

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP)
»ZAGOTOVIMO.SI HRANO ZA JUTRI« 2011 – 2020«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Šifra projekta:

V4-2022

2. 1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in povečanje vezave C v tla z ohranitveno obdelavo tal (akronim ReC-Till)

2.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

REducing greenhouse gas emissions and enhancing soil C sequestration using conservation TILLage (acronym ReC-Till)

3. Ključne besede projekta

3.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Emisije TGP, sekvestracija C, organska snov tal, ohranitveno kmetijstvo, kakovost tal, biotska pestrost, okoljski odtis

3.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

GHG emissions, C sequestration, soil organic matter, conservation agriculture, soil quality, biodiversity, ecological footprint

4. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

Marjetka Suhadolc (14056)

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (0481)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (0481)

Kmetijski inštitut Slovenije (0401)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede (0482)

6. Raziskovalno področje po šifrantu ARRS¹:

Rastlinska produkcija in predelava (4.03.01)

7. Raziskovalno področje po šifrantu FOS²:

Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo (4.01)

8. Sofinancer/sofinancerji:

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano

Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v

okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi? (v izbran kvadratale vtipkaš črko x)

x a) ☒ celoti

b) delno

c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

a) da

b) ☒ ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Izvleček vsebinskega poročila o realizaciji predloženega programa dela ³:

¹ Spletni naslov šifrantu ARRS: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-vpp.asp>

² Spletni naslov šifrantu FOS: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/klasif-znan-FOS.asp>

³ Na tem mestu je potrebno napisati izvleček vsebinskega raziskovalnega poročila -študije, ki je obvezen element tega obrazca (Priloga 1). V izvlečku mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

V poljedelstvu k emisijam toplogrednih plinov (TGP) poleg obratovanja strojev v veliki meri prispevajo dihanje tal (tok CO₂ iz tal) ter sproščanje didušikovega oksida (N₂O) iz tal. Obseg emisij je odvisen od lastnosti tal, vremenskih razmer in agrotehničnih ukrepov. V konvencionalnem kmetijstvu sproščanje CO₂ povečuje intenzivna mehanska obdelava, zaradi katere je v tleh pospešena razgradnja talne organske snovi. V projektu smo v prvi fazi izdelali pregled načinov obdelave tal v svetu in EU, ki zmanjšujejo emisije TGP oz. povečujejo vezavo C v tla, za podporo odločanju pri izbiri najustrežnejšega načina glede na razmere v Sloveniji. V realnih razmerah dolgoletnih poljskih poskusov, z različno intenziteto obdelave tal (konvencionalno oranje, plitva minimalna obdelava brez obračanja tal, direktna setev brez posegov v tla oz. *no-till*) v odvisnosti od pedo-klimatskih pogojev, stopnje pokritosti tal in pestrosti dosejka, ter različnega gnojenja, smo na osnovi meritev ugotavljali doprinos ohranitvene obdelave tal k zmanjšanju emisij CO₂ in povečanju vezave C v tla. Učinke ohranitvenih načinov obdelave tal smo preučevali v naslednjih dolgoletnih poljskih poskusih: Rašica (ULBF) in Ljubljana (ULBF) z začetkom v letu 1999, Gorišnica (ULBF) in Pesnica (ULBF) z začetkom v letu 2011 ter Jablje (KIS) z začetkom v letu 2018. Poleg meritev emisij TGP in določanja zalog talnega C smo izvedli meritve kakovosti njivskega agroekosistema, pri čemer smo se poglobljeno posvetili oceni kakovosti tal vključno z biotsko pestrostjo. Pripravili smo metodologijo modelne ocene bilance stabilne talne organske snovi (humusnega-C) v Excel programskem okolju za uporabo v kmetijski praksi. Preizkusili smo javno dostopne modele za ocenjevanje neto emisij TGP na ravni kmetijskih gospodarstev in pripravili priročnik za uporabo orodja Cool farm tool®.

Na osnovi rezultatov z vseh preučevanih dolgoletnih poskusov ugotavljamo, da zmanjšana intenzivnost obdelave tal vpliva na večjo vsebnost organskega ogljika (C_{org}) v zgornjih 10 cm tal v primerjavi z oranji, kar vodi do izboljšanja številnih lastnosti tal pomembnih tako z vidika rodovitnosti kot tudi blaženja učinkov podnebnih sprememb (Govednik s sod., 2023; Mihelič s sod., 2024). Rezultati meritev emisij TGP v rastni sezoni posevka koruze kažejo, da CO₂ prispeva daleč največji delež k skupnim emisijam (izraženimi s CO₂ ekvivalenti), N₂O pa zelo malo, medtem ko se CH₄ v njivskih tleh porablja (poskus Ljubljana, ULBF). Kumulativne emisije CO₂eq za celo obdobje posevka so se med obravnavanji konvencionalnega oranja, značilno razlikovale tako opazimo nižje pri negnojni kontroli v primerjavi z mineralnim ter organskim gnojenjem, medtem ko so v *no-till* obdelavi vsa gnojenja primerljiva. Pri kontinuirano merjenih emisijah na poskusu Rašica (ULBF) smo ugotovili, da so kumulativno največje emisije pri oranju, sledi minimalna obdelava, najmanjše pa so bile pri *no-till*. Izračun specifičnih emisij (CO₂eq na tono suhe snovi zrnja) na osnovi periodičnega spremljanja TGP v sezoni koruze na poskusu Ljubljana (ULBF) pa je pokazal večje specifične emisije oz. manjšo učinkovitost pridelave v *no-till* načinu v primerjavi s konvencionalnim oranjem predvsem zaradi manjšega pridelka, ki je bil posledica slabšega vznika ter večje zapleveljenosti v *no-till* obravnavanju. Vsekakor bi bilo potrebno bolj pogosto (idealno kontinuirano) spremljati TGP v različnih pedo-klimatskih razmerah iz česar bi lažje sklepali o vplivu obdelave tal na bilanco med TGP emisijami in sekvestracijo C. Pri primerjavi različnih metod spremljanja emisij TGP iz poljedelstva se je potrebno osredotočiti na več parametrov: prostorska reprezentativnost, velikost merilnega območja, kontinuiranost meritve oz. časovna resolucija, cena meritve, zahtevnost za analizo podatkov in interpretacijo, natančnost in zanesljivost metode. V

splošnem ni metode ugotavljanja emisij TGP, ki bi bila najboljša za vse namene. Če je le možno, se zato poslužujemo prepleta več metod, da izkoristimo prednosti posameznega pristopa, npr. kombinacija merilnih sistemov s komorami z Eddy covariance metodo ter daljinskim zaznavanjem.

Modelno smo na dveh dolgoletnih poskusih Gorišnica (ULBF) in Pesnica (ULBF) ocenili emisije TGP z uporabo orodja Cool farm tool (CFT®). Poskusa sta bila izbrana, ker imata povsem enako zasnovi, kolobar in druge tehnološke ukrepe od začetka poskusa v letu 2011, razlikujeta se pa v tipu tal (evtrična rjava tla in hipoglej). Ocenjene emisije TGP z orodjem CFT® so v poskusu Pesnica (težka hipooglejena tla) pokazale za 19,7 % večje izpuste CO₂ in za 18,6 % večje skupne izpuste TGP pri sistemu poljedelstva s konvencionalnim oranjem v primerjavi s sistemom ohranitveno obdelovanih tal; v poskusu Gorišnica (lahka, skeletna, evtrična rjava tla) pa za 11,7 % večje izpuste CO₂ in 10,9 % večje skupne izpuste TGP pri sistemu z oranjem v primerjavi z ohranitveno obdelavo tal. Podrobnejša analiza glavnih podprocesov je pokazala, da z uporabo mineralnih gnojil in FFS značilno povečamo izpuste CO₂, saj je proizvodnja in uporaba vseh kemijskih pripravkov zelo obremenjujoča za okolje. Mineralna gnojila so tudi najpomembnejši vir izpustov TGP, zlasti didušikovega oksida. Primerjava ocen emisij med različnimi kulturami v petletnem obdobju kaže največjo oceno izpustov CO₂ pri pridelavi ozimne oljne ogrščice z oranjem na poskusu Gorišnica leta 2014. Ocena izpustov pri pridelavi z oranjem je bila 0,33 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,21 kg CO₂/kg SS (CFT), pri pridelavi z ohranitveno obdelavo tal pa 0,31 kg CO₂/kg SS (SPI) oziroma 0,29 kg CO₂/kg SS.

Nadalje je potrebno poudariti, da so spremembe v vsebnosti organskega ogljika v tleh izredno počasne in odvisne tako od tehnoloških ukrepov kot tudi okoljskih dejavnikov. Na primer, na poskusu v Ljubljani (ULBF) smo na *no-till* obravnavanjih opazili povečanje zaloga ogljika tako pri kontroli (brez gnojenja), pri kombinaciji organskega in mineralnega gnojenja, ter pri organskem gnojenju, medtem ko pri mineralnem gnojenju sprememb nismo opazili. Na oranah obravnavanj brez gnojenja in kombinaciji organskega in mineralnega gnojenja ni prišlo do sprememb v zalogah ogljika. V obravnavanju oranja z organskim gnojenjem je povečanje zaloga ogljika majhno, medtem ko se v obravnavanjih oranja z mineralnim gnojenjem nakazuje padajoč trend. Tako na oranem, kot na *no-till* sistemu so zaloge ogljika ob koncu poskusa, leta 2023, največje na obravnavanju z organskim gnojenjem, pri čemer so absolutno največje zaloge ogljika na *no-till* obravnavanju (85,8 t ha⁻¹). Prehod v ekološki sistem kmetovanja (poskus Rašica, ULBF) povečuje vsebnosti C_{org} pri ohranitvenih načinih obdelave, za razliko od konvencionalnega oranja, kjer sprememb zaradi prehoda v ekološki sistem po petih letih še ni bilo (Mihelič s sod., 2024). V 24 letih trajanja poskusa je razlika med direktno setvijo in oranjem 17,4 t C_{org} ha⁻¹ in med minimalno obdelavo in oranjem 9,6 t C_{org} ha⁻¹, kar je 700 oz. 400 kg C_{org} ha⁻¹ večja vezava letno. Vsebnost C_{org} v tleh je odvisna tudi od lastnosti tal, npr. v teksturno težjih je v splošnem večja. Tako so skupne zaloge ogljika po 6 letih direktne setve ob enakih agrotehničnih ukrepih na teksturno težkih tleh poskusa Pesnica (ULBF) znašale okoli 66 t C_{org} ha⁻¹ v primerjavi s 45 t C_{org} ha⁻¹ na teksturno lahkih tleh poskusa Gorišnica (ULBF).

Primerjava pridelkov na dolgoletnih poskusih v celotnem obdobju trajanja poskusov (Rašica in Ljubljana od leta 1999 (ULBF)), Gorišnica in Pesnica od leta 2011 (ULBF), Jablje od leta 2018) v splošnem kaže, da so pridelki v ohranitvenih obdelavah tal (minimalni in *no-till*) primerljivi ali le nekoliko zmanjšani, so pa tudi primeri posevkov v posameznih letih in v

določenih režimih kmetovanja in naravnih danosti, kjer so pridelki znatneje upadli v primerjavi s tistimi na oranih tleh. Večji upadi so možni pri zmanjšanih intenzitetah obdelave v sistemih, kjer je dodanih manj ali nič gnojil. Možen razlog je, da intenzivnejša obdelava pri oranju sprosti določen del hranil iz talne organske snovi, pri zmanjšanih intenzitetah obdelave pa se ta počasneje razgrajuje. Če hranil ne dodajamo, je mineralizacija organske snovi namreč glavni vir hranil za rastline. Posebno v ekološkem sistemu pridelave lahko pride do upada pridelka pri zmanjšani intenzivnosti obdelave tal zaradi zapleveljenosti. Ker je prisotnost plevelov praviloma večja v ohranitvenih načinih obdelave tal, smo preučili učinek prekrivnih dosevkov (prisotnost in vrsto) na zapleveljenost v tleh z minimalno obdelavo tal na poskusu Jablje (KIS). Ugotovili smo, da vse vrste prekrivnih dosevkov, tako monokulturni dosevki kot vrstno bogate mešanice, močno zmanjšujejo zapleveljenost. Vrstno bogate mešanice niso nujno bolj produktivne in ne nudijo dosledno večjega zaviralnega učinka na stopnjo zapleveljenosti. Naši rezultati nakazujejo, da so prekrivni dosevki trenutno ena najbolj pomembnih strategij, ki omogoča krepitev proizvodne funkcije tal in ohranjanje trajnostnih pridelovalnih sistemov.

Naši rezultati kažejo, da zmanjšana intenzivnost obdelave tal ugodno vpliva na življenje v tleh. Razlike v biomasi in številčnosti organizmov v tleh med različnimi načini obdelave tal se pokažejo že po relativno kratkem času. Na primer na poskusu Jablje (KIS) je bila biomasa in število odraslih deževnikov večje v tleh z zmanjšano intenzivnostjo obdelave že po treh letih ter za talne členonožce po štirih letih od vzpostavitve trajnega poskusa. V povprečju je bilo največ na edafsko življenje dobro prilagojenih živali v *no-till* obdelavi, v minimalni obdelavi, v oranih tleh pa manj. Na dolgoletnih poskusih ULBF (Rašica, Ljubljana, Gorišnica in Pesnica) smo ugotovili značilno večjo mikrobno biomaso in številčnost bakterij in gliv v zgornjih desetih cm tal pri zmanjšani intenzivnosti obdelave tal (minimalni in *no-till*) v primerjavi z oranami v vseh terminih vzorčenja. Tako mikrobna biomasa kot številčnost mikrobnih združb v splošnem sledita porazdelitvi organskega ogljika v tleh (Govednik in sod., 2023).

V sodelovanju s kmetijsko svetovalno službo in stanovskimi združenji slovenskih kmetov smo pridobljena znanja preko svetovalnih priročnikov in delavnic posredovali z namenom razvoja trajnostnih kmetijskih praks v Sloveniji. V mednarodnem sodelovanju smo naše ugotovitve oplemenitili s tujimi izkušnjami, ki jih bomo s kritično distanco prenesli v razmere slovenskega poljedelstva. Preko visokošolskega izobraževanja so bila pridobljena znanja posredovana študentom, ki bodo s tem pridobili pomembne poklicne kompetence za delo v trajnostnem kmetijstvu in varstvu okolja.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen rezultatov in učinkov vašega raziskovalnega projekta⁴:

Raziskovani projekt je zajel zelo široko raziskovalno polje ohranitvenega kmetijstva s poudarkom na zmanjšani intenzivnosti in globini obdelave tal (= ohranitvena obdelava) v primerjavi s konvencionalnim sistemom obdelave tal s plugom pri čemer zgornji sloj tal obrnemo, rastlinske ostanke s tem pokopljemo in ustvarimo golo površino tal. V raziskavi

⁴ Vpišete lahko več odgovorov. Uporabite šifrant rezultatov pod točko F, učinkov pod točko G), ki je dostopen na spletnem naslovu: <http://www.arsr.gov.si/sl/gradivo/sifranti/inc/sif-razisk-rezult.pdf>

smo se naslonili na dolgoletne poljske poskuse (Rašica, Pesnica, Gorišnica, Ljubljana (ULBF)) kot tudi zgolj v času projekta trajajoče poljske poskuse, kjer smo preverili vpliv kolobarja in dosevkov (Jablje (KIS)). Na vseh poskusih smo povezani z okoliškimi kmeti, nekatere poskusne kmetje tudi oskrbujejo in izvajajo tehnološke ukrepe (poskusa v Moškanjcih (Gorišnica in Rašica), kar je izjemnega pomena za prenos dobrega gospodarjenja s tlemi direktno v kmetijsko prakso.

Rezultate projekta smo in jih še bomo objavili v znanstvenih člankih in predstavili na znanstvenih posvetih; na ta način sodelujemo z mednarodno znanstveno skupnostjo pri dopolnjevanju znanstvenih spoznanj/zakovitosti glede vpliva različnih načinov gospodarjenja s tlemi na fizikalne, kemijske in biološke procese v tleh ter v širšem agroekosistemu. Predvsem smo se posvetili medsebojnemu vplivu različnih načinov gospodarjenja s tlemi na produktivnost agroekosistema, porabo energije in emisije toplogrednih plinov. Rezultati naših dolgoletnih poljskih poskusov so zanimivi za mednarodno raziskovalno srenjo, zato smo dolgoletni poljski poskus ULBF v Ljubljani (*»TillComp«*) vključili v evropski seznam dolgoletnih poljskih poskusov ter že sodelujemo v evropski mreži raziskav.

Rezultati so zelo pomembni tudi za izboljšave kmetijske prakse. Sintezo rezultatov smo predstavili na strokovnih in znanstvenih srečanjih (kmetijski sejem Agra; kmetijski sejem Komenda; simpozij Novi izzivi v agronomiji; Lombergarjevi dnevi 2021, v obliki RTV oddaj in intervjujev, v obliki tematske konference *»Regenerativno kmetijstvo – tla so temelj«*; lokalnih izobraževanj za kmetijske svetovalce in kmete...). Kmetijska srenja, tako kmetijski svetovalci kot kmetje, se zelo zanimajo za rezultate našega raziskovalnega dela, saj ugotavljajo, da jim naše raziskovalne ugotovitve dajejo pomembne odgovore za strokovno preusmeritev kmetovanja v smeri ohranitvenega kmetijstva, ki ga mnogi vidijo kot temelj trajnostnega kmetijstva.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta⁵:

Raziskovanje in izkoriščanje zemlje

- *preiskovanje in izkoriščanje zemeljske skorje*

Raziskovalni projekt se ukvarja s proučevanjem tal v kmetijski rabi (poljedelstvo).

Okolje

- *nadzor onesnaževanja, usmerjen v prepoznavanje in analizo virov onesnaževanja, nadzor nad onesnaževalci, vključno z njihovo razširjenostjo v okolju ter njihovim vplivom na ljudi, druge vrste živih organizmov (živali, rastline, mikroorganizmi) in biosfero*

- *preprečevanje in odpravljanje vseh vrst onesnaženja v vseh vrstah okolja*

- *varovanje atmosfere (zraka) in podnebja - varovanje ozračja*

⁵ Šifrant je dostopen na spletnem naslovu: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/inc/klasif-druzbe-ekon-09.pdf>

Ugotavljamo, kako z ohranitvenim kmetijstvom (predvsem ohranitveno obdelavo), kjer ves čas vzdržujemo tla pokrita, izboljšati izkoristke hranil in zmanjšati emisije toplogrednih plinov v primerjavi s konvencionalnim sistem obdelave tal z lemežnim plugom, ki ustvarja golo površino tal.

- varovanje tal in površinskih voda

Ohranitvena obdelava tal poveča biotsko pestrost in številčnost talnih organizmov, varuje tla pred erozijo.

Energija

- učinkovita raba energije

V projektu ReC-Till smo s pomočjo orodij za izračun ekološkega odtisa ugotovili, da z ohranitvenim kmetijstvom zmanjšamo porabo fosilne energije in ekološki odtis v 5-letnem poljedelskem kolobarju za 10 % (lahka do srednje težka tla na poskusu Gorišnica (ULBF)) do 20 % (težka tla na poskusu Pesnica (ULBF)).

- zajetje in shranjevanje CO₂

Modelni izračuni (CoolFarmTool) so pokazali, da se z ohranitvenim kmetijstvom v primerjavi s konvencionalnim zadrži v sistemu med 740 do 830 kg CO₂ ha⁻¹ letno (= 200 do 224 kg C ha⁻¹) v povprečju 5 letnega kolobarja.

Kmetijstvo

- spodbujanje kmetijstva, gozdarstva, ribištva in proizvodnje živil

Z novimi spoznanji projekta ReC-Till bomo spodbudili razvoj ohranitvenega kmetijstva v Sloveniji. Naši rezultati imajo tudi mednarodni odziv.

- umetna gnojila, biocidi, biološko zatiranje škodljivcev in mehanizacija kmetijstva

Z ohranitvenim kmetijstvom se zmanjša število potrebnih kmetijskih strojev na kmetijskem obratu, zmanjša se število strojnih operacij ter s tem zbijanje tal. Poveča se biotska pestrost tal in številčnost talnih organizmov, kar poveča odpornost agroekosistema.

Izobraževanje

- splošno izobraževanje, vključno z usposabljanjem, pedagogika in didaktika

- višješolsko izobraževanje

- visokošolsko izobraževanje

- podporne storitve pri izobraževanju

Pridobljena znanja v projektu ReC-Till so osnova dopolnitve obstoječih učnih gradiv in programov za strokovne in univerzitetne programe, za oblikovanje novih učnih predmetov (izbirnih in obveznih predmetov), kot tudi za neformalno izobraževanje različnih skupin deležnikov, predvsem kmetijskih svetovalcev, kmetov, javne uprave, snovalcev politik in tudi ostalih zainteresiranih občanov. Znanja pridobljena v projektu ReC-Till so osnova za možno oblikovanje izobraževanj o ohranitvenem kmetijstvu v obliki mikrodokazil.

3.3. Kateri so neposredni rezultati vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Izvirni znanstveni članki

ADAMIČ, Sergeja, LESKOVŠEK, Robert. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth, yield, and nodulation in the early transition period from conventional tillage to conservation and no-tillage systems. *Agronomy*. 2021, vol. 11, iss. 12, str. 1-17, ilustr. [COBISS.SI-ID 87990019]

GOVEDNIK, Anton, POTOČNIK, Živa, ELER, Klemen, MIHELIČ, Rok, SUHADOLC, Marjetka. Combined effects of long-term tillage and fertilisation regimes on soil organic carbon, microbial biomass, and abundance of the total microbial communities and N-functional guilds. *Applied soil ecology*. 2023, vol. 188, str. 1-13, ilustr. [COBISS.SI-ID 146728963]

MIHELIČ, Rok, PEČNIK, Jure, GLAVAN, Matjaž, PINTAR, Marina. Impact of sustainable land management practices on soil properties: Example of organic and integrated agricultural management. *Land*. [Online ed.]. 2021, vol. 10, iss. 1, art. 8, str. 1-17, ilustr. [COBISS.SI-ID 44509187]

MIHELIČ, Rok, PINTARIČ, Sara, ELER, Klemen, SUHADOLC, Marjetka. Effects of transitioning from conventional to organic farming on soil organic carbon and microbial community : a comparison of long-term non-inversion minimum tillage and conventional tillage. *Biology and fertility of soils*. 2024, vol. , iss. , str. v tisku, ilustr. ISSN 0178-2762. DOI: 10.1007/s00374-024-01796-y.

PINTARIČ, Sara, OCVIRK, Kristina, GOVEDNIK, Anton, ELER, Klemen, MIHELIČ, Rok, SUHADOLC, Marjetka. Effects of 20 years of contrasting tillage on the distribution of soil organic carbon and N-functional guilds within soil aggregates of a Cambisol. *V pripravi*

PINTARIČ, Sara, SUHADOLC, Marjetka, ELER, Klemen. Straw management and slurry application affect the soil microbial community composition and its activity. *Agronomy*. 2022, vol. 12, iss. 11, art. 2781, 19 str., ilustr. [COBISS.SI-ID 134456067]

RAKUN, Jurij, RIHTER, Erik, KELC, Damjana, STAJNKO, Denis, VINDIŠ, Peter, BERK, Peter, POLIČ, Peter, LAKOTA, Miran. Possibilities and concerns of implementing precision agriculture technologies on small farms in Slovenia. *International journal of agricultural and biological engineering*, ISSN 1934-6344, May 2022, vol. 15, no. 3, str. 16-21. [COBISS.SI-ID 116426499].

Objavljeni znanstveni prispevki na konferencah

ADAMIČ, Sergeja, LESKOVŠEK, Robert. Razvoj prekrivnih dosevkov in vpliv na zapleveljenost v različnih sistemih obdelave tal = Cover crop development and weed suppression effect under different tillage systems. V: ČEH, Barbara (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). *Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija*: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo; 2023. Str. 120-127, ilustr. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 141176835]

ADAMIČ, Sergeja, LESKOVŠEK, Robert. Spremembe v plevelni semenski banki v obdobju prehoda iz konvencionalne obdelave tal v sistem konzervirajoče obdelave tal in sistem brez obdelave tal = Changes in the weed seed bank in the early transition period from conventional to conservation and no-tillage system. V: TRDAN, Stanislav (ur.). *Zbornik predavanj in referatov 15. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo*, Portorož, 1.-2. marec 2022, Portorož, March 1-2, 2022. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije; 2022. Str. 1-11, ilustr. ISBN 978-961-93447-9-8. [COBISS.SI-ID 149668611]

ADAMIČ, Sergeja, LESKOVŠEK, Robert. Vpliv različnih sistemov obdelave tal na nodulacijo in parametre pridelka soje (*Glycine max* (L.) Merr.) = Influence of different tillage systems on soybean nodulation and yield parameters (*Glycine max* (L.) Merr.). V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji: spletni simpozij*, 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo; 2021. Str. 87-95, ilustr. ISBN 978-961-94613-1-0. [COBISS.SI-ID 48929027]

GOVEDNIK, Anton, MIHELIČ, Rok, SUHADOLC, Marjetka. Mikrobna biomasa ter številčnost bakterij, arhej in gliv v odvisnosti od obdelave tal. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik*: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo; 2023. Str. 272-279. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 141886723]

MIHELIČ, Rok. (2023). Ohranitveno kmetijstvo – zakaj, kje smo v Sloveniji in kako prilagodimo strategijo gnojenja. In B. Čeh, P. Dolničar, A. Kolmanič, D. Stajnko, & I. Šantavec (Eds.), *Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija* (pp. 16–23). Slovensko agronomsko društvo. [COBISS.SI-ID 141852931]

NOČ, Matic, GLAVAN, Matjaž, MIHELIČ, Rok, ZUPAN, Marko, ZUPANC, Vesna, PEČAN, Urša, ŽVOKELJ, Luka, CURK, Miha, FERLIN, Jure, KRPIČ, Slavko, KRESNIK, Katarina, HORVAT, Timotej, MRZLIČ, Davor, IPAVEC, Uroš, PINTAR, Marina. Preliminarna ocena vpliva konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na zbitost tal. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija*: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo 2023. Str. 39-45. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 141855235]

PINTARIČ, Sara, ŠIBANC, Nataša, MIHELIČ, Rok, ELER, Klemen, SUHADOLC, Marjetka. Sestava talnih mikrobnih združb v odvisnosti od intenzivnosti obdelave tal v ekološki pridelavi. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2023:*

zbornik simpozija: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo: 2023. Str. 46-52. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 141869827]

ROVANŠEK, Anže in LESKOVŠEK, Robert. Ugotavljanje količine izpustov CO₂ pri različnih sistemih obdelave tal = Determining the amount of soil CO₂ emissions from different tillage systems. V: ČEH, Barbara (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo: 2023. Str. 31-38, ilustr. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 138166787]

STAJNKO, Denis, ŠPACAPAN, Andi, RIHTER, Erik, MIHELIČ, Rok. Primerjava rezultatov metod za oceno izpustov toplogrednih plinov, nastalih pri različnih načinih pridelave poljščin. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2023: zbornik simpozija: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo: Str. 113- 119. ISBN 978-961-94613-3-4. [COBISS.SI-ID 140098051]

Objavljeni povzetki znanstvenih prispevkov na konferencah

ADAMIČ, Sergeja, ROVANŠEK, Anže, LESKOVŠEK, Robert. Prispevek korenin in poganjkov prekrivnih dosevkov k vezavi dušika in ogljika v različnih sistemih obdelave tal = Cover crops roots and shoots contribution to nitrogen and carbon fixation in different tillage systems. V: ČEH, Barbara (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2023: program simpozija in povzetki prispevkov, ki niso objavljeni v zborniku: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo, 2023. Str. 14-15, ilustr. ISBN 978-961-94613-2-7. [COBISS.SI-ID 141402371]

ELER, Klemen, MIHELIČ, Rok, GOVEDNIK, Anton, PINTARIČ, Sara, LENARČIČ, David, SUHADOLC, Marjetka. Emisije CO₂ in dihanje tal ob različnih agrotehničnih ukrepih ter v interakciji z okoljskimi dejavniki – nekateri rezultati dveh dolgoročnih poljskih poskusov = CO₂ emissions and soil respiration as affected by different agrotechnical measures and environmental factors – some results of two long-term field experiments. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji: program simpozija in povzetki prispevkov, ki niso objavljeni v zborniku: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo 2023. Str. 20-21. ISBN 978-961-94613-2-7. [COBISS.SI-ID 141784835]

FABER, Jack, PÉRÈS, Guénola, DE GROOT, Arjen, KROGH, Paul Henning, SUHADOLC, Marjetka, CHABBI, Abad. Earthworm diversity and soil structure and water regulation under climate mitigation measures for agricultural soils. V: 12th International Symposium on earthworm ecology : July 10-15, 2022, Rennes, France. [S. l.]: INRAE. 2022, 1 spletni vir. https://isee12.symposium.inrae.fr/session-details/session_1. [COBISS.SI-ID 133314307]

GOVEDNIK, Anton, MIHELIČ, Rok, ELER, Klemen, & SUHADOLC, Marjetka (2022). Long-term tillage in combination with fertilization practices affects soil organic carbon content, N₂O emissions, and microbial community composition. In 22nd World Congress of Soil Science: 31 July - 5 August 2022 Glasgow (p. 1 spletni vir). British Society of Soil Science. [COBISS.SI-ID 118407427]

GOVEDNIK, Anton, MIHELIČ, Rok, ELER, Klemen, SUHADOLC, Marjetka. Soil microbial community composition and N₂O emissions as a function of tillage and fertilization practices. V: 3rd Global Soil Biodiversity Conference, 2023 : book of abstracts. [S. l.: s. n.], 2023. Str. [319]. <https://gsb2023.org/wp-content/uploads/2023/03/GSB-2023-Abstract-Book.pdf>. [COBISS.SI-ID 146723075]

MAVSAR, Sara, GRČMAN, Helena, MIHELIČ, Rok. (2022). Reduced soil tillage intensity increases C sequestration through Ca retention in topsoil. In 22nd World Congress of Soil Science: 31 July - 5 August 2022 Glasgow (p. 1 spletni vir). British Society of Soil Science. [COBISS.SI-ID 118415875]

ROVANŠEK, Anže, LESKOVŠEK, Robert, VEK, Mojca, BERTONCELJ, Irena. Vpliv različnih sistemov obdelave tal na populacijo deževnikov = Effects of different tillage systems on the earthworm population in a test site in Slovenia. V: ČEH, Barbara (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). Novi izzivi v agronomiji 2023: program simpozija in povzetki prispevkov, ki niso objavljeni v zborniku: [Laško, 26. in 27. januar 2023]. Laško: Slovensko agronomsko društvo: 2023. Str. 26-27, ilustr. ISBN 978-961-94613-2-7. [COBISS.SI-ID 141434883]

SUHADOLC, Marjetka. Soil microbiomes in light of sustainable agriculture and climate change mitigation – what can be learned from long-term field experiments?. V: STOPNIŠEK, Nejc (ur.), JANEŽIČ, Sandra (ur.). 1st Slovenian Microbiome Network Symposium: November 24, 2022 Bled, Slovenia. Maribor: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, 2022. Str. 15. [COBISS.SI-ID 132589315]

SUHADOLC, Marjetka, PINTARIČ, Sara, ELER, Klemen, MIHELIČ, Rok. Soil organic carbon, microbial biomass and microbial community composition influenced by conservation tillage during transition from conventional to organic agriculture. V: Eurosoil 2021 : virtual congress from 23 -27 August 2021. Geneva, Switzerland: MCI Suisse SA. 2021, [1] str. <https://b-com.mci-group.com/Abstract/Statistics/AbstractStatisticsViewPage.aspx?AbstractID=482429>. [COBISS.SI-ID 77756163]

Prispevki na konferencah dostopni na spletu

MIHELIČ, Rok. Kmetijske regenerativne prakse v različnih agro-ekosistemih. Stanje v Sloveniji : posvet Regenerativno kmetijstvo – tla so temelj (ob Svetovnem dnevu tal), Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 23. nov. 2022. https://www.youtube.com/watch?v=vXR0IQBLJE&list=PL-c463Qim4xORMIGyXY_FJn3T6cX8X8RT&index=3. [COBISS.SI-ID 132561155]

STAJNKO, D. Ekološki odtisi različnih sistemov kmetovanja : predstavitev na posvetu ob svetovnem dnevu tal z naslovom "Regenerativno kmetijstvo - tla so temelj", v organizaciji Sveta za varovanja okolja pri SAZU in BF, Katedra za pedologijo in varstvo okolja ULJ ter Slovenskega združenja za ohranitveno kmetijstvo, ki je potekal v Ljubljani, 23. 11. 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=nVecxJZlJo&t=11s>. [COBISS.SI-ID 130961155]

SUHADOLC, Marjetka. Izzivi in priložnosti za povečanje biotske pestrosti tal v agroekosistemi: posvet Regenerativno kmetijstvo – tla so temelj (ob Svetovnem dnevu tal), Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 23. nov. 2022. https://www.youtube.com/watch?v=x53_UTAYvm4&list=PL-c463Qim4xORMIGyXY_FJn3T6cX8X8RT&index=8. [COBISS.SI-ID 132562947]

Prispevki na konferencah brez natisa

MIHELIČ, Rok, PINTARIČ, Sara, ELER, Klemen, SUHADOLC, Marjetka. Soil quality changes after 20 years of conservation tillage : 8th World Congress on Conservation Agriculture (8WCCA), online congress, Bern Switzerland, June 21st - 23rd, 2021. [COBISS.SI-ID 78582531]

ŽIGON, Primož, MAJERIČ, Branko, REBERNIK, Milan, STAJNKO, Denis, OGRAJŠEK, Simon, KOROŠEC, Damjan, LEŠNIK, Mario, CIGÜT, Štefan, MIHELIČ, Rok. Proposal of CA as a stand-alone action within the Slovenian rural development plan in 2021-2027 : 8th World Congress on Conservation Agriculture (8WCCA) held in Bern, Switzerland, from 21st-25th June 2021. [COBISS.SI-ID 72433667]

3.4. Kakšni so lahko dolgoročni rezultati vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

V programskem obdobju skupne kmetijske politike po letu 2027 bo ohranitveno kmetijstvo prepoznano kot sistem trajnostnega kmetijstva, pri čemer bo razvit slovenski standard ohranitvenega kmetijstva. Na podlagi rezultatov projekta ReC-Till se razvijajo učni programi za prenos znanja o ohranitvenem kmetijstvu na študente biotehniških strokovnih ter univerzitetnih programov, ter preko neformalnega izobraževanja do kmetov, ki v praksi preskušajo to vrsto kmetijstva in svojim zgledom v sistem ohranitvenega kmetijstva pritegnejo vse več kolegov. Ti so se združili v Slovensko združenje za ohranitveno kmetijstvo, ki stalno intenzivno spremlja raziskave na tem področju. Pričakujemo, da bo v 10-letih ohranitveno kmetijstvo stalna praksa na 25 % slovenskih njiv.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- x a) ☐ v domačih znanstvenih krogih;
- x b) ☐ v mednarodnih znanstvenih krogih;
- x c) ☐ pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Mednarodna raziskovalna skupnost spremlja naše znanstvene članke in z nami komunicira na znanstvenih simpozijih in sestankih, vključuje naše rezultate v sintezne analize (meta-analize, pregledni članki, izdelava in nadgradnja modelnih orodij na podlagi verifikacije tudi na naših dolgoletnih poljskih poskusih).

Naši rezultati imajo zaznaven aplikativni vpliv na kmetijsko stroko in kmetijsko prakso.

3.7. Število diplomantov, magistrrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

BSc diplomanti (1)

- PUŠ, Žan. Emisije N₂O iz različnih kmetijskih sistemov ter z njimi povezana sestava in dinamika talnega mikrobioma : diplomsko delo = N₂O emission from different agricultural systems and related composition and dynamics of the soil microbiome : B. Sc. thesis. Ljubljana: 2022. [COBISS.SI-ID 125963779]
Mentorstvo: K. Eler in M. Suhadolc

MSc diplomanti (4)

- ŠPACAPAN, Andi. Okoljski odtis konvencionalne in ohranitvene obdelave tal na lahkih in težkih tleh : magistrsko delo. Maribor: 2021. [COBISS.SI-ID 78572291]
Mentorstvo: D. Stajnko
- OCVRK, Kristina. Sestava talne mikrobne združbe v odvisnosti od velikosti strukturnih agregatov in obdelave tal : magistrsko delo = The composition of soil microbial community in relation to soil aggregate size and soil management : M. Sc. thesis. Ljubljana: 2021. [COBISS.SI-ID 77738243]
Mentorstvo: M. Suhadolc
- POTOČNIK, Živa. Sestava talnih mikrobnih združb po žetvi soje v odvisnosti od gnojenja in obdelave tal v dolgoletnem poljskem poskusu : magistrsko delo = Soil microbial communities composition after harvest of soya in dependence of fertilisation and tillage in long-term field experiment [i.e. experiment] : M. Sc. Thesis. Ljubljana: 2022. [COBISS.SI-ID 109165571]
Mentorstvo: M. Suhadolc
- ŽULA, Andraž. Mikrobna biomasa različnih tal desetletje po spremembi sistema obdelave : magistrsko delo = Microbial biomass of different soils a decade after change in tillage system : M. Sc. thesis. Ljubljana: 2023. [COBISS.SI-ID 137614083] Mentorstvo: M. Suhadolc

Doktoranti (1)

- PINTARIČ, Sara. Odzivi talne mikrobne združbe na upravljanje z organsko snovjo in obdelavo tal v ekološkem poljedelstvu: doctoral dissertation = Soil microbial community responses to soil organic matter management and tillage in organic agriculture : doktorska disertacija. Ljubljana: 2023. [COBISS.SI-ID 173962755]
Mentorstvo: K. Eler in M. Suhadolc

MSc. nalogi Kristine Ocvirk, študij agronomije in Žive Potočnik, študij mikrobiologije sta bili nagrajeni s fakultetno Prešernovo nagrado.

4. Sodelovanje s tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Projektna skupina sodeluje s tujimi raziskovalnimi inštitucijami iz EU, predvsem preko skupnih EU programov, kot je program za raziskave kmetijskih tal in tehnologij za izboljšanje kakovosti tal ([EJP Soil](#)), in projektov, kot je na primer Horizonte [SOB4ES: Integrating SOil Biodiversity to Ecosystem Services](#)).

Sodelujemo tudi v mednarodnih združenjih kot sta [Evropska federacija za ohranitveno kmetijstvo](#) ECAF in [Evropskim združenjem za ohranitev tal](#) ESSC.

Aktivni smo v programu COST CA18237 - European Soil-Biology Data Warehouse for Soil Protection ([EUdaphobase](#)) in COST CA22142 Beneficial root-associated microorganisms for sustainable agriculture ([ROOT-BENEFIT](#)).

Datum: 15. februar 2024

Podpis vodje projekta:

MARJETKA
SUHADOLC
Digitally signed by
MARJETKA
SUHADOLC
Date: 2024.02.15
17:19:01 +01'00'

Podpis in žig izvajalca:



Priloga 1: Vsebinsko poročilo – študija

Priloga 2: Izročki (1-20)