

PĀRSKATS

Pētījuma
nosaukums:

ARAMZEMES UN ILGGADĪGO ZĀLĀJU APSAIMNIEKOŠANAS
RADĪTO SILTUMNĪCEFĒKTA GĀZU (SEG) EMISIJU UN
OGLEKĻA DIOKSĪDA (CO₂) PIESAISTES UZSKAITES SISTĒMAS
PILNVEIDOŠANA UN ATBILSTOŠU METODISKO RISINĀJUMU
IZSTRĀDĀŠANA

ATSKAITE PAR 2020. GADA DARBA UZDEVUMU IZPILDI

IZPILDES LAIKS: 01.03.2020-15.11.2020

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

LĪGUMA NR. 10 9.1-11/20/1657-E

PROJEKTA VADĪTĀJS:

A. Lazdiņš

Kopsavilkums

Pētījuma mērķis ir pilnveidot aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzi (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmu un pilnveidot, kā arī izstrādāt jaunus metodiskos risinājumus SEG emisiju un CO₂ piesaistes aprēķiniem.

Pētījums strukturēts 3 darba uzdevumu grupās, kuru mērķis ir:

1. raksturot minimālas augsnes apstrādes ietekmi uz SEG emisijām.
2. iegūt galveno lauksaimniecības kultūru biomasas datus un izstrādāt biomasas pārrēķinu vienādojumus;
3. aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes uzskaitē izmantojamo attālās izpētes tehnoloģiju pilnveidošana.

Pētījumā sadarbojas Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava" (3. darba uzdevums), Latvijas Lauksaimniecības universitāte (1. darba uzdevums) un Agrosursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs (3. darba uzdevums).

Īstenojot pētījuma **1. darba uzdevumu grupu**, kopš 2018. gada turpinās CO₂, CH₄ un N₂O emisijas no lauksaimniecībā izmantotām zemēm, atkarībā no augsnes apstrādes veida un kultūraugu sugas (3 laukaugu sugas, 2 augsnes apstrādes paņēmieni, tajā skaitā minimāla augsnes apstrāde). Pētījuma ietvaros raksturota augsnes apstrādes veida un kultūraugu sugas ietekmi uz SEG emisijām izpētes teritorijā, tostarp novērtēta augsnes mitruma, ķīmiskā sastāva, gaisa temperatūras, nokrišņu un mēslojuma izkliedēšanas ietekme uz SEG emisijām 3 gadu laikā un sagatavots noslēguma ziņojums par pētījuma rezultātiem.

Īstenojot pētījuma **2. darba uzdevumu grupu**, turpināta oglekļa ieneses ar virszemes un pazemes biomasu raksturošana saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu kultūrām integrētajās un bioloģiskajās saimniecībās, kā arī ievākti biomasas paraugi izmēģinājumu platībā ar aramzemē sētu stiebrzāļu un lopbarības zālaugu maisījumu integrētajā saimniecībā. Katrai laukaugu kultūrai, izņemot papuvi, dati iegūti 2 mēslošanas režīmiem, 2 šķirnēm vai sēklu maisījumiem un 2 atkārtojumos. Apkopojot pētījuma rezultātus, sagatavots ziņojums par pētījuma rezultātiem. Uzsākta kopīgas zinātniskas publikācijas sagatavošana par Latvijas laukaugu biomasas vienādojumiem oglekļa ieneses modelēšanai zinātniskajam izdevumam *Agronomy Research*.

Īstenojot pētījuma **2. darba uzdevumu grupu**, aprobēta metode *Depth-to-water* un citu mitruma režīmu raksturojošu algoritmu pielietošanai plašā mērogā hidroloģiskā režīma un SEG emisiju modelēšanai organiskajās augsnēs. Iegūtie rezultāti izmantoti

pārmitro ieplaku identificēšanas metožu pilnveidošanai lauksaimniecībā izmantojamās zemēs. Veikta literatūras analīze par iespēju izstrādāt lauku ražības gradientu (rādītāju, kas raksturo iespējamo ražu katrā laukā, ņemot vērā vidējos ražas rādītājus) saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu kultūrām, izmantojot Sentinel 2 satelītattēlus oglekļa ieneses un oglekļa uzkrājuma izmaiņu modelēšanai atsevišķa lauka vai MRM parauglaukuma līmenī. Pētījuma rezultātu publicēšanai sagatavots publikācijas pieteikums Agronomy Research žurnālam.

Saturs

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām.....	8
SEG emisijas no minerālaugsnes.....	9
Kultūraugu ietekme uz SEG emisijām.....	10
Augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām.....	15
Materiāli un metodes.....	16
Pētījuma objekta raksturojums.....	16
Mērījumu veikšana ar Picarro iekārtu.....	21
Iekārtas un aprīkojums.....	21
Datu analīzes metodes.....	22
Emisiju koeficienta aprēķins.....	23
REZULTĀTI.....	24
SEG mērījumu rezultāti.....	24
Augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām.....	30
Augsnes apstrādes un kultūru ietekme uz SEG emisijām.....	33
Augsnes temperatūras, augsnes mitruma un SEG emisiju savstarpējā ietekme.....	36
Nokrišņu daudzuma ietekme uz SEG emisijām.....	37
Secinājumi par augsnes apstrādes veida ietekmi uz SEG emisijām no augsnes.....	40
Attālās izpētes tehnoloģiju izmantošana aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošanai.....	42
Materiāli un metodes.....	43
Pētījuma rezultāti.....	46
Secinājumi par attālās izpētes rezultātiem.....	48
Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi.....	49
Meteoroloģisko apstākļu raksturojums Kurzemes un Vidzemes reģionā 2019. un 2020. gada veģetācijas sezonā.....	51
Izmēģinājumu metodika.....	53
Rezultāti.....	76
Secinājumi par pētījuma rezultātiem.....	94

Ievads

Saskaņā ar Kioto protokolu un Līgumslēdzēju pušu konferences lēmumu Nr. 2/CMP.6 otrajā saistību izpildes periodā (2013.-2020. gads) aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošana ir brīvprātīga. Pēc 2020. gada ilggadīgo zālāju un aramzemju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošana kļūs obligāta visām Eiropas Savienības valstīm. Vienlaicīgi tiks mainīti SEG emisiju uzskaites principi, nodalot atmežošanas ietekmes novērtējumu un zemes izmantošanas maiņas uzskaites principus, kas būtiski izmainīs SEG emisiju pamatavotus, mazinot SEG emisijas no aramzemēm un zālājiem.

Eiropas Savienības iekšējo kārtību ziņojumu sagatavošanai par aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas kārtību nosaka 2013. gada 21. maija Eiropas Parlamenta un Padomes lēmums Nr. 529/2013 (turpmāk – EP un EK regula 529/2013). Šajā lēmumā noteikta ziņojumos iesniedzamās informācijas struktūra, formāts, iesniegšanas un izskatīšanas procedūras. Ziņojumus par aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radītajām SEG emisijām un CO₂ piesaisti dalībvalstīm jā sagatavo saskaņā ar 2013. gada 21. maija Eiropas Parlamenta un Padomes regulas Nr. 525/2013 7.pantu un 2014. gada 30. jūnija Komisijas Īstenošanas regulas 749/2014 4. nodaļu, kas nosaka ziņošanu lēmuma Nr. 529/2013/ES izpildei, tajā skaitā 38. pants reglamentē izvairīšanos no dubultas ziņošanas, 39. pants nosaka ziņošanas prasības attiecībā uz aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas sistēmām, 40. pants nosaka ziņošanas prasības attiecībā uz ikgadējiem aprēķiniem par emisijām un piesaisti, ko rada aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošana, bet 41. pants nosaka īpašās ziņošanas prasības. Pēc 2020. gada ziņošanu par SEG emisijām no aramzemēm un zālājiem notiks atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes Regulai 2018/841 par zemes izmantošanā, zemes izmantošanas maiņā un mežsaimniecībā radušos siltumnīcefekta gāzu emisiju un piesaistes iekļaušanu klimata un enerģētikas politikas satvarā laikposmam līdz 2030. gadam un ar ko groza Regulu (ES) Nr. 525/2013 un Lēmumu Nr. 529/2013/ES. Saskaņā ar šo regulu SEG emisiju uzskaitē ir jāatgriežas pie zemes izmantošanā nevis darbībās balstītām metodēm.

Saskaņā ar līgumslēdzēju pušu lēmumu Nr. 2/CMP.7 un Lēmumu Nr. 529/2013/ES ikgadējie ziņojumi jā sagatavo atbilstoši 2006. gada Labas prakses vadlīnijām Nacionālajai siltumnīcefekta gāzu inventarizācijai (IPCC 2006) un 2013. gada pārstrādātajiem papildus metodiskajiem norādījumiem un labas prakses vadlīnijām, kas izriet no Kioto protokola prasībām (IPCC 2014).

Par uzskaites periodu, kas sāksies 2021. gada 1. janvārī, Latvijai būs jā sagatavo un jāuztur ikgadēja uzskaitē, kurā pareizi jāatspoguļo visas emisijas un piesaiste, kas to teritorijā rodas darbībās, kuras ietilpst šādās kategorijās: aramzemes un ilggadīgie

zālāji, bet pēc 2026. gada 1. janvāra – arī no apsaimniekotām mitrzemēm. Zemes izmantošanas maiņas gadījumā prioritizētas aramzemes, t.i. transformējot aramzemi par zālāju, SEG emisijas un CO₂ piesaisti turpina uzskaitīt aramzemēs.

SEG emisiju prognožu dati zemes izmantošanas, zemes izmantošanas un mežsaimniecības sektorā iekļaujami “Divgadu ziņojumā un nacionālajā ziņojumā”, kas sagatavojams atbilstoši EK Regulas 749/2014 18. pantu; Līgumslēdzēju pušu konferences lēmumu COP 2/CP.17 un UNFCCC 12. pantu; “Ziņojumā par politiku un pasākumiem”, kas sagatavojams saskaņā ar Eiropas Komisijas un Parlamenta Regulas 525/2013 13. pantu; “Ziņojums, kurā aprakstīts zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības darbību īstenošanā panāktais progress” saskaņā ar regulas 529/2013 10. pantu un citos ziņojumos, kas izriet no prasībām nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma sagatavošanai un dažādos ziņojumos iesniedzamo datu integritātes nodrošināšanai.

Pētījuma ietvaros risināti jautājumi, kas saistīti ar prognožu ziņojumu pilnveidošanu, izstrādājot un integrējot LVMI Silava sadarbībā ar Zemkopības ministriju, Latvijas Lauksaimniecības universitāti un citām institūcijām gatavojamajos ziņojumos augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņu prognozes un ar tām saistītās N₂O un CH₄ emisijas no minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Pētījuma rezultātus izmantoti šādu starptautisko ziņojumu pilnveidošanai:

- Divgadu ziņojums un valstu nacionālais ziņojums saskaņā ar EK Īstenošanas Regulas 749/2014 18.pantu, kā arī lēmumu COP 2/CP.17 un UNFCCC 12. pantu;
- Ziņošana par emisijām un piesaisti, ko rada aramzemes apsaimniekošana un ganību apsaimniekošana (Lēmuma Nr. 529/2013/ES izpildei) saskaņā ar EK Īstenošanas Regulas 749/2014 40.pantu; kā arī lēmumiem COP 6/CMP.9 un 2/CMP.8;
- Ziņojums par politiku un pasākumiem saskaņā ar Regulas 525/2013 13. pantu;
- Ziņojums par prognozēm saskaņā ar regulas 525/2013 13. pantu;
- Ziņojums, kurā aprakstīts zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības darbību īstenošanā panāktais progress saskaņā ar Regulas 529/2013 10. pantu;
- Ziņojums par ieviestajām ziņošanas prasībām attiecībā uz aramzemes un ganību apsaimniekošanas nacionālām sistēmām saskaņā ar EK Regulas 749/2014 39. pantu, kā arī lēmumiem COP 19/CMP.1 un 24/CP.19;
- Nacionālais mežsaimniecības uzskaites plāns, kurā ietver atjaunināto dalībvalsts meža references līmeni, atbilstoši Eiropas Parlamenta un Padomes

regulas priekšlikumam par zemes izmantošanā, zemes izmantošanas maiņā un mežsaimniecībā radušos siltumnīcefekta gāzu emisiju un piesaistījumu iekļaušanu klimata un enerģētikas politikas satvarā laikposmam līdz 2030. gadam un ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu Nr. 525/2013 par mehānismu siltumnīcefekta gāzu emisiju pārraudzībai un ziņošanai un citas informācijas ziņošanai saistībā ar klimata pārmaiņām.

Pētījuma izpildē iesaistīts Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs un Latvijas Lauksaimniecības universitāte.

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

Saskaņā ar Kioto protokolu un Līgumslēdzēju pušu konferences lēmumu Nr. 2/CMP.6 otrajā saistību izpildes periodā (2013. - 2020. gads) aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošana ir brīvprātīga. Latvija nav izvēlējusies gatavot ziņojumus par SEG emisijām un CO₂ piesaisti šajās Kioto protokola 3. panta 4. punktā uzskaitītajās aktivitātēs. Ziņošanas procedūra un iespēja izvēlēties ziņojamās aktivitātes brīvprātīgi noteikta Līgumslēdzēju pušu konferences lēmumā Nr. 2/CMP.7. Paredzams, ka pēc 2020. gada ilggadīgo zālāju un aramzemju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes ziņošana kļūs obligāta Kioto protokola 1. pielikumā uzskaitītajām valstīm, tajā skaitā Latvijai.

Eiropas Savienības iekšējo kārtību ziņojumu sagatavošanai par aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas kārtību nosaka 2013. gada 21. maija Eiropas Parlamenta un Padomes lēmums Nr. 529/2013 (turpmāk – EP un EK regula 529/2013). Šajā lēmumā noteikta ziņojumos iesniedzamās informācijas struktūra, formāts, iesniegšanas un izskatīšanas procedūras. Ziņojumus par aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radītajām SEG emisijām un CO₂ piesaisti dalībvalstīm jā sagatavo saskaņā ar 2013. gada 21. maija Eiropas Parlamenta un Padomes regulas Nr. 525/2013 7.pantu un 2014. gada 30. jūnija Komisijas Īstenošanas regulas 749/2014 4. nodaļu, kas nosaka ziņošanu lēmuma Nr. 529/2013/ES izpildei, tajā skaitā 38. pants reglamentē izvairīšanos no dubultas ziņošanas, 39. pants nosaka ziņošanas prasības attiecībā uz aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas sistēmām, 40. pants nosaka ziņošanas prasības attiecībā uz ikgadējiem aprēķiniem par emisijām un piesaisti, ko rada aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošana, bet 41. pants nosaka īpašās ziņošanas prasības. Saskaņā ar līgumslēdzēju pušu lēmumu Nr. 2/CMP.7 un Lēmumu Nr. 529/2013/ES ikgadējie ziņojumi jā sagatavo atbilstoši 2006. gada Labas prakses vadlīnijām Nacionālajai siltumnīcefekta gāzu inventarizācijai (IPCC 2006) un 2013. gada pārstrādātajiem papildus metodiskajiem norādījumiem un labas prakses vadlīnijām, kas izriet no Kioto protokola prasībām (IPCC 2014).

Par uzskaites periodu, kas sāksies 2021. gada 1. janvārī, Latvijai būs jā sagatavo un jā uztur ikgadēja uzskaitē, kurā pareizi jāatspoguļo visas emisijas un piesaiste, kas to teritorijā rodas darbībās, kuras ietilpst šādās kategorijās: aramzemes apsaimniekošana un ganību apsaimniekošana.

SEG emisiju prognožu dati zemes izmantošanas, zemes izmantošanas un mežsaimniecības sektorā iekļaujami “Divgadu ziņojumā un nacionālajā ziņojumā”, kas sagatavojams atbilstoši EK Regulas 749/2014 18. pantu; Līgumslēdzēju pušu

konferences lēmumu COP 2/CP.17 un UNFCCC 12. pantu; “Ziņojumā par politiku un pasākumiem”, kas sagatavojams saskaņā ar Eiropas Komisijas un Parlamenta Regulas 525/2013 13. pantu; “Ziņojums, kurā aprakstīts zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības darbību īstenošanā panāktais progress” saskaņā ar regulas 529/2013 10. pantu un citos ziņojumos, kas izriet no prasībām nacionālā SEG inventarizācijas ziņojuma sagatavošanai un dažādos ziņojumos iesniedzamo datu integritātes nodrošināšanai.

Pētījuma ietvaros risināsim jautājumus, kas saistīti ar prognožu ziņojumu pilnveidošanu, izstrādājot un integrējot LVMI Silava sadarbībā ar Zemkopības ministriju, Latvijas Lauksaimniecības universitāti un citām institūcijām gatavojamajos ziņojumos augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņu prognozes un ar tām saistītās N₂O emisijas no minerālaugsnēm lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Pētījuma mērķis ir raksturot minimālas augsnes apstrādes ietekmi uz SEG emisijām veģetācijas sezonas laikā.

Projekta uzdevumi:

1. noteikt CO₂, CH₄, N₂O emisijas no LIZ, atkarībā no augsnes apstrādes veida un kultūraugu sugas;
2. izmēģinājumos iekļaut vismaz 3 kultūraugu sugas un 2 augsnes apstrādes paņēmienus (minimāla apstrāde un aršana);
3. pētījumā izmantojot Picarro G2508 gāzu analizatoru, veicot mērījumus vidēji 2 reizes mēnesī no aprīļa līdz oktobrim, šos mēnešus ieskaitot;
4. nodrošināt iespēju Pētījuma koordinatoram iegūt augsnes paraugus izmēģinājumu objektos;
5. veikt 2018., 2019. un 2020. gadā iegūto datu analīzi un sagatavot sākotnējo par augsnes apstrādes veida un kultūraugu sugas ietekmes uz SEG emisijām raksturojumu izpētes teritorijā, t.sk. novērtēt augsnes mitruma, ķīmiskā sastāva, gaisa temperatūras, nokrišņu un mēslojuma izkliedēšanas ietekmi uz SEG emisijām.

SEG emisijas no minerālaugsnes

Lauksaimniecībā izmantojamās platībās SEG emisijas no augsnēm ir atkarīgas no biofizikālajiem procesiem un organisko vielu uzņemšanas/sadališanās augsnē. CO₂ veidojas aerobos apstākļos, un to ietekmē sakņu aktivitāte, mikrobioloģiskie procesi, augu atliekas, kā arī mikroklimats, reljefs un katalītiskās īpašības māla koloīdos šķīdumos. N₂O veidojas minerālā slāpekļa nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu rezultātā.

Augsnes mitrums ir viens no svarīgākajiem augsnes parametriem SEG emisiju noteikšanai no augsnes, jo mitrums kontrolē mikroorganismu aktivitāti un visus ar tiem saistītos procesus. Sausas augsnes samitrināšana aktivizē slāpekļa mineralizāciju, nitrifikācijas procesu, un izraisa pastiprinātu NO un N₂O emisiju izdalīšanos. Jo lielāks augsnes mitrums, jo lielākas N₂O emisijas, bet pie ļoti augsta augsnes mitruma N₂O veidošanās samazinās. Ja mitruma periodi mijas ar sausuma periodiem, tad N₂O emisijas pieaug (Oertel et al., 2016). CH₄ veidošanās notiek stingri anaerobos apstākļos un pozitīvi korelē ar augsnes mitrumu.

Visaugstākais CO₂ emisiju daudzums tiek novērots pie pH neitrāla limeņa (Čuhel et al., 2010). N₂O emisijas samazinās pie skābiem augsnes apstākļiem (Nugroho et al., 2007). CO₂, CH₄ emisiju daudzumam un C/N attiecībai pastāv pozitīva korelācija (Shi et al., 2014; Weslien et al., 2009).

Augsnes temperatūrai un augsnes mitrumam ir liela nozīme nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu norisē, jo tie nosaka mikroorganismu aktivitāti augsnē. N₂O emisijas strauji pieaug, palielinoties augsnes temperatūrai (Signor and Cerri, 2013). N₂O un CO₂ emisijas eksponenciāli palielinās, pieaugot temperatūrai.

Nokrišņi pēc ilgāka sausuma periodi izraisa pulsveida jeb „*Birch effect*” emisiju pieaugumu. Emisijas palielinās dažu minūšu vai stundu laikā pēc nokrišņu sākšanās. Pēc lietus perioda beigām, emisijas nokrītas sākotnējā stāvoklī tikai pēc dažām dienām (Oertel et al., 2016).

Lai samazinātu N₂O emisijas no lauksaimniecības zemēm, mēslošanas līdzekļu lietošanas daudzums jāpielāgo augu vajadzībām (McSwiney and Robertson, 2005). Slāpekļlis, kas nav pieejams augiem, izraisa N₂O emisiju pieaugumu (McSwiney and Robertson, 2005). Kontrolēta mēslošanas devu lietošana novērš N₂O emisiju palielināšanos, tomēr ir jāņem vērā, ka lietusgāžu un lietus periodu laikā N₂O emisijas var pieaugt (Venterea et al., 2005).

Kultūraugu ietekme uz SEG emisijām

2019. gadā sējumu kopplatība bija 1262.1 tūkst. ha, no kuriem 379.2 tūkst. ha ziemas kvieši, 116.4 tūkst. ha ziemas rapsis, 25.7 tūkst. ha lauka pupas. Pārējie sējumi sastāda 740.8 tūkst. ha (Centrālā statistikas pārvalde, 2020).

Lauksaimniecības augsnes izdala 18% emisiju no kopējām siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijām pasaulē. Galvenie SEG avoti ir emisijas no organiskā un sintētiskā mēslojuma izmantošanas. Slāpekļa mēslojums ir svarīgs augkopībā, bet pārmērīga tā lietošana var palielināt SEG emisijas. Neorganiskie mēslošanas līdzekļi ietekmē SEG emisijas no augsnes, ietekmējot mikrobu darbību un sakņu elpošanas procesus, kas ietekmē nitrifikācijas un denitrifikācijas procesus (Ozlu and Kumar, 2018).

Daudzos pasaules reģionos lauksaimniecība ir kļuvusi specializēta, līdz ar to samazinot kultūru daudzveidību. Šo apstākļu dēļ graudkopība ir kļuvusi atkarīga no sintētiskajiem slāpekļa (N) mēslojumiem. Sintētiskais N mēslojums ir lēts un viegli pieejams, tas ir paātrinājis vides degradāciju. Nepareizai N mēslojuma lietošanai graudu audzēšanas ciklā ir nelabvēlīga ietekme uz apkārtējo vidi, piemēram, gruntsūdeņu piesārņojums ar nitrātiem, atmosfēras piesārņojums ar amonjaku un tā veicina globālo sasilšanu slāpekļa oksīda emisiju dēļ (Plaza-Bonilla et al., 2017). Aramzemes īpatsvars ar pākšaugiem Eiropā ir samazinājies no 4.7% 1961.

gadā līdz 1.8% 2011. gadā. Šo samazinājumu var skaidrot ar labu graudaugu ražīguma potenciālu Eiropas mērenajos reģionos. Biežāk sastopamā stratēģija, lai samazinātu N minerālmēsļu pieprasījumu augkopības sistēmās, ir tauriņziežu kultūru iekļaušana augsekas rotācijā (Plaza-Bonilla et al., 2017).

Lauksaimniecība rada ievērojamu daļu siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju pasaulē, bet var arī piedalīties klimata pārmaiņu mazināšanā, jo, ievērojot augseku, ir potenciāls samazināt vai vismaz neradīt vairāk SEG emisijas no lauksaimniecības (Plaza-Bonilla et al., 2017).

Graudaugi

Latvijā graudaugu kopējās sējplatības 2019. gadā sastādīja 742.3 tūkst. ha ar vidējo ražību 42.6 cnt uz 1 ha. Ziemas kviešu sējplatība bija 379.2 tūkst. ha ar vidējo ražību 51.8 cnt no 1 ha. Vasaras kviešu sējplatība bija 116.3 tūkst. ha, ar vidējo ražību 35.0 cnt uz 1 ha. 2020. gadā graudaugu sējplatības sastādīja 750.0 tūkst. ha, ziemas kvieši 381.5 tūkst. ha, bet vasaras kvieši 115.7 tūkst. ha (Centrālā statistikas pārvalde, 2020).

Labs risinājums oglekļa (C) piesaistīšanai lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ir augsekas maiņas iekļaušana. Piemērojot augsekas maiņu, salīdzinot ar citām pārvaldības metodēm, kas palielina augsnes organisko oglekli (SOC), tā nerada ne ražas samazināšanos, ne ekstensifikāciju, ne arī oglekļa zudumus (Poeplau et al., 2015).

Graudaugu kultūru audzēšanas sistēmas veicina siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju. Šīs emisijas rodas, ražojot, pārstrādājot un lietojot mēslojumu un pesticīdus, izmantojot tehniku lauka darbiem - augsnes kultivēšanai, agroķīmisko vielu izkliedēšanai, ražas novākšanai. Lielākā daļa no šīm SEG emisijām rodas slāpekļa mēslojuma izmantošanas laikā. Ar N mēslošanas līdzekļu ražošanu saistītas ne tikai SEG emisijas, bet arī tiešās un netiešās SEG emisijas, ko rada N mēslojums augsnē. Tiešās N₂O emisijas rodas, kad notiek nepilnīga N mēslojuma denitrifikācija. Netiešās N₂O emisijas var rasties ārpus saimniecības robežām, ja nitrāti, kas no lauka izskalošanās rezultātā ir aizskalojušies virsūdeņos un tiek nepilnīgi denitrificēti (Wójcik-Gront, 2018).

No galvenajām graudaugu kultūrām kvieši veido vienu no lielākajiem N mēslojuma patēriņiem pasaulē. Augstāks N daudzums dod iespēju palielināt kviešu ražu. No otras puses, slāpekļa mēslojuma lietošana ir atzīta par galveno faktoru N₂O emisiju palielināšanai lauksaimniecības nozarē (Wójcik-Gront, 2018).

Kad pākšaugi tiek audzēti pirms kviešiem, tie dod vēl vienu būtisku ieguvumu - slāpekļi pākšaugu atliekās samazina nepieciešamību kviešu kultūrai lietot slāpekļa mēslojumu (FAO, 2016).

Rudenī un ziemā būtu ieteicams audzēt graudaugus, kas spēj uzņemt no augsnes pāri palikušo N un samazinātu N izskalošanos (Poeplau et al., 2015). Augsnes organiskā oglekļa (SOC) lielāka uzkrāšanās ir tur, kur ir mazāka augsnes apstrāde un daudzgadīgie kultūraugi, bet nepārtrauktākā graudaugu audzēšanā un konvencionālā lauksaimniecībā SOC uzkrājas mazāk (Maillard et al., 2016). Tiek lēsts, ka visā pasaulē aptuveni 190 miljoni ha pākšaugu augsnes rada apmēram 5-7 miljonus t slāpekļa. Pateicoties šai "dabiskajai mēslošanai", pēc pākšaugiem audzētie kvieši dod augstāku graudu ražu un tajos ir lielāks olbaltumvielu saturs nekā kviešos, kas audzēti pēc citas kviešu ražas. Pākšaugi palielina arī citu barības vielu uzņemšanu kviešiem, ja tie audzēti pēc tiem. Kviešiem, kas audzēti pēc pākšaugiem, parasti ir veselīgāka sakņu sistēma nekā tiem, kas audzēti monokultūrā (FAO, 2016).

Rūpīgi izstrādājot un ievērojot labas lauksaimniecības prakses noteikumus, augsekas maiņu, kurās ir pākšaugi un graudaugi, strauji samazinās N mēslojuma pieprasījums (kviešiem par 13-30%), nemazinot kviešu produktivitāti vai graudu kvalitāti (Plaza-Bonilla et al., 2017).

Pie apsaimniekošanas tiek ieteikts optimizēt N mēslojuma lietošanu un iekļaut salmu atgriešanu, lai panāktu agronomiski un ekonomiski ilgtspējīgu ziemas kviešu ražošanu (Zhuang et al., 2019). Augu atliekas no lopbarības pākšaugiem augsnei dod līdz 300 kg slāpekļa uz hektāru (FAO, 2016).

Tauriņzieži

Pākšaugi tiek vērtēti lauksaimniecības sistēmās, jo tie var veicināt ilgtspējīgāku zemes izmantošanu, tomēr to ekonomiskā vērtība ir zema. Neskatoties uz ieguvumiem veselībai un videi, ražotājiem ir grūti paskaidrot patērētājiem par pākšaugu vērtību (Lemken et al., 2017a). Starp ekonomiski nozīmīgiem pākšaugiem var pieskaitīt – zirņus, fava pupiņas un lupinas (Lemken et al., 2017b). Pākšaugi piesaista baktērijas, kas fiksē atmosfēras slāpekli, izmanto slāpekli un padara to pieejamu augsekā. Vairāki ieguvumi ir cieši saistīti ar slāpekļa mēslojuma izmantošanu un pākšaugiem. Slāpekļa fiksācija samazina ūdensteču eutrofikāciju, samazina N₂O emisiju un novērš oglekļa dioksīda emisijas, kas saistītas ar mēslošanas līdzekļu ražošanu (Lemken et al., 2017a; Plaza-Bonilla et al., 2017).

Lai samazinātu slāpekļa (N) zudumus vidē un mazinātu siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas, tiek veicinātas alternatīvas augkopības sistēmas, vērtējot gan sistēmu, gan audzējamo kultūru (Autret et al., 2019). Tauriņzieži spēj ietekmēt atmosfēru un augsnes kvalitāti. Pākšaugu ieviešana lauksaimniecības augsekas maiņā palīdz samazināt izmantoto mēslošanas līdzekļu daudzumu un resursus, kas tiek izmantoti aramzemēs, un tādējādi tiek samazinātas SEG emisijas (Lemken et al., 2017b). Pākšaugi 70-80% slāpekļa iegūst no atmosfēras, to fiksējot sakņu gumos, pateicoties šim efektam optimālai ražībai nav nepieciešams papildus slāpekļa mēslojums (FAO, 2016).

Pākšaugu kultūru audzēšana ir ierosināta kā veids, kā samazināt siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas, jo tās spēj fiksēt atmosfēras N un tādējādi samazina nepieciešamību pēc ārējiem jeb citiem slāpekļa (N) mēslošanas līdzekļiem. Turklāt bioloģiskās lauksaimniecības izveidošana ir ierosināta kā ilgtspējīga stratēģija, lai uzlabotu ekosistēmas pakalpojumu sniegšanu, kaut arī labības raža parasti ir zemāka nekā tradicionālajā lauksaimniecībā. Tomēr augsta mikrobu aktivitāte pākšaugu rizosfērā var arī palielināt augsnes organiskās vielas mineralizāciju un līdz ar to arī CO₂ izmešus (Sánchez-Navarro et al., 2020). Neitrālā un sārmainā augsnē pākšaugi palielina neorganiskā P pieejamību ar rizosfēras paskābināšanos N₂ fiksācijas dēļ, kas dod labumu starpkultūru labībai, kad graudaugi un pākšaugi, tiek audzēti kopā vai arī veidojot augseku (Betencourt et al., 2012).

Būtiskākie ieguvumi audzējot pākšaugus:

- zemākas SEG emisijas, salīdzinot ar citām kultūrām, tauriņzieži izdala 5-7 reizes mazāk SEG emisijas no vienas platības vienības;
- svarīga loma oglekļa piesaistē augsnē;
- samazina kopējo fosilās enerģijas daudzuma ietekmi lauksaimniecībā (Lemken et al., 2017b).

Ir konstatēts, ka pākšaugu un graudaugu maisījums uzlabo bioloģisko kaitēkļu apkarošanu, samazina sintētiskā mēslojuma vajadzības un tādējādi samazina ar ķīmisko vielu izmantošanu saistītos riskus (Lemken et al., 2017b).

Ieviešot pākšaugu rotāciju, galvenais mērķis ir panākt sasaisti ar nākamās ražas prasībām. Kultūraugu sakārtošana atbilstošā secībā veicina efektīvu resursu izmantošanu, kas uzlabo augsnes produktivitāti. Augseku secībai jālieto labākie kultūraugu pārvaldības nosacījumi (N mēslošanas ātrums un laiks, augsnes apstrāde, ravēšana, apūdeņošana). Lauksaimnieki ievērojami nesamazina N mēslošanas līdzekļu izmantošanu pēc pākšaugu kultūrām, tādēļ rodas slāpekļa noplūžu risks (Plaza-Bonilla et al., 2017).

Augsnes apstrāde ar dažādu pākšaugu kultūrām ir efektīvs ilgtermiņa pasākums SOC uzglabāšanai un iespējamai globālās sasilšanas mazināšanai (Plaza-Bonilla et al., 2018). Dziļi iesakņojušies pākšaugi, piemēram, cūku zirņu (*Cajanus cajan*) un hiacinšu pupas (*Lablab purpureus*), palīdz veidot augsnes struktūru un bioporas, kas uzlabo drenāžu un aerāciju augsnē (FAO, 2016).

Faba pupiņu (*Vicia faba*) un kviešu rotācijas sistēmas rezultātā kviešu raža var tikt palielināta līdz 70%, vienlaikus samazinot vajadzību pēc slāpekļa mēslojuma (FAO, 2016). Pākšaugi spēj fiksēt N no 124-279 kg no hektāra. Audzējot kukurūzu pēc pākšaugiem, ražas palielinājums bija 0.5 t no ha, salīdzinot ar kukurūzas monokultūrām (Plaza-Bonilla et al., 2018).

Eļļaugi

Rapsis ir izplatītākā eļļas augu kultūra Latvijā. Kultivētās platības ir palielinājušās, sākot ar 2004. gadu. 2019. gadā rapša kultūra aizņēma 140.1 tūkst. ha (ziemas rapsis – 116.4 tūkst. ha un vasaras rapsis – 23.7 tūkst. ha). 2020. gadā rapša kultūra aizņēma 146.0 tūkst. ha (ziemas rapsis – 127.8 tūkst. ha un vasaras rapsis – 18.2 tūkst. ha, Centrālā statistikas pārvalde, 2020). Platību pieaugums ir saistāms ar biodīzeļdegvielas ražošanas attīstību. Rapsi izmanto arī pārtikas eļļas ražošanai, un ražošanas atlikums ir izmantojams lopbarībā. Dzīves cikla analīzes pētījumu rezultāti ir izvirzījuši pieņēmumu, ka kopumā tiešās N₂O emisijas sastāda no 20% līdz 40% no biodīzeļdegvielas ražošanas un patēriņa emisijām (Ruser et al., 2017).

Slāpekļa mēslojums rada vairāk nekā 75% no SEG emisijām, kas saistītas ar augkopību. Ļoti vēlama ir spēja palielināt ražu, nepalielinot (un ideālā gadījumā samazinot) slāpekļa (N) mēslošanas līdzekļu daudzumu (Storer et al., 2018). Ziemas rapsim ir nepieciešamas lielas ikgadējās slāpekļa (N) mēslojuma devas, kā arī augam ir dažādas slāpekļa uzņemšanas tendences gada griezumā, salīdzinot ar graudaugiem. Ir zināms, ka slāpekļa oksīda (N₂O) tiešās emisijas lauka apstākļos parasti veido 33 – 55% no kopējām SEG emisijām, kas saistītas ar eļļas rapša audzēšanu (Thers et al., 2019). Rudenī ziemas rapsis intensīvi piesaista slāpekli no augsnes, taču augu atliekas pēc kulšanas satur ievērojamu daudzumu slāpekli, jo rapša sēklu slāpekļa akumulācija ir neliela. Tas norāda uz aktuālo problēmu - slāpekļa zudumiem pēc kultūras ražas novākšanas. Salīdzinot ar graudaugiem, ziemas rapša ikgadējās N₂O emisijas ir par 22% lielākas, izmantojot vienādas mēslošanas devas (Walter et al., 2015).

Rapša iekļaušanai augu sekā ir pozitīva ietekme, jo tas pārtrauc augu patogēnu ciklu, samazinot pesticīdu nepieciešamību nākamā kultūraudzēšanā. Rapšu lielā sakņu sistēma uzlabo augsnes struktūru. Viena no piemērotākajām sekojošajām kultūrām ir ziemas kvieši, jo tie spēj izmantot augsnē uzkrāto slāpekli pēc rapša kultivācijas, palielinot ražas produktivitāti (Vinzent et al., 2017).

Pasaulē tiek veikti lauka pētījumi, lai potenciāli samazinātu N₂O emisijas (Thers et al., 2019). ES valstīs šo stimulu pastiprina ES Atjaunojamo energoresursu direktīva (RED), kurā noteikts, ka SEG emisijām, ko rada atjaunojamo biodegvielu, piemēram, biodīzeļdegvielas, ražošanā jābūt vismaz par 50% zemākām, salīdzinot ar fosilā kurināmā izmantošanu (European Parliament and the Council of the European Union, 2009). Kokogles, kas ražotas no biomasas, veicot pirolīzi, izmanto kā vielu, kas var samazināt N₂O tiešās lauka emisijas. Veiktie pētījumi pasaulē norāda uz to, ka kokogles N₂O emisijas vidēji samazina par 54% laboratorijas apstākļos un par 28% lauka apstākļos (Thers et al., 2019).

Augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

Aršana palielina CO₂ emisiju gaisā. Pastāv uzskats, ka līdz ar bezaršanas metodes ieviešanu, samazinās arī CO₂ emisija no augsņu apsaimniekošanas. Maksimālais efekts tiek sasniegts, ja augsne netiek apstrādāta (Reicosky, 1997). Galvenokārt, bezaršanas apsaimniekošana tiek pielietota, lai samazinātu augsnes eroziju, tomēr ir arī citi pozitīvie ieguvumi: uzlabota barības vielu aprite, tiek uzlabota augsnes mitruma uzturēšana, kas ir būtiski arī daļēji klimata apstākļos, kā arī iespēja samazināt siltumnīcefekta gāzes (Ogle et al., 2019). Vairāk nekā 10 gadu periods ir nepieciešams, lai pilnīgi novērtētu bezaršanas augsnes apsaimniekošanas ietekmi (Cusser et al., 2020). Galvenokārt bezaršanas metode tiek pielietota Amerikā. Eiropā šī metode tiek pielietota apmēram 10-12% no aramzemes. Lielākās platības Eiropā, kas apsaimniekotas ar bezaršanas metodi, ir Francijā (3 miljoni hektāru jeb 17% no aramzemes), Vācijā (2.4 miljoni hektāru jeb 20% no aramzemes) un Spānijā (2 miljoni hektāru jeb 14% no aramzemes, Abdalla et al., 2013).

Reicosky and Archer (2007) savā pētījumā secināja, ka pēc aršanas pieaug CO₂ emisija, un līdz ar aršanas dziļuma palielināšanu CO₂ emisijas apjoms ievērojami palielinās, tāpēc pastāv pieņēmums, ka, samazinot augsnes apstrādes dziļumu, CO₂ emisijai no augsnes būtu jāsamazinās. N₂O emisijas ir palielinātas pieminimālās augsnes apstrādes, taču rezultāti nav viennozīmīgi, jo daži zinātnieki apgalvo, ka palielinājums ir nebūtisks vai atšķirības vispār nepastāv (Abdalla et al., 2013). Peterson et al. (2019) pētījumā pēc aršanas novērots, ka CO₂ un N₂O emisijas dubultojas. Badagliacca et al. (2018) pētījuma rezultāti parādīja, ka N₂O emisija pieaug, ja tiek pielietota bezaršanas metode. N₂O emisiju palielinājums varētu būt saistāms ar palielinātu nitrifikācijas intensitāti, lielāku augsnes mitrumu un blīvumu (Abdalla et al., 2013).

Viens no faktoriem, kas ietekmē N₂O emisiju, ir izmantotais mēslojuma veids. Venterea et al. (2005) pētījuma rezultāti parādīja, ka, izmantojot šķidro minerālmēslojumu, bija novērojamas dažādas tendences. Inžekcijas veidā iestrādājot

urīnvielu, augstākas N₂O emisijas bija novērojamas pie minimālas augsnes apstrādes un bezapstrādes metodēm. Inžekcijas veidā iestrādājot bezūdens amonjaku, augstāka N₂O emisija augsnē bija pie minimālas apstrādes un aršanas, bet zemākas pie bezapstrādes. Izklīdzējot uz virsmas urīnvielas amonija nitrāta šķīdro minerālmēslojumu, N₂O emisija neatšķirās starp augsnes apstrādes veidiem (Venterea et al., 2005).

Šobrīd pastāv uzskats, ka augsnes bezaršanas apstrādes veids samazina CH₄ emisiju, taču nav atklātas būtiskas atšķirības (Abdalla et al., 2013). Augsne var būt gan CH₄ emisijas avots, gan arī tā spēj asimilēt CH₄. Metāna emisija gaisā no augsnes galvenokārt ir saistāma ar pārmitrām augsnēm (mitrumu virs 60%), bet CH₄ asimilācija notiek sausākās augsnēs, kur ogleklis ir nepieciešams biomasas ražošanai. Augsnes apstrāde samazina augsnes spēju asimilēt CH₄ (Peterson et al., 2019).

Nav noteiktas būtiskas atšķirības, lai apgalvotu, ka augsnes minimālā apstrāde, salīdzinot ar aršanas tehnoloģiju, veicina augsnes organiskā oglekļa uzkrāšanos dziļāk augsnes profilā, salīdzinot ar bezapstrādes tehnoloģiju (Ogle et al., 2019). Steinbach and Alvarez (2006) izvērtēja augsnes apstrādes veida ietekmi uz siltumnīcefekta gāzēm vienam no Argentīnas reģioniem. Viņi secināja, ka nepastāv būtiskas atšķirības starp aršanas un minimālās apstrādes ietekmi uz augsnes organisko oglekli. Tika aprēķināts, ka N₂O emisija no augsnes, kas apsaimniekotas ar bezaršanas metodi, 35 gadu periodā pārsniegs oglekļa piesaisti un kļūs par emisiju avotu (Steinbach and Alvarez, 2006).

Materiāli un metodes

Pētījuma objekta raksturojums

2020. gadā projekta īstenošanas gaitā N₂O, CH₄, CO₂ un NH₃ mērījumi lauka apstākļos tika veikti Poļu stacionārā, kur lauksaimnieciskā darbība notiek uz minerālaugsnēm. SEG emisiju mērījumu atrašanās vieta norādīta Att. 1 un stacionāra augu seka ir izklāstīta Tab. 1. SEG emisiju mērījumi tika veikti ziemas rapšu, ziemas kviešu un pupu izmēģinājumu lauciņos, kur lauciņi tiek apstrādāti ar aršanas un diskošanas augsnes apstrādes metodēm. Agronomiskās darbības izmēģinājuma lauciņos ir aprakstītas Tab. 2, 3 un 4.

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām



Att. 1: SEG emisiju mērījumu vieta Poķu stacionārā.

Tab. 1: Izmēģinājumu shēma 2009.-2022. gadā

Gads	1 sleja Diskots	2 sleja Arts	3 sleja Arts	4 sleja Diskots
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2010	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2011	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
2015	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2017	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2020	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
	1. lauks	2.	3.	4.
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2010	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2011	V. rapsis	V. rapsis	V. kvieši	V. kvieši
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	V. rapsis	V. rapsis
2013	V. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2014	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2015	V. rapsis	V. rapsis	V. mieži	V. mieži
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

Gads	1 sleja Diskots	2 sleja Arts	3 sleja Arts	4 sleja Diskots
2017	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	V. mieži	V. mieži
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Pupas	Pupas
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši 5.	Z. kvieši 6.	Z. rapsis 7.	Z. rapsis 8.
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2010	V. rapsis	V. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2011	V. mieži	V. mieži	V. mieži	V. mieži
2012	V. rapsis	V. rapsis	Z. mieži	Z. mieži
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	Pupas	Pupas	V. kvieši	V. kvieši
2015	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2016	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2017	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2018	Pupas	Pupas	V. mieži	V. mieži
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2022	Pupas 9.	Pupas 10.	V. mieži 11.	V. mieži 12.
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2010	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2011	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
2015	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2017	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2020	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši 13. lauks	Z. kvieši 14.	Z. rapsis 15.	Z. rapsis 16.
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2010	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2011	V. rapsis	V. rapsis	V. kvieši	V. kvieši
2012	Z. kvieši	Z. kvieši	V. rapsis	V. rapsis
2013	V. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2014	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2015	V. rapsis	V. rapsis	V. mieži	V. mieži
2016	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2017	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2018	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	Z. rapsis
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	V. mieži	V. mieži
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Pupas	Pupas
2021	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. kvieši
2022	Z. kvieši 17.	Z. kvieši 18.	Z. rapsis 19.	Z. rapsis 20.
2009	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

Gads	1 sleja Diskots	2 sleja Arts	3 sleja Arts	4 sleja Diskots
2010	V. rapsis	V. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2011	V. mieži	V. mieži	V. mieži	V. mieži
2012	V. rapsis	V. rapsis	Z. mieži	Z. mieži
2013	Z. kvieši	Z. kvieši	Z. rapsis	V. rapsis
2014	Pupas	Pupas	V. kvieši	V. kvieši
2015	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2016	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2017	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2018	Pupas	Pupas	V. mieži	V. mieži
2019	Z. kvieši	Z. kvieši	Pupas	Pupas
2020	Z. rapsis	Z. rapsis	Z. kvieši	Z. kvieši
2021	V. mieži	V. mieži	Z. rapsis	Z. rapsis
2022	Pupas 21.	Pupas 22.	V. mieži 23.	V. mieži 24.

Apstādījumu josla

Tab. 2: Agronomiskās darbības ziemas kviešu laucīnos

Ziemas kvieši, 2019. /2020. gads				
Priekšaugš	Pēc shēmas			
Augsne	Viršēji velēnglejotā augsne			
Augsnes apstrāde	Aršana vai lobīšana pēc priekšauga novākšanas			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Artajā variantā</th> <th>Lobītajā variantā</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aršana – 06.09.2019 Aruma šļūkšana – 07.09.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 10.09.2019</td> <td>Disku lobīšana 2 reizes 06.09.2019 un 09.09.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 10.09.2019</td> </tr> </tbody> </table>	Artajā variantā	Lobītajā variantā	Aršana – 06.09.2019 Aruma šļūkšana – 07.09.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 10.09.2019
Artajā variantā	Lobītajā variantā			
Aršana – 06.09.2019 Aruma šļūkšana – 07.09.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 10.09.2019	Disku lobīšana 2 reizes 06.09.2019 un 09.09.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 10.09.2019			
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 250 kg ha ⁻¹ (reizē ar sēju)			
Sēkla	Šķirne – `Skagen` Kodne - Celest Trio 060 FS, deva 1.5 L t ⁻¹			
Izsējas norma	500 dīgstošas sēklas m ²			
Sējas laiks	10.09.2019			
Papildmēslojums	Amonija nitrāts (N 34.4 %) 250 kg ha ⁻¹ 24.03.2020 Amonija nitrāts (N 34.4 %) 200 kg ha ⁻¹ 28.04.2020			
Smidzinājumi	Herbicīds: Hussar Activ Plus 1 ha ⁻¹ L ha ⁻¹ 20.04.2020 Retardants: Cycocel 750 1 L ha ⁻¹ 20.04.2020 Medax Max 0.5 kg ha ⁻¹ 23.05.2020 Fungicīds: Opera N 1.2 L ha ⁻¹ 17.06.2020 Ārpussakņu mēslojumi: YaraVita® GRAMITREL 2 L ha ⁻¹ 20.04.2020 Nitrophoska 20-20-20 1.5 kg ha ⁻¹ 23.05.2020.			

Tab. 3: Agronomiskās darbības ziemas rapša laucīnos

Ziemas rapsis, 2019/2020	
Priekšaugš	Pēc shēmas

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

Ziemas rapsis, 2019/2020		
Augsne	Viršēji velēnglejotā augsne	
Augsnes apstrāde	Aršana vai lobišana pēc priekšauga novākšanas	
	Artajā variantā	Lobītajā variantā
	Aršana – 18.08.2019 Aruma šļūkšana – 19.08.2019 Apstrāde ar kompaktoru 3 – 4 cm dziļumā – 19.08.2019	Disku lobišana 2 reizes – 16.08.2019 un 18.08.2019 Apstrāde ar kompaktoru 3 – 4 cm dziļumā – 19.08.2019
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 , deva 250 kg ha ⁻¹ (reizē ar sēju)	
Sēkla	Šķirne – `Hymalay CL` (kodināts)	
Izsējas norma	80 dīgstošas sēklas m ²	
Sējas laiks	19.08.2019	
Papildmēslojums	Amonija nitrāts (34.4% N) 250 kg ha ⁻¹ 24.03.2020 Amonija sulfāts (N21 S24) 200 kg ha ⁻¹ 08.04.2020 Amonija nitrāts (34.4% N) 200 kg ha ⁻¹ 20.04.2020	
Smidzinājumi	Herbicīds: Clamox, deva 2 L ha ⁻¹ + Dash 0.5 L ha ⁻¹ 23.09.2019 Targa Super 1 L ha ⁻¹ 05.09.2019 Targa Super 1 L ha ⁻¹ 22.04.2020 Insekticīds: Proteus OD 0.75 L ha ⁻¹ 08.04.2020 Fastac 0.25 ha ⁻¹ 22.04.2020 Avaunt 0.17 L ha ⁻¹ 27.04.2020 Ārpussakņu mēslojumi: YaraVita Bortrac 2 L ha ⁻¹ + YaraVita Brasitrel Pro 2 L ha ⁻¹ 08.04.2020 YaraVita Bortrac 2 L ha ⁻¹ + YaraVita Brasitrel Pro 2 L ha ⁻¹ + YaraVita® THIOTRAC 2 L ha ⁻¹ 22.04.2020	

Tab. 4: Agronomiskās darbības ziemas kviešu lauciņos

Pupas, 2020		
Priekšaugšs	Pēc shēmas	
Augsne	Viršēji velēnglejotā augsne	
Augsnes apstrāde	Aršana vai lobišana pēc priekšauga novākšanas	
	Artajā variantā	Lobītajā variantā
	Aršana – 21.10.2019 Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 30.03.2020	Disku lobišana 2 reizes Apstrāde ar kompaktoru 4 – 5 cm dziļumā – 30.03.2020
Pamatmēslojums	NPK 15-15-15 200 kg ha ⁻¹ (reizē ar sēju)	
Sēkla	Šķirne – `Laura`	
Izsējas norma	45 dīgstošas sēklas m ²	
Sējas laiks	30.03.2020	
Papildmēslojums	-	
Smidzinājumi	Herbicīds: Stomp® CS 2 L ha ⁻¹ 15.04.2020 Basagran 480 2 L ha ⁻¹ 22.05.2020 Insekticīds: Proteus OD ar devu 0.75 L ha ⁻¹ 05.06.2020	

Mērījumu veikšana ar Picarro iekārtu

Iekārtas un aprīkojums

Lauksaimniecības augšņu emitēto gāzu mērījumi tika veikti izmantojot mobilo spektrofotometru Picarro G2508 (Att. 2), kas ļauj vienlaikus veikt piecu gāzu mērījumus N_2O , CH_4 , CO_2 , NH_3 , un H_2O ar vienas sekundes vidējo intervālu. Katrā pētījuma objektā tika veikti mērījumi trīs kamerās. Sīkāk par iekārtas tehniskajiem parametriem un tās izmantošanas iespējām ir aprakstīts Fleck et al. (2013) pētījumā. Gāzu mērījumi tika veikti izmantojot necaurspīdīgas kameras, kuru pamatnes diametrs ir 23 cm un kameras tilpums 3 litri (Att. 3). Pamatne ir veidota no metāla, un tās apakšējā mala ir noasināta, lai to būtu vieglāk ievietot augsnē. Uz pamatnes novieto necaurspīdīgu kupolu. Lai nodrošinātu blīvu saslēgumu starp pamatni un kupolu, starp tiem ir rūpnieciski uzstādīta blīvgumija. Kameras savienojumus ar iekārtu Picarro G2508 tika izveidots, izmantojot rūpnieciski ražotus nerūsējošā tērauda savienojumus, kas savienots ar 9 metrus garu teflona caurulīti, kuras iekšējais diametrs ir 1/16 collas un ārējais diametrs 1/8 collas, savukārt savienojums ar kameru tika veidots, izmantojot ātro savienojumu, kas izolēts ar gumijas blīvi.



Att. 2: Picarro G2508¹.



Att. 3: Kamera gāzu mērījumu veikšanai².

Pirms augsnes gāzu emisiju mērījumiem tika veikti augsnes mitruma mērījumi, izmantojot Lutron augsnes mitruma mērītāju PMS-714, kas veic augsnes mitruma

¹ Autors: K. Valujeva.

² Autors: J. Pilecka.

mērījumus augsnes virsējā slānī (Att. 4). Augsnes mitruma dati tiek saglabāti datu nolasīšanas iekārtā un ierakstīti datu lapās.

Gaisa temperatūras mērījumus kamerā un gaisa spiediena mērījumus veica, izmantojot barometriskā spiediena mērītājus Diver DI 500, Eijkelkamp (Att. 5). Kameras gaisa temperatūras un gaisa spiediena mērītājs tika novietots kamerā tieši pirms kupola nostiprināšanas.



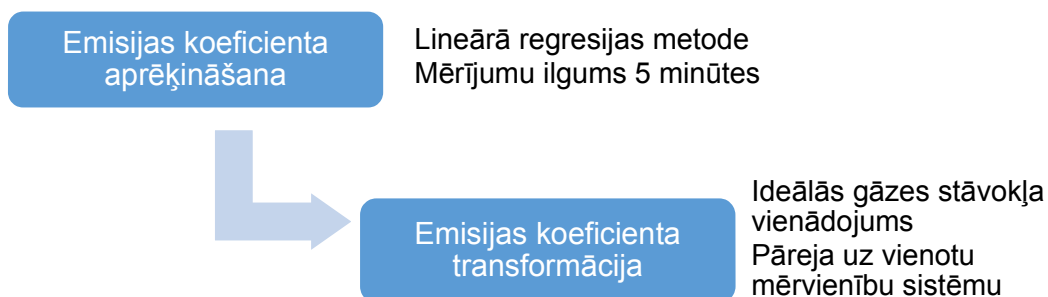
Att. 4: Augsnes mitruma mērītājs³.



Att. 5: Diver barometriskā spiediena mērītāji⁴.

Datu analīzes metodes

Lai iekārtas Picarro G2508 koncentrācijas mērījumus transformētu siltumnīcas efekta gāzu emisijās no hektāra, aprēķinam tika izmantots vairāku pakāpju algoritms (Att. 6).



Att. 6: Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematisks attēlojums.

³ Autors: J. Pilecka.

⁴ Autors: J. Pilecka.

Emisiju koeficienta aprēķins

Siltumnīcas efekta gāzu emisiju raksturo koncentrācijas izmaiņas ātrums un virziens izolētā kamerā. Emisiju koeficienta aprēķina pamatā ir lineārā regresija (1. formula), izmantojot mazāko kvadrātu metodi, kur emisiju apjomu raksturo regresijas koeficients (2. formula), savukārt brīvais loceklis (3. formula) raksturo mērījumu sākuma koncentrāciju. Precizitāti raksturo determinācijas koeficients R^2 (4. formulu). Lineārās regresijas aprēķinam tika izmantotas pirmās piecas mērījumu minūtes.

$$y = m * x + b, \text{ kur} \quad (1)$$

$$y - \text{koncentrācija } \frac{\text{ppm}}{s};$$

$$x - \text{laiks sekundēs};$$

$$m - \text{regresijas koeficients};$$

$$b - \text{brīvais loceklis}.$$

$$m = \frac{n \sum (xy) - \sum x \sum y}{n \sum (x^2) - (\sum x)^2}, \text{ kur} \quad (2)$$

$$m - \text{regresijas koeficients};$$

$$y - \text{koncentrācija } \frac{\text{ppm}}{s};$$

$$x - \text{laiks sekundēs};$$

$$n - \text{mērījumu skaits}.$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n}, \text{ kur} \quad (3)$$

$$b - \text{brīvais loceklis};$$

$$y - \text{koncentrācija};$$

$$x - \text{laiks sekundēs};$$

$$m - \text{regresijas koeficients};$$

$$n - \text{mērījumu skaits}.$$

$$R^2 = \left(\frac{n \sum (x * y) - \sum x * \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] * [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \right)^2, \text{ kur} \quad (4)$$

$$R^2 - \text{determinācijas koeficients};$$

$$y - \text{koncentrācija};$$

$$x - \text{laiks sekundēs};$$

$$n - \text{mērījumu skaits}.$$

Emisijas koeficienta transformācijas

Emisiju koeficienta pārrēķinam uz koncentrāciju diennaktī no hektāra tika izmantots ideālās gāzes stāvokļa vienādojums (5. formulu).

$$F = p \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{\Delta c}{\Delta T} \cdot \frac{273}{T+273}, \text{ kur} \quad (5)$$

F – emisijas apjoms no augsnes $\frac{g}{ha \cdot dnn}$;

p – gāzes blīvums $\frac{mg}{m^3}$;

V – kameras tilpums m^3 ;

A – kameras laukums m^2 ;

$\frac{\Delta c}{\Delta T}$ – vidējā koncentrācijas izmaiņa laikā $\frac{ppm}{s}$;

T – kameras temperatūra $^{\circ}C$.

Veicot transformācijas, ir ļoti būtiski saglabāt vienotu mērvienību sistēmu. Picarro G2508 dod gāzu molārās koncentrācijas, tādēļ jāveic pāreja no molārās koncentrācijas uz masas koncentrāciju.

REZULTĀTI

Šajā nodaļā pirmajā apakšnodaļā ir apkopoti SEG mērījumu rezultāti, kur sniegts ieskats N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 emisiju apjomu statistiskajos rādītājos. Otrajā apakšnodaļā analizēta augsnes apstrādes metožu ietekme uz N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 emisiju apjomu. Trešajā apakšnodaļā analizēta augsnes apstrādes un audzēto kultūru kompleksā ietekme uz N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 emisiju apjomu. Ceturtajā apakšnodaļā izvērtēta augsnes temperatūras un augsnes mitruma ietekme uz gāzu emisijām un N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 savstarpējās sakarības. Piektajā apakšnodaļā padziļināti analizēta summāro nokrišņu ietekme uz N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 emisiju apjomu.

SEG mērījumu rezultāti

Līdz 2020. gada 30. novembrim Poķu stacionārā mērījumi ir veikti 11 mērījumu kampaņās ziemas rapšu, ziemas kviešu un pupu izmēģinājuma lauciņos, kuros augsnes apstrāde veikta ar aršanas un diskošanas metodēm. Katrā objektā tika veikti N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 mērījumi 3 kamerās, augsnes mitruma un augsnes temperatūras mērījumi. Kopā Poķu stacionārā ir veikti 198 mērījumi. 2020. gada mērījumu rezultātos ir vērojama būtiska mediānas un aritmētiskās vidējās vērtības nesakritība, kas liecina par izteiktu maksimālo vērtību ekstrēmo klātesamību N_2O un NH_3 emisijām, kas arī liecina par emisiju mainīgo dabu. Iegūto datu aprakstošās statistiskās analīzes rezultāti attēloti Tab. 5.

Tab. 5: N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ emisiju statistiskie rādītāji 2020. gadā

Variables		CH ₄ , g/ha/dnn	N ₂ O, g/ha/dnn	CO ₂ , kg/ha/dnn	NH ₃ , g/ha/dnn
N	Valid	198	198	198	198
	Missing	0	0	0	0
Mean		-51.97	252.49	2.58	5.13
Std. Error of Mean		19.55	87.74	0.15	3.67
Median		-50.00	72.50	2.22	-1.00
Std. Deviation		275.14	1234.67	2.05	51.67
Variance		75 701.72	1 524 398.65	4.22	2670.17
Minimum		-512.0	-65.0	0.02	-343.00
Maximum		3570.0	16 850.0	13.52	300.00
Percentiles	25	-97.55	21.50	1.29	-6.93
	50	-50.00	72.50	2.22	-1.00
	75	-12.00	151.50	3.31	4.63

Lai veicinātu izpratni par gāzu emisiju dabu un izprastu katras gāzes emisiju atšķirības audzējamo kultūru kontekstā, turpmāk katra gāze tiek analizēta trijās grupās: rapši, kvieši un pupas, neņemot vērā pārējos faktorus.

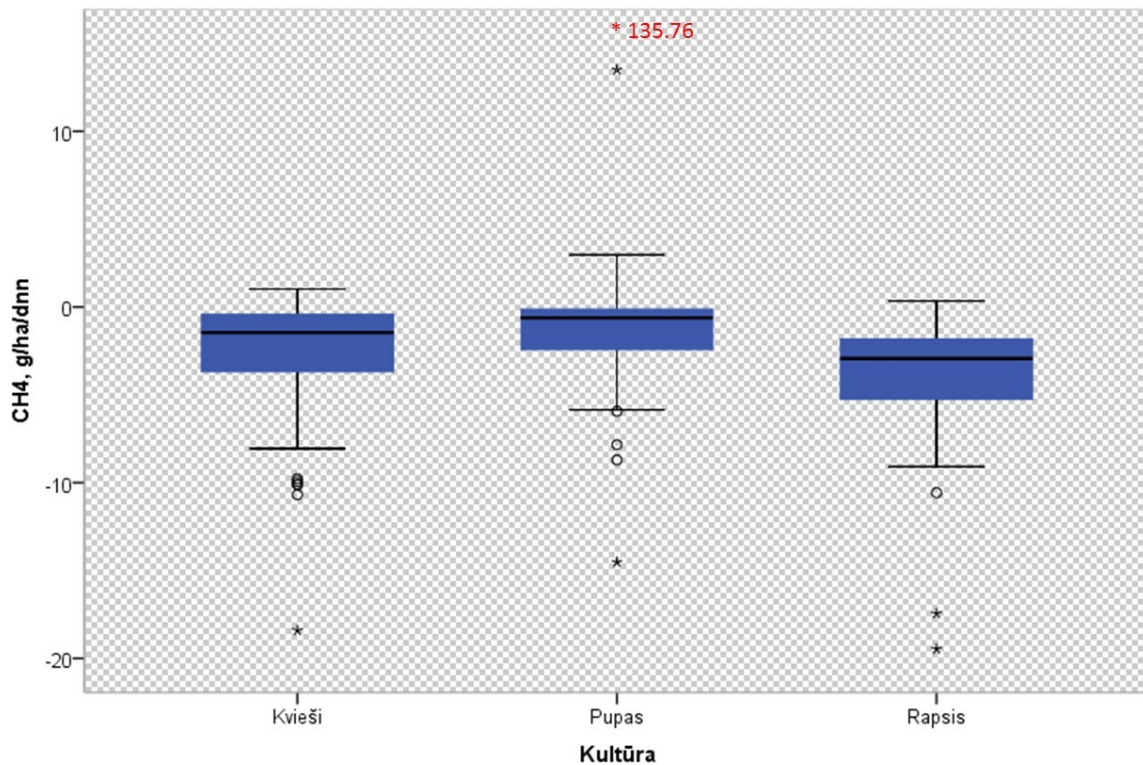
Metāna (CH₄) emisijas ir pārsvarā ar negatīvu zīmi, kas apstiprina literatūrā pieejamo informāciju (Peterson et al., 2019), ka labi aerētas augsnes apstākļos baktērijas izmanto metānu kā enerģijas avotu (Tab. 6 un Att. 7). Pupu gadījumā novērota lielākā emisiju amplitūda, kā arī ir novērota maksimālā vērtība 135.76 g ha⁻¹ dnn⁻¹. Metāna emisiju ekstrēmā vērtība ir skaidrojama ar augsnes poru aizpildījumu ar ūdeni pēclietus periodā, un mikroorganismu aktivitāti pupu sējumu augsnes aktīvajā slāni. Palielinātā aerobo mikroorganismu aktivitāte noved pie skābekļa deficīta un paaugstinātas metanogēno mikroorganismu aktivitātes.

Tab. 6: CH₄ emisijas statistiskie rādītāji 2020. gadā

CH ₄ , g ha ⁻¹ dnn ⁻¹		Kvieši	Rapsis	Pupas
N	Valid	66	66	66
	Missing	0	0	0
Mean		-2.81	-3.83	0.71
Std. Error of Mean		0.44	0.43	2.12
Median		-1.46	-2.93	-0.62
Std. Deviation		3.54	3.50	17.19
Variance		12.54	12.22	295.51
Minimum		-18.41	-19.47	-14.53
Maximum		1.03	0.34	135.76

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

CH ₄ , g ha ⁻¹ dnn ⁻¹		Kvieši	Rapsis	Pupas
Percentiles	25	-3.73	-5.25	-2.50
	50	-1.46	-2.93	-0.62
	75	-0.40	-1.81	-0.1062



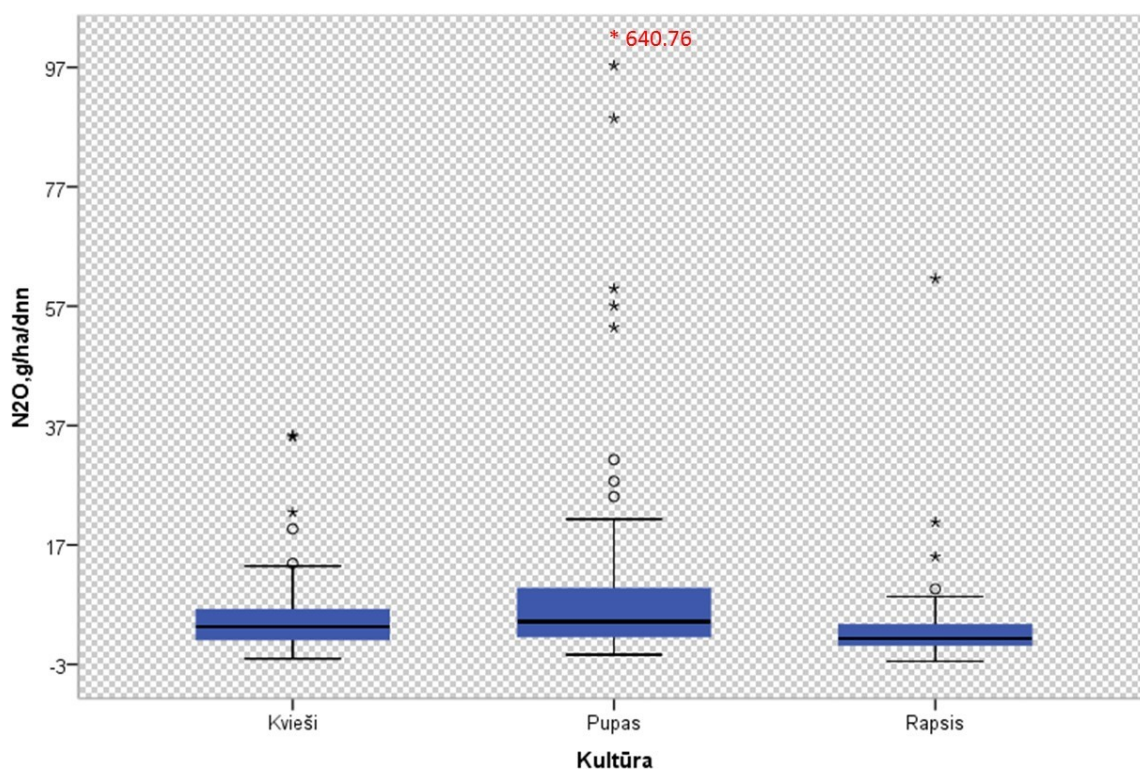
Att. 7: CH₄ emisiju novērojumi stacionārā 2020. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Salīdzinoši augstāka dislāpekļa oksīda (N₂O) emisiju mediānas vērtība visā mērījumu laikā novērota pupu izmēģinājumu lauciņos, bet zemāka – rapšu lauciņos (Tab. 7 un Att. 8).

Jāatzīmē, ka N₂O emisiju vērtību mediāna un aritmētiskā vērtība būtiski atšķiras visos lauciņos (Tab. 7). Analizējot ekstrēmās vērtības 2020. gadā, ir redzams, ka ekstrēmā vērtība ir pupu lauciņā (640.76 g ha⁻¹ dnn⁻¹). 2019. gadā šajā lauciņā bija sēti mieži, kur arī tika novērota ekstrēma vērtība 1395 g ha⁻¹ dnn⁻¹, kas nozīmē, ka šajā lauciņā ir kāds papildus faktors, kas ietekmē N₂O emisijas, salīdzinot ar citiem lauciņiem. Ekstrēmāla rakstura paaugstinātas N₂O vērtības varētu būt skaidrojams ar intensīvāku denitrifikācijas procesu norisi pēc lietus epizodēm. Īpaši izteiktas ekstrēmālās vērtības novērotas pupu lauciņos (Att. 8). Tā kā denitrifikācijas process norit anaerobos apstākļos, ekstrēmajām N₂O vērtībām ir saistība ar paaugstināto augsnes mikroorganismu aktivitāti pupu izmēģinājuma lauciņā, kur pēc lietus strauji tiek patērēts skābeklis un iestājas bezskābekļa apstākļi, kas izraisa izteiktu anaerobo mikroorganismu reakciju uz anaerobiem apstākļiem augsnē un rezultējas ekstrēmās N₂O emisijās no augsnes.

Tab. 7: N₂O emisijas statistiskie rādītāji 2020. gadā

N ₂ O, g ha ⁻¹ dnn ⁻¹		Kvieši	Rapsis	Pupas
N	Valid	66	66	66
	Missing	0	0	0
Mean		5.17	3.18	20.45
Std. Error of Mean		0.87	1.01	9.83
Median		3.31	1.33	4.16
Std. Deviation		7.10	8.20	79.89
Variance		50.40	67.19	6382.10
Minimum		-2.05	-2.47	-1.37
Maximum		35.36	61.60	640.76
Percentiles	25	1.14	0.23	1.62
	50	3.31	1.33	4.16
	75	6.31	3.63	9.89



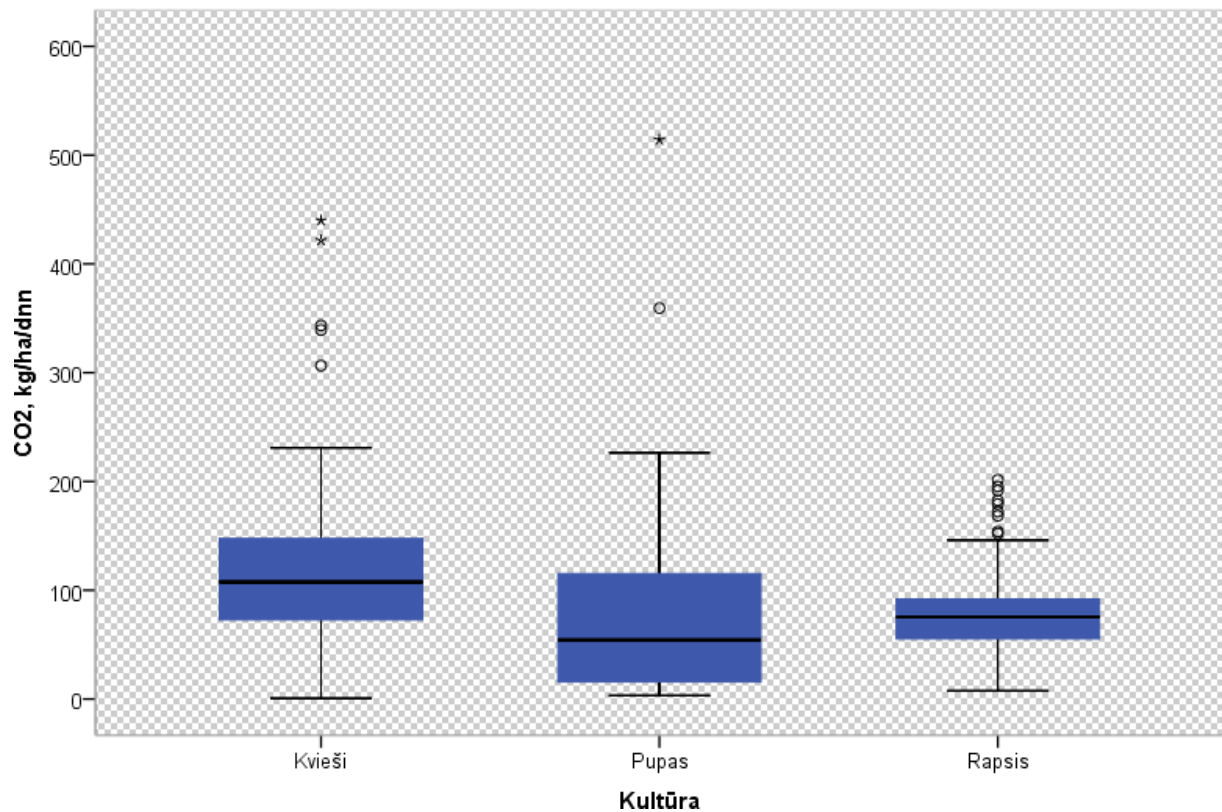
Att. 8: N₂O emisiju novērojumi stacionārā pēc audzētās kultūras 2020. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Ogļskābās gāzes (CO₂) vidējās vērtības rapsim un pupām ir līdzvērtīgas, kas kopumā norāda par šo kultūraugu nenozīmīgo ietekmi uz CO₂ emisiju veidošanos, savukārt ziemas kviešu un pupu lauciņos ir novērojamas ekstremālās vērtības, kur maksimālā ekstrēmā vērtība sasniedz 514.13 g ha⁻¹ dnn⁻¹, kas liecina par intensīvu organiskās vielas noārdīšanās procesu, kas var būt saistīts ar paaugstinātu rizosfēras aktivitāti kā

arī priekšskultūras ietekmi uz augsnes mikroorganismu aktivitāti. Pupu lauciņos CO₂ emisija ir bijusi svārstīgāka, salīdzinot ar citām kultūrām (Tab. 8 un Att. 9). Kviešu sējumu CO₂ emisijas liecina par augsnes aktivitāti, kas saistīta ar aerobo mikroorganismu darbību rizosfērā, un, kontekstā ar CH₄ un N₂O emisijām, liecina par aerobo apstākļu dominanci kviešu sējumos. Savukārt pupu sējumos novērotās izteiktās CO₂ svārstības apstiprina pieņēmumu par paaugstinātu rizosfēras aktivitāti aerobos apstākļos, kas noved pie anaerobiem apstākļiem.

Tab. 8: CO₂ emisijas statistiskie rādītāji 2020. gadā

CO ₂ , kg/ha/dnn		Kvieši	Rapsis	Pupas
N	Valid	66	66	66
	Missing	0	0	0
Mean		127.70	84.80	81.42
Std. Error of Mean		10.70	5.60	10.66
Median		107.58	75.45	54.38
Std. Deviation		86.94	45.49	86.61
Variance		7557.73	2069.03	7500.76
Minimum		0.68	7.61	3.31
Maximum		439.97	201.54	514.13
Percentiles	25	72.75	55.23	15.54
	50	107.58	75.45	54.38
	75	147.74	92.68	115.22



Att. 9: CO₂ emisiju novērojumi stacionārā pēc audzētās kultūras 2020. gadā.

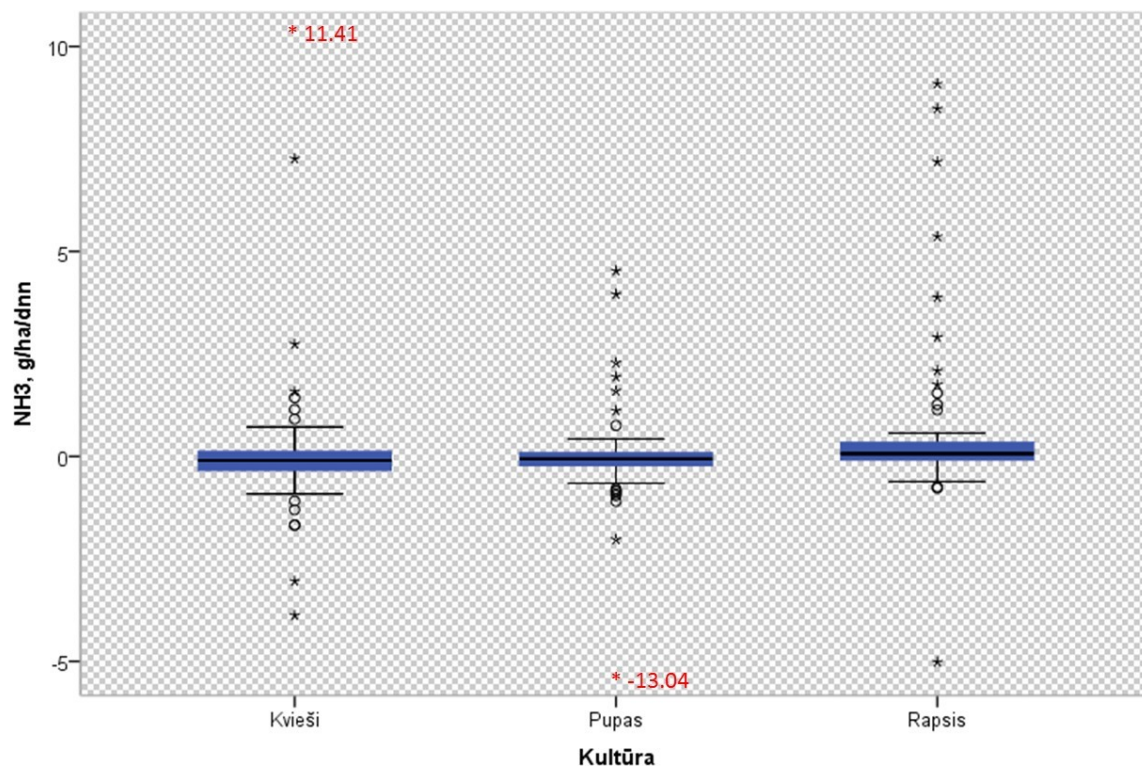
Vislielākā amonjaka (NH₃) emisija ir novērota ziemas kviešu lauciņos, bet vismazākā – pupu lauciņos (Tab. 9 un Att. 10). Ekstrēmi negatīva vērtība ir novērota pupu lauciņā, kur amonjaks absorbēts $-13.04 \text{ g ha}^{-1} \text{ dnn}^{-1}$. Amonjaka piesaiste liecina par pupu sējumu rizosfēras aktivitāti, kā arī saistīts ar to, ka pupu sējumos veģetācijas periods ir nobīdīts uz rudens pusi, kas pupām ļauj piesaistīt amonjaku. Savukārt, izteikti ekstrēmas pozitīvas amonjaka emisijas vērtības, ir konstatētas ziemas kviešu sējumos, kur novērota $11.41 \text{ g ha}^{-1} \text{ dnn}^{-1}$, kas varētu būt skaidrojamas ar kviešu veģetācijas perioda īpatnībām, kad noārdās pēcplaujas atliekas augsnē, bet nav augu kas pētu absorbēt NH₃.

Tab. 9: NH₃ emisijas statistiskie rādītāji 2020. gadā

NH ₃ , g/ha/dnn		Kvieši	Rapsis	Pupas
N	Valid	66	66	66
	Missing	0	0	0
Mean		0.10	0.60	-0.12
Std. Error of Mean		0.23	0.25	0.23
Median		-0.10	0.06	-0.06
Std. Deviation		1.90	2.07	1.88
Variance		3.62	4.27	3.54
Minimum		-3.88	-5.02	-13.04

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

NH ₃ , g/ha/dnn		Kvieši	Rapsis	Pupas
Maximum		11.41	9.09	4.53
Percentiles	25	-0.36	-0.10	-0.23
	50	-0.10	0.06	-0.06
	75	0.13	0.35	0.09



Att. 10: NH₃ emisiju novērojumi stacionārā pēc audzētās kultūras 2020. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

CO₂, CH₄, N₂O un NH₃ emisiju salīdzinājums pēc augsnes apstrādes veida (Att. 11) parāda, ka augsnes apstrādes veidam nav viennozīmīga ietekme uz emisijām no augsnes. Pavisam neliela augsnes apstrādes ietekme ir vērojama uz NH₃ emisiju. Diskošana rada vislielāko N₂O emisiju apjomu no augsnes.

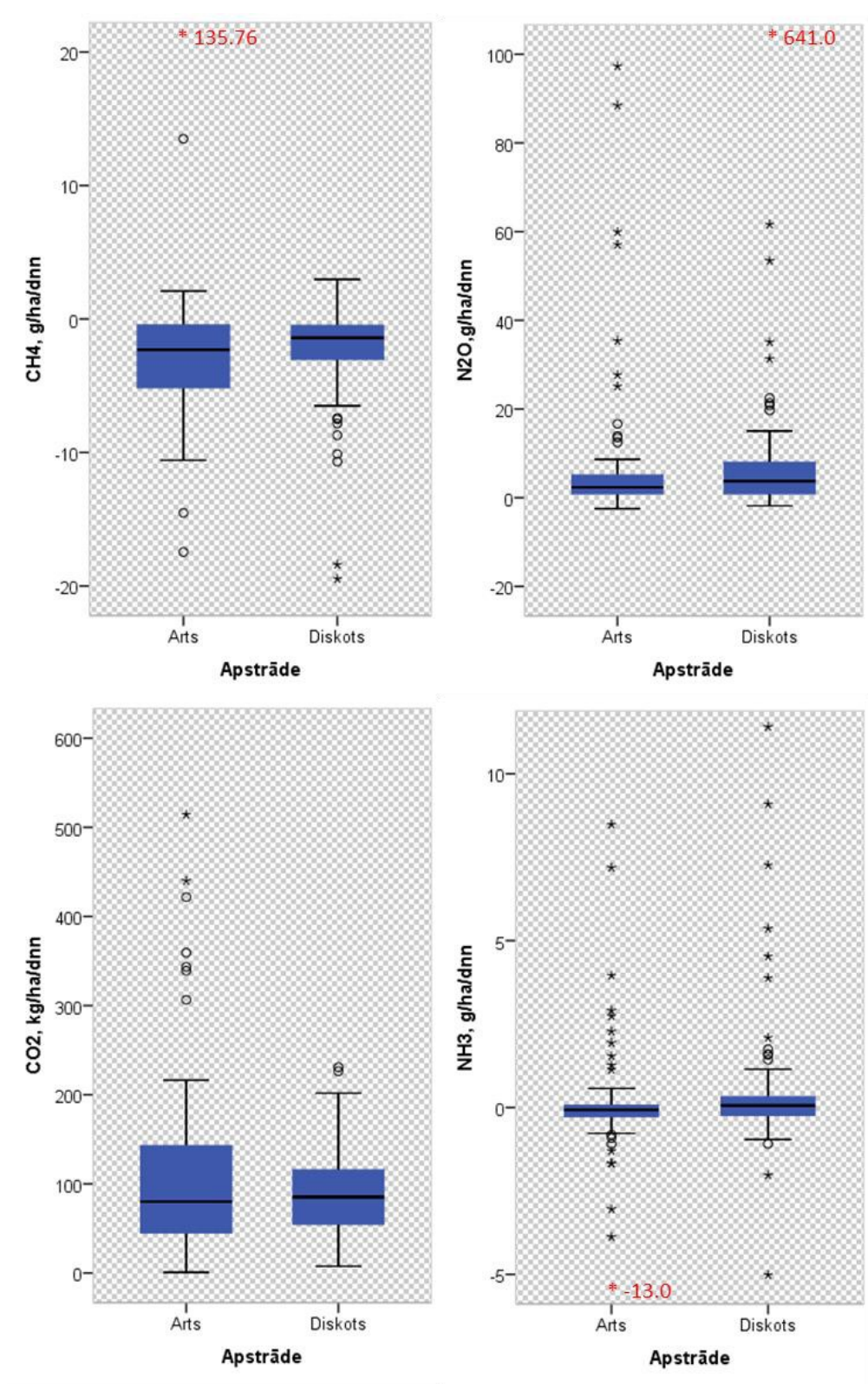
Analizējot CH₄ ekstrēmās vērtības, ir redzams, ka artā augsnē ir novērojami gan pozitīvie, gan negatīvie ekstrēmi.

Analizējot CO₂ emisiju ekstrēmās vērtības diskotā un artā augsnē, var secināt, ka artā augsnē ir novērojama svārstīgāka CO₂ emisija ar izteiktākiem pozitīviem ekstrēmiem, kas liecina par paaugstinātu augsnes mikroorganismu aktivitāti, salīdzinot ar diskotu augsni.

Minimālas augsnes apstrādes ietekme uz SEG emisijām

N₂O ekstremālās vērtības norāda uz augsnes diskošanas negatīvo ietekmi uz N₂O emisiju no augsnes. Novērotā ekstremālā vērtība ir 641.0 g ha⁻¹ dnn⁻¹, kas var būt izskaidrojams ar diskotā augsnē novērojamo pazemināto poru veidošanos un aerobu un anaerobu apstākļu mainīgo dabu, kas veicina nepilnīgu denitrifikācijas procesu un veicina N₂O emisiju.

Amonjaka ekstrēmo vērtību analīze parāda, ka abos augsnes apstrādes veidos ir novērojamas līdzīgas gan negatīvo, gan pozitīvo ekstrēmo vērtību izkliedes.

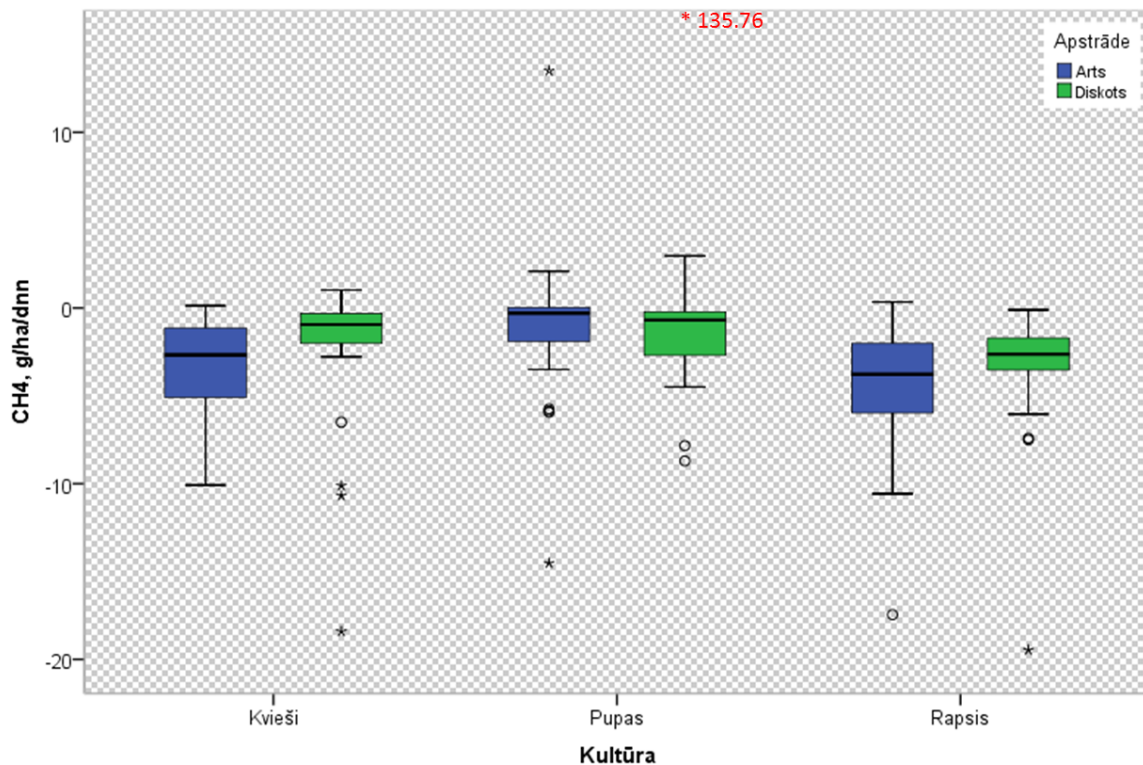


Att. 11: CH₄, N₂O, CO₂ un NH₃ emisiju salīdzinājums pēc augsnes apstrādes veida 2020. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Augsnes apstrādes un kultūru ietekme uz SEG emisijām

CH₄ emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (Att. 12) parāda, ka ziemas kviešu un rapšu izmēģinājuma lauciņos, kuros tiek izmantota augsnes aršana, novērojamas izteiktākas metāna emisiju vērtību svārstības. Ja vērtē mediānu vērtības, tad rapšu artajā lauciņā ir konstatēts augstāks metāna piesaistīšanas potenciāls nekā artajā ziemas kviešu lauciņā, jo mediānas vērtība atrodas tālāk no 0 vērtības. Pretēja situācija novērota pupu gadījumā, kur artajam lauciņam mediānas vērtība ir tuvāk 0 vērtībai, kas nozīmē, ka šis lauciņš piesaista mazāk metāna.

Analizējot ekstrēmās vērtības ziemas kviešu sējumos, tika konstatētas negatīvas ekstrēmās vērtības diskotajā lauciņā. Lai gūtu padziļinātu izpratni par procesiem, nepieciešams izvērtēt gāzu savstarpējās sakarības, jo palielinātais metāna patēriņš ir saistīts ar augsnes mikroorganismu aktivitāti, kas izraisa paaugstinātu CO₂ emisiju.

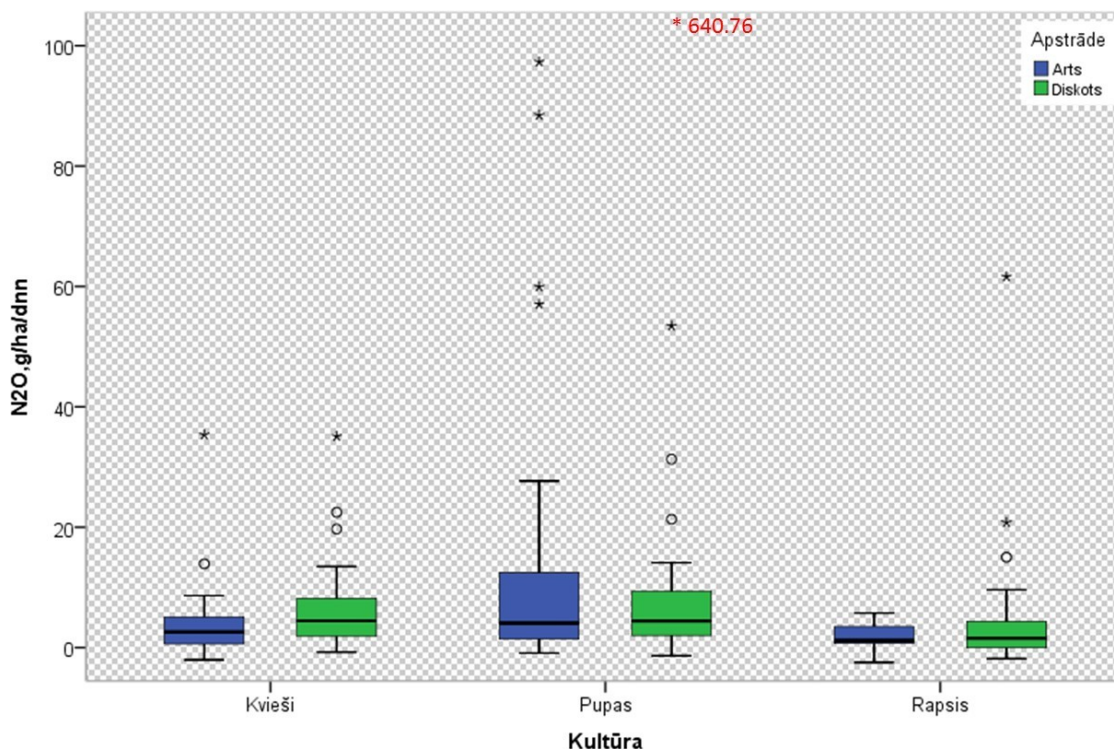


Att. 12: CH₄ salīdzinājums 2020. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstrēmālās vērtības).

N₂O emisiju salīdzinājums pēc audzētā kultūrauga un augsnes apstrādes veida ir attēlots Att. 13. N₂O emisiju mediānu vērtības ir līdzvērtīgas abu augsnes apstrādes veidu gadījumos, kur tiek audzētas pupas un rapsis. Salīdzinoši augstāka mediānas vērtība un izteiktāka visu vērtību izkliede, novērota diskotos ziemas kviešu

izmēģinājuma lauciņos. Kopumā mazāks ekstremālo vērtību skaits novērots ziemas kviešu izmēģinājuma lauciņos.

Ekstrēmo vērtību īpatsvars N_2O emisijās ir augsts, kas liecina par līdzšinējos pētījumos novēroto, ka N_2O emisijas pieaug pēc mēslošanas un pēc lietus. Jāatzīmē, ka N_2O emisiju vērtību pozitīvās ekstrēmās vērtības visvairāk ir novērotas pupu izmēģinājumu lauciņos. Ir nepieciešams veikt novērojumus ilgstošā laika periodā, kas aptver vismaz divu augu seku rotācijas ciklu, lai varētu izdarīt secinājumus par N_2O emisiju apjomiem no katras augu sekas, ņemot vērā N_2O emisiju mainīgo dabu.

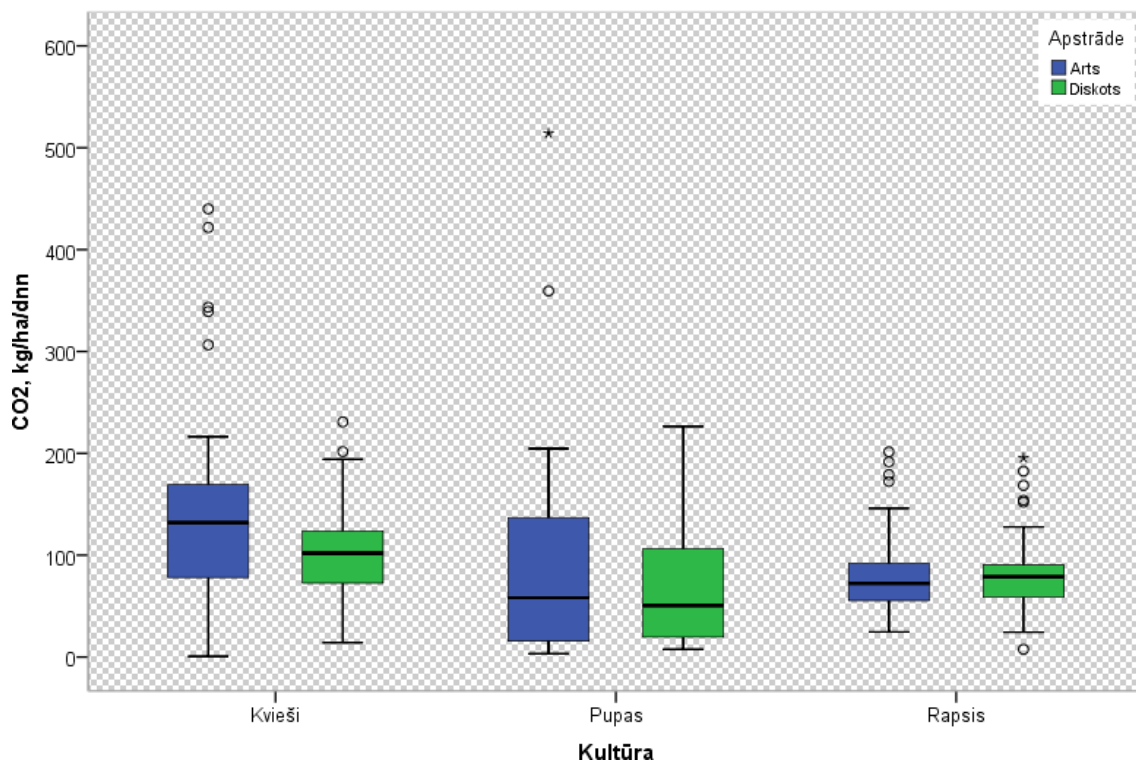


Att. 13: N_2O salīdzinājums 2020. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstrēmālās vērtības).

CO_2 emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (Att. 14) parāda, ka pupu un ziemas kviešu artajiem lauciņam raksturīgas plašākas vērtību svārstības. Rapsa izmēģinājuma lauciņos CO_2 emisijas ir līdzvērtīgas abu augsnes apstrādes veidu gadījumos. Augstāka CO_2 emisiju mediānas vērtība novērota artos ziemas kviešu un pupu lauciņos.

Ekstrēmo vērtību īpatsvars CO_2 emisijās ir augsts, kas liecina par līdzšinējos pētījumos novēroto, ka CO_2 emisijas pieaug, paaugstinoties augsnes temperatūrai un augsnes mitrumam. Jāatzīmē, ka CO_2 emisiju vērtību pozitīvās ekstrēmās vērtības visvairāk ir novērotas pupu un ziemas kviešu lauciņos. Ir nepieciešams veikt novērojumus ilgstošā laika periodā, kas aptver vismaz divu augu seku rotācijas ciklu,

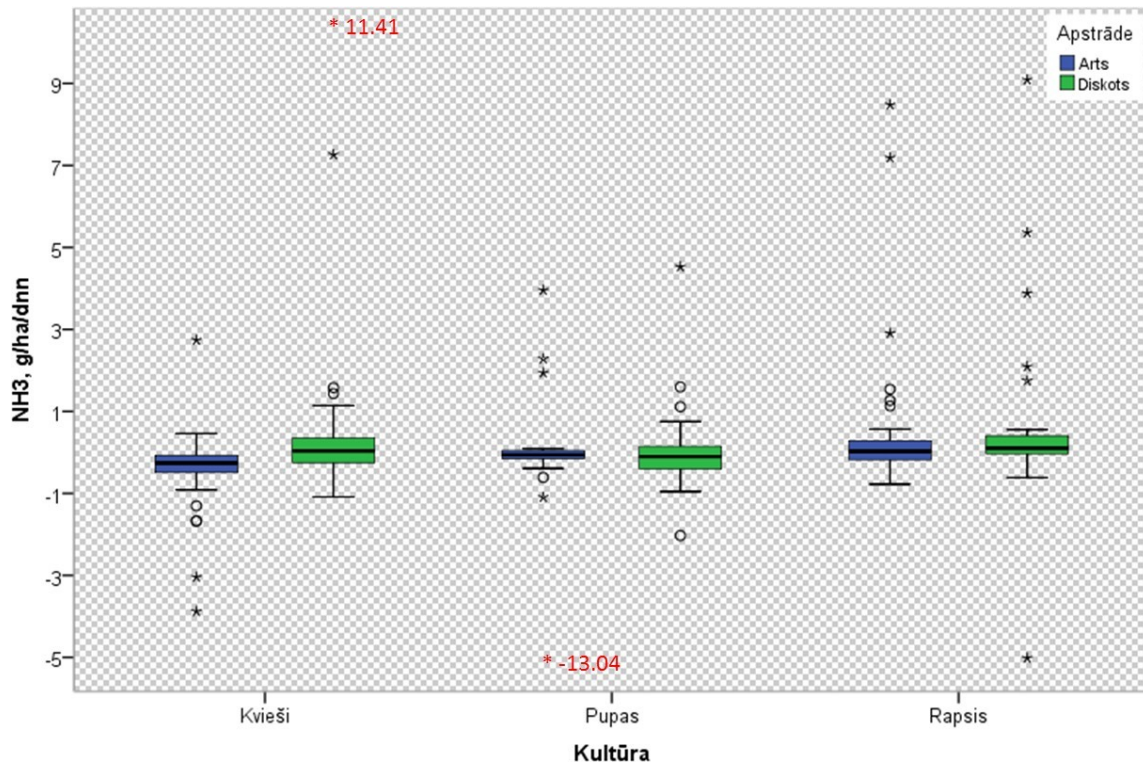
lai varētu izdarīt secinājumus par CO₂ emisiju apjomiem no katras augu sekas, kā arī papildus izanalizēt CO₂ emisiju un CH₄ emisiju savstarpējās sakarības.



Att. 14: CO₂ salīdzinājums 2020. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

NH₃ emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (Att. 15) parāda, ka diskotajos izmēģinājuma lauciņos visiem kultūraugiem ir augstākas amonjaka emisijas no augsnes, salīdzinot ar artajiem lauciņiem, izņemot pupu izmēģinājuma lauciņus.

Ekstrēmas pozitīvas amonjaka emisijas vērtības ir konstatētas visos izmēģinājuma lauciņos. Jāatzīmē, ka amonjaka emisiju vērtības sasniedz maksimālo vērtību tūlīt pēc mēslojuma iestrādes un strauji samazinās nākamo piecu dienu laikā, tādēļ būtu nepieciešams veikt papildus pētījumus pirms un pēc minerālmēslu iestrādes.



Att. 15: NH₃ salīdzinājums 2020. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Augsnes temperatūras, augsnes mitruma un SEG emisiju savstarpējā ietekme

Gāzu savstarpējā sakarība, un sakarība starp gāzēm un augsnes mitrumu un gāzēm un augsnes temperatūru tika noteikta, izmantojot Kendala korelācijas koeficientu (*Chen, Peter Y.; Popovich, Paula M.'s Correlation, 2002; Coffman et al., 2008*) visiem mērījumu rezultātiem 2018., 2019. un 2020. gadā (Tab. 10 un 11).

Starp CH₄ un CO₂ ir statistiski nozīmīga negatīva korelācija, kas nozīmē, ka, palielinoties vienam, otrs samazinās, kas skaidrojams ar aerobo vai anaerobo mikroorganismu dominanci pie vieniem vai otriem apstākļiem. Statistiski nozīmīga pozitīva korelācija, kad vienam palielinoties, arī otrs palielinās, ir novērojama starp augsnes temperatūru un CO₂, augsnes mitrumu un CH₄, CO₂ un CH₄, N₂O un CO₂.

Datu analīzes rezultāti apstiprina iepriekšējās nodaļas izvirzīto hipotēzi, ka CO₂ un CH₄ emisijām ir negatīva statistiski nozīmīga korelācija.

Tab. 10: Kendala korelācijas koeficienti aršanas augsnes apstrādes metodei 2018., 2019. un 2020. gadā⁵

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	CH ⁴ , g/ha/dnn	N ² O, g/ha/dnn	CO ² , kg/ha/dnn	NH ³ , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	0.050	0.017	0.012	0.245**	-0.006
Augsnes mitrums, %	0.050	1	0.232**	-0.043	-0.089	0.044
CH ⁴ , g/ha/dnn	0.017	0.232**	1	0.004	-0.328**	-0.032
N ² O, g/ha/dnn	0.012	-0.043	0.004	1	0.219**	-0.109
CO ² , kg/ha/dnn	0.245**	-0.089	-0.328**	0.219**	1	-0.072
NH ³ , g/ha/dnn	-0.006	0.044	-0.032	-0.109	-0.072	1

Savukārt, diskošanas lauciņos statistiski nozīmīga negatīva korelācija ir starp CO₂ un CH₄, NH₃ un CH₄, bet statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ir starp augsnes temperatūru un CO₂ augsnes temperatūru un augsnes mitrumu, augsnes mitrumu un CH₄, un CO₂ un N₂O (Tab. 11).

Diskotos lauciņos veiktā gāzu savstarpējo sakarību analīze, tāpat kā artos lauciņos, apstiprina iepriekšējās nodaļas izvirzīto hipotēzi, ka CO₂ un CH₄ emisijām ir negatīva statistiski nozīmīga korelācija.

Tab. 11: Kendala korelācijas koeficienti diskošanas augsnes apstrādes metodei 2018., 2019. un 2020. gadā⁶

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	CH ⁴ , g/ha/dnn	N ² O, g/ha/dnn	CO ² , kg/ha/dnn	NH ³ , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	0.285**	0.047	0.006	0.202**	-0.114
Augsnes mitrums, %	0.285**	1	0.386**	0.130	0.089	-0.097
CH ⁴ , g/ha/dnn	0.047	0.386**	1	0.014	-0.278**	-0.187**
N ² O, g/ha/dnn	0.006	0.130	0.014	1	0.263**	-0.017
CO ² , kg/ha/dnn	0.202**	0.089	-0.278**	0.263**	1	-0.054
NH ³ , g/ha/dnn	-0.114	-0.097	-0.187**	-0.017	-0.054	1

Nokrišņu daudzuma ietekme uz SEG emisijām

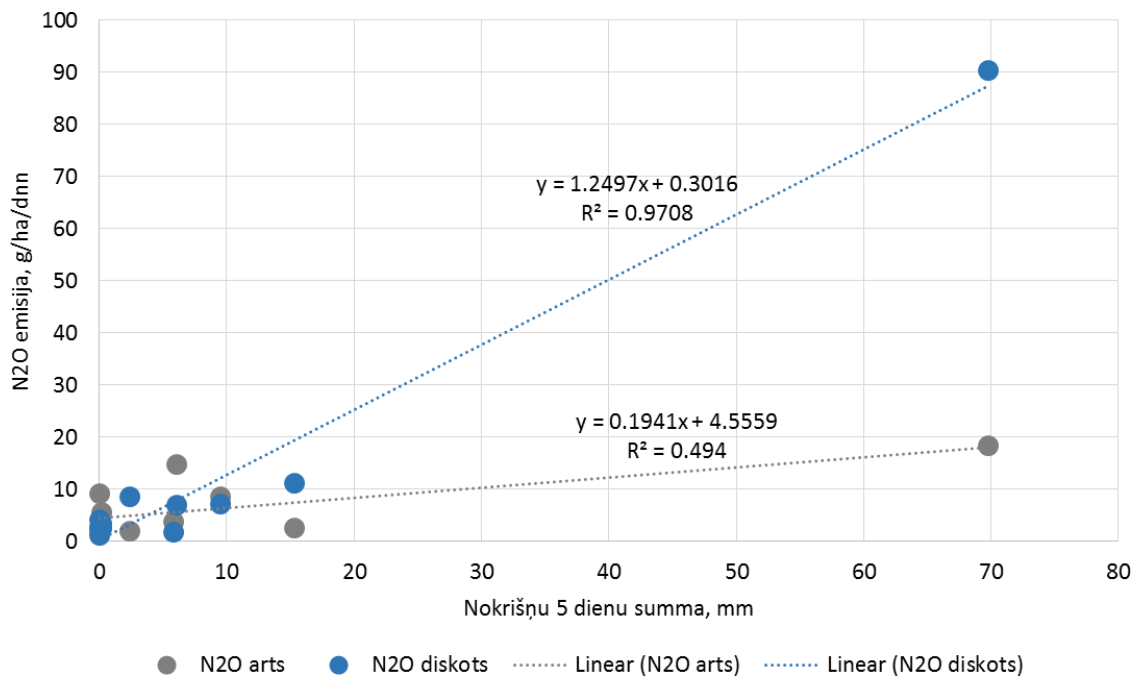
Nokrišņu ietekmes novērtējumam izmantota nokrišņu 5 dienu summa pirms mērījumu veikšanas. Dati par nokrišņiem ir iegūti no LVĢMC pārvaldībā esošās Jelgavas meteoroloģiskās stacijas. Gan artajos, gan diskotajos izmēģinājuma lauciņos

⁵ ** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05.

⁶ ** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05.

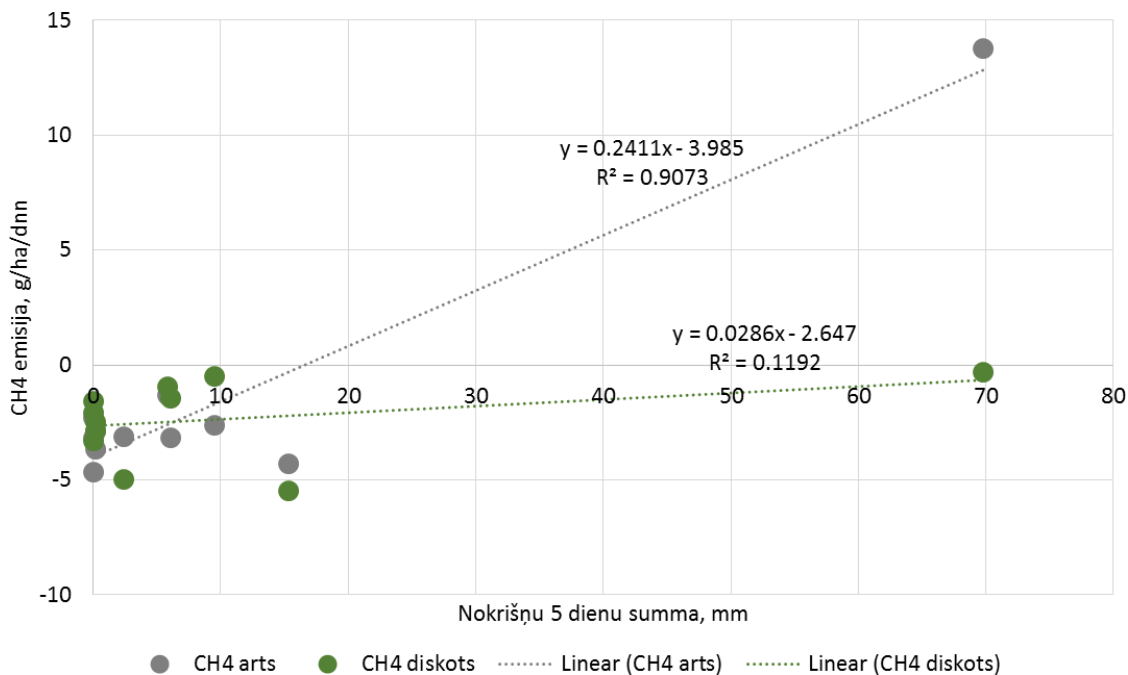
ir novērojama saistība starp emisijām un nokrišņu 5 dienu summu (Att. 16, 17, 18 un 19)

N₂O emisijas no diskotiem izmēģinājuma lauciņiem sakarība ar 5 dienu summārajiem nokrišņiem rāda statistiski nozīmīgu pozitīvu korelāciju (Att. 16). Diskošanas un nokrišņu izteiktā ietekme var tikt skaidrota ar augsnes poru samazinājumiem un palēninātu ūdens caurlaidību, kā arī organiskās vielas izslāņošanas augsnes virsējos slāņos, kas, strauji iestājoties anaerobiem apstākļiem, veicina N₂O emisijas.



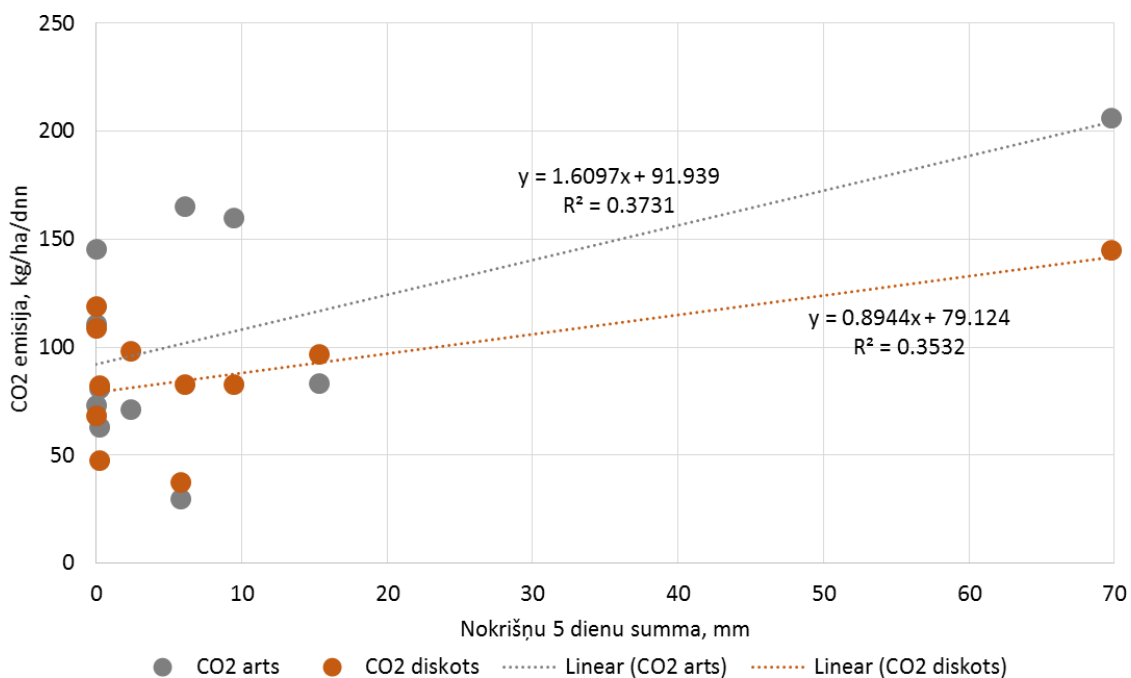
Att. 16: N₂O emisijas un 5 dienu nokrišņu summas lineārā sakarība.

CH₄ emisijas pozitīvā korelācija ar 5 dienu summārajiem nokrišņiem ir skaidrojama ar mitriem augsnes apstākļiem, kur augsnē palielinās anaerobo procesu īpatsvars un veidojas CH₄ emisija (Att. 17). Artas augsnes un nokrišņu izteikti pozitīvā ietekme uz CH₄ emisijām var tikt skaidrota kā vairāku faktoru kopsakarība. Augsni aparat, tiek irdināts augsnes virsējais slānis, taču zemākajā slānī veidojas sablīvējums, kas aiztur mitruma iesūkšanos augsnes dziļākajos slāņos, kas ir labvēlīga vide metanogēnajām baktērijām. Artā augsnē ir paaugstināta aerobo mikroorganismu darbība, kas pie nokrišņiem strauji izmanto skābekli un iestājas anaerobi apstākļi.



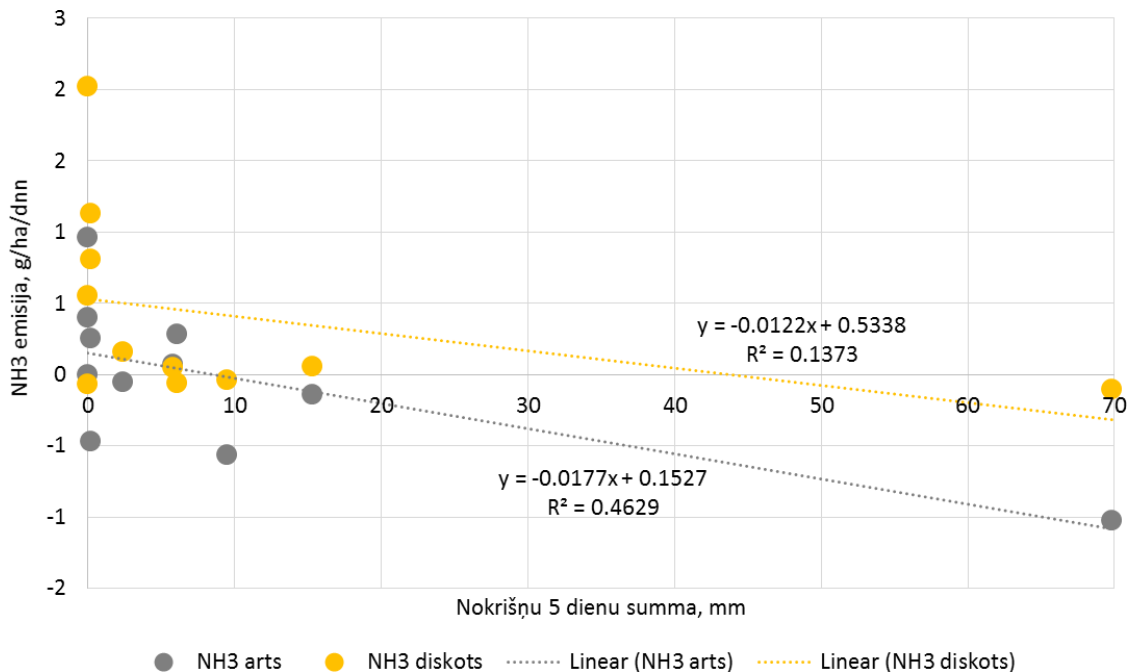
Att. 17: CH₄ emisijas un 5 dienu nokrišņu summas lineārā sakarība.

Ir novērojama pozitīva CO₂ emisiju sakarība ar 5 dienu summārajiem nokrišņiem (Att. 18). Pozitīvā sakarība ir skaidrojama ar augsnes mikroorganismu fizioloģiju, kur pie mitriem aerobiem apstākļiem mikroorganismi veiksmīgi veic denitrifikāciju, kā rezultātā izdalās CO₂, ko apliecina artas augsnes paaugstinātās emisijas, salīdzinot ar diskotu augsni.



Att. 18: CO₂ emisijas un 5 dienu nokrišņu summas lineārā sakarība.

Negatīvā NH₃ emisiju sakarība ar 5 dienu summārajiem nokrišņiem ir skaidrojama ar mitruma spēju absorbēt amonjaku, taču jāņem vērā, ka amonjaka emisiju skaidrojumam ir nepieciešams analizēt mēslojuma iestrādes laika un temperatūras sakarības, kā arī jāņem vērā, ka izteikti augstas amonjaka emisijas ir tūlīt pēc mēslošanas un ļoti būtiski ir klimatiskie apstākļi nākamajās piecās dienās pēc mēslojuma iestrādes (Att. 19).



Att. 19: NH₃ emisijas un 5 dienu nokrišņu summas lineārā sakarība.

Secinājumi par augsnes apstrādes veida ietekmi uz SEG emisijām no augsnes

SEG emisiju no augsnes ietekmē klimatiskie, hidroloģisko un ģeoloģiskie faktori, piemēram, gaisa temperatūra, augsnes temperatūra, augsnes mitruma daudzums, augsnes veids utt. Katra faktora svārstības diennakts griezumā ietekmē iegūto rezultātu. Zemes izmantošanas veids un saimniekošanas metode nosaka, vai augsne ir oglekļa krātuve vai emisiju radītājs.

Pētījuma rezultāti norāda, ka augsnes apstrādes veida ietekme uz gāzu emisijām nav viennozīmīga. Taču viennozīmīgus secinājumus nav iespējams izdarīt nevienai no pētījumā aprakstītajām gāzēm, jo 2018. gada un 2019. gada vasaras bija netipiskas ar izteiktiem sausuma periodiem, kas samazina augsnes aktīvā slāņa mikrobioloģisko aktivitāti, savukārt 2020. gada augsnes emisiju rezultāti izgaismoja nokrišņu dominējošo lomu SEG emisiju no augsnēm veidošanās procesos, kas kopā ar pārējiem

faktoriem sniedz fundamentālu izpratni par augsnes mikroorganismu sarežģīto mijiedarbību ar audzēto kultūru un augu seku.

2018. gada un 2019. gada SEG emisiju mērījumi Poļu stacionārā veģetācijas sezonā nav vispārināmi, taču ir ar zinātnisku un praktisku nozīmi, jo sniedz vērtīgu informāciju par gāzu emisiju raksturu ekstrēmi sausā gadā un gadā, kad nokrišņu daudzums ir palielinājies, bet joprojām ir novērojams mitruma deficīts, tāpēc ir nepieciešams turpināt mērījumus Poļu stacionārā, lai iegūtu pilnīgākus rezultātus par kultūraugu un augsnes apstrādes uz SEG emisijām. 2020. gada SEG emisiju mērījumi sniedz ieskatu SEG emisiju veidošanās procesos. Joprojām paliek neskaidra kultūraugu, īpaši tauriņziežu, un augu sekas loma SEG emisiju veidošanās procesos. Pētījums kļūst īpaši aktuāls, pie nosacījuma ja, tauriņziežu ieviešana augu sekā, tiek noteikts kā SEG emisiju samazinošais pasākums.

Pētījuma mērījumu datu vispārināšanas nolūkos, kas ļautu izstrādāt Latvijas apstākļiem atbilstošus gāzu emisiju aprēķina modeļus, nepieciešams rast iespēju, pirmkārt, palielināt mērījumu intensitāti, kā arī veikt mērījumus sausuma periodā un pēc izteiktiem nokrišņu gadījumiem; otrkārt, jārod iespēja veikt ilggadīgus mērījumus visās sešās stacionārā ieviestajās augu sekās un abos augsnes apstrādes veidos, tādējādi ļaujot izvērtēt ilgtermiņā katras augu sekas sistēmas un augsnes apstrādes veida ietekmi uz gāzu emisijām; treškārt, ņemot vērā stacionāra unikalitāti un nepārtrauktību, jāizskata iespēju gāzu mērījumus turpināt ilgstošā laika periodā, kas pārklāj vismaz trīs augu sekas rotācijas periodus, tādējādi dodot iespēju izvērtēt meteoroloģisko apstākļu ietekmi uz gāzu apmaiņu; ceturtkārt, ja augu seka ieviesta, kā SEG emisijas samazinošais pasākums, nepieciešams veikt vismaz triju pilnu augu seku cikla nepārtrauktus mērījumus ne tikai Poļu stacionārā, bet arī citos objektos ar atšķirīgu augsnes granulometrisku sastāvu, lai ilgtermiņā būtu iespējams iegūtos datus attiecināt uz visu Latvijas teritoriju.

Attālās izpētes tehnoloģiju izmantošana aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošanai

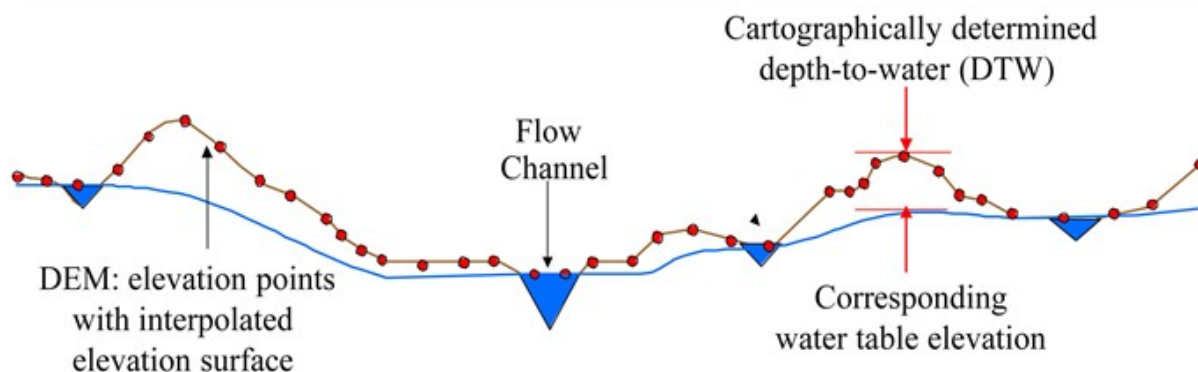
Depth-to-water algoritms izstrādāts, lai modelētu ūdens noteci un plānotu meža apsaimniekošanu, tomēr tas izmantojams arī citos plānošanas virzienos (Murphy et al., 2008). Algoritms balstoties uz Zemes virsmas reljefu un zināmiem ūdens objektiem modelē standartizētu gruntsūdens līmeņa dziļumu. Šī algoritma darbībā netiek izmantoti laikapstākļu un klimatiskā informācija, tāpēc gala rezultāts ir statisks un laikā nemainīgs. Algoritms samērā veiksmīgi izmantots augsnes mitruma režīma kartēšanā izmantojot mašīnmācības pieeju un gala rezultāta precizitāte sasniegusi 64% (Lidberg et al., 2020). Shematiski algoritma darbības princips parādīts Att. 20.

Depth-to-water algoritmu raksturo 6. formula:

$$DTW = \left[\sum \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} a \right] x_c, \text{ kur} \quad (6)$$

$\frac{\Delta y}{\Delta x}$ – mazāko izmaksu virsmas matemātiskais slīpums,

a – reizinātājs, lai kompensētu virsmas slīpumu pa diagonāli rastra režģī ($a=1$, ja kustība notiek pa blakus šūnām, $a=1,414214$, ja pa diagonāli),
 x – rastra šūnas izmērs (m).



Att. 20: *Depth-to-water* darbības princips (Jones et al., 2018).

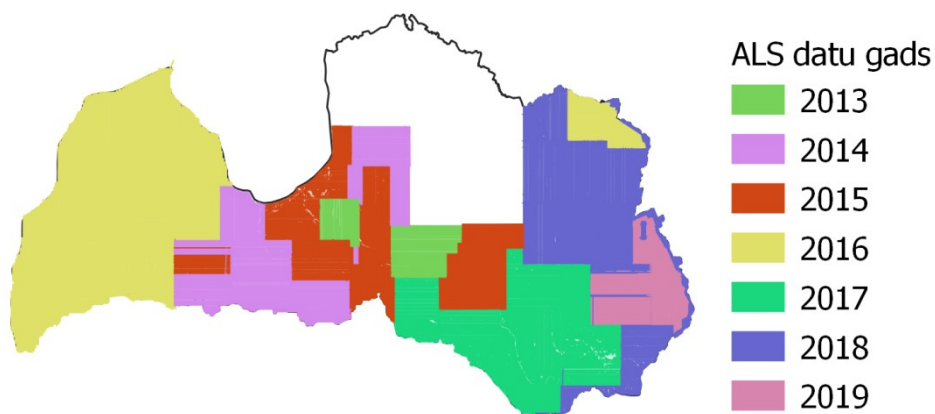
Pētījuma mērķis ir izstrādāt risinājumus un aprobēt attālās izpētes tehnoloģiju izmantošanu aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO₂ piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošanai.

Darba uzdevumi:

1. metodes aprobēšana *Depth-to-water* karšu izstrādāšanai meliorētajām augsnēm SEG hidroloģiskā režīma un SEG emisiju modelēšanai organiskajās augsnēs;
2. lauku ražības gradienta (*rādītājs, kas raksturo iespējamo ražu ar veģētācijas indeksu katrā laukā, ņemot vērā vidējo ražu attiecīgajā gadā*) izstrādāšana saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu kultūrām, izmantojot Copernicus datu kopas (*Sentinel 1 un 2*) oglekļa ieneses un oglekļa uzkrājuma izmaiņu modelēšanai atsevišķa lauka vai MRM parauglaukuma līmenī (sadarbībā ar lauksaimniecības pētniecības centriem);
3. pārmitro ieplaku identificēšanas metožu pilnveidošana lauksaimniecībā izmantojamās zemēs hidroloģiskā režīma raksturošanai.

Materiāli un metodes

Depth-to-water algoritma aprobēšana un karšu veidošana veikta Latvijas teritorijas daļai, kura noskanēta izmantojot aerolāzerskeneri (ALS) līdz 2019. gadam. Datu pārklājums atainots Att. 21. ALS datu uzturētājs Latvijas teritorijā ir Latvijas Ģeotelpiskā Informācijas aģentūra.



Att. 21: ALS datu ieguves gads.

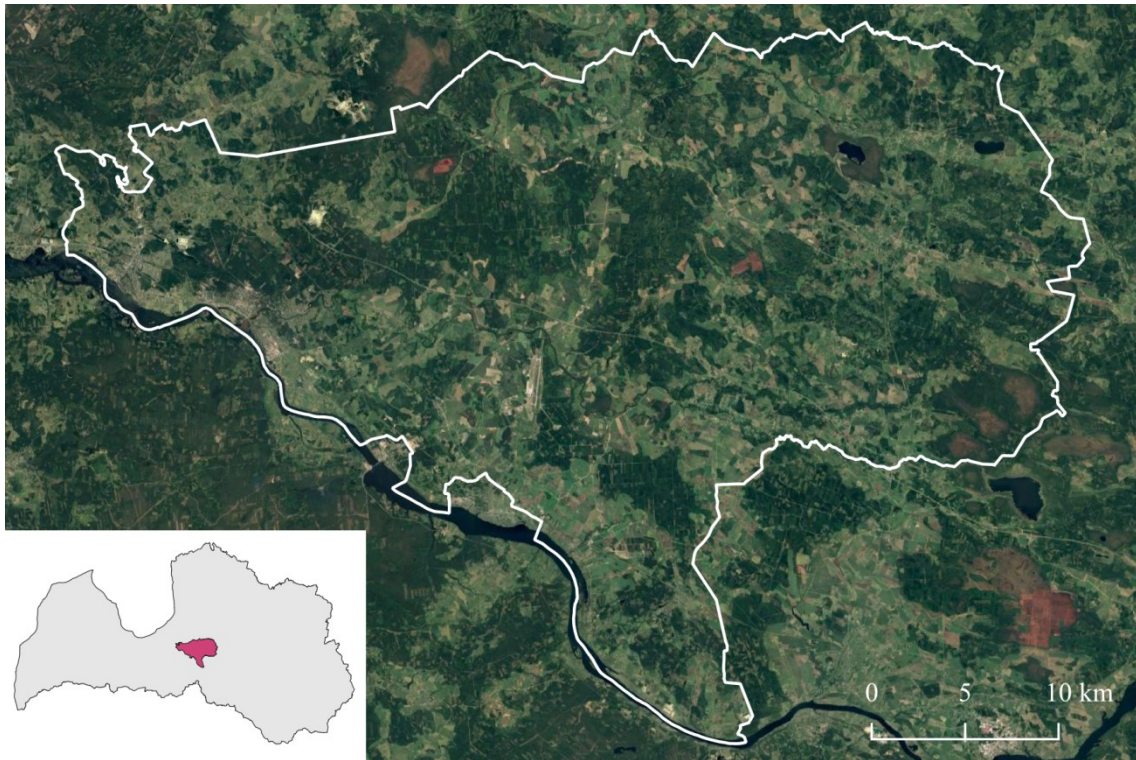
Karšu gatavošanā izmantotie ieejas dati ir DEM (digitālais augstuma modelis), kā arī ūdensteču un ūdenstilpju ģeotelpiskie dati. Papildus digitāli pieejamajiem ūdensteču datiem ģenerēts straumju tīkls pa tiešo no DEM ar trim dažādiem sateces baseina parametriem 10, 20 un 30 ha. Lai modelētu gruntsūdens līmeņa dziļumu ir nepieciešams izveidot izmaksu virsmu, kura balstās uz DEM. Izmaksu virsma šajā

gadījumā ir virsmas slīpums, kurš pēc tam pārrēķināts izmantojot tangens funkciju. Tiklīdz kā ir iegūta nepieciešamā izmaksu virsma un ūdensobjektu izvietojums telpā, ir iespējams modelēt gruntsūdens dziļumu. Pieņemot, ka ūdens objekti reprezentē gruntsūdens limeņa virsmu, attālinoties no ūdens objektiem, izmaksu virsma norāda uz reljefa virsmas pieaugumu attiecībā pret gruntsūdens līmeni.

Uzdevumā par lauku ražības gradientu saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu kultūrām izstrādāta metodika tālākai darbu veikšanai. Šajā pētījuma virzienā no lauksaimniekiem plānots iegūt ražas apjoma datus par konkrētiem lauku blokiem tādējādi iegūstot pēc iespējas precīzākus lauka datus, kurus izmantot statistiskajā analizē. Izmantojot NDVI (Normalizētais veģetācijas indekss) un citus indeksus no attālās izpētes datiem (satelītainām) kombinācijā ar lauka datiem iegūstama informācija par konkrētu lauksaimniecības kultūru nominālajām vērtībām un šo vērtību diapazonu. Par pamatu attālās izpētes datu ieguvei uzskatāmas Sentinel – 2 satelītainas vasaras periodā.

Lauku ražības gradienta lauka dati ievācami MRM (Meža resursu monitoringa) parauglaukumu ietvaros, tajos parauglaukumos, kuri pilnībā pārklājas ar attiecīgās laukaugu kultūras klāto teritoriju. Iegūstot statistiskas lauku ražības gradienta nominālās vērtības punktu veidā pa saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu sugām tālāk būs iespējams prognozēt ražības rādītājus telpā lauku bloku ietvaros.

Augsnes mitruma karšu izstrādāšana Latvijas teritorijai aizsākta 2017. gadā (Ivanovs & Lupikis, 2018) un ir izstrādāti algoritmi augsnes mitruma prognožu karšu veidošanai. 2020. gadā veikta plaša mēroga kartes sagatavošana Att. 22 redzamajai teritorijai. Pētījuma teritorija ir 1071 km² plašu teritoriju un tajā kā augsnes cilmiezis sastopami glacigēnie, glaciofluviālie, glaciolimniskie un purvu nogulumi.



Att. 22: Pētījuma teritorija.

Par pamatu datu apstrādei izmantots DEM un ir veikta dažādu augsnes mitrumu raksturojošu indeksu iegūšana, kā, piemēram, virsmas slīpums, relatīvais augstums, beznoteces ieplakas, SAGA mitruma indekss u.c. Dati apstrādāti 2 un 5 metru horizontālajā izšķirtspējā. Augsnes mitruma prognožu karte aprēķināma, izmantojot 7. formulu:

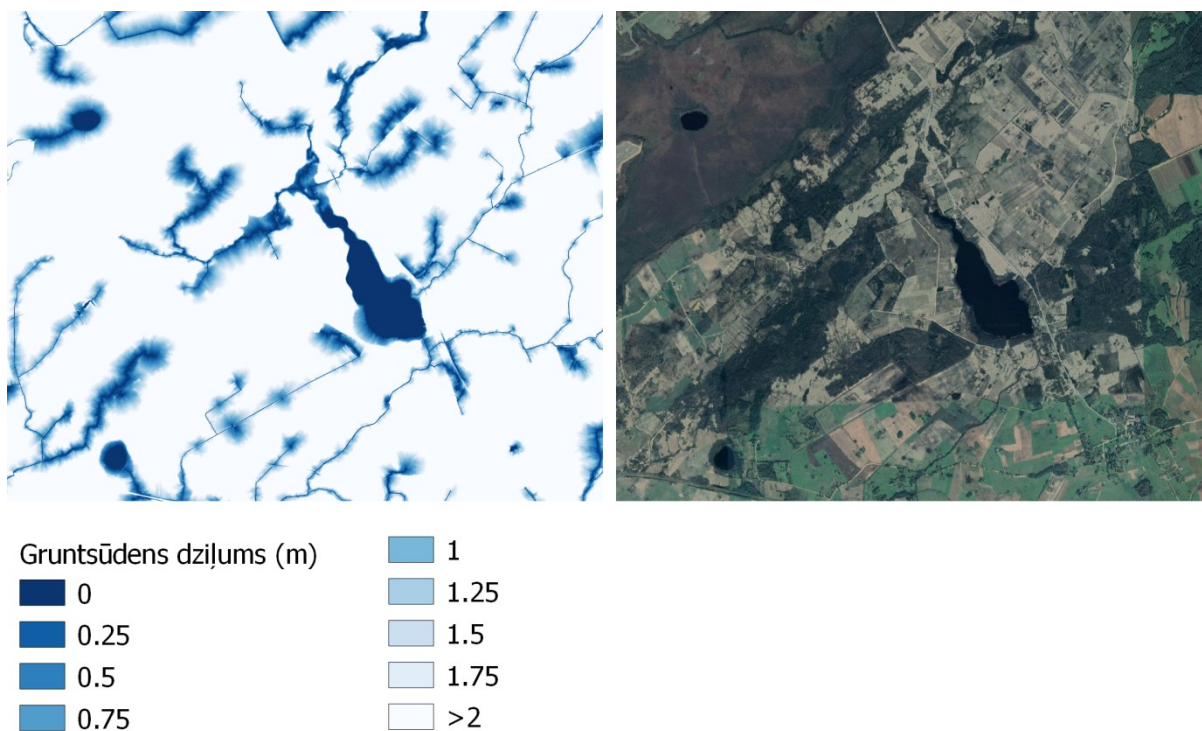
$$\text{if}(K=\text{gl or } K=d,(\exp(2.522-1.226*S_{5m}-5.012*NH_{m2}))/(\exp(2.522-1.226*S_{5m}-5.012*NH_{2m})+1),(\text{if}(K=g,(\exp(48.749*D_{2m}-3.645))/(\exp(48.749*D_{2m}-3.645)+1),(\text{if}(K=gf,(\exp(32.95-2.788*SW_{2m}-63.565*NH_{5m}-2.387*S_{5m}))/(\exp(32.95-2.788*SW_{2m}-63.565*NH_{5m}-2.387*S_{5m})+1),(\text{if}(K=e,(\exp(96.576*NDVI*M-93.506-2.437*NH_{m2}+1.651*SW_{2m}))/(\exp(96.576*NDVI*M-93.506-2.437*NH_{m2}+1.651*SW_{2m})+1),1/0))))))))), \quad (7)$$

kur K – Kvartāra nogulumu tips, S – Zemes virsmas slīpums, NH – Normalizētais Zemes reljefa modelis, D – beznoteces ieplaka, SW – Saga mitruma indekss, NDVI – normalizētais veģetācijas indekss, M – mežaudžu vainaga segums kokiem virs 10 gadu vecumam, gl – glaciolimniskie nogulumi, d – kūdra, g – glacigēnie nogulumi, gf – glaciofluviālie nogulumi.

Pētījuma rezultāti

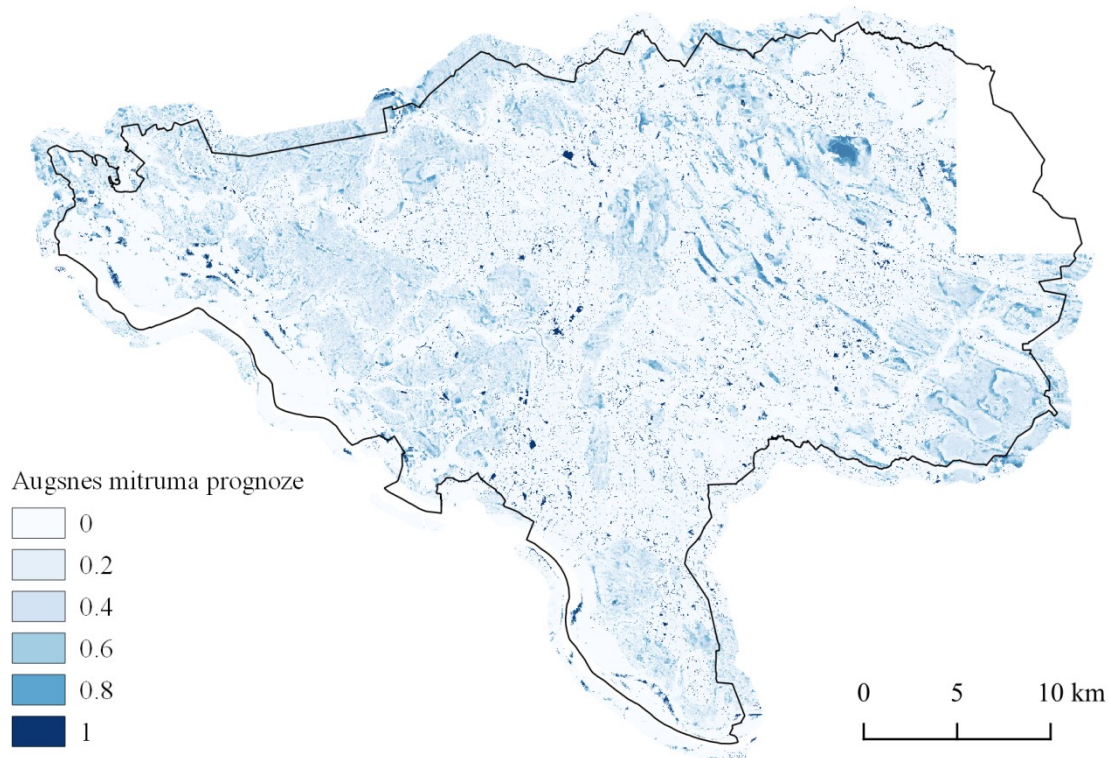
Pētījuma laikā izstrādātas *Depth-to-water* kartes Att. 22 redzamajai Latvijas teritorijas daļai ar trim dažādiem sateces baseina lielumiem. Atšķirība starp baseina lielumiem skaidrojama ar platību kāda nepieciešama koncentrētas ūdens plūsmas sākumam, jeb strauta sākumpunktam. Pieņemtie sateces baseina lielumi ir 10, 20 un 30 ha. Atkarībā no augsnes cilmieža granulometriskā sastāva īpašībām un nokrišņu daudzuma reālais sateces baseina lielums var atšķirties. Pieņemts, ka uz mālainiem nogulumiem straumes sākums ir no 10 ha sateces baseina, bet uz smilšainiem tas ir 30 ha.

Depth-to-water kartes piemērs apskatāms Att. 23. Vizuāli novērtējot iegūtos rezultātus var redzēt, ka gruntsūdens dziļuma prognoze ir tieši atkarīga no ievadīto ūdens objektu telpiskā izvietojuma un attālinoties no ūdens objekta gruntsūdens dziļums pieaug. Diemžēl šī metode visus virsmas slīpumus interpretē kā pozitīvas vērtības un arī negatīvās reljefa formas izmaksu virsmā tiek skaitītas klāt ar plusa zīmi. Iegūtajās kartēs labi izdalāmas lēzenās reljefa formas blakus ūdenstecēm un ūdenstilpēm, tomēr lielie purvu masīvi iezīmējas kā samērā sausi un ar dziļu gruntsūdens līmeni. Tas skaidrojams ar augsto purvu virsmas īpašībām, veidojot kupola formu, tādējādi neveidojot koncentrētas ūdens noteces. Lauksaimniecības zemēs, kurās meliorācijas grāvju tīkls ir samērā rets un teritorija ir pietiekami plaša lai veidotos koncentrēta ūdens plūsma, redzams, ka izmantotais algoritms labi parāda vietas, kurās ir augsts gruntsūdens līmenis, jo satelītainās ir novērojamas veģetācijas seguma izmaiņas ūdens radītā stresa ietekmē.



Att. 23: Depth-to-water kartes piemērs.

Augsnes mitruma prognožu kartes piemērs plaša mēroga paraug teritorijā atainots Att. 24. Pētījuma laikā dati apstrādāti pa karšu lapām 25*25 km plašā teritorijā un virszemes ūdens notece modelēta pieņemot, ka visi meliorācijas grāvji ir pilnībā funkcionējoši. Izstrādātā metodika pieļauj automātisku datu apstrādi kopā apvienojot dažādus Kvartāra perioda nogulumu tipus un kopējā kartes pareizība novērtējama augstāk kā 83% salīdzinot ar ievades datiem.



Att. 24: Augsnes mitruma prognožu karte.

Secinājumi par attālās izpētes rezultātiem

1. *Depth-to-water* kartēs labi novērtējums gruntsūdens dziļums nelielā attālumā no zināmiem ūdens objektiem un modelētām ūdens koncentrēšanās vietām, tomēr attālinoties no zināmiem ūdens objektiem, iegūto datu precizitāte ir apšaubāma, jo algoritms neņem vērā negatīvās reljefa formas.
2. Izstrādātais algoritms augšnes mitruma prognozes ļauj veikt plašām teritorijām reizē apstrādājot datus par dažāda granulometriskā sastāva augšnes cilmiežu teritorijām.

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Darba uzdevuma mērķis ir metodikas aprobācija oglekļa ieneses rādītāju izstrādāšanai saimnieciski nozīmīgākajiem kultūraugiem, ko audzē aramzemēs un ilggadīgajos zālajos.

Darba uzdevumi:

- Virszemes un pazemes biomasas pārrēķinu datu ieguve saimnieciski nozīmīgākajām kultūraugu sugām aramzemēs un ilggadīgajos sējumos VAAD augšņu monitoringa parauglaukumos.
- Sākotnējo biomasas pārrēķinu koeficientu izstrādāšana saimnieciski nozīmīgākajām kultūraugu sugām aramzemēs un ilggadīgajos sējumos (nākotnē biomasas pārrēķinu koeficienti jāprecizē, palielinot mērījumu datu kopu).
- Oglekļa ieneses ar virszemes un pazemes biomasu raksturošana saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu kultūrām konvencionālajās un bioloģiskajās saimniecībās.

Katrai laukaugu kultūrai, izņemot papuvi, paredzēti 2 mēslošanas režīmi, 2 šķirnes (vai sēkļu maisījumi) un 2 reģionāli atkārtojumi. Biomasas uzskaitē turpinās vismaz 2 sezonas, lai iegūtu reprezentablas datu kopas, taču, ņemot vērā nelabvēlīgos apstākļus 2018. gadā, dažām sugām datu ieguve veikta 3 gadus.

Prioritārās laukaugu kultūras konvencionālajām un bioloģiskajām saimniecībām sagrupētas Tab. 12.

Tab. 12: Prioritārās laukaugu kultūras⁷

Integrētā lauksaimniecība		Bioloģiskā lauksaimniecība	
Nr. prioritārā secībā	Kultūra	Nr. prioritārā secībā	Kultūra
1.	Ilggadīgie zālāji (ganības)	1.	Auzas
2.	Kvieši, ziemas	2.	Kvieši, vasaras
3.	Aramzemē sēts stiebrzāļu un/vai lopbarības zālaugu (iesk. proteīnaugu) maisījums.	3.	Griķi
4.	Kvieši, vasaras	4.	Kvieši, ziemas

⁷ Ar dzeltenu krāsu iezīmētas laukaugu kultūras, kas ietvertas 2018. gada apsekojumā.

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Integrētā lauksaimniecība		Bioloģiskā lauksaimniecība	
Nr. prioritārā secībā	Kultūra	Nr. prioritārā secībā	Kultūra
5.	Mieži, vasaras	5.	Mieži, vasaras
6.	Rapsis, ziemas	6.	Ziemas rudzi
7.	Papuve (eļļas rutks, sinepes/griķis)	7.	Sarkanais āboliņš
8.	Auzas	8.	Auzas ar stiebrzāļu pasēju
9.	Rudzi	9.	Zirņi
10.	Rapsis, vasaras	10.	Tritikāle
11.	Kukurūza	11.	Lucerna
12.	Griķi	12.	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums
13.	Tritikāle, ziemas	-	-
14.	Lucerna	-	-
15.	Kartupeļi	-	-
16.	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	-	-

Meteoroloģisko apstākļu raksturojums Kurzemes un Vidzemes reģionā 2019. un 2020. gada veģetācijas sezonā

Meteoroloģisko apstākļu raksturojumam izmantoti Stendes hidrometeoroloģiskās stacijas dati. Pēc ilggadējiem vidējiem rādītājiem veģetācija Stendē atjaunojas aprīļa otrajā dekādē un beidzas oktobra trešajā dekādē, taču pēdējos gados tā var iestāties jau aprīļa pirmajā dekādē un rudenī ir ievērojamāki garāki un siltāki. Bezsala perioda ilgums vidēji ir 185 dienas. Aktīvo temperatūru summa (virs 5°C) vidēji ir 2249°C, gada vidējā gaisa temperatūra 5.4°C. Nokrišņu daudzums gadā vidēji 652 mm, periodā no aprīļa līdz oktobrim vidēji 485 mm. 2020 gadā augu veģetācija sākās pēc 16.aprīļa un beidzās novembra 3. dekādē. 2020. gada īpatnības - janvāra vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +3.1°C, kas ir 6.3°C virs mēneša normas. 2020. gada janvāris ir kļuvis par siltāko janvāri novērojumu vēsturē par +1.3°C. Februāra vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +2.2°C, kas ir 5.9°C virs mēneša normas. Marta vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +2.9°C, kas ir 3.1°C virs mēneša normas. Rezultātā meteoroloģiski ziema 2019./20. gadā nebija. Aprīļa vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +5.6°C, kas ir 0.1°C zem mēneša normas. Maijā 10 dienu periods ar zemu temperatūru. Jūnija vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +18.1°C, kas ir 3.3°C virs mēneša normas. Maksimālā gaisa temperatūra Stendē +30.7°C bija 27. jūnijā. Nokrišņu daudzuma novirze no normas Stendē 2020. gada jūnijā -42% . Jūlijā vidējā gaisa temperatūra Latvijā bija +16.4°C, kas ir 1.0°C zem mēneša normas. Maksimālā vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 20. jūlijā +29.1°C. Stendē, novirze no mēneša normas -0.9°C. Kopējais nokrišņu daudzums Latvijā jūlijā bija 77.5 mm, kas ir 2% virs mēneša normas (75.7 mm). Visvairāk

nokrišņu (133,0 mm) bija Priekuļos, bet vismazāk Mērsragā – 44.9 mm. Bet novirze no normas Stendē jūlijā –29% (salīdzinot ar 1961.-1990. gadu norma).

Tab. 13: Meteoroloģisko apstākļu raksturojums Kurzemes reģionā 2019. un 2020. gadā (Stendes HMS dati)

	Temperatūra, C°						Nokrišņi, mm					
	I	II	III	Mēnesī vidēji	vid. ilggad.	± no ilggad.	I	II	III	Mēnesī vidēji	ilggad.	% no ilggad.
Septembris	16,4	11,0	9,2	12,2	11,4	0,8	9,3	36,3	5,1	50,7	75	67,6
Oktobris	5,5	11,2	7,7	8,1	6,6	1,5	10,8	52,3	27,3	90,4	71	127,3
Novembris	5,5	6,1	0,1	3,9	1,8	2,1	50,3	16,0	6,6	72,9	63	115,7
Decembris	2,4	2,1	2,6	2,4	-2,0	4,4	22,9	12,2	12,2	47,3	47	100,6
Janvāris	3,0	3,9	3,2	3,4	-4,6	8,0	10,2	7,2	4,4	21,8	37	58,9
Februāris	1,5	3,4	1,6	2,2	-4,7	6,9	20,3	20,0	31,9	72,2	26	277,7
Marts	3,8	2,7	1,2	2,6	-1,5	4,1	26,0	53,4	4,1	83,5	29	287,9
Aprīlis	5,7	4,4	5,4	5,2	4,3	0,9	5,9	11,1	3,3	20,3	37	54,9
Maijs	9,3	6,5	11,2	9,0	10,2	-1,2	10,7	23,2	3,4	37,3	45	82,9
Jūnijs	14,0	18,3	20,1	17,5	14,2	3,3	11,0	8,9	22,8	42,7	57	74,9
Jūlijs	15,1	17	16	16,0	16,3	-0,3	10,6	11,1	38,5	60,2	87	69,2
Augusts	17,9	17,6	15,5	17,0	15,5	1,5	5,8	0,1	28	33,9	87	39,0

Saskaņā ar LVĢMC meteoroloģiskās novērojumu stacijas Priekuļi datiem, 2019. gadā veģetācijas periods beidzās 28.oktobrī, savukārt 2020. gadā veģetācijas periods atsākās 20. aprīlī. Kaut arī atsevišķu mēnešu vidējie meteoroloģiskie rādītāji bija atbilstoši ilggadīgajiem vidējiem rādītājiem, tomēr pa dekādēm 2020. gada veģetācijas sezona raksturojās ar nevienmērīgām vidējām gaisa temperatūrām un nevienmērīgu nokrišņu sadalījumu (. tabula).

2020. gada veģetācijas periods sākās ar vēsāku nekā ilggadīgi vidēji gaisa temperatūru un bagātīgiem nokrišņiem mēneša vidū. Maijs bija vēss un pārsvarā arī sauss, vien mēneša otrajā dekādē nolija par 17,6% virs normas. Jūnijā visās dekādēs bija siltāks nekā ilggadīgi vidēji ar divas reizes vairāk nokrišņu, nekā norma, pirmajā dekādē, bet otrajā un 3. dekādē nokrišņu daudzums tuvu normai. Jūlijs vēsāks nekā parasti, ar normai tuvu nokrišņu daudzumu pirmajā, gandrīz trīs reizes mazāku daudzumu otrajā, bet trīskārša norma nolija mēneša 3 dekādē. Augustā temperatūra visās dekādēs tuva ilggadīgai vidējai ar mazāku nekā norma nokrišņu daudzumu.

Tab. 14: Meteoroloģisko apstākļu raksturojums Vidzemes reģionā 2019. / 2020. sezonā (Priekuļu HMS dati)

Mēneši	Temperatūra, C°						Nokrišņi, mm					
	I	II	III	Mēnesi vidēji	vid. ilggad.	± no ilggad.	I	II	III	Mēnesi summa	ilggad.	% no ilggad.
Septembris	16,8	10,7	8,7	12	11,3	0,7	9,4	88,6	15,1	113,1	65	173,2
Oktobris	5,5	10,8	6,9	7,7	6,2	1,5	14,5	50,2	43,9	108,6	75	144,6
Novembris	4,7	6,3	-0,8	3,4	0,9	2,5	53,7	5,8	3,3	62,8	56	112,7
Decembris	2,8	2,4	2,9	2,7	0,6	4,4	28,3	11,7	17,4	57,4	33	175
Janvāris	2,2	3,1	2,3	2,5	-4	6,5	13,7	17,5	11,5	42,7	88	48
Februāris	0,6	2,9	1	1,5	-4,5	5	32,4	17	29,9	79,3	232	34,1
Marts	3,6	2,5	1,7	2,6	-0,6	3	11,9	43,6	0	55,5	145	38,2
Aprīlis	5,5	4	6,2	5,2	4,6	0,6	8	21,5	4,6	34	35	95,8
Maijs	10	6,5	12	9,6	11,2	-2,2	6	22,7	4,9	33,6	55	61,1
Jūnijs	15	19,4	21,1	18,5	14,9	3,6	51,3	21,8	26,2	99,3	81	122,7
Jūlijs	15,5	17,2	15,9	16,2	17,5	-1,3	22,3	12,9	97,8	133	86	154,7
Augusts	18,3	17	15,2	16,8	16,3	0,5	10,8	0,1	28,8	39,7	82	48,7
Septembris	14,1	12,9	15,2	14	11,3	2,7	46,4	19,6	2	68,1	104	65,3

Izmēģinājumu metodika

Izmēģinājumu ierīkošanas metodika dažādiem integrētās saimniekošanas scenārijiem dots Tab. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 un 23. Izmēģinājumu ierīkošanas metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijiem apkopota Tab. 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 un 31.

Tab. 15: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos ziemas kviešiem, rudziem un tritikālei

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs		
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"		
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258		
Vieta	Lauks Nr. 22 sēklkopības augu seka		
Lauka reljefs	Lēzens		
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 1.5-2.0 km no izmēģinājumu platībām		
Izmēģinājums uzsākts	2019. g. septembris		
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris		
Kultūraugs	Ziemas kvieši, rudzi, tritikāle		
Šķirnes	'Fredis'	'Nasri'	'Ruja'

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	'Brencis'	'Kaupo'	'Ramiro'
Augsnes tips	Velēnu glejotā mālsmilts augsne un velēnu podzolētā viegls morēnu smilšmāls		
Augsnes raksturojums	pHKCl 6.3, trūdvielas 3.3-3.4%, P2O5 122-144 mg kg-1, K2O 158-160 mg kg-1		
Priekšaugš	Ziemas rapsis		
Augsnes apstrāde	Arts 4.08.2019., šļūks 29.08.2019. un kultivēts 13.09.2019.		
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 pirms sējas 330 kg ha-1		
Virsmēslojums	N 30 + S 7 30.03.2020. un 13.05.2020.		
	1. 250 kg ha-1 (N75) 2. 250 1 (N75) + 200 kg ha-1 (N60)	1. 250 kg ha-1 (N75) 2. 250 1 (N75) + 150 kg ha-1 (N45)	1. 250 kg ha-1 (N75) 2. 250 1 (N75) + 200 kg ha-1 (N60)
Lapu mēslojums	Zoom 2.0 L ha-1 23.04.2020.		
Kodne	Maxim Star 025 1.5 L t-1 (fludioksonils 18.75 g L-1 + ciprokanazols 6.25 g L-1)		Celest Trio 2.0 L t-1 (fludioksonils 25 g L-1 + difenakonozols 25 g L-1 + tebukanzols 10 g L-1)
Izsējas norma	500 dīgst. sēklas m2	Hibridai šķ. 200 un popul. šķ. 450 dīgst. sēklas m2	450 dīgst. sēklas m2
Sēja	Ar Kuhn Premia (d. plat. 2 m) 20.09.2019.		
Fenoloģiskie novērojumi	6.04.20. 26 AS 30.04.20. 32-34 AS 04.06.20. 47-49 AS 8.06. 49-51 AS	06.04.2020. 31 AS, 9.06.2020. 49 AS	6.04.2020.29-30 AS, 9.06.2020. 51 AS
Herbicīdi	Pēc sējas Komplet 0.5 L ha-1 (flufenacets 280 g L-1 + diflufenikans 280 g L-1) 27.09.2019.		
Insekticīdi	Proteus OD 0.7 L ha-1 25.05.20.		
Retardanti	Stabilāns 1.5 L ha-1 (750 g L-1 hlormekvāta hlorīds) 23.04.2020.		
Fungicīdi	1. Falcon Forte 0.7 L ha-1 (protiokonazols 53 g L-1, spiroksamīns 224 g L-1, tebukonazols 148 g L-1) 08.05.20. 2. Falcon Forte 0.6 L ha-1 08.05.20. + Variano Xpro 1.0 L ha-1 (biksafēns 40 g L-1, fluoksastrobīns 50 g L-1, protiokonazols 100 g L-1) 09.06.20.	1.- 2. Variano Xpro 1.0 L ha-1 (biksafēns 40 g L-1, fluoksastrobīns 50 g L-1, protiokonazols 100 g L-1) 09.06.20.	1.- 2. Variano Xpro 1.0 L ha-1 (biksafēns 40 g L-1, fluoksastrobīns 50 g L-1, protiokonazols 100 g L-1) 09.06.20.
Lauciņa platība	24 m2 (2 x 12 m)		
Uzskaitāmā platība	20 m2		
Izmēģinājuma platība	480 m2		
Platība ar izolācijām	680 m2		
Varianti	4		
	Fredis 250 kg ha-1 Fredis 250+200 kg ha-1 Brencis 250 kg ha-1	Nasri 250 kg ha-1 Nasri 250+150 kg ha-1 Kaupo 250 kg ha-1	Ruja 250 kg ha-1 Ruja 250+200 kg ha-1 Namiro 250 kg ha-1

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	Brencis 250+200 kg ha-1	Kaupo 250+150 kg ha-1	Namiro 250+200 kg ha-1
Atkārtojumu skaits	4		
Kopā lauciņi	16		
Ražas novākšana	Ar kombaiņu Wintersteiger Delta, nosakot graudu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%), 12.08.2020. kvieši, rudzi un tritikāle 11.08.2020.		
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus		
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglūkuma rāmītis 50x25 cm 7.07.2020.		
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm		
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai		
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.		
Piezīmes	-		

Tab. 16: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos ziemas rapsim

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs		
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"		
Adrese	"Dižzemes" Lībagu pag., Talsu novads, LV-3258		
Vieta	Lauks Nr. 21 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 4 selekcijas augu sekā	Lauks Nr. 4 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens		
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-2.0 km no izmēģinājumu platībām		
Izmēģinājums uzsākts	2019. g. septembris		
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris		
Kultūraugs	Ziemas rapsis		
Šķirnes	'Annabella'	'Visby', 'Safer'	'Atora'
Augsnes tips	Velēnu glejotā mālsmilta augšne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts augšne	
Augsnes raksturojums	pHKCl 6.6, org. v. saturs 4.7%, K ₂ O 128 mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅ 84 mg kg ⁻¹	pHKCl 5.5 - 5.9, org. v. saturs 1.9 - 2.1%, K ₂ O 140 - 158 mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅ 169 - 182 mg kg ⁻¹	
Priekšaugi	Griķi zaļmēslojumam		
Augsnes apstrāde	Arts, šūkts un kultivēts		
Pamatmēslojums	350 kg ha ⁻¹	330 kg ha ⁻¹	
	NPK 10-26-26 pirms sējas ar traktorvilkmes izklieģtāju Amazone (darba platums 12 m)		
Virsmēslojums	Variants 30 N+7S 250 kg ha ⁻¹ (N75) 31.03.2020. + 200 kg ha ⁻¹ (N60) 24.04.2020. izklieģtāti traktorvilkmes izklieģtāju Amazone Variants 30 N+7S 250 kg ha ⁻¹ (N75) 31.03.2020. + 200 kg ha ⁻¹ (N90) izklieģtāti traktorvilkmes izklieģtāju Amazone +100 kg ha ⁻¹ (N30) 24.04.2020. izklieģtāti ar rokām		

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Sēkla	Kodināta		
Izsejas norma	60 d.s.m ² / 3 kg ha ⁻¹		
Sēja	Waderstad (darba platums 3.0 m) 15.08.2019.	Kuhn Premia (d. plat. 2 m) 15.08.2019.	Ar Waderstad (darba platums 3.0 m) 16.08.2019.
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.		
Fenoloģiskie novērojumi	21.08.19. dīgsti, 30.08.19. 12 AS, 24.04.20. 50-52 AS (pump.), 5.05.20. 60 AS (zied. sākums), 12.05.20. 65 AS (zied.vidus), 2.06. 20. 69 AS (zied. beigas), 23.07.20. 85-88 AS		
Herbicīdi	Butizan Avant 2.5 L ha ⁻¹ (100 g L ⁻¹ dimetēnamids-P, 100 g L ⁻¹ kvinmeraks, 300 g/l g L ⁻¹ metazahloris) tūlīt pēc sējas ar traktorvilkmes smidzinātāju (darba platums 12 m)		
	18.08.2019.	19.08.2019.	
Lapu mēslojums	Wuxal Sulphur 2.5 L ha ⁻¹ + Augu Bor 1.0 L ha ⁻¹ 14.09.2019., Augu Bor 1.0 L ha ⁻¹ 11.10.2019. Augu Bor 1.0 L ha ⁻¹ 23.04.2019. Kase 3.0 L ha ⁻¹ + 30.04.2019.	Bortrac 1.5 L ha ⁻¹ + Yara Vita Brasitrel 1.5 L ha ⁻¹ 26.09.2019. Brasitrel Pro 2.0 L ha ⁻¹ + Bortrac 1.5 L ha ⁻¹ 22.04.2020. Tivos S 4.0 L ha ⁻¹ 06.05.2020	
Insekticīdi	Karate Zeon 0.15 L ha ⁻¹ (50 g L ⁻¹ lambda - cihalotrīns) 14.09.2019. Karate Zeon 0.15 L ha ⁻¹ 23.04.20. Decis Mega 0.15 L ha ⁻¹ 30.04.20.	Karate Zeon 0.10 L ha ⁻¹ (50 g L ⁻¹ lambda - cihalotrīns) 26.09.2019. Karate Zeon 0.15 L ha ⁻¹ (50 g L ⁻¹ lambda - cihalotrīns) 22.04.2020.	
Retardanti	Toprex 0.35 L ha ⁻¹ 14.09.2019. (difenokonazols 250 g L ⁻¹ , 125 g L ⁻¹ paklobutrazols) Folikur 0.75 11.10.2019. Toprex 0.30 L ha ⁻¹ 23.04.20.	Caryx 0.8 L ha ⁻¹ (metkonazols 30 g L ⁻¹ , mepikvāta hlorīds 210 g L ⁻¹) 26.09.2019. Toprex 0.5 L ha ⁻¹ (difenokonazols 250 g L ⁻¹ , 125 g L ⁻¹ paklobutrazols) 22.04.2020.	
Fungicīdi	Propulse 1.0 L ha ⁻¹ (125 g L ⁻¹ fluopirams, 125 g L ⁻¹ protiokonazols) 15.05.2020.		
Desikants	-		
Lauciņa platība	20 m ² (2 x 12 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)	20 m ² (2 x 12 m)
Uzskaitāmā platība	20 m ²	24 m ²	20 m ²
Izmēģinājuma platība	240 m ²	653 m ²	240 m ²
Platība ar izolācijām	340 m ²	925 m ²	340 m ²
Varianti	2	4	2
	Annabella N75 kg ha ⁻¹ + N60 kg ha ⁻¹ (N30+S7) Annabella N75 kg ha ⁻¹ + N90 kg ha ⁻¹ (N30+S7)	Visby N75 kg ha ⁻¹ + N60 kg ha ⁻¹ (N30+S7) Visby N75 kg ha ⁻¹ + N90 kg ha ⁻¹ (N30+S7) Safer N75 kg ha ⁻¹ + N60 kg ha ⁻¹ (N30+S7)	Atora N75 kg ha ⁻¹ + N60 kg ha ⁻¹ (N30+S7) Atora N75 kg ha ⁻¹ + N90 kg ha ⁻¹ (N30+S7)

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

		Safer N 75 kg ha ⁻¹ + N90 kg ha ⁻¹ (N30+S7)	
Atkārtojumu skaits	4	4	4
Kopā lauciņi	8	16	8
Ražas novākšana	Ar kombaiņu Wintersteiger Delta, nosakot sēklu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%)		
	29.07.2020.	05.08.2020.	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglūkuma rāmītis 50x25 cm 2.07.2020.		
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus		
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm		
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai		
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.		
Piezīmes	-		

Tab. 17: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos vasaras kviešiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. 3 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 13 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Vasaras kvieši	
Šķirnes	'Taifuns' un 'Uffo'	
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.3, org.v. 1.9%, P ₂ O ₅ 161 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 218 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 5.5-5.6, org.v. 1.5-2.1%, P ₂ O ₅ 147-150 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 144-145 mg kg ⁻¹
Priekšaugš	Kartupeļi	
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 pirms sējas 300 kg ha ⁻¹ (N30) ar traktorvilkmes izklieģētāju Amazone (darba platums 12 m) un N30 + S7 233 kg ha ⁻¹ (N70) pēc sadīgšanas ar rokām	
Virsmēslojums	Otrajam variantam N30 + S7 133 kg ha ⁻¹ (N40) stiebrošanas sākumā ar rokām 13.05.2020.	
Lapu mēslojums	-	
Sēkla	Kodināta Maxim Star 0.25 1.5 L t ⁻¹ (fludioksonils 18.75 g L ⁻¹ + ciprokanazols 6.25 g L ⁻¹)	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Izsējas norma	500 d.s.m ²	
Seja	17.04.2020. ar Kuhn Premia (d. plat. 2 m)	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	4.05.2020. dīgsti, 7.05.2020. 12 AS, 15.05.2020. 13-14 AS, 9.06.2020. 31-32 AS, 19.06.2020. 45 AS, 25.06.2020. 51 AS Uffo, 19.06.2020.47-49 AS, 22.06.2020. 51 AS Taifuns	
Herbicīdi	MCPA 750 1.25 kg ha ⁻¹ (MCPA 750 g L ⁻¹) 25.05.2020. Biatlon 4D 50 g ha ⁻¹ (714 g kg ⁻¹ tritosulfurons + 54 g kg ⁻¹ florasulams) + Dash 0.5 L ha ⁻¹ BBCH 24-26, 16.06.2020.	Granstars Premia 18 g ha ⁻¹ 17.06.2020.
Insekticīdi	Proteus 0.6 L ha ⁻¹ (tiakloprīds 100 g L ⁻¹ , deltametrīns 10 g L ⁻¹), 09.05.2020., Proteus 0.7 L ha ⁻¹ 17.06.2020.	
Retardanti	Moddus 0.4 L ha ⁻¹ (250 g L ⁻¹ etil-trineksapaks), 16.06.2020.	
Fungicīdi	Siltra Xpro 1.0 L ha ⁻¹ (biksafēns 60 g L ⁻¹ , protiokonazols 200 g L ⁻¹), 16.06.2020.	
Lauciņa platība	24 m ² (2 x 12 m)	
Uzskaitāmā platība	20 m ²	
Izmēģinājuma platība	480 m ²	480 m ²
Platība ar izolācijām	680 m ²	680 m ²
Variānti	4	4
	Taifun N100 (30+70) Taifun N140 (30 +70) + N40 Uffo N100 (30+70) Uffo N140 (30 +70) + N40	Taifun N100 (30+70) Taifun N140 (30 + 70) + N40 Uffo N100 (30+70) Uffo N140 (30 +110) + N40
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	Ar kombaiņu Wintersteiger Delta, nosakot graudu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%) 12.08.2020.	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē. Parauglaukuma rāmītis 50x25 cm, 28.07.2020.	
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 18: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos auzām

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	Ar kombaibu Wintersteiger Delta, nosakot graudu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%) 12.05.2020.	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglūkuma rāmītis 50x25 cm, 29.07.2020.	
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 19: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos zaļmēslojuma augiem – sinepēm un rutkiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. 3 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 13 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Zaļmēslojuma augi – sinepes un rutks	
Šķirnes	-	
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.3, org.v. 1.9%, P ₂ O ₅ 161 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 218 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 5.5-5.6, org.v. 1.5-2.1%, P ₂ O ₅ 147-150 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 144-145 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Kartupeļi	
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 pirms sējas 300 kg ha ⁻¹ (N30) 24.04.2020., N30+7S 170 kg ha ⁻¹ ar rokām pēc sadīgšanas	
Virsmēslojums	N30+7S 67 kg ha ⁻¹ (N20) 16.06.2020.	
Lapu mēslojums	-	
Sēkla	nekodināta	
Izsejas norma	sinepes 20 kg ha ⁻¹ un rutks 25 kg ha ⁻¹	
Sēja	19.05.2020. ar Kuhn Premia (d. plat. 2 m)	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Fenoloģiskie novērojumi	8.06.2020. 10 AS, 15.06.2020. pumpuru parād., 29.06.2020. rutks zied. sāk., sinepes ziedēšana	
Herbicīdi	-	
Insekticīdi	Proteus 0.7 L ha ⁻¹ (tiakloprīds 100 g L ⁻¹ , deltametrīns 10 g L ⁻¹), 17.05.2020.	
Retardanti	-	
Fungicīdi	-	
Laučiņa platība	24 m ² (2 x 12 m)	20 m ² (2 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	20 m ²	20 m ²
Izmēģin. platība	480 m ²	400 m ²
Platība ar izolāc.	680 m ²	-
Varianti	4	4
	Sinepes N80 (30+50) Sinepes N100 (30+50) + N20 Rutks N80 (30+50) Rutks N100 (30+50) + N20	Sinepes N80 (30+50) Sinepes N100 (30+50) + N20 Rutks N80 (30+50) Rutks N100 (30+50) + N20
Atkārtojumi	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Zaļšanas novākšana	Zaļšanas raža nopļauta un nosvērta	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglaukuma rāmītis 50x50 cm	
sinepi	29.06.2020.	
rutku	29.06.2020.	
Analizes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 20: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos zālājiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258
Vieta	Lauks Nr. 10 sēklkopības augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām
Izmēģinājums uzsākts	2018. g. aprīlis
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris
Kultūraugs	Zālāji
Zālāju veids	Kultivētais zālājs

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Izmantošanas gads	2 izmantošanas gads
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolēta smilšmāla augsne
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.7-6.3, org.v. 2.0 - 2.6%, P ₂ O ₅ 195 - 242 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 107 - 128 mg kg ⁻¹
Priekšaugš	Vasaras rapsis
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts
Šķirnes	Stiebrzāles ar lucernu N3 (virs 50%) Stiebrzāles ar āboliņu N1 (virs 50%) Stiebrzāles ar lucernu P3 (zem 50%) Stiebrzāles ar āboliņu P2 (zem 50%) Lucerna tirsējā 'Skrīveri' L1 Lucerna tirsējā 'Geja' L2
Mēslošanas varianti	M1 1. zem 50% tauriņzieži N40 + N40 + 0 2. virs 50% tauriņzieži/ lucerna tirsējā N30 + N30 + 0 M2 1. zem 50% tauriņzieži N40 + N40 + N40 2. virs 50% tauriņzieži/ lucerna tirsējā N30 + N30 + N30
Pamatmēslojums	NPK 8-20-30 350 kg ha ⁻¹ pirms sējas 16.05.2018. ar traktorvilkmes izklidētāju NPK 8-20-30 250 kg ha ⁻¹ veģetācijai atjaunojoties ar rokām 4.04.2019.
Izsējas norma	Stiebrzāles ar lucernu N3 (virs 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Stiebrzāles ar āboliņu N1 (virs 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Stiebrzāles ar lucernu P3 (zem 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Stiebrzāles ar āboliņu P2 (zem 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Lucerna tirsējā 'Skrīveri' L1 – 18 kg ha ⁻¹ Lucerna tirsējā 'Geja' L2 – 18 kg ha ⁻¹
Sēja	17.05.2018. ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu
Pievelta	pēc sējas
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu un pļaušana 2 reizes: 17.09.2018.
Fenoloģiskie novērojumi	1.06.2018. dīgsti Ziedēšanas sākums 3.06.2019. Ziedēšanas sākums 5.06.2020.
Herbicīdi	Reindžers 4.0 L ha ⁻¹ (glifosāts 360 g L ⁻¹) 28.04.2018. pirms augsnes apstrādes Bazagrāns 480 2.0 L ha ⁻¹ (bentazons 480 g L ⁻¹) + MCPA 750 0.7 L ha ⁻¹ (MCPA 750 g L ⁻¹) 12.06.2018. Bazagrāns 480 2.0 L ha ⁻¹ (bentazons 480 g L ⁻¹) 6.07.2018.
Virsmēslojums M1 2019	stiebrzālēm ar tauriņziežiem zem 50% • pēc 1. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ 7.06.2019. • pēc 2. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ 16.07.2019. • pēc 3. pļāvuma nedod mēslojumu stiebrzālēm ar tauriņziežiem virs 50% un tauriņziežiem tirsējā • pēc 1. pļāvuma N30 kg ha ⁻¹ 7.06.2019. • pēc 2. pļāvuma N30 kg ha ⁻¹ 16.07.2019. • pēc 3. pļāvuma nedod mēslojumu
Virsmēslojums M2 2019	1. stiebrzālei ar tauriņziežiem zem 50% • pēc 1. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ 7.06.2019., lucernai 14.06.2019. • pēc 2. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ 16.07.2019. • pēc 3. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ 22.08.2019. stiebrzālēm ar tauriņziežiem virs 50% un tauriņziežiem tirsējā

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	<ul style="list-style-type: none"> • pēc 1. pļāvuma N30 kg ha⁻¹ 7.06.2019. • pēc 2. pļāvuma N30 kg ha⁻¹ 16.07.2019. • pēc 3. pļāvuma N30 kg ha⁻¹ 22.08.2019.
Virsmēslojums 2020	NPK 6-26-30 pirms sējas 350 kg ha ⁻¹ veģ. atj. 1.04.20.
	N30+S7 130 kg ha ⁻¹ veģ. atj. 31.03.20.
	pēc 1. pļāvuma N40 kg ha ⁻¹ atb. shēmai 12.06.2020. N30 kg ha ⁻¹ atb. shēmai 19.06.2020.
Laučiņa platība	12 m ² (1.2 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	12 m ²
Izmēģinājuma platība	980 m ²
Platība ar izolācijām	1387 m ²
Varianti	12
Atkārtojumu skaits	4
Kopā lauciņi	48
Zaļmasas novākšana	Zaļmasas pļaušana ar trimmeri, izmantojot asmeni
Augu paraugi	Nopļauj, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai 1.un 2. pļāvumā un 3. pļāvumā arī saknēm, smalcina un žāvē, parauglaukuma rāmītis 50x25 cm
2019.	pļāvums 3.06.-5.06.2019., lucerna 13.06.2019. pļāvums 11.07.2019.-12.07.2019. pļāvums 19.08.2019.-21.08.2019. pļāvums 2.10.2019.
2020.	pļāvums 9.06.2020., lucernai 18.06.2020. pļāvums 13.07.2020. pļāvums 26.08.2020. pļāvums -
Analizes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm 3. pļāvumā
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.
Piezīmes	-

Tab. 21: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos griķiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dīzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. 3 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 13 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Griķi	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Šķirnes	Aiva, Noja	
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.3, org.v. 1.9%, P ₂ O ₅ 161 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 218 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 5.5-5.6, org.v. 1.5-2.1%, P ₂ O ₅ 147-150 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 144-145 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Kartupeļi	
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 pirms sējas 300 kg ha ⁻¹ (N30) 24.04.2020., N30+7S 100 kg ha ⁻¹ ar rokām pēc sadīgšanas	
Virsmēslojums	N30+7S 133 kg ha ⁻¹ (N40) 16.06.2020.	
Lapu mēslojums	-	
Sēkla	nekodināta	
Izsējas norma	60 kg ha ⁻¹	
Sēja	19.05.2020. ar Kuhn Premia (d. plat. 2 m)	
Fenoloģiskie novērojumi	8.06.2020. 10 AS, 15.06.2020. 12-14 AS	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Herbicīdi	-	
Insekticīdi	Proteus 0.7 L ha ⁻¹ (tiakloprids 100 g L ⁻¹ , deltametrins 10 g L ⁻¹), 17.05.2020.	
Retardanti	-	
Fungicīdi	-	
Lauciņa platība	24 m ² (2 x 12 m)	20 m ² (2 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	20 m ²	20 m ²
Izmēģin. platība	480 m ²	400 m ²
Platība ar izolāc.	680 m ²	-
Varianti	4	4
	Aiva N80 (30+20) Aiva N100 (30+20) + N40 Noja N80 (30+20) Noja N100 (30+20) + N40	
Atkārtojumi	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	Ar kombainu Wintersteiger Delta, nosakot graudu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%) 18.09.2020.	
Zaļšanas novākšana	Zaļšanas raža nopļauta un nosvērta	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglaukuma rāmītis 50x50 cm, 13.08.2020.	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktoru dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 22: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos zirņiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Lībagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. 3 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 13 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Zirņi	
Šķirnes	Casablanca, Bruno	
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.3, org.v. 1.9%, P ₂ O ₅ 161 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 218 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 5.5-5.6, org.v. 1.5-2.1%, P ₂ O ₅ 147- 150 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 144-145 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Kartupeļi	
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26 pirms sējas 300 kg ha ⁻¹ (N30)	
Virsmēslojums	N30+7S 67 kg ha ⁻¹ (N20) 13.05.2020.	
Lapu mēslojums	Bortrac 1.0 L ha ⁻¹ 9.06.2020., 26.06.2020.	
Sēkla	Maksim 025 1.5 L ha ⁻¹	
Izsējas norma	176 kg ha ⁻¹ , 324 kg ha ⁻¹	
Sēja	17.04.2020. ar Kuhn Premia (d. plat. 2 m)	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	9.06.2020. 20 AS (stigas izv.), 8.07.2020. 67-69 AS (zied.b.) Bruno 8.07.2020. 77 AS (pakstis) Casablanca	
Herbicīdi	Fenix 2.5 L ha ⁻¹	
Insekticīdi	Proteus OD 0.6 L ha ⁻¹ (tiakloprīds 100 g L ⁻¹ , deltametrīns 10 g L ⁻¹), 9.05.2020., Evure 0.2 L ha ⁻¹ (Tau-fluvalināts 240 g L ⁻¹), 09.06.2020., Proteus OD 0.7 L ha ⁻¹ 26.06.2020.	
Retardanti	-	
Fungicīdi	Propulse 1.0 L ha ⁻¹ 26.06.2020.	
Lauciņa platība	24 m ² (2 x 12 m)	20 m ² (2 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	20 m ²	20 m ²
Izmēģin. platība	480 m ²	400 m ²
Platība ar izolāc.	680 m ²	-
Varianti	4	4
	Casablanca N30 + I	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	Casablanca N30 + N20 + F + I Bruno N30 + I Bruno N30 + N20 + F + I	
Atkārtojumi	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	Ar kombaiņu Wintersteiger Delta, nosakot graudu ražu kg no lauciņa un mitrumu (%) 10.08.2020.	
Zaļmasas novākšana	Zaļmasas raža nopļauta un nosvēta	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē, parauglaukuma rāmītis 50x50 cm	
	14.07.2020. Casablanka 21.07.2020. Bruno	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 23: izmēģinājumu metodika integrētās saimniekošanas scenārijos kartupeļiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. 4 sēklkopības augu sekā	Lauks Nr. 7 selekcijas augu sekā
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Kartupeļi	
Šķirnes	Vineta	Parolli
Augsnes tips	Velēnu vāji podzolētā smilšmāla augsne	Velēnu vāji podzolētā mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.6, org.v. 1.8%, P ₂ O ₅ 192 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 162 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 5.6, org.v. 1.8%, P ₂ O ₅ 172 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 202 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Vasaras mieži	Ziemas kvieši
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Pamatmēslojums	Yara Mila NPK 12-5-15 500 kg ha ⁻¹	
Virsmēslojums	Yara Liva Ca nitrāts 150 kg ha ⁻¹ 17.06.20. Nitrabors 100 kg ha ⁻¹ 19.06.20. N30+S7 150 kg ha ⁻¹ 01.07.20.	
Lapu mēslojums	Zoom 1.5 L ha ⁻¹ 03.06.2020. Zoom 2.0 L ha ⁻¹ 28.07.2020.	
Sēkla	Maksim 025 0.2 L t ⁻¹	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Izsējas norma	120 bumb. 30 m ² lauciņa, vagas platums 0.75 m	
Sēja	17.05.2020. ar stādāmo mašīnu	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	14.06.2020. dīgsti 30.06.2020. pumpurošanās 06.07.2020. ziedēšana	
Herbicīdi	Fenix 3.0 L ha ⁻¹ 4.06.2020. Titus 25 d.g. 40 g ha ⁻¹ 29.06.2020.	
Insekticīdi	Proteuss OD 0.65 L ha ⁻¹ 03.06.2020. Decis Mega 0.15 L ha ⁻¹ 29.06.2020. Decis Mega 0.15 L ha ⁻¹ 15.07.2020.	
Fungicīdi	Ridomil Gold 2.5 L ha ⁻¹ 03.06.2020. Infinito 1.5 L ha ⁻¹ + Signum 0.25 kg ha ⁻¹ 15.07.2020. Infinito 1.5 L ha ⁻¹ 28.07.2020.	
Lauciņa platība	24 m ² (2 x 12 m)	20 m ² (2 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	20 m ²	20 m ²
Izmēģin. platība	480 m ²	400 m ²
Platība ar izolāc.	680 m ²	-
Varianti	4	4
	Pamatmēslojums + Ca nitrāts 150 kg ha ⁻¹ Pamatmēslojums + Ca nitrāts 150 kg ha ⁻¹ + Nitrobors 100 kg ha ⁻¹ + Amonija nitrāts 150 kg ha ⁻¹	
Atkārtojumi	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	Ar rokām aiz divrindu kartupeļu kratītāja, nosakot bumbuļu ražu kg no lauciņa 20.09.2020.	
Zaļmasas novākšana	Zaļmasas raža nopļauta un nosvērta	
Augu paraugi	Augus rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu augu virszemes daļai un saknēm t. sk. staloniem, smalcina un žāvē, izrokot 3 cerus 2 vietās lauciņā	
	10.08.2020.	03.08.2020.
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Pētniece Solveiga Malecka, tālr. 29 459 423, e-pasts: solveiga.malecka@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 24: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos ziemas kviešiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts
-------------	-------------------------------------

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258
Vieta	Lauks Nr. AB6 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām
Izmēģinājums uzsākts	2019. g. septembris
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris
Kultūraugs	Ziemas kvieši
Šķirnes	'Edvins', 'Talsis'
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.92, org.v. 3.20%, P ₂ O ₅ 200.6 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 122.7 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	kartupeļi
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	500 dīgstošas sēklas m ²
Sēja	17.09.2019. ar izmēģinājumu sējmašīnu Wintersteiger
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīgšana 28.09.2019
Laučiņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²
Izmēģinājuma platība	264 m ²
Platība ar izolācijām	344 m ²
Atkārtojumu skaits	4
Varianti	2
Kopā lauciņi	8
Ražas novākšana	7.08.2020. ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa
Augu paraugi	3.07.2020. ziemas kviešus (kvieši 50x50 cm) rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masa
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.
Piezīmes	-

Tab. 25: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos ziemas rudziem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Vieta	Lauks Nr. AB6 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām
Izmēģinājums uzsākts	2019. g. septembris
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris
Kultūraugs	Ziemāji
Šķirnes	Rudzi 'Kaupo', 'SU Nasri'
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.92, org.v. 3.20%, P ₂ O ₅ 200.6 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 122.7 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Kartupeļi
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	400 dīgstošas sēklas m ² , Nasri 250 dīgstošas sēklas m ²
Sēja	Ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu 17.09.2019.
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīgšana 1.10.2019
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²
Izmēģinājuma platība	264 m ²
Platība ar izolācijām	344 m ²
Atkārtojumu skaits	4
Varianti	2
Kopā lauciņi	8
Ražas novākšana	Ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa, 7.08.2020.
Augu paraugi	rok ziemājus 3.07.2020. (rudziem 25x50 cm), skalo saknes, nosaka zaļmasu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masa
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.
Piezīmes	-

Tab. 26: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos vasaras kviešiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dīzzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. AB4 bioloģiskā augu seka	Lauks Nr. C3 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Vasaras kvieši	
Šķirnes	'Robijs' un 'Uffo'	
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts	Velēnu gleja mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.39, org. v. 1.84%, P ₂ O ₅ 119.1 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 108.4 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 6.5, org. v. 4.5 %, K ₂ O 75 mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅ 26 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Griķi	Griķi
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	500 d.s.m ²	
Sēja	10.04.2020.	10.04.2020.
	ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīgšana 30.04.2020	Sadīgšana 30.04.2020
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²	24 m ²
Izmēģinājuma platība	264 m ²	264 m ²
Platība ar izolācijām	344 m ²	344 m ²
Varianti	2	2
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	8	8
Ražas novākšana	8.08.2020. Ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa	8.08.2020. Ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa
Augu paraugi	rok vasarājus 22.07.2020. AB 4 laukā, 27.07.2020 C 3 laukā (50x50 cm rāmītis), skalo saknes, nosaka zaļmasu virszemes daļai un saknēm, smalcina un žāvē	
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masa	
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 27: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos vasaras miežiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārreķinu vienādojumi

Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. AB4 bioloģiskā augu seka	Lauks Nr. C4 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Vasaras mieži	
Šķirnes	'Rasa' un 'Jumara'	
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts	Velēnu gleja mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 5.39, org. v. 1.84%, P ₂ O ₅ 119.1 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 108.4 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 6.7, org. v. 4.5 %, K ₂ O 66 mg kg ⁻¹ un P ₂ O ₅ 39 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Griķi	Vasaras kvieši
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	500 d.s.m ²	
Sēja	10.04.2020.	10.04.2020.
	ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemēršana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīgšana 30.04.2020.	Sadīgšana 30.04.2020.
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²	24 m ²
Izmēģinājuma platība	264 m ²	264 m ²
Platība ar izolācijām	344 m ²	344 m ²
Varianti	2	2
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	8	8
Ražas novākšana		
	8.08.2020.	8.08.2020.
	Ar kombainu Wintersteiger, nosakot graudu ražu kg no lauciņa	
Augu paraugi	22.07.2020. vasaras miežus (50x50 cm rāmītis) rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē	
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masa	
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 28: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos auzām

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Lībagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. AB1 bioloģiskā augu seka	Lauks Nr. C1 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Auzas	
Šķirnes	'Symphony', 'Symphony' ar pasēju, 'Laima', 'Laima' pasēju	
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts	Velēnu gleja mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 6.57, org.v. 1.92%, P ₂ O ₅ 170.7 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 88.5 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 6.8, org. v. 6.8 %, K ₂ O 61 mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅ 21 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Kvieši	Ziemas kvieši
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Izsējas norma	500 d.s.m ²	
Sēja	10.04.2020. ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīgšana 29.04.2020.	Sadīgšana 29.04.2020.
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²	24 m ²
Izmēģinājuma platība	259 m ²	259 m ²
Platība ar izolācijām	367 m ²	367 m ²
Varianti	4	4
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	16	16
Ražas novākšana	8.08.2020.	8.08.2020.
	ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa	
Augu paraugi	23.07.2020 AB1 lauks 27.07.2020. C1 lauks auzas (50x50 cm rāmītis) rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē	
Ražas pirmapstrāde	Transportēšana, žāvēšana uz platformu kalts un tīrīšana uz mazgabarīta tīrāmās mašīnās - Petkus	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masu	
Datu apstrāde	Divfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Tab. 29: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos griķiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Lībagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. AB5 bioloģiskā augu seka	Lauks Nr. C2 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Griķi	
Šķirnes	'Aiva' un 'Naujos'	
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts	Velēnu gleja mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 6.23, org.v. 2.71%, P ₂ O ₅ 333.1 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 192.4 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 6.8, org. v. 4.2 % , K ₂ O 66 mg kg ⁻¹ un P ₂ O ₅ 23 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Ziemas kvieši	Auzas
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	60 kg ha ⁻¹	
Sēja	27.05.2020. ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīna	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	Sadidzis 10.06.2020.	
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²	24 m ²
Izmēģinājuma platība	264 m ²	264 m ²
Platība ar izolācijām	344 m ²	344 m ²
Varianti	2	2
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	8	8
Ražas novākšana	16.09.2020.	24.09.2020.
	ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa	
Augu paraugi	18.08.2020. griķus (50x25 cm rāmītis) rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm, 1000 sēklu masu	
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.	
Piezīmes	-	-

Tab. 30: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos miežiem ar āboliņa un stiebrzāļu pasēju

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258
Vieta	Lauks Nr. B8 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām
Izmēģinājums uzsākts	2018. g. maijs
Izmēģinājums beigts	2019. g. oktobris
Kultūraugs	Mieži ar pasēju
Šķirne	'Austris'
Pasēja	Sarkanais āboliņš 'Dižstende' Sarkanais āboliņš 'Dīvaja' Stiebrzāles ar lucernu N3 (virs 50%) Stiebrzāles ar āboliņu N1 (virs 50%) Lucerna tirsējā 'Gea'
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts
Augsnes raksturojums 2018	pH _{KCl} 6.28, org.v. 2.46%, P ₂ O ₅ 312.7 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 169.3 mg kg ⁻¹
Augsnes raksturojums 2019	pH _{KCl} 6.5, org.v. 2.1%, P ₂ O ₅ 272 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 144 mg kg ⁻¹
Priekšaug	Auzas
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts
Izsējas norma	Sarkanais āboliņš 'Dižstende' – 15 kg ha ⁻¹ Sarkanais āboliņš 'Dīvaja' – 15 kg ha ⁻¹ Stiebrzāles ar lucernu N3 (virs 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Stiebrzāles ar āboliņu N1 (virs 50%) – 20 kg ha ⁻¹ Lucerna tirsējā 'Skriveri' L1 – 18 kg ha ⁻¹ Lucerna tirsējā 'Geja' L2 – 18 kg ha ⁻¹
Sēja	pasēju sēja 3.05.2018. ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu (1.2 m)
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu un apļaušana 2 reizes.
Fenoloģiskie novērojumi	22.05.2018. lucerna un āboliņš, pārējie dēļ sausuma tikai jūlija sākumā
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10m)
Uzskaitāmā platība	24 m ² , āboliņam 12 m ²
Izmēģinājuma platība	778 m ²
Platība ar izolācijām	1102 m ²
Varianti	6
Atkārtojumu skaits	4
Kopā lauciņi	24
Ražas novākšana 2019. g. - 1. izm. gadā	Plānota zaļmasas pļaušana ar trimeri 2-3 reizes sezonā, izmantojot asmeni un nosverot zaļmasu

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

	<ol style="list-style-type: none"> 1. pļāvums 7.06.2019., lucernai 18.06.2019., āboliņi: Dižstende 19.06.2019., Dīvaja 26.06.2019. 2. pļāvums 15.07.2019., āboliņi: Dižstende un Dīvaja 30.07.2019. 3. pļāvums 23.08.2019. 4. pļāvums Geja un N3 maisījums 3.10.2019., pārējās netika pļauts
Ražas novākšana 2020. g. - 2. izm. gadā	Plānota zaļmasas pļaušana ar trimeri 2-3 reizes sezonā, izmantojot asmeni un nosverot zaļmasu <ol style="list-style-type: none"> 1. pļāvums 18.06.2020., 2. pļāvums 14.07.2020., 3. pļāvums 31.08.2020., N1 maisījums 9.09.2020
Augu paraugi 2019. g. - 1. izm. g.	Augus pļauj (lucernai 50x25 cm, N1, N3 maisījumi un āboliņam 50x50 cm rāmītis), nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē, bet trešo reizi rok ar sakni, skalo saknes, nosaka masu, smalcina un žāvē
Analīzes 2019. - 1. izm. gadā	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm
Augu paraugi 2020. g. - 2. izm. g.	31.08.2020. augus pļauj (lucernai 50x25 cm, N1, N3 maisījumi 50x50 cm rāmītis), nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē, bet trešo reizi rok ar sakni, skalo saknes, nosaka masu, smalcina un žāvē
Analīzes 2020. - 2. izm. gadā	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm
Datu apstrāde 2019.-20. g.	trīsfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.
Piezīmes	-

Tab. 31: izmēģinājumu metodika bioloģiskās saimniekošanas scenārijos zirņiem

Izpildītājs	Agroresursu un ekonomikas institūts Stendes pētniecības centrs	
Pasūtītājs	Latvijas valsts mežzinātnes institūts "Silava"	
Adrese	"Dižzemes" Libagu pag., Talsu novads, LV-3258	
Vieta	Lauks Nr. AB8 bioloģiskā augu seka	Lauks Nr C3 bioloģiskā augu seka
Lauka reljefs	Lēzens	
Meteoroloģiskā stacija	Stendes HMS, atrodas 0.5-1.5 km no izmēģinājumu platībām	
Izmēģinājums uzsākts	2020. g. aprīlis	
Izmēģinājums beigts	2020. g. oktobris	
Kultūraugs	Zirņi	
Šķirnes	'Bruno' un 'Casablanca'	
Augsnes tips	Velēnu podzolēta mālsmilts	Velēnu gleja mālsmilts
Augsnes raksturojums	pH _{KCl} 6.5, org.v. 3.1 %, P ₂ O ₅ 262.8 mg kg ⁻¹ , K ₂ O 113.3 mg kg ⁻¹	pH _{KCl} 6.5, org. v. 4.5 %, K ₂ O 75.0 mg kg ⁻¹ , P ₂ O ₅ 26.0 mg kg ⁻¹
Priekšaugi	Auzas	Griķi
Augsnes apstrāde	Arts, šļūkts un kultivēts	
Izsējas norma	60 kg ha ⁻¹	

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārreķinu vienādojumi

Sēja	10.04.2020. ar Wintersteiger izmēģinājumu sējmašīnu	
Sējumu kopšana	Lauciņu iemērīšana atbilstoši izmēģinājuma shēmai, akmeņu novākšana, izmantojot roku darbu.	
Fenoloģiskie novērojumi	Sadīdzis 2.05.2020	
Lauciņa platība	24 m ² (2.4 x 10 m)	24 m ² (2.4 x 10 m)
Uzskaitāmā platība	24 m ²	24 m ²
Izmēģinājuma platība	528 m ²	264 m ²
Platība ar izolācijām	686 m ²	344 m ²
Varianti	2	2
Atkārtojumu skaits	4	4
Kopā lauciņi	8	8
Ražas novākšana	17.08.2020. ar kombainu Wintersteiger Clasic, nosakot graudu ražu kg no lauciņa	
Augu paraugi	21.07.2020. zirņus (50x25 cm rāmītis) rok, skalo saknes, nosaka zaļmasu, smalcina un žāvē	
Analīzes	Nosaka sausnu (%) zaļmasai un saknēm	
Datu apstrāde	Vienfaktora dispersijas analīze ar atkārtojumiem ražas būtiskuma izvērtēšanai	
Kontaktpersona lauka izmēģinājumiem	Agronome Antra Millere, e-pasts: antra.millere@arei.lv.	
Piezīmes	-	

Rezultāti

Pētījumā noteikts produkcijas apjoms un augu atliekas, kas atstātas Biomasas rādītāju kopsavilkums dots Tab. 32 un 33. Bioloģisko un integrēto sistēmu salīdzinājums dots Tab. 32.

Biomasas ieneses rādītāji sugu un slāpekļa mēslojuma devu griezumā apkopoti Tab. 35 un 38. Papildus sadalījums šķirņu griezumā dots Tab. 36 un 39.

Dažādos gados iegūto biomasas datu apkopojums sugu un apsaimniekošanas sistēmu griezumā dots Tab. 37 un 40.

Pētījumā iegūto biomasas datu apjoms ir pietiekošs biomasas vienādojumu izstrādāšanai, taču sakarā ar palielināto darba apjomu (lielāks sugu un šķirņu skaits 2020. gadā, kompensējot 2018. gadā sakarā ar nelabvēlīgajiem laika apstākļiem neiegūtos datus), oglekļa un slāpekļa analīzes un iegūto datu apstrāde vēl nav pabeigta.

Biomasas ienese ar ar augu atliekām, salīdzinot ar saražoto produkciju, integrētajās apsaimniekošanas sistēmās būtiski neatšķiras no bioloģiski audzētiem kultūraugiem, lai gan ir nebūtiska, bet sistemātiska atšķirība starp bioloģiski un integrētajās

Galveno lauksaimniecības kultūru biomasas dati un biomasas pārrēķinu vienādojumi

saimniecībās iegūtajiem datiem (Att. 25). Vidējie augu atlieku biomasas rādītāji parādīti Att. 26.

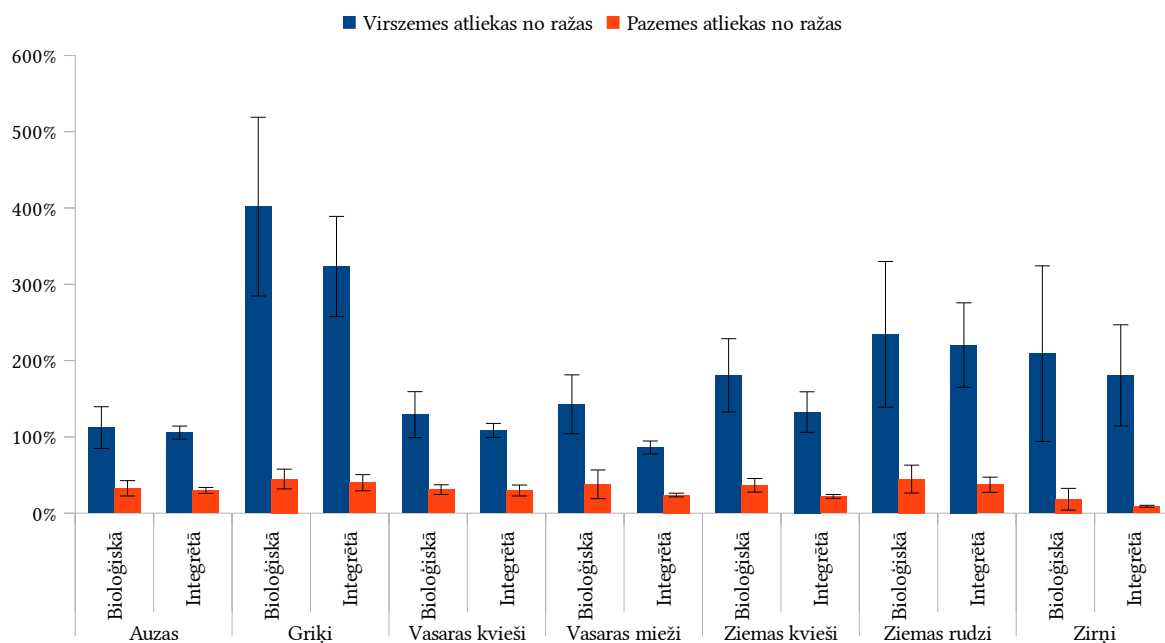
Oglekļa un slāpekļa analīžu rezultātu kopsavilkums dots Tab. 41.

Tab. 32: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu un sugu griezumā pārtikas augiem, papuvei un kukurūzai

Sistēma	Augu sugas	Seklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienesē augsne, tonnas sausnas ha ⁻¹
Bioloģiskā	Auzas	349,79	355,18	100,41	112%	32%	144%	3,50	4,56
	Auzas ar pasēju	305,23	374,84	115,83	142%	44%	187%	3,05	4,91
	Griķi	177,17	543,65	63,93	399%	46%	445%	1,77	6,08
	Griķis	151,00	621,95	60,45	410%	40%	450%	1,51	6,82
	Tritikāle	281,76	310,38	96,45	107%	29%	137%	2,82	4,07
	Vasaras kvieši	293,30	350,60	82,40	129%	31%	160%	2,93	4,33
	Vasaras mieži	235,31	286,16	69,58	143%	38%	180%	2,35	3,56
	Ziemas kvieši	248,17	421,67	92,70	181%	36%	217%	2,48	5,14
	Ziemas rudzi	335,29	603,08	133,01	234%	45%	279%	3,35	7,36
	Zirņi	229,46	441,83	36,89	209%	18%	227%	2,29	4,79
Integrētā	Auzas	536,99	572,75	156,87	106%	30%	135%	5,37	7,30
	Griķi	202,57	639,80	77,91	323%	40%	363%	2,03	7,18
	Kartupeļi	2354,02	322,67	38,50	15%	2%	16%	23,54	3,61
	Kukurūza	1606,28	-	165,61	-	10%	10%	16,06	1,66
	Mieži	605,83	594,47	90,44	99%	15%	114%	6,06	6,85
	Papuve	-	268,20	69,25	-	-	-	0,00	3,37
	Vasaras kvieši	487,13	525,70	145,38	108%	30%	138%	4,87	6,71
	Vasaras mieži	351,76	303,32	82,96	86%	24%	110%	3,52	3,86
	Ziemas kvieši	503,89	575,14	117,63	132%	22%	154%	5,04	6,93
	Ziemas mieži	348,94	275,00	78,93	79%	23%	101%	3,49	3,54
	Ziemas rapsis	350,39	1512,46	195,61	443%	57%	500%	3,50	17,08
	Ziemas rudzi	564,04	1139,08	201,85	220%	37%	257%	5,64	13,41
	Ziemas tritikāle	592,89	1157,76	185,23	262%	30%	292%	5,93	13,43
Zirņi	398,83	706,33	34,83	181%	9%	189%	3,99	7,41	

Tab. 33: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu un sugu griezumā lopbarības augiem

Sistēma	Augu sugas	Virszemes sausna kopā, g m^{-2}	Vidēji atliekas vietu griezumā, g m^{-2}	Raža, tonnas sausnas ha^{-1}	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha^{-1}	Pazemes atliekas no ražas
Bioloģiskā	Lucerna	1906,78	606,14	19,07	6,06	33%
	Sarkanais āboliņš	1537,13	426,40	15,37	4,26	33%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	1618,88	585,42	16,19	5,85	41%
Integrētā	Lucerna	975,00	688,31	9,75	6,88	68%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	778,68	1510,91	7,79	15,11	177%



Att. 25: Virszemes un pazemes atlieku biomasas attiecība pret saražoto produkciju.

Tab. 34: Biomasas datu salīdzinājums bioloģiskajās un integrētajās saimniecībās

Augu sugas	Sistēma	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
Auzas	Bioloģiskā	349,79	355,18	100,41	455,59	112%	32%	144%	3,50	4,56
	Integrētā	536,99	572,75	156,87	729,62	106%	30%	135%	5,37	7,30
Griķi	Bioloģiskā	170,63	563,23	63,06	626,29	402%	45%	447%	1,71	6,26
	Integrētā	202,57	639,80	77,91	717,71	323%	40%	363%	2,03	7,18
Vasaras kvieši	Bioloģiskā	293,30	350,60	82,40	433,00	129%	31%	160%	2,93	4,33
	Integrētā	487,13	525,70	145,38	671,08	108%	30%	138%	4,87	6,71
Vasaras mieži	Bioloģiskā	235,31	286,16	69,58	355,73	143%	38%	180%	2,35	3,56
	Integrētā	351,76	303,32	82,96	386,29	86%	24%	110%	3,52	3,86
Ziemas kvieši	Bioloģiskā	248,17	421,67	92,70	514,37	181%	36%	217%	2,48	5,14
	Integrētā	503,89	575,14	117,63	692,77	132%	22%	154%	5,04	6,93
Ziemas rudzi	Bioloģiskā	335,29	603,08	133,01	736,09	234%	45%	279%	3,35	7,36
	Integrētā	564,04	1139,08	201,85	1340,93	220%	37%	257%	5,64	13,41
Zirņi	Bioloģiskā	229,46	441,83	36,89	478,72	209%	18%	227%	2,29	4,79
	Integrētā	398,83	706,33	34,83	741,15	181%	9%	189%	3,99	7,41

Tab. 35: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu un sugu griezumā pārtikas augiem, papuvei un kukurūzai

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Sēkļu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
Bioloģiskā	Auzas	-	349,79	355,18	100,41	112%	32%	144%	3,50	4,56
	Auzas ar pasēju	-	305,23	374,84	115,83	142%	44%	187%	3,05	4,91
	Griķi	-	177,17	543,65	63,93	399%	46%	445%	1,77	6,08
	Griķis	-	151,00	621,95	60,45	410%	40%	450%	1,51	6,82
	Tritikāle	-	281,76	310,38	96,45	107%	29%	137%	2,82	4,07
	Vasaras kvieši	-	293,30	350,60	82,40	129%	31%	160%	2,93	4,33
	Vasaras mieži	-	235,31	286,16	69,58	143%	38%	180%	2,35	3,56
	Ziemas kvieši	-	248,17	421,67	92,70	181%	36%	217%	2,48	5,14
	Ziemas rudzi	-	335,29	603,08	133,01	234%	45%	279%	3,35	7,36
	Zirņi	-	229,46	441,83	36,89	209%	18%	227%	2,29	4,79
Integrētā	Auzas	75	437,96	399,21	135,51	92%	31%	123%	4,38	5,35
		80	586,93	634,09	165,45	109%	29%	138%	5,87	8,00
		100	598,79	709,64	173,17	119%	29%	148%	5,99	8,83
		135	412,55	349,83	128,48	86%	31%	117%	4,13	4,78
	Griķi	50	187,40	556,78	70,28	303%	38%	341%	1,87	6,27
		90	217,74	722,83	85,54	344%	41%	385%	2,18	8,08
	Kartupeļi	97	2300,56	359,79	38,64	17%	2%	19%	23,01	3,98
		162	2407,47	285,56	38,36	12%	2%	14%	24,07	3,24
	Kukurūza	75	1501,02	0,00	151,80	-	10%	10%	15,01	1,52

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslājums	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
		135	1711,54	0,00	179,41	-	10%	10%	17,12	1,79
	Mieži	80	551,20	544,62	90,67	99%	16%	115%	5,51	6,35
		120	660,47	644,33	90,21	99%	14%	112%	6,60	7,35
	Papuve	75	-	290,56	80,88	-	-	-	-	3,71
		80	-	239,45	62,28	-	-	-	-	3,02
		100	-	236,85	48,28	-	-	-	-	2,85
		135	-	324,44	96,50	-	-	-	-	4,21
		140	-	250,39	52,81	-	-	-	-	3,03
	Vasaras kvieši	75	354,20	411,72	104,03	116%	29%	145%	3,54	5,16
		100	518,93	538,07	135,69	104%	26%	130%	5,19	6,74
		135	333,65	341,80	93,35	102%	28%	130%	3,34	4,35
		140	545,57	598,18	180,07	110%	33%	143%	5,46	7,78
	Vasaras mieži	75	335,86	257,46	76,59	77%	23%	99%	3,36	3,34
		80	373,84	353,77	83,35	95%	22%	117%	3,74	4,37
		120	347,96	293,95	84,95	84%	24%	109%	3,48	3,79
		135	346,98	312,90	90,96	90%	26%	116%	3,47	4,04
	Ziemas kvieši	75	477,82	565,24	118,55	141%	23%	164%	4,78	6,84
		135	529,96	585,03	116,72	124%	20%	144%	5,30	7,02
	Ziemas mieži	135	348,94	275,00	78,93	79%	23%	101%	3,49	3,54
	Ziemas rapsis	75	260,89	1110,82	145,08	428%	56%	483%	2,61	12,56
		135	349,73	1426,49	191,14	421%	56%	477%	3,50	16,18
		165	396,13	1842,24	227,58	483%	60%	543%	3,96	20,70

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
	Ziemas rudzi	75	542,53	1048,49	200,08	218%	39%	257%	5,43	12,49
		120	658,95	1288,72	226,29	201%	34%	235%	6,59	15,15
		135	365,34	1052,55	135,59	289%	38%	327%	3,65	11,88
	Ziemas tritikāle	75	575,99	1111,62	172,41	247%	27%	274%	5,76	12,84
		135	609,79	1203,90	198,05	278%	32%	310%	6,10	14,02
	Zirņi	30	397,30	615,87	34,48	155%	9%	164%	3,97	6,50
50		400,36	796,79	35,17	206%	9%	215%	4,00	8,32	

Tab. 36: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu, sugu un šķirņu griezumā pārtikas augiem, papuvei un kukurūzai

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslojums	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
Bioloģiskā	Auzas	Laima	-	323,98	367,40	90,26	457,66	123%	31%	154%	3,24	4,58
		Symphony	-	375,61	342,96	110,56	453,52	101%	34%	135%	3,76	4,54
	Auzas ar pasēju	Laima + stiebrzāles	-	285,70	394,50	115,38	509,88	164%	49%	213%	2,86	5,10
		Symphonia + stiebrzāles	-	324,76	355,17	116,28	471,45	121%	40%	160%	3,25	4,71
	Griķi	Aiva	-	159,63	553,04	68,49	621,53	392%	48%	440%	1,60	6,22
		Nojas	-	194,70	534,27	59,37	593,64	406%	45%	451%	1,95	5,94
	Tritikāle	Remico	-	246,81	300,53	93,98	394,52	110%	33%	143%	2,47	3,95

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslējums	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
		Ruja	-	316,72	320,22	98,92	419,13	105%	25%	130%	3,17	4,19
	Vasaras kvieši	Robijs	-	301,15	348,16	75,79	423,95	124%	27%	152%	3,01	4,24
		Uffo	-	285,46	353,05	89,00	442,05	134%	34%	168%	2,85	4,42
	Vasaras mieži	Jumara	-	248,05	291,37	72,30	363,67	142%	40%	182%	2,48	3,64
		Rasa	-	222,57	280,94	66,86	347,79	143%	35%	179%	2,23	3,48
	Ziemas kvieši	Edvīns	-	283,31	494,13	103,97	598,10	194%	37%	231%	2,83	5,98
		Talsi	-	201,31	325,05	77,68	402,73	163%	35%	198%	2,01	4,03
	Ziemas rudzi	Kaupo	-	283,86	581,19	115,44	696,63	258%	47%	305%	2,84	6,97
		SuNasri	-	386,71	624,97	150,57	775,54	211%	42%	253%	3,87	7,76
	Zirņi	Bruno	-	331,80	478,14	32,51	510,64	144%	10%	154%	3,32	5,11
Casablanka		-	178,29	423,67	39,08	462,76	242%	22%	264%	1,78	4,63	
Integrētā	Auzas	Laima	75	404,98	406,71	122,35	529,06	100%	30%	130%	4,05	5,29
			80	555,57	616,34	146,69	763,03	112%	27%	139%	5,56	7,63
			100	571,04	671,98	176,73	848,71	118%	31%	149%	5,71	8,49
			135	375,40	353,87	123,26	477,13	94%	33%	127%	3,75	4,77
		Symphony	75	470,95	391,71	148,67	540,38	83%	32%	115%	4,71	5,40
			80	618,29	651,83	184,20	836,03	106%	30%	137%	6,18	8,36
			100	626,53	747,31	169,62	916,93	120%	28%	148%	6,27	9,17
			135	449,69	345,79	133,70	479,49	77%	30%	107%	4,50	4,79
	Griķi	Aiva	50	171,32	596,41	73,11	669,52	348%	43%	391%	1,71	6,70
			90	211,60	708,87	76,55	785,42	353%	38%	391%	2,12	7,85
		Nojas	50	203,48	517,15	67,45	584,60	258%	34%	292%	2,03	5,85

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslējums	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
			90	223,88	736,79	94,52	831,31	335%	44%	379%	2,24	8,31
	Kartupeļi	Paroli	97	1895,36	392,01	40,07	432,09	22%	2%	24%	18,95	4,32
162			2253,61	302,72	43,15	345,87	14%	2%	16%	22,54	3,46	
Vineta		97	2705,76	327,56	37,20	364,76	12%	1%	14%	27,06	3,65	
		162	2561,33	268,39	33,56	301,96	10%	1%	12%	25,61	3,02	
	Kukurūza	Leovox	75	1551,47	0,00	164,32	164,32	0%	11%	11%	15,51	1,64
135			1763,66	0,00	196,21	196,21	0%	11%	11%	17,64	1,96	
Ramirez		135	1659,42	0,00	162,61	162,61	0%	10%	10%	16,59	1,63	
	Mieži	Ansis	80	554,40	473,89	91,47	565,36	86%	17%	102%	5,54	5,65
120			657,55	621,37	87,98	709,36	95%	13%	109%	6,58	7,09	
Kristaps		80	547,99	615,35	89,86	705,21	112%	16%	129%	5,48	7,05	
		120	663,40	667,28	92,44	759,72	102%	14%	116%	6,63	7,60	
	Papuve	Rutki	75	-	356,96	117,85	474,81	-	-	-	-	4,75
80			-	278,39	76,12	354,50	-	-	-	-	3,55	
100			-	279,83	51,01	330,84	-	-	-	-	3,31	
135			-	361,47	118,35	479,82	-	-	-	-	4,80	
Sinepes		75	-	224,17	43,90	268,07	-	-	-	-	2,68	
		80	-	200,50	48,44	248,94	-	-	-	-	2,49	
		100	-	193,86	45,56	239,42	-	-	-	-	2,39	
		135	-	250,39	52,81	303,20	-	-	-	-	3,03	
		140	-	250,39	52,81	303,20	-	-	-	-	3,03	
Vasaras	Taifun	75	331,00	340,78	92,59	433,37	103%	28%	131%	3,31	4,33	

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslējums	Sēkļu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
	kvieši		100	485,90	535,46	116,45	651,91	110%	24%	134%	4,86	6,52
			135	307,77	307,19	80,69	387,88	100%	26%	126%	3,08	3,88
			140	526,64	524,87	202,13	727,00	100%	37%	137%	5,27	7,27
		Uffo	75	377,40	482,67	115,46	598,13	128%	31%	159%	3,77	5,98
			100	551,96	540,68	154,92	695,60	98%	28%	127%	5,52	6,96
			135	359,52	376,40	106,02	482,42	105%	29%	134%	3,60	4,82
	Vasaras mieži	Ansis	75	334,67	275,31	85,45	360,76	82%	26%	108%	3,35	3,61
			80	366,19	368,30	91,28	459,58	101%	25%	126%	3,66	4,60
			120	346,98	312,90	90,96	403,87	90%	26%	116%	3,47	4,04
			135	346,98	312,90	90,96	403,87	90%	26%	116%	3,47	4,04
		Kristaps	75	337,04	239,62	67,72	307,34	71%	20%	91%	3,37	3,07
			80	381,49	339,24	75,43	414,67	89%	20%	109%	3,81	4,15
	Ziemas kvieši	Brencis	75	531,80	591,52	140,19	731,72	130%	24%	154%	5,32	7,32
			135	602,08	579,82	138,30	718,11	103%	21%	124%	6,02	7,18
		Fredis	75	423,85	538,96	96,90	635,86	153%	22%	175%	4,24	6,36
			135	457,85	590,25	95,15	685,40	144%	20%	164%	4,58	6,85
	Ziemas mieži	Kristaps	135	348,94	275,00	78,93	353,93	79%	23%	101%	3,49	3,54
	Ziemas rapsis	Anabella	75	251,65	1042,68	140,80	1183,48	414%	56%	470%	2,52	11,83
			135	277,26	1257,08	169,84	1426,91	439%	60%	499%	2,77	14,27

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslojums	Sēkļu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
			165	335,38	2074,57	223,90	2298,46	619%	67%	685%	3,35	22,98
		Atora	135	511,39	1038,73	200,10	1238,83	203%	39%	242%	5,11	12,39
			165	582,04	1906,41	291,64	2198,05	328%	50%	378%	5,82	21,98
		Exalte	75	270,13	1178,96	149,37	1328,33	441%	55%	496%	2,70	13,28
			135	283,74	1063,38	133,47	1196,85	382%	47%	429%	2,84	11,97
		Safer	135	387,50	2075,63	237,82	2313,44	577%	67%	644%	3,88	23,13
			165	379,85	1888,35	224,80	2113,15	508%	62%	570%	3,80	21,13
		Technic	135	340,82	1367,04	214,53	1581,57	403%	63%	466%	3,41	15,82
			165	332,21	1742,38	239,53	1981,91	533%	73%	606%	3,32	19,82
		Visbia	135	414,75	1647,93	206,23	1854,15	402%	50%	453%	4,15	18,54
			165	413,75	1747,76	188,22	1935,98	419%	46%	465%	4,14	19,36
		Ziemas rudzi	Kaupo	75	520,43	1104,52	213,22	1317,74	222%	41%	264%	5,20
	120			583,93	1314,61	222,42	1537,03	229%	39%	268%	5,84	15,37
	135			427,68	1221,19	136,65	1357,84	286%	32%	317%	4,28	13,58
	SuNasri		75	564,63	992,46	186,94	1179,39	214%	37%	250%	5,65	11,79
			120	733,96	1262,83	230,16	1492,99	172%	30%	202%	7,34	14,93
			135	303,00	883,91	134,52	1018,43	292%	44%	336%	3,03	10,18
	Ziemas tritikāle	Remico	75	598,93	1017,44	147,34	1164,78	192%	23%	215%	5,99	11,65
			135	636,63	1139,47	182,38	1321,84	267%	32%	299%	6,37	13,22
		Ruja	75	553,06	1205,81	197,47	1403,29	301%	32%	334%	5,53	14,03
			135	582,94	1268,34	213,73	1482,07	288%	32%	320%	5,83	14,82
	Zirņi	Bruno	30	396,40	472,59	33,88	506,47	120%	9%	129%	3,96	5,06

Sistēma	Augu sugas	Šķirne	Slāpekļa mēslojums	Sēkļu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹
			50	421,01	500,01	32,45	532,46	120%	8%	128%	4,21	5,32
		Casablanca	30	398,20	759,15	35,08	794,23	191%	9%	199%	3,98	7,94
			50	379,72	1093,56	37,90	1131,46	291%	10%	301%	3,80	11,31

Tab. 37: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu, sugu un gadu griezumā pārtikas augiem, papuvei un kukurūzai

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Sēkļu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹
Bioloģiskā	Auzas	-	2018	352,62	462,23	119,98	582,21	149%	42%	191%	5,82	3,53
		-	2019	400,48	298,44	85,84	384,28	75%	21%	97%	3,84	4,00
		-	2020	323,04	330,03	97,91	427,94	112%	33%	145%	4,28	3,23
	Auzas ar pasēju	-	2018	348,61	457,24	110,10	567,34	159%	41%	201%	5,67	3,49
		-	2019	318,82	294,95	121,54	416,49	94%	38%	132%	4,16	3,19
		-	2020	255,06	332,37	118,70	451,07	149%	50%	200%	4,51	2,55
	Griķi	-	2018	193,91	512,58	62,19	574,77	520%	61%	581%	5,75	1,94
		-	2019	151,00	621,95	60,45	682,40	410%	40%	450%	6,82	1,51
		-	2020	168,80	559,19	64,80	623,99	339%	39%	378%	6,24	1,69
	Tritikāle	-	2019	281,76	310,38	96,45	406,83	107%	29%	137%	4,07	2,82
		-	2020	281,76	310,38	96,45	406,83	107%	29%	137%	4,07	2,82
	Vasaras kvieši	-	2018	366,06	454,71	65,03	519,73	139%	21%	160%	5,20	3,66
-		2019	301,99	295,54	89,61	385,14	98%	30%	128%	3,85	3,02	

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹
	Vasaras mieži	-	2020	252,59	326,09	87,48	413,57	139%	36%	175%	4,14	2,53
		-	2018	224,12	310,61	46,18	356,79	142%	21%	163%	3,57	2,24
		-	2019	296,58	237,40	72,23	309,63	81%	24%	105%	3,10	2,97
	Ziemas kvieši	-	2020	215,86	286,07	91,65	377,72	175%	61%	236%	3,78	2,16
		-	2018	505,56	779,73	165,10	944,83	155%	34%	189%	9,45	5,06
		-	2019	226,44	344,98	86,27	431,25	142%	32%	174%	4,31	2,26
	Ziemas rudzi	-	2020	194,69	370,49	77,82	448,31	206%	39%	245%	4,48	1,95
		-	2019	355,07	572,25	121,25	693,50	182%	31%	213%	6,93	3,55
	Zirņi	-	2020	325,39	618,50	138,89	757,38	261%	51%	312%	7,57	3,25
		-	2020	229,46	441,83	36,89	478,72	209%	18%	227%	4,79	2,29
Integrētā	Auzas	75	2018	437,96	399,21	135,51	534,72	92%	31%	123%	5,35	4,38
		80	2019	626,62	665,36	126,21	791,57	108%	20%	128%	7,92	6,27
			2020	547,24	602,81	204,68	807,49	111%	37%	148%	8,07	5,47
		100	2019	622,62	785,49	118,79	904,28	128%	19%	147%	9,04	6,23
			2020	574,95	633,80	227,55	861,35	110%	39%	150%	8,61	5,75
	135	2018	412,55	349,83	128,48	478,31	86%	31%	117%	4,78	4,13	
	Griķi	50	2020	187,40	556,78	70,28	627,06	303%	38%	341%	6,27	1,87
		90	2020	217,74	722,83	85,54	808,36	344%	41%	385%	8,08	2,18
	Kartupeļi	97	2020	2300,56	359,79	38,64	398,42	17%	2%	19%	3,98	23,01
		162	2020	2407,47	285,56	38,36	323,91	12%	2%	14%	3,24	24,07
Kukurūza	75	2018	1501,02	-	151,80	151,80	-	10%	10%	1,52	15,01	
	135	2018	1711,54	-	179,41	179,41	-	10%	10%	1,79	17,12	

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹
	Mieži	80	2019	551,20	544,62	90,67	635,29	99%	16%	115%	6,35	5,51
		120	2019	660,47	644,33	90,21	734,54	99%	14%	112%	7,35	6,60
	Papuve	75	2018	-	290,56	80,88	371,44	-	-	-	3,71	0,00
		80	2020	-	239,45	62,28	301,72	-	-	-	3,02	0,00
		100	2020	-	236,85	48,28	285,13	-	-	-	2,85	0,00
		135	2018	-	324,44	96,50	420,94	-	-	-	4,21	0,00
		140	2018	-	250,39	52,81	303,20	-	-	-	3,03	0,00
	Vasaras kvieši	75	2018	354,20	411,72	104,03	515,75	116%	29%	145%	5,16	3,54
		100	2019	522,31	473,42	93,20	566,62	91%	18%	109%	5,67	5,22
			2020	515,55	602,72	178,17	780,88	117%	34%	152%	7,81	5,16
		135	2018	333,65	341,80	93,35	435,15	102%	28%	130%	4,35	3,34
		140	2018	333,65	341,80	93,35	435,15	102%	28%	130%	4,35	3,34
			2019	619,94	616,06	98,20	714,26	101%	16%	117%	7,14	6,20
	2020	577,15	708,48	305,30	1013,79	123%	52%	175%	10,14	5,77		
	Vasaras mieži	75	2018	335,86	257,46	76,59	334,05	77%	23%	99%	3,34	3,36
		80	2018	373,84	353,77	83,35	437,13	95%	22%	117%	4,37	3,74
		120	2018	347,96	293,95	84,95	378,90	84%	24%	109%	3,79	3,48
		135	2018	346,98	312,90	90,96	403,87	90%	26%	116%	4,04	3,47
	Ziemas kvieši	75	2018	415,84	390,95	80,91	471,86	100%	20%	119%	4,72	4,16
			2019	528,33	626,75	133,33	760,08	148%	21%	169%	7,60	5,28
			2020	489,30	678,02	141,40	819,42	175%	29%	205%	8,19	4,89
		135	2018	465,31	341,77	84,60	426,37	82%	18%	100%	4,26	4,65

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Sēklu un bumbuļu sausna, g m ⁻²	Virszemes atlieku sausna, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, g m ⁻²	Kopējā sausna, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Virszemes atliekas no ražas	Pazemes atliekas no ražas	Kopējās atliekas no ražas	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹
			2019	568,69	664,74	130,38	795,13	127%	20%	148%	7,95	5,69
			2020	555,89	748,59	135,18	883,77	162%	23%	185%	8,84	5,56
	Ziemas mieži	135	2018	348,94	275,00	78,93	353,93	79%	23%	101%	3,54	3,49
	Ziemas rapsis	75	2018	260,89	1110,82	145,08	1255,91	428%	56%	483%	12,56	2,61
			2019	263,71	993,59	131,87	1125,45	380%	50%	431%	11,25	2,64
		135	2019	339,42	1678,98	225,51	1904,49	505%	68%	573%	19,04	3,39
			2020	446,07	1606,91	216,05	1822,96	376%	50%	427%	18,23	4,46
		165	2019	337,88	1666,30	222,57	1888,87	503%	67%	570%	18,89	3,38
			2020	454,38	2018,19	232,59	2250,78	464%	52%	516%	22,51	4,54
	Ziemas rudzi	75	2019	598,52	1054,58	234,88	1289,46	176%	39%	215%	12,89	5,99
			2020	486,54	1042,40	165,28	1207,68	260%	39%	299%	12,08	4,87
		120	2019	630,38	1192,08	214,50	1406,58	198%	34%	232%	14,07	6,30
			2020	716,10	1482,00	249,86	1731,86	205%	35%	240%	17,32	7,16
		135	2020	365,34	1052,55	135,59	1188,14	289%	38%	327%	11,88	3,65
	Ziemas tritikāle	75	2019	604,69	714,15	156,67	870,82	120%	21%	142%	8,71	6,05
			2020	547,30	1509,10	188,15	1697,25	374%	33%	407%	16,97	5,47
		135	2019	660,88	860,23	203,96	1064,19	128%	26%	154%	10,64	6,61
			2020	558,69	1547,58	192,15	1739,73	427%	38%	465%	17,40	5,59
	Zirņi	30	2020	397,30	615,87	34,48	650,35	155%	9%	164%	6,50	3,97
		50	2020	400,36	796,79	35,17	831,96	206%	9%	215%	8,32	4,00

Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana

Tab. 38: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu un sugu griezumā lopbarības augiem

Sistēma	Augu sugas	Mēslojums	Virszemes sausna kopā, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Pazemes atliekas no ražas
Biol.	Lucerna	-	1906,78	606,14	19,07	6,06	33%
	Sarkanais āboliņš	-	1537,13	426,40	15,37	4,26	33%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	-	1618,88	585,42	16,19	5,85	41%
Int.	Lucerna	60	952,03	716,48	9,52	7,16	72%
		90	997,98	660,14	9,98	6,60	64%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	60	791,78	1075,34	7,92	10,75	129%
		80	789,23	1545,84	7,89	15,46	179%
		90	789,30	1566,79	7,89	15,67	187%
		120	744,43	1855,66	7,44	18,56	213%

Tab. 39: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu, sugu un šķirņu griezumā lopbarības augiem

Sistēma	Augu sugas	Šķirnes	Slāpekļa mēslojums	Virszemes sausna kopā, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Pazemes atliekas no ražas
Bioloģiskā	Lucerna	Gea	-	1898,73	611,89	18,99	6,12	34%
		Skrīveru	-	1922,89	594,63	19,23	5,95	31%
	Sarkanais āboliņš	Dīvaja	-	1840,81	480,26	18,41	4,80	24%
		Dižstende	-	1430,57	443,28	14,31	4,43	43%
		Raunis	-	1315,13	291,60	13,15	2,92	22%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	Stiebrzāles ar āboliņu (>50%)	-	1835,05	250,24	18,35	2,50	14%
		Stiebrzāles ar āboliņu	-	1214,32	636,45	12,14	6,36	55%
		Stiebrzāles ar lucernu	-	1534,49	1033,22	15,34	10,33	67%
	Stiebrzāles	-	2254,03	594,65	22,54	5,95	26%	

Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana

Sistēma	Augu sugas	Šķirnes	Slāpekļa mēslojums	Virszemes sausna kopā, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Pazemes atliekas no ražas
		ar lucernu						
Integrētā	Lucerna	Gea	60	956,29	801,51	9,56	8,02	79%
			90	947,65	577,53	9,48	5,78	58%
		Skrīveru	60	943,50	546,43	9,44	5,46	58%
			90	1098,63	825,36	10,99	8,25	75%
	Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	Stiebrzāles ar āboliņu (<50%)	80	799,67	1654,69	8,00	16,55	201%
			120	717,37	1764,67	7,17	17,65	215%
		Stiebrzāles ar āboliņu (>50%)	60	729,12	1101,51	7,29	11,02	144%
			90	677,04	1954,57	6,77	19,55	254%
		Stiebrzāles ar lucernu (<50%)	80	778,79	1436,99	7,79	14,37	158%
			120	771,49	1946,65	7,71	19,47	210%
		Stiebrzāles ar lucernu (>50%)	60	854,44	1049,17	8,54	10,49	115%
			90	901,56	1179,01	9,02	11,79	120%

Tab. 40: Biomasas dati apsaimniekošanas sistēmu, mēslošanas režīmu, sugu un gadu griezumā lopbarības augiem

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Virszemes sausna kopā, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienese augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Pazemes atliekas no ražas
Bioloģiskā	Lucerna	-	2019	1907,66	505,60	19,08	5,06	27%
		-	2020	1906,34	656,41	19,06	6,56	36%
	Sarkanais āboliņš	-	2018	651,89	583,45	6,52	5,83	90%
		-	2019	1885,41	441,05	18,85	4,41	23%
		-	2020	1451,51	403,37	14,52	4,03	33%
		Stiebrzāļu un proteīnaugu maisījums	-	2019	1794,13	496,72	17,94	4,97
-	2020		1531,26	629,77	15,31	6,30	47%	
Integrētā	Lucerna	60	2020	952,03	716,48	9,52	7,16	72%
		90	2020	997,98	660,14	9,98	6,60	64%
	Stiebrzāļu	60	2020	791,78	1075,34	7,92	10,75	129%

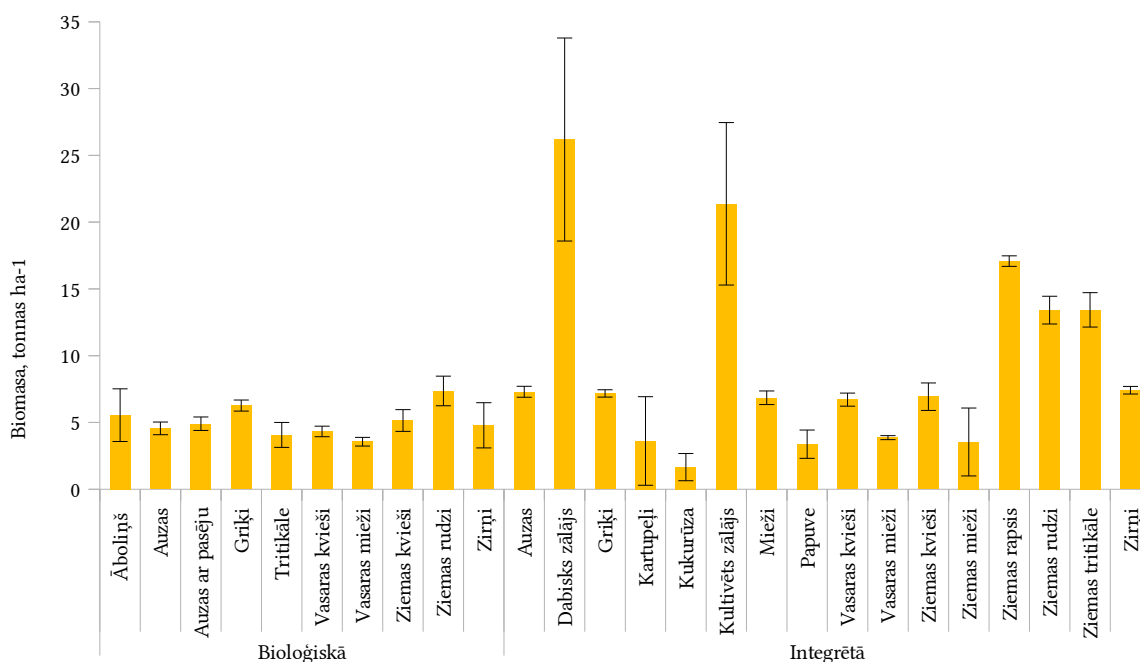
Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana

Sistēma	Augu sugas	Slāpekļa mēslojums	Gads	Virszemes sausna kopā, g m ⁻²	Sakņu sausna 0-25 cm dziļumā, kas paliek uz lauka, g m ⁻²	Raža, tonnas sausnas ha ⁻¹	Atlieku ienesē augsnē, tonnas sausnas ha ⁻¹	Pazemes atliekas no ražas
	un proteīnaugu maisījums	80	2020	789,23	1545,84	7,89	15,46	179%
		90	2020	789,30	1566,79	7,89	15,67	187%
		120	2020	744,43	1855,66	7,44	18,56	213%

Tab. 41: Oglekļa saturs augu atliekās

Sistēma	Suga	Ckop., g kg ⁻¹		Nkop., g kg ⁻¹	
		pazemes	virszemes	pazemes	virszemes
Bioloģiskā	Āboliņš	430,8	430,7	17,0	20,8
	Auzas	419,7	417,5	6,7	10,7
	Auzas ar st.z.pas.	415,9	422,3	7,3	9,6
	Griķi	437,2	444,0	7,3	14,2
	Vasaras kvieši	450,3	460,1	5,7	12,2
	Vasaras mieži	443,9	433,4	12,3	15,7
	Ziemas kvieši	389,7	469,8	7,5	9,3
Integrētā	Auzas	375,4	439,7	8,7	16,5
	ilggadīgais zālājs	289,7	444,6	11,7	19,0
	Kukurūza	381,9	410,6	10,5	16,3
	Papuve	394,2	404,8	10,7	23,7
	Vasaras kvieši	386,5	441,1	7,9	17,7
	Vasaras mieži	407,3	429,4	10,6	18,1
	Ziemas kvieši	395,2	435,1	7,0	10,3
	Ziemas rapsis	409,4	431,4	6,9	12,9

Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO₂) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana



Att. 26: Augu atlieku biomasas, kas paliek uz lauka.

Secinājumi par pētījuma rezultātiem

1. Iegūtie dati ir pietiekoši biomasas vienādojumu izstrādāšanai saimnieciski nozīmīgākajām laukaugu sugām un nodrošinās būtiski labāku informāciju oglekļa aprites modelēšanai, izmantojot Yasso modeli.
2. Zālājiem, tajā skaitā ganībām, ir jāveic papildus pētījumi par oglekļa ienesi ar sakņu biomasu, jo pētījumā iegūtie dati norāda uz lielu kopējo sakņu biomasu, bet neparāda ikgadējo ienesi, kas daudzgadīgām zālaugu sugām var būt ievērojami mazāka, nekā kopējā sakņu biomasas. Ienese ar virszemes biomasu ir jānovērtē ganībās, ievācot paraugus vēl rudenī, kad vairs nenotiek noganīšana un pļaušana. Tāpat, ir jānovērtē oglekļa ienese ar kūtsmēsliem ganībās un jānodrošina noganāmo platību identificēšana darbību datu uzskaitē.
3. Turpmākajos pētījumos jānovērtē oglekļa ienese augsnē bioloģiski vērtīgajos zālajos, kur, atšķirībā no pētījumā ietvertajām platībām, nenotiek mēslojuma ienese.
4. Bioloģiskajās un integrētajās augkopības sistēmās oglekļa ienese atšķiras būtiski, taču saražotās produkcijas un augu atlieku ieneses attiecība ir atšķirīga, tāpēc oglekļa ieneses darbību datu aprēķinos bioloģiskās un integrētās saimniecības jāuzskaita atsevišķi.

Izmantotā literatūra

1. Abdalla, M., Osborne, B., Lanigan, G., Forristal, D., Williams, M., Smith, P., Jones, M.B., 2013. Conservation tillage systems: a review of its consequences for greenhouse gas emissions. *Soil Use and Management* 29, 199–209. <https://doi.org/10.1111/sum.12030>
2. Autret, B., Beaudoin, N., Rakotovololona, L., Bertrand, M., Grandeau, G., Gréhan, E., Ferchaud, F., Mary, B., 2019. Can alternative cropping systems mitigate nitrogen losses and improve GHG balance? Results from a 19-yr experiment in Northern France. *Geoderma* 342, 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.039>
3. Badagliacca, G., Benítez, E., Amato, G., Badalucco, L., Giambalvo, D., Laudicina, V.A., Ruisi, P., 2018. Long-term no-tillage application increases soil organic carbon, nitrous oxide emissions and faba bean (*Vicia faba* L.) yields under rain-fed Mediterranean conditions. *Science of The Total Environment* 639, 350–359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.157>
4. Betencourt, E., Duputel, M., Colomb, B., Desclaux, D., Hinsinger, P., 2012. Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil Biology and Biochemistry* 46, 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.015>
5. Centrālā statistikas pārvalde, 2020. Galveno lauksaimniecības kultūru sējumu platības.
6. Chen, Peter Y.; Popovich, Paula M.'s Correlation: Parametric and Nonparametric Measures 1st, 2002. . Sage Publications, Inc.
7. Coffman, D.L., Maydeu-Olivares, A., Arnau, J., 2008. Asymptotic distribution free interval estimation: For an intraclass correlation coefficient with applications to longitudinal data. *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences* 4, 4–9. <https://doi.org/10.1027/1614-2241.4.1.4>
8. Čuhel, J., Šimek, M., Laughlin, R.J., Bru, D., Chèneby, D., Watson, C.J., Philippot, L., 2010. Insights into the Effect of Soil pH on N₂O and N₂ Emissions and Denitrifier Community Size and Activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 1870–1878. <https://doi.org/10/d6zbx>
9. Cusser, S., Bahlai, C., Swinton, S.M., Robertson, G.P., Haddad, N.M., 2020. Long-term research avoids spurious and misleading trends in sustainability attributes of no-till. *Global Change Biology* 26, 3715–3725. <https://doi.org/10.1111/gcb.15080>
10. European Parliament and the Council of the European Union, 2009. European Parliament Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
11. FAO, 2016. Save and Grow in practice: maize, rice, wheat. A guide to sustainable cereal production. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
12. Fleck, D., He, Y., Ilexander, C., Jacobson, G., Cunningham, K.L., 2013. Simultaneous soil flux measurements of five gases -- N₂O, CH₄, CO₂, NH₃, and H₂O -- with the Picarro G2508 (Application note No. AN034). Picarro, Santa Clara, CA 9 5054 USA.
13. Jones, M.-F., Castonguay, M., Jaeger, D., Arp, P., 2018. Track-Monitoring and Analyzing Machine Clearances during Wood Forwarding. *OJF* 08, 297–327. <https://doi.org/10.4236/ojf.2018.83020>
14. Lemken, D., Knigge, M., Meyerding, S., Spiller, A., 2017a. The Value of Environmental and Health Claims on New Legume Products: A Non-Hypothetical Online Auction. *Sustainability* 9, 1–18. <https://doi.org/10.3390/su9081340>
15. Lemken, D., Spiller, A., von Meyer-Höfer, M., 2017b. The Case of Legume-Cereal Crop Mixtures in Modern Agriculture and the Transtheoretical Model of Gradual Adoption. *Ecological Economics* 137, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.021>
16. Lidberg, W., Nilsson, M., Ågren, A., 2020. Using machine learning to generate high-resolution wet area maps for planning forest management: A study in a boreal forest landscape. *Ambio*

- 49, 475–486. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01196-9>
17. Maillard, É., Angers, D.A., Chantigny, M., Lafond, J., Pageau, D., Rochette, P., Lévesque, G., Leclerc, M.-L., Parent, L.-É., 2016. Greater accumulation of soil organic carbon after liquid dairy manure application under cereal-forage rotation than cereal monoculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 233, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.011>
18. McSwiney, C.P., Robertson, G.P., 2005. Nonlinear response of N₂O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Global Change Biology* 11, 1712–1719. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01040.x>
19. Murphy, P.N.C., Ogilvie, J., Castonguay, M., Zhang, C., Meng, F.-R., Arp, P.A., 2008. Improving forest operations planning through high-resolution flow-channel and wet-areas mapping. *The Forestry Chronicle* 84, 568–574. <https://doi.org/10/ggcvmg>
20. Nugroho, R.A., Röling, W.F.M., Laverman, A.M., Verhoef, H.A., 2007. Low nitrification rates in acid Scots pine forest soils are due to pH-related factors. *Microb. Ecol.* 53, 89–97. <https://doi.org/10/cqbtwn>
21. Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., Erasmi, S., 2016. Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Chemie der Erde - Geochemistry* 76, 327–352. <https://doi.org/10/f87n6p>
22. Ogle, S.M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F.J., McConkey, B., Regina, K., Vazquez-Amabile, G.G., 2019. Climate and Soil Characteristics Determine Where No-Till Management Can Store Carbon in Soils and Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Scientific Reports* 9, 11665. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47861-7>
23. Ozlu, E., Kumar, S., 2018. Response of surface GHG fluxes to long-term manure and inorganic fertilizer application in corn and soybean rotation. *Science of The Total Environment* 626, 817–825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.120>
24. Peterson, B.L., Hanna, L., Steiner, J.L., 2019. Reduced soil disturbance: Positive effects on greenhouse gas efflux and soil N losses in winter wheat systems of the southern plains. *Soil and Tillage Research* 191, 317–326. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.020>
25. Plaza-Bonilla, D., Nogué-Serra, I., Raffailac, D., Cantero-Martínez, C., Justes, É., 2018. Carbon footprint of cropping systems with grain legumes and cover crops: A case-study in SW France. *Agricultural Systems* 167, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.004>
26. Plaza-Bonilla, D., Nolot, J.-M., Raffailac, D., Justes, E., 2017. Innovative cropping systems to reduce N inputs and maintain wheat yields by inserting grain legumes and cover crops in southwestern France. *European Journal of Agronomy, Farming systems analysis and design for sustainable intensification: new methods and assessments* 82, 331–341. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.05.010>
27. Poeplau, C., Bolinder, M.A., Eriksson, J., Lundblad, M., Kätterer, T., 2015. Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences* 12, 3241–3251. <https://doi.org/10.5194/bg-12-3241-2015>
28. Reicosky, D.C., 1997. Tillage-induced CO₂ emission from soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 273–285. <https://doi.org/10.1023/A:1009766510274>
29. Reicosky, D.C., Archer, D.W., 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil and Tillage Research* 94, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.004>
30. Ruser, R., Fuß, R., Andres, M., Hegewald, H., Kesenheimer, K., Köbke, S., Rübiger, T., Quinones, T.S., Augustin, J., Christen, O., Dittert, K., Kage, H., Lewandowski, I., Prochnow, A., Stichnothe, H., Flessa, H., 2017. Nitrous oxide emissions from winter oilseed rape cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 249, 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.039>
31. Sánchez-Navarro, V., Zornoza, R., Faz, Á., Fernández, J.A., 2020. A comparative greenhouse gas emissions study of legume and non-legume crops grown using organic and conventional fertilizers. *Scientia Horticulturae* 260, 108902. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108902>
32. Shi, W.-Y., Yan, M.-J., Zhang, J.-G., Guan, J.-H., Du, S., 2014. Soil CO₂ emissions from five different types of land use on the semiarid Loess Plateau of China, with emphasis on the contribution of winter soil respiration. *Atmospheric Environment* 88, 74–82.

- <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.01.066>
33. Signor, D., Cerri, C.E.P., 2013. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 43, 322–338. <https://doi.org/10/gfj4kj>
 34. Steinbach, H.S., Alvarez, R., 2006. Changes in soil organic carbon contents and nitrous oxide emissions after introduction of no-till in Pampean agroecosystems. *J Environ Qual* 35, 3–13. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0050>
 35. Storer, K.E., Berry, P.M., Kindred, D.R., Sylvester-Bradley, R., 2018. Identifying oilseed rape varieties with high yield and low nitrogen fertiliser requirement. *Field Crops Research* 225, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.005>
 36. Thers, H., Djomo, S.N., Elsgaard, L., Knudsen, M.T., 2019. Biochar potentially mitigates greenhouse gas emissions from cultivation of oilseed rape for biodiesel. *Science of The Total Environment* 671, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.257>
 37. Venterea, R.T., Burger, M., Spokas, K.A., 2005. Nitrogen oxide and methane emissions under varying tillage and fertilizer management. *J Environ Qual* 34, 1467–1477. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0018>
 38. Vinzent, B., Fuß, R., Maidl, F.-X., Hülsbergen, K.-J., 2017. Efficacy of agronomic strategies for mitigation of after-harvest N₂O emissions of winter oilseed rape. *European Journal of Agronomy* 89, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.009>
 39. Walter, K., Don, A., Fuß, R., Kern, J., Drewer, J., Flessa, H., 2015. Direct nitrous oxide emissions from oilseed rape cropping – a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 7, 1260–1271. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12223>
 40. Weslien, P., Kasimir Klemetsson, Å., Börjesson, G., Klemetsson, L., 2009. Strong pH influence on N₂O and CH₄ fluxes from forested organic soils. *European Journal of Soil Science* 60, 311–320. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01123.x>
 41. Wójcik-Gront, E., 2018. Variables influencing yield-scaled Global Warming Potential and yield of winter wheat production. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.07.015>
 42. Zhuang, M., Zhang, J., Lam, S.K., Li, H., Wang, L., 2019. Management practices to improve economic benefit and decrease greenhouse gas intensity in a green onion-winter wheat relay intercropping system in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production* 208, 709–715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.122>