298
V	5,95	<,0001	4,71	<,0001	7,21	<,0001
E*V	2,32	0,0023	2,33	0,0022	1,36	0,1537

E - ekosustav, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustav\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

### Đakovo

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, na lokalitetu Đakovo imali vrlo značajan utjecaj na kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda i metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda, dok značajan utjecaj nije zabilježen na metabolički otisak strukture zajednice nematoda (Tablica 3.13.).

Statistički značajno najviši kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda, na lokalitetu Đakovo, zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a najniži u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.77.).

Metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda bio je najviši u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, dok je najniži bio u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.78.).

Utjecaj ekosustava na metabolički otisak strukture zajednice nematoda nije bio statistički značajan prema F testu ( $P = 0,0648$ ). Metabolički otisak strukture zajednice nematoda po ekosustavima, u prosjeku svih vremena uzorkovanja i ponavljanja, prikazane su u Grafikonu 3.79.

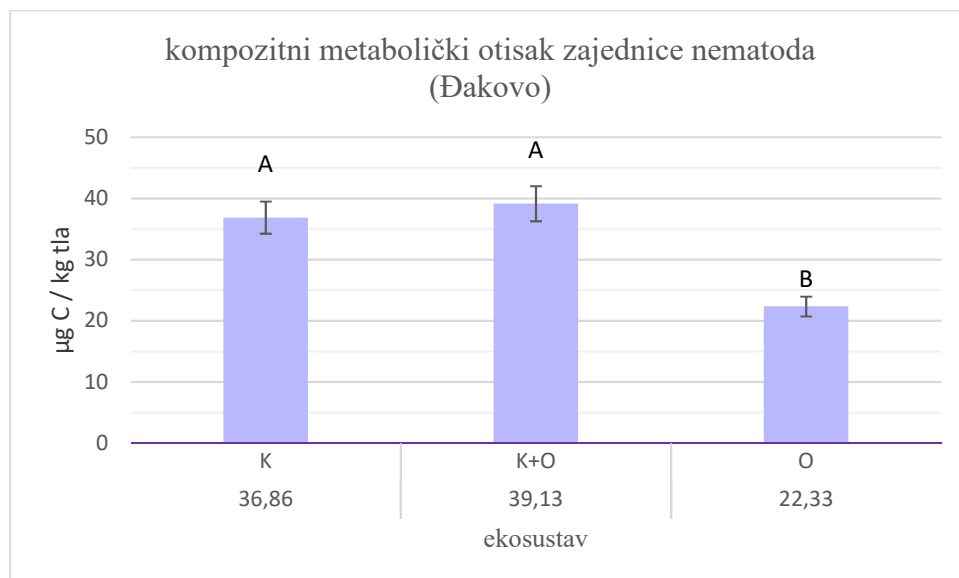
#### *Ivankovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, na lokalitetu Ivankovo, imali vrlo značajan utjecaj na metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda, dok značajan utjecaj nije zabilježen na kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda i metabolički otisak strukture zajednice nematoda (Tablica 3.14.).

Statistički značajno najviši metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda, na lokalitetu Ivankovo, zabilježen je u ekosustavu s orasima, a najniži u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha nije se značajno razlikovao od metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda u ostalim proučavanim ekosustavima (Grafikon 3.81.).

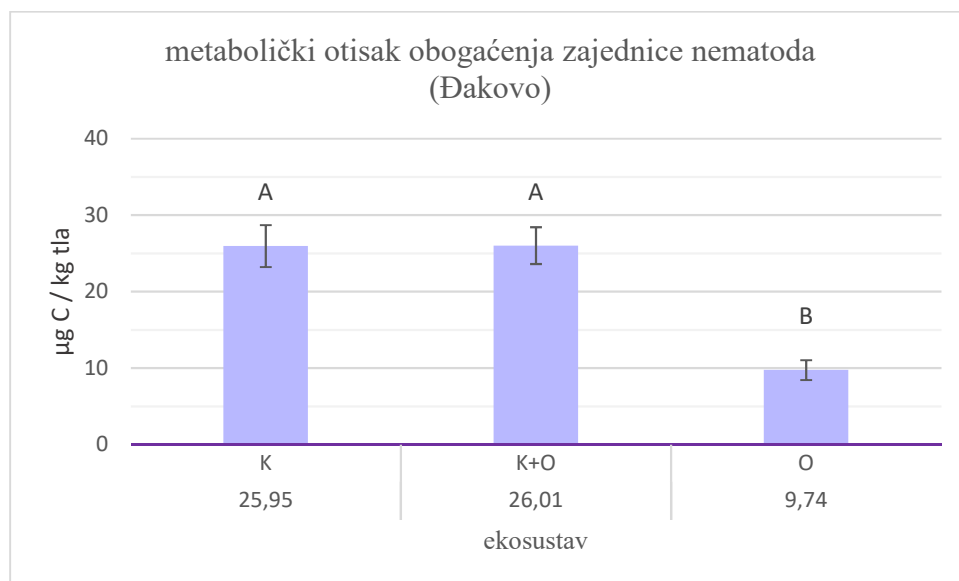
Utjecaj ekosustava na kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda i metabolički otisak strukture zajednice nematoda nije bio statistički značajan prema F testu ( $P = 0,0789$  i  $P = 0,1298$ ) na lokalitetu Ivankovo. Vrijednost kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda i metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda po ekosustavima, u prosjeku svih vremena uzorkovanja i ponavljanja, prikazane su u Grafikonu 3.80. i Grafikonu 3.82.





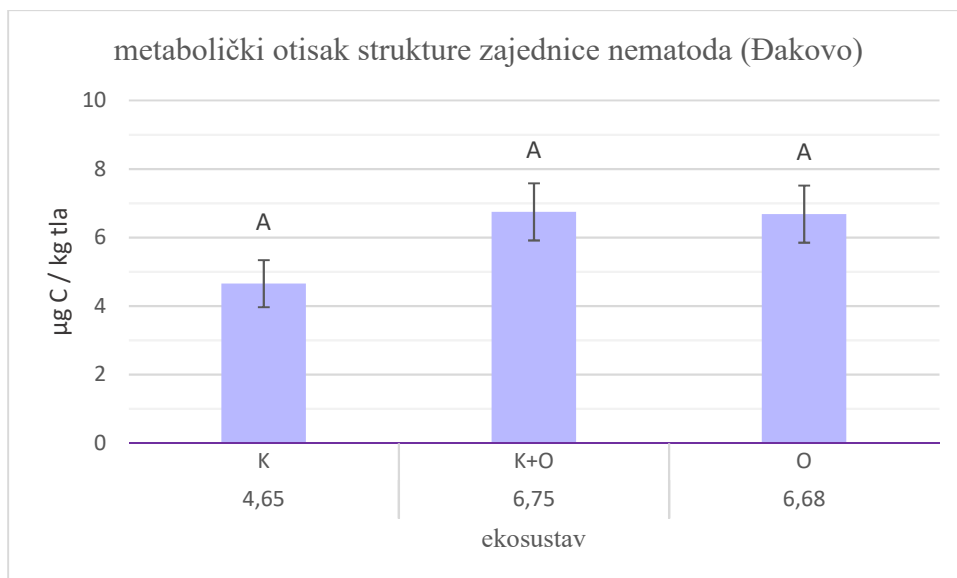
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.77. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



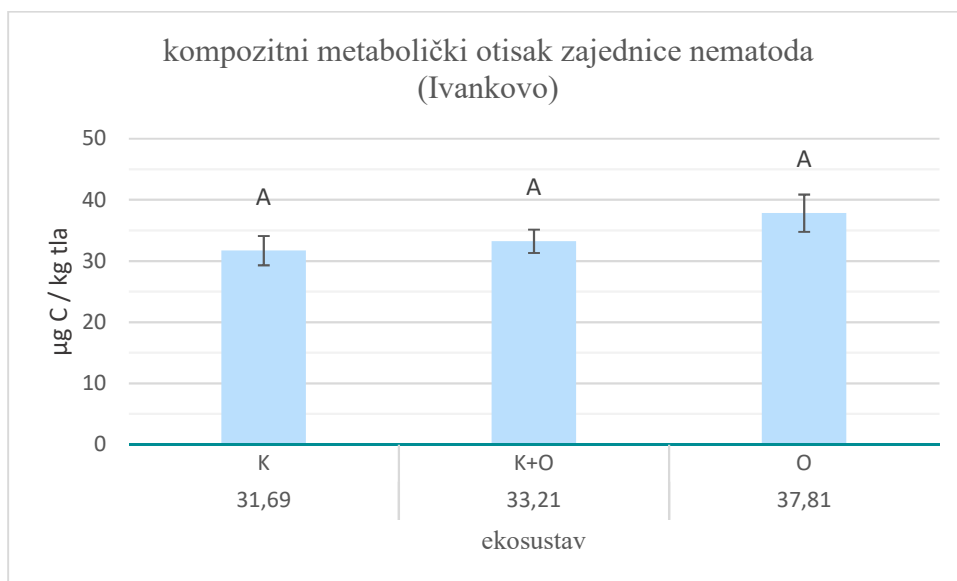
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.78. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



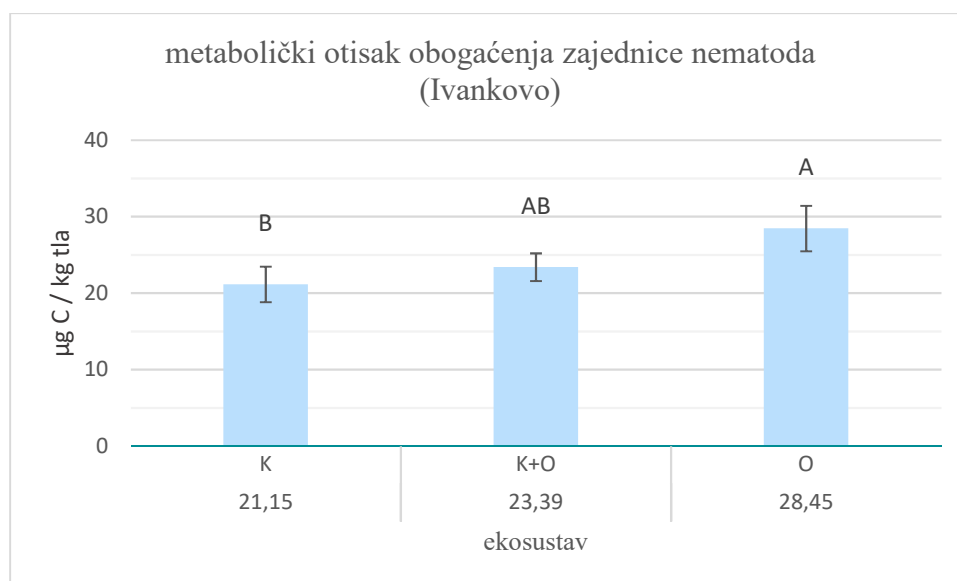
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.79. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Đakovo)



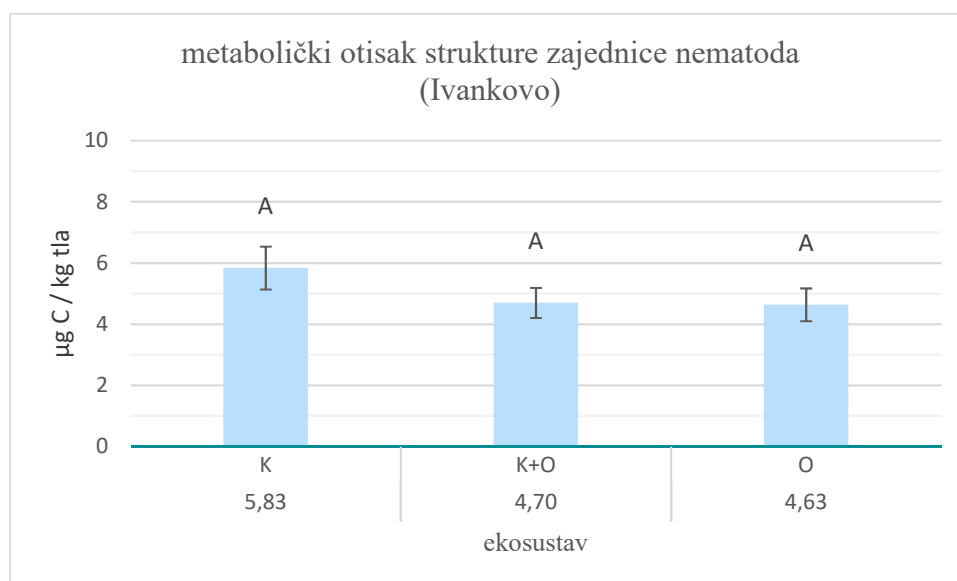
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.80. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.81. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.82. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Utjecaj vremena uzorkovanja na metabolički otisak zajednice nematoda na okoliš (kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda, metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda i metabolički otisak strukture zajednice nematoda) po vremenu uzorkovanja prikazan je u prilogu (od Grafikona 9.35. do Grafikona 9.40.).

#### *Đakovo*

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda i metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda na lokalitetu Đakovo, no značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na metabolički otisak strukture zajednice nematoda na istom lokalitetu (Tablica 3.13.).

Najviše vrijednosti kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom II. (20.10.2017.), III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom V. (2. 7. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), IX. (12. 6. 2019.), X. (11. 7. 2019.) i XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.83.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je pokazala značajan utjecaj na metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda na lokalitetu Đakovo, te su najveće vrijednosti spomenutog otiska zabilježene u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), IV. (9. 5. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.) i IX. (12. 6. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom V. (2. 7. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), IX. (12. 6. 2019.), X. (11. 7. 2019.) i XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja (Grafikon 3.84.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na metabolički otisak strukture zajednice nematoda na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,3285$ ). U Grafikonu 3.85. prikazane su vrijednosti metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

#### *Ivankovo*

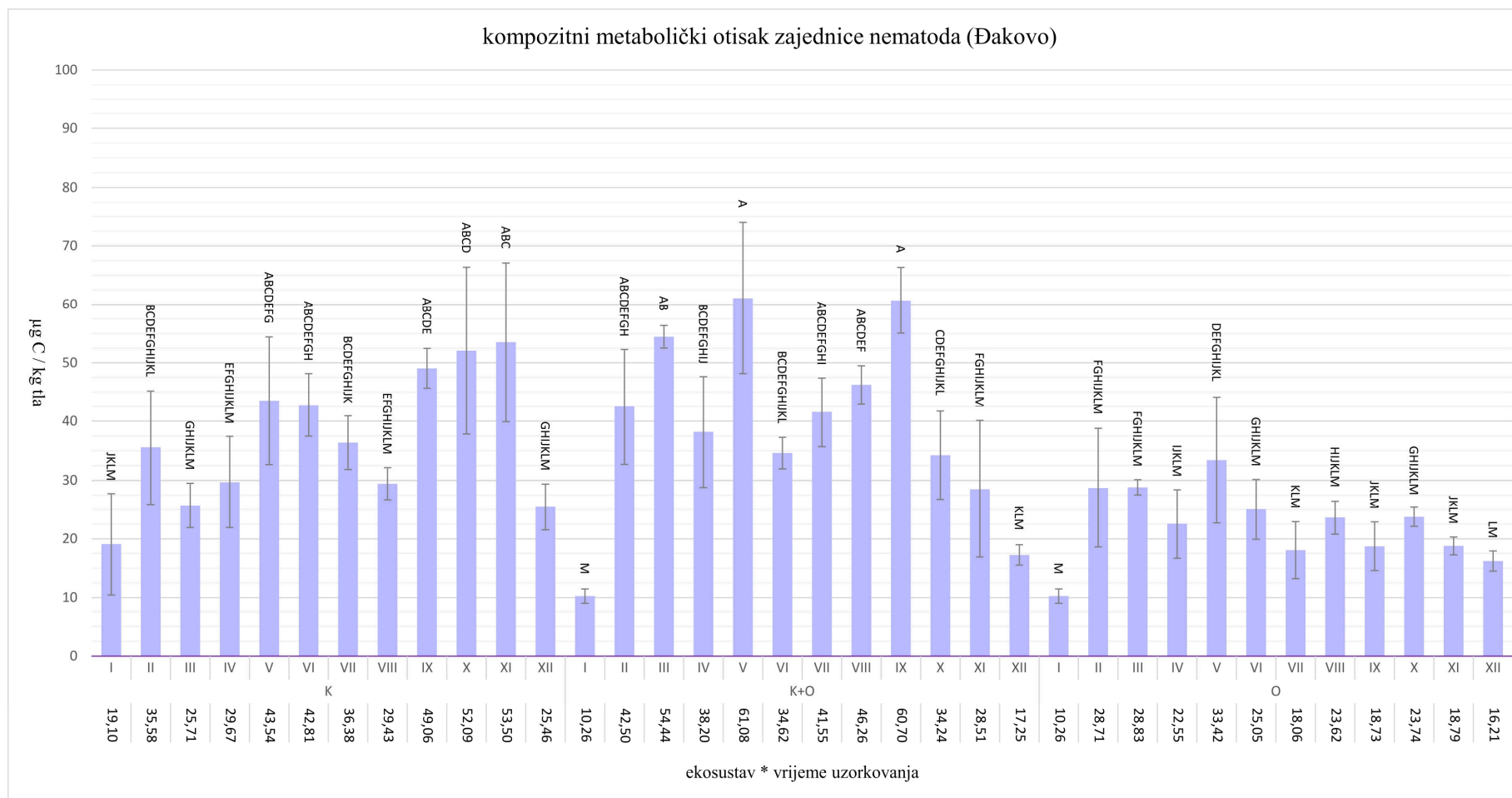
Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda i metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda na lokalitetu Ivankovo, no značajan utjecaj navedene

interakcije nije zabilježen na metabolički otisak strukture zajednice nematoda na istom lokalitetu (Tablica 3.14.).

Najviši kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda na lokalitetu Ivankovo zabilježen je u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.86.). Navedena interakcija razlikuje se značajno od svih ostalih proučavanih interakcija.

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je pokazala značajan utjecaj na metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda, te je najveći metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda zabilježen u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.87.). Navedena interakcija značajno se razlikuje od svih ostalih proučavanih interakcija na lokalitetu Ivankovo.

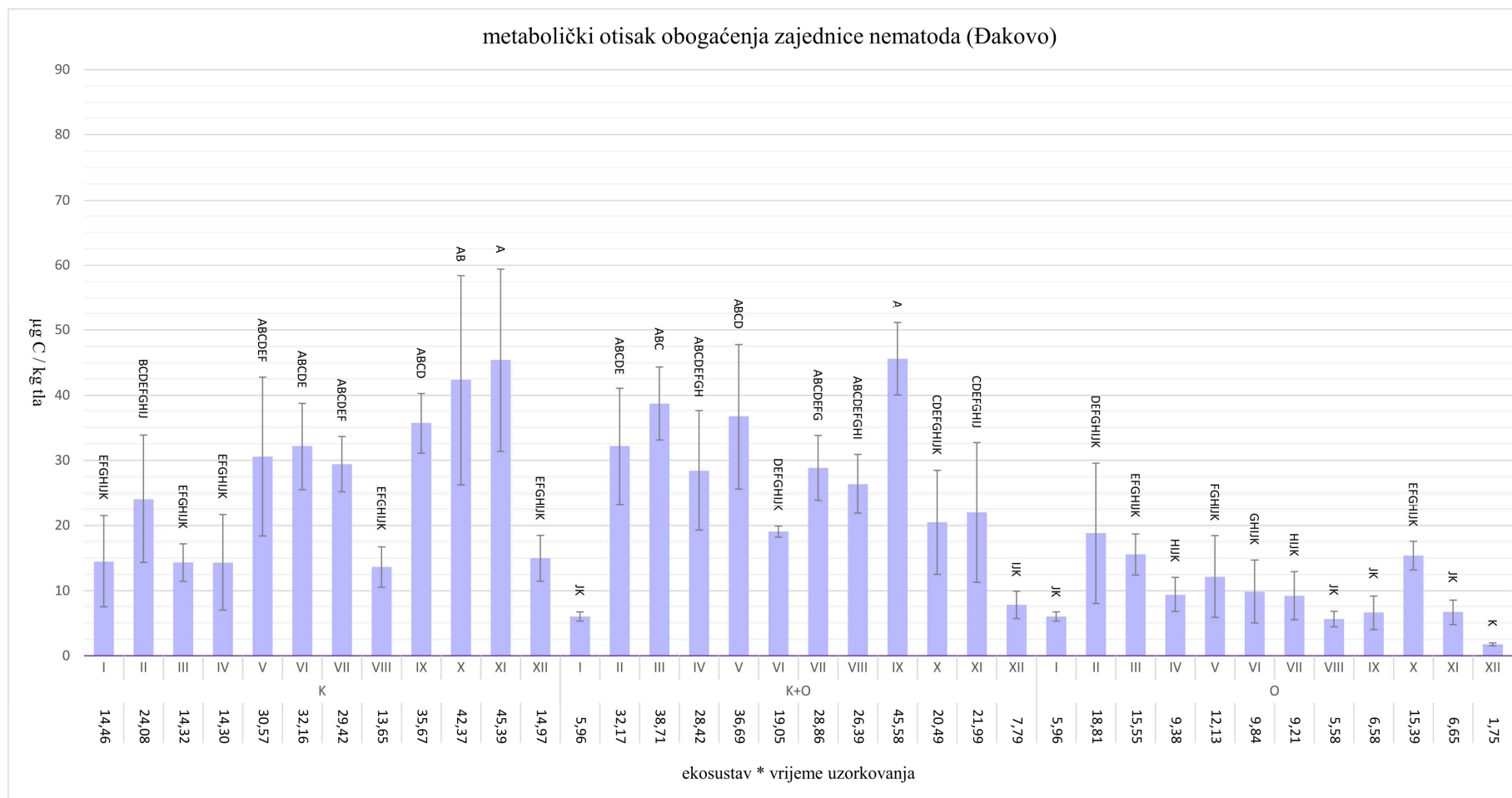
Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na metabolički otisak strukture zajednice nematoda na lokalitetu Ivankovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,1537$ ). U Grafikonu 3.88. prikazan je metabolički otisak strukture zajednice nematoda po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

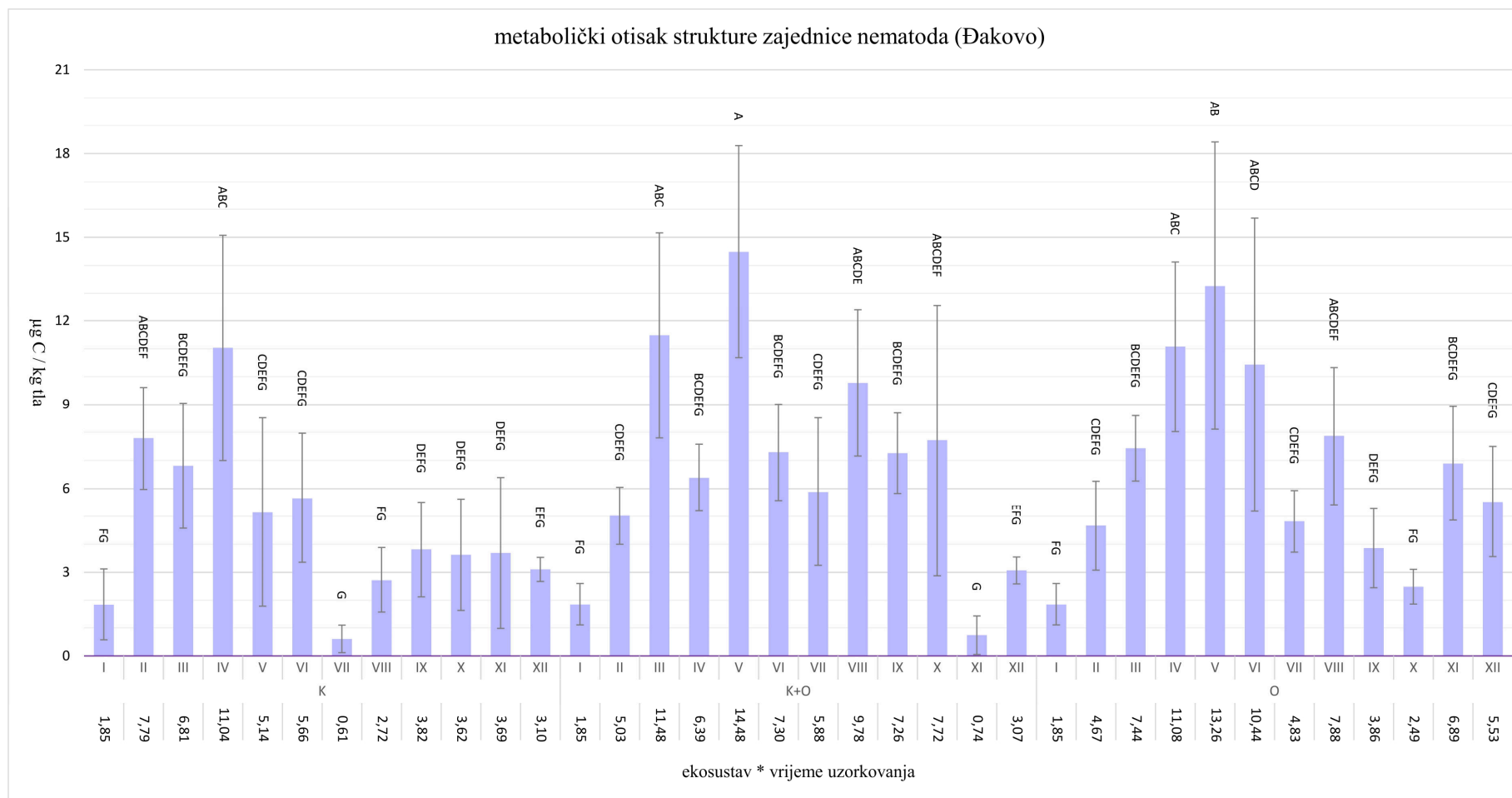
Grafikon 3.83. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.84. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

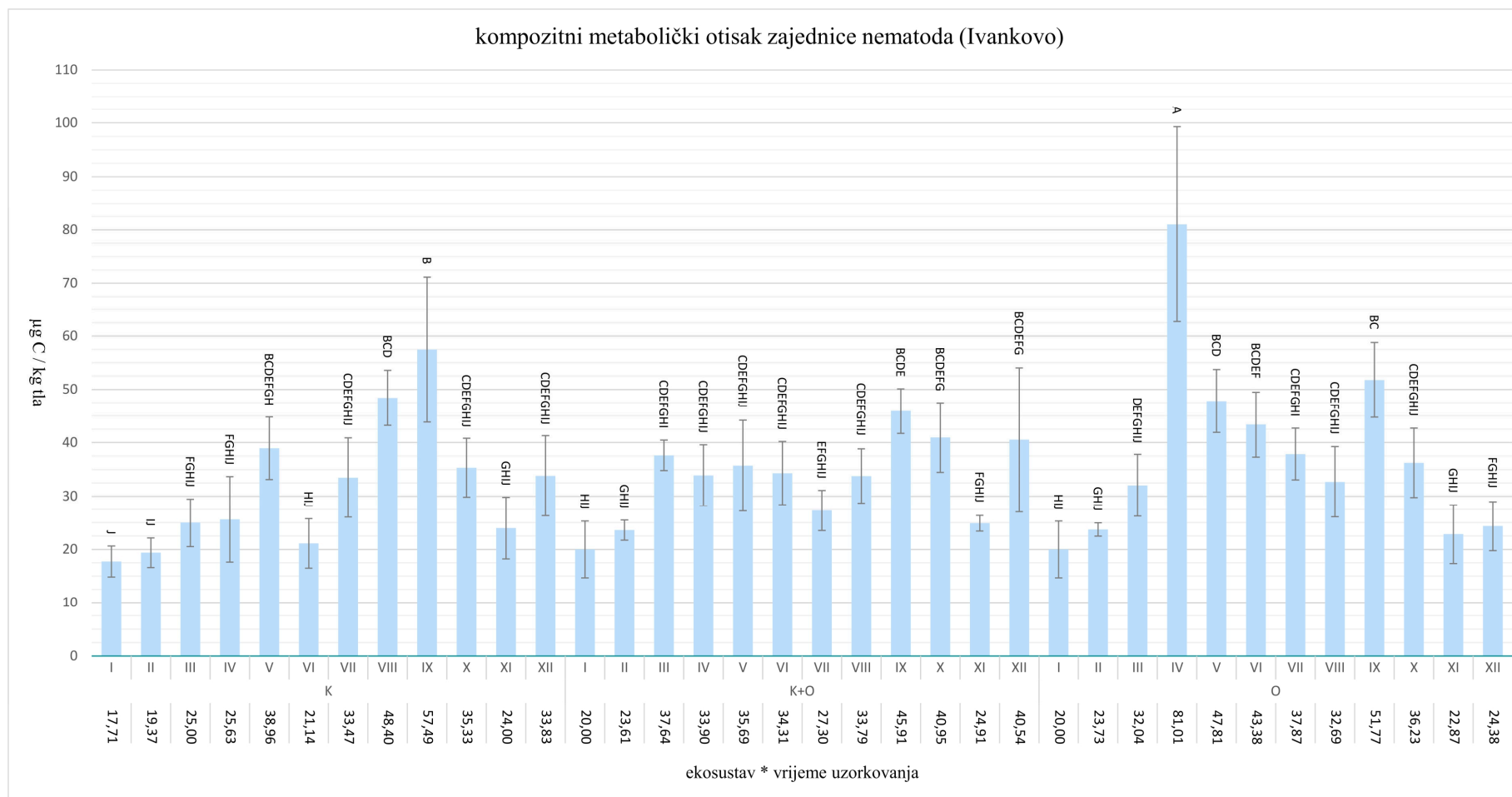


Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.85. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

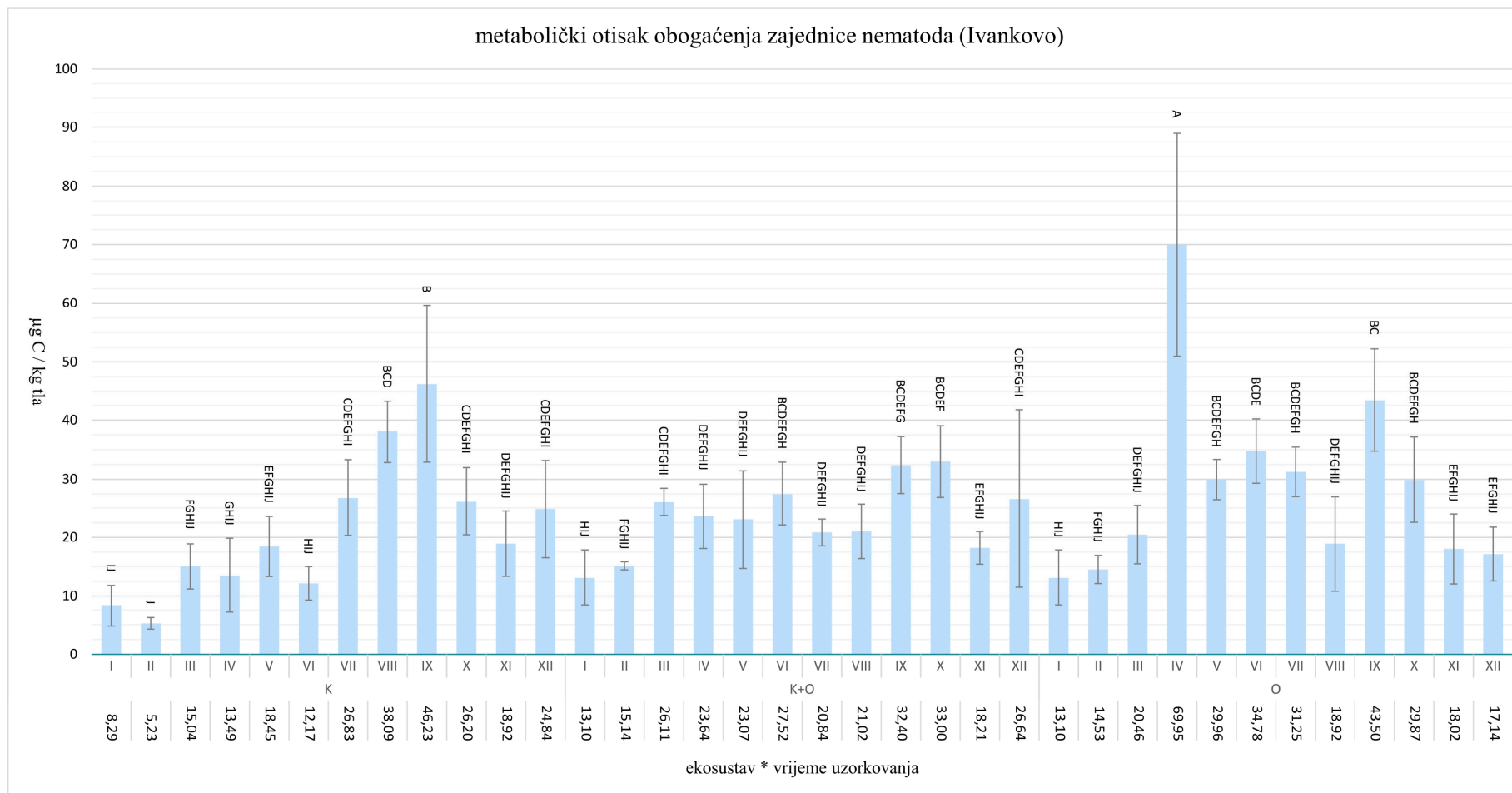




Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

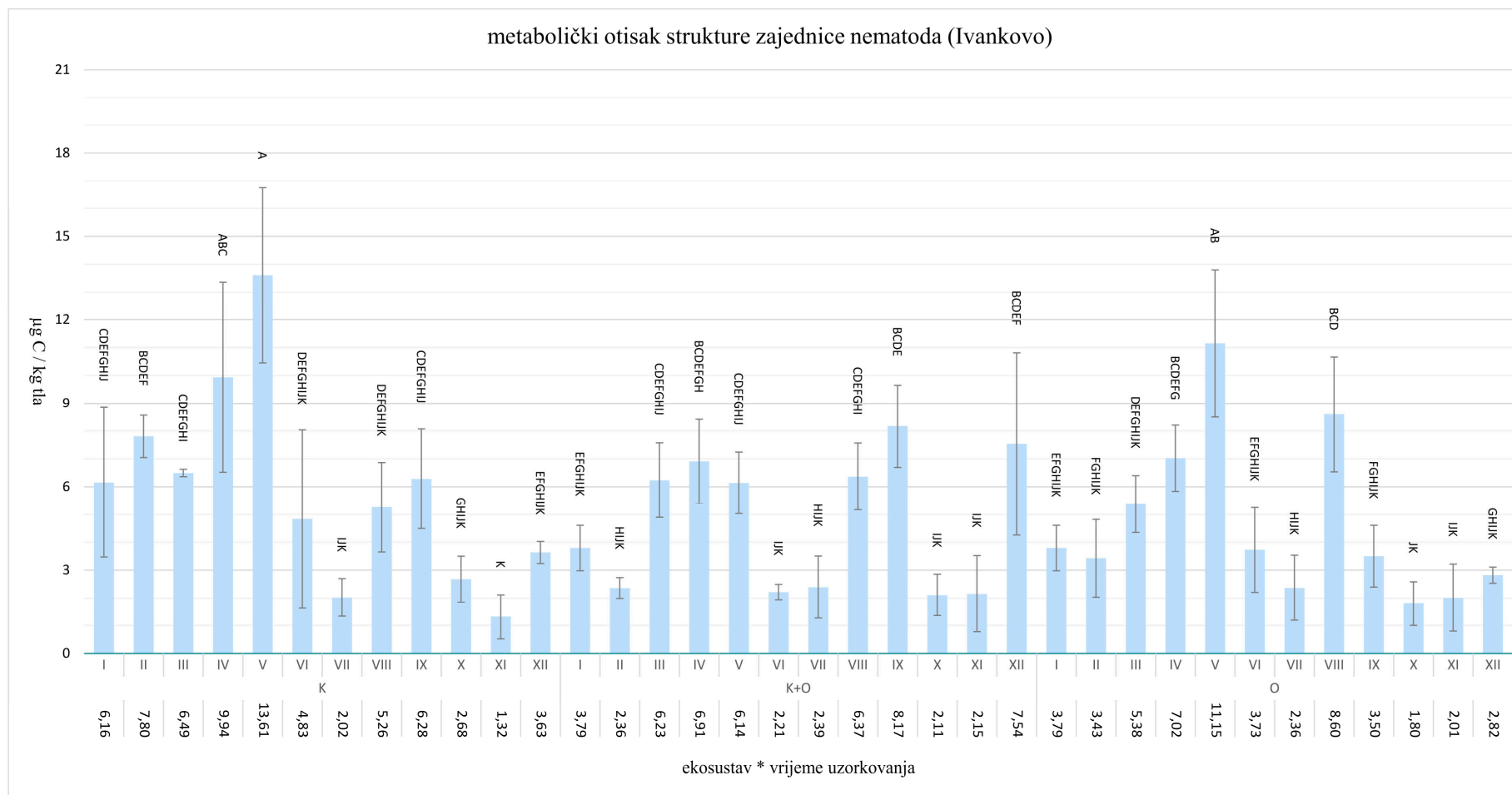
Grafikon 3.86. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.87. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* - orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.88. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

## 3.1.1.11. Shannonov indeks raznolikosti zajednice nematoda - indeks H'

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H') na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.15.

Tablica 3.15. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H') (Đakovo i Ivankovo)

	Đakovo		Ivankovo	
	F	Pr>F	F	Pr>F
ekosustavi	4,13	0,0186	12,59	<.0001
vrijeme uzorkovanja	3,2	0,0009	3,92	<.0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	1,18	0,2817	2,05	0,0081

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

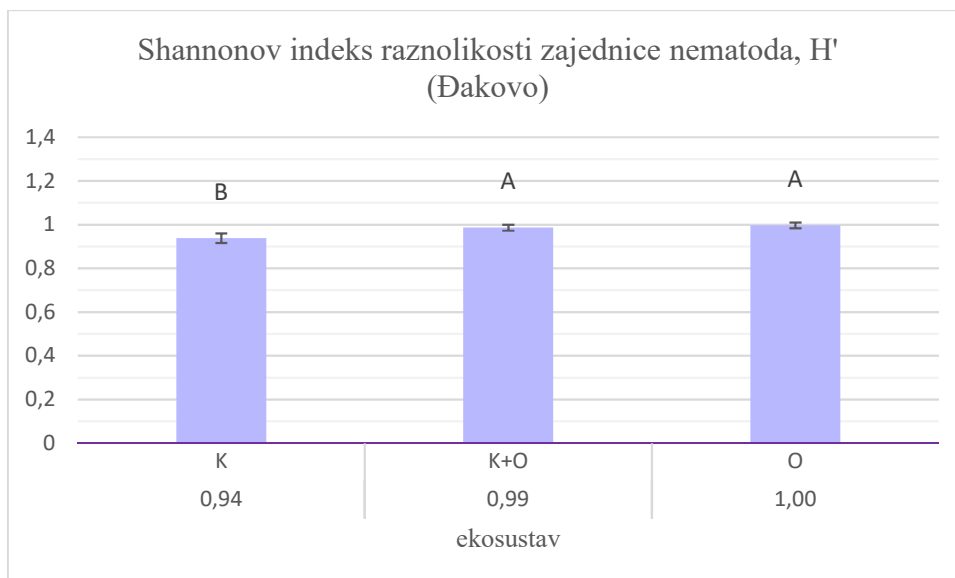
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H') na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.15.)

Statistički značajno najviše vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H'), na lokalitetu Đakovo, zabilježene su u ekosustavu s orasima te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok su najniže vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H') zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.89.).

*Ivankovo*

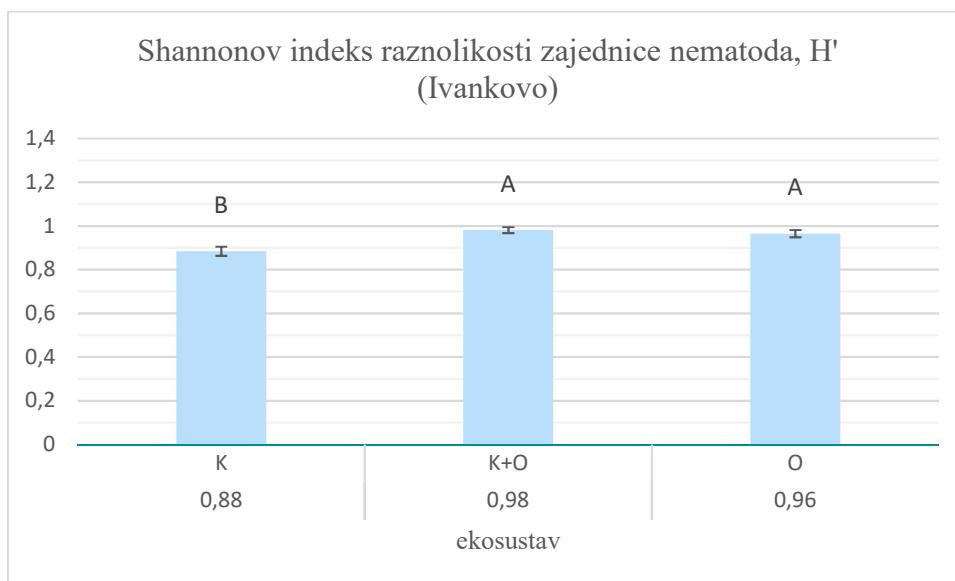
Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H') na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.15.).

Statistički značajno najviše vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda (H'), na lokalitetu Ivankovo, zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima, a najniže vrijednosti navedenog indeksa zabilježene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.90.).



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.89. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda,  $H'$ , za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.90. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda,  $H'$ , za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Utjecaj vremena uzorkovanja na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) po vremenu uzorkovanja prikazan je u prilogu (od Grafikona 9.41 do Grafikona 9.42.).

#### *Đakovo*

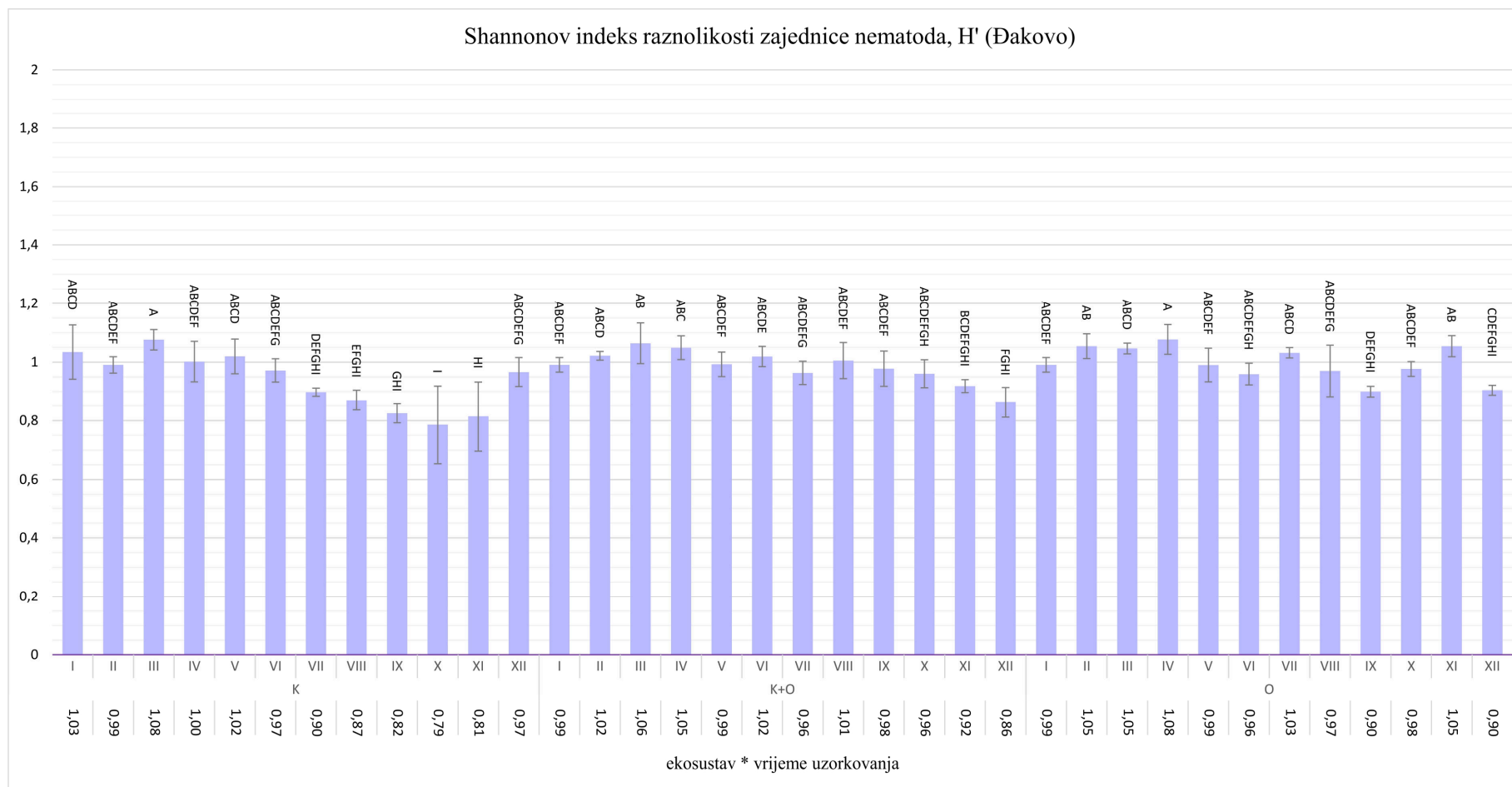
Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja, nije imala značajan utjecaj na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.15.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,2817$ ). U Grafikonu 3.91. prikazane su vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) po interakcijama ekosustav\*vrijeme uzorkovanja, u prosjeku svih ponavljanja.

#### *Ivankovo*

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.15.).

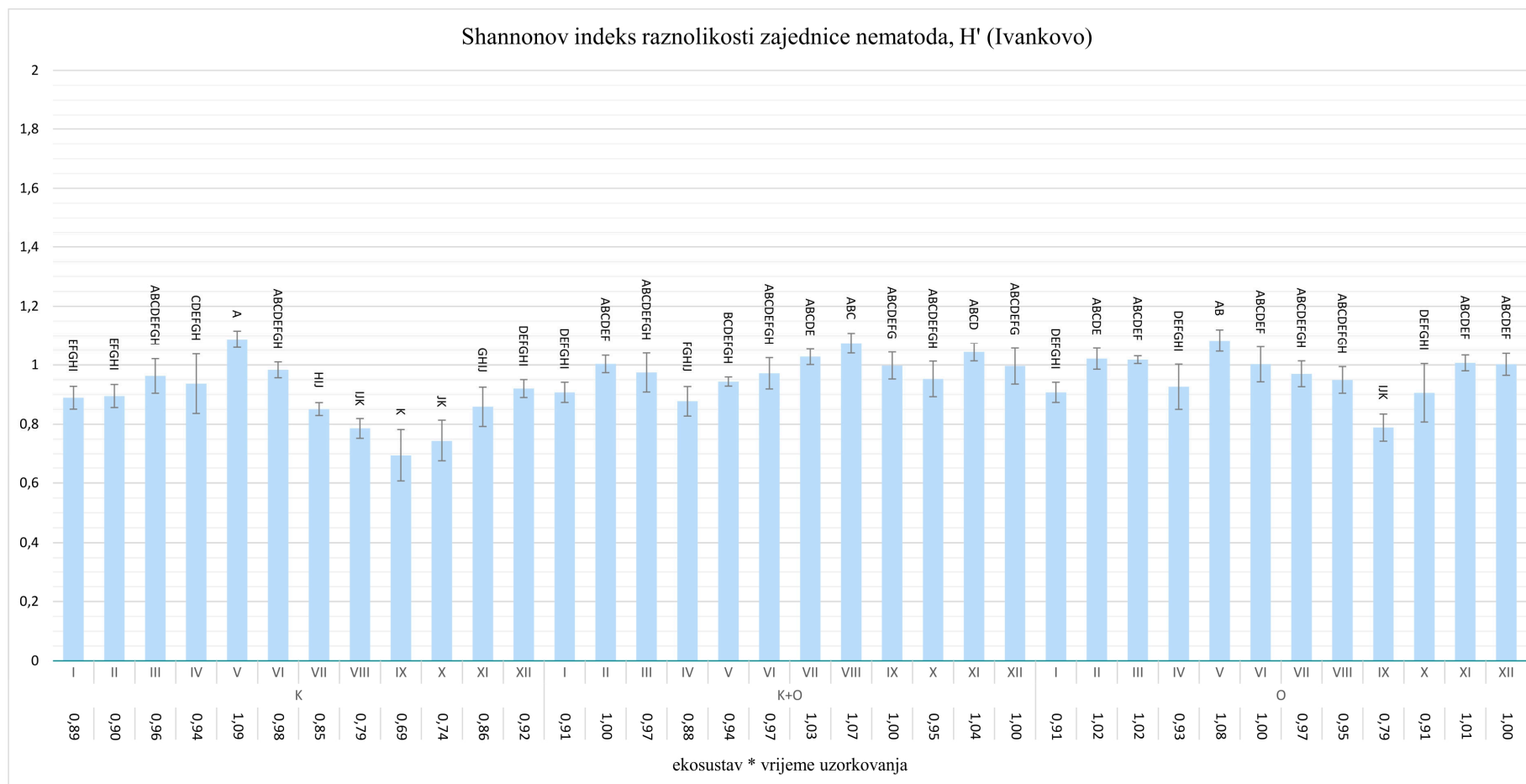
Najviše vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda ( $H'$ ) na lokalitetu Ivankovo zabilježene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.), IX. (12. 6. 2019.), X. (11. 7. 2019.), XI. (3. 9. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom II. (20. 10. 2017.), III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.), VI. (20. 9. 2018.), VII. (17. 11. 2018.), VIII. (18. 4. 2019.), XI. (3. 9. 2019.) i XII. (21. 11. 2019.) uzorkovanja te u ekosustavu s orasima tijekom III. (12. 4. 2018.), V. (2. 7. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.92.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.91. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda, H', za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K* - poljoprivredna kultura, *K + O* - poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi, *I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

Grafikon 3.92. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške Shannonovog indeksa raznolikosti zajednice nematoda, H', za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja



## 3.1.2. Rezultati analiza mikrobioloških svojstava tla

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, vremena uzorkovanja te njihove interakcije na ukupnu brojnost bakterija i gljiva u 1 g tla te njihov omjer, na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.16. i Tablici 3.17.

Tablica 3.16. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na ukupnu brojnost bakterija i gljiva u tlu te njihov omjer (Đakovo)

	broj bakterija		broj gljiva		omjer bakterija i gljiva	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	701,61	<,0001	241,32	<,0001	195,81	<,0001
V	1086,47	<,0001	4,59	0,0244	245,34	<,0001
E*V	424,45	<,0001	23,84	<,0001	41,59	<,0001

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.17. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na ukupnu brojnost bakterija i gljiva u tlu te njihov omjer (Ivankovo)

	broj bakterija		broj gljiva		omjer bakterija i gljiva	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	49,72	<,0001	35,44	<,0001	15,9	0,0001
V	333,5	<,0001	8,38	0,0027	173,59	<,0001
E*V	21,44	<,0001	8,33	0,0005	6,69	0,0018

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja  
Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

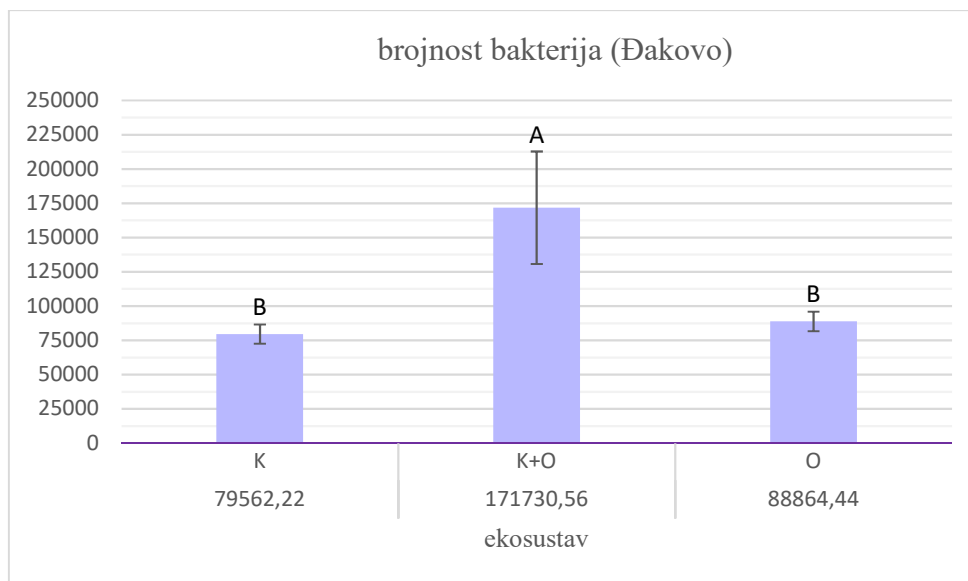
*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na sve proučavane mikrobiološke parametre na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.16.)

Statistički značajno najviša brojnost bakterija, na lokalitetu Đakovo, zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najmanja u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.93.).

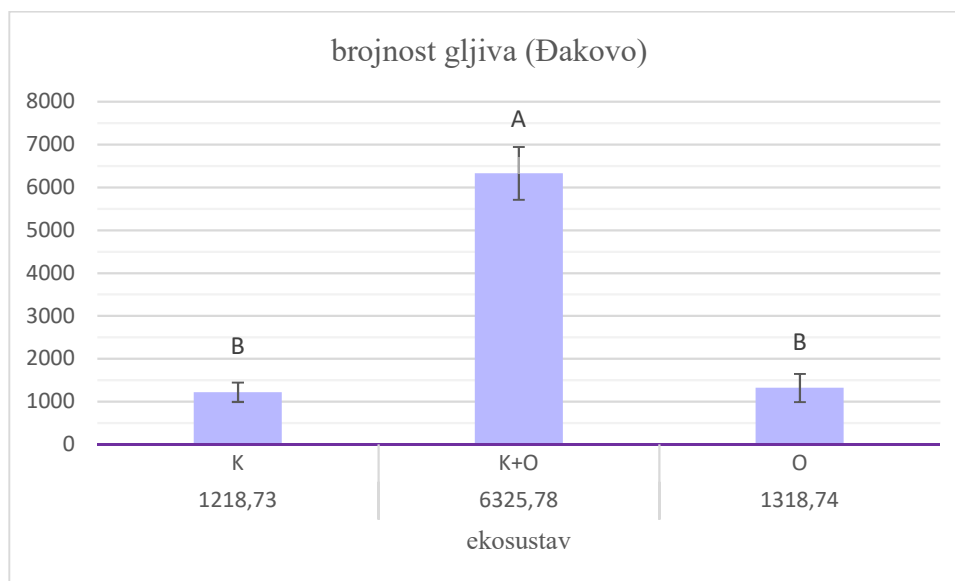
Najveća brojnost gljiva zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je najmanja brojnost gljiva zabilježena u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.94.).

Na lokalitetu Đakovo, omjer bakterija i gljiva bio je najveći u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manji u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.95).



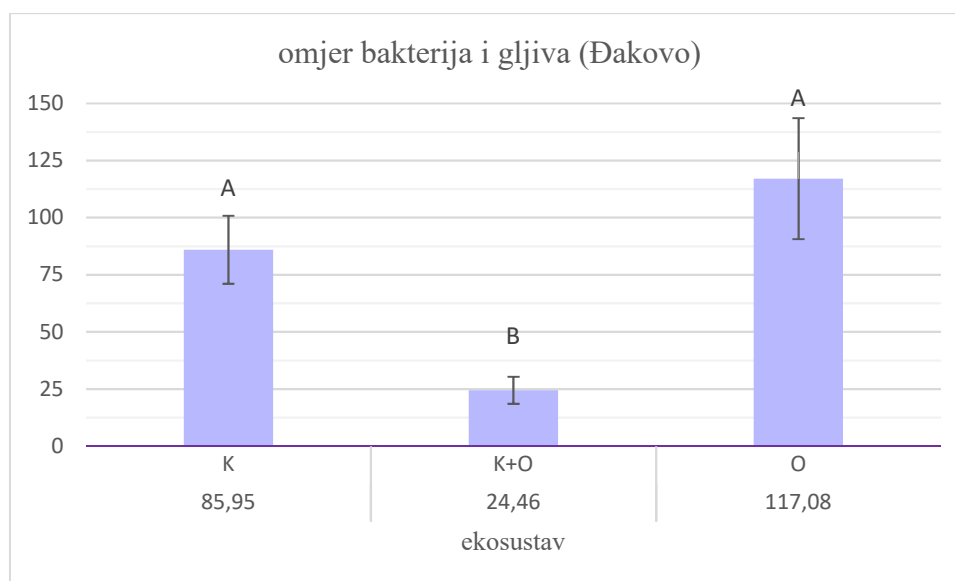
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.93. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti bakterija za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.94. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti gljiva za proučavane ekosustave (Đakovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K* – poljoprivredna kultura, *K + O* – poljoprivredna kultura + orasi, *O* – orasi

Grafikon 3.95. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za proučavane ekosustave (Đakovo)

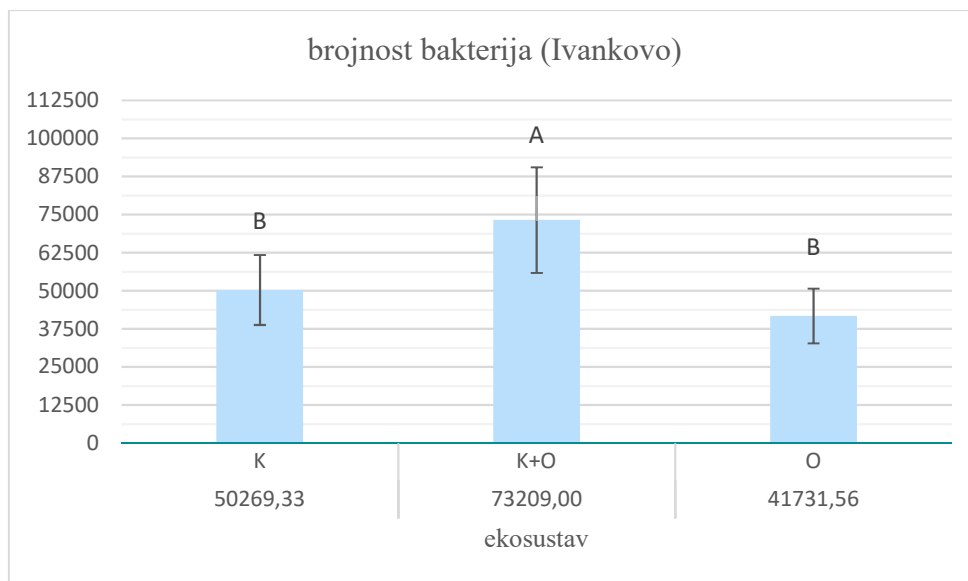
#### Ivankovo

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, na lokalitetu Ivankovo, imali vrlo značajan utjecaj na sve proučavane mikrobiološke parametre (Tablica 3.17.).

Statistički značajno najviša brojnost bakterija, na lokalitetu Ivankovo, zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Na istom lokalitetu, najmanja brojnost bakterija zabilježena je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.96.).

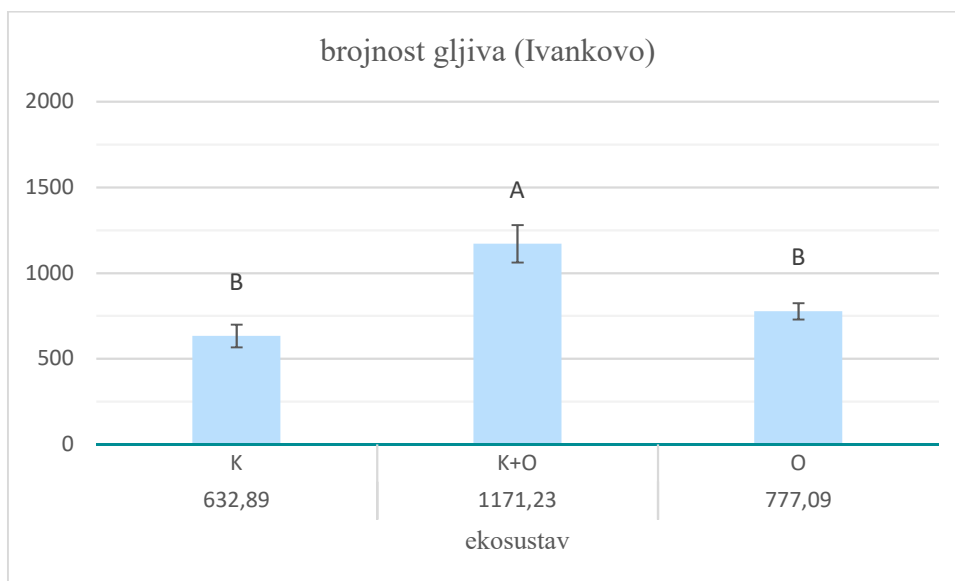
Najveća brojnost gljiva tla zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je najmanja brojnost gljiva zabilježena u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom na lokalitetu Ivankovo (Grafikon 3.97.).

Na lokalitetu Ivankovo, omjer bakterija i gljiva bio je najveći u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manji u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.98.).



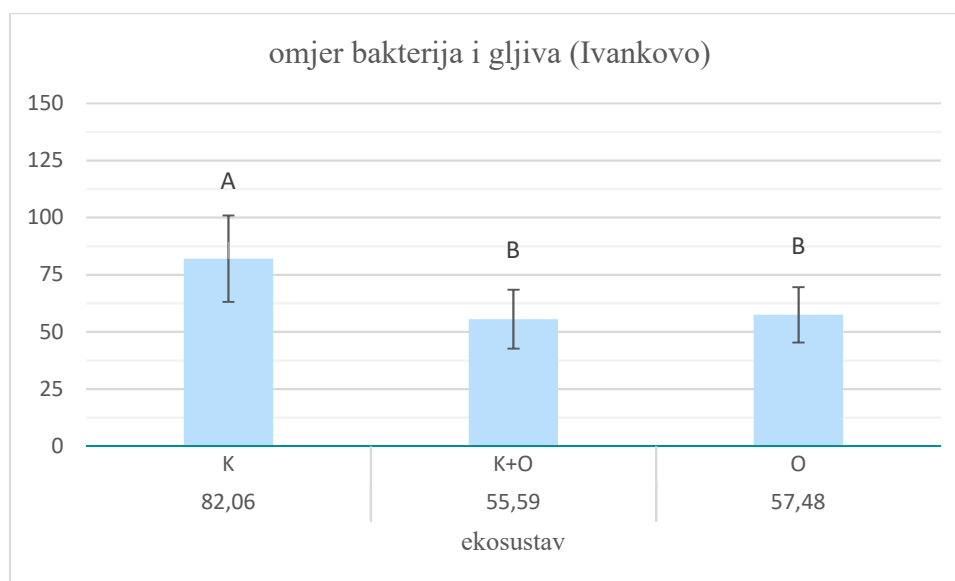
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.96. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti bakterija za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.97. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti gljiva za proučavane ekosustave (Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ).  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.98. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za proučavane ekosustave (Ivankovo)

Utjecaj vremena uzorkovanja na ukupnu brojnost bakterija i gljiva u tlu te njihov omjer po vremenu uzorkovanja, na oba lokaliteta, prikazan je u prilogu (od Grafikona 9.43. do Grafikona 9.48.).

#### Đakovo

Interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na sve proučavane mikrobiološke parametre na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.16.).

Najveća brojnost bakterija na 1 g tla zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IV. (9. 5. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja, dok je najmanja brojnost bakterija zabilježena u istom ekosustavu tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.99.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja pokazala je značajan utjecaj na brojnost gljiva na 1 g tla na lokalitetu Đakovo. Najveća brojnost gljiva zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja, zatim tijekom IV. (9. 5. 2018.), uzorkovanja te nakon toga tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja, u istom ekosustavu. Sva tri uzorkovanja u istom ekosustavu su bila međusobno značajno različita, no mnogobrojnija nego ostale interakcije u ostalim proučavanim ekosustavima (Grafikon 3.100.).

Na lokalitetu Đakovo najveći omjer bakterija i gljiva zabilježen je u ekosustavu s orasima tijekom IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja, zatim tijekom VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja u istom ekosustavu te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom IV. (9. 5. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.101.).

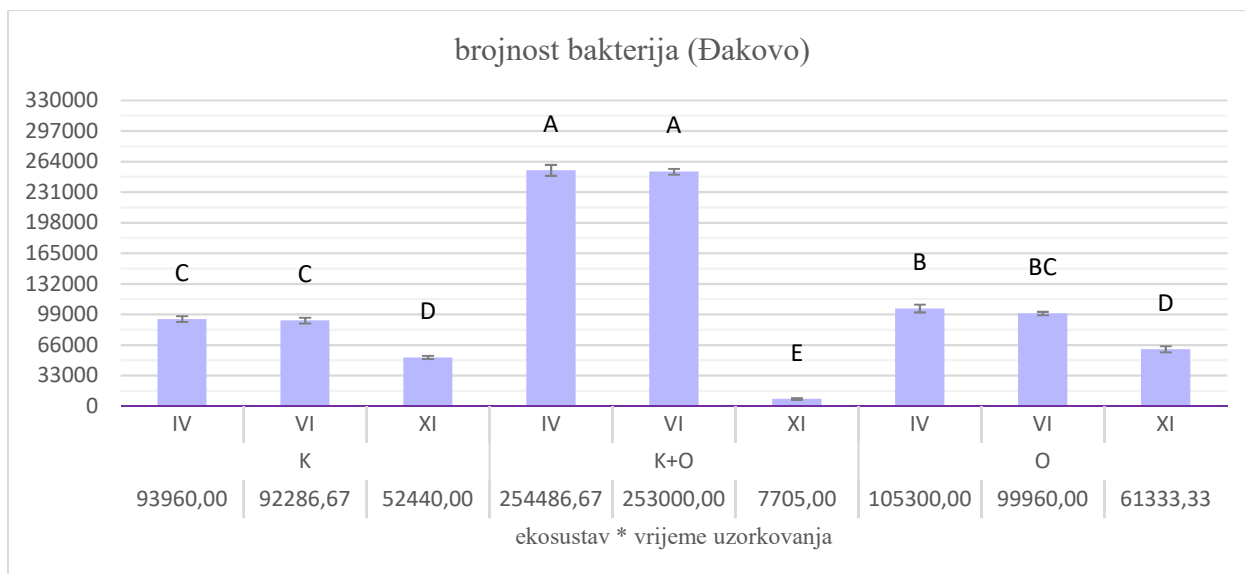
#### *Ivankovo*

Interakcija ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na ukupnu brojnost bakterija i gljiva u tlu te njihov omjer na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.17.).

Najveća brojnost bakterija na 1 g tla zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IV. (9. 5. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja, dok je najmanja brojnost bakterija zabilježena u istom ekosustavu tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja, u ekosustavu s orasima tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja na lokalitetu Ivankovo (Grafikon 3.102.).

Interakcija ekosustav\*vrijeme uzorkovanja pokazala je značajan utjecaj na brojnost gljiva na 1 g tla na lokalitetu Ivankovo. Najveća brojnost gljiva zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha tijekom IV. (9. 5. 2018.) i VI. (20. 9. 2018.) uzorkovanja (Grafikon 3.103.).

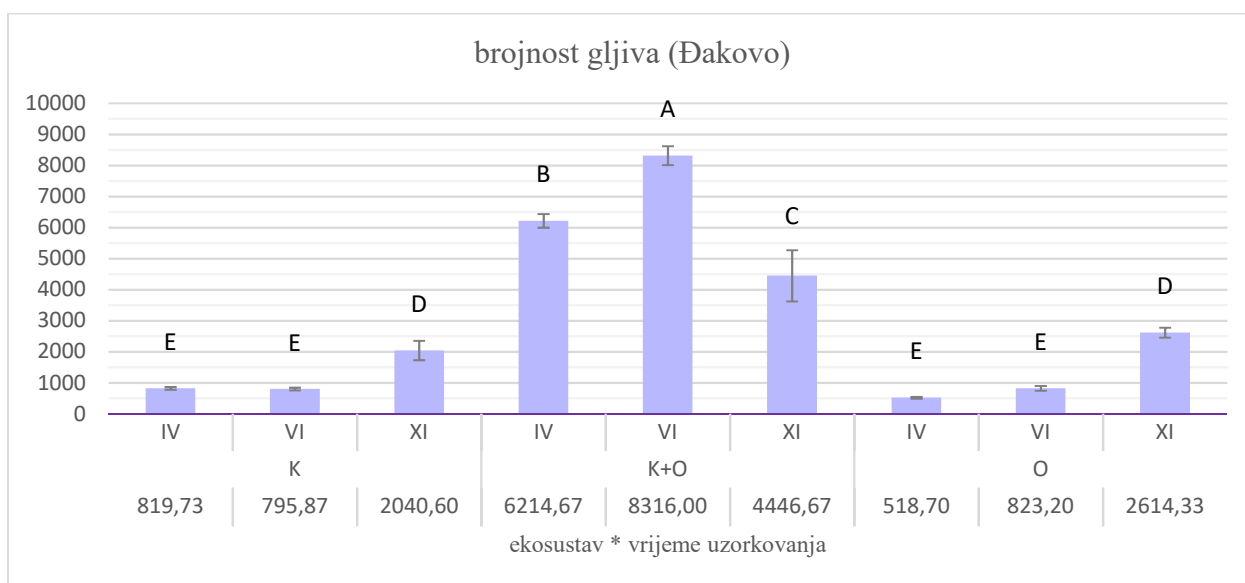
Na lokalitetu Ivankovo najveći omjer bakterija i gljiva zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom tijekom IV. (9. 5. 2018.) uzorkovanja, dok je najmanji omjer bakterija i gljiva zabilježen tijekom XI. (3. 9. 2019.) uzorkovanja u sva tri proučavana ekosustava, u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.104.).



Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

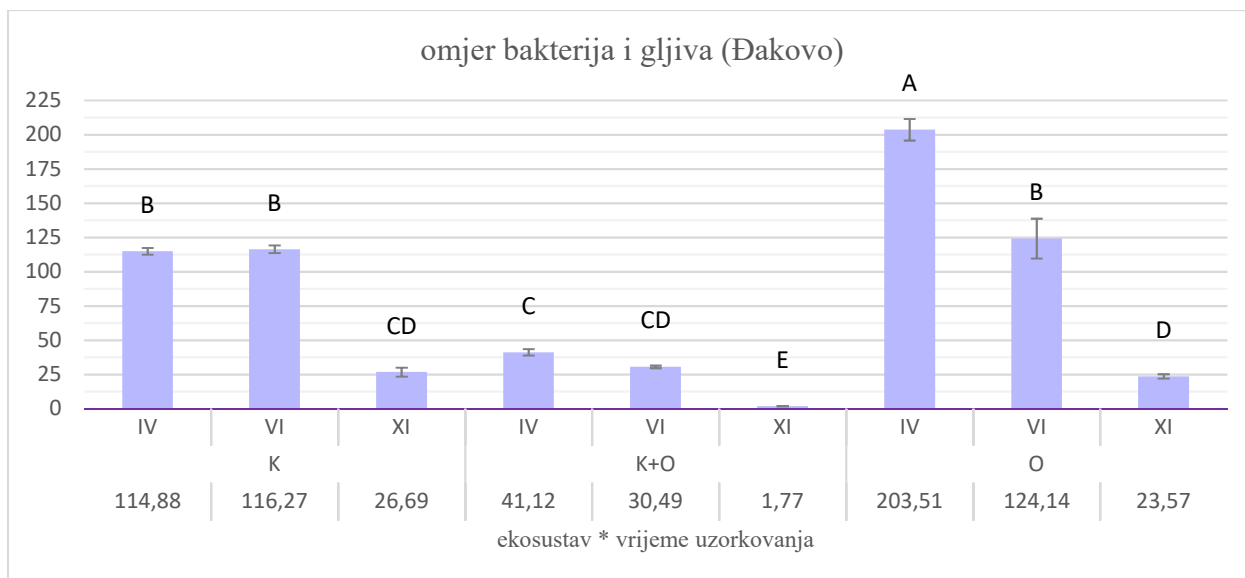
Grafikon 3.99. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti bakterija za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

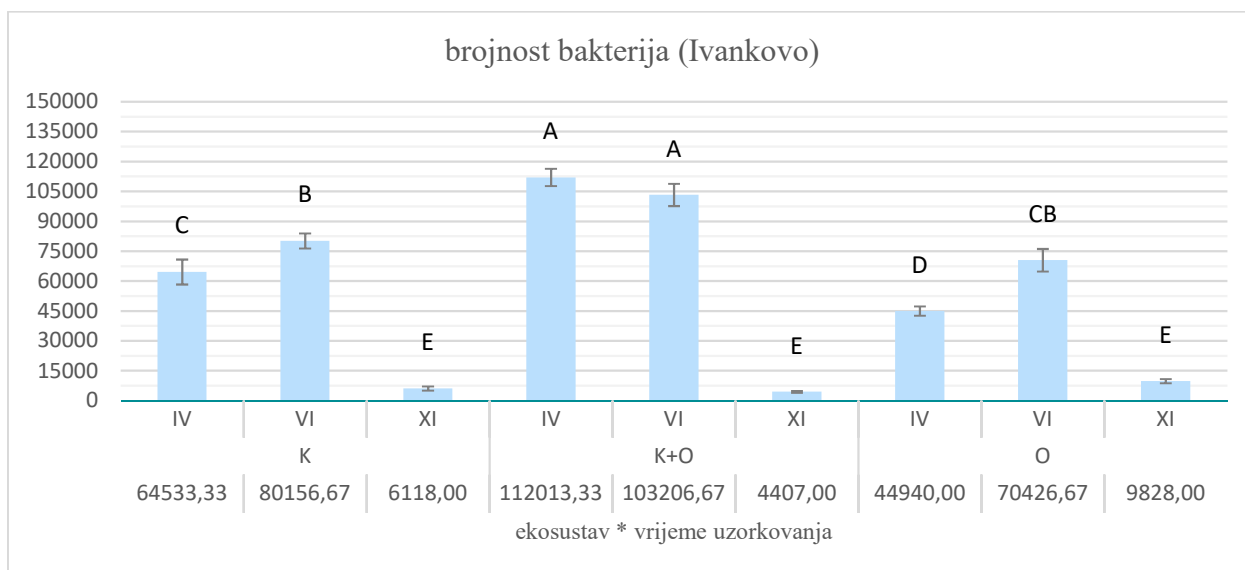
Grafikon 3.100. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti gljiva za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

Grafikon 3.101. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

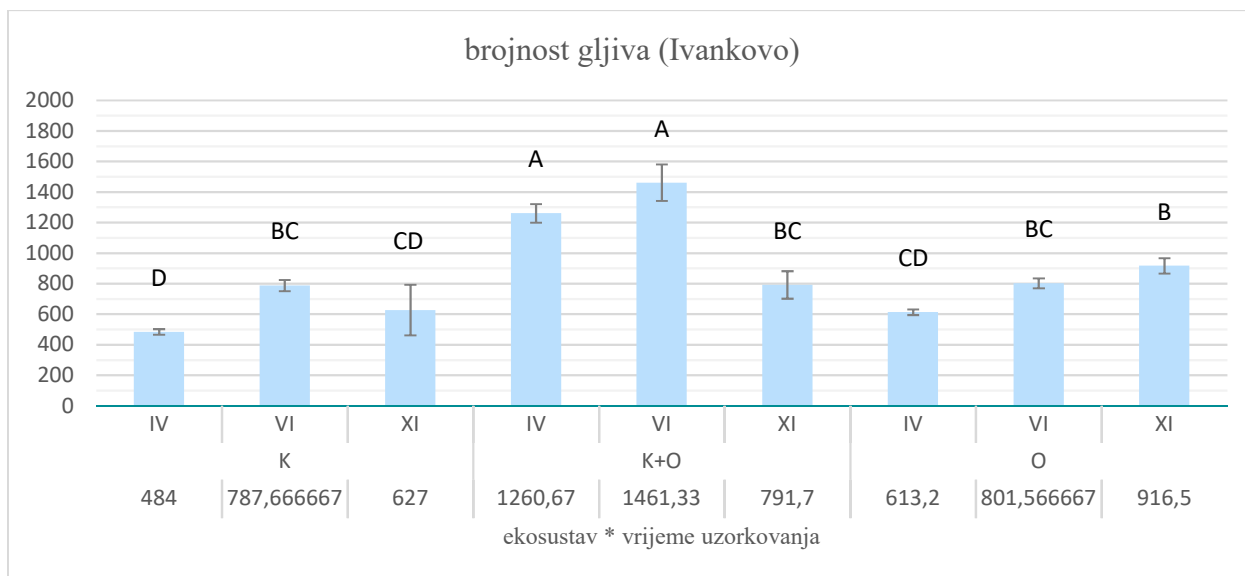


Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

Grafikon 3.102. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti bakterija za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

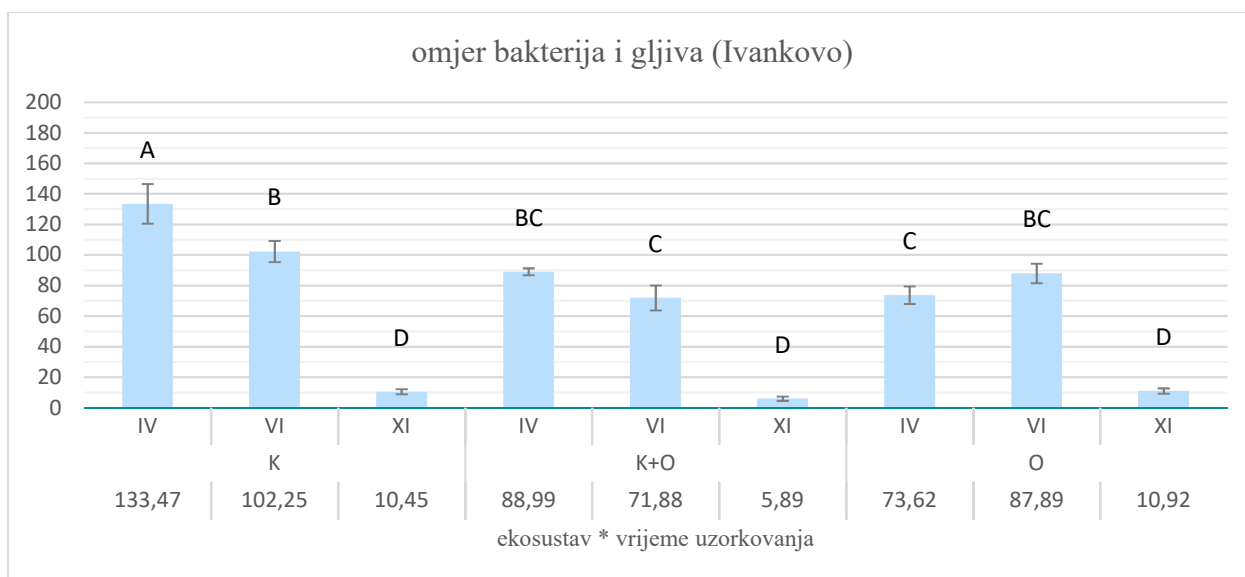




Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

Grafikon 3.103. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške ukupne brojnosti gljiva za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između interakcija ekosustav-vrijeme uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi, IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.*

Grafikon 3.104. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

### 3.2. Rezultati pedoloških, agrokemijskih, agronomskih i agroklimatskih svojstava

#### 3.2.1. Rezultati analiza pedoloških i agrokemijskih svojstava tla

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava, godine uzorkovanja te njihove interakcije na pedološka i agrokemijska svojstva tla, na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.18. i Tablici 3.19.

##### *Đakovo*

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na sadržaj humusa, N, AL-K te Mn (mg/kg) na lokalitetu Đakovo, dok značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, Hk CaCO<sub>3</sub>, AL-P, Cu (mg/kg), Fe (mg/kg) i Zn mg/kg na istom lokalitetu (Tablica 3.18.).

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na sadržaj humusa i N na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.20.), te je najviši sadržaj humusa i N zabilježen u ekosustavu s orasima u 2019. godini te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u 2018. i 2019. godini.

Najviše koncentracije AL-K na lokalitetu Đakovo zabilježene su u ekosustavu s orasima u 2019. godini te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u istoj godini (Tablica 3.20.)

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na koncentracije Mn na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.20.), te su najveće koncentracije Mn (mg/kg) zabilježene u ekosustavu s orasima u 2018. godini, zatim u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u 2018. godini te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u 2018.godini.

Utjecaj interakcije ekosustav\*godina na ostala proučavana pedološka i agrokemijska svojstva tla na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu (Tablica 3.18.). U Tablici 3.20. prikazane su vrijednosti ostalih proučavanih pedoloških i agrokemijskih svojstva tla po interakcijama ekosustav\*godina, u prosjeku svih ponavljanja.

*Ivankovo*

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na sadržaj humusa, N, te Cu (mg/kg) i Mn (mg/kg) na lokalitetu Ivankovo, dok značajan utjecaj navedene interakcije nije zabilježen na pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, Hk, CaCO<sub>3</sub>, AL-P, AL-K, Fe (mg/kg) i Zn mg/kg na istom lokalitetu (Tablica 3.19.).

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na sadržaj humusa i N na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.21.), te je najviši sadržaj humusa i N zabilježen u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u 2018. godini, u ekosustavu s orasima u 2018. godini te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u 2019. godini. Značajno najmanji sadržaj humusa zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u 2019. godini. Sadržaj humusa i N u ekosustavu s orasima u 2019. godini i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u 2018. godini nije bio značajno različit od sadržaja humusa i N u prethodno navedenim interakcijama.

Najviše koncentracije Cu (mg/kg) na lokalitetu Ivankovo zabilježene su u ekosustavu s orasima u 2019. godini, zatim u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u istoj godini (Tablica 3.21.).

Interakcija ekosustav\*godina je, u prosjeku svih ponavljanja, imala značajan utjecaj na koncentracije Mn na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.21.), te su najveće koncentracije Mn (mg/kg) zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom u 2018. godini koja se značajno razlikovala od koncentracija Mn u svim ostalim proučavanim interakcijama.

Utjecaj interakcije ekosustav\*godina na ostala proučavana pedološka i agrokemijska svojstva tla na lokalitetu Ivankovo nije bio značajan prema F testu (Tablica 3.19.). U Tablici 3.21. prikazane su vrijednosti ostalih proučavanih pedoloških i agrokemijskih svojstva tla po interakcijama ekosustav\*godina, u prosjeku svih ponavljanja.

Tablica 3.18. Značajnost utjecaja ekosustava i godine uzorkovanja na pedološka i agrokemijska svojstva tla (Đakovo)

		pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Humus	N	Hk	CaCO <sub>3</sub>	AL - P	AL - K	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
ekosustav	F	6,37	9,09	15,32	15,32	15,5	2,21	1,47	13,11	30,68	72,25	7,33	52,08
	Pr>F	0,0081	0,0019	0,0001	0,0001	0,0001	0,1381	0,2573	0,0003	<.0001	<.0001	0,0047	<.0001
godina	F	0,85	3,08	3,43	3,43	4,64	0,11	0,1	16,04	2,61	79,22	78,21	0,77
	Pr>F	0,3675	0,0963	0,0803	0,0803	0,045	0,7462	0,7507	0,0008	0,1236	<.0001	<.0001	0,3912
E*G	F	0,87	0,85	8,05	8,05	3,43	0,1	2,75	4,61	1,87	3,55	3,75	0,98
	Pr>F	0,435	0,4432	0,0032	0,0032	0,0546	0,9016	0,0909	0,0242	0,1829	0,0501	0,0435	0,3949

E\*G - ekosustav\*godina

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.19. Značajnost utjecaja ekosustava i godine uzorkovanja na pedološka i agrokemijska svojstva tla (Ivankovo)

		pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Humus	N	Hk	CaCO <sub>3</sub>	AL - P	AL - K	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
ekosustav	F	8,87	8,29	0,08	0,08	4,39	4,94	7,17	7,41	9,92	0,56	8,73	0,55
	Pr>F	0,0021	0,0028	0,9279	0,9279	0,0281	0,0195	0,0051	0,0045	0,0012	0,5797	0,0022	0,5848
godina	F	9,69	8,84	1,83	1,83	4,79	4,19	12,25	18,03	51,39	30,45	15,31	9,36
	Pr>F	0,006	0,0082	0,1934	0,1934	0,042	0,0556	0,0026	0,0005	<.0001	<.0001	0,001	0,0067
E*G	F	0,05	0	5,02	5,02	0,27	0,39	1,3	2,06	7,69	1,78	3,7	3,1
	Pr>F	0,9468	0,9961	0,0186	0,0186	0,7647	0,6855	0,2958	0,1561	0,0038	0,1972	0,0449	0,0698

E\*G - ekosustav\*godina

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.20. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške pedoloških i agrokemijskih svojstva tla za interakcije ekosustav\*godina uzorkovanja (Đakovo)

		pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Humus	N	Hk	CaCO <sub>3</sub>	AL - P	AL - K	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
K	2018	5,46±0,096	4,18±0,114	1,77±0,073	0,09±0,004	5,30±0,341	0,00±0,000	9,87±0,498	10,17±0,543	16,90±0,104	30560±383,8	843±8,8	60,80±0,055
	2019	5,49±0,051	4,15±0,089	1,75±0,096	0,09±0,005	4,62±0,206	0,00±0,000	11,91±1,849	11,63±0,924	15,57±0,345	21290±917,9	767±7,5	61,89±1,337
K+O	2018	6,51±0,242	5,48±0,373	2,33±0,146	0,12±0,007	1,85±0,695	0,21±0,208	10,20±1,859	14,59±0,460	23,02±0,338	39890±623,9	842±14,5	74,77±0,767
	2019	5,88±0,207	4,61±0,199	2,20±0,122	0,11±0,006	4,13±0,514	0,00±0,000	6,74±0,182	16,15±1,490	20,84±0,432	33440±519,5	742±16,0	73,82±0,923
O	2018	6,44±0,503	5,77±0,541	1,83±0,026	0,09±0,001	0,99±0,629	0,52±0,312	8,64±1,198	11,88±0,226	19,59±1,046	35840±1574,1	928±27,3	67,31±2,115
	2019	6,40±0,306	5,28±0,368	2,40±0,023	0,12±0,001	2,47±0,863	0,52±0,518	11,20±1,889	18,62±1,518	20,19±1,314	31465±985,2	769±9,6	69,90±1,416
	LSD	0,8234	0,9607	0,2765	0,0138	1,7353	0,7751	4,2295	2,9549	2,1871	2738,6	45,894	3,7793

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Tablica 3.21. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške pedoloških i agrokemijskih svojstva tla za interakcije ekosustav\*godina uzorkovanja (Ivankovo)

		pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Humus	N	Hk	CaCO <sub>3</sub>	AL - P	AL - K	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
K	2018	6,39±0,292	5,33±0,414	1,70±0,021	0,09±0,001	1,95±1,125	0,42±0,240	13,72±2,090	20,11±0,796	17,48±0,543	31905±854,9	1079±78,8	59,95±1,015
	2019	5,67±0,061	4,44±0,080	1,91±0,136	0,10±0,007	4,32±0,476	0,00±0,000	11,51±0,441	17,96±0,898	21,65±0,409	29785±529,9	841±17,8	64,23±0,648
K+O	2018	7,71±0,302	6,77±0,327	1,93±0,129	0,10±0,006	0,00±0,000	1,56±0,429	24,13±3,754	27,53±3,142	17,20±1,171	32585±1524,9	845±15,6	63,07±1,307
	2019	6,82±0,407	5,84±0,515	1,64±0,040	0,08±0,002	1,07±1,073	0,74±0,264	15,73±1,461	19,15±0,876	18,36±0,631	27385±314,7	778±29,8	62,93±0,791
O	2018	6,73±0,369	5,62±0,399	1,91±0,030	0,10±0,001	1,74±1,017	0,62±0,397	19,40±1,130	27,39±1,025	17,54±0,397	32360±461,4	868±27,7	61,47±0,796
	2019	6,02±0,267	4,76±0,316	1,72±0,051	0,09±0,003	3,17±1,134	0,32±0,315	13,44±0,604	21,98±0,991	23,89±0,516	28643±592,9	812±9,3	64,02±0,604
	LSD	0,9019	1,0905	0,2447	0,0122	2,7022	0,9144	5,7448	4,5565	1,9763	2426	111,96	2,652

*K - poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

## 3.2.2. Rezultati analiza agronomskih svojstava

Agronomska svojstva analizirana su u dva ekosustava, ekosustavu s poljoprivrednom kulturom te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava na sklop i prinos pšenice te na sklop, prinos i biomasu heljde na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.22. i Tablici 3.23.

Tablica 3.22. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na sklop i prinos pšenice te na sklop, prinos i biomasu heljde (Đakovo)

	broj biljaka na 1/2 m <sup>2</sup>		prinos t/ha		biomasa t/ha	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
pšenica	91,86	<.0001	0,01	0,9229	-	-
heljda	7,45	0,0342	7,41	0,0345	49,69	0,0004

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.23. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na sklop i prinos pšenice te na sklop, prinos i biomasu heljde (Ivankovo)

	broj biljaka na 1/2 m <sup>2</sup>		prinos t/ha		biomasa t/ha	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
pšenica	0,1	0,7645	95,57	<.0001	-	-
heljda	2,23	0,186	0,21	0,66 31	0,1	0,7629

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Proučavani ekosustavi (K i K+O) su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na sklop pšenice i heljde te na prinos heljde na lokalitetu Đakovo, dok značajan utjecaj ekosustava na prinos pšenice nije utvrđen istom lokalitetu (Tablica 3.22.)

U prosjeku svih uzorkovanja, ekosustavi su imali vrlo značajan utjecaj na prinos pšenice na lokalitetu Ivankovo, dok značajan utjecaj ekosustava na prinos heljde, sklop pšenice i heljde te biomasu heljde nije utvrđen istom lokalitetu (Tablica 3.23.)

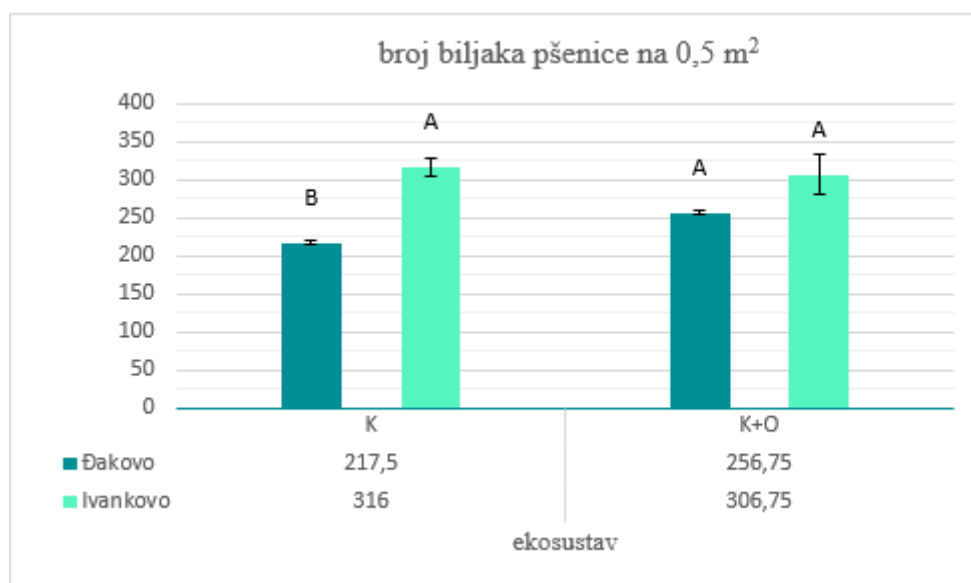
Statistički značajno najgušći sklop pšenice, na lokalitetu Đakovo, zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najrjeđi sklop pšenice u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Na lokalitetu Ivankovo utjecaj ekosustava nije bio značajan za gustoću sklopa pšenice (Grafikon 3.105.).

Na lokalitetu Đakovo, prinos pšenice nije se značajno razlikovao u proučavanim ekosustavima. Na lokalitetu Ivankovo utjecaj ekosustava na prinos pšenice je bio značajan, te je najveći prinos pšenice zabilježen u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manji u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.106.).

Statistički značajno najgušći sklop heljde, na lokalitetu Đakovo, zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a najmanji sklop heljde u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Na lokalitetu Ivankovo utjecaj ekosustava nije bio značajan za gustoću sklopa heljde (Grafikon 3.107.).

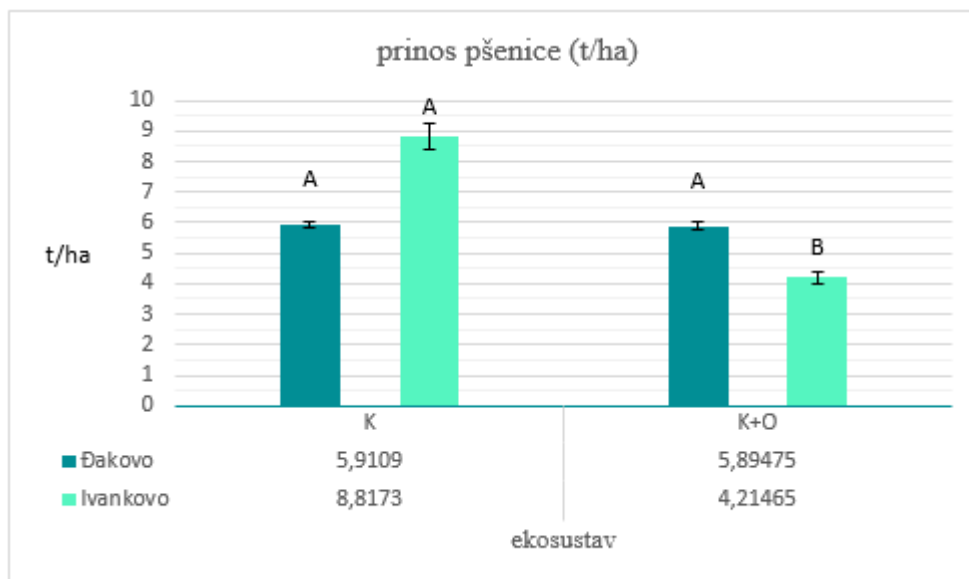
Utjecaj ekosustava na prinos heljde je bio značajan na lokalitetu Đakovo, te je najveći prinos heljde zabilježen u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manji u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Na lokalitetu Ivankovo, prinos heljde nije se značajno razlikovao u proučavanim ekosustavima (Grafikon 3.108.).

Ekosustavi su imali značajan utjecaj na biomasu heljde na lokalitetu Đakovo, te je najveća biomasa heljde zabilježena u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, a značajno manja biomasa heljde zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Na lokalitetu Ivankovo, biomasa heljde nije se značajno razlikovala u proučavanim ekosustavima (Grafikon 3.109.).



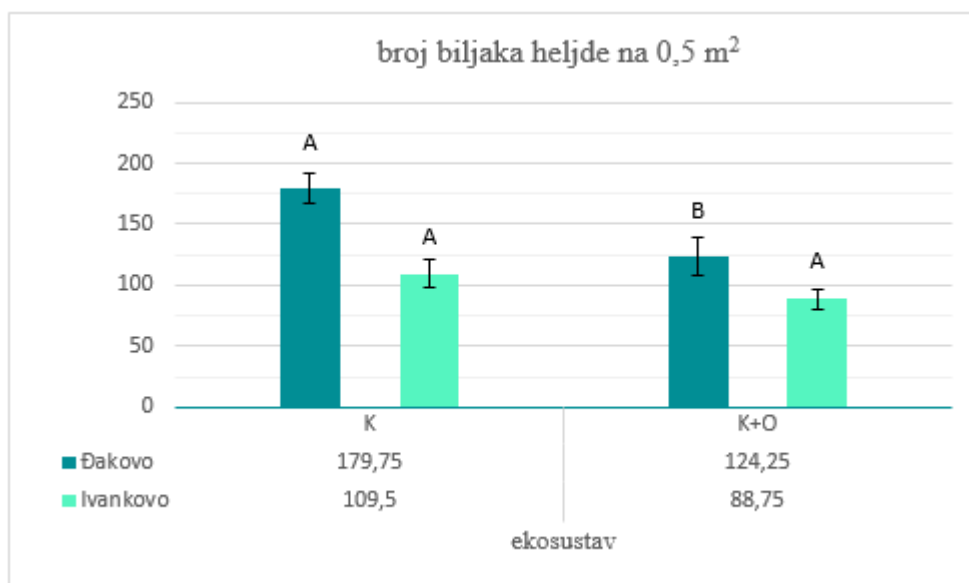
Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ) unutar iste boje  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.105. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške sklopa pšenice za proučavane ekosustave (Đakovo i Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ) unutar iste boje  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

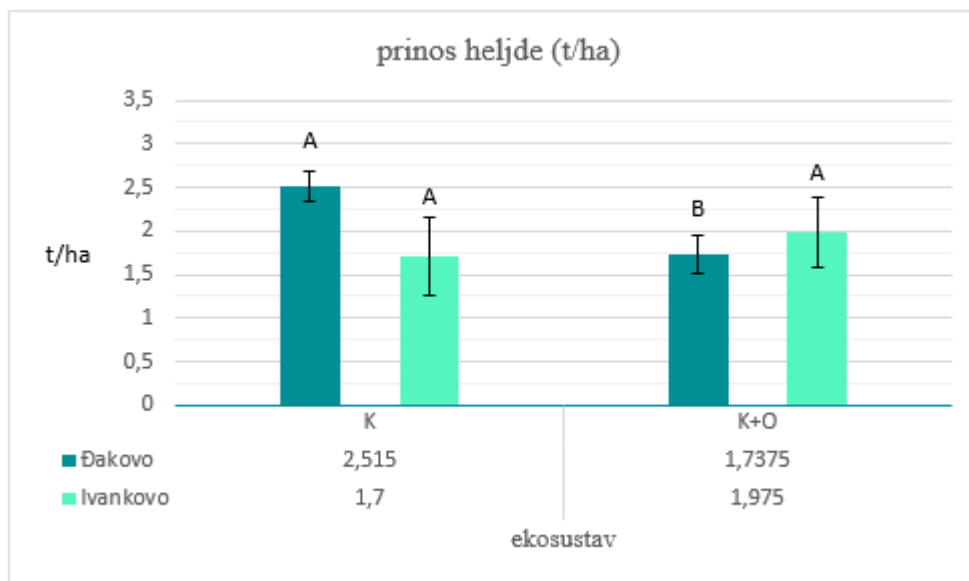
Grafikon 3.106. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prinosa pšenice za proučavane ekosustave (Đakovo i Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ) unutar iste boje  
*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

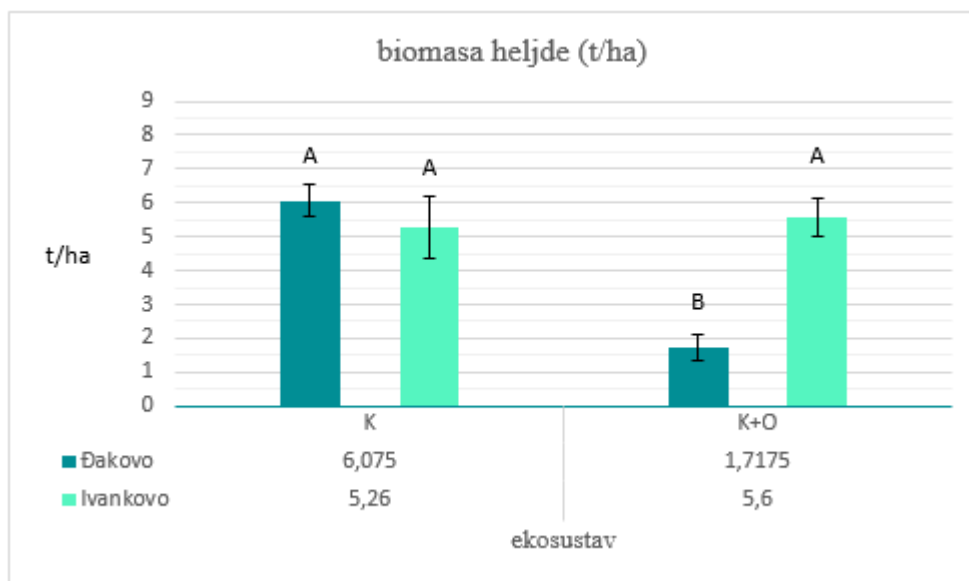
Grafikon 3.107. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške sklopa heljde za proučavane ekosustave (Đakovo i Ivankovo)





Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ) unutar iste boje  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.108. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prinosa heljde za proučavane ekosustave (Đakovo i Ivankovo)



Značajne razlike između ekosustava označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ ) unutar iste boje  
*K – poljoprivredna kultura, K + O – poljoprivredna kultura + orasi, O – orasi*

Grafikon 3.109. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase heljde za proučavane ekosustave (Đakovo i Ivankovo)

## 3.2.3. Rezultati analiza agroklimatskih svojstava

*Rezultati agroklimatskih svojstava prikupljenih pomoću Tiny Taga data loggera*

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava na prosječnu dnevnu temperaturu, te maksimalnu i minimalnu dnevnu temperaturu izmjerenu pomoću *Tiny Tagg data loggera* na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.24. i Tablici 3.25.

Tablica 3.24. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na prosječnu dnevnu temperaturu, te maksimalnu i minimalnu dnevnu temperaturu na lokalitetu Đakovo

	prosječna dnevna temp.		maksimalna temp.		minimalna temp.	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	5,52	0,0063	0,98	0,3818	9	0,0004
V	3018,62	<,0001	409,71	<,0001	975,06	<,0001
E*V	8,88	<,0001	9,66	<,0001	5,32	<,0001

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.25. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na prosječnu dnevnu temperaturu, te maksimalnu i minimalnu dnevnu temperaturu na lokalitetu Ivankovo

	prosječna dnevna temperatura		maksimalna temp.		minimalna temp.	
	F	Pr>F	F	Pr>F	F	Pr>F
E	6,62	0,0025	5,59	0,006	20,95	<,0001
V	2098,05	<,0001	438,73	<,0001	2811,67	<,0001
E*V	8,64	<,0001	5,76	<,0001	3,89	<,0001

E - ekosustavi, V - vrijeme uzorkovanja, E\*V - ekosustavi\*vrijeme uzorkovanja

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

*Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na prosječnu dnevnu temperaturu i minimalnu dnevnu temperaturu na lokalitetu Đakovo, dok značajan utjecaj ekosustava na maksimalnu dnevnu temperaturu nije utvrđen na istom lokalitetu (Tablica 3.24.).

Najviša prosječna dnevna temperatura, na lokalitetu Đakovo, zabilježena je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s orasima, dok je značajno niža prosječna dnevna temperatura zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Tablica 3.26.).

Najviša minimalna dnevna temperatura zabilježena je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok su najniže

minimalne dnevne temperature zabilježene u ekosustavu s orasima na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.26.).

Tablica 3.26. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prosječne dnevne temperature, te maksimalne i minimalne dnevne temperature za proučavane ekosustave (Đakovo)

	prosječna dnevna temperatura	maks. T	min. T
K	17,9 ± 1,31a	32,4 ± 1,74	8,1 ± 0,92a
K+O	17,7 ± 1,29b	31,9 ± 1,95	8,1 ± 0,90a
O	18,0 ± 1,33a	32,1 ± 1,84	7,6 ± 0,88b
LSD	0,2085	0,7781	0,2508

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Tablica 3.27. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prosječne dnevne temperature, te maksimalne i minimalne dnevne temperature za proučavane ekosustave (Ivankovo)

	prosječna dnevna temperatura	maks.T	min. T
K	18,5 ± 1,33b	32,8 ± 1,90a	8,2 ± 0,89c
K+O	18,6 ± 1,38 b	33,1 ± 2,15a	8,4 ± 0,92b
O	18,9 ± 1,37a	31,8 ± 1,84b	8,7 ± 0,92a
LSD	0,2598	0,8097	0,1504

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

#### *Ivankovo*

U prosjeku svih uzorkovanja, ekosustavi su imali vrlo značajan utjecaj na prosječnu dnevnu temperaturu, te maksimalnu i minimalnu dnevnu temperaturu na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.25.).

Najviša prosječna dnevna temperatura, na lokalitetu Ivankovo, zabilježena je u ekosustavu s orasima, dok je značajno niža prosječna dnevna temperatura zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Tablica 3.27.).

Utjecaj ekosustava na maksimalnu dnevnu temperatura je bio značajan na lokalitetu Ivankovo, te je najviša temperatura zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Tablica 3.27.).

Najviša minimalna dnevna temperatura zabilježena je u ekosustavu s orasima na lokalitetu Ivankovo, zatim u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je najniža minimalna temperatura zabilježena u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Tablica 3.27.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na prosječnu dnevnu temperaturu, te maksimalnu i minimalnu dnevnu temperaturu izmjerenu pomoću *Tiny Tagg data logger* na lokalitetima Đakovo i Ivankovo, prikazani su u prilogu (Tablica 9.1. i Tablica 9.2.).

#### *Rezultati agroklimatskih svojstava prikupljenih pomoću sonde*

Značajnost utjecaja proučavanih ekosustava na temperaturu tla te vlagu tla izmjerenih pomoću *Aquaterr - T300* sonde na oba lokaliteta, Đakovo i Ivankovo, prikazani su u Tablici 3.28. i Tablici 3.29.

Tablica 3.28. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na temperaturu i vlagu tla na lokalitetu Đakovo

	temperatura tla		vlaga tla	
	F	Pr>F	F	Pr>F
ekosustavi	2,68	0,0729	7,64	0,0008
vrijeme uzorkovanja	472,12	<,0001	197,32	<,0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	8,22	<,0001	2,42	0,0014

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

Tablica 3.29. Značajnost utjecaja ekosustava i vremena uzorkovanja na temperaturu i vlagu tla na lokalitetu Đakovo

	temperatura tla		vlaga tla	
	F	Pr>F	F	Pr>F
ekosustavi	11,92	<,0001	11,14	<,0001
vrijeme uzorkovanja	648,38	<,0001	251,4	<,0001
ekosustavi*vrijeme uzorkovanja	10,12	<,0001	8,19	<,0001

Prikazani podatci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu

#### *Đakovo*

Ekosustavi su, u prosjeku svih uzorkovanja, imali vrlo značajan utjecaj na vlagu tla na lokalitetu Đakovo, dok značajan utjecaj ekosustava na temperaturu tla nije utvrđen na istom lokalitetu (Tablica 3.28.).

Utjecaj ekosustava na temperaturu tla na lokalitetu Đakovo nije bio značajan prema F testu ( $P = 0,0729$ ). U Tablici 3.30 prikazana je temperatura tla u različitim ekosustavima, u prosjeku svih vremena uzorkovanja i ponavljanja.

Najviša vlaga tla, na lokalitetu Đakovo, zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima, dok je značajno niža vlaga tla zabilježena u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Tablica 3.30.).

Tablica 3.30. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške temperature i vlage tla za proučavane ekosustave (Đakovo)

	temperatura tla	vlaga tla
K	19,6 ± 0,98a	33,2 ± 2,66b
K+O	19,3 ± 0,76ab	36,6 ± 2,44a
O	19,2 ± 0,80b	35,8 ± 2,72a
LSD	0,3827	1,7994

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

Tablica 3.31. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške temperature i vlage tla za proučavane ekosustave (Ivankovo)

	temperatura tla	vlaga tla
K	22,3 ± 0,91a	35,6 ± 2,95b
K+O	21,8 ± 0,74b	39,2 ± 2,58a
O	21,6 ± 0,79b	36,3 ± 2,62b
LSD	0,3154	1,6407

*K – poljoprivredna kultura, K + O - poljoprivredna kultura + orasi, O - orasi*

#### *Ivankovo*

U prosjeku svih uzorkovanja, ekosustavi su imali vrlo značajan utjecaj na temperaturu i vlagu tla na lokalitetu Ivankovo (Tablica 3.29.).

Utjecaj ekosustava na temperaturu tla je bio značajan na lokalitetu Ivankovo, te je najviša temperatura tla zabilježena u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, dok je značajno manja temperatura tla zabilježena u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha te u ekosustavu s orasima (Tablica 3.31.).

Najviša vlaga tla, na lokalitetu Ivankovo, zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok je značajno niža vlaga tla zabilježena u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Tablica 3.31.).

Utjecaj interakcije ekosustav\*vrijeme uzorkovanja na temperaturu i vlagu tla izmjerenu pomoću sonde *Aquaterr - T300* na lokalitetima Đakovo i Ivankovo, prikazani su u prilogu (Tablica 9.3. i Tablica 9.4.).

### 3.3. Korelacije između brojnosti bakterija i gljiva i nematoloških svojstava

#### *Dakovo*

Tablica 3.32. prikazuje neparametrijsku korelaciju između broja bakterija i gljiva i mjerenih parametara zajednice nematode na lokalitetu Đakovo. Broj bakterija snažno je povezan s brojem nematoda, indeksom SI i metaboličkim otiskom predatora. Indeks MI je snažno povezan s indeksima CI, SI i H' te metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda, metaboličkim otiskom fungivora i omnivora, a snažno negativno povezan s metaboličkim otiskom obogaćenja zajednice nematoda i metaboličkim otiskom bakterivora. Indeks MI 2-5 je snažno povezan s indeksom SI, metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda i metaboličkim otiskom fungivora i omnivora. Indeks PPI snažno je povezan s brojnosti nematoda u zajednici. Indeks CI snažno je negativno povezan s vrijednostima indeksa EI te metaboličkim otiskom obogaćenja zajednice nematoda i metaboličkim otiskom bakterivora, dok je indeks BI snažno negativno povezan s vrijednostima indeksa EI. Indeks SI je snažno povezan s metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda, metaboličkim otiskom fungivora i omnivora. Indeks H' snažno je povezan s brojem rodova i metaboličkim otiskom omnivora. Broj nematoda snažno je povezan s biomasom nematoda u zajednici. Metabolički otisak zajednice nematoda značajno je povezan s metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda i metaboličkim otiskom bakterivora. Metabolički otisak bogaćenja značajno je povezan s metaboličkim otiskom bakterivora. Metabolički otisak strukture zajednice nematoda značajno je povezan s metaboličkim otiskom fungivora i omnivora, a negativno je povezan s metaboličkim otiskom bakterivora. Metabolički otisak fungivora značajno je povezan s metaboličkim otiskom omnivora (Tablica 3.32.).

#### *Ivankovo*

Tablica 3.33. prikazuje neparametrijsku korelaciju između broja bakterija i gljiva i mjerenih parametara zajednice nematode na lokalitetu Ivankovo. Broj bakterija snažno je povezana s metaboličkim otiskom fungivora. Indeks MI 2-5 je snažno povezan s indeksom SI te s metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda. Indeks CI snažno je povezan s vrijednostima indeksa BI te snažno negativno povezan s vrijednostima indeksa EI. Indeks BI snažno je negativno povezan s vrijednostima indeksa EI. Indeks SI je snažno povezan s metaboličkim otiskom strukture zajednice nematoda. Broj nematoda snažno je povezan s biomasom nematoda u zajednici, dok su broj rodova i biomasa nematoda snažno povezani s metaboličkim otiskom zajednice nematoda. Metabolički otisak zajednice nematoda značajno

je povezan s ekološkim otiskom obogaćenja i ekološkim otiskom bakterivora. Metabolički otisak bogaćenja značajno je povezan s metaboličkim otiskom bakterivora (Tablica 3.33.).

Tablica 3.32. . Korelacija između broja bakterija i gljiva i mjerenih parametara zajednice nematoda (Đakovo)

	Broj bakterija	Broj gljiva na	MI	MI 2-5	PPI	PPI/MI	CI	BI	EI	SI	H'	broj nematoda	broj rodova	biomasa nematoda	otisak zajednice nem.	otisak obogaćenja	otisak strukturne	otisak bakterivora	otisak fungivora	otisak fitoparazita	otisak omnivora	otisak predatora
Broj bakterija	1,00	0,13	0,48	0,80**	0,42	-0,25	0,18	-0,37	0,02	0,80**	0,60	0,30	0,86**	0,27	0,00	-0,18	0,60	-0,25	0,60	0,18	0,53	0,67*
Broj gljiva		1,00	-0,42	-0,25	0,33	0,50	-0,20	0,42	-0,15	-0,25	-0,07	0,37	0,14	0,33	0,15	0,18	-0,42	0,27	-0,47	0,30	-0,27	-0,26
MI			1,00	0,83**	0,24	-0,74*	0,81**	0,02	-0,53	0,83**	0,71*	-0,12	0,48	-0,30	-0,70*	-0,85**	0,95**	-0,90**	0,86**	0,11	0,88**	0,53
MI 2-5				1,00	0,10	-0,65*	0,55	-0,30	-0,22	1,00**	0,73*	-0,13	0,76*	-0,20	-0,28	-0,48	0,88**	-0,57	0,88**	-0,08	0,88**	0,59
PPI					1,00	0,30	0,12	0,18	-0,23	0,10	0,43	0,78**	0,43	0,55	-0,33	-0,42	0,22	-0,35	0,03	0,67*	0,12	0,33
PPI/MI						1,00	-0,77**	0,02	0,38	-0,65*	-0,40	0,55	-0,19	0,62	0,57	0,58	-0,67*	0,65*	-0,85**	0,22	-0,65*	-0,23
CI							1,00	0,48	-0,85**	0,55	0,48	-0,17	0,21	-0,40	-0,75*	-0,82**	0,67*	-0,78**	0,73*	-0,07	0,75*	0,15
BI								1,00	-0,83**	-0,30	-0,15	0,08	-0,27	-0,12	-0,43	-0,33	-0,17	-0,22	-0,15	0,20	-0,05	-0,33
EI									1,00	-0,22	-0,18	-0,07	0,00	0,17	0,63	0,67*	-0,38	0,58	-0,33	-0,12	-0,45	-0,05
SI										1,00	0,73*	-0,13	0,76*	-0,20	-0,28	-0,48	0,88**	-0,57	0,88**	-0,08	0,88**	0,59
H'											1,00	-0,07	0,84**	-0,30	-0,52	-0,63	0,62	-0,65*	0,70*	0,08	0,80**	0,15
broj nematoda												1,00	0,12	0,93**	0,18	0,05	-0,02	0,13	-0,27	0,40	-0,17	0,38
broj rodova													1,00	-0,02	-0,10	-0,25	0,49	-0,29	0,61	0,08	0,64	0,32
biomasa nematoda														1,00	0,45	0,32**	-0,12	0,37**	-0,40	0,30	-0,33	0,44
otisak zajednice nem.															1,00	0,95**	-0,52	0,93**	-0,47	-0,47	-0,45	-0,06
otisak obogaćenja																1,00	-0,72*	0,98**	-0,58	-0,37	-0,65*	-0,24
otisak strukturne																	1,00	-0,78**	0,82**	0,12	0,83**	0,72*
otisak bakterivora																		1,00	-0,65*	-0,38	-0,67*	-0,33
otisak fungivora																			1,00	-0,17	0,85**	0,43
otisak fitoparazita																				1,00	-0,25	0,38
otisak omnivora																					1,00	0,30
otisak predatora																						1,00

MI, MI 2-5 - indeksi zrelosti zajednice nematoda, PPI - fitoparazitski indeks, CI - indeks puteva razgradnje organske tvari, BI - bazalni indeks, EI - indeks obogaćenja, SI - indeks strukture, H' - Shannonov indeks raznolikosti zajednice nematoda



Tablica 3.33. . Korelacija između broja bakterija i gljiva i mjerenih parametara zajednice nematoda (Ivankovo)

	broj bakterija	broj gljiva	MI	MI 2-5	PPI	PPI/MI	CI	BI	EI	SI	H'	broj nematoda	broj rodova	biomasa nematoda	otisak zajednice nem.	otisak obogaćenja	otisak strukturne	otisak bakterivora	otisak fungivora	otisak fitoparazita	otisak omnivora	otisak predatora
broj bakterija	1,00	0,47	0,45	0,41	-0,07	-0,42	0,35	0,32	-0,32	0,40	-0,27	0,53	0,03	0,57	0,28	0,15	0,50	0,15	0,78**	-0,16	0,28	-0,02
broj gljiva		1,00	-0,45	-0,36	-0,48	0,00	-0,22	-0,03	0,28	-0,42	0,27	0,25	-0,03	0,07	0,07	0,23	-0,37	0,23	0,53	0,38	-0,10	-0,63
MI			1,00	0,63	0,27	-0,53	0,75	0,63	-0,78	0,65*	-0,32	0,12	-0,16	0,32	-0,02	-0,27	0,72*	-0,27	0,42	-0,21	0,22	0,53
MI 2-5				1,00	0,09	-0,36	0,09	-0,05	-0,13	0,98**	-0,14	0,31	0,28	0,49	0,20	-0,04	0,85**	-0,04	-0,03	-0,39	0,44	0,59
PPI					1,00	0,55	0,02	-0,07	-0,08	0,12	-0,43	0,10	0,07	0,27	0,17	0,27	0,00	0,27	-0,17	-0,21	-0,15	0,40
PPI/MI						1,00	-0,63	-0,50	0,65*	-0,37	-0,20	0,18	0,18	0,10	0,30	0,65*	-0,52	0,65*	-0,45	-0,03	-0,20	-0,20
CI							1,00	0,88**	-	0,15	-0,33	-0,28	-0,54	-0,17	-0,28	-0,50	0,35	-0,50	0,57	-0,19	0,17	0,02
BI								1,00	0,87**	-0,07	-0,35	-0,17	-0,76*	-0,23	-0,43	-0,47	0,10	-0,47	0,55	0,04	-0,15	-0,13
EI									1,00	-0,17	0,27	0,32	0,54	0,18	0,37	0,58	-0,33	0,58	-0,52	0,11	-0,05	-0,15
SI										1,00	-0,18	0,30	0,36	0,53	0,32	0,02	0,92**	0,02	0,00	-0,49	0,58	0,58
H'											1,00	-0,28	0,29	-0,20	-0,23	-0,27	-0,27	-0,27	-0,03	0,74*	-0,25	0,15
broj nematoda												1,00	0,50	0,90**	0,73*	0,75*	0,38	0,75*	0,30	-0,08	0,13	0,20
broj rodova													1,00	0,69*	0,79**	0,61	0,38	0,61	-0,08	-0,07	0,41	0,42
biomasa nematoda														1,00	0,83**	0,72*	0,60	0,72*	0,35	-0,17	0,35	0,42
otisak zajednice nem.															1,00	0,88**	0,45	0,88**	0,18	-0,38	0,60	0,10
otisak obogaćenja																1,00	0,07	1,00**	0,07	-0,20	0,30	-0,12
otisak strukturne																	1,00	0,07	0,23	-0,54	0,68*	0,52
otisak bakterivora																		1,00	0,07	-0,20	0,30	-0,12
otisak fungivora																			1,00	0,18	0,15	-0,17
otisak fitoparazita																				1,00	-0,73*	0,08
otisak omnivora																					1,00	-0,10
otisak predatora																						1,00

MI, MI 2-5 - indeksi zrelosti zajednice nematoda, PPI - fitoparazitski indeks, CI - indeks puteva razgradnje organske tvari, BI - bazalni indeks, EI - indeks obogaćenja, SI - indeks strukture, H' - Shannonov indeks raznolikosti zajednice nematoda

### 3.4. Regresijski modeli za procjenu brojnosti rodova nematoda

Modeli za procjenu brojnosti rodova nematoda zasnivaju se na korelacijama između pojedinih kemijskih, fizikalnih i mikrobioloških svojstava tla i jednadžbama proračuna brojnosti rodova nematoda na temelju analitičkih rezultata ostalih svojstava tla (Tablica 3.34. i Tablica 3.35.).

Tablica 3.34. Korelacije između kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla na lokalitetu Đakovo (n = 36)

	broj rodova nematoda	broj bakterija	broj gljiva	temp. tla	vлага tla	pH KCl	humus
broj rodova nematoda	r = 1						
broj bakterija	r = 0,48 P = 0,003	r = 1					
broj gljiva	r = 0,19 P = 0,259	r = 0,65 P = 0,000	r = 1				
temp. tla	r = -0,16 P = 0,362	r = -0,12 P = 0,502	r = -0,11 P = 0,532	r = 1			
vлага tla	r = 0,48 P = 0,003	r = 0,59 P = 0,000	r = -0,04 P = 0,803	r = -0,21 P = 0,211	r = 1		
pH KCl	r = 0,21 P = 0,223	r = 0,35 P = 0,037	r = 0,20 P = 0,240	r = -0,17 P = 0,322	r = 0,25 P = 0,139	r = 1	
humus	r = 0,07 P = 0,701	r = 0,35 P = 0,034	r = 0,69 P = 0,000	r = -0,10 P = 0,564	r = -0,18 P = 0,291	r = 0,35 P = 0,037	r = 1

#### 3.4.1. Analiza glavnih komponenti (PCA)

Analiza glavnih komponenti (*principal component analysis*, PCA) bazira se na sadržaju pozitivne dijagonale u korelacijskoj matrici, a dijagonala sadrži korelaciju između varijable i sebe same. Kod PCA varijanca koja se analizira zbroj je vrijednosti na pozitivnoj dijagonali. Sva varijanca raspoređena je na komponente, uključujući varijancu pogreške i jedinstvenu varijancu za svaku promatranu varijablu. Cilj PCA je ekstrahirati maksimalnu varijancu iz zadanog seta podataka sa svakom komponentom. Prva je glavna komponenta koja je linearna kombinacija promatranih vrijednosti koja maksimalno razdvaja svojstva maksimizirajući varijancu njihovih komponentnih vrijednosti. Druga se komponenta oblikuje iz ostalih korelacija te je ona linearna kombinacija promatranih varijabli koja ekstrahira maksimalnu varijabilnost koja ne korelira s prvom komponentom.

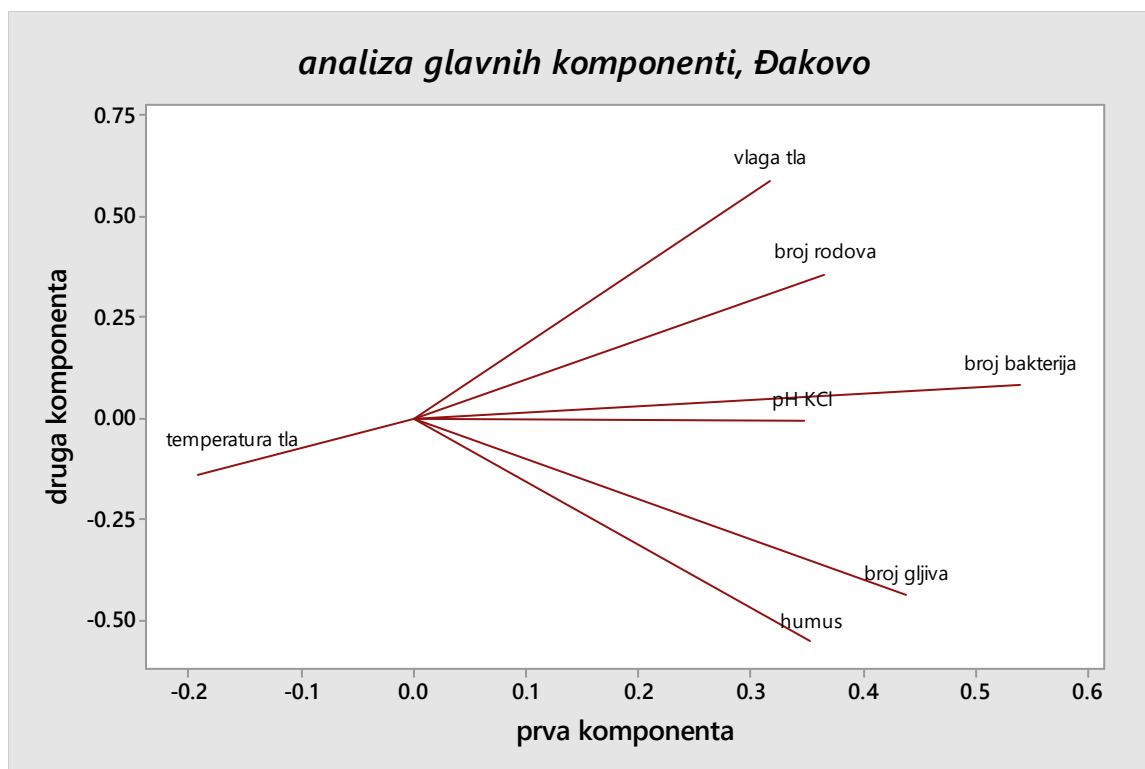
Tablica 3.35. Korelacije između kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava tla na lokalitetu Ivankovo (n = 36)

	broj rodova nematoda	broj bakterija	broj gljiva	temp. tla	vlaga tla	pH KCl	humus
broj rodova nematoda	r = 1						
broj bakterija	r = 0,23 P = 0,184	r = 1					
broj gljiva	r = 0,14 P = 0,421	r = 0,55 P = 0,001	r = 1				
temp. tla	r = -0,55 P = 0,000	r = -0,15 P = 0,399	r = -0,22 P = 0,189	r = 1			
vlaga tla	r = 0,26 P = 0,121	r = 0,60 P = 0,000	r = 0,08 P = 0,635	r = -0,30 P = 0,074	r = 1		
pH KCl	r = 0,24 P = 0,161	r = 0,57 P = 0,000	r = 0,48 P = 0,003	r = -0,32 P = 0,054	r = 0,37 P = 0,025	r = 1	
humus	r = 0,12 P = 0,494	r = 0,25 P = 0,139	r = 0,25 P = 0,137	r = -0,26 P = 0,125	r = 0,27 P = 0,118	r = 0,29 P = 0,088	r = 1

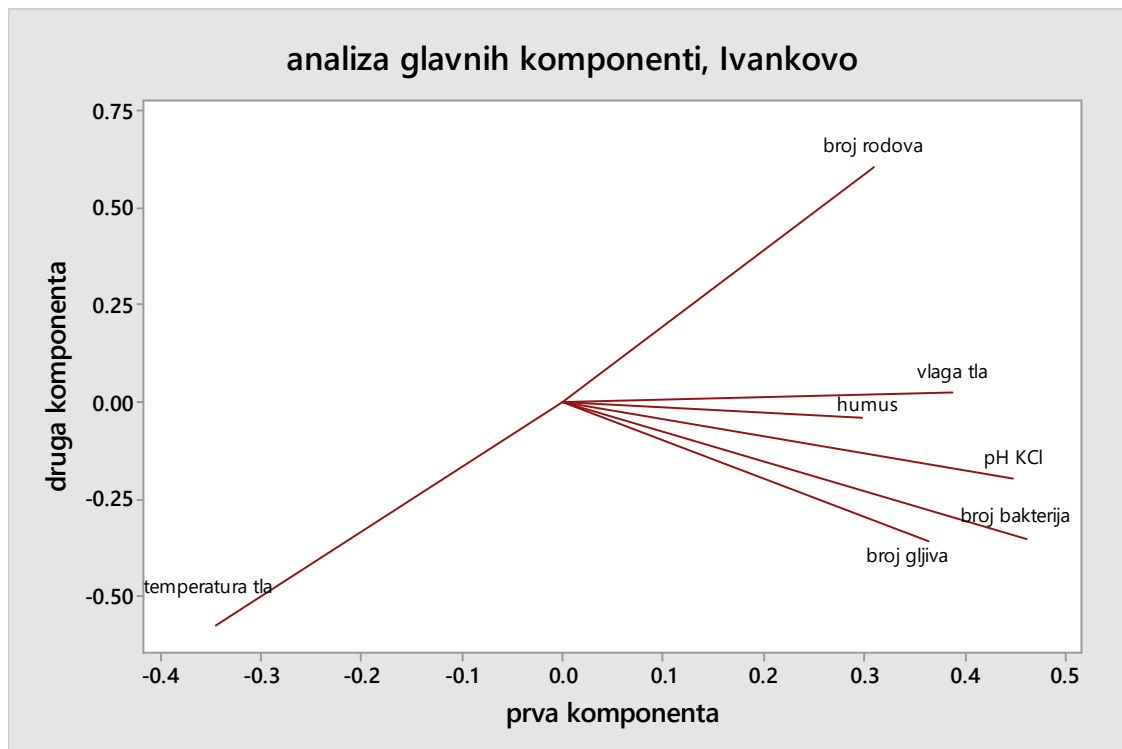
Analiza glavnih komponenti (PCA) provedena je pomoću Minitab 17 Statistical Software (2010.) za određivanje odnosa između brojnosti rodova nematoda u tlu i brojnosti bakterija, gljiva te pH (KCl) tla, količine humusa, temperature tla i vlage tla (n = 36).

Provedena PCA na lokalitetu Đakovo ukazuje na najznačajniji utjecaj brojnosti bakterija u tlu na brojnost rodova nematoda u tlu (0,37) što brojnost bakterija čini prvom glavnom komponentom. Drugu glavnu komponentu čini vlaga tla (0,23) (Grafikon 3.110.).

Na lokalitetu Ivankovo, prvu glavnu komponentu čini broj bakterija u tlu (0,42), a drugu glavnu komponentu čini temperatura tla (0,18) (Grafikon 3.111.).



Grafikon 3.110. Grafički prikaz rezultata analize glavnih komponenti (PCA) na lokalitetu Đakovo



Grafikon 3.111. Grafički prikaz rezultata analize glavnih komponenti (PCA) na lokalitetu Ivankovo

### 3.4.2. Regresijski model za procjenu brojnosti rodova nematoda

Regresijski modeli usporedbe za procjenu brojnosti rodova nematoda kreirani su kako bi omogućili proračune vrijednosti brojeva rodova nematoda temeljem provedene analize uzorka kemijskih, fizikalnih i mikrobioloških svojstava tla bez provedene laboratorijske analize brojnosti nematoda.

Laboratorijskom analizom uzorka tla dobiveni su rezultati fizikalnih svojstava tla (temperatura tla i vlaga tla), kemijskih svojstava tla (pH reakcija tla i sadržaj humusa) te mikrobioloških svojstava tla (brojnost bakterija i brojnost gljiva). Razvijenim se modelima pomoću ovih podataka može izračunati kolika bi brojnost rodova bila utvrđena da su poznata navedena svojstva tla. Modeli sadrže osnovnu jednadžbu koja za proračun brojnosti rodova nematoda koristi podatke o fizikalnim svojstvima tla (temperatura tla i vlaga tla), kemijskim svojstvima tla (pH reakcija tla i sadržaj humusa) te mikrobiološkim svojstvima tla (brojnost bakterija i brojnost gljiva). Takvi su modeli u ovom radu označeni s *NF* jer koriste fizikalna svojstva tla kao ulaznu analitičku vrijednost te s *NK* jer koriste kemijska svojstva tla kao ulaznu analitičku vrijednost i s *NB* jer koriste mikrobiološka svojstva tla kao ulaznu analitičku vrijednost. Takvi modeli opisani su regresijskom formulom tipa:

$$Y = \text{odsječak} + NF_1T + NF_2V + NK_1pH + NK_2Hu + NB_1Ba + NB_2Fu$$

pri čemu je *Y* brojnosti rodova nematoda koja bi bila određena nematološkim analizama, *odsječak* je odsječak na osi *y*, *NF<sub>1</sub>* je koeficijent utjecaja temperature tla na brojnost rodova nematoda, a *T* je stvarna temperatura tla, *NF<sub>2</sub>* je koeficijent utjecaja vlage tla na brojnost rodova nematoda, a *V* je stvarna vlaga tla, *NK<sub>1</sub>* je koeficijent utjecaja pH na brojnost rodova nematoda, a *pH* je stvarna vrijednost pH tla, *NK<sub>2</sub>* je koeficijent utjecaja humusa na brojnost rodova nematoda, a *Hu* je stvarni sadržaj organske tvari u tlu, *NB<sub>1</sub>* je koeficijent utjecaja brojnosti bakterija na broj rodova nematoda, a *Ba* je stvaran broj bakterija u tlu dok je *NB<sub>2</sub>* koeficijent utjecaja brojnosti gljiva na broj rodova nematoda, a *Fu* je stvaran broj gljiva u tlu.

Zbog različitosti uzoraka svi koeficijenti korelacije između svih proučavanih svojstava i brojnosti rodova nematoda su manji od 1, što znači da postoje određena odstupanja vrijednosti regresijskog modela kojim je procijenjen broj rodova nematoda od stvarnih analitičkih rezultata brojnosti rodova nematoda. Takvo odstupanje prikazano je u opisu svih modela kao relativno (%) odstupanje modela (Tablica 3.36.).

Tablica 3.36. Parametri regresijskih jednadžbi i odstupanje modela za procjenu brojnosti rodova nematoda na temelju fizikalnih, kemijskih te mikrobioloških svojstava tla na lokalitetu Đakovo i lokalitetu Ivankovo

lokalitet	prosjek (broj rodova)	r	odsječak	$NF_1$	$NF_2$	$NK_1$	$NK_2$	$NB_1$	$NB_2$	odstupanje modela (broj rodova nematoda)	odstupanje modela (%)
Đakovo	16,11		15,0041	-0,1125	0,0701	0,0791	-0,0186	0,0000106	0,0000101	2,09	12,47
Ivankovo	15,25		42,2003	-1,0491	-0,0021	-0,006	-0,8749	0,00001573	-0,0008085	2,03	13,32

$NF_1$  - koeficijent utjecaja temperature tla na brojnost rodova nematoda,  $NF_2$  - koeficijent utjecaja vlage tla na brojnost rodova nematoda,  $NK_1$  - koeficijent utjecaja pH na brojnost rodova nematoda,  $NK_2$  - koeficijent utjecaja sadržaja humusa na brojnost rodova nematoda,  $NB_1$  - koeficijent utjecaja brojnosti bakterija na broj rodova nematoda,  $NB_2$  koeficijent utjecaja brojnosti gljiva na broj rodova nematoda

## 4. RASPRAVA

### 4.1. Utjecaj konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha (agrošumarstva) na zajednicu nematoda i mikroorganizme u tlu te na agrokemijska i fizikalna svojstva tla i prinos

Tlo je biološki, fizički, kemijski i strukturno iznimno heterogeno okruženje. Biološka raznolikost i brojnost organizama unutar zajednica živih organizama znatno je veća u tlu nego iznad njega (Young i Ritz, 1998.). Mikroorganizmi (bakterije, gljive i alge), mikrofauna (protozoe) i mezofauna (nematode i člankonošci) pripadaju najrazličitijim organizmima u tlu (Neher, 2001.b), na koje utječu uglavnom vegetacija i edafski čimbenici tj. fizička i kemijska svojstva tla, klimatski čimbenici na površini i unutrašnjosti tla (temperatura, vlažnost, svjetlost itd.) (Nielsen i sur., 2014.).

Nematode nastanjuju gotovo svaki ekosustav, imaju različite načine ishrane i životne strategije te imaju ključnu ulogu u hranidbenoj mreži tla, one funkcioniraju kao važan pokazatelj procesa u ekosustavima (Ferris, 2010., Bhusal i sur., 2014.). Nematode pokazuju različite stupnjeve osjetljivosti na okolišne podražaje, promjene ili uznemirenja jer pripadaju različitim r/K stratezima tj. imaju životne cikluse različitih dužina i različite karakteristike razmnožavanja (Bongers, 1990.). Raznolikost rodova nematoda i struktura zajednice važan pokazatelj zdravlja i stanja tla (Neher, 2001.b). Također, nematološki indeksi omogućuju procjenu stanja hranjiva u ekosustavu (obogaćen ili iscrpljen), strukture hranidbene mreže u tlu (složena ili jednostavna) i puteve razgradnje organske tvari (brži bakterijski ili sporiji gljivični) (Ferris i sur., 2001.).

U ovom radu istraživanja su provedena na zajednicama nematoda koje su korištene kao bioindikator stanja i zdravlja ekosustava tla u konsocijaciji drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura. Nematode u tlu osjetljive su na ljudsku intervenciju i široko se koriste kao biološki pokazatelji uznemirenja te kvalitete i zdravlja tla (Santiago i sur., 2012.). U svrhu istraživanja navedenog ekosustava pokusi su provedeni na tri različita ekosustava, na ekosustavu konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha, na ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i na ekosustavu s orasima, na dva lokaliteta (Ivankovo i Đakovo).

Zadani ciljevi istraživanja zahtijevaju određivanje utjecaja međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura na bioraznolikost nematoda u tlu, na strukturu zajednica nematoda, te indekse uznemirenja tla i ekološke indekse raznolikosti, zatim na parametre plodnosti tla i prinos.

Ekschmit i sur. (2001.) tvrde da raznolikost rodova nematoda odražava i abiotske uvjete u tlu i biotičku aktivnost tla. Najveća ukupna raznolikost rodova nematoda tijekom svih uzorkovanja

(Tablica 3.2.a i 3.2.b) kao i prosječna bioraznolikost rodova (Grafikon 3.5.), na lokalitetu Đakovo, zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (K+O) te u ekosustavu s orasima (O), i značajno se razlikovala od ukupne i prosječne bioraznolikosti rodova nematoda u ekosustavu poljoprivredne kulture (K) na istom lokalitetu. Na lokalitetu Ivankovo, ukupna bioraznolikost rodova nije se značajno razlikovala u različitim ekosustavima uzorkovanja (Tablica 3.2), dok je najveća prosječna bioraznolikost zabilježena u ekosustavu K+O i O. Ekschmit i sur. (2001.) zaključili su da velika bioraznolikost nematoda, u smislu broja rodova, pokazuje dosljedne korelacije s aktivnošću i masom nematofaune i mikroflore i dobar je pokazatelj brzine razgradnje organske tvari.

U radu koji su proveli Bai i sur. (2018.) bakterivore roda *Rhabditis* i *Eucephalobus* bili su dominantni u ekosustavu sa pšenicom i u ekosustavu s konsocijacijom pšenice i starijih oraha, ali nisu bili česti u ekosustavu s konsocijacijom pšenice i mlađih oraha, te je u navedenom ekosustavu dominirao rod *Acrobeloides*. *Acrobeloides* se natječe s *Rhabditisom* i *Eucephalobusom* za hranidbene resurse. Kompeticiju između *Acrobeloidesa* i *Rhabditisa* s *Eucephalobusom* možemo potvrditi u našem istraživanju na lokalitetu Ivankovo (mladi orasi) gdje se njihov udio kreće obrnuto proporcionalno. No to nije slučaj na lokalitetu Đakovo, vjerojatno zbog dovoljne količine resursa za mnogobrojne bakterije. U ekosustavima konsocijacije radijalno korijenje dvogodišnjih stabala oraha može doseći približno 1,5 m (Gan i sur. 2015.), dok je kod oraha starosti od 7 do 12 godina radijalno korijenje približno 6,1 m (Stone i Kalisz, 1991.). Stoga, unutar ekosustava konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha, korijenje stabala starijih oraha ima širu raspodjelu u oraničnom sloju tla od mlađih stabala oraha. Korijenje drvenastih kultura u ovakvim ekosustavima jedan su od izvora resursa za bakterije kao i fitoparazitske nematode. U istraživanju Bai i sur. (2018.), fitoparazitni rod *Tylenchus* bio je čest u ekosustavima s konsocijacijom pšenice i oraha, dok su omnivore roda *Dorylaimus* bili dominantni samo u pšenici. U istraživanju ove doktorske disertacije rod *Tylenchus* bio je nešto dominantniji u istom ekosustavu (K+O) na oba lokaliteta s obzirom na druge ekosustave (K i O), no najdominantniji rod bio je *Pratylenchus* i to u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom na lokalitetu Ivankovo. Od omnivora u ekosustavima s poljoprivrednom kulturom dominirao je rod *Aporcelaimellus*, dok su rodovi *Epidorylaimus*, *Mesodorymalimus*, *Prodorylaimus* i *Pungentus* dominirali u ostalim proučavanim ekosustavima.

U doktorskoj disertaciji raznolikost nematoda procijenjena je i pomoću *Shannon-Weaverovog* indeksa raznolikosti ( $H'$ ), koji se koristi kao indikator raznolikosti hranidbene mreže tla i



odražava temeljne promjene u fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima tla (Freckman i Ettema, 1993., Kimenju i sur., 2009.). U ovom istraživanju indeks H' pokazao je manje vrijednosti u ekosustavima s poljoprivrednom kulturom nego u ostalima ekosustavima na oba lokaliteta, te ukazuje na višu bioraznolikost u ekosustavima s orasima (K+O i O). Za razliku od ovog istraživanja, u istraživanju koje su proveli Bai i sur. (2018.) raznolikost nematoda prema indeksu H' bila je niža u ekosustavima konsocijacije pšenice i oraha, mlađem i starijem nasadu, nego u ekosustavu sa pšenicom. Niži indeks H' u navedenim ekosustavima konsocijacije odražava povećanje fitoparazitskih nematoda te manju biološku raznolikost nematoda do koje nije došlo u sustavu konsocijacije u istraživanju ove doktorske disertacije.

Liu i sur. (2015.) su u svom istraživanju pokazali da konsocijacija pšenice i stabala žižule (*Ziziphus jujuba* (L.) H.Karst.) utječu pozitivno na brojnost nematoda. Adão i sur. (2009.) izvijestili su da veći sadržaj organske tvari u sedimentu može biti odgovoran za veću brojnost nematoda. Broj ukupnih nematoda pozitivno je povezan s ukupnim sadržajem organske tvari i ukupnim sadržajem dušika u tlu (Meng i sur., 2006.). U ovoj doktorskoj disertaciji bakterivore su identificirane kao najdominantnija vrsta u svim ispitivanim ekosustavima, što je korisno za zdravlje tla jer je veći postotak bakterivora značajno povezan sa stanjem hranjiva (Pan i sur., 2010.) tj. plodnošću tla na poljoprivrednom zemljištu (Michiels i Traunspurger, 2005.). Ekosustav poljoprivredne kulture, na lokalitetu Đakovo, je u prosjeku imao najveći postotni udio bakterivora u zajednici nematoda, s obzirom na druge proučavane ekosustave (Grafikon 3.13., Grafikon 3.15.), a veliki udio bakterivora ukazuje na bržu razgradnju organske tvari bakterijskim putem. Najveći postotni udio fungivora zabilježen je u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.13., Grafikon 3.16.), a sustavi dominirani fungivorama ukazuju na razgradnju organske tvari sporijim gljivičnim putevima koji se općenito odvija u prirodnom slijedu tj. sukcesiji (Diermont i Martin, 2005.). Međutim, u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha utvrđeni postotni udio bakterivora i fungivora reflektira utjecaj oba ekosustava (Grafikon 3.13.), te ukazuje na ravnotežu između bakterijskih i gljivičnih razlagača koji sudjeluju u razgradnji organske tvari u tlu. Bakterivore i fungivore su povezane s procesima razgradnje i mineralizacije hranjivih tvari (Freckman, 1988., Ingham i sur., 1985.), a njihova brojnost povezana je s ekofiziološkim osobinama biljaka, kao što su kvaliteta i količina biljnog tkiva (Porazinska i sur., 2003.).

Na lokalitetu Ivankovo, najveći omjer bakterivora zabilježen je u ekosustavu s orasima, a najmanji u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Različita starost nasada oraha jedan su od

moću razloga nastanka potpuno različitih rezultata dobivenih na oba lokaliteta nakon provedenih nematoloških analiza.

U istraživanju koje su proveli Ewald i sur. (2020.) udio fungivora roda *Aphelenchoides* povećao se pod golim tlom u jesen te smatraju da se to dogodilo zbog oportunističkog načina života, tj. prilagodbe umjerenoj dostupnosti resursa. Udio fungivora roda *Aphelenchoides* je u istraživanju ove doktorske disertacije bio najveći u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, na lokalitetu Đakovo, te se kretao obrnuto proporcionalno od udjela fungivora roda *Aphelenchus* (Tablica 3.2a). Navedeni ekosustav je obuhvaćao golo tlo između poljoprivrednih kultura, a Háněl (2003.) je u svom istraživanju primijetio veću zastupljenost roda *Aphelenchoides* u dvogodišnjem razdoblju ugra nastalom nakon usjeva kukuruza.

U odnosu na ostali sastav rodova zajednice nematoda, fitoparaziti su pokazali značajnu povezanost s biljnom kulturom na pokusnim parcelama. Fitoparazitske nematode mogu pozitivno reagirati na prisutnost oraha, kao i na prisutnost proljetne ivančice (*Leucanthemum vulgare* Lam.) (van Ruijven i sur., 2003.) i raznih vrste trava (Viketoft i sur., 2005.). Najveći postotni udio fitoparazitskih nematoda u zajednici zabilježen je u ekosustavu s orasima na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.13.) te se može usporediti s rezultatima koji su dobili Parmelee i Alston (1986.) u istraživanju u kojem su zabilježili najveću brojnost fitoparazitskih nematoda u tretmanima bez obrade tla (*no-till farming*), u usporedbi s tretmanima s konvencionalnom obradom tla. Yeates (1979.) tvrdi da je obilje fitoparazitskih nematoda usko povezano s količinom korijenske mase u tlu, što mogu potvrditi i rezultati istraživanja ove doktorske disertacije. Ekosustav s orasima je jedini ekosustav koji je tijekom cijelog istraživanja stalno bio pod biljnim pokrovom, te su se fitoparazitske nematode mogle hraniti tijekom cijele godine na korijenju pokrovnih travnatih kultura u nasadu oraha kao i na korijenju stabala oraha. Značajno manji postotni udio fitoparazita u zajednici nematoda utvrđen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, gdje je glavni izvor hrane fitoparazitima bilo korijenje oraha te korijenje poljoprivredne kulture koje je bilo dostupno za vrijeme njihove vegetacije, dok je tlo bilo golo između poljoprivrednih kultura. Najmanji postotni udio fitoparazita u zajednici nematoda utvrđen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, u kojem je dostupnost hrane fitoparazitskim nematodama bila ograničena vegetacijskim razdobljem pojedinih proučavanih poljoprivrednih kultura (Grafikon 3.13., Grafikon 3.17.). Neher i sur. (2005.), tvrde da su fitoparazitske nematode prilagođene kiselom tlu. Otkriveno povećanje udjela fitoparazitskih nematoda u sustavima s poljoprivrednom kulturom na lokalitetu Ivankovo povezano je s nižom pH vrijednošću, no ne i na lokalitetu Đakovo.

U istraživanju ove doktorske disertacije, najdominantniji rod fitoparazitskih nematoda bio je *Pratylenchus*, nakon kojeg slijede *Tylenchus*, *Malencus* te *Paratylenchus* i *Helicotylenchus* (Tablica 3.2b). U ovom istraživanju, zastupljeni rod bio je i *Filenchus*, iako je svrstan među fungivore, no te nematode mogu biti i fitoparaziti, jer mijenjaju način prehrane ovisno o dostupnosti resursa (Yeates i sur., 1993.). McSorley (1999.) izvijestio je o povećanju broja nematoda iz porodice Tylenchidae (uglavnom iz roda *Filenchus*) nakon inkorporiranja biljnih ostataka koji potiču razvoj gljiva. Zbog nedostatka istraživanja i nepotpunog razumijevanja stvarne prehrane nematoda (npr. izmjena načina prehrane s biljaka na gljive i obrnuto) otežavano je razumijevanje utjecaja manipulacije resursima.

Dodatni resursi (kao što su pokrovni usjevi, organski poboljšivači tla i pripravci) izravno utječu na primarne organizme u hranidbenoj mreži tla, te su bakterivore i fungivore uvijek prve koje reflektiraju dodatna obogaćivanja resursima u ekosustavu (Ferris i sur., 2012.c, Ferris i Tuomisto, 2015., Steel i Ferris, 2016.). Ove nematode pridonose usluzi ekosustava u mineralizaciji hranjivih tvari, a uz to su i hrana predatorskim nematodama i na taj način poboljšavaju regulaciju ciljanih oportunističkih vrsta Zhang i sur. (2017.). Ferris i sur. (2012.a) smatraju da se brojnost bakterivora i fungivora može povećati kontroliranim unosima resursa u ekosustav te se time povećava dostupnost hrane predatorima i regulacija fitoparazita. Velika raznolikost vrsta nematoda koje predstavljaju plijen predatorskim nematodama, osigurava niz resursa različite veličine i aktivnosti za održavanje predatorskih nematoda koje pripadaju višim funkcionalnim skupinama (Ferris i Tuomisto, 2015.). Li i sur. (2016.) tvrde kako su omnivore i predatori, kao *K-stratezi*, osjetljivi na promjene u okolišu i negativno su povezani s resursima bogatim hranjivim tvarima. U istraživanju Bai i sur. (2018.) postotak omnivora i predatora bio je manji u sustavima konsocijacije pšenice i oraha nego u sustavu monokulture u drugoj godini istraživanja. Naša istraživanja potvrđuju osjetljivost omnivora na uznemirenja, ali ne i na dostupnost resursa.

Najveći prosječni postotni udio omnivora na lokalitetu Đakovu zabilježen je u najmanje uznemirenom ekosustavu, ekosustavu s orasima, ali i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.13., Grafikon 3.18.). a visok postotak udjela omnivora povezan je sa stabilnošću ekosustava i malim uznemirenjima unutar samog ekosustava. Najdominatnija porodica među omnivorama u oraničnom sloju tla proučavanih ekosustava bila je porodica Dorylaimidae. Rodovi i vrste ove porodice vrlo su osjetljivi na sve vrste obrade tla i služe kao dobri pokazatelji uznemirenja okoliša (Gomes i sur., 2003.). U istraživanju koje su proveli Zhang i sur. (2012.), rod *Dorylaimus* je bio u negativnoj korelaciji

sa sadržajem organske tvari u tlu i ukupnim dušikom, te smatraju da su dodaci hranjivih tvari skloni negativnom utjecaju na omnivore. U istraživanju ove doktorske disertacije, članovi porodice Dorylaimidae, *Epidorylaimus*, *Eudorylaimus*, *Mesodorylaimus*, *Microdorylaimus* i *Prodorylaimus* dominirali su i u ekosustavu s orahom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba proučavana lokaliteta, uz izuzetak *Epidorylaimusa* u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Đakovo i *Prodorylaimusa* u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Ivankovo.

Značajnih razlika između postotnog udjela predatora u različitim ekosustavima nije bilo, no najveći postotni udjeli predatora u zajednici nematoda, na lokalitetu Đakovo, zabilježeni su u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.13., Grafikon 3.19.). Gomes i sur. (2003.) tvrde da su predatorske nematode često povezane s fungivorama što možemo i potvrditi ovim istraživanjem jer je najveći postotni udio fungivora utvrđen u navedenom ekosustavu. U istraživanju koje su proveli Zhang i sur. (2017.). brojnost predatorskih nematoda bila je povezana s brojnosti nematoda niže trofičke skupine tj. nematoda koje su plijen predatorima (bakterivore, fungivore i fitoparaziti). Velika brojnost plijena pogoduje održavanju veće brojnosti grabežljivih nematoda (Sánchez-Moreno i sur., 2011.). Predatorske nematode mogu regulirati ostale nematode hraneći se na njima te tako usmjeravaju resurse iz nižih u više trofičke skupine, a djeluju i kao biološka kontrola (Wardle i Yeates, 1993., Ferris i sur., 2012.a).

Na lokalitetu Ivankovo nije bilo značajnih razlika između ekosustava u postotnom udjelu fungivora, omnivora i predatora, dok je najveći postotni udio bakterivora zabilježen u ekosustavu s orasima, a najveći postotni udio fitoparazitskih nematoda zabilježen u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom. Rezultati istraživanja na lokalitetu Đakovo i lokalitetu Ivankovo su različiti, prvenstveno zbog toga što je nasad oraha na lokalitetu Ivankovo značajno mlađi, no i zbog činjenice da na lokalitetu Ivankovo nije bilo trajnog biljnog pokrova u ekosustavu s orasima, nego je tlo bilo bez biljnog pokrova tijekom cijelog istraživanja, što može biti glavni uzrok različitih postotnih udjela trofičkih skupina među istraživanim lokalitetima.

Cp i pp grupiranje nematode je izrazito važno jer čini osnovu za izračunavanje nematoloških indeksa tj. indeksa uznemirenja zajednice nematoda i nematoloških indeksa hranidbenog lanca. Prema Bongersu (1990.) indeks zrelosti zajednice nematoda (MI) ukazuje na zrelost tla na temelju zajednice nematoda, no isključujući fitoparazite nematode, a koristi se za mjerenje

uznemirenja u tlu, dok MI 2-5 dodatno isključuje cp-1 skupinu nematoda čiji su pojava i razmnožavanje potaknuti nedavnim uznemirenjima ekosustava.

U ovoj doktorskoj disertaciji, na lokalitetu Đakovo, vrijednosti indeksa MI u ekosustavu s orasima bile su iznad 2,0 te ukazuju na stabilniju zajednicu nematoda nego kod ostalih proučavanih ekosustava na istom lokalitetu u kojima su vrijednosti indeksa MI bile ispod 2,0 (Grafikon 3.45.). Vrijednosti MI iznad 2,00 označavaju srednju zrelost i strukturu hranidbene mreže u tlu, ujednačenu razgradnju organske tvari, umjerenu plodnost tla i umjerenu osjetljivost na pojavu štetnika (Sikora i sur., 2018.). Prema Sikora i sur. (2018.) vrijednosti MI manje od 2,0 označavaju nisku zrelost i slabu strukturu hranidbene mreže tla, brzo razlaganje organske tvari bakterijskim putem, visoku plodnost tla, ali i visoku osjetljivost na pojavu štetnika. Na lokalitetu Đakovo, oba obrađivana ekosustava imaju prosječnu vrijednost indeksa MI ispod 2,0, ali je ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha značajno stabilniji od ekosustava s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.45.) te sedam interakcija ekosustava i vremena uzorkovanja od 12 ima vrijednosti veće od 2,0 u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok ekosustav s poljoprivrednom kulturom ima samo takve dvije interakcije (Grafikon 3.53.).

U istraživanju koje su proveli Ewald i sur. (2020.) vrijednosti indeksa MI su u obradivom tlu (pod kukuruzom) bile niske, u rasponu od 2,0 do 2,1, te smatraju da te vrijednosti ukazuju na opće uznemirenje. Takvo uznemirenje je karakteristično za agroekosustave s klasičnom obradom tla, gnojibdom i upotrebom pesticida (Mulder i Maas, 2017.). Vrijednosti indeksa MI se u istraživanju Ewald i sur. (2020.) nisu razlikovale između dubina ili tretmana, što je dodatno naglasilo snažan ukupan antropogeni utjecaj upravljanja poljoprivredom, o čemu su pisali i drugi znanstvenici (Freckman i Ettema, 1993., Okada i Harada, 2007.).

Međutim, Monokrousos i sur. (2014.) pokazali su da golo tlo pokazuje nižu raznolikost nematoda i niže vrijednosti MI u odnosu na tlo pokriveno vegetacijom. U istraživanju ove doktorske disertacije to možemo potvrditi rezultatima koji ukazuju na to da su vrijednosti MI najveće u ekosustavu s orasima, na lokalitetu Đakovo, s obzirom na ostale ekosustave na istom lokalitetu (Grafikon 3.45.), dok su MI vrijednosti na lokalitetu Ivankovo najniže u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.49.). Ekosustav s orasima na lokalitetu Đakovo pokriven je travnatim biljnim pokrovom, dok je tlo u ekosustavu s orasima na lokalitetu Ivankovo bilo golo. No, na golom tlu u navedenom ekosustavu, organska tvar u tlu kao i korijenje oraha, bilo je dovoljno

za održavanje zajednice nematoda, te je bioraznolikost nematoda bila veća nego u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.6.) (Monokrousos i sur., 2014.)

Vrijednosti indeksa MI 2-5, koji izuzima iz izračuna bakterivore cp-1 skupine koje su se mogle pojaviti u velikom broju nakon obrade tla ili folijarne gnojidbe s pripravkom *Condi agro*, se značajno ne razlikuju između ekosustava s orasima i ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Đakovo. Značajno najmanje vrijednosti MI 2-5 utvrđene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, te takav ekosustav prema Sikora i sur. (2018.) ukazuje na najviše uznemiren i najmanje stabilan ekosustav na tom lokalitetu (Grafikon 3.46.).

Na lokalitetu Ivankovo najviše prosječne vrijednosti MI i MI 2-5 (Grafikon 3.49. i Grafikon 3.50.) utvrđene su u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, te se razlikuje od dobivenih rezultata na lokalitetu Đakovo. Trajni nasad oraha na lokalitetu Ivankovo imao je manje dostupnih resursa za nematode zbog manjeg volumena korijenja te golog tla unutar redova oraha.

Bongers i sur. (1997.) tvrde da su vrijednosti MI i PPI u zajednici obrnuto proporcionalne, te da su fitoparazitske nematode rijetko dominantne u poluprirodnom ekosustavu, gdje su omnivore i predatori brojniji, no u istraživanju ove doktorske disertacije, na lokalitetu Đakovo, vidljivo je da je postotni udio fitoparazitskih nematoda u zajednici značajno viši u ekosustavu s orasima s obzirom na ostale proučavane ekosustave (Grafikon 3.47.). Viša prosječna vrijednosti PPI u trajnim nasadima može biti posljedica iscrpljivanja hranjivih tvari, te su fitoparaziti cp-2 skupine zamijenjeni fitoparazitima cp-3 skupine koji se hrane u dubljim zonama korijena. Dostupni izvori hrane tijekom sukcesije mogu dovesti do ravnoteže između kolonizatora i perzistera (Bongers i sur., 1997.). Mladi nasad oraha, sa slabije razvijenijim korijenjem, na lokalitetu Ivankovo, potvrđuje zaključak istraživanja koje su proveli Bongers i sur. (1997.).

Prosječne vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) su niske u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.61.), na lokalitetu Đakovo. Niske vrijednosti indeksa CI prema Sikora i sur. (2018.) ukazuju na velik broj bakterivora koji sudjeluju u razgradnji organske tvari u tlu kao i manji unos složene organske tvari u tlo (Sikora i sur., 2018.). Značajno više prosječne vrijednosti CI u ekosustavu s orasima ukazuju na viši udio gljiva i fungivora koji sudjeluju u razgradnji

organske tvari te na nešto viši unos složene organske tvari u tlo o čemu pišu Ferris i sur. (2001.) te Minoshima i sur. (2007.).

Prosječne vrijednosti bazalnog indeksa (BI) najviše su u zajednici nematoda u ekosustavu s orasima, a najniže i najpoželjnije u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, no sva tri ekosustava, na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.62.) pripadaju istoj skupini za vrijednosti BI prema Sikora i sur. (2018.) tj. skupini za vrijednosti indeksa BI od 30 do 60. Vrijednosti indeksa BI od 30 do 60 ukazuju da je uznemirenje tla prisutno, ali da hranidbena mreža u tlu nije iscrpljena (Sikora i sur., 2018.). No, od svih proučavanih ekosustava na navedenom lokalitetu, hranidbena mreža najviše je očuvana u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha što ukazuje na to da konsocijacija podržava otpornost ekosustava na uznemirenja. U istraživanju Bai i sur. (2018.) vrijednost BI bila je niža u pšenici nego u sustavima konsocijacije pšenice i oraha u obje godine. Zajednica nematoda iz njihovih proučavanih sustava mapirana je u kvadrant D. Kvadrant D označava nizak sadržaj hranjivih tvari, visok C:N omjer u tlu i degradiranu hranidbenu mrežu tla (Ferris i sur., 2001.). Za razliku od istraživanja Bai i sur. (2018.), većina uzoraka ove doktorske disertacije mapirana je u kvadrant A prema provedenoj analizi hranidbene mreže u tlu. Kvadrant A ukazuje na visoko uznemirenje, bakterijske puteve razgradnje, visoku raspoloživost N i nizak C:N omjer (Ferris i sur., 2001.).

U istraživanju Bai i sur. (2018.) vrijednosti indeksa obogaćenja (EI) značajno su smanjene u sustavima konsocijacije pšenice i oraha, što ukazuje na to da su u tim sustavima smanjeni dostupni resursi i razina plodnosti tla. U istraživanju ove doktorske disertacije, više prosječne vrijednosti indeksa obogaćenja ( $EI > 60$ ) zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom kao i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.63.). Prema Sikora i sur. (2018.) vrijednosti indeksa EI iznad 60 ukazuju na brzu razgradnju organske tvari, složeni unos organske tvari u tlo i visoku plodnost tla. Malo niže vrijednosti indeksa EI ( $EI < 60$ ) u ekosustavu s orasima ukazuju na malo niži, ali i dalje dovoljan unos labilne organske tvari i hranjiva, srednju do brzu razgradnju organske tvar te srednju do visoku plodnost tla (Sikora i sur., 2018.). U istraživanju Li i sur. (2015.) u ekosustavima s trajnim nasadima breskve vrijednosti indeksa EI bile su veće od 50 te objašnjavaju kako hranidbene mreže u poljoprivrednim tlima s višim EI ukazuju na dostupnost hranjivih tvari i višu razinu plodnosti tla. Dostupnost hranjivih tvari i viša razina plodnosti tla u njihovom trajnom nasadu se slaže rezultatima ove doktorske disertacije.

Indeks strukture tla (SI) pokazuje zrelost određenog ekosustava, izloženost nekom uznemirenju ili razdoblju oporavka od uznemirenja. U istraživanju Bai i sur. (2018.), SI vrijednosti su bile niže u ekosustavu s konsocijacijom oraha i pšenice nego u monokulturnom ekosustavu pšenice, što ukazuje na to da su hranidbene mreže u tlu u sustavima konsocijacije podložnije većim smetnjama tj. da su nestabilne (Zhang i sur., 2015.c). U istraživanju ove doktorske disertacije prosječne vrijednosti indeksa SI u ekosustavu s orasima i ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.64.), bile su iznad 30. Prema Sikora i sur. (2018.) vrijednosti indeksa SI iznad 30 ukazuju na srednju do visoku razvijenost hranidbene mreže u tlu, dobar udio viših trofičkih i cp skupina te na srednju do visoku otpornost na pojavu štetnika. Značajno niže srednje vrijednosti indeksa SI ( $SI < 30$ ) u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom ukazuju na uznemirenu hranidbenu mrežu u tlu, mali postotak viših trofičkih i cp skupina u zajednici te na veliku osjetljivost na pojavu štetnika (Sikora i sur., 2018.).

Na lokalitetu Ivankovo, prosječne vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI), bazalnog indeksa (BI) i indeksa obogaćenja (EI) u različitim ekosustavima se ne razlikuju značajno između proučavanih ekosustava, dok su najveće prosječne vrijednosti indeksa strukture (SI) zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom.

Za razliku od same brojnosti nematoda ili njihove biomase, metabolički otisci nematoda daju više informacija o raspodjeli C potrebnog za njihov rast, razvoj i reprodukciju, te o upotrebi C u metaboličkoj aktivnosti nematoda. Metabolički otisci nematoda su korisni pokazatelji veličine funkcija hranidbene mreže tla (Ferris, 2010., Bhusal i sur., 2015.).

Metabolički otisci za funkcionalne skupine nematoda i njihove usluge ekosustava se izračunavaju na temelju biomase nematoda i njihove respiratorne aktivnosti (Bhusal i sur., 2015.). Kako bi se odredilo kako resursi u proučavanim ekosustavima utječu na kružni tok C kroz tri energetska puta u tlima, utvrđeni su povezani otisci nematoda. U istraživanju ove doktorske disertacije metabolički otisak bakterivora, na lokalitetu Đakovo, bio je najveći u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najmanji u ekosustavu s orasima (Grafikon 3.25). Druga istraživanjima podržavaju rezultate ovog istraživanja time što tvrde kako bakterije i bakterivore reguliraju razgradnju organske tvari u obradivim tlima (Neher, 2010., Scharroba i sur., 2016.). Zelena gnojidba u proljeće 2019. godine je potaknula aktivnost bakterija i bakterivora te su najveći otisci bakterivora najznačajniji u navedenim ekosustavima tijekom IX. uzorkovanja (12. 6. 2019.)



(Grafikon 3.35.), što ukazuje na pozitivan utjecaj organske izmjene (dopune) na kruženje ugljika kroz bakterijske kanale, koji su općenito najčešći u agroekosustavima (Yeates i Bongers, 1999., Ferris i Bongers, 2006.).

Na lokalitetu Đakovo, najveći otisak fungivora zabilježen je u ekosustavu s orasima, a manji otisci fungivora zabilježeni su u ostalim ekosustavima, s organskim dopunama tj. zelenom gojidbom (ekosustav K i ekosustav K+O) (Grafikon 3.26.), što se ne slaže s općim zaključcima da se pojavom stabilnih resursa povećava biomasa gljiva, a time i fungivora (Strickland i Rousk, 2010., Moll i sur., 2015.). Međutim, zapažanja kao i u ovom istraživanju, su dobili i Ewald i sur. (2020.) te navode kako se otisak fungivora kao i biomasa nisu znatno razlikovali između tretmana s biljnim pokrovom, steljom i golim tlom. Njihovi rezultati ukazuju na dovoljne supstrate (izvore hrane) za gljive na svim parcelama. U istraživanju Glavatska i sur. (2017.) navedeno je kako je uklanjanje biljaka iz ekosustava imalo manji utjecaj nego što se očekivalo, što ukazuje na znatnu otpornost hranidbene mreže u tlu na poremećaje nastale u ugljičnim kanalima zbog naslijeđa resursa organske tvari u obradivim tlima. Pausch i sur. (2016.) proveli su istraživanje bazirano na označavanju  $^{13}\text{C}$  na obradivom tlu te su pokazali da rizodepoziti mogu biti izvor C za saprofitne gljive. Razgradnja različite organske tvari može održavati saprofitne gljive i na golim zemljišnim parcelama (Collado i sur., 2019.). Iako se razlikuju otisci fungivora (Grafikon 3.26. i Grafikon 3.31.) i brojnost gljiva (Grafikon 3.94. i Grafikon 3.97.) u istraživanju ove doktorske disertacije, kruženje C u ovom energetskom toku je stalno.

Iako su ekosustav s poljoprivrednom kulturom i ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha imali značajno manji metabolički otisak fungivora, ukupni metabolički otisak mikrobivora (fungivora i bakterivora) bio je najveći u navedenim ekosustavima na lokalitetu Đakovo.

U istraživanju koje su proveli Zhang i sur. (2017.) veći metabolički otisak mikrobivora bio je u sustavima koji su bili prekriveni pokrovnim usjevom između poljoprivrednih kultura, nego u sustavima bez pokrovnog usjeva. Rezultati dobiveni u istraživanju ove doktorske disertacije ne podržavaju rezultate dobivene u navedenom radu, jer su ti otisci najmanji u ekosustavu s orasima, koji je stalno bio pod pokrovnim travnatim kulturama. Zhang i sur. (2017.) tvrde da veći metabolički otisci nematoda odražavaju veću količinu C koji teče kroz kanale razgradnje u hranidbenoj mreži.

Ewald i sur. (2020.) smatraju da abiotički uvjeti pokreću funkcionalnu dinamiku zajednica nematoda u golom tlu. U njihovom istraživanju u rujnu 2013. godine su pale obilne oborine, a u prosincu snježne padaline koje su se otopile tjedan dana prije uzorkovanja. Nakon kiše u rujnu, otisak fungivora i bakterivora dosegli su vrhunac, a nakon otapanja snijega u prosincu, otisak bakterivora je bio značajno veći na parcelama s golim tlom. Kiša i snijeg su otopili agregate tla (Shi i sur., 2017.) i time oslobodili hranjive tvari u njima te povećali biomasu mikroorganizama u tlu (Jiang i sur., 2018.). Također, ti procesi mogu isprati hranjive tvari, bakterije i nematode u dublje slojeve tla (Lipson i sur., 2002.). U istraživanju ove doktorske disertacije, najbolja povezanost između padalina i otiska fungivora se može vidjeti u ekosustavu s orasima (golo tlo između redova oraha) na lokalitetu Ivankovo. Najveći otisci fungivora na navedenom lokalitetu i ekosustavu (Grafikon 3.41.) pojavili su se iza sušnih razdoblja, u mjesecima s većim padalinama (Grafikon 2.4, 2.5 i 2.6.) i većom vlagom tla (Tablica 9.3.).

Zabilježena je metabolička aktivnost fitoparazita u svim proučavanim ekosustavima, a unutar svakog ekosustava s poljoprivrednom kulturom (K i K+O), na lokalitetu Đakovo, vrhunac metaboličke aktivnosti fitoparazita bio je pred žetvu pšenice (V. uzorkovanje, 2. 7. 2018.), dok je metabolička aktivnost fitoparazita unutar ekosustava s orasima bila ujednačenija tijekom cijelog istraživanja (Grafikon 3.37.). Otisak fitoparazita općenito je visok na parcelama s biljnim vrstama jer veće iskorištavanje C i metabolička aktivnost fitoparazita odražava prisutnost biljaka i njihovog korijenja koji pružaju podršku taksonskim skupina nematoda koje se hrane biljkama (Ferris, 2010.).

U istraživanju koje su proveli Steel i Ferris (2016.) metabolički otisak predatora bio je u pozitivnoj korelaciji s biomasom njihovog plijena (bakterivora, fungivora i fitoparazita). Također, Ferris i sur. (2012.a) ukazuju na pozitivnu vezu između broja predatora i povećanja brojnosti nematoda plijena. Slično, Stirling i sur. (2011.) pronašli su pozitivan odnos između broja predatora i povećane biološke kontrole fitoparazita *Radopholus similis* te sugeriraju da je potencijal biološke kontrole održan unosom C (izvor hrane) u ekosustav. Biomasa nematoda koji su plijen predatorima pokazatelj je dostupnosti resursa nematodama predatorima, ali je i pokazatelj potencijala suzbijanja tj. biološke kontrole te zajedno s metaboličkim otiskom predatora određuje veličinu toga potencijala suzbijanja (Stirling i sur., 2011.). U istraživanju ove doktorske disertacije, na lokalitetu Đakovo, najveći metabolički otisak predatora zabilježen je u ekosustavu s orasima i ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.29.), dok je najveća ukupna brojnost i biomasa nematoda zabilježena u ekosustavu

s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, a najmanja u ekosustav s orasima (Grafikon 3.1. i Grafikon 3.9.). U ekosustavu s orasima, zabilježen je najveći omjer fungivora i fitoparazita u zajednici nematoda, s obzirom na njihove omjere u drugim ekosustavima (Grafikon 3.13.), te najveći otisak fungivora, fitoparazita i predatora (Grafikon 3.26., Grafikon 3.27. i Grafikon 3.29.). Najveći otisak fitoparazitskih nematoda (Grafikon 3.27.) je zabilježen u istim ekosustavima u kojima je i metabolički otisak predatora bio najveći. Na lokalitetu Đakovo to je ekosustav s orasima (Grafikon 3.27. i Grafikon 3.29.), dok je na lokalitetu Ivankovo to ekosustav s poljoprivrednom kulturom (Grafikon 3.32. i Grafikon 3.34.). Također, uspoređujući Grafikon 3.37. i Grafikon 3.39. može se vidjeti kako je metabolički otisak predatora pratio metabolički otisak fitoparazita u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, dok su se navedeni otisci kretali obrnuto proporcionalno tijekom nekih uzorkovanja u ekosustavu s orasima. Mala značajnost dostupnosti hrane na brojnost predatora u prethodno spomenutom ekosustavu može biti posljedica aktivnosti ostalih predatora (koji nisu nematode) na nematode koje su plijen nematodama predatorima (prvenstveno na fitoparazite nematode) te dostupnosti alternativnih resursa za predatorske nematode (Ferris i sur., 2012.a).

Biomasa i ukupni metabolički otisak cijele zajednice nematoda povezani su s mehaničkom inkorporacijom organskih resursa u gornje slojeve profila tla, koja se događaju kod standardnih postupaka obrade tla. Takva inkorporacija organskog materijala obrađivanjem tla može koristiti oportunističkim vrstama, ali većinom je štetna za velike predatorske vrste koje su osjetljivije na bilo kakva uznemirenja okoliša (Ferris i sur., 2001., Zhang i sur., 2012.). U istraživanju ove doktorske disertacije negativni utjecaj obrade tla zabilježen je u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, dok u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha taj je negativan utjecaj ublažen te je biomasa omnivora i predatora veća u navedenom ekosustavu nego u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, na lokalitetu Đakovo. Zhang i sur. (2017.) smatraju da je moguće da su taksonomske skupine omnivora i predatora prirodno selekcionirane na toleranciju na uznemirenja okoliša tijekom izloženosti poljoprivrednim sustavima, te je vidljivo kako sustavi agrošumarstva podržavaju tu prirodnu selekciju.

Otisak obogaćenja, bakterivora, fungivora i fitoparazita je pokazatelj ulaska resursa u hranidbenu mrežu tla, dok je otisak strukture pokazatelj aktivnosti predatora na višoj trofičkoj razini (Ferris i sur., 2012.c).

Metabolički otisak obogaćenja predstavlja uslugu ekosustava u mineralizaciji hranjivih tvari, dok otisak strukturne odražava metaboličku aktivnost nematoda viših trofičkih razina, uključujući predatore oportunističkih vrsta. Metabolički otisak obogaćenja bio je znatno veći od metaboličkog otiska strukture u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom te u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na lokalitetu Đakovo. Takvi rezultati ukazuju na hranidbene mreže s visokim ulaznim resursima, ali niskom produktivnošću na višim trofičkim razinama unutar tih ekosustava. Takav slučaj je čest primjer u obradivim poljoprivrednim sustavima te odražava uznemireni sustav u kojem je otežana metabolička ravnoteža hranidbenih mreža nematoda (Ilieva-Makulec i sur., 2016.). Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije na lokalitetu Đakovo također pokazuju da su otisci strukture u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha i u ekosustavu s orasima viši od otiska strukture u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom, što ukazuje na veću produktivnost viših trofičkih razina u navedenim ekosustavima s obzirom na ekosustav s poljoprivrednom kulturom. Otisak strukture u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha sličan je kao i u neuznemirenom ekosustavu s orasima (Grafikon 3.78. i Grafikon 3.79.).

Generalno, metabolički otisci obogaćenja i strukture zajednica nematoda značajno se smanjuju od oraničnog sloja do dubljih slojeva što ukazuje na značajan pad resursa i složenost hranidbene mreže s dubinom (Scharroba i sur., 2012.), ali u istraživanju ove doktorske disertacije značajno manji otisak obogaćenja u ekosustavu s orasima usporedno s ostalim proučavanim ekosustavima, na lokalitetu Đakovo, reflektira nedostatak manipuliranog antropogenog unosa resursa u sam ekosustav te time i složeniju hranidbenu mrežu u tlu.

U istraživanju Ferris i sur. (2012.b) otisak obogaćenja bio je povezan s razinom organskog ugljika u tlu i snažno povezan s metaboličkim otiskom bakterivora. Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije ne ukazuju na povezanost otiska obogaćenja (Grafikon 3.78.) i količine humusa u tlu na lokalitetu Đakovo, ali navedeni otisak pokazuje proporcionalne vrijednosti s otiskom bakterivora, i obrnuto proporcionalne vrijednosti s otiskom fungivora i omnivora (Tablica 3.32.).

Otisak strukture (Grafikon 3.79.) se kretao proporcionalno s količinom humusa (Tablica 3.20), otiskom fungivora, otiskom omnivora i otiskom predatora te obrnuto proporcionalno s otiskom bakterivora (Tablica 3.32.) na lokalitetu Đakovo, iako Ferris i sur. (2012.b) smatraju da su bakterivore glavni izvor hrane predatorima. U navedenom istraživanju broj predatora povećao se unošenjem organske tvari u tlo zbog povećanja broja bakterivora. U istraživanju ove

doktorske disertacije otisak bakterivora nije povezan s otiskom predatora, dok je brojnost samih bakterija proporcionalna otisku predatora na lokalitetu Đakovo (Tablica 3.32.). Osim toga, ekosustav s orasima je imao najveći otisak fungivora, fitoparazita i predatora, a ekosustav s poljoprivrednom kulturom najmanji te ukazuje na funkcionalnu povezanost predatora i njihovog plijena.

Pokrovni usjevi ne utječu samo na organizme na početnoj razini hranidbenog lanca, već se resursi prenose i na više trofičke razine što u hranidbenom lancu povećava pritisak 'od gore prema dolje' na fitoparazitske nematode (Ferris i sur., 2012.c). Sánchez-Moreno i sur. (2006.) smatraju da kontinuirana sjetva poljoprivrednih kultura smanjuje brojnost predatora i njihovu biološku kontrolu fitoparazita, zbog stalnih uznemirenja tla, no važno je napomenuti kako je otisak predatora na lokalitetu Đakovo značajno veći u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha nego u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom što sugerira na napredak u zrelosti ekosustava.

Nedostatak antropogenog unosa resursa u hranidbenu mrežu u ekosustavu s orasima može utjecati na povećanje pritiska grabežljivosti unutar hranidbenog lanca od gore prema dolje. Razlike među proučavanim otiscima mogu biti posljedica dugotrajnih izmjena populacija predatora i plijena. U tom slučaju, smanjenje dostupnog plijena bilo bi praćeno smanjenjem predatora, te s dostupnim resursima ponovno oživljavanje plijena kao i predatora (Ferris i sur., 2012.c).

Trajni nasadi u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i orahom mogu opskrbiti ugljikom i energijom hranidbenu mrežu tla tijekom cijele godine, ali imaju i potencijal izravnog ili neizravnog utjecaja na povećanje fitoparazita koji bi mogli negativno utjecati na jednogodišnje poljoprivredne kulture. Štetni utjecaji mogu se pojaviti ako trajni nasadi podupiru razvoj vrsta nematoda kojima domaćin može biti i poljoprivredna kultura. Izravni negativni utjecaji tih ekosustava u jesenskim i zimskim mjesecima mogu se izbjeći jer su temperature tla preniske za povećanje populacije štetnih nematoda. S druge strane, neizravni utjecaji su suptilni. Trajni nasad može poboljšati rast poljoprivredne kulture zbog dostupnost hranjivih tvari ili poboljšane strukture tla, ali takvo poboljšanje osigurava više resursa za povećanje fitoparazita. U takvim slučajevima, utjecaji fitoparazita se mogu teže primijetiti i mogu predstavljati probleme za poljoprivredne kulture tijekom narednih godina. No, često su blagotvorni utjecaji takvih sustava na rast poljoprivrednih kultura posljedica njihovih pozitivnih utjecaja na korisne nematode koji su značajniji od negativnih utjecaja razvijenih fitoparazita (Thoden i sur., 2011.).

Zajednice nematoda u tlu značajno su u korelaciji s čimbenicima okoliša, osobito organskim tvarima u tlu i ukupnim dušikom te zbog toga konsocijacija kultura može utjecati na zajednice nematoda putem svojstava tla (Li i sur., 2014.). Zajednice nematoda općenito su mnogobrojne u ekosustavima s biljkama te odražavaju opskrbu tla ugljikom i energijom svim glavnim putovima, tj. korijenskim, bakterijskim i gljivičnim kanalima (Ferris i sur., 2001., Ruess i Ferris, 2004.). U istraživanju koje su proveli Ewald i sur. (2020.) utjecaj vegetacije na zajednicu nematoda bio je najizraženiji u drugoj vegetacijskoj sezoni, gdje su zajednice nematoda pod kukuruzom pokazale najveću raznolikost u odnosu na golo tlo, što ukazuje na povoljne uvjete za nematode u ekosustavu s kukuruzom. Međutim, ovaj pozitivan utjecaj na biljku bio je ograničen na gornji sloj tla (od 0 do 10 cm), te smatraju da se većina C koji dolazi iz korijena oslobađa u prvi 10 cm tla. Također, Ewald i sur. (2020.) smatraju da je prostorna raspodjela eksudata korijena po profilu tla važna za stvaranje različitih zajednica nematoda.

Količina usjeva i kvaliteta resursa pridonose veličini usluga hranidbenih mreža ekosustava (DuPont i sur., 2009., Andrés i sur., 2016.), te inkorporacija biljnih ostataka ili drugih organskih tvari opskrbljuje ekosustav i povećava dostupnost resursa u hranidbenoj mreži tla (Li i sur., 2009.). U istraživanju ove doktorske disertacije kontinuirani unos resursa u hranidbenu mrežu tla u ekosustavu s orasima na lokalitetu Đakovo koji uključuje kontinuirani travni pokrov imao je veći pozitivniji utjecaj na zajednice slobodnoživućih nematoda od utjecaja inkorporacije resursa kroz zelenu gnojidbu u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (s obradom tla). Zhang i sur. (2012.) smatraju da reakcija oportunističkih vrsta nematoda može nadoknaditi negativne utjecaje uznemirenja nastalih obradom tla, te se takav primjer u ovoj doktorskoj disertaciji može vidjeti u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha.

Također, najveći kompozitni metabolički otisak zajednice nematoda, kao i najveća biomasa nematoda, brojnost bakterija i gljiva te najveći sadržaj humusa i N zabilježeni su u istom ekosustavu, ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Fungivore i bakterivore, i drugi organizmi koji se hrane na primarnim razlagačima, ubrzavaju razgradnju organske tvari u tlu i mineralizaciju hranjivih sastojaka koji su dostupni za rast biljaka. Smatra se da organizmi viših trofičkih skupina, hranjenjem na mikroorganizmima stimuliraju rast i razvoj mikroorganizama, te prenose mikroorganizme do novih resursa. Razlike u C:N omjeru između nematoda i njihovog plijena, te višak organskog N povezanog s C koji se koristi pri disanju, rezultira time da nematode izlučuju višak N u mineralnom obliku (Chen i Ferris, 1999., Gebremikael i sur., 2015.).

Sastav usjeva je značajno utjecao na sadržaj hranjivih tvari u tlu u istraživanju koje su proveli Bai i sur. (2018.), te obavještavaju kako je niži sadržaj hranjivih tvari u tlu zabilježen u ekosustavu s konsocijacijom pšenice i starijih stabala oraha, te smatraju da to ukazuje na postojanje i važnost konkurencije za hranjive tvari u tlu. Smanjenje hranjivih tvari povezano je s konkurencijom organizama za N i raspodjelom korijena oraha unutar ekosustava (Zhang, 2014.). Slični rezultati prethodno su primijećeni u drugim sustavima konsocijacije kao što su ekosustavi jabuke i pšenice, oraha i kikirikija te oraha i soje (Gao i sur., 2013.). No, ovo istraživanje ne potvrđuje njihove rezultate jer je bilo dovoljno resursa unutar proučavanih ekosustava.

Visoka aktivnost bakterija i gljiva, te nematoda koji su sekundarni razlagači (bakterivore i fungivore), rezultira statistički značajno najvišim sadržajem organske tvari u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, u svim razdobljima uzorkovanja, na lokalitetu Đakovo (Grafikon 3.1., Grafikon 3.93., Grafikon 3.94., Tablica 3.21.). Agrošumarski sustavi povećavaju ili održavaju organsku tvar u tlu (Young, 1986.) i premještaju hranjive sastojke iz slojeva tla ispod razine korijena jednogodišnjih usjeva ili trava u više slojeve tla (Kellman, 1979.). Uz to, pri prelasku s ekosustava bez drveća na agrošumarstvo, povećava se skladištenje organskog ugljika u tlu (De Stefano i Jacobson, 2018.), što je važan pokazatelj zdravlja tla te pomaže u ublažavanju klimatskih promjena u ekosustavima.

Na lokalitetu Đakovo, značajno najveća zastupljenost gljiva zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha u sva tri razdoblja prikupljanja uzoraka (Grafikon 3.94., Grafikon 3.100.). Navedeni ekosustav je pokazao i značajno najveću zastupljenost bakterija u prvom i drugom razdoblju uzorkovanja u usporedbi s ekosustavom poljoprivredne kulture i ekosustavom oraha (Grafikon 3.93., Grafikon 3.99.). Prema Beule i sur. (2020.) veći broj ukupnih bakterija i gljiva u tlu se nalazi unutar drvoreda nego u sredini usjeva (24 m od reda drvenaste kulture) u agrošumarstvu ili u monokulturnom usjevu. Međutim, u njihovom istraživanju ukupna brojnost bakterija i gljiva u tlu na udaljenosti od 1 m i 7 m od drvoreda nisu se značajno razlikovale od njihove brojnosti u drvoredu. Unos biljnog materijala i mnogobrojno korijenje drveća moglo je pridonijeti stimulaciji mikroflore tla. Uzorci za ovo istraživanje prikupljeni su u sredini usjeva koji se nalazi 4 m od reda oraha starih od 9 do 12 godina, te je stimulaciji mikroflore, osim otpalog lišća, grančica i obilnog korijenja oraha, moglo pridonijeti i mnogobrojno korijenje usijanih kultura, pšenice te heljde kao i provedena zelena gnojidba između kultura. Utjecaj ekosustava na rezultate mikrobioloških istraživanja provedenih na lokalitetu Ivankovo je izjednačen s utjecajem ekosustava na

lokalitetu Đakovo, iako su nasadi oraha stari samo od 2 do 4 godine te je najveća brojnost gljiva i bakterija zabilježena u ekosustavu konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha (Grafikon 3.96., Grafikon 3.97.).

Ekosustavi agrošumarstva imaju važnu ulogu u sprječavanju gubitka tla i poboljšanju učinkovitosti iskorištenja zemljišta. Osim toga, prisutnost drveća u sustavu agrošumarstva može održati duže vlagu tla (Meng i Zhang, 2004.). Rezultati ove doktorske disertacije potvrdili su pozitivan utjecaj trajnih nasada oraha na vlagu tla na pokusnim parcelama na lokalitetu Đakovo, vjerojatno zbog niže prosječne dnevne temperature, niže prosječne maksimalne dnevne temperature i više prosječne minimalne dnevne temperature unutar ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha. Također, veća relativna vlažnost površine tla karakteristična je za takve ekosustave (Ma i sur., 2012.).

Osim utjecaja na zajednicu nematoda, nematoloških indeksa i svojstava tla, interakcija drvenastih kultura i poljoprivrednih usjeva utječe i na prinos koji je važan aspekt agrošumarstva. Rezultati istraživanja Zhang i sur. (2015.a) ukazuju na to da je prinos pšenice zasađene među mladim stablima oraha smanjen za 7 % usporedno s prinosom pšenice u monokulturi. Bai i sur. (2018.) smatraju da nema sumnje da starija stabla oraha imaju jači negativan utjecaj na produktivnost pšenice od mladih stabala oraha. Slična je pojava primijećena u ekosustavima konsocijacije pšenice i stabala žižule gdje su starija stabla žižule negativno utjecala na prinos pšenice u sustavima konsocijacije (Zhang i sur., 2013.). Prinos pšenice u istraživanju ove doktorske disertacije nije se značajno razlikovao između ekosustava na lokalitetu Đakovo (stariji orasi), no smanjenje prinosa pšenice zabilježeno je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Ivankovo (mladi orasi). Ekosustav konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Đakovo imao je negativan utjecaj na prinos heljde druge godine pokusa zbog velike količine korovnih zajednica koje su se razvile unutar redova heljde u navedenom ekosustavu, no na lokalitetu Ivankovo negativan utjecaj konsocijacije na prinos heljde nije zabilježen.

Uzimajući širi pogled na ovo istraživanje, zajednice nematoda, njihove trofičke skupine i nematološki indeksi pokazali su vrlo značajne utjecaje različitih ekosustava. Osim proučavanih svojstava tla, alelospojevi i zasjenjivanje krošnjama oraha mogu se pripisati ponašanju nematoda i njihovoj reprodukciji (Kokalis-Burelle i Rodríguez-Kábana, 2006.). Wurst i sur. (2010.) kao i Bais i sur. (2006.) tvrde da eksudati korijena utječu na cijelu zajednicu nematoda, najvjerojatnije zbog prisutnosti fitoparazitskih nematoda (primarni razlagači). Fitoparaziti



izravno stupaju u interakciju s korijenjem biljaka i oslobađaju organske spojeve u rizosferu. Bertin i sur. (2003.) te Bohanek i Groninger (2005.) ukazuju na to kako su alelopatski utjecaji uobičajeni u ekosustavima konsocijacije s orasima. Mogućnost da bi alelospojevi stabala oraha dospjeli u oranični sloj pšenice te promijenili zajednicu nematoda u sustavima konsocijacije postoji. Razlike unutar lokaliteta mogu proizaći, između ostalog, iz različitosti utjecaja korijena stabala oraha na zajednicu nematoda, jer radijus korijenja dvogodišnjih oraha doseže 1,5 m (Gan i sur., 2015.), a korijenje stabala starijih oraha (7 godina) približno 6,1 m (Stone i Kalisz, 1991.) te iz različitog utjecaja zasjenjivanja unutar nasada.

Utjecaj zasjenjivanja tj. hladovine koju pruža trajni nasad, može smanjiti prinose poljoprivrednih kultura u sustavima agrošumarstva (Jose i sur., 2004.). Na intenzitet svjetla utječu širina drvoreda i promjer krošnje drveća. U istraživanju Bai i sur. (2018.), prosječni polumjer krošnje dvogodišnjih stabala oraha u sustavima konsocijacije bio je samo 19,5 cm. Na lokalitetu Ivankovo, uz međuredni razmak od 12 m i relativno mali volumen krošnje, zasjenjivanje nije bilo veliko te nije značajno utjecalo na bioraznolikost u tlu. Takve zaključke su potvrdili i Zhang i sur. (2015.a, c) u istraživanjima koje su proveli u trajnim nasadima. Osim toga, Scott i Sullivan (2007.) tvrde kako je mala mogućnost da će sjena utjecati na pšenicu posađenu između redova oraha starih od jednu do sedam godina. Stoga se utjecaj sjene mladih stabala oraha na pšenicu može zanemariti na lokalitetu Ivankovo, dok je na lokalitetu Đakovo razmak između redova manji, 8 metara, a polumjer krošnje veći (od 9 do 12 godina stari orasi) te je utjecaj zasjenjivanja mogao biti značajan.

Renčo i sur. (2020.) su analizirali zajednicu nematoda i mikroorganizama u tri tipa tla kako bi procijenili utjecaj tala na biološku raznolikost u prirodnim (šuma), poluprirodnim (livada) i poljoprivrednim ekosustavima Slovačke. Vrsta ekosustava i tla te interakcija oba čimbenika imali su značajne utjecaje na većinu proučavanih abiotičkih i biotičkih svojstva tla. Ekosustav šume s crnicom (černozem) pokazao je najveću brojnost i bioraznolikost rodova nematoda kao i najbolje vrijednosti nematoloških indeksa, najveću brojnost, raznolikost i biomasu mikroorganizama te najbolje vrijednosti različitih svojstava tla, zatim slijedi livada s kambisolom (smeđe tlo). Poljoprivredni ekosustav sa pseudoglejnim tлом imao je najmanju biološku raznolikost i vrijednosti svojstava tla. Ovo istraživanje provedeno je u ekosustavima na pseudoglejnom tlu, te smatramo da bi daljnja istraživanja trebala uključiti više vrsta tala koja bi veća brojnost i bioraznolikost rodova nematoda mogla pokazati veću razliku u dobivenim vrijednostima nematoloških indeksa tj. kako bi utjecaj ekosustava na zajednicu nematoda mogao biti više uočljiv.

Na temelju provedenih analiza, možemo pretpostaviti da svojstva tla, alelospojevi i zasjenjivanje objašnjavaju odgovor zajednice nematoda iz rizosfere poljoprivrednih kultura u ekosustavima konsocijacije, prvenstveno na lokalitetu Đakovo gdje su orasi stariji te utjecaji trajnih nasada značajniji.

#### 4.2. Regresijski model

Četvrti zadani cilj istraživanja obuhvaća razvijanje modela za predviđanje utjecaja istraživanih agroekosustava na bioraznolikost zajednice nematoda.

Općenito, korelacija između proučavanih varijabli ukazuje na to da kako se vrijednost jedne varijable mijenja, tako se druga varijabla nastoji promijeniti u određenom smjeru. Razumijevanje odnosa između proučavanih varijabli je korisno jer možemo upotrijebiti vrijednost jedne varijable za predviđanje vrijednosti druge varijable. Regresijska analiza podiže korelaciju na višu razinu, jer na osnovu znanja o jačini veze između varijabli taj odnos dodatno definira pomoću jednadžbe. Regresijska analiza pronalazi liniju i odgovarajuću jednadžbu koja najbolje odgovara proučavanom skupu podataka. Regresijski model može uključivati više varijabli koje objašnjavaju promjene proučavanih svojstava i time potencijalno poboljšati predviđanje tj. regresijskim modelom moguće je predvidjeti srednju vrijednost ovisne varijable s obzirom na poznate vrijednosti ovisnih varijabli (Frost, 2019.).

Podatci o tlu mogu se koristiti za matematičko modeliranje za analize, predviđanja neizmjenjenih svojstava tla ili za procjenu kvalitete tla, neovisno o metodama ekstrakcije ili mjerenja (Lončarić i sur., 2020.). Matematički model mogao bi se koristiti za predviđanje nekih neizmjenjenih svojstava tla, a u ovom je istraživanju matematički model kreiran pomoću regresijskog modela za predviđanje brojnost rodova nematoda u tlu na temelju fizikalnih, kemijskih i mikrobioloških analiza. Regresijski model kreiran je na prethodno provedenoj analizi glavnih komponenti.

Bai i sur. (2018.) su proveli analizu redundancije (RDA) kako bi utvrdili odnos između zajednica nematoda u tlu i parametara okoliša tj. vlage tla, pH tla, sadržaja organske tvari i ukupnog dušika. Rezultati analize redundancije pokazali su da su zajednice nematoda u tlu u proučavanim ekosustavima u značajnoj korelaciji sa svim ispitivanim čimbenicima okoliša, osobito sadržajem organske tvari u tlu i ukupnim dušikom. Ovi su rezultati u skladu s rezultatima dobivenim u prethodnim istraživanjima koji tvrde kako je usjev utjecao na zajednice nematoda putem svojstava tla (Li i sur., 2014., Adão i sur., 2009.). U istraživanju ove doktorske disertacije provedena je analiza glavnih komponenata za brojnost rodova nematoda

u tlu, te rezultati ukazuju kako najznačajniji utjecaj na brojnost rodova imaju brojnost bakterija u tlu, vlaga i temperatura tla, no i ostali proučavani parametri kao što su brojnost gljiva u tlu, pH tla i sadržaj humusa imaju značajan utjecaj (Tablica 3.34. i Tablica 3.35.). Nielsen i sur. (2014.) prikazali su povezanost zajednice nematoda s godišnjom količinom oborina (65 %) i temperaturom (58 %). Regresijski model također ukazuje na značajnost utjecaja proučavanih parametara (brojnost bakterija u tlu, brojnost gljiva u tlu, vlaga i temperatura tla, pH tla te sadržaj humusa). Na osnovu navedenih varijabli stvorena je opisna jednadžba modela. Parametri regresijskih jednadžbi na temelju fizikalnih, kemijskih te mikrobioloških svojstava tla razlikuju se na lokalitetu Đakovo od lokaliteta Ivankovo. Predviđena brojnost rodova određena je s preciznošću od 87,53 % na lokalitetu Đakovo, te 86,67 % na lokalitetu Ivankovo. No, ovaj model je potrebno validirati pomoću novog skupa podataka s istih lokaliteta, ali i s drugih vrsta tla i ekosustava.

Malobrojna su istraživanja u području nematologije bazirana na regresijskim modelima, no Mulder i sur. (2003.) analizirali su brojnost jedinki unutar rodova postepenom regresijom generaliziranog linearnog modela pomoću slične formule. Njihova formula omogućila je povezivanje brojnosti nematoda određenog roda prema čimbenicima okoliša kao što su pH tla, fosfor dostupan biljkama ( $P_2O_5$ ) te prisutna stoka, zanemarujući njihove interakcije. Pouzdanost ovih varijabli dodatno je povećana pretvaranjem brojnosti nematoda u ocjenu gustoće između 0 i 1.

Jednostavni regresijski modeli mogli bi biti vrlo važni za predviđanje bioraznolikosti tla kada su ostale proučavane varijable već poznate. Takvi modeli otvaraju niz mogućnosti u daljnjim istraživanjima, a mogli bi biti korišteni i za predviđanje razvoja fitoparazita, entomopatogenih nematoda, itd.

## 5. ZAKLJUČCI

U ovoj doktorskoj disertaciji istraživanja su provedena na zajednicama nematoda koje su korištene kao bioindikatori stanja i zdravlja ekosustava tla s ciljem utvrđivanja utjecaja konsocijacije poljoprivredne kulture i drvenastih vrsta (trajnog nasada oraha) na povećanje bioraznolikosti nematoda u tlu, a time i na smanjenje negativnog utjecaja klime u takvim ekosustavima.

Nakon provedenih istraživanja i analize rezultata možemo izvesti sljedeće zaključke:

- značajno najveća prosječna bioraznolikost rodova zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na oba lokaliteta
- najveća prosječna biomasa nematoda zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na oba lokaliteta, s visokom značajnošću na lokalitetu Đakovo
- najveća prosječna ukupna brojnost nematoda u 100 g tla zabilježena je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na oba lokaliteta, s visokom značajnošću na lokalitetu Đakovo
- bakterivore su identificirane kao najdominantnija trofička skupina (od 34,58 do 61,75%) u svim ispitivanim ekosustavima, što je korisno za zdravlje tla jer je veći postotak bakterivora značajno povezan s plodnošću tla i bržom razgradnjom organske tvari na poljoprivrednom zemljištu
- najveći prosječni postotni udio fungivora na oba lokaliteta (27,34 i 28,5 %), zabilježen je u ekosustavu s orasima, a sustavi dominirani fungivorama ukazuju na razgradnju organske tvari gljivičnim putevima
- prosječni postotni udio fitoparazitskih nematoda u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha iznosio je 20,06 (Đakovo) tj. 20,92 % (Ivankovo), dok su se vrijednosti značajno razlikovale u ostalim ekosustavima i lokalitetima. Najdominantniji rod fitoparazitskih nematoda na oba lokaliteta bio je *Pratylenchus*, nakon kojeg slijede *Tylenchus*, *Malencus* te *Paratylenchus* i *Helicotylenchus*
- značajno najveći prosječni postotni udio omnivora zabilježen je u ekosustavu s orasima i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na lokalitetu Đakovu (6,11 i 5,84 %), dok je u Ivankovu utvrđen manji prosječni udio omnivora u svim ekosustavima (od 3,2 do 3,69 %) što ukazuje na stabilnost ekosustava u Đakovu, gdje je trajni nasad stariji, a time i veća sjena te utjecaj sjene. Od omnivora u ekosustavima

---

s poljoprivrednom kulturom dominirao je rod *Aporcelaimellus*, dok su rodovi *Epidorylaimus*, *Mesodorylaimus*, *Prodorylaimus* i *Pungentus* dominirali u ostalim proučavanim ekosustavima

- značajnih razlika između prosječnog postotnog udjela predatora u različitim ekosustavima nije bilo niti na jednom lokalitetu, a postotni udio predatora kretao se od 0,94 do 4,06 %
- Shannonov indeks raznolikosti,  $H'$  pokazao je manje vrijednosti u ekosustavima s poljoprivrednom kulturom nego u ostalima ekosustavima na oba lokaliteta, te ukazuje na višu bioraznolikost u ekosustavima s orasima (K+O i O)
- vrijednosti indeksa zrelosti zajednice nematoda (MI i MI 2-5) nisu pokazale statistički značajno bolji utjecaj konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha u odnosu na ostale ekosustave
- značajno najbolje vrijednosti fitoparazitskog indeksa (PPI) pokazale su se u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na oba lokaliteta
- prosječne vrijednosti indeksa puteva razgradnje organske tvari (CI) u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, bio je sličan na oba lokaliteta (od 24,07 do 35,85), ukazuju na velik broj bakterivora koji sudjeluju u razgradnji organske tvari u tlu te manji unos složene organske tvari u tlo. Više prosječne vrijednosti indeksa CI u ekosustavu s orasima na lokalitetu Đakovo (52,38) ukazuju na viši udio gljiva i fungivora koji sudjeluju u razgradnji organske tvari u odnosu na lokalitet Ivankovo (28,94) gdje je nasad oraha mlađi
- statistički najbolje prosječne vrijednosti bazalnog indeksa (BI) utvrđene su u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Đakovo, dok u Ivankovu nisu utvrđene statistički značajne razlike između ispitivanih ekosustava
- više prosječne vrijednosti indeksa obogaćenja (EI) zabilježene u ekosustavu s poljoprivrednom kulturom i u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba lokaliteta, te ukazuju na brzu razgradnju organske tvari, složeni unos organske tvari u tlo i visoku plodnost tla. Malo niže vrijednosti indeksa EI u ekosustavu s orasima na lokalitetu Đakovo ukazuju na niži, ali i dalje dovoljan unos labilne organske tvari i hranjiva, srednju do brzu razgradnju organske tvar te srednju do visoku plodnost tla

- prosječne vrijednosti indeksa strukture (SI) u ekosustavu s orasima i ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na lokalitetu Đakovo, ukazuju na srednju do visoku razvijenost hranidbene mreže u tlu, dobar udio viših trofičkih i cp skupina. Na lokalitetu Ivankovo vrijednosti indeksa SI ne podupiru tezu u kojoj su ekosustav oraha i ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha najbolji, zbog premladog nasada oraha koji još nije razvio dovoljnu količinu volumena korijena te obogatio hranidbenu mrežu u tlu
- većina uzoraka, s oba lokaliteta, su mapirana u kvadrant A prema provedenoj analizi hranidbene mreže u tlu što ukazuje na visoko uznemirenje, bakterijske puteve razgradnje organske tvari, visoku raspoloživost N i nizak C:N omjer
- metabolički otisak bakterivora je bio značajan u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba lokaliteta. Od ukupnog metaboličkog otiska nematoda najveći metabolički otisak čine bakterivore, u svim ekosustavima i lokalitetima, što ukazuje na kruženje ugljika većinom kroz bakterijske kanale, koji su općenito najčešći u agroekosustavima
- najveći metabolički otisak fungivora zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na lokalitetu Ivankovo, dok na lokalitetu Đakovo metabolički otisak fungivora nije pokazao statistički značajno bolji utjecaj konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha u odnosu na ostale ekosustave
- pozitivan utjecaj ekosustava s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha na ukupni metabolički otisak mikrobivora (fungivora i bakterivora) bio je statistički značajan na oba lokaliteta
- zabilježena je metabolička aktivnost fitoparazita u svim proučavanim ekosustavima, na svim lokalitetima, te je vrhunac metaboličke aktivnosti fitoparazita bio pred žetvu pšenice, dok je metabolička aktivnost fitoparazita unutar ekosustava s orasima bila ujednačena tijekom cijelog istraživanja
- metabolički otisak omnivora nije pokazao statistički značajno bolji utjecaj konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha u odnosu na ostale ekosustave
- najveći prosječni metabolički otisak predatora zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba lokaliteta, s visokom značajnošću na lokalitetu Đakovo, što ukazuje na ublažavanje negativnog antropogenog utjecaja i napredak u zrelosti ekosustava s obzirom na ekosustav s poljoprivrednom kulturom

- najveći metabolički otisak obogaćenja zajednice nematoda zabilježen je u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba lokaliteta
- metabolički otisak strukture zajednice nematoda nije pokazao statistički značajno bolji utjecaj ekosustava konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha u odnosu na ostale ekosustave što ukazuje na jednaku produktivnost viših trofičkih razina u istraživanim ekosustavima
- visoka aktivnost bakterija i gljiva, te nematoda koji su sekundarni razlagači (bakterivore i fungivore), rezultira statistički značajno najvišim udjelom organske tvari u ekosustavu s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha, na oba lokaliteta. Unos biljnog materijala i mnogobrojno korijenje drveća pridonijelo je stimulaciji mikroflore tla
- ekosustav s konsocijacijom poljoprivredne kulture i oraha pozitivno je utjecao na temperaturu i vlagu tla na oba lokaliteta, zbog niže prosječne dnevne temperature, niže prosječne maksimalne dnevne i više prosječne minimalne dnevne temperature unutar nasada
- utjecaj ekosustava konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha nije pokazao značajno bolji utjecaj u odnosu na ostale ekosustave na prinos pšenice i heljde
- brojnost rodova nematoda se pokazalo kao korisno svojstvo za kreiranje regresijskog modela na osnovu rezultata provedenih analiza uzoraka kemijskih, fizikalnih i mikrobioloških svojstava tla, s preciznošću od 87,53 % (Đakovo) i 86,68 % (Ivankovo)

Općenito se može zaključiti da ekosustavi s konsocijacijom poljoprivrednih kultura i trajnih nasada pozitivno utječu na ukupnu brojnost nematoda u tlu, njihovu bioraznolikost i biomasu, strukturu trofičkih skupina nematoda unutar zajednice, indekse PPI, CI, BI, SI, metabolički otisak svih trofičkih skupina, metabolički otisak obogaćenja i strukture zajednice nematoda, brojnost bakterija i gljiva u tlu te na sadržaj humusa, vlage i temperaturu tla. S obzirom na navedene zaključke, potvrđujemo hipotezu kojom tvrdimo da konsocijacija drvenastih vrsta i poljoprivrednih kultura smanjuje negativni utjecaj klime na poljoprivrednu proizvodnju te se stvara nova mikroklima koja pogoduje povećanju bioraznolikosti u tlu. No, treba imati na umu kako su daljnja istraživanja potrebna da bi se bolje razumio utjecaj takvih ekosustava na ovom geografskom području, posebice na drugim drvenastim kulturama i vrstama tala. Također daljnja istraživanja bi trebala uključiti mjerenje zasjenjivanja i određivanja alelopatskih utjecaja u zajednicama takvih ekosustava.

## 6. LITERATURA

1. Adão, H., Alves, A. S., Patrício, J., Neto, J. M., Costa, M. J., & Marques, J. C. (2009). Spatial distribution of subtidal Nematoda communities along the salinity gradient in southern European estuaries. *Acta oecologica*, 35(2), 287-300.
2. Alby, T., Ferris, J. M., & Ferris, V. R. (1983). Dispersion and distribution of *Pratylenchus scribneri* and *Hoplolaimus galeatus* in soybean fields. *Journal of nematology*, 15(3), 418.
3. Anderson, R. V., Gould, W. D., Woods, L. E., Cambardella, C., Ingham, R. E., & Coleman, D. C. (1983). Organic and inorganic nitrogenous losses by microbivorous nematodes in soil. *Oikos*, 75-80.
4. Andrassy, I. (1956). Die rauminhalts-und gewichtsbestimmung der fadenwürmer (Nematoden). *Acta Zoologica Hungarica*, 2(1), 1-5.
5. Andrassy, I. (2005). *Pedozoologica Hungarica No. 3.: Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia) Volume I*, Hungarian National History Museum, Budapest, Hungary
6. Andrassy, I. (2007). *Pedozoologica Hungarica No. 4.: Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia) Volume II*, Hungarian National History Museum, Budapest, Hungary
7. Andrassy, I. (2009). *Pedozoologica Hungarica No. 5.: Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia) Volume III*, Hungarian National History Museum, Budapest, Hungary
8. Andrés, P., Moore, J. C., Simpson, R. T., Selby, G., Cotrufo, F., Deneff, K., ... & Wall, D. H. (2016). Soil food web stability in response to grazing in a semi-arid prairie: the importance of soil textural heterogeneity. *Soil Biology and Biochemistry*, 97, 131-143.
9. Apple, M. S., & Korostyshevskiy, M. A. (1980). Why many biological parameters are connected by power dependence. *Journal of theoretical Biology*, 85(4), 569-573.
10. Atkinson, H., J. (1980). Respiration in nematodes. U Nematodes as Biological Models, Volume 2 (ur. Zuckerman, B., M.), 116-142. Academic Press, New York.
11. Baermann, G. (1917). Eine einfache methode zur auffindung von *Ancylostomum* (Nematoden) larven in erdproben. *Geneeskd Tijdschr Ned Indie*, 57, 131-137.
12. Bai, P. H., Liu, Q. Z., Li, X. Y., Liu, Y. B., & Zhang, L. L. (2018). Response of the wheat rhizosphere soil nematode community in wheat/walnut intercropping system in Xinjiang, Northwest China. *Applied entomology and zoology*, 53(3), 297-306.
13. Bais, H. P., Weir, T. L., Perry, L. G., Gilroy, S., & Vivanco, J. M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57, 233-266.
14. Bardgett, R. D., & Chan, K. F. (1999). Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montane grassland ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(7), 1007-1014.
15. Bardgett, R. D., & Van Der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515(7528), 505-511.



16. Barrios, E., Valencia, V., Jonsson, M., Brauman, A., Hairiah, K., Mortimer, P. E., & Okubo, S. (2018). Contribution of trees to the conservation of biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 14(1), 1-16.
17. Bertin, C., Yang, X., & Weston, L. A. (2003). The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and soil*, 256(1), 67-83.
18. Beule, L., Lehtsaar, E., Corre, M. D., Schmidt, M., Veldkamp, E., & Karlovsky, P. (2020). Poplar rows in temperate agroforestry croplands promote bacteria, fungi, and denitrification genes in soils. *Frontiers in Microbiology*, 10, 3108.
19. Bhusal, D. R., Kallimanis, A. S., Tsiafouli, M. A., & Sgardelis, S. P. (2014). Higher taxa vs. functional guilds vs. trophic groups as indicators of soil nematode diversity and community structure. *Ecological Indicators*, 41, 25-29.
20. Bhusal, D. R., Tsiafouli, M. A., & Sgardelis, S. P. (2015). Temperature-based bioclimatic parameters can predict nematode metabolic footprints. *Oecologia*, 179(1), 187-199.
21. Biederman, L. A., & Boutton, T. W. (2009). Biodiversity and trophic structure of soil nematode communities are altered following woody plant invasion of grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9), 1943-1950.
22. Blaxter, M. (1998). *Caenorhabditis elegans* is a nematode. *Science*, 282(5396), 2041-2046.
23. Bohanek, J. R., & Groninger, J. W. (2005). Productivity of European black alder (*Alnus glutinosa*) interplanted with black walnut (*Juglans nigra*) in Illinois, USA. *Agroforestry systems*, 64(2), 99-106.
24. Bongers, T. (1988). De nematoden van Nederland (KNNV Bibliotheekuitgave 46). 408. *Pirola, Schoorl*.
25. Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83(1), 14-19.
26. Bongers, T. (1999). The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and soil*, 212(1), 13-22.
27. Bongers, T., & Bongers, M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied soil ecology*, 10(3), 239-251.
28. Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(6), 224-228.
29. Bongers, T., & Korthals, G. (1993). The maturity index, an instrument to monitor changes in the nematode community structure. U sažetku 45og *International Symposium on Crop Protection*, 4. *svibnja, 1993., Gent, Belgija*, 80
30. Bongers, T., & Korthals, G. (1995). The behaviour of MI and PPI under enriched conditions. *Nematologica*, 41 (3), 286.

31. Bongers, T., De Goede, G., Kappers, F. I., & Manger, R. (1989). *Ecologische typologie van de Nederlandse bodem op basis van de vrijlevende nematodenfauna*. Rapportnr. 718602002. Landbouwniversiteit.
32. Bongers, T., van der Meulen, H., & Korthals, G. (1997). Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. *Applied Soil Ecology*, 6(2), 195-199.
33. Brmež, M. (1999). Nematode kao bioindikatori stanja agroekosustava. *Magistarski rad*, 61.
34. Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., & Majić, I. (2004). Dinamika populacije nematoda u pšenici. *Poljoprivreda*, 10(2), 5-9.
35. Brmež, M., Puškarić, J., Siber, T., Raspudić, E., Grubišić, D., & Popović, B. (2018). Influence of liquid chicken manure preparation on soil health and agrochemical soil properties. *Poljoprivreda*, 24(1), 3-9.
36. Brown, D. H., Ferris, H., Fu, S., & Plant, R. (2004). Positive feedback in a model food web. *Theoretical Population Biology*, 65, 143-152.
37. Brown, S. E., Miller, D. C., Ordonez, P. J., & Baylis, K. (2018). Evidence for the impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in high-income countries: a systematic map protocol. *Environmental evidence*, 7(1), 1-16.
38. Brussaard, L., Behan-Pelletier, V. M., Bignell, D. E., Brown, V. K., Didden, W., Folgarait, P., Fragoso, C., Freckman, D. W., Gupta, V. V. S. R., Hattori, T., Hawksworth, D. L., Klopatek, C., Lavelle, P., Malloch, D. W., Rusek, J., Söderström, B., Tiedje, J. M. & Virginia, R. A. (1997). Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio*, 26 (8). 563-570.
39. Cardinael, R., Chevallier, T., Cambou, A., Beral, C., Barthès, B. G., Dupraz, C., ... & Chenu, C. (2017). Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 236, 243-255.
40. Chapin, F. S., Schulze, E. D., & Mooney, H. A. (1992). Biodiversity and ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, 7(4), 107-108.
41. Chen, J., & Ferris, H. (1999). The effects of nematode grazing on nitrogen mineralization during fungal decomposition of organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(9), 1265-1279.
42. Chen, J., Saunders, S. C., Crow, T. R., Naiman, R. J., Brosofske, K. D., Mroz, G. D., Brookshire, B. L., & Franklin, J. F. (1999). Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 49(4), 288-297.
43. Ciobanu, M., Popovici, I., Zhao, J., & Stoica, I. A. (2015). Patterns of relative magnitudes of soil energy channels and their relationships with environmental factors in different ecosystems in Romania. *Scientific reports*, 5(1), 1-11.

- 
44. Cohen, J. E. (1989). Food webs and community structure. Roughgarden, J., May, R.M. and Levin, S.E. (ur.) *Perspectives in ecological theory*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 181-202.
  45. Coleman, D. C., & Wall, D. H. (2015). Soil fauna: Occurrence, biodiversity, and roles in ecosystem function. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*, 4, 111-149.
  46. Collado, S., Oulego, P., Suárez-Iglesias, O., & Díaz, M. (2019). Leachates and natural organic matter. A review of their biotreatment using fungi. *Waste Management*, 96, 108-120.
  47. Culman, S. W., Young-Mathews, A., Hollander, A. D., Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., O'Geen, A. T., & Jackson, L. E. (2010). Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification. *Landscape ecology*, 25(9), 1333-1348.
  48. De Goede, R. G. M. (1993). *Terrestrial nematodes in a changing environment*. Wageningen University and Research.
  49. De Stefano, A., & Jacobson, M. G. (2018). Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. *Agroforestry systems*, 92(2), 285-299.
  50. De Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., ... & Bardgett, R. D. (2013). Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(35), 14296-14301.
  51. Diemont, S. A., & Martin, J. F. (2005). Management impacts on the trophic diversity of nematode communities in an indigenous agroforestry system of Chiapas, Mexico. *Pedobiologia*, 49(4), 325-334.
  52. Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical reviews in plant sciences*, 22(2), 107-149.
  53. DuPont, S. T., Ferris, H., & Van Horn, M. (2009). Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. *Applied soil ecology*, 41(2), 157-167.
  54. Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., Graves, A., Herzog, F., Incoll, L., ... & van der Werf, W. (2005). Synthesis of the silvoarable agroforestry for Europe project. *INRA-UMR System Editions, Montpellier*, 254.
  55. Egnér, H. A. N. S., Riehm, H., & Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor-und Kaliumbestimmung. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 26, 199-215.
  56. Ekschmitt, K., Bakonyi, G., Bongers, M., Bongers, T., Boström, S., Dogan, H., ... & Wolters, V. (1999). Effects of the nematofauna on microbial energy and matter transformation rates in European grassland soils. *Plant and Soil*, 212(1), 45-61.
-

- 
57. Ekschmitt, K., Bakonyi, G., Bongers, M., Bongers, T., Boström, S., Dogan, H., ... & Wolters, V. (2001). Nematode community structure as indicator of soil functioning in European grassland soils. *European Journal of Soil Biology*, 37(4), 263-268.
  58. Elliott, E. T., & Coleman, D. C. (1988). Let the soil work for us. *Ecological bulletins*, 23-32.
  59. Ewald, M., Glavatska, O., & Ruess, L. (2020). Effects of resource manipulation on nematode community structure and metabolic footprints in an arable soil across time and depth. *Nematology*, 22(9), 1025-1043.
  60. Ferris, H. (2010). Form and function: metabolic footprints of nematodes in the soil food web. *European Journal of Soil Biology*, 46(2), 97-104.
  61. Ferris, H., & Bongers, T. (2006). Nematode indicators of organic enrichment. *Journal of nematology*, 38(1), 3.
  62. Ferris, H. & Tuomisto, H. (2015). Unearthing the role of biological diversity in soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 85, 101-109.
  63. Ferris, H., Bongers, T., & de Goede, R. G. (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied soil ecology*, 18(1), 13-29.
  64. Ferris, H., Griffiths, B. S., Porazinska, D. L., Powers, T. O., Wang, K. H., & Tenuta, M. (2012b). Reflections on plant and soil nematode ecology: past, present and future. *Journal of Nematology*, 44(2), 115.
  65. Ferris, H., Pocasangre, L. E., Serrano, E., Muñoz, J., Garcia, S., Perichi, G., & Martinez, G. (2012a). Diversity and complexity complement apparent competition: Nematode assemblages in banana plantations. *Acta oecologica*, 40, 11-18.
  66. Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., & Brennan, E. B. (2012c). Structure, functions and interguild relationships of the soil nematode assemblage in organic vegetable production. *Applied Soil Ecology*, 61, 16-25.
  67. Ferris, H., Venette, R. C., & Scow, K. M. (2004). Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralisation function. *Applied Soil Ecology*, 25(1), 19-35.
  68. Ferris, H., Venette, R. C., Van Der Meulen, H. R., & Lau, S. S. (1998). Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: verification and measurement. *Plant and Soil*, 203(2), 159-171.
  69. Freckman, D. W. (1988). Bacterivorous nematodes and organic-matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24(1-3), 195-217.
  70. Freckman, D. W., & Ettema, C. H. (1993). Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 45(3-4), 239-261.
  71. Frost, J. (2019). Regression analysis: An intuitive guide for using and interpreting linear models. Statistics By Jim Publishing.

- 
72. Gan, Y. W., Li, L., Li, L. H., Zhang, W., & Wang, B. J. (2015). Spatial distribution of root diameter and specific root length in walnut/wheat agroforestry system in southern Xinjiang. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 24, 56-63.
  73. Gao, L., Xu, H., Bi, H., Xi, W., Bao, B., Wang, X., Bi, C. & Chang, Y. (2013). Intercropping competition between apple trees and crops in agroforestry systems on the Loess Plateau of China. *PLoS One*, 8(7), 1-8.
  74. Gebremikael, M. T., Steel, H., Bert, W., Maenhout, P., Sleutel, S., & De Neve, S. (2015). Quantifying the contribution of entire free-living nematode communities to carbon mineralization under contrasting C and N availability. *PloS one*, 10(9), e0136244.
  75. Glavatska, O., Müller, K., Butenschoen, O., Schmalwasser, A., Kandeler, E., Scheu, S., ... & Ruess, L. (2017). Disentangling the root-and detritus-based food chain in the micro-food web of an arable soil by plant removal. *PloS one*, 12(7), e0180264.
  76. Gomes, G. S., Huang, S. P., & Cares, J. E. (2003). Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia brasileira*, 28(3), 258-266.
  77. Háněl, L. (2003). Recovery of soil nematode populations from cropping stress by natural secondary succession to meadow land. *Applied Soil Ecology*, 22(3), 255-270.
  78. Heyns, J. (1982). Nematode morphology and classification. U: Keetch, D., P., Heyns, J. (ur.) Nematology in southern Africa, Science Bulletin No. 400. Department of Agriculture and Fisheries, Pretoria, 1-11.
  79. Holtkamp, R., Van der Wal, A., Kardol, P., Van der Putten, W. H., De Ruiter, P. C., & Dekker, S. C. (2011). Modelling C and N mineralisation in soil food webs during secondary succession on ex-arable land. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(2), 251-260.
  80. Hunt, D. J. (1993). Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae: their systematics and bionomics. CAB International. Wallingford, UK, 352.
  81. Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-López, R. H. (2005). Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2, 11-52.
  82. Ilieva-Makulec, K., Tyburski, J., & Makulec, G. (2016). Soil nematodes in organic and conventional farming system: a comparison of the taxonomic and functional diversity. *Polish Journal of Ecology*, 64(4), 547-563.
  83. Ingham, R. E., Trofymow, J. A., Ingham, E. R., & Coleman, D. C. (1985). Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological monographs*, 55(1), 119-140.
  84. International standard organization (1994). Soil quality - pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO 11464:1994
  85. International standard organization (1998). Soil Quality - Determination of Organic Carbon by Sulfochromic Oxidation, Geneva, Switzerland, 1998. ISO 14235:1998
-

- 
86. International Organization for Standardization (2005).. Soil Quality - Determination of pH; Geneva, Switzerland, ISO 10390:2005
  87. Croatian Standards Institute (2004). Soil Quality - Extraction of Trace Elements Soluble in Aqua Regia, Zagreb, Croatia, HRN ISO 11466:2004
  88. Jackson, R. B., Banner, J. L., Jobbágy, E. G., Pockman, W. T., & Wall, D. H. (2002). Ecosystem carbon loss with woody plant invasion of grasslands. *Nature*, *418*(6898), 623-626.
  89. Jakobović, M., Puškarić, J., Raspudić, E., Vrandečić, K., & Brmež, M. (2017). Utjecaj biljaka s nematocidnim djelovanjem na nematode u tlu. *Zbornik radova 52. hrvatskog i 12. međunarodnog simpozija agronoma*, 61-65.
  90. Jiang, Y., Zhou, H., Chen, L., Yuan, Y., Fang, H., Luan, L., ... & Sun, B. (2018). Nematodes and microorganisms interactively stimulate soil organic carbon turnover in the macroaggregates. *Frontiers in microbiology*, *9*, 2803.
  91. Jose, S., Gillespie, A. R., & Pallardy, S. G. (2004). Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, *61*(1), 237-255.
  92. Judd, C. M., McClelland, G. H., & Ryan, C. S. (2017). *Data analysis: A model comparison approach to regression, ANOVA, and beyond*. Routledge.
  93. Kappen, H. (1929). Die Bodenazidität. Springer Verlag, Berlin. 363.
  94. Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, *61*(1), 4-10.
  95. Kellman, M. (1979). Soil enrichment by neotropical savanna trees. *The Journal of Ecology*, 565-577.
  96. Kibblewhite, M. G., Ritz, K., & Swift, M. J. (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *363*(1492), 685-701.
  97. Kimenju, J. W., Karanja, N. K., Mutua, G. K., Rimberia, B. M., & Wachira, P. M. (2009). Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and subtropical agroecosystems*, *11*(2), 353-360.
  98. Klekowski, R. Z., Wasilewska, L., & Paplinska, E. (1974). Oxygen Consumption in the Developmental Stages of Panagrolaimus Rigid Us. *Nematologica*, *20*(1), 61-68.
  99. Knox, O. G. G., Killham, K., Mullins, C. E., & Wilson, M. J. (2003). Nematode-enhanced microbial colonization of the wheat rhizosphere. *FEMS Microbiology Letters*, *225*(2), 227-233.
  100. Kokalis-Burelle, N., & Rodríguez-Kábana, R. (2006). Allelochemicals as biopesticides for management of plant-parasitic nematodes. U: *Allelochemicals: biological control of plant pathogens and diseases*, Springer, Dordrecht, 15-29.
  101. Korthals, G. W., Bongers, T., Kammenga, J. E., Alexiev, A. D., & Lexmond, T. M. (1996a). Long-term effects of copper and pH on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, *15*(6), 979-985.
-

- 
102. Korthals, G. W., De Goede, R. G. M., Kammenga, J. E., & Bongers, T. (1996b). The maturity index as an instrument for risk assessment of soil pollution. *Bioindicator systems for soil pollution*, 85-93. Kluwer Academic Publishers.
  103. Korthals, G. W., van de Ende, A., van Megen, H., Lexmond, T. M., Kammenga, J. E., & Bongers, T. (1996c). Short-term effects of cadmium, copper, nickel and zinc on soil nematodes from different feeding and life-history strategy groups. *Applied Soil Ecology*, 4(2), 107-117.
  104. Krämer, W., & Sonnberger, H. (2012). *The linear regression model under test*. Springer Science & Business Media.
  105. Li, Q., Xu, C., Liang, W., Zhong, S., Zheng, X., & Zhu, J. (2009). Residue incorporation and N fertilization affect the response of soil nematodes to the elevated CO<sub>2</sub> in a Chinese wheat field. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(7), 1497-1503.
  106. Li, X. Y., Liu, Q. Z., Wang, Y. Z., Sun, H. Y., Bai, C. Q., & Lewis, E. E. (2015). Different changes of soil nematode communities in replant and continuous-planting peach orchards and their indicative value for peach replant problem. *Helminthologia*, 52(3), 261.
  107. Li, X., Liu, Q., Liu, Z., Shi, W., Yang, D., & Tarasco, E. (2014). Effects of organic and other management practices on soil nematode communities in tea plantation: a case study in southern China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(4), 604-612.
  108. Li, X., Y. Lewis, E. E., Liu, Q., Li, H., Bai, C., & Wang, Y. (2016). Effects of long-term continuous cropping on soil nematode community and soil condition associated with replant problem in strawberry habitat. *Scientific reports*, 6(1), 1-12.
  109. Lipson, D. A., Schadt, C. W., & Schmidt, S. K. (2002). Changes in soil microbial community structure and function in an alpine dry meadow following spring snow melt. *Microbial ecology*, 43(3), 307-314.
  110. Liu, Y. B., Zhang, L. L., & Liu, Q. Z. (2015). Changes of nematode community under monoculture wheat and wheat/jujube intercropping system in Xinjiang, Northwest China. *Helminthologia*, 52(2), 123-129.
  111. Lončarić, Z. (2009). Praktikum analiza tla i gnojiva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 11.
  112. Lončarić, Z., Hefer, H., Dugalić, K., Rukavina, I., Andrišić, M., Zegnal, I., Mišević, D., & Rašić, D. (2020). Modelling Fe, Zn and Mn availability in soils of eastern Croatia. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*, 66(2), 77-80.
  113. Ma, Y., Liao, K., Qiu, C., Ning, W., Li, W., & Xu, L. (2012). The research on environmental temperature and humidity daily variation regularity in apricot-wheat intercropping zone. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 49(1), 80-85.
  114. Mai, W. F., & Lyon, H. H. (1975). *Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes*. Cornell University Press. London, 219.
  115. Majić, I. (2009). Endoparazitne nematode roda *Pratylenchus* u soji. Doktorska disertacija. Osijek: Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
-

- 
116. Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., De Tourdonnet, S. & Valantin-Morison, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models: a review. *Sustainable agriculture*, 329-353.
117. Marsden, C., Martin-Chave, A., Cortet, J., Hedde, M., & Capowiez, Y. (2020). How agroforestry systems influence soil fauna and their functions-a review. *Plant and Soil*, 453(1), 29-44.
118. McSorley, R. (1999). Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. *Journal of nematology*, 31(4S), 619.
119. Meng, F.X., Ou, W., Li, Q., Jiang, Y., & Wen, D.Z. (2006). Vertical distribution and seasonal fluctuation of nematode trophic groups as affected by land use. *Pedosphere*, 16(2), 169-176.
120. Meng, P., & Zhang, J. S. (2004). Effects of pear-wheat inter-cropping on water and land utilization efficiency. *Forest Research-Chinese Academy Of Forestry*, 17(2), 167-171.
121. Michiels, I. C., & Traunspurger, W. (2005). Impact of resource availability on species composition and diversity in freshwater nematodes. *Oecologia*, 142(1), 98-103.
122. Minitab 17 Statistical Software (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com)
123. Minoshima, H., Jackson, L. E., Cavagnaro, T. R., Sánchez-Moreno, S., Ferris, H., Temple, S. R., ... & Mitchell, J. P. (2007). Soil food webs and carbon dynamics in response to conservation tillage in California. *Soil Science Society of America Journal*, 71(3), 952-963.
124. Mitchell, M. G., Bennett, E. M., & Gonzalez, A. (2014). Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 909-918.
125. Moll, J., Goldmann, K., Kramer, S., Hempel, S., Kandeler, E., Marhan, S., ... & Buscot, F. (2015). Resource type and availability regulate fungal communities along arable soil profiles. *Microbial ecology*, 70(2), 390-399.
126. Monokrousos, N., Charalampidis, G., Boutsis, G., Sousanidou, V., Papatheodorou, E. M., & Argyropoulou, M. D. (2014). Plant-induced differentiation of soil variables and nematode community structure in a Mediterranean serpentine ecosystem. *Soil Research*, 52(6), 593-603.
127. Mulder, C., & Maas, R. (2017). Unifying the functional diversity in natural and cultivated soils using the overall body-mass distribution of nematodes. *BMC ecology*, 17(1), 1-14.
128. Mulder, C., De Zwart, D., Van Wijnen, H. J., Schouten, A. J., & Breure, A. M. (2003). Observational and simulated evidence of ecological shifts within the soil nematode community of agroecosystems under conventional and organic farming. *Functional Ecology*, 516-525.
129. Mulder, C., Schouten, A. J., Hund-Rinke, K., & Breure, A. M. (2005). The use of nematodes in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62(2), 278-289.
130. Neher, D. A. (1999). Soil community composition and ecosystem processes: comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. *Agroforestry Systems*, 45(1), 159-185.



- 
131. Neher, D. A. (2001a). Nematode communities as ecological indicators of agroecosystem health. *Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies*, 105-120.
  132. Neher, D. A. (2001b). Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of nematology*, 33(4), 161-168.
  133. Neher, D. A. (2010). Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual review of phytopathology*, 48, 371-394.
  134. Neher, D. A., & Campbell, C. L. (1996). Sampling for regional monitoring of nematode communities in agricultural soils. *Journal of Nematology*, 28(2), 196-208.
  135. Neher, D. A., Easterling, K. N., Fiscus, D., & Campbell, C. L. (1998). Comparison of nematode communities in agricultural soils of North Carolina and Nebraska. *Ecological Applications*, 8(1), 213-223.
  136. Neher, D. A., Weicht, T. R., & Barbercheck, M. E. (2012). Linking invertebrate communities to decomposition rate and nitrogen availability in pine forest soils. *Applied Soil Ecology*, 54, 14-23.
  137. Neher, D. A., Wu, J., Barbercheck, M. E., & Anas, O. (2005). Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures. *Applied Soil Ecology*, 30(1), 47-64.
  138. Nicholas, W. L. (1975). *The biology of free-living nematodes*. Clarendon Press. Oxford.
  139. Nielsen, U. N., Ayres, E., Wall, D. H., Li, G., Bardgett, R. D., Wu, T., & Garey, J. R. (2014). Global-scale patterns of assemblage structure of soil nematodes in relation to climate and ecosystem properties. *Global Ecology and Biogeography*, 23(9), 968-978.
  140. Norton, D. C. (1979). Relationship of physical and chemical factors to populations of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 17(1), 279-299.
  141. Odum, E. P. (1985). Trends expected in stressed ecosystems. *Bioscience*, 35(7), 419-422.
  142. Okada, H., & Harada, H. (2007). Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology*, 35(3), 582-598.
  143. Palm, C. A. (1995). Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry systems*, 30(1-2), 105-124.
  144. Pan, F., McLaughlin, N. B., Yu, Q., Xue, A. G., Xu, Y., Han, X., Li, C. & Zhao, D. (2010). Responses of soil nematode community structure to different long-term fertilizer strategies in the soybean phase of a soybean–wheat–corn rotation. *European Journal of Soil Biology*, 46(2), 105-111.
  145. Parmelee, R. W., & Alston, D. G. (1986). Nematode trophic structure in conventional and no-tillage agroecosystems. *Journal of Nematology*, 18(3), 403.
  146. Paula, F. S., Rodrigues, J. L., Zhou, J., Wu, L., Mueller, R. C., Mirza, B. S., ... & Pellizari, V. H. (2014). Land use change alters functional gene diversity, composition and abundance in Amazon forest soil microbial communities. *Molecular ecology*, 23(12), 2988-2999.

- 
147. Pausch, J., Kramer, S., Scharroba, A., Scheunemann, N., Butenschoen, O., Kandeler, E., ... & Ruess, L. (2016). Small but active–Pool size does not matter for carbon incorporation in below-ground food webs. *Functional Ecology*, 30(3), 479-489.
148. Pianka, E. R. (1970). On r-and K-selection. *The american naturalist*, 104(940), 592-597.
149. Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T. & Cliff, B. (1997). Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience*, 47(11), 747-757.
150. Platt, H. M. (1994). The phylogenetic systematics of free-living nematodes, S. Lorenzen, ur. *The Ray Society, London*. 383.
151. Poage, M. A., Barrett, J. E., Virginia, R. A., & Wall, D. H. (2008). The influence of soil geochemistry on nematode distribution, McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40(1), 119-128.
152. Porazinska, D. L., Bardgett, R. D., Blaauw, M. B., Hunt, H. W., Parsons, A. N., Seastedt, T. R., & Wall, D. H. (2003). Relationships at the aboveground–belowground interface: plants, soil biota, and soil processes. *Ecological monographs*, 73(3), 377-395.
153. Quinkenstein, A., Woellecke, J., Böhm, C., Grünewald, H., Freese, D., Schneider, B. U., & Hüttl, R. F. (2009). Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science & Policy*, 12(8), 1112-1121.
154. Raspudić, E. (1991). Proučavanje fitoparazitskih nematoda soje na području istočne Slavonije i Baranje kao i mogućnost kemijskog suzbijanja. Magistarski rad. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
155. Reddy, C. A., Beveridge, T. J., Breznak, J. A., & Marzluf, G. (Ur.). (2007). *Methods for general and molecular microbiology*. American Society for Microbiology Press.
156. Reeve, J. R., Hoagland, L. A., Villalba, J. J., Carr, P. M., Atucha, A., Cambardella, C., Davis, D. R. & Delate, K. (2016). Organic farming, soil health, and food quality: considering possible links. *Advances in agronomy*, 137, 319-367.
157. Renčo, M., Gömöryová, E., & Čerevková, A. (2020). The effect of soil type and ecosystems on the soil nematode and microbial communities. *Helminthologia*, 57(2), 129.
158. Ritz, K. & Trudgill, D. L. (1999). Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges. *Plant and soil*, 212(1), 1-11.
159. Ruess, L., & Ferris, H. (2004). Decomposition pathways and successional changes. *Nematology Monographs and Perspectives*, 2, 547-556.
160. Sánchez-Moreno, S., Ferris, H., Young-Mathews, A., Culman, S. W., & Jackson, L. E. (2011). Abundance, diversity and connectance of soil food web channels along environmental gradients in an agricultural landscape. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(12), 2374-2383.
-

- 
161. Sánchez-Moreno, S., Minoshima, H., Ferris, H., & Jackson, L. E. (2006). Linking soil properties and nematode community composition: effects of soil management on soil food webs. *Nematology*, 8(5), 703-715.
162. Sánchez-Moreno, S., Nicola, N. L., Ferris, H., & Zalom, F. G. (2009). Effects of agricultural management on nematode–mite assemblages: soil food web indices as predictors of mite community composition. *Applied soil ecology*, 41(1), 107-117.
163. Santiago, D. C., de Oliveira Arieira, G., de Almeida, E., & de Fátima Guimarães, M. (2012). Responses of soil nematode communities to agroecological crop management systems. *Nematology*, 14(2), 209-221.
164. SAS® 9.4 Statistical Software (2017). SAS Institute, Cary, NC, USA
165. SAS Enterprise Guide 7.1 (2014). Institute, Cary, NC, USA
166. Scharroba, A., Dibbern, D., Hünninghaus, M., Kramer, S., Moll, J., Butenschoen, O., ... & Ruess, L. (2012). Effects of resource availability and quality on the structure of the micro-food web of an arable soil across depth. *Soil Biology and Biochemistry*, 50, 1-11.
167. Scharroba, A., Kramer, S., Kandeler, E., & Ruess, L. (2016). Spatial and temporal variation of resource allocation in an arable soil drives community structure and biomass of nematodes and their role in the micro-food web. *Pedobiologia*, 59(3), 111-120.
168. Schmidt, S. K. (1988). Degradation of juglone by soil bacteria. *Journal of chemical ecology*, 14(7), 1561-1571.
169. Scott, R., & Sullivan, W. C. (2007). A review of suitable companion crops for black walnut. *Agroforestry systems*, 71(3), 185-193.
170. Seastedt, T. R. (1984). The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual review of entomology*, 29(1), 25-46.
171. Seastedt, T. R., James, S. W., & Todd, T. C. (1988). Interactions among soil invertebrates, microbes and plant growth in the tallgrass prairie. *Agriculture, ecosystems & environment*, 24(1-3), 219-228.
172. Seinhorst, J. W. (1959). A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*, 4(1), 67-69.
173. Seinhorst, J. W. (1966). Killing nematodes for taxonomic study with hot fa 4:1. *Nematologica*, 12(1), 178-178.
174. Seinhorst, J. W. (1973). How small is a small drop of water?. *Nematologica*, 19(1), 121-121.
175. Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). A mathematical theory of communication. The University of Illinois. Urbana, Chicago, London. pp. 3-24.
176. Shi, P., Thorlacius, S., Keller, T., Keller, M., & Schulin, R. (2017). Soil aggregate breakdown in a field experiment with different rainfall intensities and initial soil water contents. *European Journal of Soil Science*, 68(6), 853-863.
177. Siddiqi, M. R. (2000). *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CABI.
-

- 
178. Sieriebriennikov, B., Ferris, H., & de Goede, R. G. (2014). NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, *61*, 90-93.
179. Sikora, R. A., Coyne, D., Hallmann, J., & Timper, P. (Ur.). *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Cabi.
180. Singh, A. K., Pravesh, K., Renu, S., & Nidhi, R. (2012). Dynamics of tree-crop interface in relation to their influence on microclimatic changes-a review. *HortFlora Research Spectrum*, *1*(3), 193-198.
181. Sohlenius, B., Boström, S., & Sandor, A. (1988). Carbon and nitrogen budgets of nematodes in arable soil. *Biology and Fertility of Soils*, *6*(1), 1-8.
182. Somarriba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry systems*, *19*(3), 233-240.
183. Sorauer, P. Lindau, G. & Reh, L. (1908). Handbuch der Pflanzenkrankheiten: Bd. Die Virus-und Bakteriellenkrankheiten. 1. Lfg. Viruskrankheiten. 2. Lfg. Bakterielle Krankheiten (Vol. 2). P. Parey., Berlin.
184. Steel, H., & Ferris, H. (2016). Soil nematode assemblages indicate the potential for biological regulation of pest species. *Acta Oecologica*, *73*, 87-96.
185. Stirling, G. R., Rames, E., Stirling, A. M., & Hamill, S. (2011). Factors associated with the suppressiveness of sugarcane soils to plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, *43*(3-4), 135.
186. Stone, E. L., & Kalisz, P. J. (1991). On the maximum extent of tree roots. *Forest ecology and management*, *46*(1-2), 59-102.
187. Strickland, M. S., & Rousk, J. (2010). Considering fungal: bacterial dominance in soils—methods, controls, and ecosystem implications. *Soil Biology and Biochemistry*, *42*(9), 1385-1395.
188. Thoden, T. C., Korthals, G. W., & Termorshuizen, A. J. (2011). Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematodes: a promising method for nematode management?. *Nematology*, *13*(2), 133-153.
189. Urzelai, A., Hernández, A. J., & Pastor, J. (2000). Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. *Science of the Total Environment*, *247*(2-3), 253-261.
190. Van Bezooijen, J. (2006). *Methods and techniques for nematology*. Wageningen: Wageningen University.
191. van den Berg, E., Marais, M., & Swart, A. (2017). Nematode morphology and classification. U: *Nematology in South Africa: A view from the 21st Century*, Springer, Cham, 33-71.
192. van Ruijven, J., De Deyn, G. B., & Berendse, F. (2003). Diversity reduces invasibility in experimental plant communities: the role of plant species. *Ecology Letters*, *6*(10), 910-918.
-

- 
193. Vandermeer, J., van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C., & Perfecto, I. (1998). Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67(1), 1-22.
194. Venette, R. C., & Ferris, H. (1998). Influence of bacterial type and density on population growth of bacterial-feeding nematodes. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(7), 949-960.
195. Verchot, L. V., Van Noordwijk, M., Kandji, S., Tomich, T., Ong, C., Albrecht, A., ... & Palm, C. (2007). Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12(5), 901-918.
196. Verhoef, H. A., & Brussaard, L. (1990). Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems: the contribution of soil animals. *Biogeochemistry*, 11(3), 175-211.
197. Vikiotof, M., Palmborg, C., Sohlenius, B., Huss-Danell, K., & Bengtsson, J. (2005). Plant species effects on soil nematode communities in experimental grasslands. *Applied Soil Ecology*, 30(2), 90-103.
198. Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & Van Der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5266-5270.
199. Wall, D. H., Bardgett, R. D., Behan-Pelletier, V., Herrick, J.E., Jones, H., Ritz, K., Six, J., Strong, D.R., van der Putten, W.H. (2012). *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford. 406.
200. Wang, L., Kong, S., Pincus, Z., & Fowlkes, C. (2020). Celeganser: Automated analysis of nematode morphology and age. U: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 968-969.
201. Wardle, D. A., & Yeates, G. W. (1993). The dual importance of competition and predation as regulatory forces in terrestrial ecosystems: evidence from decomposer food-webs. *Oecologia*, 93(2), 303-306.
202. Wasilewska, L. (1979). The structure and function of soil nematode communities in natural ecosystems and agrocenoses. *Polish Ecological Studies*, 5, 97-145.
203. Whitford, W. G., Freckman, D. W., Santos, P. F., Elkins, N. Z., & Parker, L. W. (1982). The role of nematodes in decomposition in desert ecosystems. *Nematodes in soil ecosystems*, 98-116.
204. Wurst, S., Wagenaar, R., Biere, A., & Van der Putten, W. H. (2010). Microorganisms and nematodes increase levels of secondary metabolites in roots and root exudates of *Plantago lanceolata*. *Plant and Soil*, 329(1), 117-126.
205. Yeates, G. W. (1979). Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*, 11(3), 213.
206. Yeates, G. W. (1994). Modification and qualification of the nematode maturity index. *Pedobiologia (Jena)*, 38(2), 97-101.
207. Yeates, G. W. (2003). Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils*, 37(4), 199-210.
-

- 
208. Yeates, G. W., & Boag, B. (2006). Female size shows similar trends in all clades of the phylum Nematoda. *Nematology*, 8(1), 111-127.
209. Yeates, G. W., & Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes*, 113-135.
210. Yeates, G. W. & Coleman, D. C. (1982). Role of nematodes in decomposition. *Nematodes in Soil Ecosystems*. University of Texas Press, Austin, 55-80.
211. Yeates, G. W., & Wardle, D. A. (1996). Nematodes as predators and prey: relationships to biological control and soil processes. *Pedobiologia*, 40(1), 43-50.
212. Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology*, 25(3), 315-331.
213. Young, A. (1986). The potential of agroforestry as a practical means of sustaining soil fertility. *Amelioration of Soil by Trees*, 121-144.
214. Young, I. M., & Ritz, K. (1998). Can there be a contemporary ecological dimension to soil biology without a habitat?. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10-11), 1229-1232.
215. Zhang, W. (2014). Interspecific root interactions, nitrogen acquisition and utilization in fruit trees/crops intercropping in southern Xinjiang, Doctoral dissertation, Dissertation, Agriculture University, Beijing, China.
216. Zhang, W., Ahanbieke, P., Wang, B. J., Gan, Y. W., Li, L. H., Christie, P., & Li, L. (2015a). Temporal and spatial distribution of roots as affected by interspecific interactions in a young walnut/wheat alley cropping system in northwest China. *Agroforestry Systems*, 89(2), 327-343.
217. Zhang, W., Ahanbieke, P., Wang, B. J., Xu, W. L., Li, L. H., Christie, P., & Li, L. (2013). Root distribution and interactions in jujube tree/wheat agroforestry system. *Agroforestry systems*, 87(4), 929-939.
218. Zhang, X., Ferris, H., Mitchell, J., & Liang, W. (2017). Ecosystem services of the soil food web after long-term application of agricultural management practices. *Soil Biology and Biochemistry*, 111, 36-43.
219. Zhang, X., Guan, P., Wang, Y., Li, Q., Zhang, S., Zhang, Z., ... & Liang, W. (2015b). Community composition, diversity and metabolic footprints of soil nematodes in differently-aged temperate forests. *Soil biology and biochemistry*, 80, 118-126.
220. Zhang, X., Li, Q., Zhu, A., Liang, W., Zhang, J., & Steinberger, Y. (2012). Effects of tillage and residue management on soil nematode communities in North China. *Ecological Indicators*, 13(1), 75-81.
221. Zhang, Z. Y., Zhang, X. K., Jhao, J. S., Zhang, X. P., & Liang, W. J. (2015c). Tillage and rotation effects on community composition and metabolic footprints of soil nematodes in a black soil. *European Journal of Soil Biology*, 66, 40-48.
-

- 
222. Zomer, R. J., Trabucco, A., Coe, R., & Place, F. (2009). Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. *ICRAF Working Paper-World Agroforestry Centre*, (89).
223. Zullini, A. (2010). The Identification manual for freshwater nematode genera, Lecture book, MSc. Nematology Ghent University, Ghent, Belgium, 112.
224. Zullini, A. (1976). Nematodes as indicators of river pollution. *Nematologia mediterranea*. 4(1), 13-22.
225. Zullini, A., & Peretti, E. (1986). Lead pollution and moss-inhabiting nematodes of an industrial area. *Water, Air, and Soil Pollution*, 27(3), 403-410
226. [www.google.hr/maps](http://www.google.hr/maps)
227. <http://nemaplex.ucdavis.edu>
228. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), <http://meteo.hr/>

## 7. SAŽETAK

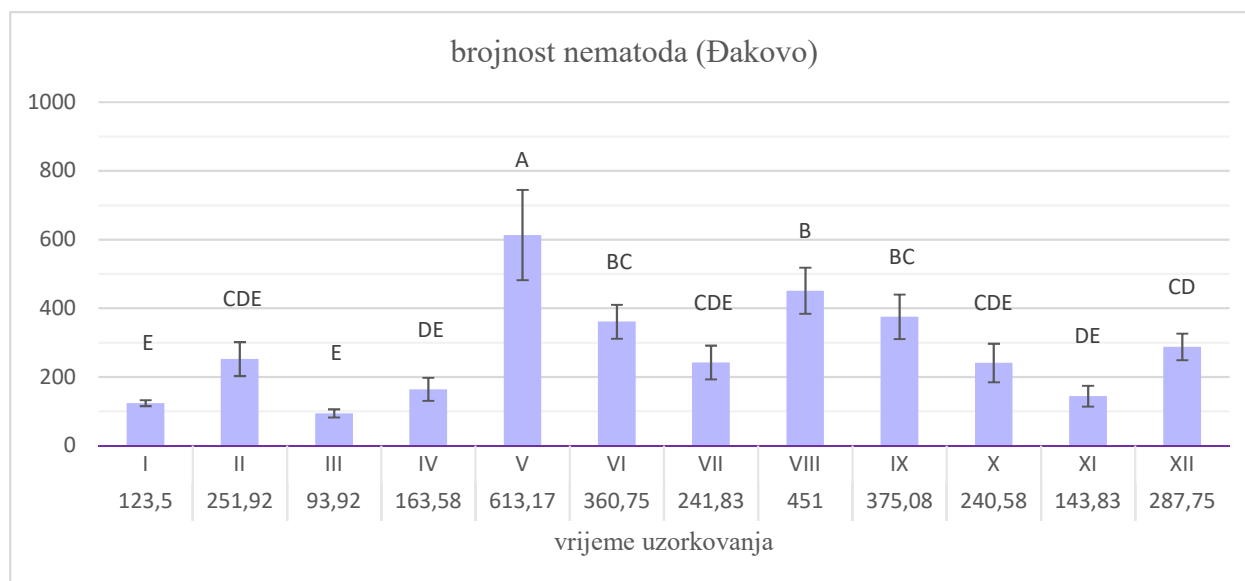
Cilj ovog istraživanja bio je odrediti utjecaj međuodnosa oraha i poljoprivrednih kultura na bioraznolikost nematoda u tlu, na strukturu zajednica i dinamiku populacije nematoda te indekse uznemirenja tla i ekološke indekse raznolikosti kao i na parametre plodnosti i prinos. Zajednice nematoda korištene su kao bioindikatori stanja i zdravlja tla ekosustava. U svrhu istraživanja pokusi su provedeni na tri različita ekosustava, na ekosustavu konsocijacije poljoprivredne kulture i oraha (K+O), na ekosustavu s orasima (O) i na ekosustavu s poljoprivrednom kulturom (K), na dva lokaliteta (Ivankovo i Đakovo), od 2017. do 2019. godine. Nasad oraha na lokalitetu Đakovo bio je star od 9 do 12 godina, dok je nasad oraha na lokalitetu Ivankovo bio star od 2 do 4 godine. Korištene poljoprivredne kulture su pšenica i heljda, te uljana repica kao zelena gnojidba. Istraživanje je obuhvaćalo prikupljanje uzoraka za nematološke, mikrobiološke i agrokemijske analize te agroklimatoloških podataka. Nematode su izdvojene korištenjem Baermannovih lijevaka i fiksirane u trajne i polutrajne preparate. Determiniramo je barem 28 800 nematoda (100 po u uzorku) po ključevima za determinaciju, zatim su grupirane u cp i pp skupine na temelju kojih su izračunati indeksi uznemirenja tla i indeksi hranidbenog lanca. Izračunat je i metabolički otisak zajednice nematoda. Ekosustav K+O pokazao je pozitivan utjecaj na indeks raznolikosti  $H'$ , ukupnu i najveću prosječnu raznolikost rodova, posebno na raznolikost korisnih omnivora što ukazuje na stabilnost ekosustava. Bakterivore su bile značajno brojnije u ekosustavu K, a fungivore u ekosustavu O. Za razliku od navedenih ekosustava, ekosustav K+O ukazuje na razgradnju organskih tvari jednako i bakterijskim i gljivičnim putevima. Vrijednosti indeksa MI i MI 2-5 ukazuju na najveća uznemirenja nastala u ekosustavu K. Vrijednosti CI u ekosustavu O ukazuju na viši udio gljiva i fungivora koji sudjeluju u razgradnji organske tvari. Vrijednosti BI i EI u svim ekosustavima ukazuju na to da je uznemirenje tla prisutno, ali da hranidbena mreža tla nije iscrpljena. Vrijednosti SI ukazuju na razvijenost hranidbene mreže tla, dobar udio viših trofičkih skupina te na otpornost na pojavu štetnika u ekosustavima K+O i O. Metabolički otisci nematoda, visoka aktivnost bakterija i gljiva, veće količine organske tvari i vlage tlu također ukazuju na pozitivan utjecaj ekosustava K+O dok su negativni utjecaj obrade tla ublaženi, u odnosu na ekosustav K. Prinos pšenice se nije razlikovao u ekosustavima, dok je prinos heljde bio smanjen zbog mnogobrojnih korova u ekosustavu K+O. Općenito se može zaključiti da ekosustavi s konsocijacijom poljoprivrednih kultura i trajnih nasada pozitivno utječu na bioraznolikost i brojnost nematoda u tlu. Također, takvi sustavi su stabilniji i zdravlje tla je poboljšano s obzirom na monokulturni ekosustav.



## 8. SUMMARY

The objective of this study was to determine the effects of intercropping of permanent plantation and agricultural crops on biodiversity, community structure and population dynamics of soil nematodes, indices of soil disturbance and ecological diversity indices, and fertility parameters and yields. For this purpose, from 2017 to 2019, at two sites (Ivankovo and Đakovo) experiments were conducted with three different ecosystems, the intercropping ecosystem of agricultural crops and walnut (K+O), the ecosystem of walnut (O) and the ecosystem of agricultural crops (K). The walnut plantation at the Đakovo site is 9 to 12 years old, and the one at the Ivankovo site is 2 to 4 years old. Wheat and buckwheat are grown as agricultural crops, as well as rapeseed as green manure. The study included samples for nematological, microbiological and agrochemical analyzes, as well as agroclimatological data. Nematodes were extracted using Baermann's funnels and fixed on permanent and semi-permanent slides. At least 28,800 nematodes (100 per sample) were identified using the identification keys and then classified into cp and pp groups. Soil disturbance indices and ecological diversity indices were calculated as well as metabolic footprint. Ecosystem K+O had a positive effect on the diversity index  $H'$ , the total and average diversity of genera, and especially on the diversity of beneficial omnivores, indicating the stability of the ecosystem. Bacterivores were significantly more numerous in ecosystem K, and fungivore in ecosystem O. Unlike these ecosystems, ecosystem K+O indicates the decomposition of organic matter by both bacterial and fungal pathways. The values of MI and MI 2-5 indicate the greatest disturbances in ecosystem K. CI values in ecosystem O indicate a higher proportion of fungi and fungivores involved in organic matter decomposition. BI and EI values in all ecosystems indicate that the soil is disturbed, but the soil food web is not impoverished. SI values indicate a developed soil food web, a good proportion of higher trophic groups, and resistance to pests in ecosystems K+O and O. Metabolic footprints of nematodes, high activity of bacteria and fungi, higher amounts of organic matter and soil moisture also indicate a positive influence of ecosystem K+O, while the negative effects of tillage were attenuated in comparison to ecosystem K. Wheat yields did not differ, while buckwheat yield was reduced due to numerous weeds in ecosystem K+O. In general, it can be concluded that intercropping ecosystems of agricultural crops and permanent plantations have a positive effect on species diversity and soil nematode abundance. These systems are more stable and soil health is improved compared to monoculture ecosystems.

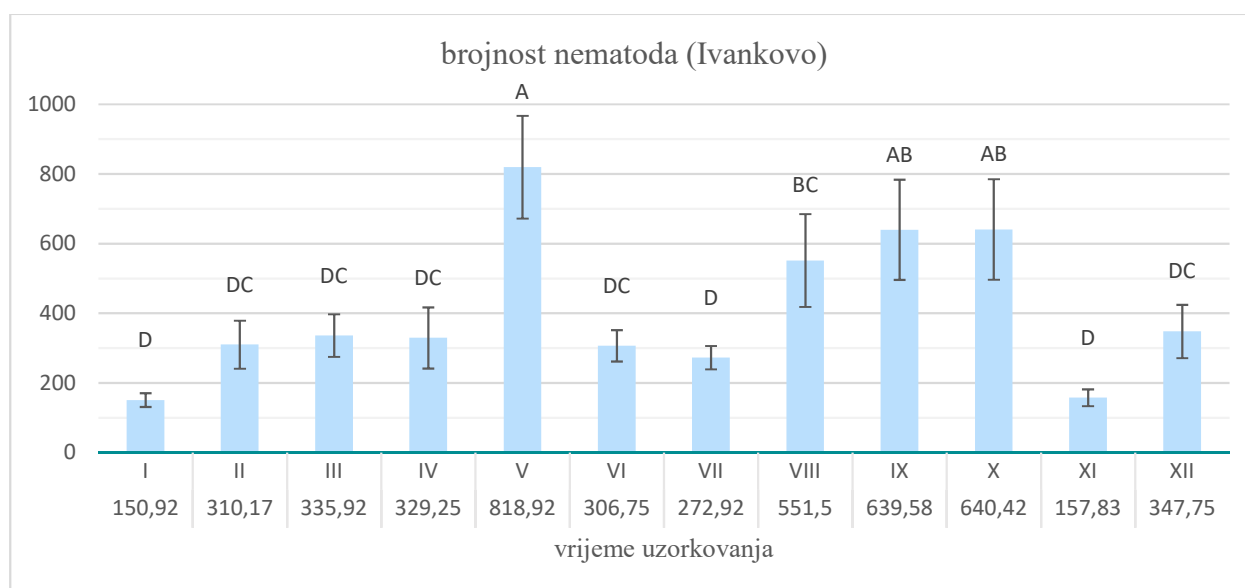
## 9. PRILOG



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

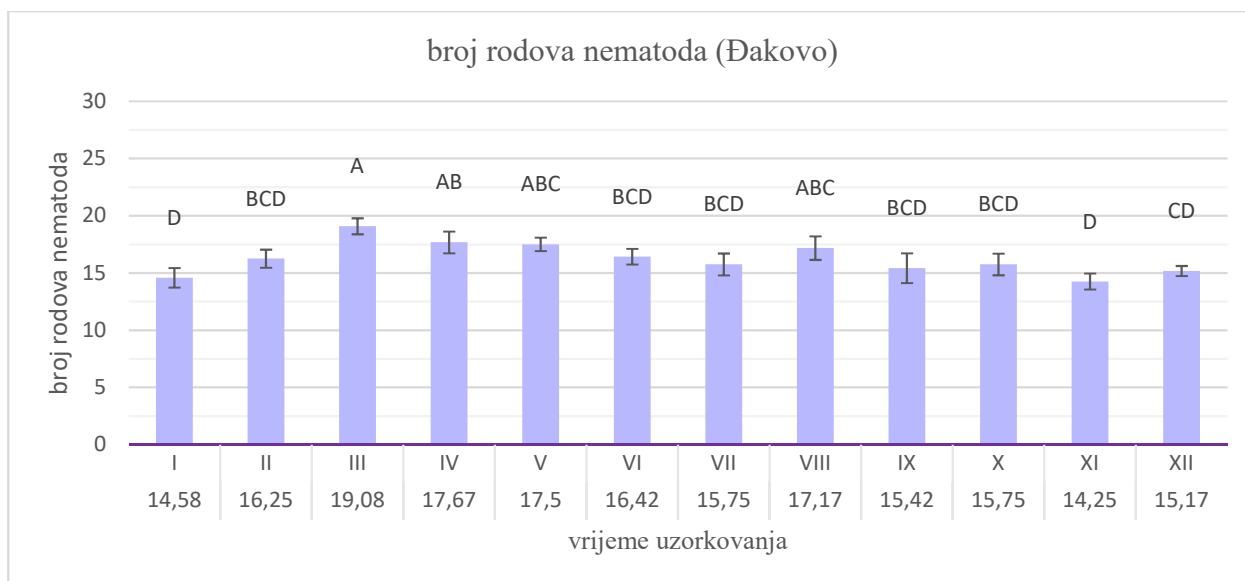
Grafikon 9.1. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

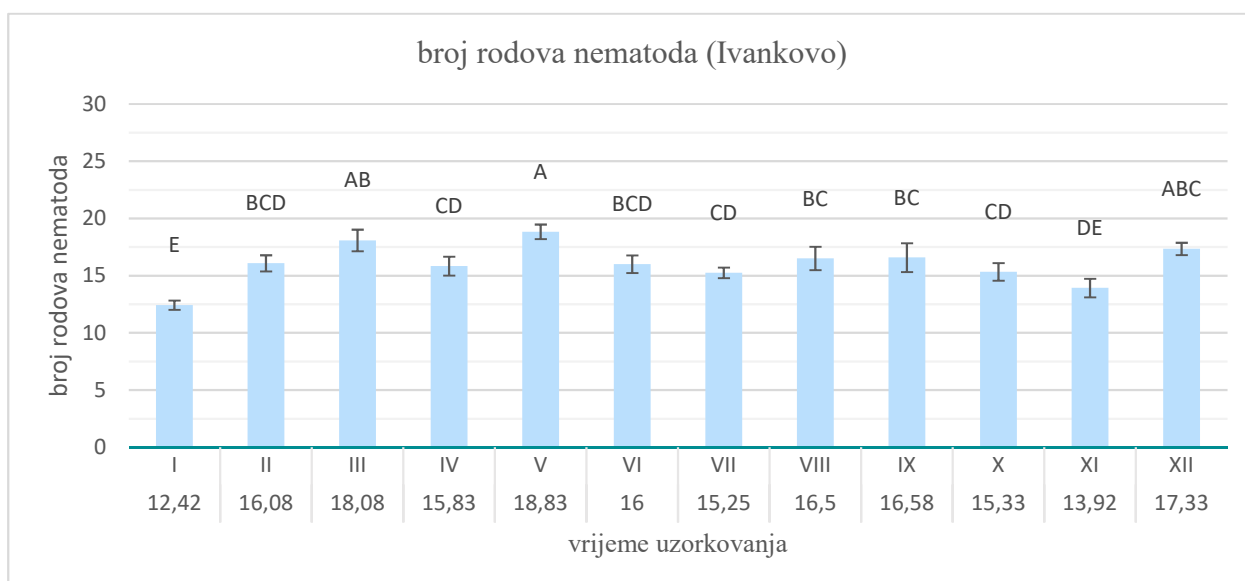
Grafikon 9.2. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

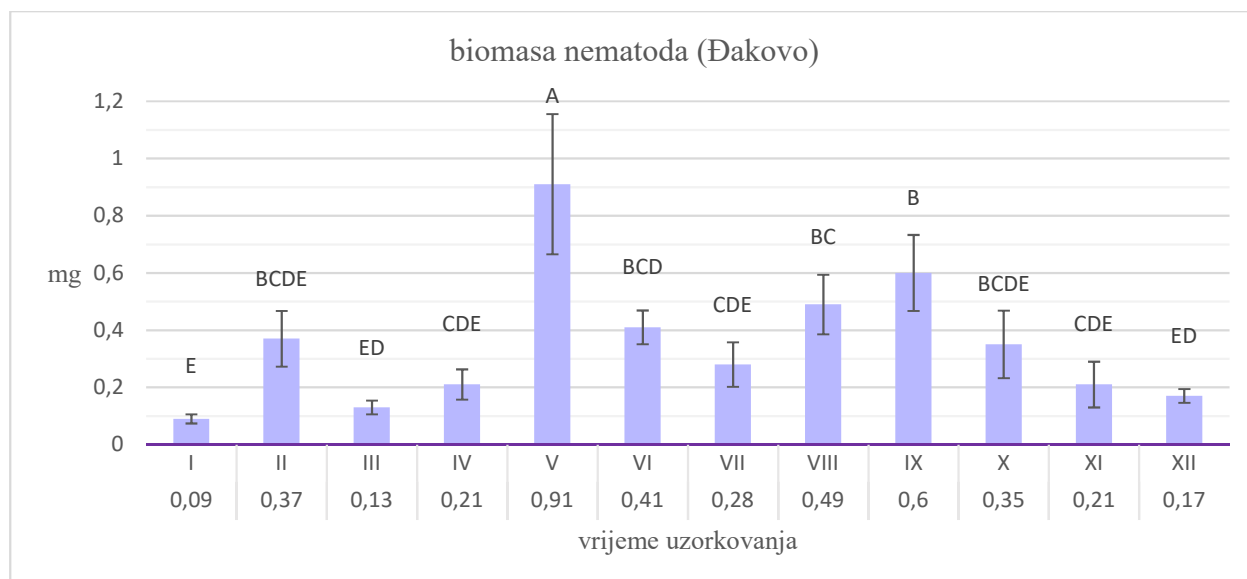
Grafikon 9.3. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biorazlikosti nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

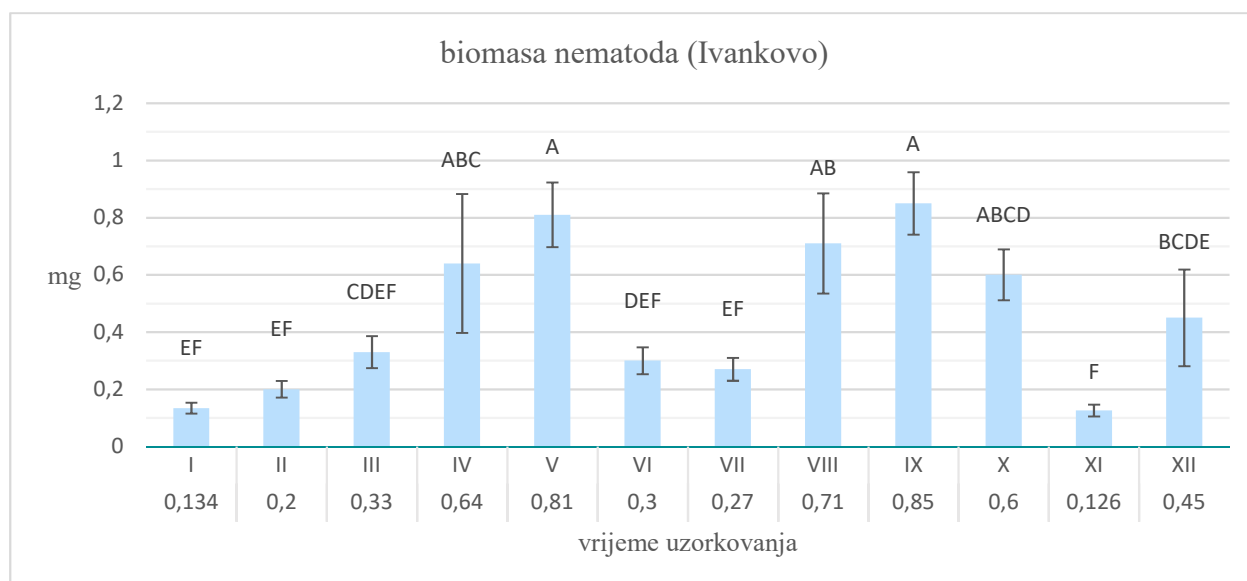
Grafikon 9.4. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biorazlikosti nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

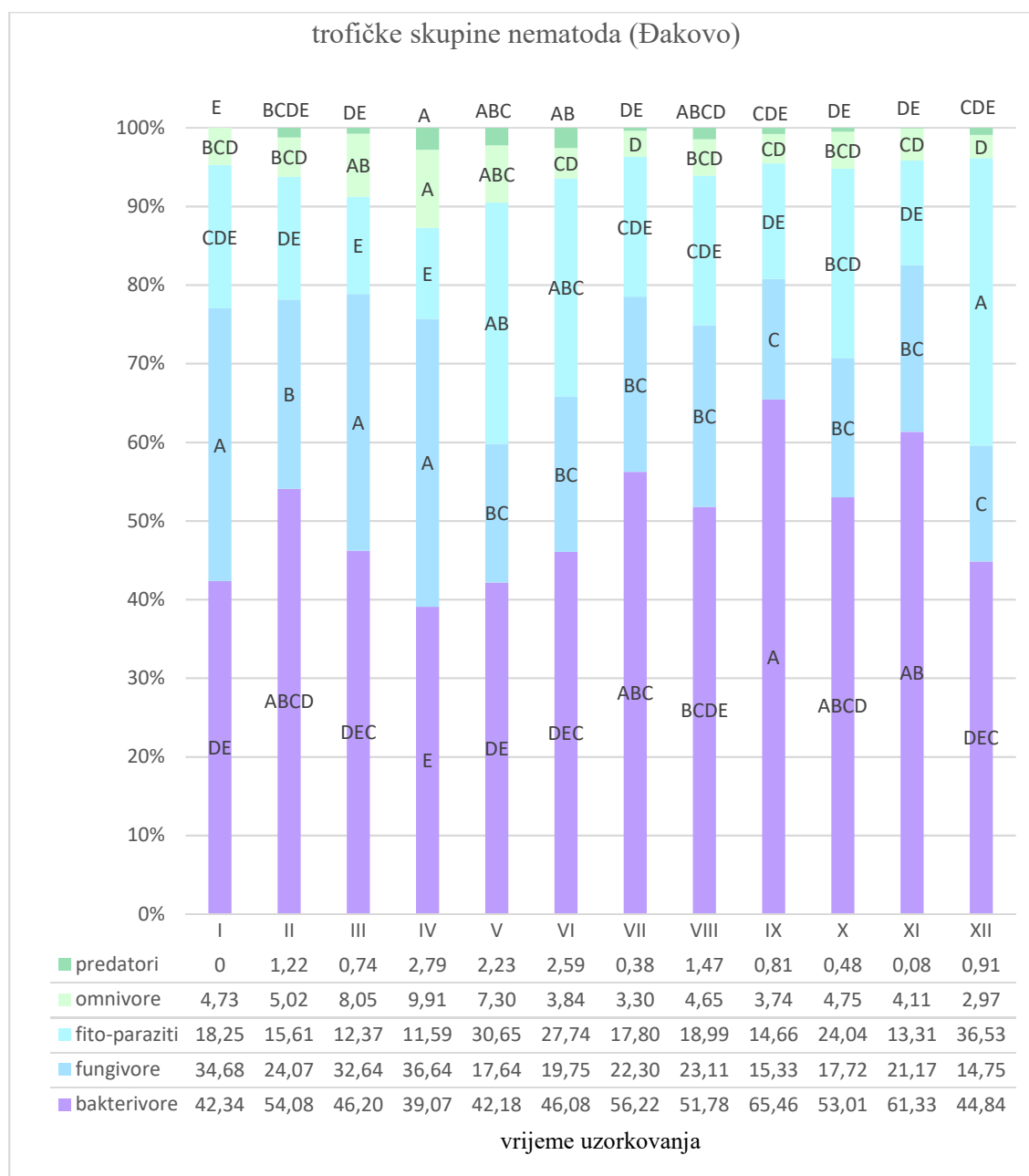
Grafikon 9.5. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

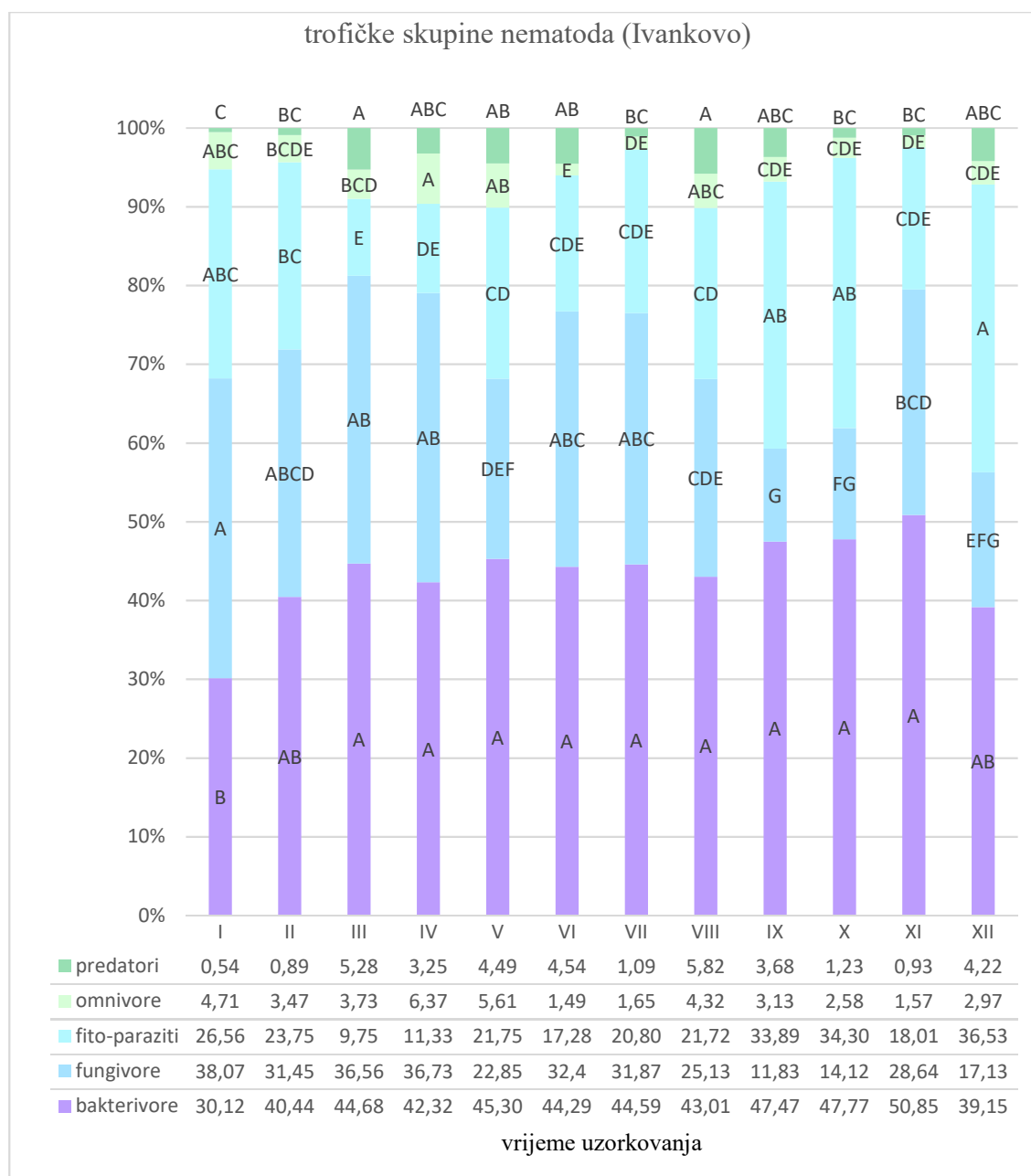
Grafikon 9.6. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške biomase nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

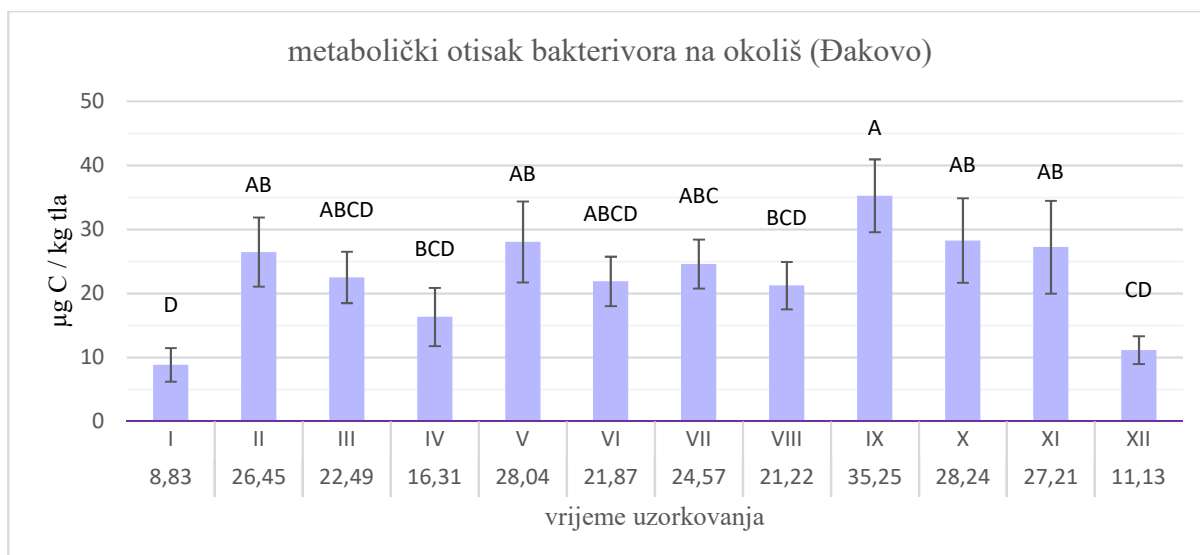
Grafikon 9.7. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške udjela trofičkih skupina nematoda u zajednici za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

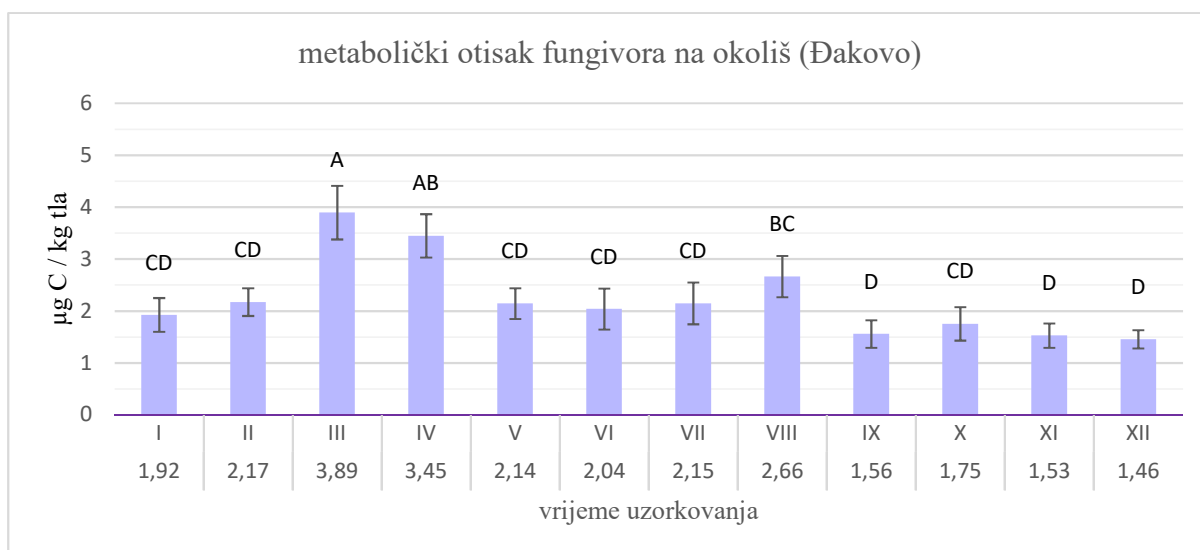
Grafikon 9.8. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške udjela trofičkih skupina nematoda u zajednici za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

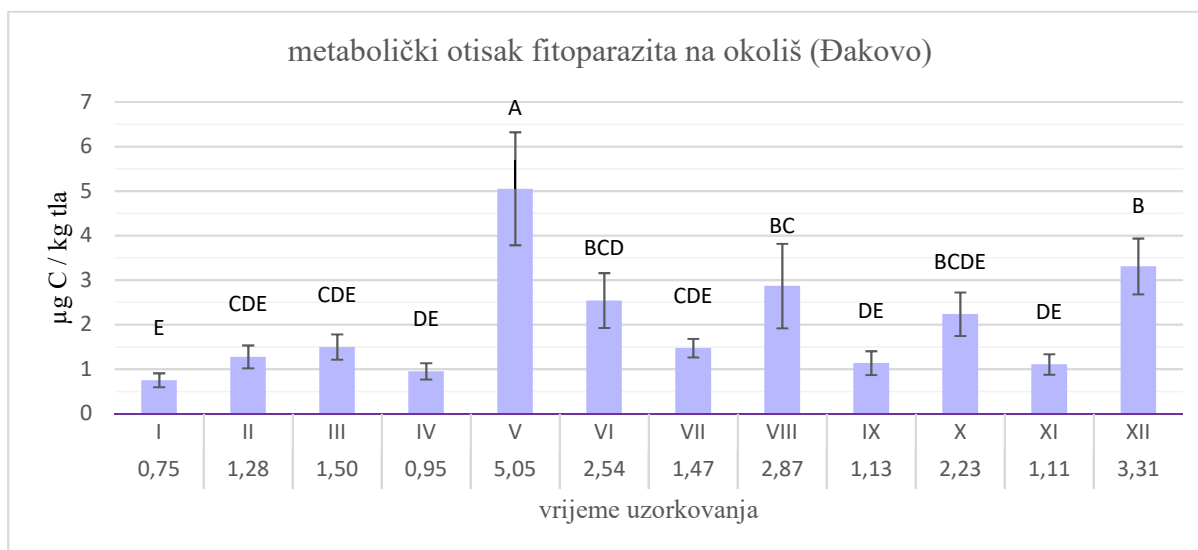
Grafikon 9.9. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

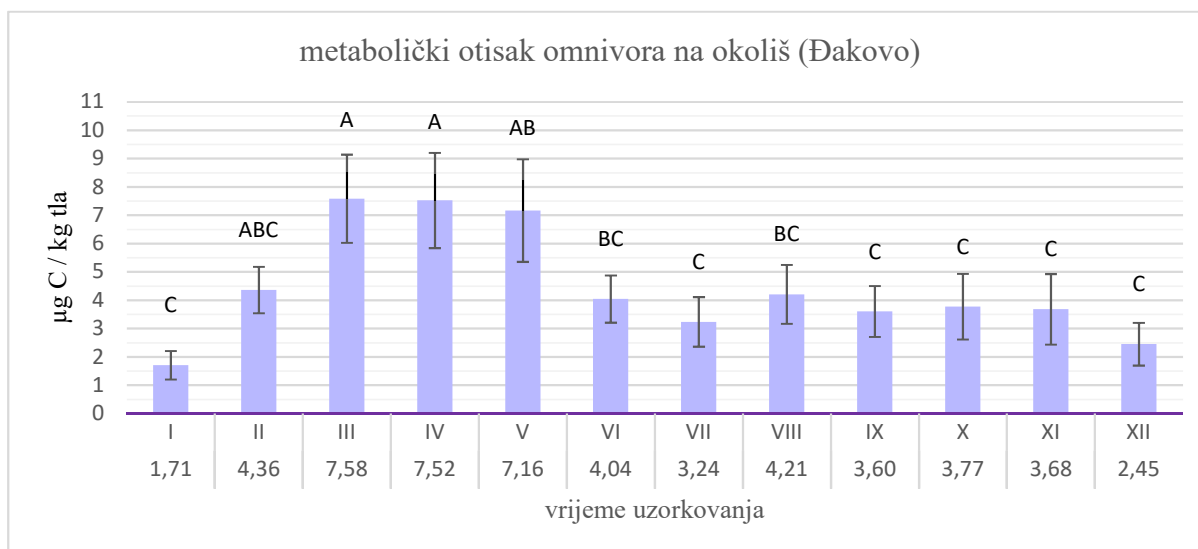
Grafikon 9.10. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 9.11. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)

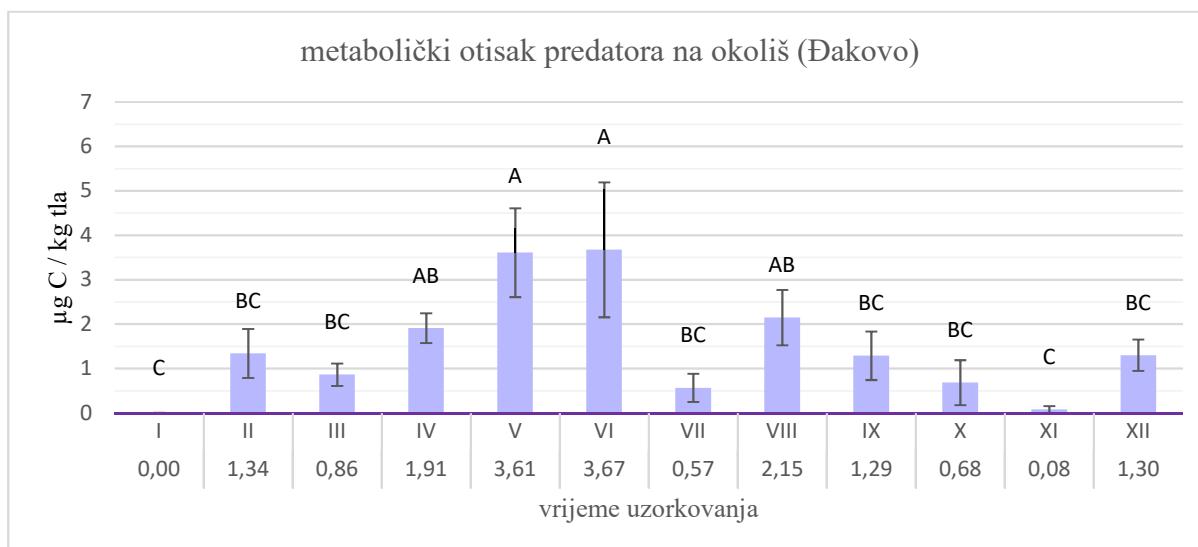


Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 9.12. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)

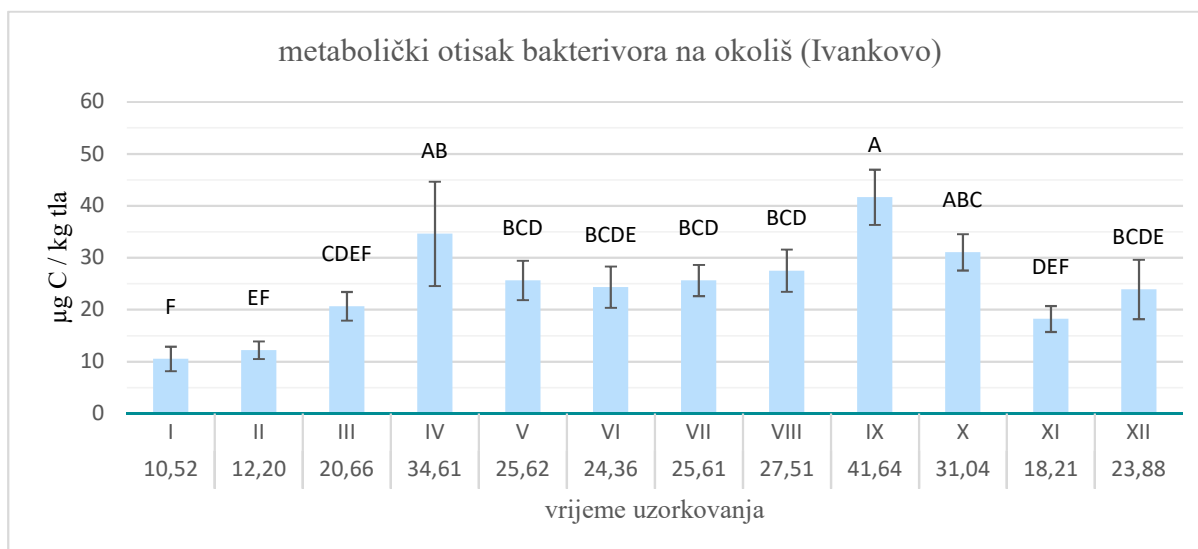




Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

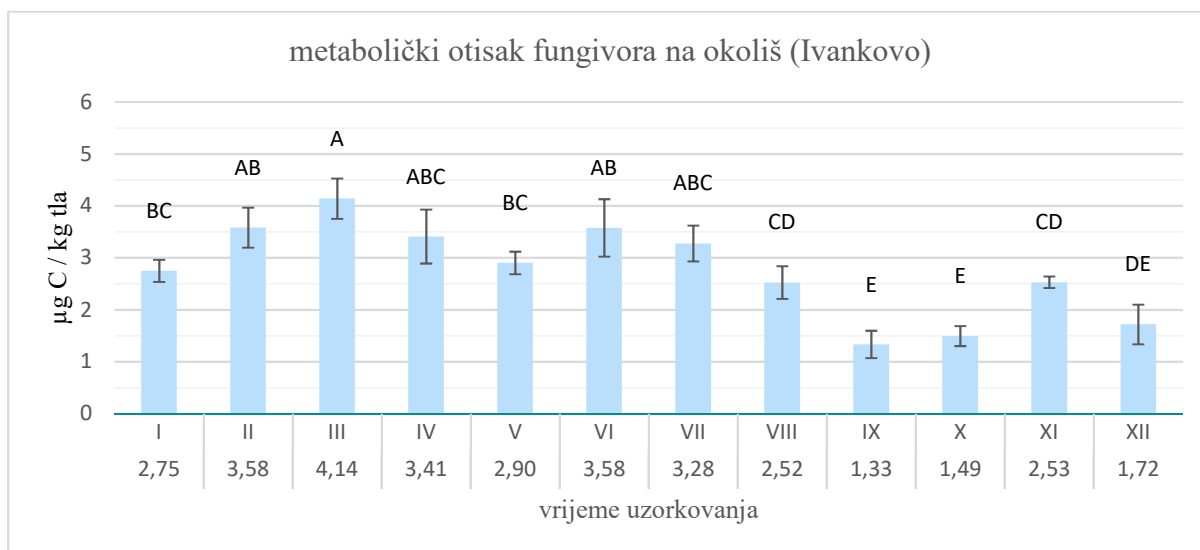
Grafikon 9.13. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

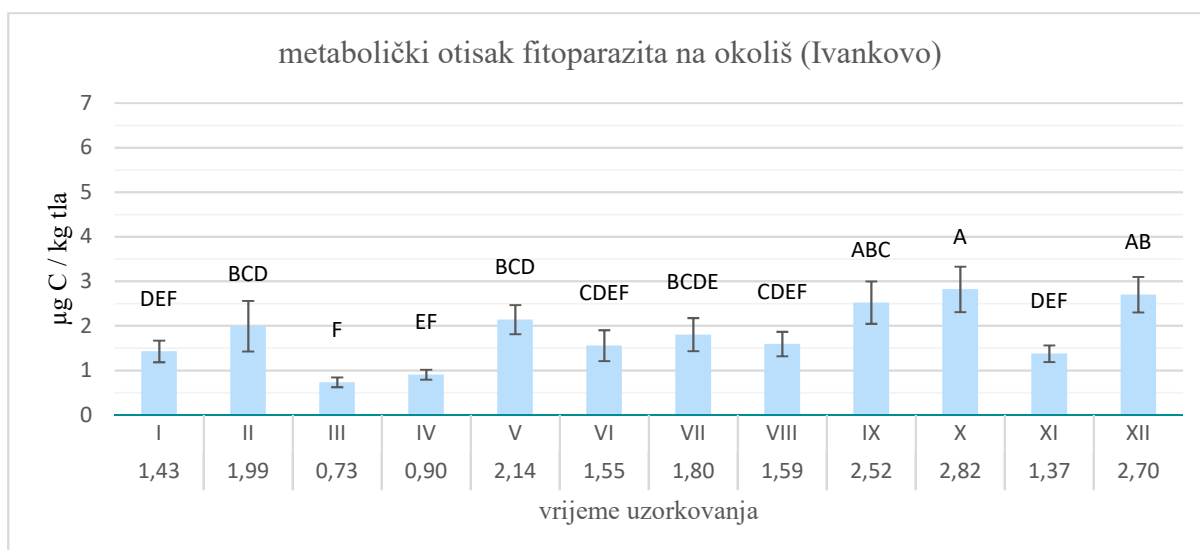
Grafikon 9.14. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska bakterivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

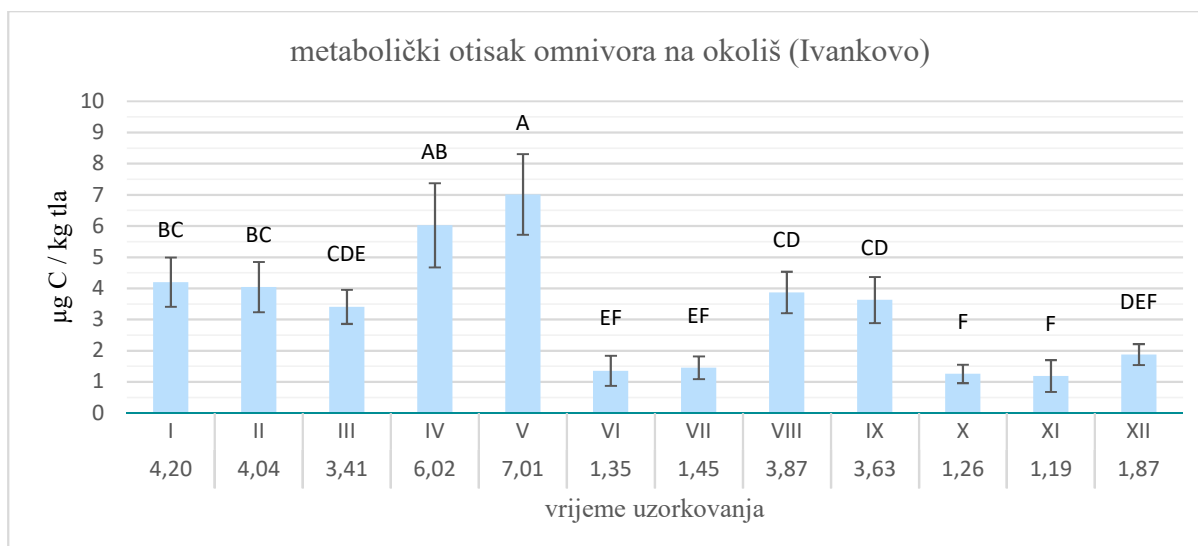
Grafikon 9.15. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fungivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

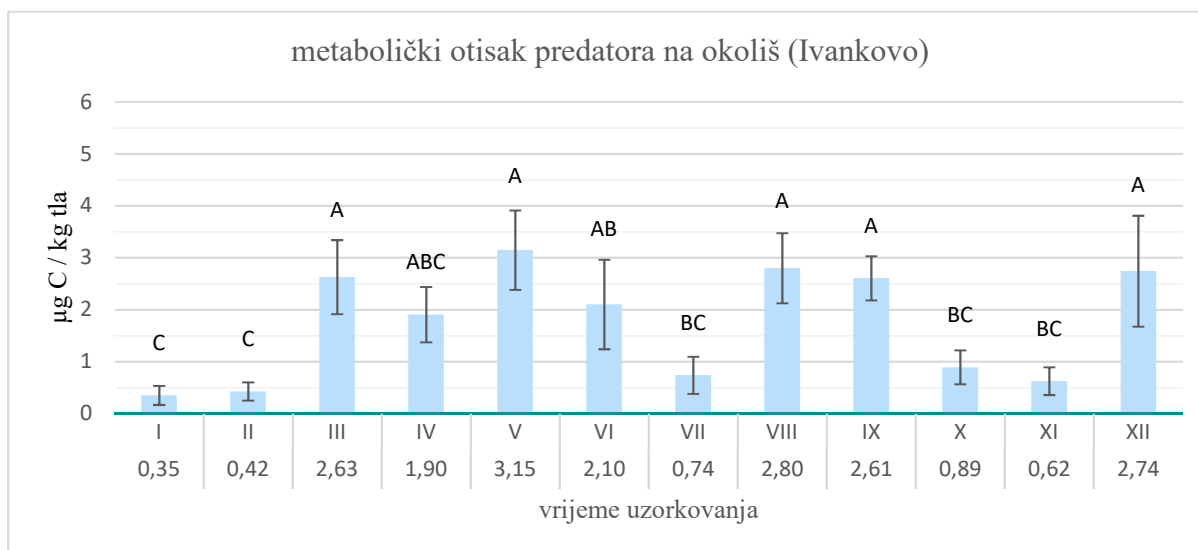
Grafikon 9.16. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska fitoparazita na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

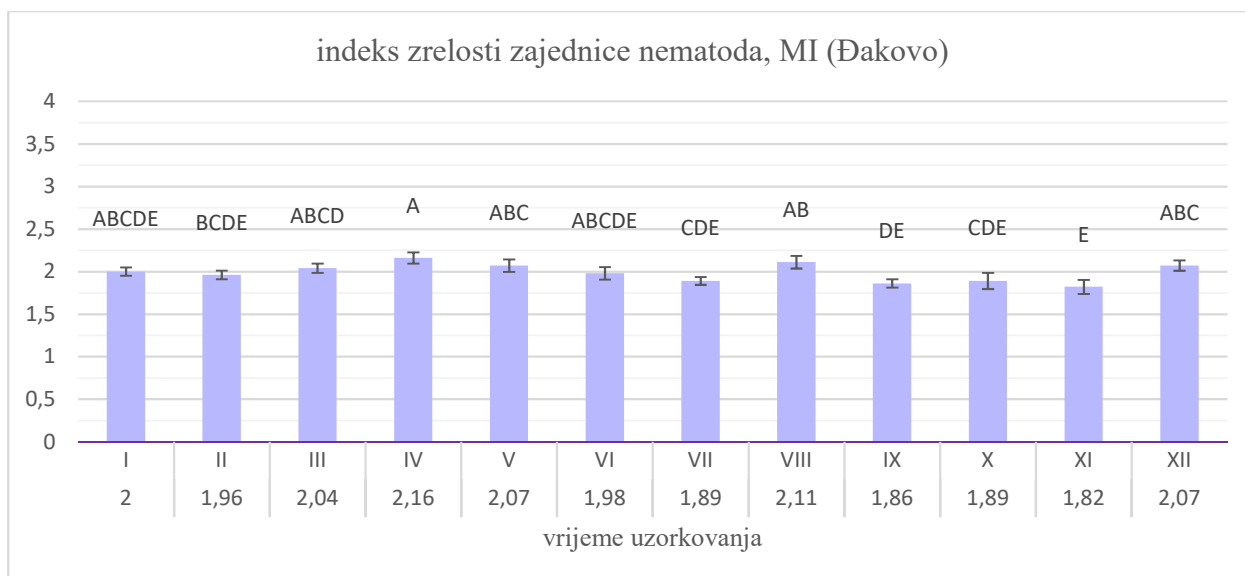
Grafikon 9.17. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska omnivora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

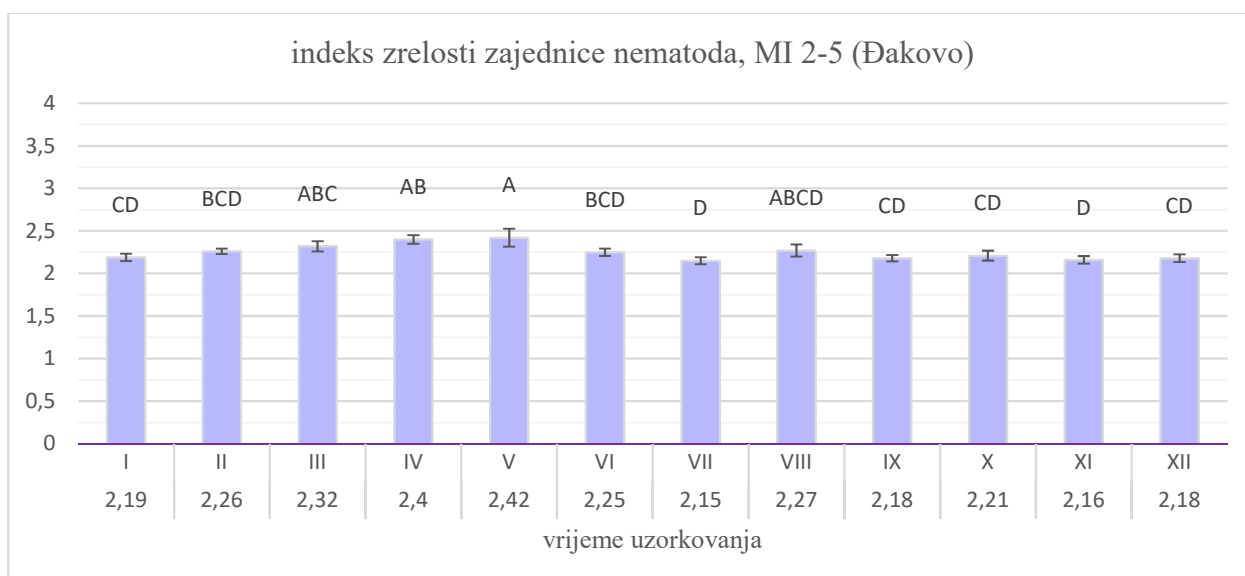
Grafikon 9.18. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska predatora na okoliš za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

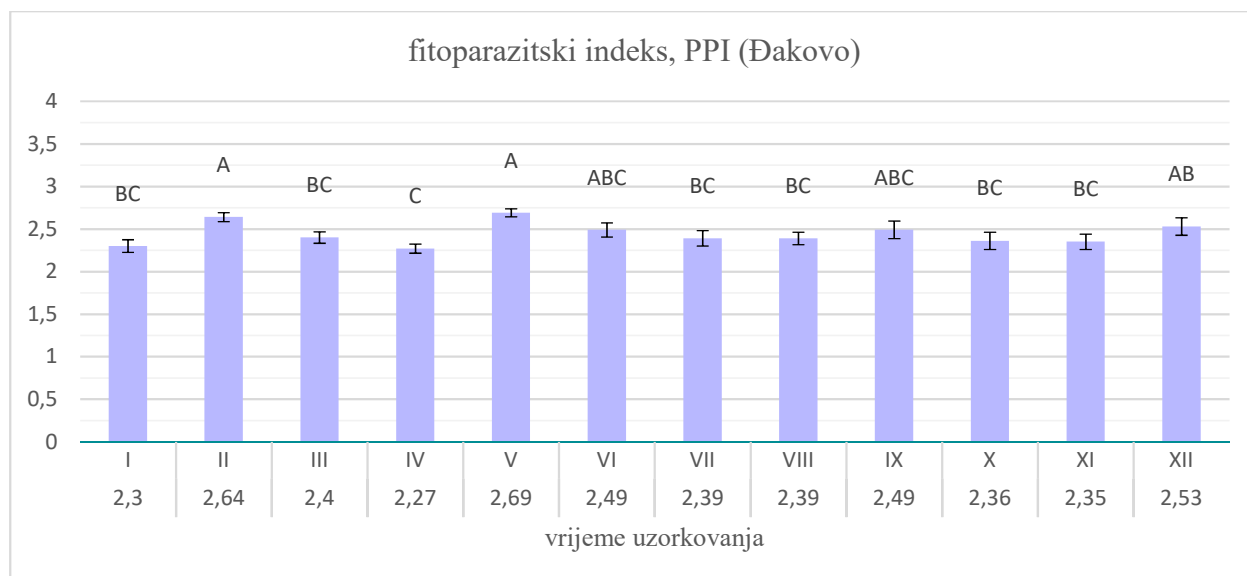
Grafikon 9.19. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

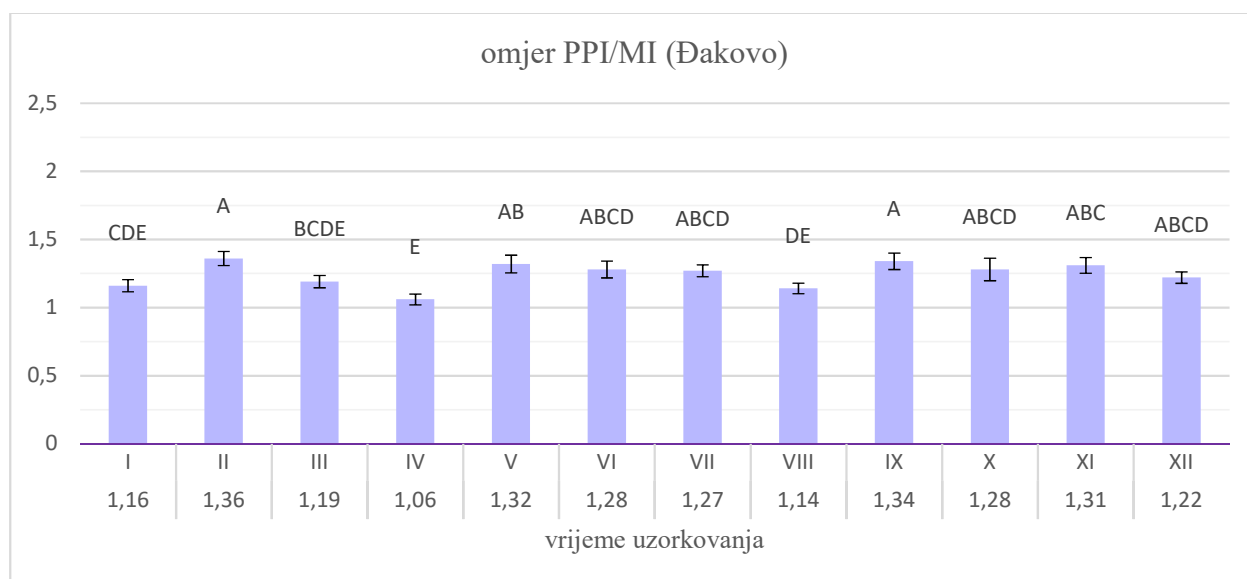
Grafikon 9.20. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

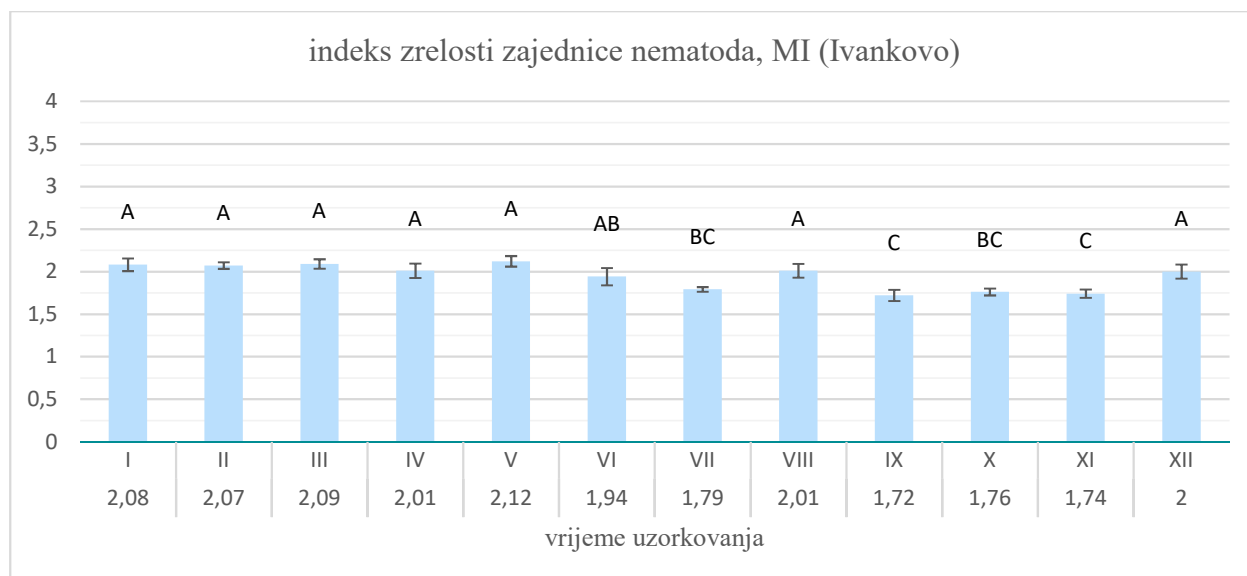
Grafikon 9.21. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

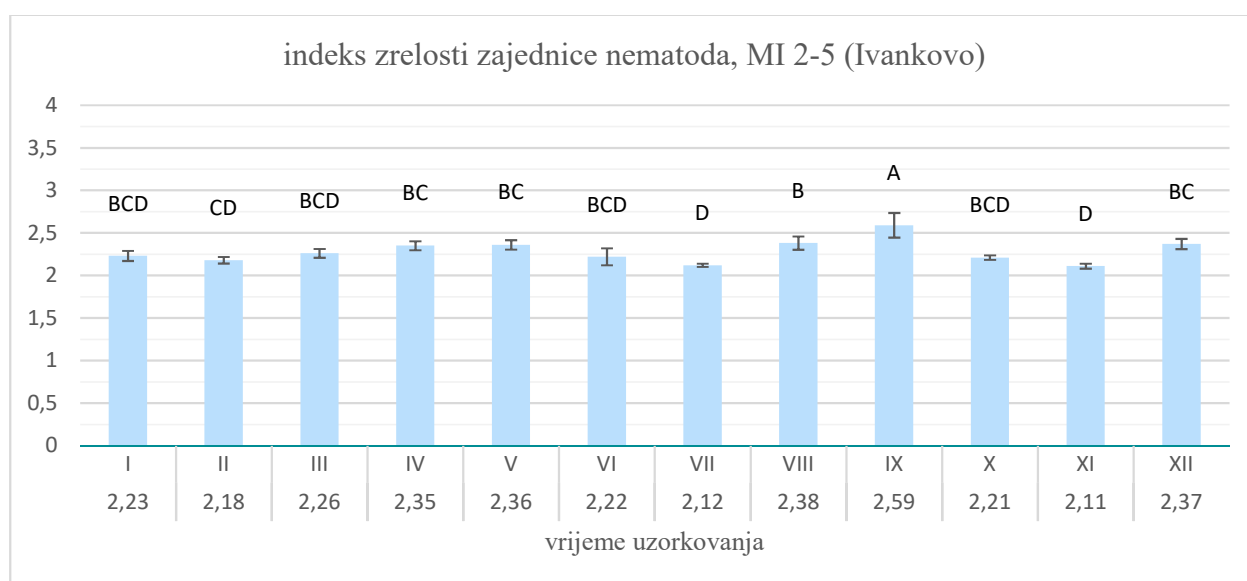
Grafikon 9.22. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera PPI/MI za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

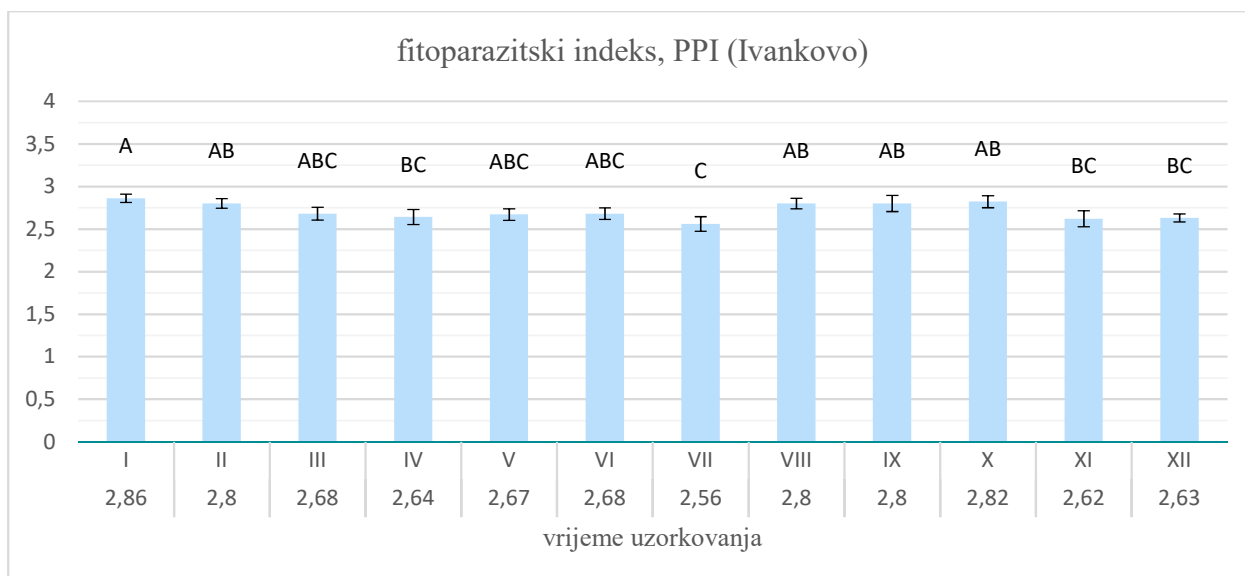
Grafikon 9.23. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

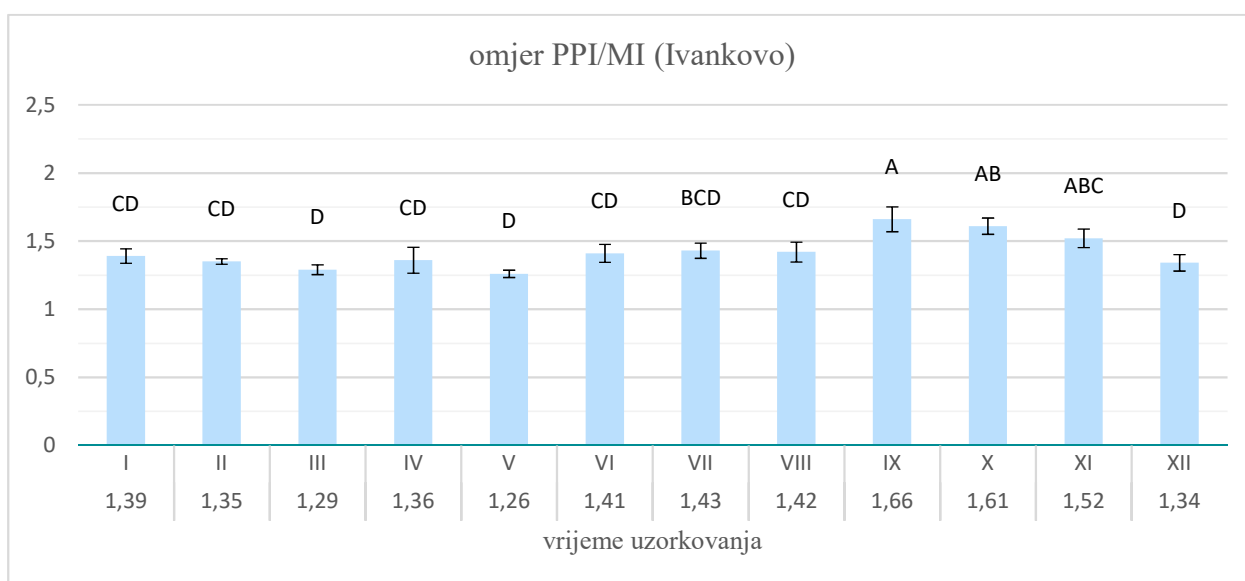
Grafikon 9.24. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa zrelosti zajednice nematoda, MI 2-5, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

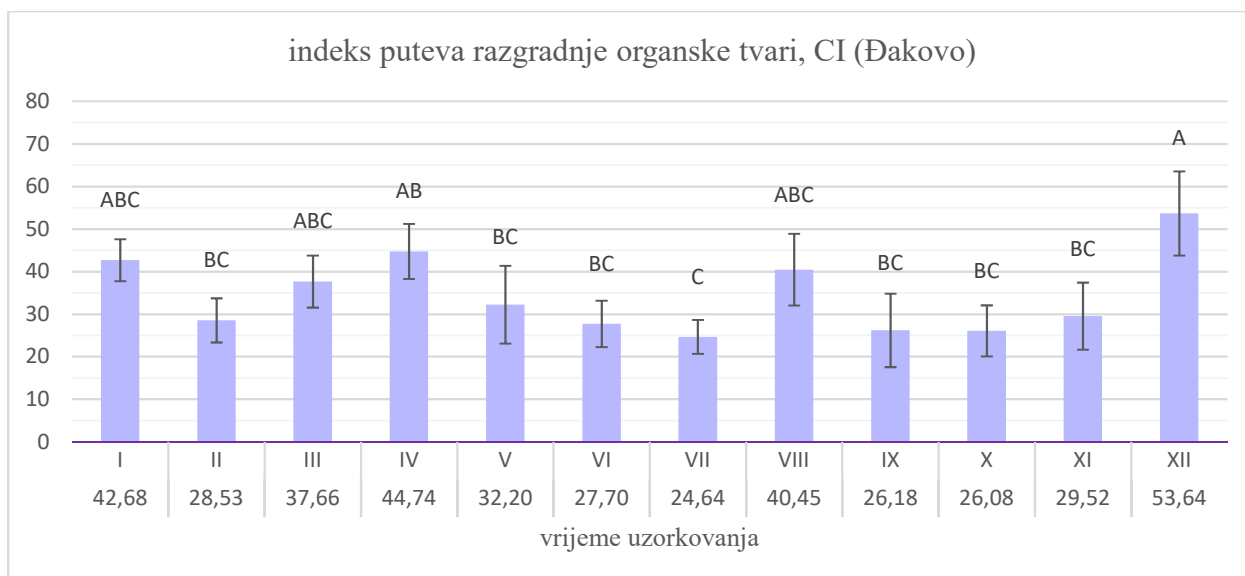
Grafikon 9.25. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške fitoparazitskog indeksa, PPI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

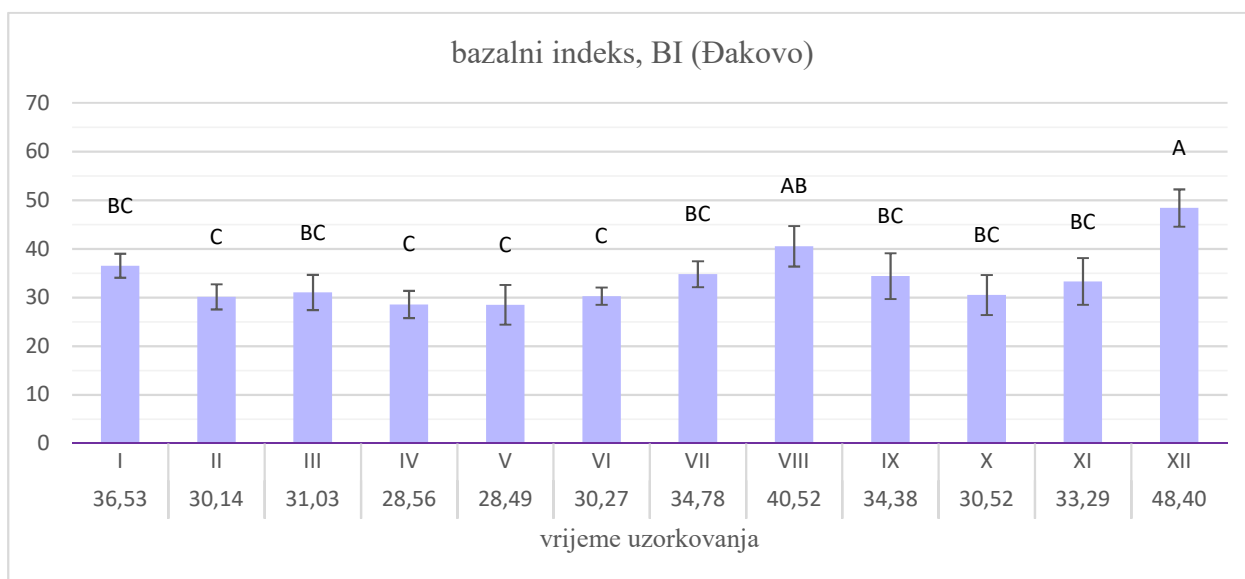
Grafikon 9.26. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera PPI/MI za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 9.27. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)

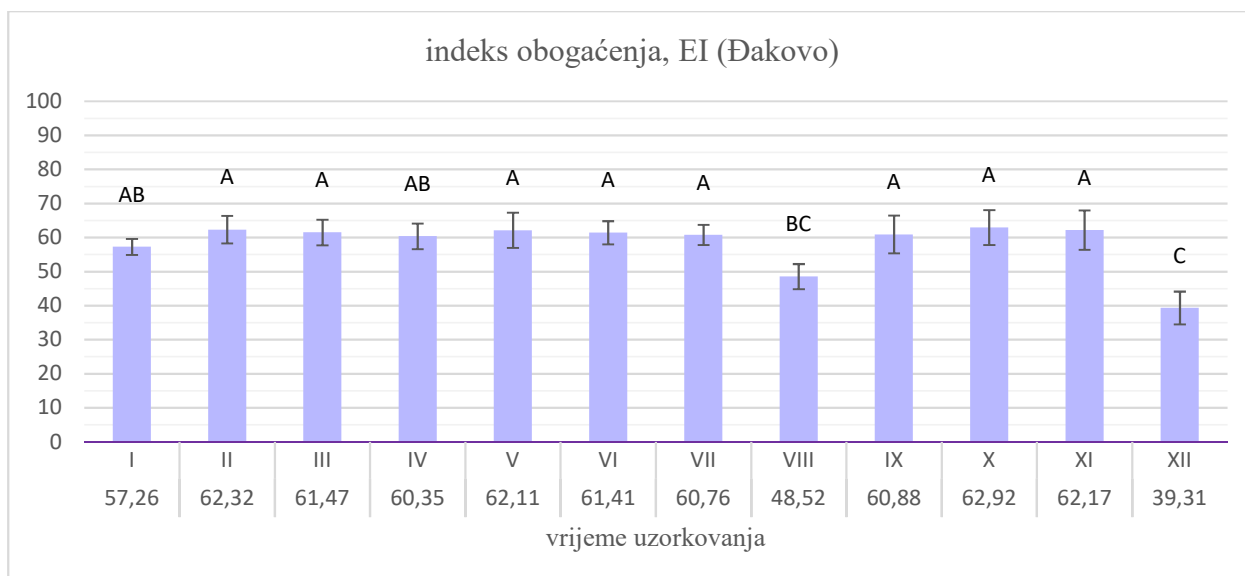


Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 9.28. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)

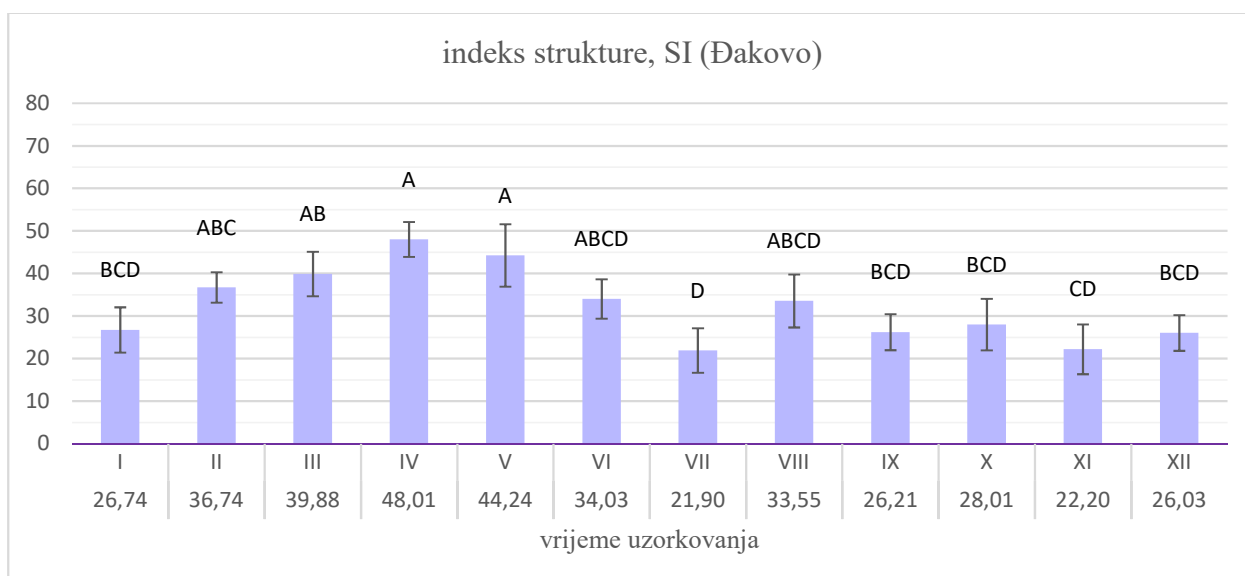




Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

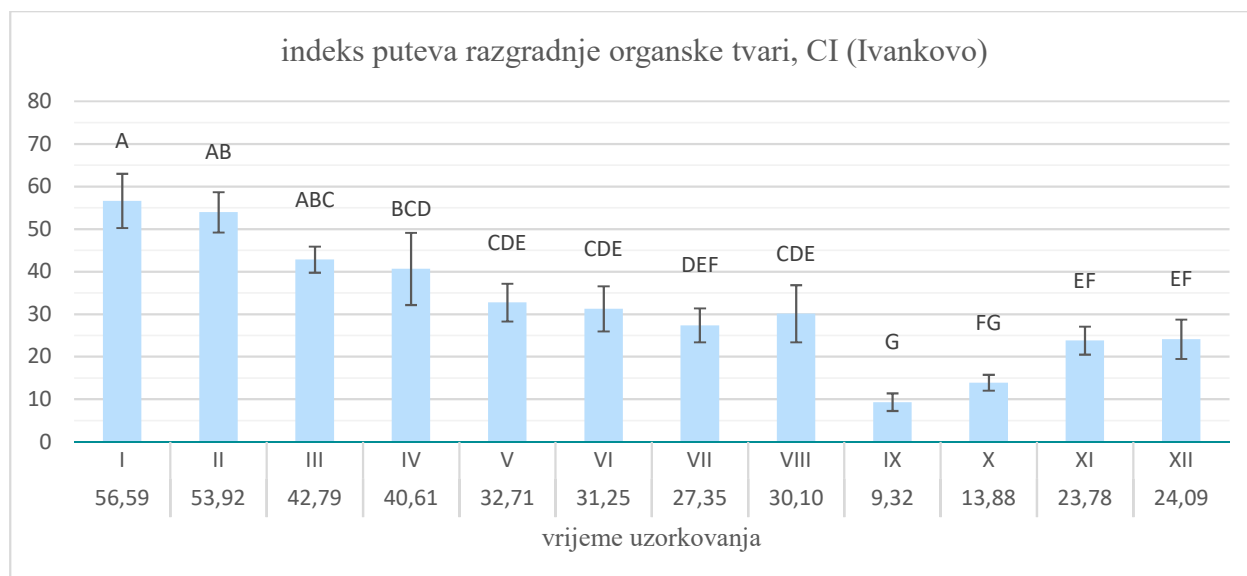
Grafikon 9.29. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

*I* - 29.8.2017., *II* - 20.10.2017., *III* - 12.4.2018., *IV* - 9.5.2018., *V* - 2.7.2018., *VI* - 20.9.2018., *VII* - 17.11.2018., *VIII* - 18.4.2019., *IX* - 12.6.2019., *X* - 11.7.2019., *XI* - 3.9.2019., *XII* - 21.11.2019.

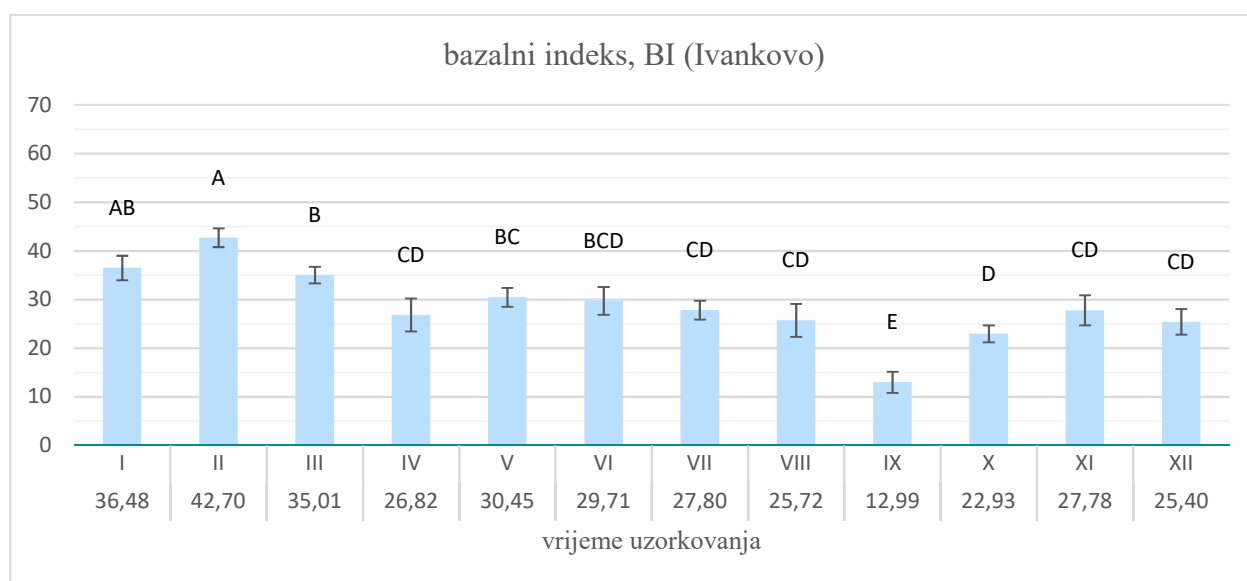
Grafikon 9.30. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

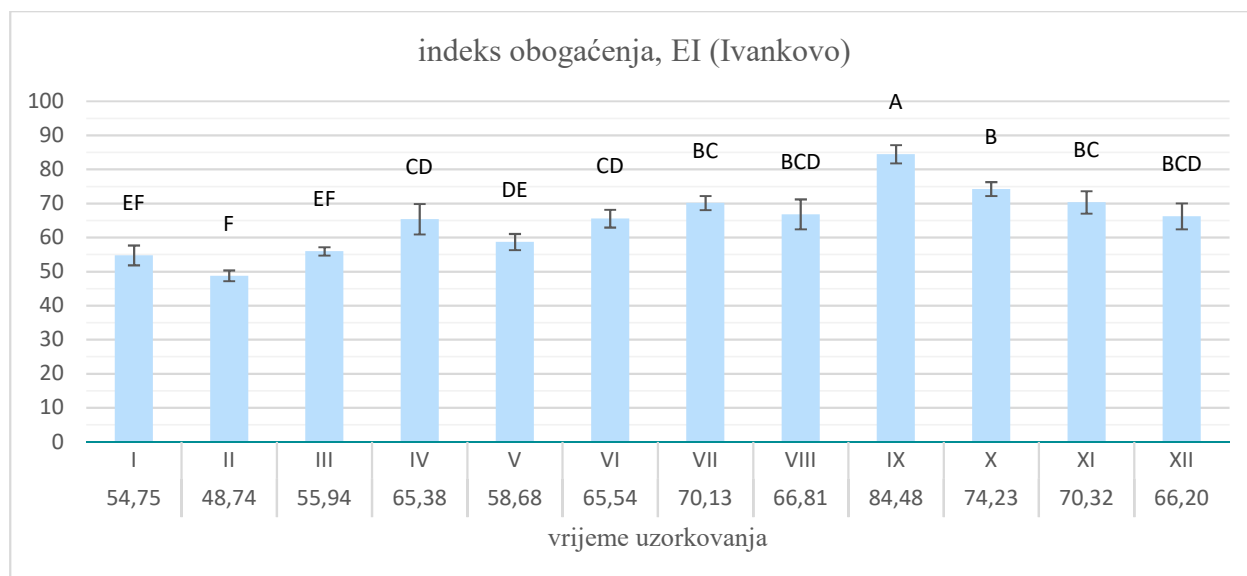
Grafikon 9.31. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa puteva razgradnje organske tvari, CI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

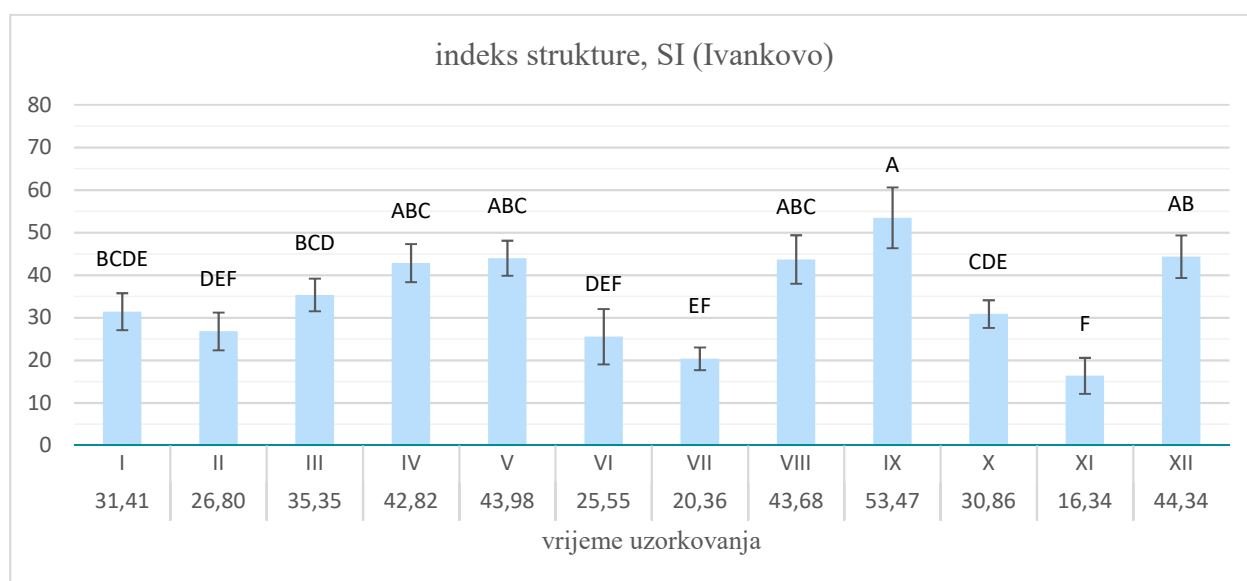
Grafikon 9.32. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške bazalnog indeksa, BI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

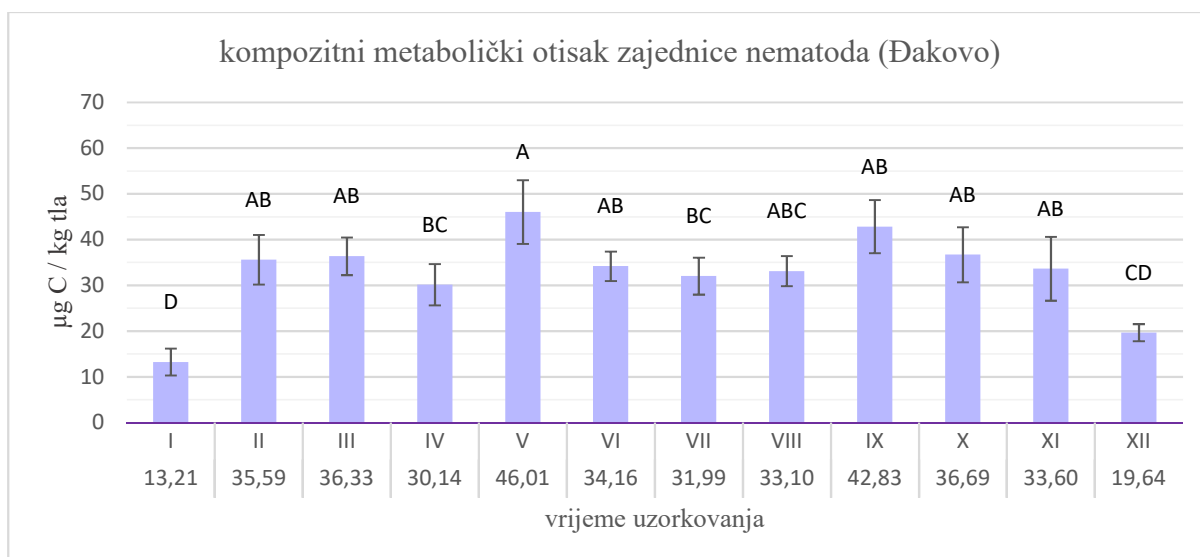
Grafikon 9.33. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa obogaćenja, EI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

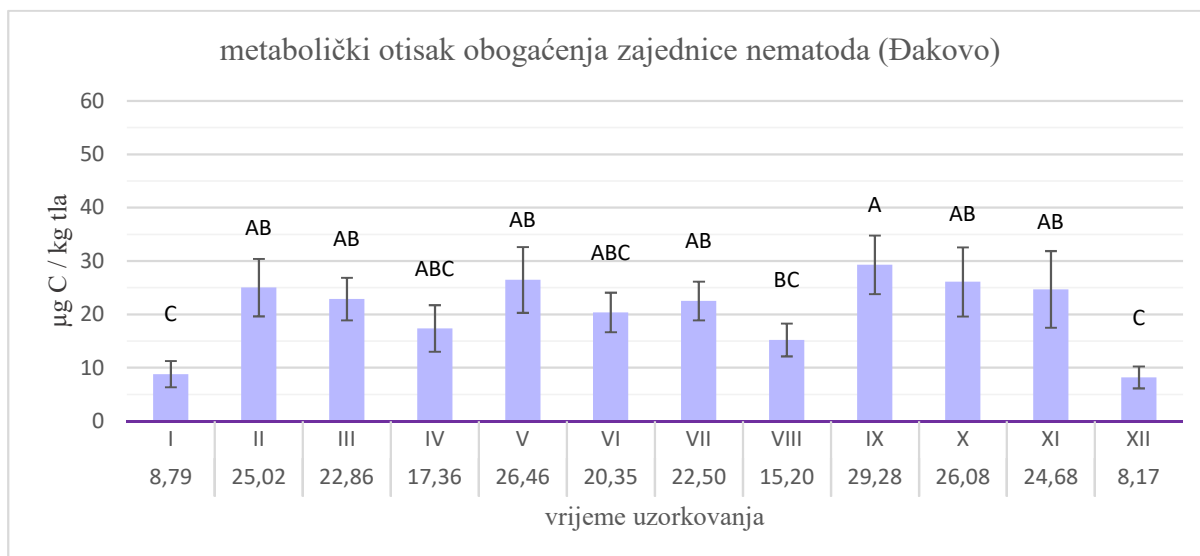
Grafikon 9.34. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa strukture, SI, za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

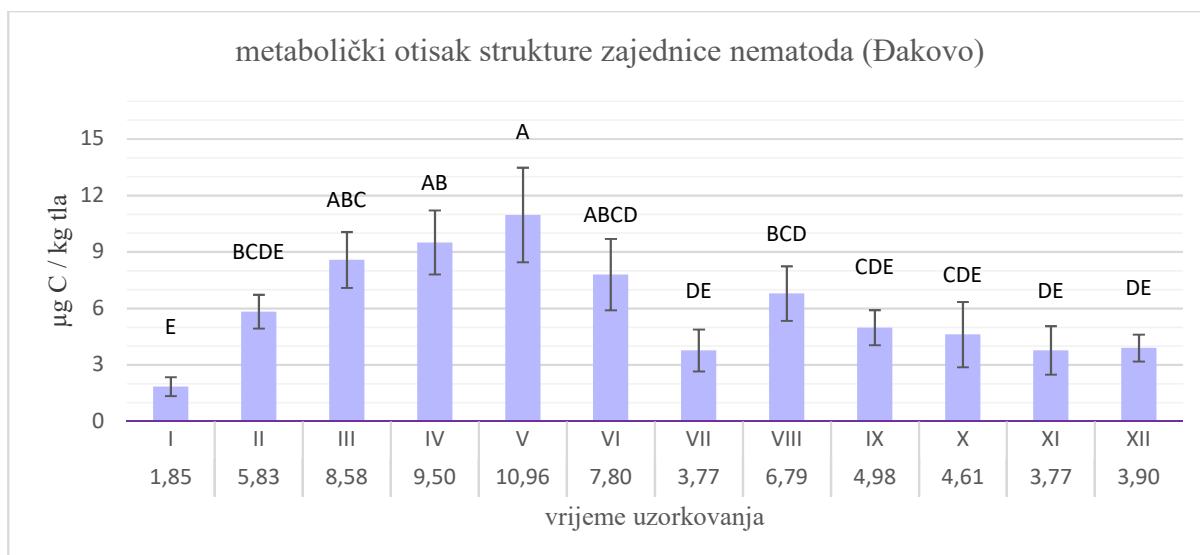
Grafikon 9.35. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

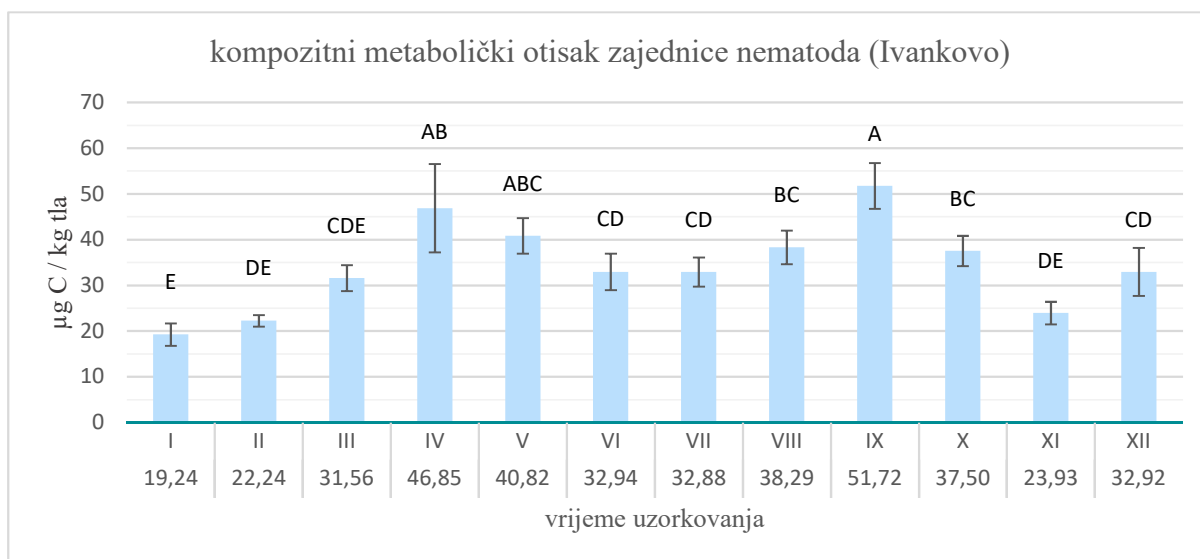
Grafikon 9.36. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

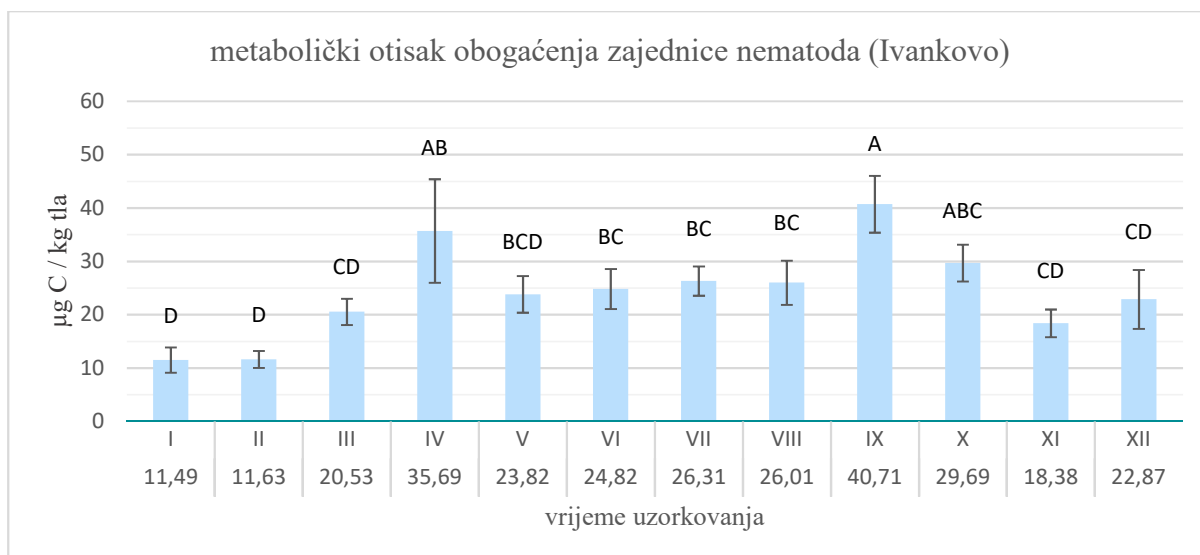
Grafikon 9.37. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

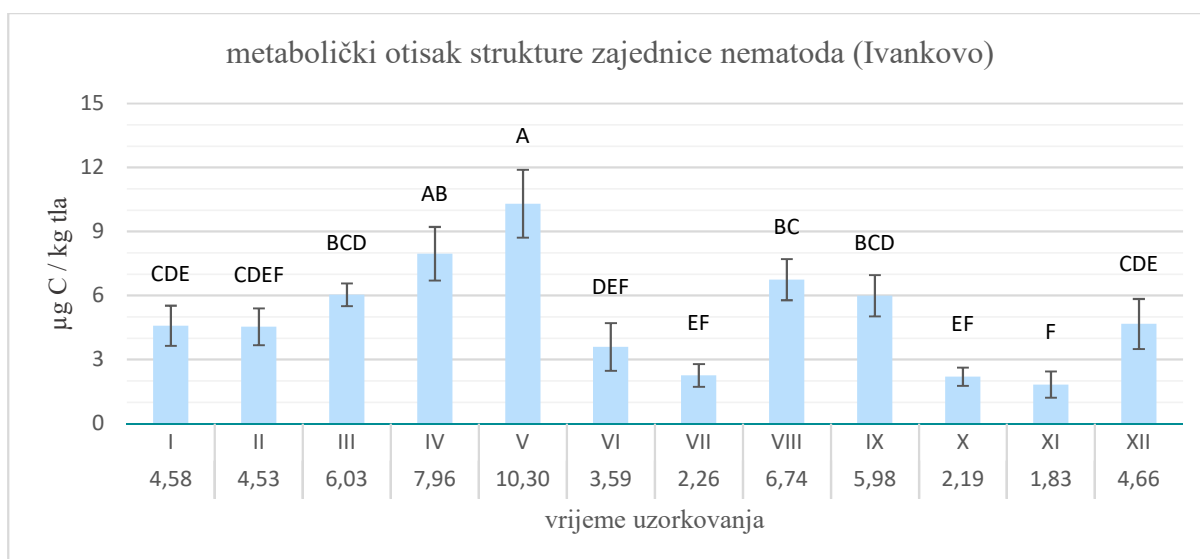
Grafikon 9.38. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške kompozitnog metaboličkog otiska zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

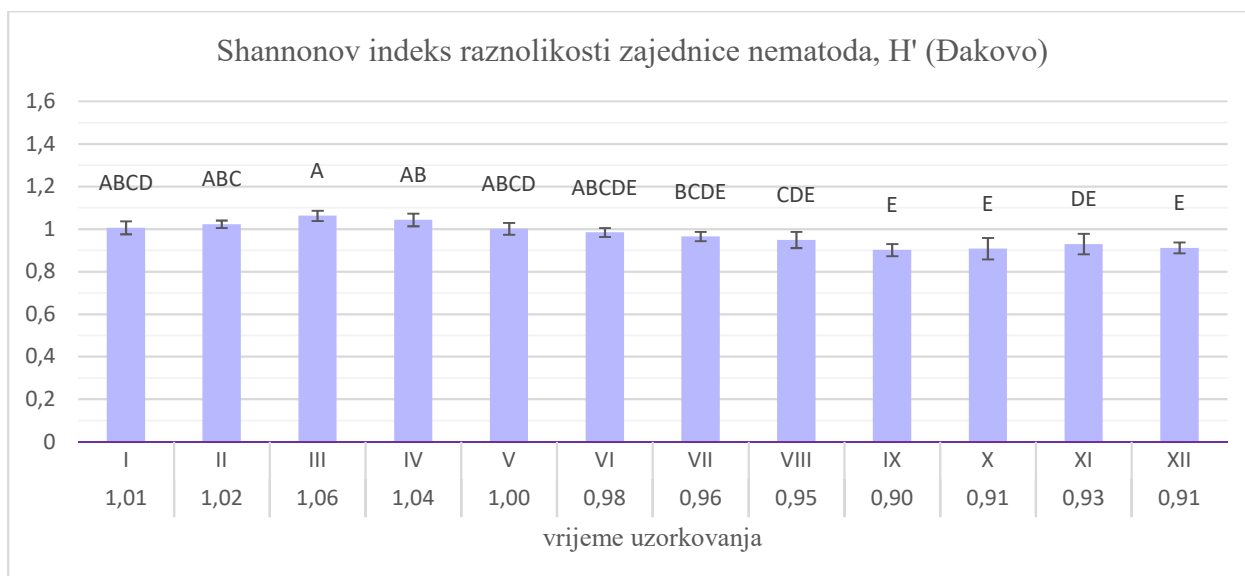
Grafikon 9.39. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska obogaćenja zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

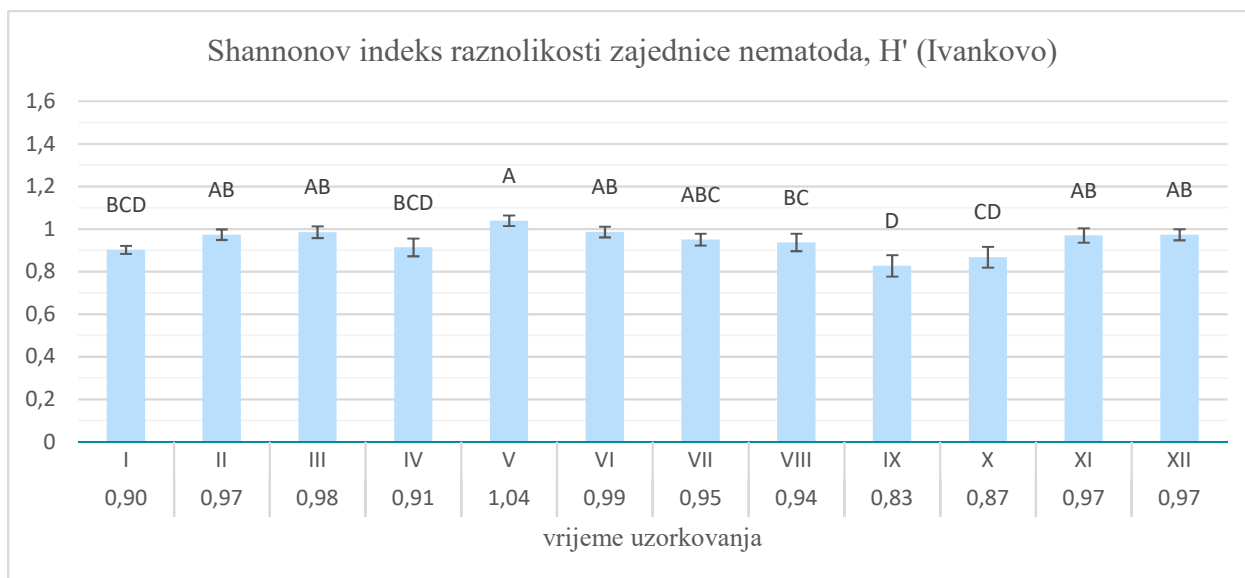
Grafikon 9.40. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške metaboličkog otiska strukture zajednice nematoda za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

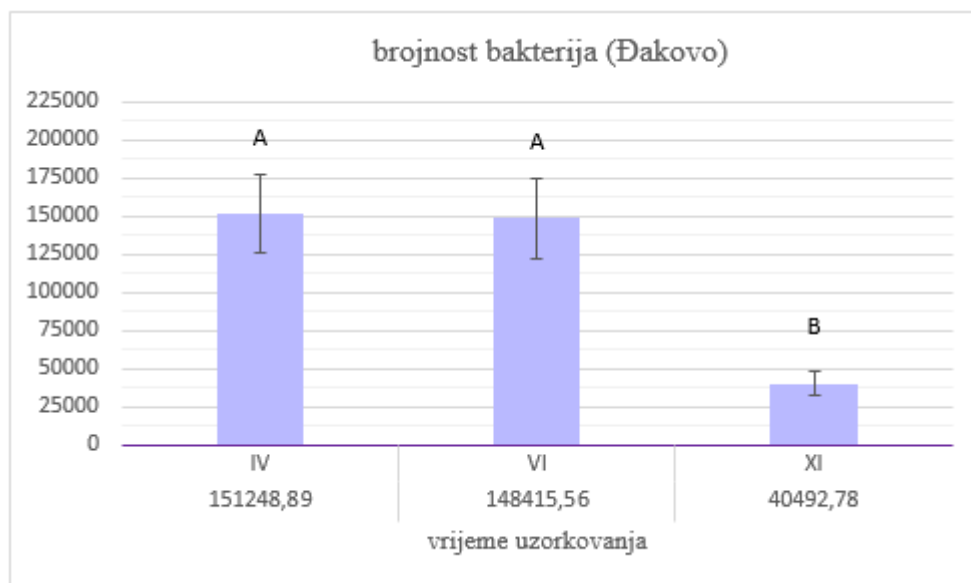
Grafikon 9.41. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa H' za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )

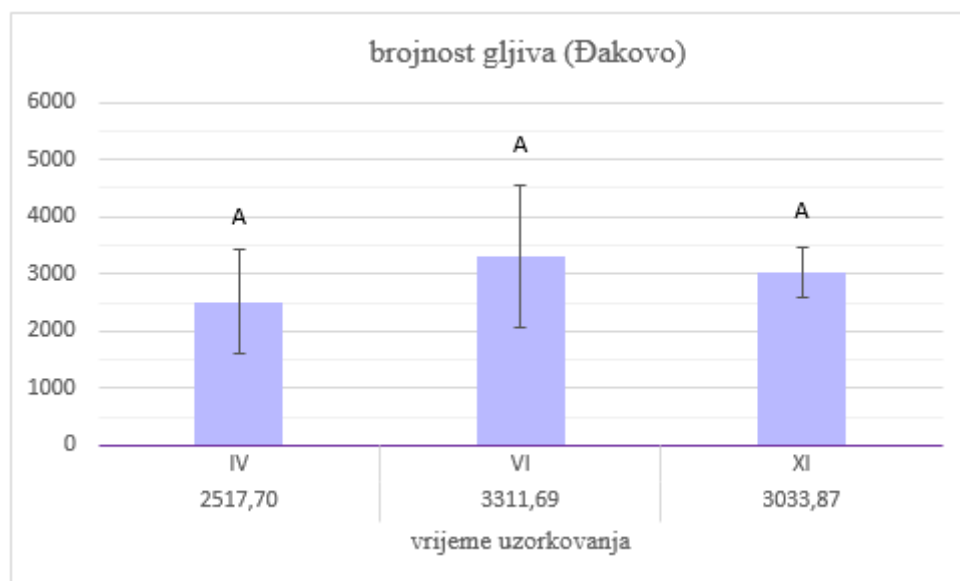
I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Grafikon 9.42. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške indeksa H' za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

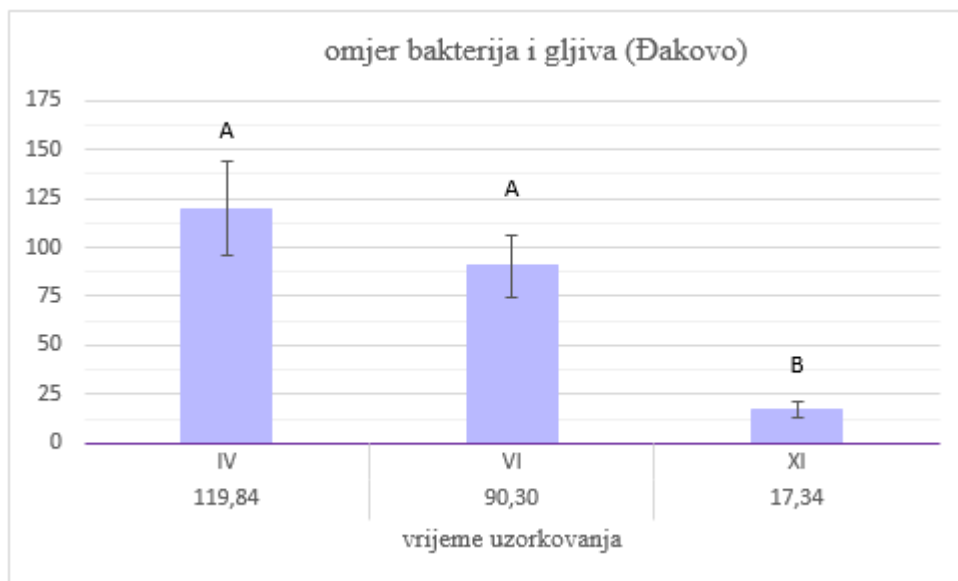
Grafikon 9.43. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti bakterija za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

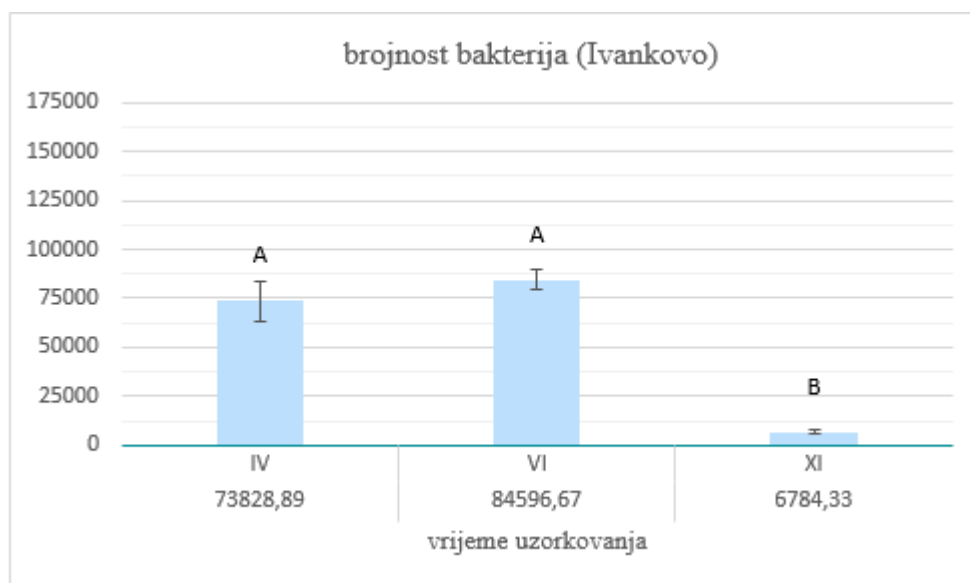
Grafikon 9.44. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti gljiva za proučavana vremena uzorkovanja (Đakovo)





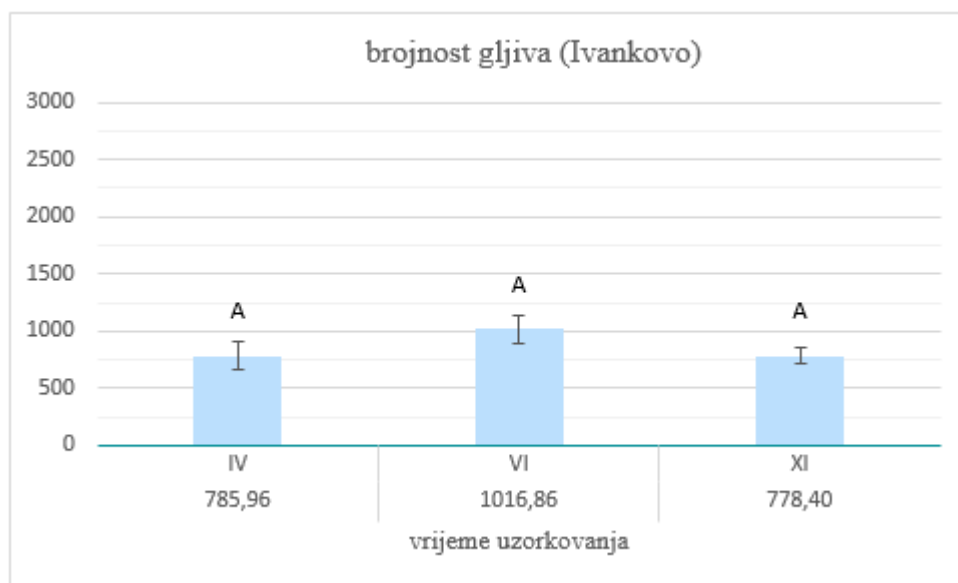
Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

Grafikon 9.45. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



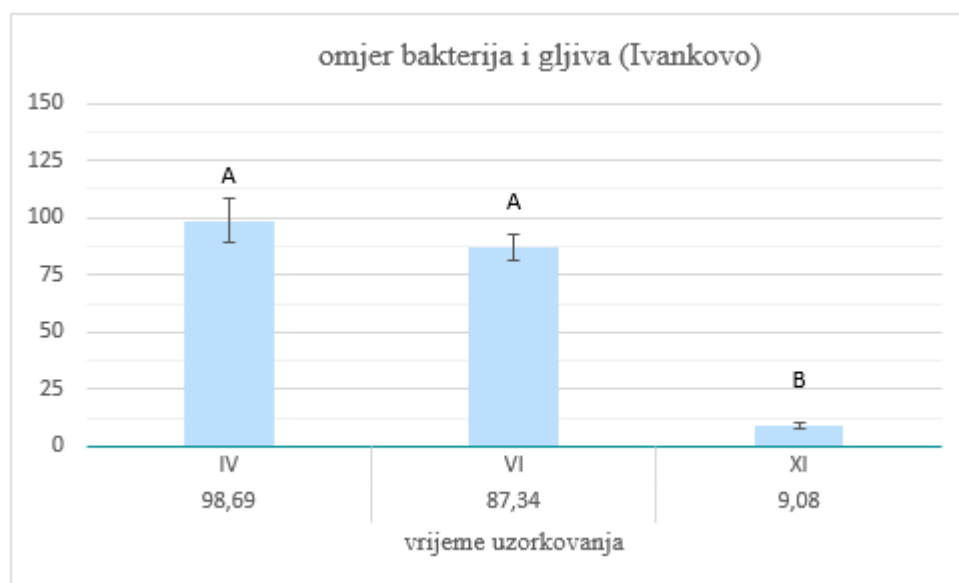
Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

Grafikon 9.46. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti bakterija za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

Grafikon 9.47. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške brojnosti gljiva za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)



Značajne razlike između vremena uzorkovanja označene su različitim slovima prema LSD testu ( $P \leq 0,05$ )  
 IV - 9.5.2018., VI - 20.9.2018., XI - 3.9.2019.

Grafikon 9.48. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške omjera bakterija i gljiva za proučavana vremena uzorkovanja (Ivankovo)

Tablica 9.1. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prosječne dnevne temperature, te maksimalne i minimalne dnevne temperature za proučavane interakcija ekosustav\* vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

		prosječna dnevna temp.	maks. temp.	min. temp.	
K	III	18,1 ± 0,53	33,2 ± 0,91	10,1 ± 0,97	
	IV	18,2 ± 0,00	36,3 ± 0,24	8,2 ± 0,12	
	V	22,4 ± 0,11	42,1 ± 0,00	16,3 ± 0,00	
	VI	21,3 ± 0,02	33,9 ± 0,59	11,8 ± 0,25	
	VII	2,8 ± 0,00	40,9 ± 0,56	8,6 ± 0,08	
	VIII	14,5 ± 0,00	9,7 ± 0,00	-2,2 ± 0,00	
	IX	28,0 ± 0,00	28,7 ± 0,00	4,3 ± 0,00	
	X	20,8 ± 0,00	34,3 ± 0,00	7,8 ± 0,00	
	XI	23,8 ± 0,16	41,6 ± 0,90	12,0 ± 0,10	
	XII	9,1 ± 0,00	23,7 ± 0,00	3,8 ± 0,00	
	K+O	III	18,6 ± 0,05	34,1 ± 0,45	7,5 ± 0,17
		IV	18,6 ± 0,22	39,1 ± 0,44	8,1 ± 0,12
V		23,1 ± 0,00	42,4 ± 0,75	16,8 ± 0,11	
VI		20,1 ± 0,00	38,3 ± 0,00	11,7 ± 0,00	
VII		2,8 ± 0,07	32,3 ± 0,00	7,8 ± 0,00	
VIII		12,7 ± 0,00	9,5 ± 0,09	-2,1 ± 0,10	
IX		27,6 ± 0,03	21,7 ± 0,00	4,7 ± 0,00	
X		19,9 ± 0,30	38,9 ± 3,36	8,6 ± 0,68	
XI		23,5 ± 0,11	41,9 ± 0,42	12,5 ± 0,13	
XII		9,9 ± 0,00	20,9 ± 0,27	5,0 ± 0,04	
O		III	18,6 ± 0,02	32,8 ± 0,08	7,6 ± 0,09
		IV	20,6 ± 0,20	38,8 ± 0,02	7,7 ± 0,01
	V	21,6 ± 0,10	45,3 ± 2,29	15,5 ± 0,13	
	VI	20,8 ± 0,49	31,9 ± 0,23	10,7 ± 0,01	
	VII	2,7 ± 0,01	35,5 ± 0,43	9,1 ± 0,85	
	VIII	13,4 ± 0,12	9,8 ± 0,08	-2,6 ± 0,05	
	IX	28,4 ± 0,81	30,5 ± 0,33	4,3 ± 0,08	
	X	19,7 ± 0,25	35,7 ± 0,63	7,2 ± 0,13	
	XI	24,7 ± 0,33	40,7 ± 1,01	12,3 ± 0,06	
	XII	9,7 ± 0,15	20,0 ± 0,89	4,2 ± 0,10	
	LSD		0,6595	2,4605	0,7932

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

Tablica 9.2. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške prosječne dnevne temperature, te maksimalne i minimalne dnevne temperature za proučavane interakcija ekosustav\* vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

		prosječna dnevna temp.	maks. temp.	min. temp.	
K	III	18,5 ± 0,04	33,5 ± 0,19	7,7 ± 0,05	
	IV	20,5 ± 0,40	38,6 ± 2,83	10,1 ± 0,14	
	V	22,3 ± 0,06	36,1 ± 0,73	9,9 ± 0,20	
	VI	22,9 ± 0,61	41,2 ± 0,89	9,6 ± 0,25	
	VII	2,8 ± 0,07	10,7 ± 0,78	-2,6 ± 0,24	
	VIII	14,2 ± 0,22	27,9 ± 0,35	4,2 ± 0,09	
	IX	27,9 ± 0,01	43,3 ± 0,24	16,0 ± 0,11	
	X	20,7 ± 0,07	32,8 ± 0,03	11,1 ± 0,01	
	XI	24,9 ± 0,05	43,8 ± 0,34	11,2 ± 0,03	
	XII	9,7 ± 0,00	19,8 ± 0,00	4,9 ± 0,00	
	K+O	III	19,0 ± 0,10	34,1 ± 0,07	7,7 ± 0,01
		IV	20,6 ± 0,03	37,9 ± 0,23	10,2 ± 0,04
V		23,4 ± 0,49	40,9 ± 2,15	9,9 ± 0,04	
VI		25,4 ± 0,46	45,5 ± 1,31	10,1 ± 0,55	
VII		2,8 ± 0,13	10,4 ± 0,61	-2,7 ± 0,03	
VIII		12,8 ± 0,00	22,1 ± 0,00	4,7 ± 0,00	
IX		27,0 ± 0,66	43,2 ± 0,58	16,5 ± 0,04	
X		20,9 ± 0,22	32,9 ± 0,30	11,3 ± 0,03	
XI		24,6 ± 0,37	45,0 ± 1,32	11,6 ± 0,23	
XII		9,6 ± 0,00	18,8 ± 0,00	4,9 ± 0,00	
O		III	19,5 ± 0,05	32,6 ± 0,32	8,1 ± 0,04
		IV	23,8 ± 0,14	41,8 ± 0,76	10,5 ± 0,05
	V	21,8 ± 0,05	32,8 ± 0,06	9,5 ± 0,00	
	VI	23,4 ± 0,90	39,4 ± 2,06	9,9 ± 0,53	
	VII	3,0 ± 0,00	10,7 ± 0,00	-2,6 ± 0,00	
	VIII	13,8 ± 0,00	26,4 ± 0,00	5,7 ± 0,00	
	IX	27,9 ± 0,06	42,0 ± 0,50	16,6 ± 0,00	
	X	21,1 ± 0,00	32,6 ± 0,44	12,0 ± 0,04	
	XI	25,2 ± 0,08	40,4 ± 0,12	12,5 ± 0,03	
	XII	9,6 ± 0,00	19,3 ± 0,00	4,9 ± 0,00	
	LSD		0,8216	2,5604	0,4755

I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.

Tablica 9.3. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške temperature i vlage tla za proučavane interakcije ekosustav\* vrijeme uzorkovanja (Đakovo)

		temperatura tla	vlaga tla
K	I	29,4 ± 0,69	46,3 ± 3,86
	II	17,8 ± 0,25	41,4 ± 3,66
	III	16,5 ± 0,42	56,2 ± 1,90
	IV	20,8 ± 0,48	39,0 ± 1,68
	V	25,5 ± 1,44	67,0 ± 0,00
	VI	21,1 ± 0,18	30,4 ± 3,21
	VII	7,7 ± 0,08	6,1 ± 0,36
	VIII	12,0 ± 0,35	17,0 ± 0,00
	IX	27,0 ± 0,71	16,8 ± 2,84
	X	24,0 ± 0,29	32,3 ± 2,10
	XI	24,0 ± 0,12	9,1 ± 0,00
	XII	10,1 ± 0,21	37,3 ± 0,00
K+O	I	27,5 ± 0,29	36,3 ± 2,69
	II	16,5 ± 0,29	50,1 ± 3,43
	III	19,5 ± 1,07	61,1 ± 1,98
	IV	23,0 ± 0,71	37,3 ± 1,65
	V	22,0 ± 0,41	64,0 ± 0,58
	VI	19,7 ± 0,25	33,5 ± 2,99
	VII	9,5 ± 0,20	10,9 ± 0,59
	VIII	13,3 ± 0,15	22,5 ± 0,73
	IX	26,5 ± 0,20	26,3 ± 1,19
	X	19,9 ± 0,25	44,3 ± 0,44
	XI	21,1 ± 0,57	11,2 ± 1,26
	XII	13,5 ± 0,39	42,1 ± 0,69
O	I	27,4 ± 0,85	42,6 ± 5,55
	II	16,3 ± 0,25	43,1 ± 5,50
	III	18,5 ± 0,20	60,8 ± 1,73
	IV	22,3 ± 0,25	42,0 ± 2,20
	V	22,5 ± 0,29	70,0 ± 0,58
	VI	20,1 ± 0,41	32,3 ± 2,21
	VII	9,1 ± 0,25	9,2 ± 0,54
	VIII	12,7 ± 0,25	15,1 ± 0,84
	IX	26,6 ± 0,22	18,3 ± 2,20
	X	21,2 ± 0,25	40,3 ± 0,92
	XI	21,6 ± 0,27	13,7 ± 0,34
	XII	12,3 ± 0,29	42,5 ± 0,32
LSD		1,3258	6,2333

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019.*

Tablica 9.4. Prosječne vrijednosti i standardne pogreške temperature i vlage tla za proučavane interakcije ekosustav\* vrijeme uzorkovanja (Ivankovo)

		temperatura tla	vlaga tla
K	I	33,8 ± 0,14	47,0 ± 3,81
	II	20,0 ± 0,42	51,0 ± 2,72
	III	20,2 ± 0,82	59,4 ± 1,29
	IV	25,7 ± 0,85	41,0 ± 2,94
	V	22,8 ± 0,25	76,5 ± 3,07
	VI	25,5 ± 0,20	28,5 ± 2,22
	VII	10,7 ± 0,25	6,1 ± 0,27
	VIII	14,7 ± 0,44	17,7 ± 0,21
	IX	29,7 ± 0,25	18,0 ± 1,29
	X	23,3 ± 0,29	32,2 ± 0,29
	XI	25,9 ± 0,32	11,8 ± 1,09
	XII	15,9 ± 0,32	37,5 ± 0,65
K+O	I	33,4 ± 0,52	45,8 ± 1,96
	II	20,1 ± 0,34	54,2 ± 3,67
	III	18,2 ± 0,78	62,4 ± 1,59
	IV	25,0 ± 0,00	54,0 ± 0,00
	V	23,4 ± 0,24	63,5 ± 3,10
	VI	22,7 ± 0,25	32,8 ± 2,17
	VII	13,7 ± 0,25	9,8 ± 0,27
	VIII	15,7 ± 0,25	23,3 ± 0,30
	IX	25,3 ± 0,29	25,4 ± 0,83
	X	22,7 ± 0,25	43,0 ± 0,96
	XI	23,8 ± 0,29	13,6 ± 0,91
	XII	17,5 ± 0,20	43,0 ± 0,49
O	I	33,5 ± 0,20	37,6 ± 3,54
	II	20,8 ± 0,53	54,4 ± 1,44
	III	17,0 ± 0,71	59,4 ± 4,83
	IV	22,0 ± 0,41	61,5 ± 2,99
	V	23,7 ± 0,24	48,3 ± 2,39
	VI	22,9 ± 0,32	31,3 ± 2,17
	VII	12,9 ± 0,32	6,1 ± 0,48
	VIII	15,1 ± 0,25	18,3 ± 0,50
	IX	26,9 ± 0,32	20,2 ± 1,18
	X	22,9 ± 0,32	40,1 ± 0,93
	XI	24,7 ± 0,25	14,8 ± 0,86
	XII	16,7 ± 0,25	43,1 ± 0,31
LSD		1,0926	5,6834

*I - 29.8.2017., II - 20.10.2017., III - 12.4.2018., IV - 9.5.2018., V - 2.7.2018., VI - 20.9.2018., VII - 17.11.2018., VIII - 18.4.2019., IX - 12.6.2019., X - 11.7.2019., XI - 3.9.2019., XII - 21.11.2019*

## ŽIVOTOPIS

Josipa Puškarić rođena je 29. travnja 1990. godine u Osijeku (Hrvatska). Završila je Opću gimnaziju u Osijeku 2009. te iste godine upisala Poljoprivredni fakultet u Osijeku, sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivrede, smjer Hortikultura. U listopadu 2012. godine upisuje sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo. 2015. godine završava studij te stječe akademski naziv magistra inženjerka bilinogojstva. Dobitnica je stipendije najuspješnijih redovitih studenata Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku u akademskoj godini 2012./2013. Od travnja 2013. do listopada 2015. godine radila je studentski posao u Agrigenetics d.o.o., a od travnja 2016. godine zaposlena je kao asistentica na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku, Katedri za entomologiju i nematologiju Zavoda za zaštitu bilja. Poslijediplomski doktorski studij Poljoprivredne znanosti, smjer Zaštita bilja upisuje 2016./2017. akademske godine na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Tijekom poslijediplomskog dokorskog studija usavršavala se na znanstvenim institucijama u inozemstvu: Institute of Biodiversity and Ecosystem Research na Bugarskoj akademiji znanosti u Sofiji te na Nizozemskom institutu za ekologiju koji je dio Wageningen University and Research centre, u Wageningenu. Kao suradnik sudjelovala je/sudjeluje na Uspostavnom istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost, na Interreg IPA CBC Croatia - Serbia projektu (IMPACT ENVI) te na Erasmus + K1 projektu. Kao autor i koautor objavila je tri rada A1 kategorije, tri rada A2 kategorije, tri rada A3 kategorije te poglavlje u sveučilišnom udžbeniku. Članica je Hrvatskog društva biljne zaštite, Hrvatskog entomološkog društva te International Organisation for Biological Control (IOBC). Uključena je u izvođenje nastave na sljedećim modulima: Fitonematologija, Nematologija, Ekološka poljoprivreda i standardi, Zaštita od bolesti i štetnika u vinogradarstvu, Zaštita od bolesti i štetnika u voćarstvu, Entomologija I, Entomologija te Zaštita bilja II - praksa.