

## PĀRSKATS

Pētījuma nosaukums:

ARAMZEMES UN ILGGADĪGO ZĀLĀJU APSAIMNIEKOŠANAS RADĪTO SILTUMNĪCEFEKTA GĀZU (SEG) EMISIJU UN OGLEKĻA DIOKSĪDA (CO<sub>2</sub>) PIESAISTES UZSKAITES SISTĒMAS PILNVEIDOŠANA UN ATBILSTOŠU METODISKO RISINĀJUMU IZSTRĀDĀŠANA

PĀRSKATS PAR 2021. GADA DARBA UZDEVUMU IZPILDI

IZPILDES LAIKS: 01.03.2021-15.11.2021

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS "SILAVA"

LĪGUMA NR. 10 9.1-11/21/1825-E

PROJEKTA VADĪTĀJS:

\_\_\_\_\_

I. Līcīte

## Kopsavilkums

---

Pētījuma mērķis ir pilnveidot aramzemju un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes uzskaites sistēmu, kā arī pilnveidot un izstrādāt jaunus metodiskos risinājumus SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes aprēķiniem ZIZIMM sektorā.

Pētījumā izstrādātie risinājumi izmantoti nacionālās SEG inventarizācijas pilnveidošanai ZIZIMM sektorā, novērtējot augsnes oglekļa uzkrājuma izmaiņas un SEG emisijas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Pētījuma ietvaros risināti jautājumi, kas saistīti ar inventarizācijas un 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 N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijas no minerālaugsnēm lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Sākotnējie pētījuma rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka tiešajai sējai ir pozitīva ietekme uz CO<sub>2</sub> emisijām, taču pētījumi jāpaplašina, ietverot ietekmes uz CH<sub>4</sub> emisijām novērtējumu un kultūraugu produktivitāti, jo pētījumā konstatēts, ka tiešās sējas gadījumā ir samazinājusies raža, salīdzinājumā ar kontroli, bet pavasarī augsnē ir būtiski lielāks mitruma saturs, kas var pasliktināt aerāciju un veicināt CH<sub>4</sub> emisijas. Pasākuma ietekme ir jāvērtē, ņemot vērā iespējamā emisiju pārnese, tajā skaitā tehnikas izmantošanai, lai nodrošinātu vienādu produkcijas daudzumu.

Vērtējot CO<sub>2</sub> piesaistes pasākumus, konstatēts, ka organisko augšņu apmežošana 40 gadu laikā var nodrošināt SEG emisiju samazinājumu, kas atbilst 1300-1400 tonnām CO<sub>2</sub> ekv. ha<sup>-1</sup>, atkarībā no sākotnējās stādījuma biežības, taču konstatēts arī tas, ka vēlme palielināt CO<sub>2</sub> piesaisti var būt pretrunā ar labas mežsaimniecības prakses nosacījumiem, veidojot sabiezinātas audzes, kurās samazinās koksnes produktu ar ilgu kalpošanas laiku iznākums un kopējā ilgtermiņa SEG bilance šādās platībās var pasliktināties. Aramzemju ar organiskām augsnēm transformācija par zālājiem (ganībām) 40 gadu laikā samazina SEG emisijas par 340 tonnām CO<sub>2</sub> ekv. ha<sup>-1</sup>. Abos scenārijos aprēķinu precizitāti samazina nepietiekošās zināšanas par zemsedzes augu biomasu zālajos un aramzemēs, piemēram, apmežošanas scenārijā izmantotie pieņēmumi, kas aizgūti no zinātniskās literatūras, parāda, ka apmežotajā platībā jaunaudzē ir 5-10 reizes mazāka zemsedzes augu biomasu nekā zālājā, kas nav loģiski. Šajā virzienā ir jāturpina pētījumi, lai uzlabotu modelēšanas ievades datus. Aprēķinos nav ņemta vērā arī emisiju pārnese, kas būtu aktuāla, piemēram, transformējot aramzemi par zālāju vai to apmežojot.

## Izmantotie saīsinājumi

---

CO<sub>2</sub> – oglekļa dioksīds;

EK – Eiropas Komisija;

ES – Eiropas Savienība

ETS – emisiju tirdzniecības sistēma

KLP – kopējā lauksaimniecība politika;

MZV - monitorings, ziņošanas un verifikācija;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

UNFCCC - Apvienoto Nāciju Organizācija Vispārējai konvencijai par klimata pārmaiņām;

ZIZIMM – zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektors;

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

N<sub>2</sub>O – dislāpekļa oksīds;

CH<sub>4</sub> – metāns;

NH<sub>3</sub> – amonjaks;

NO – slāpekļa oksīds;

NO<sub>3</sub> – nitrāti;

C/N – oglekļa/slāpekļa attiecība, kas nosaka ātrumu, ar kādu mikroorganismi sadala organisko vielu;

N – slāpeklis;

C – ogleklis;

ppm – tilpuma miljondaļas;

LVĢMC – Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs;

SOC – augsnes organiskais ogleklis.

# Saturs

---

<b>Kopsavilkums.....</b>	<b>2</b>
<b>Izmantotie saīsinājumi.....</b>	<b>3</b>
<b>Saturs.....</b>	<b>4</b>
<b>Ievads.....</b>	<b>5</b>
<b>Pētījuma rezultāti.....</b>	<b>10</b>
Oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmu analīze.....	10
Ievads.....	10
Eiropas Komisijas priekšlikumi oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanai, esošās sertifikācijas sistēmas.....	11
Tehniskās vadlīnijas - rezultātos bāzētas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidei un ieviešanai ES...18	
Starptautiskie oglekļa sertifikācijas standarti.....	30
Priekšlikumi Eiropas Savienības oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai Latvijā.....	33
Oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbību piemēru gadījumu analīze atbilstoši starptautiskajam oglekļa sertifikācijas standartam VERRA (Verified Carbon Standard).....	38
Augsnes apstrādes paņēmiena ietekme uz CO <sub>2</sub> emisijām no augsnes.....	39
Metodika.....	39
Rezultāti.....	41
Pasējas augs izmantošanas ietekmi uz SEG emisijām.....	44
Ievads.....	45
Materiāli un metodes.....	51
Rezultāti.....	60
<b>Secinājumi.....</b>	<b>73</b>
<b>Izmantotā literatūra.....</b>	<b>76</b>

## **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 CO<sub>2</sub> piesaistes ziņošana ir brīvprātīga. Pēc 2020. gada ilggadīgo zālāju un aramzemju apsaimniekošanas radīto SEG emisiju un CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 notiek 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 darbības 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 (Eggleston et al., 2006) un 2013. gada pārstrādātajiem papildus metodiskajiem norādījumiem un labas prakses vadlīnijām, kas izriet no Kioto protokola prasībām (Hiraishi et al., 2013).

Par uzskaites periodu, kas sācies 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 CO<sub>2</sub> 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 N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijas no minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Pētnieciskie uzdevumi saskaņā ar Ministru kabineta noteikumu Nr. 201 “Grozījumu Ministru kabineta 2015. gada 3. februāra noteikumos Nr. 59 “Valsts un Eiropas Savienības atbalsta piešķiršanas kārtība investīciju veicināšanai lauksaimniecībā”” 7. pielikumu:

1. Raksturot pasējas augs izmantošanas ietekmi uz SEG emisijām (darba uzdevumu īstenoja Latvijas Lauksaimniecības universitāte):
  - a) noteikt CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisiju no lauksaimniecībā izmantotām zemēm atkarībā no sarkanā āboliņa kā pasējas augs izmantošanas un izvēlētajiem kultūraugiem (vismaz 3 kultūraugi ar pasējas augiem un bez tiem), izmantojot Picarro G2508 gāzu analizatoru;
  - b) raksturot pasējas augs izmantošanas un izvēlēto kultūraugu ietekmi uz SEG emisijām izpētes teritorijā, kuru apsaimnieko Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs, tostarp novērtēt augsnes mitruma, gaisa temperatūras, nokrišņu un mēslojuma izkliešanas ietekmi uz SEG emisijām;
  - c) sagatavot starpziņojumu par pētījuma rezultātiem (darba uzdevumu īstenoja LVMI Silava sadarbībā ar Latvijas Lauksaimniecības universitāti).

2. Sagatavot zinātniskas publikācijas manuskriptu par minimālas augsnes apstrādes ietekmi uz SEG emisijām, balstoties uz LLU mācību pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" 2018.-2020. gadā iegūtajiem datiem (darba uzdevumu īstenoja Latvijas Lauksaimniecības universitāte).
3. Izvērtēt pētījuma izpildes periodā aktuālos Eiropas Komisijas priekšlikumus oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai un pieejamo informāciju par Eiropas Savienības valstīs lietotajām oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmām, nodrošinot zinātnisku kompetenci Latvijas pozīcijas formulēšanā un aizstāvēšanā (darba uzdevumu īstenoja LVMI Silava sadarbībā ar nozares ekspertiem):
  - a) sagatavot priekšlikumus Eiropas Savienības oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai Latvijā (pārvaldība, attiecināmās jomas, oglekļa vienību uzskaites monitoringa, ziņošanas un pārbaudes sistēma, darbību ietekmes identificēšana Nacionālajā SEG inventarizācijas sistēmā);
  - b) izvērtēt divu atbilstoši pašreizējam zināšanu līmenim un tehniskajām iespējām identificējamu oglekļa apsaimniekošanas darbību ieviešanas iespējas atbilstoši sagatavotajiem oglekļa apsaimniekošanas sistēmas ieviešanas priekšlikumiem.
4. Sagatavot zinātniskas publikācijas manuskriptu par oglekļa ienesi ar kultūraugu virszemes un pazemes biomasu un pārrēķinu vienādojumiem lauksaimniecības produkcijas statistikas datu transformēšanai oglekļa ieneses vienādojumos atbilstoši 2018.-2020. gadā iegūtajiem datiem (darba uzdevumu īsteno LVMI Silava sadarbībā ar Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centru).
5. Sadarbībā ar pētījuma "Progresīva zemkopības sistēma kā pamats vidi saudzējošai un efektīvai Latvijas augkopībai" (Nr. 19-00-A01612-000011) īstenotājiem iegūt empīriskus datus par pētījumā aprobēto agrotehnikas paņēmieni ietekmi uz CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes, tostarp dažādu uztvērējaugu un to maisījumu un slāpekļa devu izmantošanu augkopībā. Pētījumā nosakāmi augsnes heterotrofās elpošanas, augsnes temperatūras un augsnes virskārtas mitruma rādītāji, izmantojot EGM-5 analizatoru un papildu sensorus. Gāzu apmaiņa veicama veģetācijas sezonas laikā, vismaz 9 mēnešus gadā, atkārtoti veicot mērījumus reizi 2 nedēļās katrā no pētījumā ietvertajiem izmēģinājumu variantiem. Mērījumi veicami vismaz 9 pastāvīgos heterotrofās elpošanas laukumos katrā izmēģinājumu variantā. Mērījumu metodika harmonizējama ar LIFE OrgBalt projekta metodiku (darba uzdevumu īsteno Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs sadarbībā ar LVMI Silava).

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

Pētījuma 1. darba uzdevuma 1. darbības īstenošanai veģetācijas sezonas laikā iegūti empīriskie dati CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisiju raksturošanai no lauksaimniecībā izmantotām zemēm, ierīkojot izmēģinājumus ar sarkano āboliņu kā pasējas augu 3 kultūraugiem. Pētījuma vajadzībām ierīkoti izmēģinājuma objektus ar pasēju un kontroles laukumus bez pasējas. Gāzu apmaiņas mērījumi veikti, izmantojot Picarro G2508 gāzu analizatoru un augsnes heterotrofās elpošanas mērīšanai piemērotas necaurspīdīgas kameras. Oglekļa ieneses raksturošanai izmantoti biomasas vienādojumi un novērtēta izmēģinājumu objektos izaugusī biomasas. Gāzu apmaiņas mērījumi veikti vismaz vienreiz mēnesī veģetācijas sezonas laikā. Iegūto datu analīze veikta 2021. gada oktobrī – novembrī.

Pasējas auga izmantošanas ietekme uz SEG emisijām vērtēta izpētes teritorijā, kuru apsaimnieko Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs, paralēli SEG emisiju un augsnes elpošanas mērījumiem, mērot augsnes mitrumu, augsnes un gaisa temperatūru, nokrišņus, kā arī nosakot mēslojuma izkliedēšanas ietekmi uz SEG emisijām, nosakot SEG emisiju izmaiņas pēc mēslojuma izkliedēšanas. 2021. gadā sagatavots starpziņojumu par pētījuma rezultātiem, kurā ietverta informācija par izmēģinājumu objektiem, mērījumu rezultāti un to sākotnējā analīze.

Pētījuma 2. darba uzdevuma uzsākta zinātniskas publikācijas manuskripta par minimālas augsnes apstrādes ietekmi uz SEG emisijām sagatavošana, balstoties uz LLU mācību pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" 2018.-2020. gadā iegūtajiem datiem par SEG emisijām no augsnes, augsnes elpošanu un oglekļa ienesi ar kultūraugiem.

Pētījuma 3. darba uzdevuma īstenošanai izvērtēti pētījuma izpildes periodā aktuālie Eiropas Komisijas priekšlikumi oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai un pieejamā informācija par Eiropas Savienības valstīs lietotajām oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmām, nodrošinot zinātnisku kompetenci Latvijas pozīcijas formulēšanā un aizstāvēšanā. Priekšlikumos Eiropas Savienības oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai Latvijā ietverta informācija par pārvaldību, attiecināmajām jomām, oglekļa vienību uzskaites monitoringu, ziņošanas un pārbaudes sistēmu, darbību ietekmes identificēšanu Nacionālajā SEG inventarizācijas sistēmā. Izstrādāto priekšlikumu teorētiskai pārbaudei pētījuma ietvaros izvērtētas 2 darbības (organisko augšņu apmežošanas un aramzemju ar organiskajām augsnēm transformēšana par zālājiem). Darbību ieviešanas iespējas izvērtētas atbilstoši pašreizējam zināšanu līmenim un tehniskajām iespējām. Pētījumā novērtētas izraudzīto darbību ieviešanas iespējas un risinājumi to integrēšanai oglekļa apsaimniekošanas sistēmā.



Pētījuma 4. darba uzdevumā uzsākta zinātniskas publikācijas manuskripta sagatavošana par oglekļa ienesi ar kultūraugu virszemes un pazemes biomasu un pārrēķinu vienādojumiem lauksaimniecības produkcijas statistikas datu transformēšanai oglekļa ieneses vienādojumos atbilstoši 2018.-2020. gadā iegūtajiem datiem. Vienādojumos ietverta kopējā virszemes un pazemes biomasu, produkcija (no lauka izvestā raža), kā arī vienādojumi oglekļa un slāpekļa ieneses raksturošanai. Ražas zudumu noteikšanai, siksakņu aprites un zālāju augu sakņu sistēmas aprites raksturošanai izmantoti literatūras dati. Izstrādātos vienādojumus adaptēsīm izmantošanai Yasso modeli SEG inventarizācijas pilnveidošanai, izmantojot literatūras datus.

Sadarbībā ar Agrolesursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centru pētījuma "Progresīva zemkopības sistēma kā pamats vidi saudzējošai un efektīvai Latvijas augkopībai" (Nr. 19-00-A01612-000011) ietvaros iegūti empīriski dati par pētījumā aprobēto agrotehnikas paņēmieni ietekmi uz CO<sub>2</sub> emisijām no augsnes (augšnes heterotrofo elpošanu). Oglekļa ieneses ar augu atliekām vērtēsīm pētījuma nākošajā etapā. Pētījumā veģetācijas sezonas laikā vidēji reizi 2 nedēļās mērīta augsnes heterotrofā elpošana fiksētos parauglaukumos (9 mērījumu vietas katrā izmēģinājumu variantā). Papildus mērīta gaisa un augsnes virskārtas temperatūra un mitruma saturs augsnes virskārtā. Mērījumiem izmantots EGM-5 analizators un papildu sensori (Att. 1). Mērījumu metodika harmonizēta ar LIFE OrgBalt projekta metodiku, izmantojot vienotu izmēģinājumu objektu dizainu (vismaz 9 heterotrofās elpošanas mērījumu vietas katrā variantā) un dažādu parametru (gaisa temperatūra, augsnes mitrums) interpretācijas metodes.



**Att. 1. Gāzu apmaiņas mērīšanas aprīkojums.**

## Pētījuma rezultāti

---

### Oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmu analīze

#### Ievads

Globālā līmenī diskusijas par oglekļa saistīgo lauksaimniecību un mežsaimniecību principā aizsākās jau Kioto protokola pirmajā periodā. Idejas testēšanu uzsāka Jaunzēlande un radās arī pirmās standartizācijas organizācijas. Turpmākajos gados globālajai sabiedrībai virzoties uz arvien lielākiem klimata pārmaiņu samazināšanas mērķiem, papildus iniciatīvas tostarp saimniecības līmeņa stimuli, kļuva arvien aktuālāki. Auga arī privātā sektora interese par iespējām kompensēt nesamazināmās SEG emisijas dažādos sektoros.

Parīzes nolīguma (2015) mērķis - līdz šā gadsimta otrajai pusei nodrošināt visu antropogēno siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes balansu - rada papildus klimata politikas izaicinājumus un ES Zaļā kursa (2019) dokumentu pakotne jau skaidri iezīmē nepieciešamību līdztekus līdz šim lietotajām klimata pārmaiņu samazināšanas stratēģijām ieviest jaunas, tostarp sadarbojoties ar privāto sektoru. Kā īpaši nozīmīgas jaunas iniciatīvas vērtētas zemes sektorā, jo atbilstoši Eiropas Komisijas (EK) stratēģiskā ilgtermiņa redzējuma par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku paziņojumam Eiropas parlamentam, Eiropadomei, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai, Reģionu komitejai un Eiropas Investīciju bankai "Tīru planētu visiem!" klimatneitralitātes līdz 2050.gadam scenārijam, kas šobrīd formulēts kā ES Zaļā kursa virsmērķis, paredzēta īpašu nozīme zemes izmantošanas, zemes izmantošanas veida maiņas un mežsaimniecības sektoram. Sektorā radītajai CO<sub>2</sub> piesaistei kopā ar tehnoloģiskajiem CO<sub>2</sub> risinājumiem jānosedz citos sektoros nesamazināmās SEG emisijas. Ņemot vērā šajā mērķī ietvertos izaicinājumus, tieši zemes apsaimniekošanas jomā tiek meklēti līdz šim mazāk izmantoti privāto zemes īpašnieku motivācijas instrumenti un EK atzīst un uzsver oglekļa saistīgo lauksaimniecību kā vienu no šādiem, potenciāli efektīvi izmantojamiem papildus mehānismiem.

Oglekļa saistīgas lauksaimniecības ideja ietver prakses, kas uzlabo CO<sub>2</sub> piesaisti no atmosfēras, pārveidojot to augu biomasā un/vai augsnes organiskajā vielā un konkrētus finansiālus stimulus lauksaimniecības un meža zemes īpašniekiem šo prakšu ieviešanai, turklāt uz rezultātu orientētā veidā. Veidi, kādos šo procesu iespējams stimulēt, ietver sertificētu oglekļa vienību tirdzniecības sistēmas izveidi

zemes apsaimniekošanas jomā, kur līdz šim šī prakse ES valstīs nav bijusi plaši izplatīta.

Šī pētījuma mērķis ir izvērtēt izpildes periodā aktuālos EK priekšlikumus oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanai un pieejamo informāciju par Eiropas Savienības valstīs lietotajām oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmām. Pētījuma mērķa sasniegšanai izvirzītie uzdevumi ietver uz šobrīd pieejamās informācijas pamata sagatavotus sākotnējos priekšlikumus oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešanai Latvijā, un divu (patlaban identificējamu) oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbību gadījumu izpēti analīzi.

## **Eiropas Komisijas priekšlikumi oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanai, esošās sertifikācijas sistēmas**

### **Aktuālie Eiropas Komisijas priekšlikumi oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanai**

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides iespēja ES sākotnēji iezīmēta Komisijas paziņojumā Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai "Ilgtspējīga bioekonomika Eiropai. Ekonomikas, sabiedrības un vides saistības stiprināšana" (COM (2018) 673 final) un to pavadošajā Eiropas Komisijas darba dokumentā (SWD (2018) 431 final). Paredzot bioekonomikas strauju izvēršanu Eiropā, plānoti konkrēti stratēģiskās ieviešanas programmas pasākumi, lai izceltu bioekonomikas potenciālu, tostarp paredzot izmēģinājuma pasākumu īstenošanu ES vietējās darbības atbalstošo instrumentu sinerģijas vairošanai un skaidrākai orientācijai uz bioekonomikas attīstību. Kā viens no izmēģinājuma pasākumiem, paredzēts pilotpētījums par oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides iespējām ar mērķi iedrošināt dalībvalstis izveidot fondus (brīvprātības princips), kas nodarbotos ar CO<sub>2</sub> kredītu iegādi no lauksaimniekiem un mežsaimniekiem, kuri ievieš specifiskus projektus, kā rezultātā palielinās oglekļa uzkrājums augsnē un biomasā un samazinās SEG emisijas. Oglekļa apsaimniekošanas ideja plānota kā pieeja, kas nodrošinātu uz rezultātiem bāzētas maksājumu sistēmas izveidi lauksaimnieku un mežsaimnieku atalgošanai (skaidri definēts publiskā finansējuma maksājums) par publiskā pakalpojuma (oglekļa piesaistes un SEG emisiju samazinājuma) nodrošināšanu. Tādējādi publiskā pakalpojuma (oglekļa piesaiste vai SEG samazinājums) nodrošināšana tiktu padarīta par ekonomiski izdevīgu lauksaimniecības vai mežsaimniecības darbību. ES uzsver, ka efekts būtu neapšaubāmi redzams SEG emisiju samazinājuma, oglekļa piesaistes un saimniecību produktivitātes kāpināšanā, kā arī pilnībā atbilstošs Parīzes nolīguma mērķim palielināt oglekļa piesaistītājsistēmu kapacitāti, virzoties uz antropogēno SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes balansa sasniegšanu šī gadsimta otrajā pusē.

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides mērķi: (1) efektīvāks dabas un finanšu resursu izlietojums, (2) SEG emisiju samazinājums lauksaimnieciskās ražošanas dzīves ciklā un pārtikas piegādes ķēdēs, (3) inovatīvu finanšu iniciatīvu sistēmu testēšana ar mērķi samazināt SEG emisijas. Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešana atbalstītu tādu politiku, regulējuma un programmu ieviešanu, kā Kopējās lauksaimniecības politika, zemes izmantošanas, zemes izmantošanas veida maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) regulējums, ES Bioekonomikas stratēģija, ES Aprites ekonomikas rīcības plāns un globālā līmenī - Parīzes nolīgums un Globālā alianse klimata gudrai lauksaimniecībai. Prognozēts, ka līdz 2024. gadam, oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanas rezultātā samazināsies SEG emisijas, tiks ieviestas pārdomātas klimata pārmaiņu ietekmes samazināšanas prakses un tirgus principos bāzētas iniciatīvas SEG emisiju samazināšanai.

Komisijas paziņojuma Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai “Jauns aprites ekonomikas rīcības plāns Par tīrāku un konkurētspējīgāku Eiropu” (COM (2020) 98 final) pielikumā “Jauns aprites ekonomikas rīcības plāns Par tīrāku un konkurētspējīgāku Eiropu” (COM (2020) 98 final) starp galvenajām rīcības plāna aktivitātēm ierindo regulējuma ietvara izstrādi (līdz 2023. gadam) oglekļa piesaistes vienību sertifikācijai, to bāzējot pilnīgas un caurskatāmas uzskaites principos, nodrošinot oglekļa piesaistes vienību monitoringu un to atbilstības verificēšanu.

Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai “Stratēģija “No lauka līdz galdam” Taisnīgas, veselīgas un videi draudzīgas pārtikas sistēmas vārdā” (COM (2020) 381 final) savukārt runā par jaunu zaļā biznesa modeli – oglekļa piesaisti, ko nodrošina lauksaimnieki un mežsaimnieki. Stratēģija uzsver, ka prakses, kas nodrošina atmosfēras oglekļa piesaisti ir jāatalgo izmantojot vai nu Kopējās lauksaimniecības politikas (KLP) vai privātās iniciatīvas. Privāto iniciatīvu darbības nodrošināšanai veidojams uzticams oglekļa tirgus, ietverot visaptverošus oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas noteikumus lauksaimniecības un mežsaimniecības sektoros. Šādas visaptverošas sertifikācijas sistēmas esamība ir priekšnoteikums oglekļa piesaistes maksājumu uzsākšanai lauksaimniekiem un mežsaimniekiem. Šos sertifikācijas noteikumus dalībvalstis varēs izmantot KLP maksājumu dizainēšanai, balstoties uz piesaistītā oglekļa apjomu. Arī privātas kompānijas varētu būt ieinteresētas iegādāties oglekļa piesaistes vienības jeb sertifikātus, tādejādi atbalstot klimata pārmaiņu samazināšanu un nodrošinot papildus (KLP ietvertajām darbībām) iniciatīvas. Jaunā ES oglekļa piesaistes iniciatīva Klimata pakta ietvaros atbalstīs šo jauno biznesa modeli, kas lauksaimniekiem un mežsaimniekiem nodrošinās papildus ienākumus vienlaikus palīdzot citiem sektoriem (lauksaimniecībai) dekarbonizēt pārtikas ķēdes. Kā minēts ES aprites ekonomikas rīcības plānā (COM (2020) 98 final), EK izstrādās normatīvu regulējumu oglekļa

piesaistes vienību sertifikācijai, balstoties uz pilnīgu un caurskatāmu oglekļa uzskaiti ar mērķi verificēt oglekļa piesaistes vienību autentiskumu. KLP ietvaros oglekļsaistīgās lauksaimniecības pasākumi EK ieskatā ierindojami pie jaunajām ekoshēmām, kā viena no ilgtspējīgas saimniekošanas praksēm līdztekus precīzajai lauksaimniecībai, agro-ekoloģijai t.sk. bioloģiskajai lauksaimniecībai un agro-mežsaimniecībai.

Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai “Eiropas 2030. gada klimatisko ieceru vēriena kāpināšana. Investīcijas klimatneitrālā nākotnē cilvēku labā” (COM (2020) 562 final) attiecībā uz 2030. gada Klimata un enerģētikas politikas ietvara atjaunināšanu ZIZIMM sektorā uzsver nepieciešamību motivēt lauksaimniekus un mežsaimniekus individuālā līmenī veikt darbības, kas atbalsta oglekļa uzkrāšanu augsnē un mežā. Uzsvērts, ka patlaban viss pamatā atkarīgs no dalībvalsts aktivitātes, bet ir nepieciešams līdz 2030. gadam attīstīt oglekļsaistīgo lauksaimniecību un oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas sistēmas. Uzsvērts, ka ES Klimata pakta ietvaros tiks demonstrēta un popularizēta oglekļa apsaimniekošana kā jauns biznesa modelis.

Eiropas Komisijas priekšlikums Eiropas Parlamenta un Padomes regulējumam, kas papildina regulu (EU) 2018/841 attiecībā uz tvērumu, atbilstības noteikumu vienkāršošanu, dalībvalstu mērķu noteikšanu 2030. gadam un virzību uz kopēju klimatneitralitātes mērķa sasniegšanu līdz 2035. gadam zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības un lauksaimniecības sektoros, un (EU) 2018/1999 regulu attiecībā uz monitoringa, ziņošanas, progresa novērtēšanas un pārskata uzlabošanu (2021/0201 (COD)) oglekļsaistīgas lauksaimniecības sistēmas ieviešanu saista ar koksnes produktu uzskaiti (regulas 9. pants), uzsverot tādu jaunu produktu augošu nozīmi, kā konstrukciju materiāli, šķiedras un polimēri. ZIZIMM regulas 9. pantu plānots izmantot kā platformu oglekļa piesaistes vienību un oglekļsaistīgās lauksaimniecības sertifikācijai, izmantojot koksnes produktus kā vienu no jaunveidojamās oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas piemēriem. ZIZIMM regulas priekšlikuma preambulas 10. punkts uzsver nepieciešamību radīt jaunas iniciatīvas, kas stimulētu CO<sub>2</sub> piesaistes palielināšanu, un atsauca uz jauniem, oglekļsaistīgās lauksaimniecības idejā bāzētiem biznesa modeļiem. Uzsvērts, ka šādi modeļi un iniciatīvas stimulētu klimata pārmaiņu mazināšanu bioekonomikas nozarēs, tostarp saistībā ar koksnes produktiem. Oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešana caur jauniem biznesa modeļiem ne tikai ieviestu CO<sub>2</sub> piesaisti palielinošas lauksaimniecības un mežsaimniecības prakses, bet dotu ieguldījumu arī sabalansētā teritoriālajā attīstībā un lauku ekonomikas dzīvotspējā, vienlaikus radot jaunas darba vietas un stimulējot dažāda veida apmācību iespējas. Minimālo oglekļa piesaistes mērķu noteikšanu nacionālā līmenī un atbilstoši - inovatīvu oglekļa piesaistes iniciatīvu (piemēram, oglekļsaistīgā lauksaimniecība) radīšanu EK uzsver kā “atslēgas”

riku, ar kura palīdzību ES samazināmas SEG emisijas. Kā konkrētie mērķi un iniciatīvas tiks realizētas, atstāts dalībvalstu dažādu līmeņu institūciju ziņā.

EK darba dokuments, ietekmes novērtējuma ziņojums Eiropas Komisijas priekšlikumam Eiropas Parlamenta un Padomes regulējumam, kas papildina regulu (EU) 2018/841 attiecībā uz tvērumu, atbilstības noteikumu vienkāršošanu, dalībvalstu mērķu noteikšanu 2030.gadam un virzību uz kopēju klimatneitralitātes mērķa sasniegšanu līdz 2035.gadam zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības un lauksaimniecības sektoros, un (EU) 2018/1999 regulu attiecībā uz monitoringa, ziņošanas, progresa novērtēšanas un pārskata uzlabošanu (SWD(2021) 609 final), oglekļa saistīgās lauksaimniecības/tirgus orientētas oglekļa tirdzniecības izveidi apraksta kā ES ilgtermiņa virzību uz izmaksu efektīva politikas ietvara izveidi ar mērķi nodrošināt zemes sektora klimatneitralitāti. Sistēmai jāstrādā zemes īpašuma līmenī.

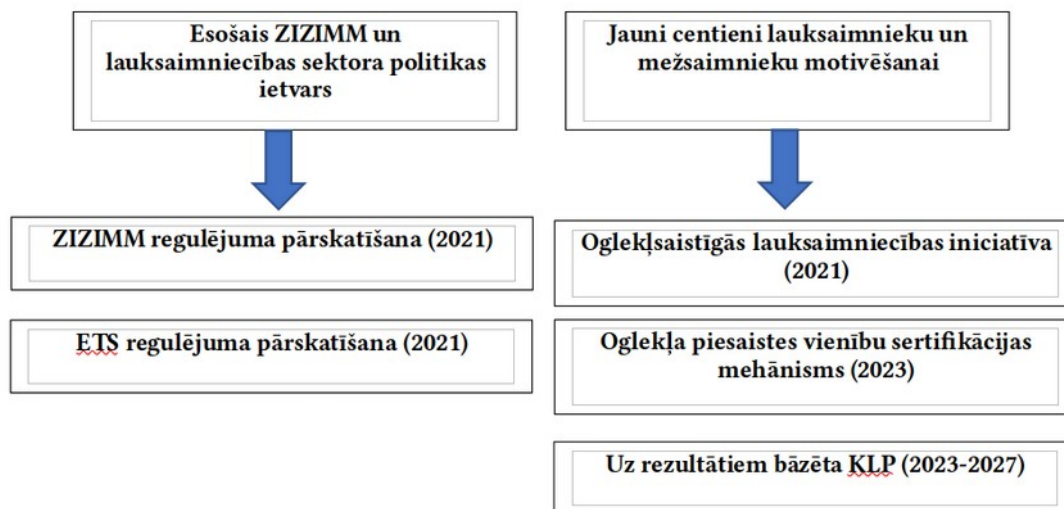
Konceptuāli sistēma tiek raksturota kā atbilstoša Eiropas Savienības (ES) emisiju tirdzniecības sistēmas (ETS) lietotajai industriālo ražotāju snieguma ETS mērķu sasniegšanai pieejai. Pretēji ETS, emisiju vienības zemes sektora oglekļa tirdzniecības sistēmā plānotas kā progresīvi saistītas ar oglekļa piesaistes sertifikātiem, lai nodrošinātu caurskatāmību virzībai uz klimata neitralitāti. Tiek uzsvērts, ka šāda sistēma nodrošinātu vienlīdzīgus apstākļus ES iekšējā lauksaimniecības tirgū. Pieeja prasa: (1) vispusīgu sertifikācijas sistēmas izveidi; (2) zemes īpašnieku un institūciju kapacitāti nodrošināt radīto SEG emisiju un piesaistes monitoringu. Abus nosacījumus paredzēts risināt ES līmenī:

1. līdz 2023 .gadam izveidojot oglekļa piesaistes sertifikācijas mehānismu (atbilstoši ES Aprites ekonomikas plānā noteiktajam);
2. līdz 2021.gada beigām publiskojot ES Oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvu (kā publiskots ES stratēģijā “No lauka līdz galdam”).

Periodā līdz šo nosacījumu (ES Oglekļa piesaistes sertifikācijas mehānisma izveide un ES Oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas publiskošana) izpildei, KLP turpināsies ilgtspējīgu zemes apsaimniekošanas prakšu un tehnoloģiju atbalsts un piekļuve konsultāciju pakalpojumiem un monitoringa rīkiem. Tādējādi, vienlaikus strādājot pie paralēlu iniciatīvu izstrādes individuālu zemes īpašnieku līmenī, šobrīd galvenā centienu koncentrācija vēršama uz ambiciozāku klimata pārmaiņu samazināšanas stratēģiju izstrādi zemes sektorā valsts līmenī.

Lai gan EK dokumentos tiek uzsvērtā KLP sasaiste ar oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvu, tomēr vērojama dokumentu izstrādes un ieviešanas laika nesakritība. KLP stratēģiskais plāns iesniedzams EK līdz 2021. gada beigām, bet arī ES Oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīva tiks publiskota līdz 2021.gada beigām un Oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas sistēmas izstrāde plānota līdz 2023. gada beigām. Tā kā

praktiskās politikas plānošanas dokuments (KLP Stratēģiskais plāns) apstiprina oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides regulējuma izstrādi, nav skaidrs kā plānota šo regulējumu/dokumentu sasaiste, kas tomēr vairākkārt minēta dažādos dokumentos (Att. 2).



**Att. 2. ES politiskā regulējuma ietvars zemes sektora klimatneitralitātes virzībai valsts un individuālu saimniecību līmenī.<sup>1</sup>**

Virzoties uz integrētu ZIZIMM un lauksaimniecības sektoru klimata pārmaiņu politikas mērķu sasniegšanu periodā pēc 2030.gada, ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojums (30.lpp) un pats regulas priekšlikums ieskicē nepieciešamību dalībvalstīm iesniegt nacionālos plānus, skaidrojot devumu virzībā uz zemes sektora neitralitātes mērķi 2035.gadā. Plāniem cita starpā būtu jāskaidro dažādu nacionāli izvēlētu finanšu avotu (KLP fondi, ES reģionālie fondi, valsts atbalsts, privātie līdzekļi – piemēram, oglekļa saistīgās lauksaimniecības brīvprātīgo tirdzniecības sistēmu izveide) nozīmi šā mērķa sasniegšanā. Tādējādi, EK uzsver oglekļa saistīgo lauksaimniecību ne tikai kontekstā ar KLP, bet izceļ arī privātā sektora iesaisti.

ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojums skar šobrīd teorētisku iespēju lauksaimniekiem un mežsaimniekiem pārdot oglekļa piesaistes vienības brīvprātīgā tirgū un pieņemtā oglekļa vienības cena ir 10 EUR. Vienlaikus ziņojums uzsver, ka tā sagatavošanās brīdī nav pieejamas precīzas sagaidāmā ekonomiskā ieguvuma apjoma aplēses individuālu zemes īpašnieku līmenī. ES līmenī ir aplēsts, ka ieguvums varētu būt aptuveni 700 miljoni EUR (68.3 MtCO<sub>2</sub>eq.), bet nav minēts laika periods, uz kuru tas attiecināms.

ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojums ietver EK 2020.gadā sagatavotās dalībvalstu līmeņa rekomendācijas, kas ieteiktas izmantošanai KLP Stratēģisko plānu sagatavošanā. Rekomendācijas ietver “atslēgas” jomas, uz kurām

---

<sup>1</sup> Avots: adaptēts pēc ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojuma (22. lpp).

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

dalībvalstīm ieteikts koncentrēties, lai nodrošinātu KLP stratēģisko mērķu sasniegšanu, tostarp klimata pārmaiņu mazināšanu un pielāgošanos. Rekomendācijas apkopo klimata pārmaiņu samazināšanas stratēģijas, kas konkrētas dalībvalsts līmenī ieteiktas kā efektīvākas. Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveide ieteikta virknei valstu, tomēr ne Latvijai. No Baltijas valstīm pieeja ieteikta Igaunijai (Tab. 1).

**Tab. 1. EK ieteikumi oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu ieviešanas praksēm KLP izstrādes kontekstā. Avots: ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojums, 118-119. lpp**

Nr.	Dalībvalsts	Ieteiktā oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas prakse
1.	Beļģija	zālāja apsaimniekošanas uzlabošana un saudzējoša augsnes apstrāde
2.	Horvātija	oglekļa piesaisti veicinošas prakses mežā un zālājā
3.	Čehija	nespecificēts
4.	Dānija	oglekļa bagātas augsnes un kūdras augsnes apsaimniekošana
5.	Igaunija	kūdras augšņu aizsardzība
6.	Francija	oglekļa uzkrājums ilggadīgajā zālājā
7.	Grieķija	nespecificēts
8.	Ungārija	nespecificēts
9.	Īrija	kūdrāju degradācijas apturēšana un atjaunošanas sekmēšana
10.	Itālija	prakses, kas uzlabo resursu izlietojumu
11.	Luksemburga	oglekļa uzkrāšanas kapacitāte mežā un ilggadīgajā zālājā
12.	Malta	nespecificēts, vispārēja kapacitātes uzlabošana
13.	Nīderlande	mitrāju atjaunošana ( <i>restoration</i> )
14.	Spānija	nespecificēts

Kopumā EK ieteikumi oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešanai dalībvalstīs, izmantojot KLP instrumentus, vērsti uz ilggadīgā zālāja, mitrāju/kūdrāju un meža apsaimniekošanas praksēm, kas sekmētu oglekļa piesaisti. Itālijai ieteikts izskatīt iespējas strādāt resursu izmantošanas efektivitātes virzienā, Čehijai, Grieķijai, Ungārijai, Maltai un Spānijai vispārīgi ieteikts izmantot oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas biznesa pieeju, nespēcificējot konkrētas darbību jomas.

ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojuma 10.7.pielikumā aplūkota oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešana ES. Uzvērts, ka patlaban nav pieejams politikas instruments, kas dotu iespēju mērķtiecīgi strādāt oglekļa piesaistes palielināšanas un esošo oglekļa krājumu saglabāšanas virzienā. ES oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīva plānota kā jauns zaļā biznesa modelis, kas caur KLP vai citām publiskām vai privātām iniciatīvām atalgotu klimatam draudzīgu praksi ieviešanu, tādejādi stimulētu privātos zemes īpašniekus ieviest šīs prakses un vienlaikus gūt papildus ienākumus. Uzsvērts, ka šī iniciatīva varētu palīdzēt sasniegt



arī ES Meža stratēģijas, Bioloģiskās daudzveidības stratēģijas un Pielāgošanās stratēģijas mērķus.

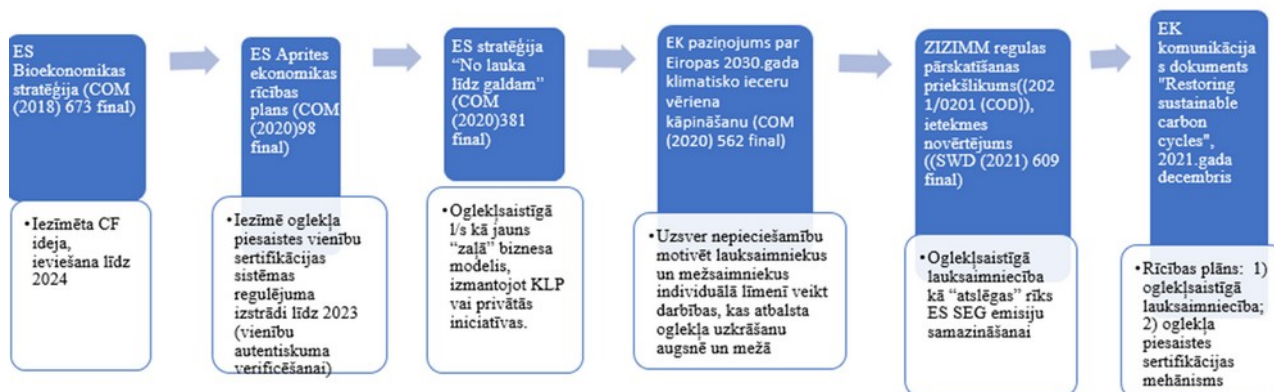
Saistībā ar oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas ieviešanu, ZIZIMM regulas priekšlikuma ietekmes novērtējuma ziņojumā izdalīti 3 ieteiktie scenāriji:

1. ieviest sistēmu KLP Stratēģiskā plāna ietvaros. EK piemin dalībvalstīm sagatavotās potenciāli efektīvāko klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumu rekomendācijas, kur atsevišķām valstīm ieteikta oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēma, un atsevišķi uzsver pastiprinātās nosacījumu sistēmas ietvaru saistībā ar oglekļa krātuvju aizsardzību, kā arī eko-shēmu un lauku attīstības intervences, kā papildus iespējas palielināt oglekļa piesaistes apjomu ārpus pastiprinātās nosacījumu sistēmas ietvara. Minēts, ka KLP pasākumi var sniegt plašu atbalstu un iesaistīt zemes īpašniekus arī caur tādiem pasākumiem, kā konsultācijas, zināšanu pārnese, neproduktīvās investīcijas. Tomēr ieteikumiem ļoti vispārīgs raksturs, nav minēti konkrēti piemēri vai doti konkrēti ieteikumi kā tieši oglekļa saistīgās lauksaimniecības mehānisms būtu ietverams KLP;
2. KL un privāto iniciatīvu kombinēšana. Šajā gadījumā KLP atbalsts varētu būt pamata finansējums oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidei un iedarbināšanai, savukārt zemes īpašnieki gūtu finansiālu labumu pārdodot oglekļa piesaistes vienības tirgū. Saistībā ar to, ka oglekļa piesaistes vienību radīšanai un korektai uzskaitē ir nepieciešams laiks, tiek ieteikts izmantot dažādas KLP atbalsta formas, kas būtu vērstas uz to, lai atbalstītu zemes īpašniekus veidojot oglekļa piesaistes vienību tirdzniecības biznesu - piemēram, papildus samaksa vai neiegūto ienākumu kompensēšana, atbalsts monitoringa sistēmas izstrādei;
3. Valsts atbalsts oglekļa saistīgās lauksaimniecības mehānisma darbināšanai. Detalizētāks iespēju izklāsts nav dots.

Uzsvērts, ka oglekļa saistīgās lauksaimniecības biznesa iniciatīvām un oglekļa piesaistes vienību aprēķiniem jābūt balstītiem uz skaidru aprēķinu metodoloģiju, jābūt izstrādātam pilnīgam monitoringa, ziņošanas un verificācijas (MZV) ietvaram, atbildības un sankciju mehānismam, pārvaldības noteikumiem. Šo nosacījumu noteikumus ES līmenī izstrādās oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas (Carbon Removal Certification (CRC)) ietvarā, kuru EK sagatavos 2022.gada laikā un to plānots pieņemt 2023.gadā. Oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas ietvars plānots kā normatīvs regulējums/likumdošanas priekšlikums. Oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas mehānisms izveidos normatīvā regulējuma ietvaru oglekļa piesaistes vienību sertifikācijai, balstoties uz pilnīgu un caurskatāmu oglekļa uzskaiti, kas dos iespēju ziņot un verificēt oglekļa piesaistes vienību autentiskumu.

## Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana

Būtiska būs uzticamas pārvaldības sistēmas izveide, kas garantēs ar zemes sektoru saistīto oglekļa piesaistes vienību papildus sniegto labumu (additionality) un ilgturību (permanence). EK līdz 2021.gada beigām publiskos komunikācijas dokumentu ("Restoring sustainable carbon cycles"), kas ietvers rīcības plānu abām iniciatīvām: 1) oglekļsaistīgai lauksaimniecībai; 2) oglekļa piesaistes sertifikācijas mehānismam (Att. 3).



Att. 3. ES oglekļa apsaimniekošanas sistēmas izstrāde un ieviešana saistītajos politikas dokumentos un laika grafiks.

### Tehniskās vadlīnijas - rezultātos bāzētas oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidei un ieviešanai ES

ES 2021.gada 27.aprīlī publiskojusi divu gadu pētījuma rezultātu priekšlikumus par oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidi ES. 2018.-2020.gadā veiktā ES pasūtījuma pētījuma rezultāti apkopoti ziņojumā "Tehnisko vadlīniju rokasgrāmata – rezultātos bāzēta oglekļsaistīgās lauksaimniecības mehānisma izveide un ieviešana ES". Oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēma tiek uztverta kā iespēja nodrošināt oglekļa piesaisti, dodot ieguldījumu ES klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanā, vienlaikus radot iespēju lauksaimniecības un meža zemes apsaimniekotajiem gūt papildus ienākumus. Pētījuma rezultāti varētu kalpot kā nesaistošas, orientējošas vadlīnijas, lai rosinātu privāto sektoru un valsts institūcijas domāt par iespējām oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešanā.

Vadlīniju dokumentā dots līdzšinējās pieredzes ieskats oglekļsaistīgo lauksaimniecības sistēmu plānošanā, dizaina izveidē un pārvaldības organizēšanā. Analizēti eksistējošie oglekļa apsaimniekošanas mehānismu piemēri piecās darbību jomās:

1. mitrāju reanturalizācija (sākotnējā mitruma režīma atjaunošana): uzsvērts kā potenciāli efektīvs pasākums ES valstīs, kurām ievērojamas SEG emisijas no

- apsaimniekotas, meliorētas organiskās augsnes, t.sk. Latvijā. ES līmeņa piemērs – projekts “MoorFutures”;
2. agromežsaimniecība: kokaugu un laukaugu/lauksaimniecības dzīvnieku integrētas sistēmas, kuras ieteikt veidot aramzemē un zālājā, pamatojot, ka šādas sistēmas darbojas kā oglekļa krātuves. ES līmeņa piemērs – projekts “UK Woodland Carbon Code”;
  3. augsnes oglekļa uzkrājuma saglabāšana un palielināšana minerālaugsnē: prakses, kas palielina augsnes oglekļa uzkrājumu – uzlabota kultūraugu maiņa, agromežsaimniecība, zālāja pārveides par aramzemi novēršana un aramzemes pārveide par zālāju. Uzsvērta pieejamo datu un vides apstākļu nenoteiktība un mainība. Patlaban nav labu ES līmeņa piemēru;
  4. augsnes oglekļa uzkrājuma apsaimniekošana zālājā: pozitīvais devums pamatojas augsnes oglekļa uzkrājuma palielināšanā tādos pasākumos, kā esošo zālāju saglabāšana, neapsaimniekotu platību pārveide par zālāju, aramzemes pārveide par zālāju un novērstās emisijas zālāju nepārveidojot par aramzemi. ES līmeņa piemērs – projekts “Burren Programme”;
  5. lauku saimniecības oglekļa audits: ar oglekļa auditu lauku saimniecībās saprot datorizētas sistēmas, kas aprēķina saimniecības SEG emisijas un citus indikatorus (piemēram, slāpekļa bilanci) ar mērķi sasniegt saimniecības SEG emisiju apjomu, kas ir zem eksistējošās bāzes līnijas. ES līmeņa piemērs – projekts Francijas “CARBON AGRI”, Solagro, Cool Farm Tool.

Tehnisko vadlīniju dokuments, kā perspektīvākās oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešanai ES iesaka kūdrāju renaturalizāciju (salīdzinoši nelielas platības, bet noteikts liels SEG emisiju samazinājuma potenciāls) un agromežsaimniecību (potenciāli liela pieejamā platība, daudz blakus labumu, iespējams attīstīt jaunas pieejas). Zālāja apsaimniekošanas darbības varētu attiekties uz lielu platību, bet ir salīdzinoši sarežģīti un dārgi veikt monitoringu un nodrošināt ilgnoturību. Lauku saimniecību oglekļa audita sistēmas varētu būt perspektīvas, bet saistītas ar samērā lielu nenoteiktību un varētu būt bažas par intensīvu saimniekošanas sistēmu atbalstu zemē, kuru varētu apsaimniekot efektīvāk. Sistēmas augsnes oglekļa uzkrājuma saglabāšanai un palielināšanai minerālaugsnē arī asociējamas ar augstu nenoteiktību, lielām MZV sistēmas izveides izmaksām un pastāv samērā liels sasniegto klimata pārmaiņu samazināšanas rezultātu ilgnoturības zaudēšanas risks.

Vadlīniju dokuments izdala 2 oglekļa saistīgās lauksaimniecības pieejas:

1. uz darbību bāzētu pieeju (zemes īpašnieks tiek atalgots par konkrētu pasākumu veikšanu, bet nav definēts ar tiem sasniedzamais rezultāts);

2. uz rezultātu bāzētu pieeju (zemes īpašnieks tiek atalgots par konkrētu pasākumu veikšanu un ir definēts sasniedzamā SEG emisiju samazinājuma vai oglekļa uzkrājuma palielinājuma mērķis), bet viss dokuments sagatavots un orientēts uz otrā veida (rezultātu bāzētas) pieejas ieviešanu, uzsverot, ka KLP 2.pīlāra līdzšinējās iniciatīvas pamatā uzskatāmas par uz darbībām bāzētām. Arī politikas dokumentos, kuros oglekļsaistīgā lauksaimniecība pieminēta, ka ES izveidojama klimata pārmaiņu samazināšanas atbalsta sistēma, uzsvērtā tās orientēšana uz rezultātos bāzētu pieeju.

Oglekļsaistīgās lauksaimniecības definējums vadlīniju dokumenta izpratnē ietver oglekļa piesaistītājsistēmu un SEG emisiju plūsmu apsaimniekošanu saimniecības līmenī tādā veidā, kas mazina klimata pārmaiņu ietekmes. Ietverts gan lauksaimniecības, gan ZIZIMM sektors, veidojot AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use) tvērumu, atbilstoši Apvienoto Nāciju Organizācijas Klimata pārmaiņu *starpvaldību* padomes (IPCC) definējumam.

Izvērtējot oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides iespējas kādai no klimata pārmaiņu samazināšanas darbībām, vadlīniju dokuments iesaka veikt izvērtējumu, identificējot jomas un pasākumus, kuri atbilst vietējiem apstākļiem un saimniekošanas sistēmām un izvērtēt pasākumus, atbildot uz jautājumiem:

- vai ir apliecinājums būtiskam SEG emisiju samazinājumam/ CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumam pasākuma ieviešanas rezultātā un vai nav identificējami būtiski negatīvi blakus efekti;
- vai ir pieejami indikatori, kas pierādītu SEG emisiju samazinājumu/CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumu, vai šādi indikatori būtu identificējami pētījumu rezultātā. Indikatoriem ir jābūt tieši saistītiem ar sagaidāmo klimata pārmaiņu samazināšanas efektu, vienkārši izmērāmiem, reaģēt spējīgiem uz izmaiņām saimniekošanas sistēmā, bet noturīgiem pret ārēju no saimniecības neatkarīgu faktoru ietekmēm. Indikatoram ir jāspēj mērīt klimata pārmaiņu samazināšanu CO<sub>2</sub> ekv., atbilstoši aktuālajām IPCC vadlīnijām. Indikators varētu tikt attiecināts arī uz emisiju samazinājuma CO<sub>2</sub> ekv. Mērījumiem attiecībā uz vienu produkcijas vienību (uzsvērts, ka ES vēlas saglabāt pārtikas ražošanas apjomus), kā arī absolūtā izteiksmē). Indikatoru vērtības var būt gan aprēķinātas (modelētas), gan tiešā veidā mērītas dabā;
- vai zemes īpašnieki varētu būt gatavi uzņemt risku, kas saistīti ar pasākuma ieviešanu pēc uz rezultātiem bāzētas shēmas pieejas. Risks varētu būt saistīts ar ārējiem faktoriem, kas padara rezultātu grūti sasniedzamu vai nesasniedzamu, piemēram, dažādi klimatiskie faktori;
- vai MRV sistēma izvēlēto indikatoru gadījumā varētu būt izmaksu efektīva;

- vai ir pieejama neatkarīga klimata pārmaiņu samazināšanas novērtējuma audita sistēma;
- vai šāda veida oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbība jau ir sevi pierādījusi ES kontekstā.

Izvēloties darbību, kurai veidot oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu, kā galveno kritēriju ieteikts izvēlēties pasākuma klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu CO<sub>2</sub> ekv./gadā. Tomēr šis bieži vien var izrādīties arī sarežģītākais solis, jo nereti šāda kvantificēta informācija nav pieejama. Papildus aspekti, kurus ieteikts ņemt vērā pasākuma izvēlē, un kurus varētu būt jāpierāda, ir:

- ilgnoturība (permanence) – vai pasākuma rezultātā sasniegtais klimata pārmaiņu samazinājuma efekts būs ilgnoturīgs;
- papildus sniegtais labums (additionality) – vai pasākums nodrošina efektu, kas savādāk netiktu sasniegts;
- oglekļa pārvirzes risks (carbon leakage) – vai pasākuma ieviešanas rezultātā citur neradīsies emisiju palielinājums. Piemēram, ja vienā platībā tiek saglabāts zālājs, vai nepastāv risks, ka citā zālājs tiks apstādīts, lai saglabātu ražošanas un ienākumu līmeni. Ir gadījumi, kad tas faktiski nav novēršams. Tad šo risku apzinoties, var ieturēt daļu no radītajām oglekļa kompensācijas vienībām;
- nenoteiktība (uncertainty) – vai nav vērojams datu precizitātes trūkums, vai ir iegūstami ticami aprēķini, vai ir pieejami novērtēšanai nepieciešamie dati.

Kā papildus nosacījums par labu kāda pasākuma izvēlei oglekļa saistīgās lauksaimniecības shēmas izveidei būtu ņemama vērā pozitīvo blakus efektu esamība. Piemēram, bet ne tikai - barības vielu izskalošanās samazināšanās, uzlabota augsnes funkcionalitāte, dažādoti saimniecības ienākumi utml. Uzsvērts, ka šos blakus efektus nereti ir sarežģīti noteikt un ietvert novērtējumā.

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidei kādai no darbībām vadlīniju dokuments iesaka veidot secīgu soļu virkni:

1. apzināt būtiskos komponentus – kāds varētu būt klimata pārmaiņu samazinājuma indikators (kādi dati nepieciešami), vai ir pieejama ieviešanai nepieciešamā ekspertīze un prasmes, kāds varētu būt potenciālais finansējuma avots, vai ir pieejami atbilstoši kvalificēti oglekļa piesaistes auditori. Audita sistēmu var veidot uz pašpārbaudes principiem, kad to veic pats zemes īpašnieks. Tas ir lētāk nekā ārējais audits, zemes īpašnieks jūt personisku iesaisti, bet šāda sistēma rada lielāku kļūdu un arī personiskas ieinteresētības risku;

2. vai ir pieejami nepieciešamie resursi sistēmas izveidei un uzturēšanai, vai tos ir iespējams mobilizēt pārskatāmā laika periodā. Vēlams spēt aprēķināt sistēmas izveides un uzturēšanas izmaksas EUR/mtCO<sub>2</sub>ekv.;
3. vai ir pārliecība, ka MZV sistēma dos iespēju novērtēt klimata pārmaiņu samazinājumu ar pietiekamu precizitāti;
4. identificēt iespējamās ieinteresētās puses (eksperti, lauksaimnieki, mežsaimnieki valsts institūcijas) un izvēlēties pārvaldības sistēmas modeli;
5. izveidot pārvaldības struktūru, saskaņot pārvaldības ideju ar ieinteresētajām pusēm, gūstot to atbalstu;
6. gūt apstiprinājumu sistēmas izveidei atbilstošajā valsts pārvaldes institūcijā. Izstrādāt sistēmas projekta plānu, identificējot konkrētus uzdevumus, laika grafiku, atskaites punktus, atbildības sadalījumu un nepieciešamos resursus.

Analizējot iespējamus finansējuma avotus oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveidei kādai no darbībām, identificētas vairākas iespējas, atbilstoši esošajai praksei:

1. publiskais finansējums – galvenais finansējuma avots, kuru ieteikts apsvērt ES valstīm. Īpaši izcelts KLP ietvars uzsverot, ka tas jau šobrīd izmantots līdzīga veida finansējumam (minētas EIP grupas un potenciāli arī LEADER projekti). 2023-2027 periodā ieteikts apsvērt 1.pilāra intervences un atbilstības noteikumus. Doti vispārīgi norādījumi KLP Stratēģiskā plāna izstrādē abos pilāros ietvert oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbības un skaidrot šo pieeju lauksaimniekiem, mežsaimniekiem, konsultāciju dienestiem. Ieteikts veidot oglekļa saistīgās lauksaimniecības pieejas ieviešanas darba grupas. Ieteikums KLP ietvaros attiecībā uz oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbībām koncentrēties uz eko-shēmām un ikgadēju palielinātu maksājumu par kūdras augsni ar paaugstinātu ūdens līmeni, agromežsaimniecības sistēmām un kokaugu ieslēgumiem lauksaimniecības zemē. Vienlaikus atzīts, ka var pastāvēt dubultfinansējuma risks, ikgadējas saistības var nenodrošināt pietiekamu ilgnoturību, maksājumu likmes var mainīties, eko-shēmas šobrīd neattiecas uz lauksaimniecības dzīvniekiem.
2. Privātais finansējums, oglekļa tirgus. Oglekļa tirgus var būt:
  - a) bāzēts uz saistību izpildi (compliance market) – oglekļa kredīti (carbon credits) tiek izmantoti saistību izpildei un privātās institūcijas iegādājas oglekļa kredītus to radīto SEG emisiju noseigšanai. Šajā gadījumā pieprasījumu veido politiski noteikti mērķi – jo augstākas mērķu vērtības, jo lielāks pieprasījums tirgū.
  - b) brīvprātīgs (voluntary market). Nav publiski noteiktu saistību, tirgo oglekļa kompensācijas vienības (offsets). Šie tirgi līdz šim ir bijuši veiksmīgākie

oglekļa saistīgās lauksaimniecības projektu attīstīšanai. Sākotnēji sistēmas izveidei nepieciešams ārējs finansējums, bet vēlāk sistēma kļūst finanšu ziņā pašpietiekama. Brīvprātīgie tirgi dod iespēju zemes īpašniekiem gūt tiešu labumu ieviešot klimata pārmaiņas samazinošas prakses. Starptautiski brīvprātīgajā tirgū sastopami labi piemēri oglekļa piesaistes palielināšanai mežā un kūdrājos.

- c) pie privātā finansējuma var izdalīt arī piegādes ķēdes finansējumu – gadījumi, kad uzņēmums vēlas veikt darbības, lai samazinātu savas produkcijas oglekļa pēdu. Darbības var veikt gan pats uzņēmums, gan tā piegādātāji, kuriem uzņēmums finansē noteiktu oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu, tādējādi samazinot uzņēmuma oglekļa pēdu. Šādu pieeju nereti izvēlas lielie ražotāji un tirgotāji, piemēram, pārtikas jomā.

Kā viena no ieteiktām praksēm minēta publiskā un privātā finansējuma sadarbības pieeja. Publiskais finansējums var tikt lietots sistēmas izveidei, bet privātais tās tālākas darbības nodrošināšanai. Ieviešot privāti finansētu oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu, jāreķinās, ka sākotnējo sistēmas izveides investīciju atmaksāšanās periods ir samērā garš.

Vienlaicīga brīvprātīga oglekļa tirgus un nacionālo klimata pārmaiņu samazināšanas saistību pastāvēšana var radīt dubultās uzskaites risku. Gadījumos, kad divas puses savu mērķu izpildei vienlaicīgi pretendē uz vienu un to pašu emisiju samazinājumu un gadījumos, kad viena un tā pati emisiju samazinājuma vienība ir reģistrēta, piemēram, gan brīvprātīgajā sistēmā, gan valsts saistību izpildē. Tas nozīmē nepieciešamību pēc stingras oglekļa vienību uzskaites sistēmas un izcelsmes izsekojamības. Dubultās uzskaites risks pastāv arī gadījumos, kad vienā valstī radītu emisiju samazinājumu, pārdod citā valstī, jo emisiju samazinājums var parādīties gan izcelsmes valsts, gan pircēja saistību izpildē. KLP finansējuma gadījumā dubultā finansējuma risks var rasties, ja zemes īpašnieks saņem regulāro KLP maksājumu par darbību un vienlaikus arī papildus maksājumu par šīs darbības rezultātu oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ietvaros. Šādā gadījumā sistēma ir neefektīva un nedod papildus labumu (additionality).

Oglekļa vienību cenas dažādās shēmās un mainoties tirgus situācijai var būtiski atšķirties un būt ļoti mainīgas. Cita starpā tās ietekmē MZV sistēmas izveides izmaksas, kas var būtiski atšķirties gan atkarībā no finansējuma avota, gan oglekļa tirgus (brīvprātīgajā tirgū prasības vienmēr stingrākas) un attiecīgi MZV izvirzītajām prasībām. Vadlīniju dokuments uzsver, ka publiskā finansējuma shēmu gadījumā oglekļa vienību cenas ir daudz stabilākas, jo par tām panākta vienošanās. KLP vērtēts kā relatīvi stabils finansējuma avots, tomēr atzīts, ka tas ir 7 gadu finansējums un nākamā perioda nostājas var atšķirties.

Pārvaldības sistēmas izveidē būtiska pietiekami plaša un savlaicīga dažādu interešu (zemes īpašnieki, valsts pārvalde, nevalstiskās organizācijas, konsultanti, biznesa un zinātnes pārstāvji) iesaiste. Vadlīniju dokuments min, ka pieredzē (MoorFutures shēma) sevi labi pierādījušas sistēmas, kurām izveidota uzraudzības grupa (valsts pārvalde, zemes īpašnieki, NVO, business, zinātnieki) un atbalsta grupa (metodika, datu ieguve, apstrāde utml.). Pārvaldības sistēmas sastāvdaļa ir neatkarīga oglekļa vienību audita/sertifikācijas sistēma. ES pieredze liecina, ka pietiekami efektīvi var strādāt sistēma, kurā auditu veic institūcija, kura izstrādājusi monitoringa sistēmu, bet var tikt veidotas atsevišķas nacionālas sertifikācijas sistēmas. Šo jautājumu ES līmenī plānots sakārtot līdz 2023.gadam izveidojot vienotu oglekļa piesaistes sertifikācijas ietvaru.

Pārvaldības ietvaros rodas jautājums par to vai uz rezultātiem bāzētas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas var sniegt ieguldījumu valsts līmeņa klimata pārmaiņu samazināšanas mērķu sasniegšanā, īpaši aktuāli tas ir gadījumos, kad sistēmu pārvalda valsts iestāde. Lai nodrošinātu to, ka SEG inventarizācijas jautājumi ir pietiekami integrēti, tiek ieteikts pārvaldības dizainā ietvert arī par SEG inventarizāciju atbildīgo institūciju, kas var izveidot oglekļa kompensācijas vienību reģistru, izsniegt šīs vienības un sekot to izmantošanai, tādejādi adekvāti uzskaitot SEG samazinājumu valsts līmenī. Jebkuras oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides gadījumā ES, pārvaldībai jānodrošina koordinētība ar KLP un jāpierāda sistēmas papildus sniegtais efekts attiecībā pret KLP shēmām un nosacījumu sistēmām.

Pārvaldības izveides ietvaros būtu jāvar atbildēt uz šādiem jautājumiem: 1) kura ministrija vai cita pārvaldes iestāde būs atbildīga par sistēmu; 2) ar kurām citām ES un nacionālajām politikām sistēmas izveide jākoordinē, lai izvairītos no pretrunām; 3) vai veidojamajai oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmai ir pietiekama sasaiste ar nacionālo SEG inventarizāciju, kā šo sasaisti koordinēt; 4) kā ziņot sistēmas darbību datus, lai vienkāršotu to integrāciju SEG inventarizācijā.

Būtisks oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izveides aspekts konkrētai darbībai ir monitoringa, ziņošanas un verifikācijas sistēmas (MZV) izstrāde. MZV sistēma nepieciešama, lai būtu iespējams novērtēt un pierādīt darbību klimata pārmaiņu mazināšanas efektu, tā ir galvenais instruments, lai būtu iespējams pierādīt sistēmas vides integritāti – to, ka klimata pārmaiņu samazināšanas efekts ir paties, papildus labumu nodrošinot, izmērāms, ilgnoturīgs, novērš oglekļa pārvirzi un dubulto uzskaiti. Galvenās MZV sistēmas sastāvdaļas:

- monitoringa: SEG emisiju un CO<sub>2</sub> piesaistes kvantificēšana, datu ievākšana, aprēķinu metodika;
- ziņošana: kārtība kādā oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas dalībnieki ievāc un ziņo monitoringa datus attiecīgajām institūcijām;
- verifikācija: monitoringa datu patiesuma un precizitātes nodrošināšana.



Šī nereti ir laika un izmaksu ietilpīgākā sistēmas izveides sastāvdaļa. Ja to veido ļoti striktu, tā var būt ļoti dārga, kas savukārt var būtiski mazināt attiecīgās oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēma ieviešanas un sekmīgas darbības potenciālu.

Monitoringa daļa parasti ir gan vislaikietilpīgākā, gan arī dārgākā. Lielākais izaicinājums ir saglabāt samērīgas izmaksas vienlaikus nodrošinot pietiekamu precizitāti. Katrai sistēmai būs sava specifiska monitoringa pieeja. Uz rezultātiem bāzētas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas monitoringam ir jāizmanto vismaz Tier 2 līmeņa (IPCC) pieeja. Augsnes oglekļa modelēšanai visticamāk nepieciešama Tier 3 pieeja.

MZV sistēma var balstīties uz mērījumiem dabā vai arī uz modelēšanas rezultātiem un tā sauktajiem proxy jeb netiešajiem indikatoriem. Netiešā un modelēšanas pieeja var būtiski samazināt izmaksas, bet ne vienmēr ir pieejami nepieciešamie dati un lietošanai gatavas modelēšanas pieejas un šāda veida aplēses var būt ar būtiski lielāku nenoteiktību. Labas kvalitātes datu esamība var būt limitējošais faktors uz rezultātiem bāzētu sistēmu ieviešanai.

Monitoringam izvēloties tiešo mērījumu pieeju, nepieciešama lauka datu ieguve un laboratorijas darbs, lai, piemēram, aprēķinātu oglekļa krājuma izmaiņu augsnē vai mežā, kas tālāk pārrēķināma SEG samazinājumā vai piesaistē. Modelēšana saistīta ar izmērāmu netiešo rādītāju izmantošanu, lai uzbūvētu modeli, kas, izmantojot tajā iebūvētās sakarības, spēj ticami aprēķināt klimata pārmaiņu samazināšanas ietekmi. Modelēšana īpaši plaši lietota lauksaimniecības dzīvnieku sistēmās, nereti balstoties un daudziem desmitiem proxy rādītāju. Katras oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas gadījumā veidojama sava individuāla sistēma, izvēloties un kombinējot monitoringa pieejas.

Monitoringa pieejas izvēlē svarīgi 3 nosacījumi: 1) bāzēšanas zinātniskā pieejā. Rezultātiem jābūt aprēķinātiem ar augstu ticamību un caurskatāmā veidā – metodei jābūt skaidri dokumentētai un vēlām publicētai zinātniskajā literatūrā; 2) praktiskā pielietojamība. Monitoringa pieejai jābūt salīdzinoši viegli pielietojamai konkrētajos apstākļos. Kompleksas sistēmas var būt sarežģīti pielietojamas, kas savukārt var kavēt sistēmas ieviešanu. Ievācamajam datu apjomam jābūt samērīgam, vēlams jau ievāktu datu maksimāla izmantošana (KLP dati, dati kas jau ievākti citām vajadzībām un ir institūciju lietošanā); 3) blakus labumi un citu mērķu ievērtēšana. Vēlams, lai monitoringa sistēma dotu iespēju vienlaicīgi novērtēt arī citu politiku mērķus un blakus labumus, tādus kā saimniecības produktivitātes izmaiņas, pozitīvi bioloģiskās daudzveidības efekti, lauksaimniecības dzīvnieku labturības uzlabošanās vai, piemēram, slāpekļa izskalošanās samazināšanās.

Monitoringa sistēmu var veidot maksimāli precīzu, bet tad tā būs izmaksu ietilpīga un ir būtiski, lai maksimālas monitoringa precizitātes nodrošināšana neapdraud visas

sistēmas ieviešanu, to padarot pārāk laikietilpīgu un finanšu ziņā neizdevīgu attiecībā pret iegūstamo klimata pārmaiņu samazinājumu. Monitoringa noteikumu striktumu var variēt atkarībā no sistēmas dalībnieka potenciālās riska pakāpes – lielākām zemes platībām vai sistēmām var noteikt nepieciešamību veikt lauka mērījumus, bet, piemēram, nelielām platībām – lietot tikai emisiju faktorus vai netiešos indikatorus. Maksimāli jāieorientējas uz esošo datu un pētījumu rezultātu izmantošanu. Piemēram, kā oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu izvēloties oglekļa auditu lauku saimniecībā, var lietot jau eksistējošus SEG emisiju/piesaistes kalkulatorus, iespējams arī adaptētas ES Farm Sustainability Tool versijas, tomēr šādā gadījumā jābūt pieejamiem lokāli specifiskiem emisiju faktoriem, kuru iegūšana var sistēmu atkal sadārdzināt.

MZV sistēmas dizainā jāņem vērā un jāizstrādā tas, kā sistēma sadarbosies ar nacionālo SEG inventarizācijas sistēmu. Visa veida aprēķiniem jāatbilst IPCC vadlīnijām, projektu sistēmu līmenī lietojami tie paši emisiju faktori vai pecizāki, kas aprēķināti atbilstoši vadlīnijām, tie paši vai lielākas precizitātes darbību dati un pieņēmumi, respektējot IPCC zemes kategoriju dalījumu. Sasaiste ar SEG inventarizāciju šobrīd lietotajām ES oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmām mēdz būt vājais punkts, kas rada risku, ka klimata pārmaiņu samazināšanas efekts neparādās nacionālajā SEG inventarizācijā. SEG inventarizācijas veicējiem būtu jābūt iesaistītiem visu oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu izstrādē.

Sistēmas izveides sākumā būtiski noteikt bāzes vērtības, sākuma periodā varētu būt nepieciešami mērījumi dabā saimniecību/lauka līmenī. Visa veida aprēķini veicami saskaņā ar aktuālajām IPCC vadlīnijām. MZV sistēmas izstrādātājiem jābūt pazīstamiem ar IPCC vadlīnijām, jāizmanto nacionālie SEG emisiju faktori un cik iespējams jālieto tie paši darbību dati, kas izmantoti nacionālajā SEG inventarizācijā. MZV izstrādes laikā jāizšķiras par tieši mērāmu vai netiešo indikatoru lietošanu, lai novērtētu sasniegto SEG emisiju samazinājumu vai CO<sub>2</sub> piesaisti. MZV izmantotie SEG emisiju faktori var būt iegūti konkrētās sistēmas izstrādes projekta ietvaros (dārgi, bet maza nenoteiktība), citu projektu dati atbilstošos apstākļos (ieteicama pieeja – izmaksu efektīvi un laba nenoteiktība), nacionālie SEG emisiju faktori (nenoteiktība palielinās, jo mazāk iespējams ņemt vērā konkrētās vietas specifiku), noklusētie IPCC SEG emisiju faktori (ir viedokļi, ka noklusētie faktori nav izmantojami oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmās, jo nespēj reprezentēt sistēmas platības. Konservatīvu faktoru gadījumā vides integritāte netiek kompromitēta, bet veidojas ekonomiski zaudējumi). Netiešo indikatoru izvēles gadījumā, papildus nepieciešamos lauka līmeņa mērījumus var veikt zemes īpašnieks tādejādi kļūstot vairāk iesaistīts procesā. Tomēr, ja zemes īpašnieki ir iesaistīti MZV procesos (iegūst un apkopo klimata pārmaiņu samazinājuma noteikšanai nepieciešamos lauka datus), tiem nevajadzētu šim darbam veltīt vairāk kā 1 nedēļu gadā. EK tehnisko vadlīniju dokuments uzsver, ka pretējā

gadījumā būtiski mazinās zemes īpašnieku iesaistes motivācija. Jebkuriem indikatoriem pirms to iekļaušanas MZV sistēmā, ir jābūt testētiem lauka līmenī. Testēšanas procesā vēlams iesaistīt zemes īpašniekus kā potenciālos sistēmas dalībniekus, kā arī dažādas interešu grupas, lai tādejādi palielinātu veidojamās sistēmas caurskatāmību un nodrošinātu to, ka interešu grupas to vērtē kā uzticamu. Ideālā gadījumā proxy indikatori tiek validēti ar lauka mērījumu datiem. Piemēram, dažādu zālāja apsaimniekošanas sistēmu oglekļa uzkrājuma potenciāla mērījumi pilotteritorijās, tos izmantojot, lai pārrēķinātu prakses ieviešanas platības rādītāju oglekļa piesaistes rādītājā, ko tālāk izmantos MZV sistēma. Pirms pašas sistēmas izstrādes, ļoti ieteicami pilot izmēģinājumi. Būtiski identificēt un MZV sistēmā ievērtēt darbības pozitīvo blakus efektus. Piemēram, agromežsaimniecības sistēmām parasti ir ievērojami bioloģiskās daudzveidības palielināšanas blakus efekti.

Tehnisko vadlīniju dokuments oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas dizaina praktiskā izveidē iekļaujamo elementu vēl vidū izceļ:

- mērķu un atbilstības noteikumu definēšanu. Skaidra uz rezultātiem bāzēta oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas mērķa definēšana var būt komplicēta. Ir jāsaprot vai sistēma būs orientēta uz SEG emisiju samazināšanu, oglekļa piesaisti vai abu procesu kombināciju. Ir sistēmas, kurām mērķis ir skaidrs (piemēram, SEG emisiju samazinājums lauksaimniecības dzīvnieku sistēmās), bet var būt kompleksas situācijas. Darbībām, kuru mērķis ir SEG emisiju samazinājums, ir mazāks nenoturības (non-permanence) risks, savukārt oglekļa uzkrājuma palielināšana ir lēns process un ietver lielāku nenoturības risku. Atbilstības noteikumu izstrādē (kas var pieteikties dalībai sistēmā, kādas platības attiecināmas utml.) būtiski izvairīties no pārklāšanās ar citām atbalsta shēmām un izstrādāt tādas kritērijus, kas nodrošina ilgnoturību, papildus sniegto labumu, neveicina oglekļa pārvirzes risku, mazina nenoteiktību un izslēdz negatīvus blakus efektus. Katras sistēma gadījumā šie kritēriji atšķiras;
- rezultātu indikatora izvēle. Klimata pārmaiņu samazināšanas indikatoriem jābūt izvēlētiem atbilstoši IPCC vadlīniju pieejai un visi aprēķini veicami atbilstoši aktuālajām IPCC vadlīnijām. Indikatori var būt vērsti gan uz SEG samazinājumu, gan oglekļa krājuma palielināšanu mežā vai augsnē. SEG emisiju samazinājuma indikatoriem parasti ir mazākas nenoteiktības un tie ir noturīgāki salīdzinājumā, piemēram, ar oglekļa piesaisti augsnē (trūkst datu, sarežģīti aprēķināt, salīdzinoši lielāka nenoteiktība). Indikators var būt - SEG emisiju samazinājums absolūtā izteiksmē, SEG emisiju intensitātes samazinājums (nepieciešami arī produktivitātes dati), piemēram, uz produktivitātes vienību vai kombinācija. Ja tiek izmantoti intensitātes rādītāji, jāspēj pārrēķināt samazinājumu arī absolūtā izteiksmē, jo visām oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmām jāspēj dot pienesums ES Klimata likuma kontekstā.

Var tikt izmantoti netiešie jeb proxy indikatori, kaut gan tas vienmēr nozīmē lielāku nenoteiktību. Piemēram, zālāja gadījumā – palielināti bioloģiskās daudzveidības rādītāji, uzlabota ūdens aprīte, reģistrētas saimnieciskās aktivitātes, kurām ir zināms oglekļa uzkrājuma palielinājuma potenciāls u.c. Tiešo indikatoru izmantošana (piemēram, augsnes oglekļa mērījumi) var būt izmaksu ietilpīga un tehniski sarežģīti ieviešama. Biežāk tiek izmantoti dažāda veida netiešie indikatori, par kuriem informācija iegūstama no cita veida datu bāzēm, tomēr šajā gadījumā vienalga nepieciešami arī lauka līmeņa mērījumi, kurus var veikt pats atlīdzības saņēmējs;

- atlīdzības sistēmas dizains. Lielākajā daļā eksistējošo oglekļa saistīgā lauksaimniecības sistēmu ienākumi tiek gūti pārdodot klimata pārmaiņu samazinājuma efektu (tonnu CO<sub>2</sub> ekv.). Cenas var noteikt tirgus vai par tām var vienoties iepriekš. Cenas ir ļoti atšķirīgas, vadlīniju dokuments informē, ka 2019.gadā globāli ZIZIMM sektora vienību cenas brīvprātīgajā tirgū variējušas no 0.5 ESD līdz vairāk kā 50 USD par metrisko t CO<sub>2</sub> ekv, vidējā cena - 4.3 USD par metrisko t CO<sub>2</sub> ekv. Saistību izpildes tirgū cenas bijušas augstākas – 6-13 USD par metrisko t CO<sub>2</sub> ekv. Saistību izpilde tirgū cenas ietekmē politiskie lēmumi, noteiktie atļauto kompensācijas vienību ierobežojumi. Tirdzniecībai var būt vairākas shēmas: 1) vienota platforma vienas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas projektiem, kura nodrošina dažādu projektu radīto oglekļa vienību tirdzniecību. (MoorFutures piemērs) 2) decentralizēta sistēma – katram projektam savs reģistrs, kuru integritātes uzraudzība ir deleģēta (Peatland Code piemērs); 3) centralizēts reģistrs dažāda veida oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu projektu radīto oglekļa vienību uzskaitē un tirdzniecībai (The Dutch Green Deal piemērs). Atlīdzības noteikšanai var tikt izmantota ar tirgu nesaistīta, regulatora pieeja izmantojot reversās izsoles principu – publiska institūcija var organizēt oglekļa vienību iepirkšanu, piemēram, nacionālo saistību izpildes vajadzībām, nosakot nepieciešamo vienību skaitu un cenu un izsolē iegādājoties mazākās cenas piedāvājumu. Šajā gadījumā piedalīties varētu tikai projekti, kuriem ir verificētas, apstiprinātas sistēmas un pierādījumi vides integritātes nodrošināšanai. Izmantojot atlīdzības noteikšanu, balstoties uz radušos izmaksu novērtēšanu, tiek ieteikta Pasaules tirdzniecības organizācijas (PTO) apstiprinātā KLP pieeja – kompensēt izmaksas un neiegūto labumu. KLP atzīts kā acīmredzams, ar tirgu nesaistīta finansējuma avots, bet problemātisks varētu būt 7 gadu cikliskums gadījumā, kad rezultāti ir mērāmi ilgtermiņā. Varēti tikt izmantota elastīga pieeja pārnesēi uz nākamo periodu un arī attiecībā uz ikgadējā maksājuma aprēķinu – sākotnēji maksājuma apmēru noteikt, balstoties uz projekta plānu, bet, ja MZV sistēma liecina, ka klimata pārmaiņu samazināšanas efekts ir mazāks kā gaidīts, samazināt nākamās maksājumus (vai palielināt, ja konstatēta pretēja situācija).

Būtiska arī atlīdzības laika izvēle – ex-post pēc sasniegta klimata pārmaiņu samazinājuma efekta vai ex-ante jau pirms klimata pārmaiņu samazinājuma efekta sasniegšanas. Abām izvēlēm ir ierobežojumi un var tikt izvēlētas arī kombinētas pieejas: 1) lielākā daļa oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmu sākotnēji to izveidei tiek daļēji vai pilnīgi finansētas no ārpus tirgus jeb publiskā finansējuma; 2) izvēlēties ex-ante maksājumu pērkot ex-ante oglekļa vienības – samazinājuma vienības, kas vēl faktiski dabā nav radītas. Šādā gadījumā lieto cenas samazinājumu par vidēji 10-15% un ex-ante vienības nevar tikt izmantotas saistību izpildē bāzētos tirgos, kas parasti raksturīgi ar augstāku atlīdzību salīdzinot ar brīvprātīgajiem tirgiem; 3) var vienojoties iekasēt no samazinājuma vienību pircējiem “priekšapmaksu” līdz 50%, tādējādi iegūstot līdzekļus sistēmas darbībai; 4) hibrīdas pieejas izvēle – ikgadējs action-based maksājums darbības realizētājiem, kas nosedz darbības ieviešanas izmaksas un papildus ex-post result-based maksājums, balstoties uz sasniegtajiem klimata pārmaiņu samazinājuma rezultātiem. Var tikt maksāta arī ikgadēja noteikta ex-ante atlīdzība par rezultātu sasniegšanu, kura tiek pārskatīta perioda beigās, attiecīgi koriģējot starpību starp samaksāto un faktiski sasniegto.

Lielākajai daļai oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmu varētu būt nepieciešams atbalsts no KLP finansējuma, lai izlīdzinātu lauksaimnieku vai mežsaimnieku izdevumus posmā no darbības ieviešanas izmaksu brīža līdz brīdim, kad oglekļa vienības ir radītas, verificētas un realizētas.

Neatbilstību pārvaldība. Neatbilstība tiek pamatā saistīta ar ilgnoturības (permanence) zudumu – tas var būt tīšs (apzināta ieviestās darbības reversēšana) vai nejaušs (uguns traucējums, sausuma periods, kas iznīcina darbības efektu). Nejauša ilgnoturības zuduma pārvaldīšanai pieņemta prakse ir noteiktu samazinājuma vienību apjomu (5-60% atkarībā no noteiktās riska pakāpes) iesaldēt kā drošības spilvenu. Drošības spilvena pieeju var lietot arī tīšā ilgnoturības zuduma pārvaldībai, bet šajā gadījumā parasti izvēlas tādas metodes, kā: 1) sākotnēji izvēlēti atbilstības kritēriji – izvērtējot, kuri potenciālie sistēmas dalībnieki varētu būt mazāk pakļauti reversā darbības efekta riskam; 2) ilgtermiņa kontrakti – vienošanās par darbību ilgnoturības saglabāšanu; 3) īpaša atlīdzība par ilgnoturības garantēšanu; 4) izglītojošs un konsultāciju darbs, lai panāktu atbildības līmeņa celšanos; 6) zemes īpašuma tiesību maiņa – ne vienmēr iespējama, bet varētu strādāt gadījumos, kad īpašnieks ir gatavs zemi, kas vairs nenes produktīvu ienākumu (appludinātu platību) pārdot apsaimniekotajam, kuru interesē tikai vides faktori; 7) zemes lietošanas veida maiņas aizliegums – iespējams atsevišķos gadījumos.

Izstrādātās oglekļsaistīgās lauksaimniecības sistēmas novērtēšana. Novērtējums ir būtiska jaunu sistēmu ieviešanas sastāvdaļa. Novērtējums prasa papildus informācijas ieguvu, tas jāparedz jau sistēmu veidojot. Novērtējums dod slēdzienu par sasniegto klimata pārmaiņu samazināšanas efektu, sistēmas uzticamību, identificē problēmas un

piedāvā to risinājumus. Novērtējumam jāskar sistēmas ieviešanas sekmes, klimata pārmaiņu samazinājuma efektu, vides un sociālos blakus labumus un negatīvo ietekmju novērtējumu, ekonomiskās ietekmes novērtējumu, efektivitāti (ieviešanas, MZV izmaksu adekvātums) un godīgumu (izmaksu un ieguvumu sadalījums starp sistēmas dalībniekiem). Novērtējums veicams ievācot datus (zinātniskie un ekonomiskie dati), intervējot gan tos lauksaimniekus un mežsaimniekus, kuri piedalījušies sistēmā, gan tos, kuri nav piedalījušies, konsultācijas ar interešu grupām. Konsultācijas un diskusija ar sistēmas dalībniekiem un interešu grupām ir vienlīdz nozīmīga ar zinātniskajiem un ekonomiskajiem datiem. Novērtējums vidēji tiek veikts reizi 3 gados, bet KLP finansējuma gadījumā – pēc KLP finansējumu apsaimniekojošās institūcijas ieskatiem. Vērtējamajai oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmai ir jāņem vērā novērtējuma rezultātus un ieteikumus, kas var būt sarežģīti attiecībā pret sistēmas dalībniekiem, kuriem spēles laikā var tikt mainīti noteikumi. Viens no šīs problēmas risinājumiem varētu būt novērtējuma ieteikumu attiecināšana tikai uz dalībniekiem, kuri sistēmā iesaistās pēc novērtējuma veikšanas brīža.

Tehnisko vadlīniju dokuments identificē vārākas problemātiskas jomas saistībā ar oglekļa tirdzniecības sistēmas ieviešanu:

- atalgota tiek tikai emisiju samazināšana, bet ne esošais oglekļa uzkrājums;
- nereti ir problēmas nodrošināt nepieciešamo “additionality” aspektu platībās, kurās arī bez oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas tiktu realizēts attiecīgais apsaimniekošanas veids;
- oglekļa vienību radīšanas izmaksas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu ietvaros varētu būt augstākas nekā patreizējās oglekļa tirgus cenas;
- valsts līmenī administratīvi vieglāk varētu būt turpināt ierastās atbalsta sistēmas nevis ieviest oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas.

## **Starptautiskie oglekļa sertifikācijas standarti**

Pasaulē šobrīd darbojas vairāki neatkarīgi sertifikācijas standarti. Sākotnēji tie tika radīti, lai apkalpotu Kioto protokola mehānismus. Brīvprātīgais oglekļa tirgus ir atkarīgs un saistīts ar saistību izpildē bāzēto tirgu. Kad paredzama saistību izpildē bāzētā tirgus paplašināšanās (politiskie lēmumi), palielinās brīvprātīgā tirgus aktivitāte, jo operatori gatavojas jaunajai situācijai. Kad jaunais saistību izpildes tirgus ir nostabilizējies, mazinās pieprasījums brīvprātīgajā tirgū.

Patlaban starptautiski nozīmīgākie oglekļa standarti ir Gold Standard un Verified Carbon Standard (Verra). Starptautiskie oglekļa sertifikācijas standartus lieto, lai nodrošinātu brīvprātīgajā tirgū nonākušo oglekļa vienību uzticamību, vides integritāti un izvairītos no dubultās uzskaites riskiem.

## **Gold Standart sertifikācijas standarts**

Gold Standart ir bezpeļņas organizācija, kas tirgū darbojas kopš 2003. gada. Tās dibinātājs ir Pasaules dabas fonds un starptautisko nevalstisko organizāciju tīkls. Līdzīgi Verra standartam, tā izveides mērķis ir nodrošināt augstas kvalitātes sertifikāciju brīvprātīgajā oglekļa tirgū izmantojamajām oglekļa vienībām. Standarts izvirza augstas prasības MZV sistēmu izstrādei. Jauna metodoloģija izmantojama tikai pēc tam, kad tā ir apstiprināta zinātnisko ekspertu tehniskajā komitejā, to vērtējis iekšējais audits un tā ir publiski komunicēta. Tā kā rezultātu nenoteiktības līmeni ir grūti kvantificēt, standarts nosaka, ka ieejas datiem (emisiju faktoriem, darbību datiem u.c.) jābūt ar nenoteiktības līmeni mazāku par 20% 90% ticamības intervālā un šai nenoteiktībai jābūt publicētai vai citādi ticami pārbaudītai, piemēram, IPCC ietvaros.

Šīs sistēmas ietvaros projektu atbilstību verificē neatkarīgi trešās puses auditori, pirmo reizi to darot 2 gadu laikā kopš projektu ieviešanas un atkārtoti 5 gadu intervālos. Atbilstoši EK tehnisko vadlīniju dokumentā sniegtajai informācijai, vidējās vienas oglekļa saistīgās lauksaimniecības projekta sertifikācijas izmaksas un laika patēriņš, to sertificējot Gold Standart ir raksturots Tab. 2.

**Tab. 2. Vidējās oglekļa saistīgās lauksaimniecības projekta sertifikācijas izmaksas un laika patēriņš, to sertificējot Gold Standart<sup>2</sup>**

<b>Vienība</b>	<b>Izmaksas, EUR</b>	<b>Komentāri</b>
Metodikas apstiprināšana (jauna metode)	50 000	Patērētais laiks – 5 mēneši
Metodikas apstiprināšana (esoša metodika, iepriekš apstiprināta citur)	7500	Patērētais laiks – 2 mēneši
Sertifikācija (kamerāla pārbaude)	5000	-
Sertifikācija (audits)	30-40 000	-
Verifikācija	30-40 000	Verifikāciju veic 2 gadu laikā pēc projekta uzsākšanas un turpmāk ik pēc 5 gadiem
Verifikācijas ziņojums	1500	
Reģistra atvēršana	1000	-
Reģistra izmaksas 1 kredīta vienībai	0.30	-

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības projektiem AFOLU sektorā Gold standartam ir īpaši izstrādāti standartizācijas noteikumi, kurus ikgadēji atjaunina. Aptvertās oglekļa saistīgās lauksaimniecības jomas – apmežošana, atkārtota apmežošana un lauksaimniecības (pamatā agromežsaimniecība un zālāju sistēmu apsaimniekošanas darbības) projekti.

<sup>2</sup> Avots: Ziņojums "Tehnisko vadlīniju rokasgrāmata – rezultātos bāzēta oglekļa saistīgās lauksaimniecības mehānisma izveide un ieviešana ES".

## **Verra sertifikācijas standarts (Verified Carbon Standard)**

Verra standarts tirgū darbojas kopš 2007. gada. Tā izveides mērķis ir augstas kvalitātes standartu nodrošināšana oglekļa piesaistes vienību tirdzniecībai brīvprātīgajā oglekļa tirgū. Standarta valdes mītne ir ASV (Vašingtona), bet darbības lauks – globāls. Standarts darbojas vairākās jomās un viena no tām ir verificēta oglekļa vienību standartizācijas (VCS) programma, kuras ietvaros oglekļa saistīgās lauksaimniecības projektiem ir iespējams sertificēt savas sistēmas un radīto SEG samazinājumu un piesaistes palielinājumu globālai tirdzniecībai brīvprātīgajā oglekļa tirgū. VCS programma darbojas kopš 2006. gada, ietver daudzas jomas, tostarp arī meža, mitrāju, lauksaimniecības zemes apsaimniekošanas darbību radīto oglekļa vienību sertifikāciju.

Pēc oglekļa saistīgās lauksaimniecības projekta sertifikācijas Verra sistēmā, tā radīto klimata pārmaiņu samazinājumu ir iespējams tirgot starptautiskajā tirgū. Samazinājums ir izteikts verificētās oglekļa vienībās (VCUs). Lai oglekļa saistīgās lauksaimniecības projekts sertificētos Verra sistēmā, tam jāizpilda sistēmas noteikumi un prasības: 1) jābūt izstrādātai detalizētai oglekļa uzskaites metodikai, atbilstoši Verra prasībām; 2) izstrādātā metodika jāpakļauj ārējam trešās puses auditam un Verra iekšējām kamerālajām un lauka pārbaudēm; 3) projektam jātiek reģistrētam Verra reģistrā, kas uztur informāciju par reģistrētajiem sertificētajiem projektiem, radītajām un dzēstajām oglekļa piesaistes vienībām.

Verra AFOLU standarts ietver uzlabotu meža apsaimniekošanas praksi, mitrāju aizsardzību un atjaunošanu, zālāja un krūmāja sistēmu saglabāšanu. Verra ir atvērts jaunu ideju piedāvājumiem sertifikācijas jomām - idejas var tikt iesniegtas Verra kvalitātes novērtēšanas un kontroles grupai. Kā galvenos riskus AFOLU jomā Verra uzsver dabisko traucējumu risku (ugunsgrēki, slimības, kaitēkļi) un oglekļa pārvirzes risku. Lai šos riskus mazinātu, Verra izstrādā īpašus novērtējuma un mazināšanas rīkus. Netīšā ilgnoturības riska mazināšanai projektiem ir jāizstrādā risku novērtējums (iekšējie, ārējie un dabiskie riski), novērtējumu verificē Verra auditori un atbilstoši tam noteikts oglekļa vienību skaits ieskaitāms riska fondā, to aizturot no laišanas tirgū. Visiem projektiem ir noteikts oglekļa vienību skaits jāieskaita tā sauktajā drošības bankā – ja oglekļa vienības kādu iemeslu dēļ tiek zaudētas (uguns, kaitēkļi utml.), drošības bankā ieskaitītās vienības var tikt anulētas. Savukārt gadījumos, kad kādam projektam riski neiestājas, oglekļa vienības var tikt atbrīvotas šim projektam izmantošanai brīvprātīgajā tirgū. Attiecībā uz oglekļa pārvirzes risku, Verra pieprasa jebkuru potenciāli pārvirzītu vienību definēšanu, ziņošanu un uzskaiti, kā arī šīs pārvirzes mazināšanas stratēģiju izstrādi. Sertificētās oglekļa vienības oglekļa saistīgās lauksaimniecības projektiem Verra piešķir atbilstoši sertificētajai metodikai aprēķinātajam SEG emisiju samazinājumam vai CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumam. Parāli sertificētām oglekļa vienībām Verra dod iespēju projektiem piedalīties arī



sertificēto blakus labumu (bioloģiskās daudzveidības uzlabošana, vietējo kopienu atbalsts, lauku reģionu atpalcības mazināšana u.c.) programmā.

Verra sistēmā šobrīd ir iespējams sertificēt šādu darbību jomu projektus: 1) apmežošana, atkal apmežošana un reveģetācija; 2) lauksaimniecības zemes apsaimniekošana; 3) uzlabota meža apsaimniekošana; 4) atmežošanas un meža degradācijas emisiju samazinājums (REDD); 5) zālāja un krūmāja pārveides novēršana; 6) mitrāju aizsardzība un atjaunošana.

Verra projektiem izvirzītas arī sociālās un vides ietekmes novērtējuma prasības. Projektu pieteicējiem jāidentificē potenciāli negatīvās vides un socio-ekonomiskās ietekmes un jāpiedāvā to mazināšanas pasākumi.

## **Priekšlikumi Eiropas Savienības oglekļa apsaimniekošanas iniciatīvas ieviešanai Latvijā**

Ziņojuma sagatavošanās brīdī nav pieejama informācija par ES nostādnēm un rīcības plānu oglekļa saistīgās lauksaimniecības ieviešanai, kā arī attiecībā uz vienotu oglekļa piesaistes sertifikācijas standartu, kas cita starpā normatīvā regulējuma veidā noteiks vienotus MZV un pārvaldības principus, atlīdzības principus un pieeju kā risināt neatbilstības jautājumus (sankciju mehānisms). Tā kā šobrīd pieejamā informācija par ES vienoto regulējumu ir ļoti limitēta, limitētas ir arī iespējas sagatavot priekšlikumus oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas ieviešanai Latvijā. Jebkurai pieejai, ko izvēlas individuāla dalībvalsts, jāatbilst ES kopējam regulējumam. Līdz ar to detalizēts iespēju vērtējums un priekšlikumu sagatavošana būs iespējama, kļūstot pieejamai informācijai ES nostādnēm, rīcības plānu un regulējumu oglekļa piesaistes vienību sertifikācijai. Šī pētījuma ietvaros sagatavotie secinājumi uztverami kā aptuveni tuvinājums, atbilstoši šobrīd pieejamās informācijas limitētajam apjomam.

### **Pārvaldība**

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu pārvaldība ir nozīmīgākais elements sistēmas sekmīgai ieviešanai, jo nodrošina kopējo uzticamību iegūto oglekļa vienību atbilstībai, adekvātu iegūto rezultātu ietveršanu valsts saistību izpildes uzskaitē, informācijas izplatīšanu stimulējot atbilstošo interesentu iesaisti, pietiekamu konsultāciju un atbalsta esamību. Ņemot vērā to, ka šobrīd nav pieejami EK oficiālās komunikācijas dokumenti par oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas pamatprincipiem un plānoto oglekļa sertifikācijas sistēmu, uz citu valstu pieredzes pamata, var tikai aptuveni iezīmēt galvenos pārvaldības pieturas punktus:

- organizācija (valsts vai nevalstiska), kas koordinē sistēmas izveidi un darbību;
- konsultāciju atbalsts, kas piesaista zemes īpašniekus un kompānijas un izstrādā konkrētās saimniecības apsaimniekošanas stratēģiju;

## **Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

---

- audita un monitoringa atbalsts (neatkarīgi auditori vai MZV sistēmas izstrādātājs) - klimata pārmaiņu samazināšanas darbības realizācijas monitorings un verifikācija;
- zinātnes atbalsts nodrošinot konsultācijas par atbilstošu monitoringa protokolu lietošanu, atjaunināšanu atbilstoši jaunākajiem datiem un klimata pārmaiņu samazināšanas aplēšu veikšanu;
- finanšu atbalsts (publisks vai privāts) nodrošinot finansējumu sistēmas ieviešanai un attīstībai;
- uzraudzības atbalsts (valsts pārvaldes institūciju, tostarp par SEG inventarizāciju atbildīgo institūciju, lauksaimnieku un vides nevalstisko organizāciju iesaiste), lai nodrošinātu sistēmas pārraudzību un uzticamību.

Izstrādes stadijā esošais Latvijas Klimata likums kā vienu no darbības jomām paredz pamatprincipu izstrādi brīvprātīgu sistēmu CO<sub>2</sub> piesaistes veicināšanai un uzskaiti (3.panta 11.apakšpunkts, 38.pants) un dod deleģējumu Ministru kabineta noteikumu izstrādei, kas noteiktu kārtību, prasības, saturu, termiņus, monitoringa nosacījumus un izpildes pārraudzību, kādā izveido brīvprātīgas sistēmas siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai un CO<sub>2</sub> piesaistei. Šāda regulējuma izveide, to veidojot atbilstoši ES kopējām nostādnēm, nodrošinātu stabilu pamatu tālākai oglekļa saistīgās lauksaimniecības shēmu pārvaldības sistēmas izstrādei. Atbilstoši šim regulējumam tālāk veidrojama jebkura oglekļa saistīgās lauksaimniecības shēmas pārvaldības sistēma.

EK līdzšinējā komunikācija iesaka nopietni izvērtēt iespējas oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu ieviešanu veidot sasaistē ar KLP. Ņemot vērā nesaisti starp oglekļa saistīgās lauksaimniecības iniciatīvas komunikācijas dokumentu publiskošanas laika grafiku un KLP Stratēģisko plānu izstrādes laika ietvaru, šis ieteikums praktiskā ieviešanas procesā patlaban ir ļoti neskaidrs. Ir nepieciešama skaidrāka ES vienoto pamatprincipu komunikācija. Viena no iespējām KLP finansējuma ietvaros varētu būt atbalsts Latvijā perspektīvāko oglekļa saistīgās lauksaimniecības pasākumu monitoringa, ziņošanas un verifikācijas sistēmu izstrādei un apmācībām, lai sagatavotu metodoloģisko pamatu konkrētu shēmu iedzīvināšanai. Monitoringa, ziņošanas un verifikācijas (MZV) metodiku izstrāde ir viena no finanšu un laika ziņā ietilpīgākajām oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu ieviešanas sastāvdaļām.

Pārvaldības sistēmas ietvaros būtiski izslēgt dubultās uzskaites risku (gadījumā, kad privātas institūcijas deklarētais klimata pārmaiņu samazināšanas efekts tiek pārdots citai institūcijai tās emisiju kompensēšanai, bet vienlaikus tiek arī uzskaitīts kā samazinājums arī valsts SEG bilancē un gadījumā, kad divas privātas institūcijas deklarē SEG samazinājumu, izmantojot vienas un tās pašas oglekļa vienības). Šī riska novēršanai nepieciešams izveidot neatkarīgu, publiskas institūcijas pārvaldītu reģistru – kopīgu visām valstī ieviestajām oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmām un

spējīgu nodrošināt to, ka valsts līmeņa ziņojumi ES un Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējai konvencijai par klimata pārmaiņām (UNFCCC) atspoguļo oglekļa saistīgās lauksaimniecības radīto oglekļa vienību pārvirzi starp sektoriem. Ja šādu reģistru neveido institūcija, kas atbildīga par nacionālo SEG inventarizācijas sistēmu, tad tam jātiek veidotam ciešā sadarbībā ar minēto publisko institūciju. Ņemot vērā sistēmas sarežģītību un klimata pārmaiņu mērķu augošās ambīcijas, ieteicamākā pieeja būtu vienota valsts reģistra veidošanu uzņemt par SEG inventarizāciju atbildīgajai valsts institūcijai.

ES līdzšinējā pieredze liecina, ka vidēji oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas izstrāde līdz tās gatavībai ieviešanai prasa vismaz 2 gadus, ja izstrādājām ir pieejami jau veiktu pētījumu dati. Būtiski shēmas izstrādes procesā nodrošināt pietiekamu ieinteresēto pušu iesaisti, tādejādi nodrošinot atbalstu tās ieviešanas posmā.

### **Attiecināmās jomas/darbības**

Latvijā potenciāli uz oglekļa saistīgo lauksaimniecību attiecināmo jomu jeb darbību vērtējums veidots, izmantojot EK tehnisko vadlīniju pieeju. Piecas piedāvātās jomas salīdzinoši vērtētas atbilstoši Latvijas situācijai un pieejamajiem datiem un pievienota papildus joma – mezsaimniecība, kas būtiska Latvijas situācijā. Sākotnējā tuvinātā vērtējuma rezultāti apkopoti Tab. 3.

Tab. 3. Latvijā potenciāli uz oglekļa saistīgo lauksaimniecību attiecināmo jomu jeb darbību vērtējums

Darbība	Kūdrāju reanturalizācija (sākotnējā mitruma režīma atjaunošana)	Agromežsaimniecība	Augsnes oglekļa uzkrājuma saglabāšana un palielināšana minerālaugsnē	Augsnes oglekļa uzkrājuma apsaimniekošana zālājā	Lauku saimniecības oglekļa audits	Oglekļa piesaiste meža apsaimniekošanā
Klimata pārmaiņu samazināšanās potenciāls	Pretrunīgi dati - ir pētījumos balstīti pierādījumi gan SEG samazināšanas, gan palielināšanas efektam. Neskaidra interpretācija Latvijas apstākļos.	Pētījumos balstīti pierādījumi SEG emisiju samazinājumam no augsnes, CO <sub>2</sub> piesaistes palielinājumam augsnē un dzīvajā biomasā. Izvērtējama apmežošanas scenārija ietversana, kam ir pārlicinoši klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla pierādījumi.	Literatūras dati liecina par klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu.	Pētījumu rezultāti liecina par SEG emisiju samazinājumu no augsnes, oglekļa uzkrājuma palielinājumu dzīvajā biomasā.	Pētījumu dati liecina par kompleksa klimata pārmaiņu samazinājuma potenciālu.	Pieejama pētījumu rezultātos bāzēta informācija par CO <sub>2</sub> piesaistes palielinājumu un attiecīgi darbību potenciālu klimata pārmaiņu samazināšanā. Iespējami dažādi CO <sub>2</sub> piesaistes palielinājuma darbību veidi.
Izmaksu efektīvas MZV sistēmas izstrādes potenciāls	Trūkst Latvijas pētījumu datu, galvenokārt jābalstās uz netiešajiem indikatoriem.	Pieejami Latvijā un kaimiņvalstīs veiktu pētījumu dati un sagaidāmi papildus dati no šobrīd izpildē esošiem pētījumiem (LIFE OrgBalt)	Salīdzinoši sarežģīti monitorējama darbība, bet pieejami ilglaicīgi LV mērījumu dati par oglekļa ienesi augsnē ar laukaugu atliekām.	Tuvākajā laikā sagaidāmi vietēji izpētes dati no šobrīd izpildē esošiem pētījumiem (LIFE OrgBalt)	Ir potenciāls esošo SEG emisiju kalkulatoru attīstīšanai un pielāgošanai darbības MZV sistēmas izstrādes vajadzībām.	Pieejami Latvijā un kaimiņvalstīs veiktu pētījumu dati un sagaidāmi papildus dati no šobrīd izpildē esošiem pētījumiem (LIFE OrgBalt)
Potenciālie blakus ieguvumi	Ekosistēmas pirms antropogēnās ietekmes stāvokļa atgriešana.	Pierādījumi būtiskam bioloģiskās daudzveidības uzlabojumam.	Augsnes auglības un lauksaimniecības sistēmas produktivitātes uzlabošanās.	Varētu tikt identificēta slāpekļa noteces samazināšanās, bioloģiskās daudzveidības uzlabošanās.	Potenciāls vides datu uzlabojums, klimatam un videi draudzīgu prakšu popularitātes kāpums.	Ekosistēmu pakalpojumi – gaiss un ūdens. Bioloģiskā daudzveidība.
Potenciālie riski	Zems sabiedrības akcepts, negatīva sociālekonomiskā ietekme uz plašām teritorijām, tostarp ārpus darbības ieviešanas teritorijas.	Zināms lauksaimnieciskās ražošanas produktivitātes kritums.	Šobrīd nav identificēti.	Zināms lauksaimnieciskās ražošanas produktivitātes kritums.	Šobrīd nav identificēti.	Šobrīd nav identificēti.

Sākotnējais atbilstības novērtējums liecina, ka Latvijas situācijā, ņemot vērā līdzšinējās iestrādes un pieejamos datus, potenciāli efektīvas varētu būt četras no piecām EK piedāvātājām jomām un Latvijas apstākļos nozīmīga joma, kurai apsverami oglekļa saistīgās lauksaimniecības pasākumi varētu būt – meža apsaimniekošana, lai stimulētu meža īpašniekus ieviest tādas apsaimniekošanas pasākumus, kas dotu pierādāmu CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumu un palīdzētu valstij virzīties uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu. Kūdras augsnes renaturalizācijas pasākuma ieviešanai Latvijas apstākļos trūkst pētījumu rezultātos gūstama klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla pamatojuma un, lai gan EK vadlīnijas uzsver šīs jomas klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu, ārpus Latvijas veikto pētījumu rezultāti ir pretrunīgi - pierādījumus var atrast gan klimata pārmaiņu samazinājuma ietekmei, gan gluži pretēji - būtiskam emisiju kāpumam.

Kā oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbības, kurām šī pētījuma ietvaros veikta gadījuma izpēte Latvijas apstākļos, izvēlētas:

1. organiskās augsnes apmežošana ar bērzu, kas tieši neatbilst nevienai no EK identificētajām jomām, bet, kā liecina līdzšinējie pētījumi, ir ar ievērojamu klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu Latvijā;
2. aramzemes pārveide par zālāju ar organisko augsni, kas atbilst EK identificētajai jomai "Augsnes oglekļa uzkrājuma apsaimniekošana zālajos", to specificējot attiecībā uz augsnes veidu.

Tālākā oglekļa saistīgās lauksaimniecības ieviešanas iespēju izpētē vērtējami arī agromežsaimniecības, CO<sub>2</sub> piesaistes veicināšanas mežā, augsnes oglekļa uzkrājuma saglabāšanas un palielināšanas minerālaugsnē, lauku saimniecību oglekļa audits un cita veida darbības augsnes oglekļa uzkrājuma apsaimniekošanā zālajos.

### **Oglekļa vienību uzskaites monitoringa, ziņošanas un pārbaudes kārtība**

Kā atzīst ES Tehnisko vadlīniju dokuments, šobrīd tikai nedaudzām oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbībām (mitruma režīma atjaunošana kūdrājos un agromežsaimniecība) ir pieejami labi MZV sistēmu piemēri un arī tad esošās sistēmas ir ar zināmiem ierobežojumiem, jo nav tieši piemērojamas jaunā reģionā. Ņemot vērā esošo situāciju un to, ka MZV sistēmas izveide darbības ieviešanai oglekļa saistīgās lauksaimniecības kontekstā ir prasa ievērojamus laika un finanšu resursus, strādājot pie kādas oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbības sistēmas izveides, nepieciešams ieplānot pietiekamus resursus un ekspertu kapacitāti, lai potenciālo rezultatīvo indikatoru attīstītu par izmaksu efektīvu MZV sistēmu. MZV sistēmas izveide var būt patiešām finanšu ietilpīga, atkarībā no tā, cik lielas izpētes vajadzības tā ietver.

Sprīžot pēc šobrīd pieejamās informācijas, vienotu ES līmeņa pieeju MZV sistēmu izstrādei plānots ietvert oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas regulējumā. Tā kā par

Šī regulējuma saturu patlaban pieejams ļoti maz informācijas, darbu pie MZV sistēmu izstrādes uzsākšanas konkrētām oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbībām šobrīd var balstīt starptautisko sertifikācijas sistēmu piedāvātajā pieejā un strādāt pie pētījumos balstītu datu iegūšanas. Jebkuras MZV sistēmas izveidei ir nepieciešami pētnieciskie dati par izvēlētās darbības faktisko SEG emisiju samazinājumu/CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumu, emisiju faktoriem un citiem atbalsta datiem ticama ietekmes monitoringa veikšanai. Viena no pieejām varētu būt apkopot iepriekšējo un izpildē esošo pētījumu rezultātu un iestrādņu datu kopu, kura tālāk izmantojama MZV sistēmu izstrādei. Atkarībā no potenciālās oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmas darbības jomas, nepieciešamā datu kopa atšķirsies.

Sekojošai informācijai par EK darbu pie oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas regulējuma izstrādes 2022.gada laikā var attiecīgi koordinēt nacionālo pētniecisko darbu un plānot nacionālās pieejas attīstības iespējas atbilstoši ES regulējuma nosacījumiem.

### **Darbību ietekmes identificēšana nacionālajā SEG inventarizācijā**

Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu sasaiste ar nacionālo SEG inventarizāciju ir obligāta. To uzsver EK oglekļa saistīgās lauksaimniecības tehnisko vadlīniju dokuments un tā ir nepieciešama dubultās uzskaites risku minimizēšanai. SEG inventarizācijas veicēju iesaiste sistēmas izstrādē ieteicama jau no idejas rašanās brīža. Ja sistēmu veido bez SEG inventarizācijas veicēju un par SEG inventarizāciju atbildīgās institūcijas iesaistes, visticamāk tiek radīta situācija, kad sistēmas ieviešanas un realizācijas gaitā nāksies saskarties ar dažādām neatbilstības problēmām un būs grūtības pierādīt radīto oglekļa vienību atbilstību un realizāciju.

SEG inventarizācijas veicējiem būtu jābūt iesaistītiem MZV sistēmas izstrādē jau no sistēmas izstrādes sākuma un visā tās ieviešanas laikā, nodrošinot tās saskanību un atbilstību aktuālajām IPCC vadlīnijām, kā arī identificējot nepieciešamos indikatoru rādītājus, lai būtu iespējams adekvāti ietvert oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu radīto klimata pārmaiņu samazinājumu nacionālajā SEG inventarizācijā.

### **Oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbību piemēru gadījumu analīze atbilstoši starptautiskajam oglekļa sertifikācijas standartam VERRA (Verified Carbon Standard)**

Ņemot vērā šobrīd pieejamo informāciju un Latvijas situāciju, sagatavota divu potenciāli efektīvu oglekļa saistīgās lauksaimniecības darbību gadījumu analīze, izmantojot starptautiskā sertifikācijas standarta VERRA vienkāršotas ietekmes novērtēšanas pieeju.

## Augsnes apstrādes paņēmiena ietekme uz CO<sub>2</sub> emisijām no augsnes

### Metodika

Mērījumi tika veikti 6 saimniecībās. Lauku koordinātas uzrādītas Tab. 1.

**Tab. 4. Izpētes objektu koordinātes.**

Saimniecība	Pagasts	Lon	Lat	Augsnes apstrādes izmēģinājumu varianti <sup>3</sup>
Smiltene KONV	Smiltenes nov.	26.125274	57.462816	3 – A, MA, TS
Gulbene BIO	Gulbenes nov	26.133019	57.208740	2 – A, MA
Tukums BIO	Tukuma nov.	22.691699	57.033622	2 – A, MA
Tukums KONV	Tukuma nov.	23.338628	56.844240	3 – A, MA, TS
Dobeles 1 (KONV_S)	Dobeles nov	23.316382	56.496952	3 – A, MA, TS
Dobeles 2 (KONV_T)	Dobeles nov	23.355061	56.513362	2 – A, MA, TS

Pirms mērījumu veikšanas mērījuma vietu attīra no apauguma un augu atliekām, nezālēm. CO<sub>2</sub> noteikšanai uzstāda iekārtu EGM-5, kas aprīkota ar elpošanas kameru SRC-2. (kamaras tilpums 1171 mL, elpošanas laukums – 78 cm<sup>2</sup>, laukuma/tilpuma attiecība 1/15). Katrā no 9 vietām veikts viens mērījums.

Vienlaikus noteikta augsnes temperatūra (C°) un augsnes mitrums (%), ar iekārtai EGM – 5, pievienotu augsnes mitruma un temperatūras zondi, kura strādā ar Stevens HydraProbe augsnes sensoru, 6-7 cm dziļumā. Katrā no 9 vietām iegūts viens mērījums.

Augsnes pretestība noteikta ar rokas penetrometru Eijkelkamp, katrā reģistrētajā mērījumu vietā līdz 50 cm ap CO<sub>2</sub> mērījuma elpošanas kameras veikti pretestības mērījumi 3 atkārtojumos ar uzgali Nr.1, (uzgaļa laukums 1 cm<sup>2</sup>, mērījums dziļums – 30 cm). Pretestības mērījuma mērvienība N cm<sup>-2</sup>.

Pētījumā iekļauto saimniecību (Tab. 1) raksturojums:

- SIA Bullīši – bioloģiskā saimniecība Vidzemē Gulbenes novadā, saimnieko no 2012. gada. Saimniecībā ir ap 200 ha, kas visa ir nomas zeme. Ražošanas virzieni – augkopība, lopkopība. Augkopībā galvenās audzētās sugas ir rudzi, auzas. Lopkopības sektorā tiek audzēti Limuzīnas šķirnes gaļas liellopi.

<sup>3</sup> A – tradicionāli – augsne apvērsta arot 20 - 22 cm ; MA – minimālā augsnes apstrāde līdz 10-15 cm bez apvēršanas; TS – sēja veikta bez augsnes apvēršanas, tiešā sēja.

Lielākās investīcijas pēdējos gados ir ieguldītas mēslu krātuves izveidē un lauksaimniecības tehnikas parka pilnveidošanā;

- ZS Krikši – Saimniecība Kurzemē Tukuma novadā, dibināta 2004. gadā, kopš 2005. gada ir sertificēta bioloģiskā saimniecība. Saimniecība kopā apsaimnieko ap 330 ha lauksaimniecībā izmantojamo zemi, tai skaitā īpašumā esoša ir ap 100 ha. Saimniecībā nodarbojas ar tīršķirnes Šarolē šķirnes gaļas liellopu audzēšanu un graudkopību. Visas īpašumā esošās zemes platības atrodas Abavas senlejā. Nomātās zemes platības izmanto lopbarības audzēšanai. Lielākās investīcijas pēdējos gados ir šķūņa rekonstrukcija ar pastaigu laukumu, lauksaimniecības tehnikas atjaunošana;
- ZS Strazdi – saimniecība dibināta 1992. gadā. Atrodas Zemgalē, Tērvetes novadā. Saimniecība kopā apsaimnieko 1200 ha, no kuriem īpašumā ir ap 700 ha. Saimniecībā specializējās graudkopībā, sēklaudzēšanā. Galvenās audzētās kultūras ir kvieši, rapsis un pākšaugi. Lielākās investīcijas ir ieguldītas tehnikas laukuma, darbnīcu atjaunošanā, kā arī lauksaimniecības tehnikas parka uzlabošanu un pilnveidošanu;
- Tērvete AS – ir daudznozaru lauksaimnieciskās ražošanas uzņēmums kopš 1947. gada. Atrodas Zemgalē Tērvetes novadā. Apsaimniekojamā zemes platība - 2972 ha. Uzņēmuma saimnieciskā darbība tiek veidota kā noslēgta cikla lauksaimnieciskā ražošana. Uzņēmumu veido piecas nozares: augkopība; piena lopkopība; zirgkopība; biogāzes ražošana; pārtikas mazumtirdzniecība un ēdināšanas serviss. Lielākās investīcijas ieguldītas fermu modernizēšanā, lauksaimniecības tehnikas atjaunošanai;
- Kalnāji SIA – ir moderna daudznozaru saimniecība. Atrodas Zemgalē, Slampes pagastā. Saimniecības darbība reģistrēta 1995. gadā, kas apsaimnieko 1800 ha, no kuriem īpašumā ir 1300 ha. Darbības jomas piena lopkopība, augkopība. Saimniecībā ir auglīgas, smagas māla augsnes, kurās tiek audzēti ziemas kvieši, rapsis, zālāji, kukurūza, mieži un pākšaugi. Lielākās investīcijas ir ieguldītas lauksaimniecības tehnikas atjaunošanai.
- ZS Rietumi – saimniecība dibināta 2017. gadā. Atrodas Apes novadā. Latvija ziemeļaustrumos, 170 km no Rīgas, netālu no Igaunijas robežas. “Rietumi” ir ģimenes saimniecība, kas nodarbojas ar augkopību. Kopā apsaimnieko 150 ha LIZ, no kuriem īpašumā ir ap 100 ha. Audzē - ziemas kviešus, miežus, pākšaugus. Lielākās investīcijas ieguldītas tehnikā, traktora un tiešās sējas sējmašīnas iegādē.

Ražas 2021. gada izmēģinājumu laukos apkopotas Tab. 5. Tukuma BIO kūļu ražas ļoti mainīgas, mieži sēti ar lielu izsējas normu, ar nenoteiktu didzību. Līdz ar to datu izkliede ir ļoti liela, tomēr visos gadījumos novērojams tas, ka tiešās sējas gadījumā



**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

ražā ir mazāka, nekā citos variantos, bet atšķirība starp artu un diskotu (minimāla apstrāde) lauku nav tik sistemātiska un būtiski neatšķiras.

**Tab. 5. Ražas novērtējums izmēģinājumā ietvertajās saimniecībās<sup>4</sup>**

Reģions		Gulbenes nov. BIO	Smiltenes novads - KONV	Dobeles novads KONV - S	Tukuma novads - BIO	Dobeles novads KONV-T	Tukuma novads - KONV
Kultūraugs		Zirņi+ vasaras kvieši	Auzas	Ziemas rapsis	Mieži	Kukurūza, zaļmasa	Kukurūza, zaļmasa
Arts	A	0,44	1,54	3,93	5,68	6,02	7,39
Minimālā	B	0,55	1,45	3,79	4,89	5,88	8,59
Tiešā	C	-	1,34	3,72	-	-	5,31
RS 0,05		0,08	0,14	1,17	4,76	0,96	1,64

Augsnes īpašību apkopojums dots Tab. 6. Organisko vielu saturs augsnē ir salīdzinoši neliels visās saimniecībās, bet vismazākais tas ir Dobeles novadā. pH visās saimniecībās ir neitrāls, izņemot Smiltenes novadu, kur augsne ir nedaudz skāba. Apmaiņas fosfora saturs augsnē būtiski atšķiras. Lielākajā daļā integrēto saimniecību, izņemot Smiltenes novadu, tas ir līdz 2 reizes vairāk, nekā bioloģiskajās saimniecībās; turpretim, apmaiņas kālijam šāda likumsakarība nav novērota, lai arī vienā no bioloģiskajām saimniecībām apmaiņas kālija saturs augsnē ir 2,5 reizes mazāks, nekā vidēji integrētajās saimniecībās.

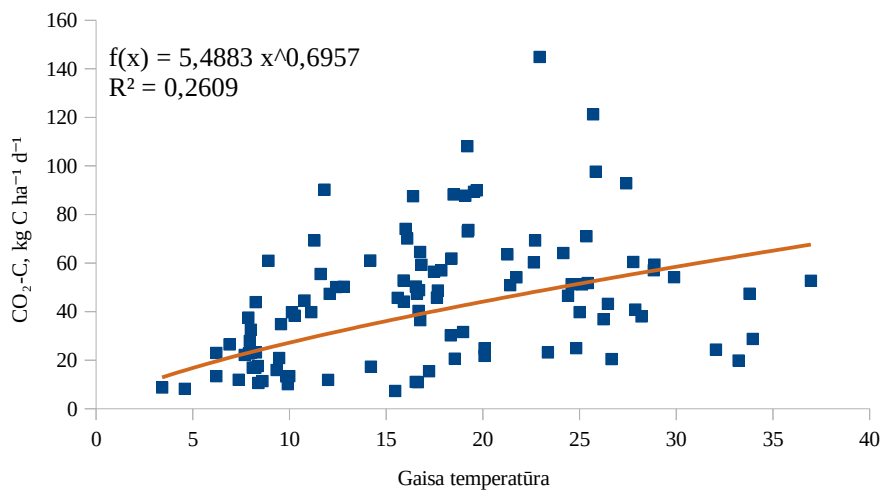
**Tab. 6. Augsnes īpašības izmēģinājumu laukos**

Saimniecības	Org. viela., %	pH	Apmaiņas fosfors – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg kg <sup>-1</sup>	Apmaiņas kālijs – K <sub>2</sub> O mg kg <sup>-1</sup>
Gulbenes novads – BIO	3,18	6,35	87,10	88,40
Tukuma novads – BIO.	2,95	6,23	95,85	409,25
Tukuma novads - KONV	2,81	6,77	157,45	275,25
Smiltenes novads – KONV	3,55	5,41	43,10	150,05
Dobeles novads – KONV - S	2,50	6,56	229,55	208,95
Dobeles novads – KONV. - T	1,96	6,28	188,25	225,90

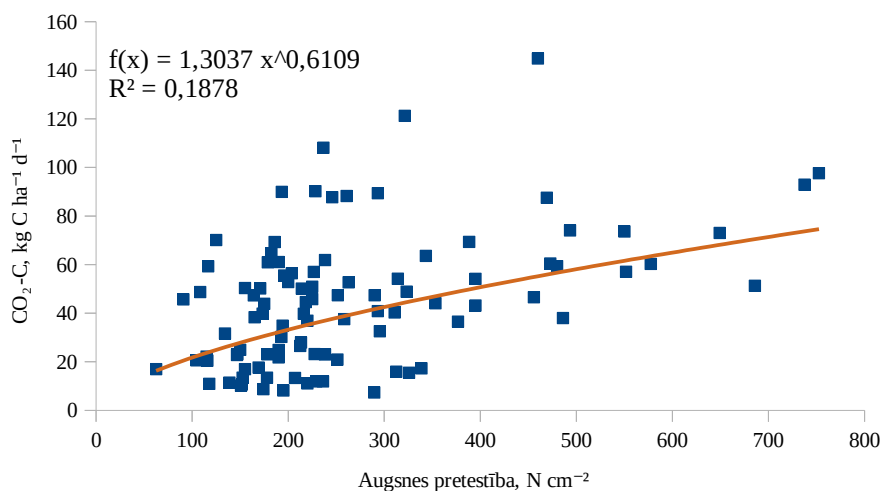
## Rezultāti

Salīdzinot CO<sub>2</sub> emisijas ar pētījumā mērītajiem vides parametriem, konstatēta vidēji cieša korelācija ar gaisa temperatūru (Att. 4), kā arī vāja korelācija ar augsnes pretestību, kas raksturo augsnes sablīvējumu (Att. 5).

<sup>4</sup> labības raža pie 14% mitruma, kukurūza – zaļmasa.

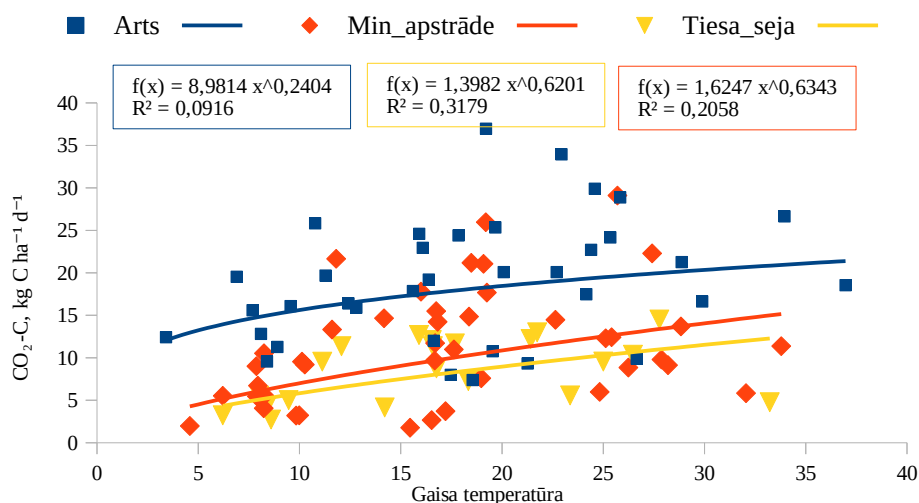


**Att. 4. CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes un gaisa temperatūras sakarība.**



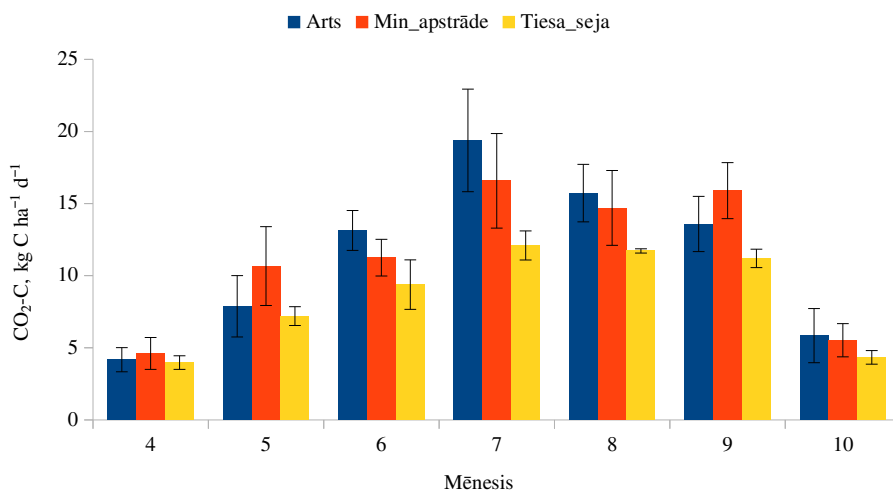
**Att. 5. CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes un gaisa temperatūras sakarība.**

Artajās platībās pie vienādas gaisa temperatūras CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes ir lielākas, nekā minimālās apstrādes un tiešās sējas platībās (Att. 6).



**Att. 6. CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes, augsnes apstrādes veida un gaisa temperatūras sakarība.**

CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes pakāpeniski palielinās no maija, sasniedzot maksimumu jūlijā, un samazinās tikai oktobrī. Vasaras mēnešos CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes ir būtiski mazākas tiešās sējas gadījumā, bet atšķirība starp minimālo apstrādi un artu lauku ir nebūtiska (Att. 7), lai arī, lielākoties, minimālas apstrādes gadījumā CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes ir mazākas nekā no artas platības.

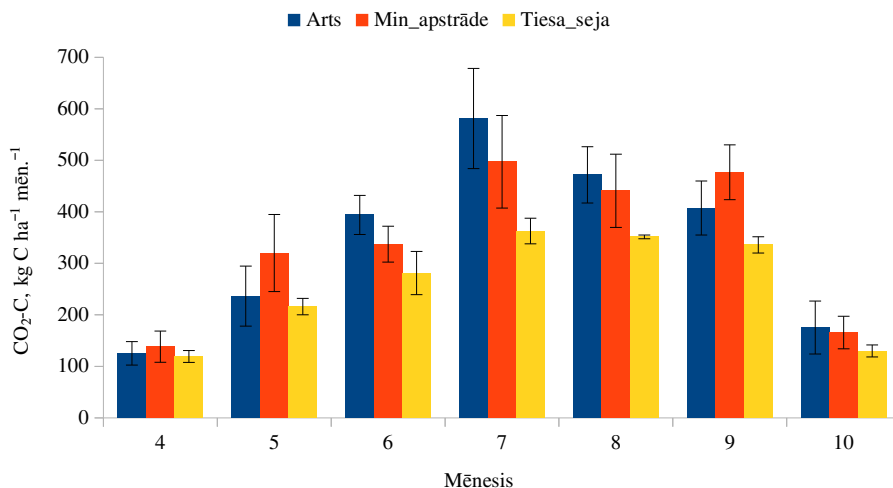


**Att. 7. CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes dažādos mēnešos.**

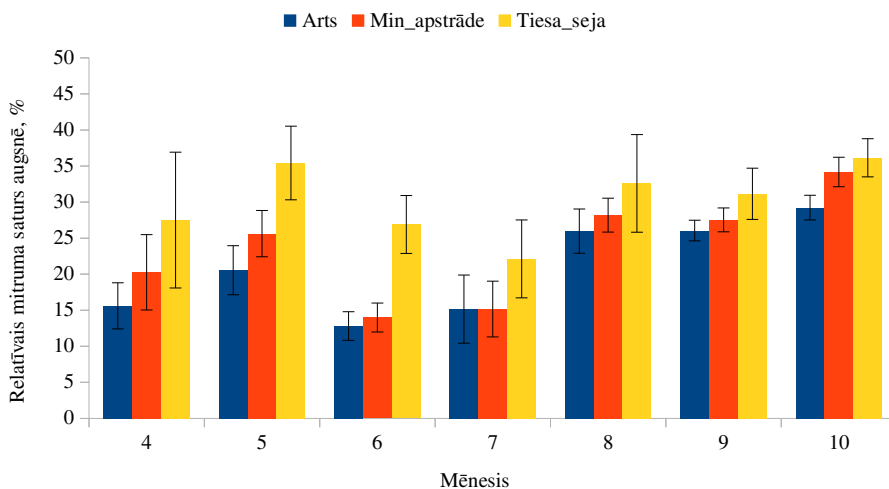
Kopējās CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes no arta lauka ir 2,4 tonnas CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> gadā, no platības, kur veikta minimāla apstrāde – arī 2,4 tonnas CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> gadā, bet no tiešās sējas platībām – 1,8 tonnas CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> gadā. Lielākā daļa CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes veidojas no maija līdz septembrim (Att. 8).

Tiešās sējas platībās augsnē ir būtiski lielāks mitruma saturs pavasara un vasaras mēnešos (Att. 9). Ņemot vērā, ka lielāks mitruma saturs augsnē var būt saistīts ar

metāna (CH<sub>4</sub>) emisijām, turpmākajos pētījumos lietderīgi veikt arī CH<sub>4</sub> emisiju mērījumus, kā arī salīdzināt ūdens iztvaikošanu no augsnes, atkarībā no apstrādes veida.



**Att. 8. CO<sub>2</sub> emisiju ikmēneša kumulatīvie rādītāji.**



**Att. 9. Augsnes mitrums, atkarībā no augsnes apstrādes veida.**

## **Pasējas auga izmantošanas ietekmi uz SEG emisijām**

## **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 CO<sub>2</sub> piesaistes ziņošana ir brīvprātīga. Latvija nav izvēlējusies gatavot ziņojumus par SEG emisijām un CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> piesaisti dalībvalstīm jāsagatavo 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 jāsagatavo 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 jāsagatavo un jāuztur 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 N<sub>2</sub>O emisijas no minerālaugsnēm lauksaimniecībā izmantojamās zemēs.

Pētījuma mērķis ir raksturot pasējas augs izmantošanas un kultūraugu ietekmi uz SEG emisijām veģetācijas sezonas laikā.

Projekta uzdevumi:

1. noteikt CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un N<sub>2</sub>O emisiju no lauksaimniecībā izmantotām zemēm atkarībā no sarkanā āboliņa kā pasējas augs izmantošanas un izvēlētajiem kultūraugiem (vismaz 3 kultūraugi ar pasējas augiem un bez tiem), izmantojot Picarro G2508 gāzu analizatoru;
2. raksturot pasējas augs izmantošanas un izvēlēto kultūraugu ietekmi uz SEG emisijām izpētes teritorijā, kuru apsaimnieko Agroresursu un ekonomikas institūta Stendes pētniecības centrs, tostarp novērtēt augsnes mitruma, gaisa temperatūras, nokrišņu un mēslojuma izkliedēšanas ietekmi uz SEG emisijām;
3. sagatavot zinātniskās publikācijas manuskriptu par minimālas augsnes apstrādes ietekmi uz SEG emisijām, balstoties uz LLU mācību pētījumu saimniecībā "Pēterlauki" 2018.–2020. gadā iegūtajiem datiem.

## **SEG emisijas no minerālaugsnes**

Lauksaimniecībā izmantojamās platībās SEG emisijas no augsnēm ir atkarīgas no biofizikālajiem procesiem un organisko vielu uzņemšanas/sadalīšanās augsnē. Augsnes temperatūra un augsnes mitrums ir vieni no svarīgākajiem augsnes parametriem, kas ietekmē SEG emisiju veidošanos no augsnes, jo tie nosaka mikroorganismu aktivitāti un visus ar tiem saistītos procesus. CO<sub>2</sub> veidojas aerobos apstākļos, un to ietekmē sakņu aktivitāte, mikrobioloģiskie procesi, augu atliekas, kā arī mikroklimats, reljefs un katalītiskās īpašības māla koloīdos šķīdumos (Muñoz et al., 2010). Visaugstākais CO<sub>2</sub> emisiju daudzums tiek novērots pie pH neitrāla līmeņa (Cuhel et al., 2010). CH<sub>4</sub> veidošanās notiek stingri anaerobos apstākļos un pozitīvi korelē ar augsnes mitrumu. N<sub>2</sub>O veidojas minerālā slāpekļa nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu rezultātā. Sausas augsnes samitrināšana aktivizē slāpekļa mineralizāciju, nitrifikācijas procesu, un izraisa pastiprinātu NO un N<sub>2</sub>O emisiju izdalīšanos. Jo lielāks augsnes mitrums, jo lielākas N<sub>2</sub>O emisijas, bet pie ļoti augsta augsnes mitruma N<sub>2</sub>O veidošanās samazinās. Ja mitruma periodi mijas ar sausuma periodiem, tad N<sub>2</sub>O emisijas pieaug (Oertel et al., 2016).

Precīza un uz emisiju minimizēšanu vērsta augsnes apsaimniekošana var ne tikai samazināt SEG emisijas no augsnes, bet arī veicināt oglekļa piesaisti. Mēslošanas līdzekļu lietošanas daudzuma pielāgošana augu vajadzībām samazina N<sub>2</sub>O emisiju, jo slāpekļi, kas nav pieejams augiem, izraisa N<sub>2</sub>O emisijas pieaugumu (McSwiney, Robertson, 2005), tomēr lietusgāžu un lietus periodu laikā N<sub>2</sub>O emisijas var pieaugt (Venterea et al., 2012).

### *Bioloģiskās un konvencionālās lauksaimniecības ietekme uz SEG emisijām no augsnes*

Konvencionālā lauksaimniecība veido lielāko daļu lauksaimniecības. Konvencionālajā lauksaimniecībā izmanto ķīmiski sintezētus minerālmēslus un augu aizsardzības līdzekļus. Šādā sistēmā ir augsts mehanizācijas līmenis un minimāls darba patēriņš. Konvencionālajā lauksaimniecības sistēmā ražota pārtika ir vislētākā, jo tiek iegūtas vislielākās ražas. Konvencionālā lauksaimniecības sistēmā dabas procesu un cilvēku darbības rezultātā tiek veicinātas augsnes auglības izmaiņas:

1. Lietojot minerālmēslus, tiek veicināta augsnes paskābināšanās. Tīrumos, dārzos, pļavās un ganībās ir daudz skābo augšņu, tās ir augsnes, kurās ir maz kalcija. Papildu augsnes paskābināšanos veicina arī skābie lieti. Lai samazinātu augsnes paskābināšanos, ir nepieciešams augsnes kalķot;
2. Papildus nepievadot augu barības vielas, tiek veicināta organiskās vielas satura samazināšanās. Organiskā viela rodas no trūdošiem dzīvajiem organismiem, un tā nodrošina barības vielas augu attīstībai un uzlabo augsnes auglību. Lai

uzlabotu organiskās vielas saturu augsnē, jālieto organiskais mēslojums, jāveic zaļmēslojuma augu sēšana un iestrāde augsnē;

3. Saimniecībā audzēto kultūraugu skaits ir neliels, tāpēc augu maiņa ir vienveidīga un, lai nodrošinātu kultūraugiem nepieciešamās barības vielas, lieto minerālmēslus, lai tos lietojot nepiesārņotu vidi, ir jāievēro mēslojuma izkliedes laiks un devas (Grantiņa et al., 2011).

Bioloģiskā lauksaimniecība ir saimniekošanas sistēma, kurā produkts iegūts, saimniekojot ar videi draudzīgām metodēm, nelietojot minerālmēslus, un ķīmiskos augu aizsardzības līdzekļus. Bioloģiskā lauksaimniecība samazina enerģijas patēriņu minerālmēslu un ķīmisko augu aizsardzības līdzekļu ražošanas procesā, bet nezāles, kaitēkļus un sīkbūtnes iznīcina ar bioloģiskām vai mehāniskām metodēm, un kultūraugu ražību nodrošina, veidojot veselīgu augsni. Bioloģiskā lauksaimniecības sistēmā ražas palielināšanai nevis pievada papildu minerālmēslus, bet ar dažādiem paņēmieniem rosina dzīvības procesus augsnē, piemēram:

1. Augu maiņā obligāti iekļauj augus, kas spēj slāpekli uzņemt no gaisa (tauriņzieži un pākšaugi spēj piesaistīt 200 – 300 kg/ha slāpekļa);
2. Barības vielas augiem nodrošina ar organisko mēslojumu (pakaišu kūtsmēsli, virca u.c.) un zaļmēslojuma augu (āboliņš, eļļas rutks, sinepes u.c.) audzēšanu un iestrādi augsnē;
3. Lieto mikroorganismu darbību veicinošus augsnes apstrādes paņēmienus (augšnes apvēršanu, dziļlirdināšanu) (Grantiņa et al., 2011).

Augsnes mikroorganismiem ir svarīga loma barības vielu apritē un organiskās vielas sadalīšanā, kas ir, cieši saistīta ar siltumnīcefekta gāzu, tostarp CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> emisijām. Organisko savienojumu sadalīšanās rezultātā mikroorganismi izdala CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub>. Amonijs tiek nitrificēts, izraisot slāpekļa oksīda zudumu nitrifikācijas laikā, un nitrātu var denitrificēt anaerobos apstākļos, kā rezultātā rodas papildu slāpekļa oksīda un slāpekļa gāzes emisijas. Metānu ražo metogēnas baktērijas un oksidē augsnē esošās metanotrofās baktērijas. Anaerobos apstākļos metanoģenēze pārsniedz metanotrofiju, kā rezultātā rodas metāna emisija (He et al., 2017).

2007. gadā Vāģeningenas universitātē tika veikti divi eksperimenti – pavasarī (23.maijs – 12.jūnijs) un vasarā (2.–22.augusts). Eksperimenti tika veikti gan konvencionāli, gan bioloģiski apstrādātos laukos, kuros ir smilšaina augsne (He et al., 2017). SEG emisiju vērtības nebija lielas, bet tās bija ievērojami augstākas no bioloģiski apstrādātās augsnes, nekā no konvencionāli apstrādātās augsnes. Galvenie šī pētījuma rezultāti bija tādi, ka mikroorganismu populācijas un SEG emisiju plūsmas svārstās, kad barības vielas tiek atbrīvotas kontrolētos apstākļos. SEG emisijas augstākas bija bioloģiski apstrādātos laukos, bet zemākas konvencionāli apstrādātos laukos. Daudzos citos pētījumos SEG emisijas no bioloģiski apstrādātiem laukiem tika uzskatītas par



zemākām nekā no konvencionāli apstrādātas aramzemes. Tomēr, līdzīgi kā šajā pētījumā, Kalifornijā CO<sub>2</sub> emisijas bioloģiski apstrādātos laukos bija lielākas, nekā konvencionāli apstrādātos laukos, Japānā CO<sub>2</sub> un NO<sub>2</sub> emisijas bija augstākas bioloģiskajā saimniecībā, nekā divās nesen pārveidotās konvencionālajās saimniecībās un Nīderlandē SEG emisijas bioloģiski apstrādātajos laukos kopumā bija lielākas, nekā konvencionāli apstrādātajos laukos (Foteinis & Chatzisyneon, 2016; Knudsen et al., 2014; Benoit et al., 2015; Meier et al., 2015; Trimpler et al., 2016; Tuomisto et al., 2012). Siltumnīcefekta gāzu emisijas relatīvais līmenis ir ļoti atkarīgs no individuālajām lauksaimniecības sistēmām, kas izvēlētas salīdzinošajam pētījumam. Bioloģiskās saimniecības sistēmas ne vienmēr ir labvēlīgākas videi, ņemot vērā SEG emisijas uz platības vienību un iespējamo ieguldījumu globālajās klimata pārmaiņās. Lauksaimniecības sistēmas, kurās tiek uzkrāts salīdzinoši liels organiskā oglekļa un slāpekļa daudzums, piemēram, bioloģiskās lauksaimniecības sistēmās, āboliņu rotācijā un bezaršanas tehnoloģija var radīt ievērojams daudzums SEG emisiju pēc augsnes apstrādes (He et al., 2017).

Bioloģiskās lauksaimniecības prakse var samazināt SEG emisijas dažādos veidos. Pirmkārt, ierobežojot sintētisko mēslošanas līdzekļu, herbicīdu, pesticīdu un fungicīdu izmantošanu, kas var samazināt SEG emisijas un arī nitrātu un ķīmisko vielu nonākšanu ūdenstilpnēs. Otrkārt, starpkultūru sēšana, kultūraugu rotācija un komposta izmantošana bioloģiskajā lauksaimniecībā var spēlēt lielu lomu, lai saglabātu augsnes auglību, palielinātu oglekļa piesaistīšanu un samazinātu SEG emisijas. Starpkultūra var ierobežot nezāļu augšanu un samazināt ūdens noteci, līdz ar to samazināt augsnes eroziju. Bioloģiskā lauksaimniecība ir ilgtspējīga, jo tā nodrošina optimālu augsnes auglību, palielina oglekļa piesaistīšanu un samazina SEG emisijas (Squalli & Adamkiewicz, 2018). Pētījumā Austrālijā tika konstatēts, ka SEG emisijas augstākas bija bioloģiski apsaimniekotajā laukā (Wood et al., 2006). Somijas pētījumā, kur SEG emisijas tika mērītas bioloģiski un konvencionāli apsaimniekotos zālajos un konvencionāli apsaimniekotos graudaugos, statistiski nozīmīgas koncentrāciju atšķirības netika novērotas (Syväsalo et al., 2006). Savukārt Anglijas pētījumā tika secināts, ka SEG emisijas konvencionāli apsaimniekotos laukos uz hektāru ir daudz lielākas (Cooper et al., 2011).

Nesenie pētījumi ir snieguši pierādījumus, kas apstiprina bioloģisko lauksaimniecību kā ilgtspējīgu izvēli, piemēram, salīdzinot SEG emisijas, augsnes organiskās vielas saturu un globālās sasilšanas potenciālu konvencionālajā lauksaimniecībā un bioloģiskajā lauksaimniecībā samazinātas augsnes apstrādes apstākļos, augsnes organiskā oglekļa piesaistīšana un negatīvs globālās sasilšanas potenciāls ir bioloģijā lauksaimniecībā samazinātas augsnes apstrādes apstākļos (Ghimire et al., 2017).

*Pasējas ietekme uz SEG emisijām no augsnes*

Pasēja nodrošina vairākus agronomiskos un vides ieguvumus, piemēram, nodrošina oglekļa piesaisti augsnē, ūdens infiltrāciju, samazina eroziju un barības vielu izskalošanos, uzlabo augsnes struktūru un auglību, kā arī samazina minerālmēslojuma izmantošanu, izmantojot tauriņziežus kā pasējas augu.

Zems slāpekļa saturs augsnē ir priekšrocība pākšaugu attīstībai pasējā, salīdzinot ar galveno kultūru, bet, ja slāpekļa saturs augsnē ir augsts, tad galvenā kultūra izkonkurē pākšaugus, kas ļauj secināt, ka slāpekļa saturam augsnē ir ļoti svarīga regulējoša loma. Liela pākšaugu biomasa var liecināt par zemu slāpekļa saturu augsnē, zemu nitrātu izskalošanās risku, bet augstu nepieciešamību pēc slāpekļa piesaistes, savukārt augsta galvenās kultūras biomasa liecina par augstu slāpekļa izskalošanās potenciālu un nepieciešamību pēc slāpekļa aiztures (De Notaris et al., 2021). Daryanto et al. (2018) meta analizē izpētīja, ka pasēja palielina N<sub>2</sub>O emisiju par 49%, bet CO<sub>2</sub> emisiju par 46%, salīdzinot ar papuvi, kas ir skaidrojams ar palielinātu sadalīšanos, ko izraisa mikroorganismu aktivitāte, tomēr ražas pieauguma dēļ globālais sasilšanas potenciāls uz ražas vienību ir līdzīgs vai zemāks, kā tas ir bez pasējas.

N<sub>2</sub>O emisija samazinās, ja palielinās pasējas augu biomasa, kas arī nozīmē, ka laikapstākļiem ir ļoti būtiska loma N<sub>2</sub>O emisijas samazināšanā, savukārt ja pasējas augu augšana tiek apgrūtināta, tad tiek samazināta N-NO<sub>3</sub> uzņemšana, kas noved pie palielinātas N<sub>2</sub>O emisijas. Siltākas ziemas ļauj pasējas augam aktīvāk uzņemt slāpekli, veidojot biomasu, tādā veidā augsnē samazinās slāpekļa daudzums, no kura veidoies N<sub>2</sub>O emisijai, kā arī aktīvi augošie pasējas augi uzņem augsnes ūdeni, radot nelabvēlīgus apstākļus denitrifikācijai, līdz ar to samazinās N<sub>2</sub>O emisija (Behnke and Villamil, 2019). Augsta oglekļa ienese no pasējas augiem, kas nav tauriņzieži, var stimulēt N<sub>2</sub>O emisijas veidošanos (Kaye and Quemada, 2017). Kaye and Quemada (2017), apkopojot citu autoru pētījumus, secināja, ka pasējas augiem nav ietekme uz CH<sub>4</sub> emisiju no augsnes. CO<sub>2</sub> emisiju no augsnes ietekmē ne tikai pasējas augs, bet arī daudz citu faktoru, piemēram, paraugu ievākšanas laiks, klimatiskie apstākļi, augu augšana un augsnes mikroorganismi, savukārt N<sub>2</sub>O emisijas svārstības pasējas sistēmās ietekmē mijiedarbība starp šādiem faktoriem: augu augšanu, augsnes īpašībām, klimatiskajiem apstākļiem un pasējas augu veidu (Nguyen and Kravchenko, 2021).

## Materiāli un metodes

### Pētījuma objekta raksturojums

2021. gadā projekta īstenošanas gaitā N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> un NH<sub>3</sub> mērījumi lauka apstākļos tika veikti Stendes pētniecības centrā, kur lauksaimnieciskā darbība notiek uz minerālaugsnēm, bet atsevišķos laukos ir arī sastopama organiskā augsne. SEG emisiju mērījumu lauku atrašanās vietas norādītas Att. 10, lauksaimnieciskās darbības veids un augsnes veids norādīts Tab. 7, bet agronomiskās darbības katram laukam norādītas no Tab. 8 līdz 16 .



Att. 10. SEG emisiju mērījumu vietas Stendes pētījumu stacijā.

Tab. 7. Augsnes veids un apstrāde mērījumu veikšanas laukos (skaitlis norāda uz lauka atrašanās vietu)

Kultūra	Bioloģiskā		Konvencionālā
	Minerālaugsne	Organiskā augsne	Minerālaugsne
Vasaras kvieši	1	2	

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

Kultūra	Bioloģiskā		Konvencionālā
	Minerālaugsne	Organiskā augsne	Minerālaugsne
Vasaras mieži	3	4	5
Sarkanais āboliņš (2.gads pēc pasējas)	6		7
Ziemas kvieši	8		9
Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	10		
Lauka pupas			11

**Tab. 8. Agronomiskās darbības bioloģiski apstrādātā vasaras kviešu laukā**

Vasaras kvieši, 2021. gads (šķ. "Uffo")	
Lauksaimniecības veids	Bioloģiska
Priekšaugš (2020.gadā)	Griķi sēklai (šķ. Aiva)
Augsne	Vg/mS, Ph <sub>KCL</sub> – 6.8, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –23 mg/kg, K <sub>2</sub> O – 60 mg/kg, trūdvielas –4.2%
Augsnes apstrāde	Aršana rudenī 2020, šļūķšana pavasarī
Pamatmēslojums	-
Sēkla	PB2
Izsējas norma	250 kg/ha
Sējas laiks	10.05.2021
Papildmēslojums	-
Smidzinājumi	-

**Tab. 9. Agronomiskās darbības bioloģiski apstrādātā vasaras miežu laukā**

Vasaras mieži, 2021. gads (šķ. "Austris")	
Lauksaimniecības veids	Bioloģiska
Priekšaugš (2020.gadā)	v. kvieši (šķ. Uffo)
Augsne	Vg/mS, Ph <sub>KCL</sub> – 6.5, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –14-26 mg/kg, K <sub>2</sub> O –75-95 mg/kg, trūdvielas –4.2%
Augsnes apstrāde	Aršana rudenī 2020, šļūķšana pavasarī
Pamatmēslojums	-
Sēkla	PB2
Izsējas norma	250 kg/ha
Sējas laiks	13.05.2021
Papildmēslojums	-
Smidzinājumi	-

**Tab. 10. Agronomiskās darbības bioloģiski apstrādātā sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukā**

Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, 2021. gads (šķ. Dižstende)	
Lauksaimniecības veids	Bioloģiska
Priekšaugš (2020.gadā)	v.mieži –2020, v.kvieši-2019

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

<b>Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, 2021. gads (šķ. Dižstende)</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Bioloģiska</b>
Augsne	Vg/mS, PH <sub>KCL</sub> – 6.7, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –39 mg/kg, K <sub>2</sub> O –66 mg/kg, trūdvielas –4.5%
Augsnes apstrāde	Aršana rudenī 2020, šļūkšana pavasarī
Pamatmēslojums	-
Sēkla	PB
Izsējas norma	10 kg/ha
Sējas laiks	25.04.2020
Papildmēslojums	-
Smidzinājumi	-

**Tab. 11. Agronomiskās darbības bioloģiski apstrādātā ziemas kviešu laukā**

<b>Ziemas kvieši, 2021. gads (šķ. Edvins)</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Bioloģiska</b>
Priekšaugš (2020.gadā)	sarkanais āboliņš
Augsne	Vg/mS, Ph <sub>KCL</sub> – 7.0, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –14 mg/kg, K <sub>2</sub> O –49 mg/kg, trūdvielas –4.6%
Augsnes apstrāde	Aršana 31.07.2020, šļūkšana 08.2020
Pamatmēslojums	-
Sēkla	PB1
Izsējas norma	220 kg/ha
Sējas laiks	13.09.2020
Papildmēslojums	-
Smidzinājumi	-

**Tab. 12. Agronomiskās darbības konvencionāli apstrādātā sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukā**

<b>Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, 2021. gads (šķ. Dižstende sēklai)</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Konvencionāla</b>
Priekšaugš (2020.gadā)	2020.g. v.mieži, 2019.g.- z.kvieši
Augsne	PV1/K, sM/S/mS, pH <sub>KCL</sub> –5.4-6.3, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –142-207 mg/kg, K <sub>2</sub> O –83-142 mg/kg, trūdvielas - 1.7-2.7%
Augsnes apstrāde	Aršana 2019.g.rudenī, šļūkšana pavasarī 2020
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26, deva 250 kg/ha
Sēkla	IS
Izsējas norma	10 kg/ ha
Sējas laiks	27.04.2020
Papildmēslojums	NS –30-7, deva 150 kg/ha 05.2020
Smidzinājumi	Bazagran 480 – 2 l/ha+MCPA 750 –0.7 l/ha, 9.06.2020

**Tab. 13. Agronomiskās darbības konvencionāli apstrādātā vasaras miežu laukā**

<b>Vasaras mieži, 2021. gads (šķ. Didzis)</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Konvencionāla</b>
Priekšaugi (2020.gadā)	z.kvieši
Augsne	PV <sub>1</sub> /K/ mS/, PH <sub>KCL</sub> – 5.5-5.8, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –172-196 mg/kg, K <sub>2</sub> O –83-142 mg/kg, trūdvielas –1.6-2.1%
Augsnes apstrāde	Aršana rudenī 2020, šļūkšana pavasarī2021
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26, deva 250 kg/ha
Sēkla	PB <sub>1</sub>
Izsējas norma	220 kg/ha
Sējas laiks	3.05.2021
Papildmēslojums	NS 30-7, 170 kg/ha
Smidzinājumi	Sekator 0.1 l/ha+Estet 0.5 l/ha-05.2021, Moddus 150 –0.4 l/ha-16.06.21, Elatus Era- 1 L/ha 28.06.21

**Tab. 14. Agronomiskās darbības konvencionāli apstrādātā ziemas kviešu laukā**

<b>Ziemas kvieši, 2021. gads (šķ. Edvins)</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Konvencionāla</b>
Priekšaugi (2020.gadā)	Griķi zaļmēslojums
Augsne	Pv K/S/mS, pH <sub>KCL</sub> -5.5-5.8, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> –174-196 mg/kg, K <sub>2</sub> O –149-183 mg/kg, trūdvielas –1.7-2.1%
Augsnes apstrāde	Aršana, šļūkšana-2020
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26, 300 kg/ha-2020.g.
Sēkla	PB1
Izsējas norma	212 kg/ha
Sējas laiks	11.09.2020
Papildmēslojums	NS 30-7, 1x reizi 250 kg/ha, 2x reizi-150 kg/ha
Smidzinājumi	Komplet 0.5 l /ha-23.09.2020, Stabilan 1.5 l/ha-21.04.2021, Elatus Era 1l/ha –31.05.2021

**Tab. 15. Agronomiskās darbības bioloģiski apstrādātā vasaras kviešu ar āboliņa pasēju laukā**

<b>Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju, 2021. gads</b>	
<b>Lauksaimniecības veids</b>	<b>Bioloģiska</b>
Priekšaugi (2020.gadā)	Rudzi
Augsne	
Augsnes apstrāde	Aršana, šļūkšana, sēja ar frēzes sējmašīnu
Pamatmēslojums	
Sēkla	Kvieši Uffo B kategorija, āboliņa pasēja
Izsējas norma	250/kg/ha

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju, 2021. gads	
Lauksaimniecības veids	Bioloģiska
Sējas laiks	29.04.2021
Papildmēslojums	
Smidzinājumi	

**Tab. 16. Agronomiskās darbības konvencionāli apstrādātā lauka pupu laukā**

Lauka pupas, 2021. gads (šķ. Boxer)	
Lauksaimniecības veids	Konvencionāla
Priekšaugš (2020.gadā)	auzas
Augsne	PV <sub>1</sub> /sM, pH <sub>KCL</sub> -5.5 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 113 mg/kg, K <sub>2</sub> O -150 mg/kg, trūdvielas -1.7%
Augsnes apstrāde	Aršana rudenī 2020, šļūkšana pavasarī 2021
Pamatmēslojums	NPK 10-26-26, 250 kg/ha
Sēkla	C2
Izsējas norma	300 kg/ha
Sējas laiks	20.-21.04.21
Papildmēslojums	-
Smidzinājumi	Fenix 3.0 l/ha, -4.05, Decis Mega 0.15 l/ha-12.06, 01.07; Propulse -1 l/ha-1.07; Zoom-1.5 l/ha-12.06, 1.07.

**Mērījumu veikšana ar Picarro**

*Iekārtas un aprīkojums*

Lauksaimniecības augšņu emitēto gāzu mērījumi tika veikti izmantojot mobilo spektrofotometru Picarro G2508 (Att. 11), kas ļauj vienlaikus veikt piecu gāzu mērījumus N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, un H<sub>2</sub>O 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. 12). 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.

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**



**Att. 11. Picarro G2508<sup>5</sup>.**



**Att. 12. Kamera gāzu mērījumu veikšanai<sup>6</sup>.**

Pirms augsnes gāzu emisiju mērījumiem tika veikti augsnes mitruma mērījumi, izmantojot Lutron augsnes mitruma mērītāju PMS-714, kas veic augsnes mitruma mērījumus augsnes virsējā slānī (Att. 13). 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. 14). Kameras gaisa temperatūras un gaisa spiediena mērītājs tika novietots kamerā tieši pirms kupola nostiprināšanas.



<sup>5</sup> Autors: K.Valujeva.

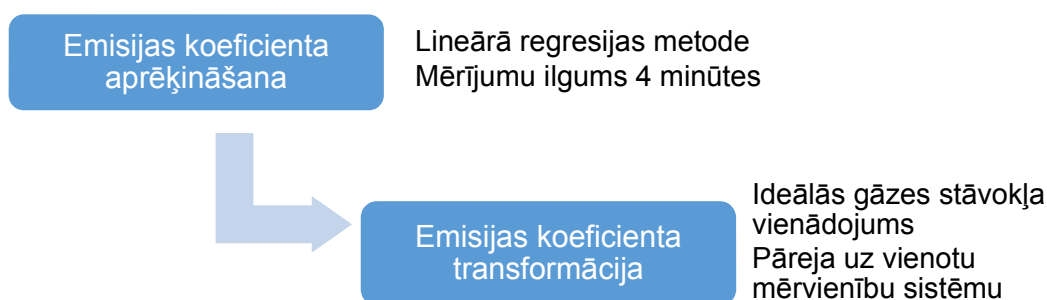
<sup>6</sup> Autors: O.Frolova.



**Att. 13. Augsnes mitruma mērītājs<sup>7</sup>.**

*Datu analīzes metodes*

Lai iekārtas Picarro G2508 koncentrācijas mērījumus transformētu siltumnīcas efekta gāzu emisijās no hektāra, aprēķinam tika izmantots vairāku pakāpju algoritms (Att. 15).



**Att. 15. Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematiskais attēlojums.**

*Emisiju koeficienta aprēķins*

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

$$y = mx + b, \text{ kur} \quad (1)$$

y – koncentrācija ppm/s;  
x – laiks sekundēs;  
m – regresijas koeficients;  
b – brīvais loceklis.

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

m – regresijas koeficients;  
y – koncentrācija ppm/s;  
x – laiks sekundēs;  
n – mērījumu skaits.

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

<sup>7</sup> Autors: J.Pilecka.

## Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana

---

b – brīvais loceklis;  
y – koncentrācija;  
x – laiks sekundēs;  
m – regresijas koeficients;  
n – 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<sup>2</sup>- determinācijas koeficients  
y – koncentrācija  
x – laiks sekundēs  
n – mērījumu skaits

### *Emisijas koeficienta transformācijas*

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

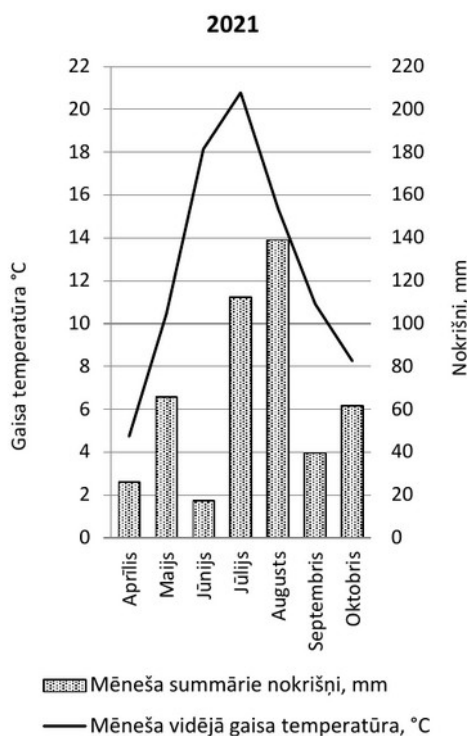
$$F = p \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{\Delta c}{\Delta T} \cdot \frac{273}{T + 273}, \text{ kur} \quad (5)$$

F – emisijas apjoms no augsnes (g/ha/dnn);  
p – gāzes blīvums mg/m<sup>3</sup>;  
V – kameras tilpums m<sup>3</sup>;  
A – kameras laukums m<sup>2</sup>;  
Δc/ΔT – vidējā koncentrācijas izmaiņa laikā ppm/s;  
T – kameras temperatūra °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.

### *Meteoroloģisko apstākļu raksturojums*

Stendes LVĢMC meteoroloģiskajā novērojumu stacijā 2021. gada veģetācijas periodā (Att. 16) nokrišņu summa bija 461.4 mm, bet vidējā gaisa temperatūra šajā periodā bija 12.7 °C. Vismazāk nokrišņu ir novērots jūnijā (17.3 mm), bet visvairāk augustā (139 mm).



**Att. 16. Mēneša vidējās gaisa temperatūras un mēneša nokrišņu summa LVĢMC Stendes novērojumu stacijā veģetācijas periodā 2021. gadā.**

Aprīlī vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 0.8 °C zem 1981.-2010. gada mēneša normas (5.7°C) un nokrišņu daudzums par 30% mazāks nekā 1981.-2010. gada mēneša norma (34 mm). Maija vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 0.6 °C zem 1981.-2010. gada mēneša normas (11.4°C) un nokrišņu daudzums par 40% pārsniedza 1981.-2010. gada mēneša normu (49 mm). Jūnijā vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 3.8 °C virs 1981.-2010. gada mēneša normas (14.8°C) un nokrišņu daudzums par 76% mazāks nekā 1981.-2010. gada mēneša norma (73 mm). Jūnijs bija siltākais Latvijas novērojumu vēsturē kopš 1924. gada. Jūlija vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 4.0 °C virs 1981.-2010. gada mēneša normas (17.8°C) un nokrišņu daudzums par 32% pārsniedza 1981.-2010. gada mēneša normu (76 mm). Jūlijs vienlīdzīgi ar 2010. gada jūlija bija vissiltākie Latvijas novērojumu vēsturē (kopš 1924. gada). Augusta vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 0.7 °C zem 1981.-2010. gada mēneša normas (16.5°C) un nokrišņu daudzums par 56% pārsniedza 1981.-2010. gada mēneša normu (77 mm). Septembrī vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 0.5 °C zem 1981.-2010. gada mēneša normas (11.7°C) un nokrišņu daudzums par 43% mazāks nekā 1981.-2010. gada mēneša norma (66 mm). Oktobrī vidējā gaisa temperatūra Stendē bija 1.4 °C virs 1981.-2010. gada mēneša normas (6.9°C) un nokrišņu daudzums par 18% mazāks nekā 1981.-2010. gada mēneša norma (73 mm) (LVĢMC, 2021).

## Rezultāti

Rezultātu nodaļas pirmajā apakšnodaļā ir apkopoti SEG mērījumu rezultāti, kur sniegts ieskaits N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> emisiju apjomu aprakstošajos statistiskajos rādītājos, un otrajā apakšnodaļā ir analizēta audzēto kultūru ietekme uz N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> emisiju apjomu. Trešajā apakšnodaļā izvērtēta augsnes temperatūras un augsnes mitruma ietekme uz gāzu emisijām un N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> savstarpējās sakarības. Ceturtajā apakšnodaļā analizēta lauksaimniecības veidu (bioloģiskā un konvencionālā) ietekme uz uz N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> emisiju apjomu, bet piektajā apakšnodaļā ir analizēta audzējamās kultūras (vasaras kvieši un vasaras mieži) un augsnes (minerālaugsne un organiskā augsne) ietekme uz N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> emisiju apjomu.

### SEG mērījumu rezultāti

Līdz 2021. gada 30. novembrim Stendē mērījumi ir veikti 12 mērījumu kampaņās vasaras kviešu, vasaras miežu, sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas, ziemas kviešu, vasaras kviešu ar āboliņa pasēju un pupu izmēģinājuma laukos, kuros izmantotas bioloģiskās un konvencionālās saimniekošanas metodes, kā arī atsevišķos laukos ir sastopama organiskā augsne. Katrā objektā tika veikti N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> mērījumi 3 kamerās, augsnes mitruma un augsnes temperatūras mērījumi. Kopā Stendē ir veikti 1002 mērījumi. 2021. gada mērījumu rezultātos ir vērojama mediānas un aritmētiskās vidējās vērtības nesakritība, kas liecina par emisiju mainīgo dabu. Iegūto datu aprakstošās statistiskās analīzes rezultāti attēloti Tab. 17.

**Tab. 17. N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub> emisiju statistiskie rādītāji 2021. gadā**

Variables		CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn
N	Valid	1002	1002	1002	1002
	Missing	0	0	0	0
Mean		-4.49	3.35	109.67	-0.10
Std. Error of Mean		0.17	0.22	2.06	0.02
Median		-3.84	2.28	101.59	-0.04
Std. Deviation		5.50	7.07	65.25	0.52
Variance		30.26	50.03	4257.21	0.28
Minimum		-26	-16	2	-4
Maximum		36	44	468	1
Percentiles	25	-7.15	-0.76	63.28	-0.23
	50	-3.84	2.28	101.59	-0.04
	75	-1.86	5.32	139.18	0.15

Lai veicinātu izpratni par gāzu emisiju dabu un izprastu katras gāzes emisiju atšķirības audzējamo kultūru, lauksaimniecības veida un augsnes kontekstā, SEG emisijas tiek analizētas audzējamās kultūras kontekstā (vasaras kvieši, vasaras mieži, sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, ziemas kvieši, vasaras kvieši ar āboliņa pasēju, pupas), lauksaimnieciskās darbības veida (bioloģiski: vasaras kvieši, vasaras mieži, sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, ziemas kvieši, vasaras kvieši ar āboliņa pasēju; konvencionāli: sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, vasaras mieži, ziemas kvieši, pupas) un augsnes veida un audzējamās kultūras lauka griezumā (vasaras kvieši, vasaras mieži uz minerālaugsnī un organisko augsni).

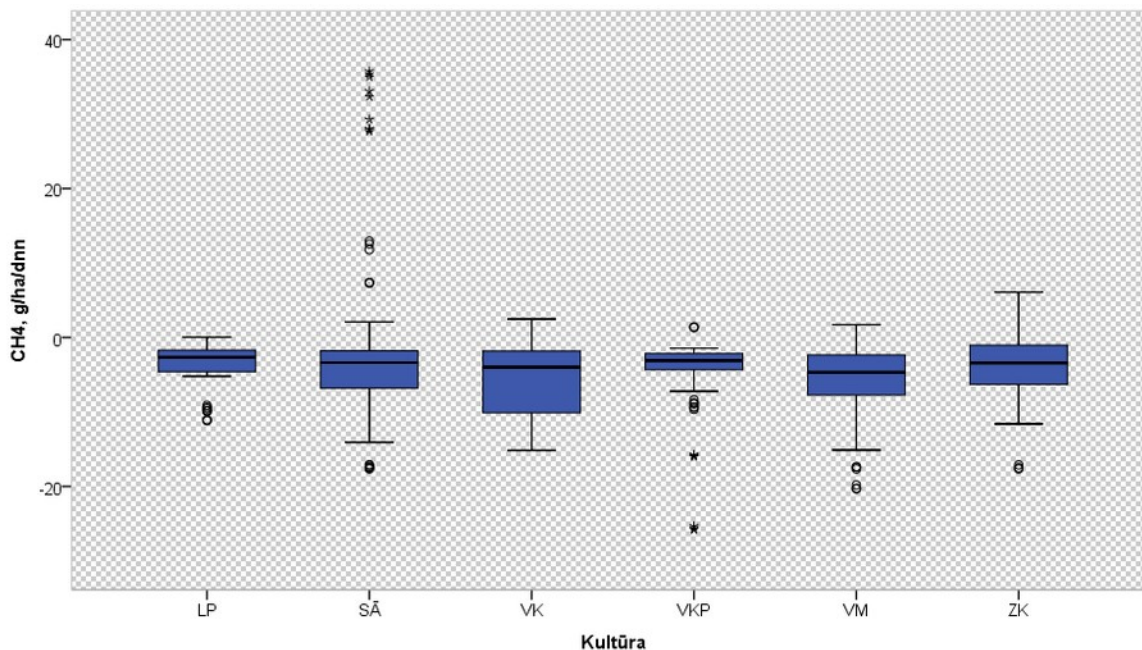
### **Kultūraugu ietekme uz SEG emisijām**

Analizējot metāna (CH<sub>4</sub>) emisijas no augsnēm, ir vērojama piesaiste un tikai atsevišķos gadījumos veidojas CH<sub>4</sub> emisijas. Vislielāko CH<sub>4</sub> piesaisti vidēji veido vasaras kviešu lauki, bet vismazāko sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas lauki (Tab. 18). Sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukā 2021. gada veģetācijas periodā ir novērotas arī CH<sub>4</sub> emisijas, kas vairākkārtīgi pārsniedz citu lauku maksimālās vērtības (Att. 17). CH<sub>4</sub> emisiju sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukos viens no veicinošajiem faktoriem ir arī tas, ka šos laukos kopš 2020. gada pavasara nav veikta augsnes aršana vai irdināšana, kas ir veicinājusi anaerobu apstākļu veidošanos un pie labvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem veicina CH<sub>4</sub> emisiju.

**Tab. 18. CH<sub>4</sub> emisijas statistiskie rādītāji 2021. gadā**

CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn		Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	Lauka pupas
N	Valid	198	315	198	144	96	51
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		-5.52	-5.31	-2.81	-3.82	-4.53	-3.75
Std. Error of Mean		0.31	0.23	0.63	0.32	0.50	0.46
Median		-3.99	-4.68	-3.38	-3.42	-3.10	-2.66
Std. Deviation		4.39	4.02	8.89	3.78	4.85	3.27
Variance		19.28	16.13	78.95	14.25	23.52	10.67
Minimum		-15	-20	-18	-18	-26	-11
Maximum		2	2	36	6	1	0
Percentiles	25	-10.13	-7.76	-6.85	-6.30	-4.35	-4.68
	50	-3.99	-4.68	-3.38	-3.42	-3.10	-2.66
	75	-1.81	-2.32	-1.77	-1.03	-2.17	-1.52

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**



**Att. 17. CH<sub>4</sub> emisija 2021. gadā<sup>8</sup>.**

Vismazākā vidējā vērtība N<sub>2</sub>O emisijai ir novērota lauka pupu laukā un ziemas kviešu laukos, bet maksimālās N<sub>2</sub>O emisijas ir novērotas vasaras kviešu un vasaras miežu laukos (Att. 18. un Tab. 19). Pēc Kruskal-Wallis testa, statistiski nozīmīgas atšķirības N<sub>2</sub>O emisijai ir starp ziemas kviešu un sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukiem un vasaras miežu un sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukiem (p<0.001).

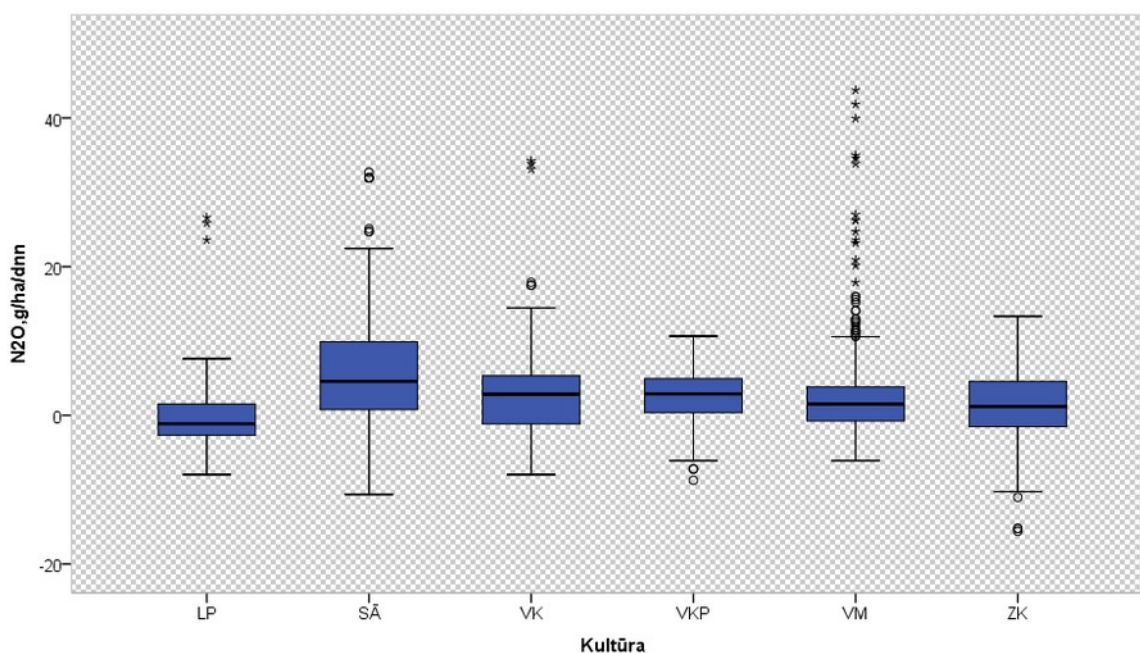
**Tab. 19. N<sub>2</sub>O emisijas statistiskie rādītāji 2021. gadā**

N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn		Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	Lauka pupas
N	Valid	198	315	198	144	96	51
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		3.15	3.13	6.46	1.23	2.61	0.81
Std. Error of Mean		0.45	0.42	0.61	0.39	0.43	1.00
Median		2.85	1.52	4.56	1.20	2.89	-1.14
Std. Deviation		6.39	7.40	8.60	4.66	4.17	7.11
Variance		40.89	54.81	73.91	21.67	17.38	50.53
Minimum		-8	-6	-11	-16	-9	-8
Maximum		34	44	33	13	11	27

<sup>8</sup> LP – lauka pupas; SĀ – sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, VK – vasaras kvieši; VKP – vasaras kvieši ar āboliņa pasēju; VM – vasaras mieži; ZK – ziemas kvieši.

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn		Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	Lauka pupas
Percentiles	25	-1.14	-0.76	0.76	-1.52	0.35	-2.66
	50	2.85	1.52	4.56	1.20	2.89	-1.14
	75	5.32	3.80	10.08	4.56	4.94	1.52



**Att. 18. N<sub>2</sub>O emisija pēc audzētās kultūras 2021. gadā<sup>9</sup>.**

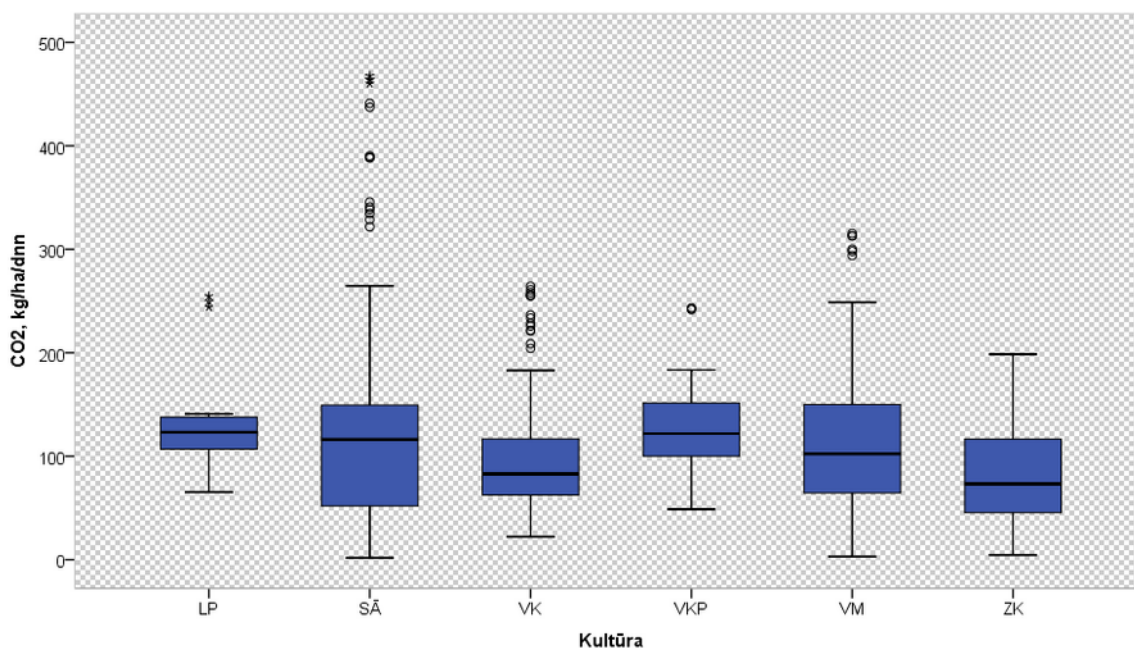
Ziemas kviešu laukos vidējā CO<sub>2</sub> emisija ir mazāka, salīdzinot ar pārējiem laukiem, bet visaugstākā vidējā vērtība ir sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukiem, arī maksimālā N<sub>2</sub>O emisijas vērtība ir novērota sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukos (Att. 19 un Tab. 20). Ziemas kviešu lauki ir vienīgie lauki, kuros nav novērotas ekstrēmās CO<sub>2</sub> emisiju vērtības, tāpēc arī Kruskal-Wallis tests parāda, statistiski būtiskas atšķirības CO<sub>2</sub> emisijai starp ziemas kviešiem un vasaras miežiem (p=0.001) un ziemas kviešiem un sarkano āboliņu nākamajā gadā pēc pasējas (p<0.001).

<sup>9</sup> LP – lauka pupas; SĀ – sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, VK – vasaras kvieši; VKP – vasaras kvieši ar āboliņa pasēju; VM – vasaras mieži; ZK – ziemas kvieši.

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

**Tab. 20. CO<sub>2</sub> emisijas statistiskie rādītāji 2021. gadā**

CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn		Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	Lauka pupas
N	Valid	198	315	198	144	96	51
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		98.83	110.41	129.51	81.51	122.91	124.77
Std. Error of Mean		3.82	3.25	7.00	3.72	3.91	5.20
Median		82.88	102.33	116.17	73.22	121.88	123.13
Std. Deviation		53.79	57.71	98.42	44.64	38.30	37.12
Variance		2893.77	3330.45	9686.84	1992.49	1467.20	1378.01
Minimum		22	3	2	5	49	65
Maximum		264	315	468	199	243	255
Percentiles	25	62.43	64.27	81.51	45.34	99.27	106.86
	50	82.88	102.33	116.17	73.22	121.88	123.13
	75	118.45	150.21	149.92	116.72	151.63	137.77



**Att. 19 CO<sub>2</sub> emisija pēc audzētās kultūras 2021. gadā<sup>10</sup>.**

Visām kultūrām ir novērotas ne tikai ļoti zemas NH<sub>3</sub> emisiju vērtības (Tab. 21 un Att. 20), bet arī NH<sub>3</sub> piesaistes vērtības. Kruskal-Wallis tests parāda, ka statistiski būtiska

<sup>10</sup> LP – lauka pupas; SĀ – sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas, VK – vasaras kvieši; VKP – vasaras kvieši ar āboliņa pasēju; VM – vasaras mieži; ZK – ziemas kvieši.

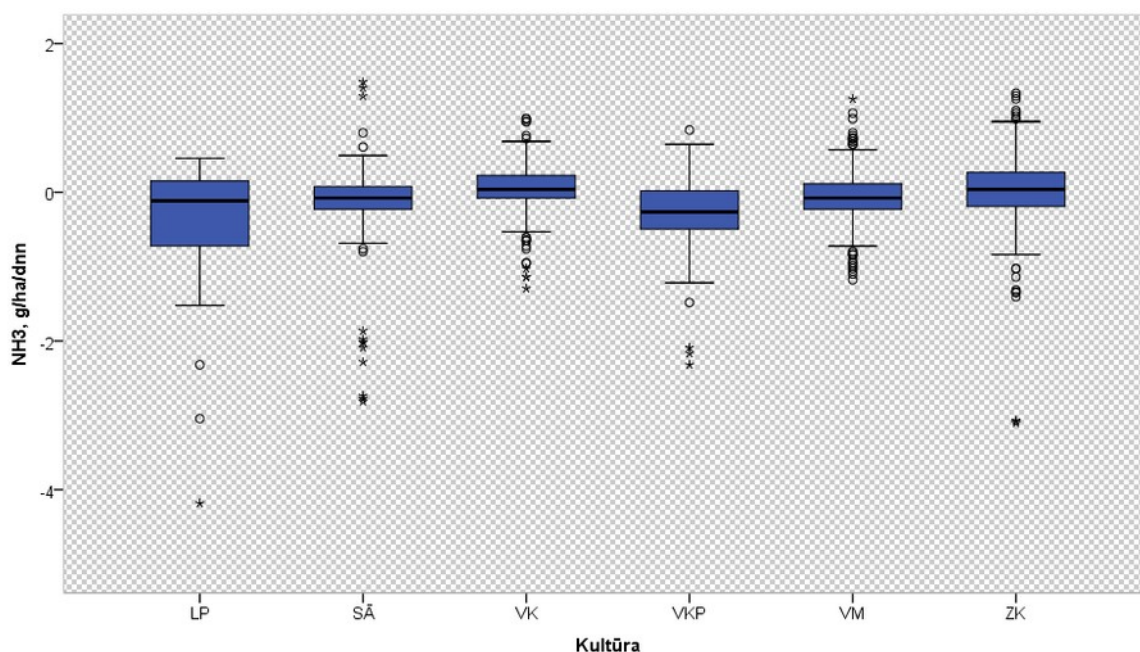


**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

atšķirība ir starp vasaras miežu un ziemas kviešu NH<sub>3</sub> emisiju (p<0.001) un sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas un ziemas kviešu NH<sub>3</sub> emisiju (p=0.013).

**Tab. 21. NH<sub>3</sub> emisijas statistiskie rādītāji 2021. gadā**

NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn		Vasaras kvieši	Vasaras mieži	Sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši ar āboliņa pasēju	Lauka pupas
N	Valid	198	315	198	144	96	51
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		0.04	-0.06	-0.14	-0.03	-0.32	-0.41
Std. Error of Mean		0.03	0.02	0.04	0.06	0.06	0.12
Median		0.04	-0.08	-0.08	0.04	-0.27	-0.12
Std. Deviation		0.35	0.35	0.56	0.68	0.57	0.88
Variance		0.13	0.12	0.31	0.46	0.33	0.78
Minimum		-1	-1	-3	-3	-2	-4
Maximum		1	1	1	1	1	0
Percentiles	25	-0.08	-0.23	-0.23	-0.19	-0.49	-0.72
	50	0.04	-0.08	-0.08	0.04	-0.27	-0.12
	75	0.23	0.12	0.08	0.27	0.02	0.15



**Att. 20. NH<sub>3</sub> emisija pēc audzētās kultūras 2021. gadā<sup>11</sup>.**

<sup>11</sup> LP – lauka pupas; SĀ – sarkanais āboliņš nākamajā gadā pēc pasējas; VK – vasaras kvieši; VKP – vasaras kvieši ar āboliņa pasēju; VM – vasaras mieži; ZK – ziemas kvieši.

### Augsnes temperatūras un augsnes mitruma ietekme uz SEG emisijām

Gāzu savstarpējā sakarība, un sakarība starp gāzēm un augsnes mitrumu un gāzēm un augsnes temperatūru tika noteikta, izmantojot Kendala korelācijas koeficientu (Chen, Popovich, 2002; Coffman et al., 2008) visiem mērījumu rezultātiem 2021. gadā (Tab. 22 un 23).

Starp CH<sub>4</sub> un CO<sub>2</sub> ir statistiski nozīmīga negatīva korelācija, kas nozīmē, ka, palielinoties vienas gāzes emisijai, otras gāzes emisija samazinās, kas skaidrojams ar aerobo vai anaerobo mikroorganismu dominanci pie vieniem vai otriem apstākļiem. Stendes pētniecības centrā dominē mālsmilts un smilšmāla augsnes un ir novērojamas ciešas sakarības starp augsnes temperatūru un augsnes mitrumu un SEG gāzēm, izņemot starp NH<sub>3</sub> un augsnes mitrumu un NH<sub>3</sub> un CH<sub>4</sub>.

Tab. 22. Kendala korelācijas koeficienti 2021. gadā<sup>12</sup>

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	-0.262**	-0.156**	-0.110**	0.192**	-0.075**
Augsnes mitrums, %	-0.262**	1	-0.105**	0.211**	0.108**	0.030
CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	-0.156**	-0.105**	1	-0.088**	-0.323**	-0.026
N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	-0.110**	0.211**	-0.088**	1	0.150**	-0.102**
CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	0.192**	0.108**	-0.323**	0.150**	1	-0.093**
NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn	-0.075**	0.030	-0.026	-0.102**	-0.093**	1

Bioloģiski apstrādātos laukos palielinoties augsnes mitrumam, palielinās CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, un NH<sub>3</sub>, bet samazinās augsnes temperatūra, savukārt palielinoties augsnes temperatūrai, samazinās augsnes mitrums, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O un NH<sub>3</sub> (Tab. 23). Visciešākā negatīvā korelācija bioloģisko apstrādātos laukos ir starp CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub>.

Tab. 23. Kendala korelācijas koeficienti bioloģiski apstrādātos laukos 2021. gadā<sup>12</sup>

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	-0.268**	-0.241**	-0.079**	0.181**	-0.063*
Augsnes mitrums, %	-0.268**	1	-0.040	0.180**	0.097**	0.073*
CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	-0.241**	-0.040	1	-0.093**	-0.344**	-0.049
N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	-0.079**	0.180**	-0.093**	1	0.233**	-0.076**
CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	0.181**	0.097**	-0.344**	0.233**	1	-0.095**
NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn	-0.063*	0.073*	-0.049	-0.076**	-0.095**	1

<sup>12</sup> \*\* p vērtība <0.01; \* p vērtība <0.05

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

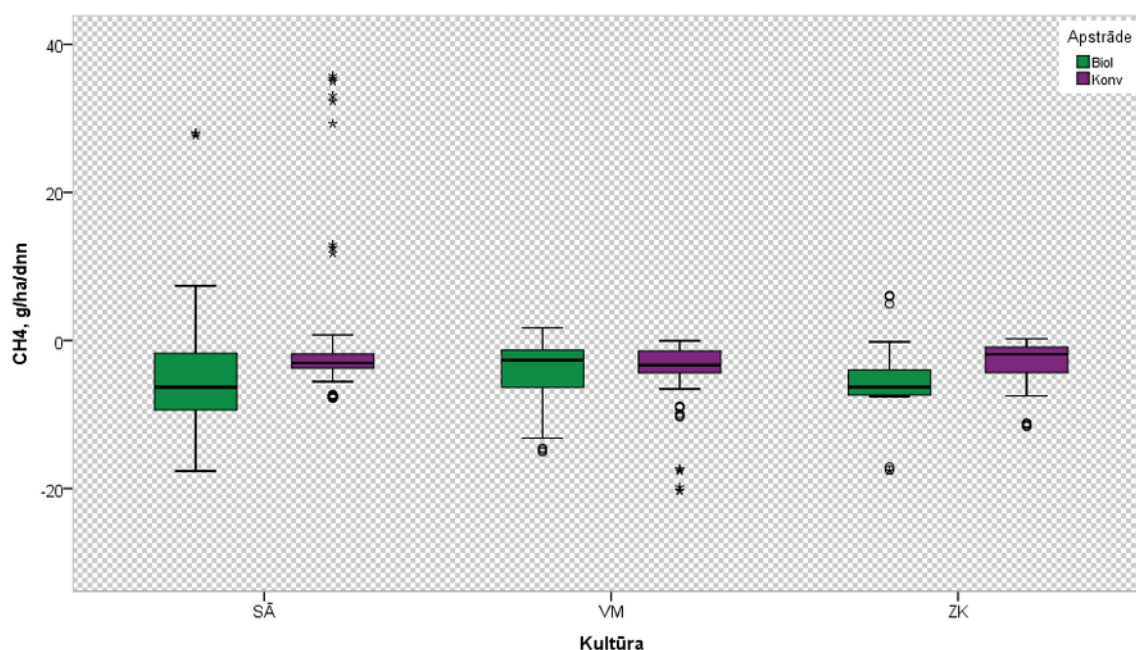
Bioloģiski un konvencionāli apstrādātu lauku veiktā gāzu savstarpējo sakarību analīze apstiprina zinātniskās literatūras izvirzīto hipotēzi, ka CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> emisijām ir negatīva statistiski nozīmīga korelācija. Konvencionāli apstrādātos laukos augsnes mitruma palielināšanās, palielina arī N<sub>2</sub>O emisiju, bet temperatūras palielināšanās, palielina CO<sub>2</sub> emisiju (Tab. 24).

**Tab. 24. Kendala korelācijas koeficienti konvencionāli apstrādātos laukos 2021. gadā<sup>12</sup>**

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	-0.104**	-0.164**	-0.136**	0.338**	-0.080*
Augsnes mitrums, %	-0.104**	1	-0.024	0.312**	0.053	-0.121**
CH <sub>4</sub> , g/ha/dnn	-0.164**	-0.024	1	-0.103**	<b>-0.249**</b>	0.006
N <sub>2</sub> O, g/ha/dnn	-0.136**	0.312**	-0.103**	1	0.003	-0.143**
CO <sub>2</sub> , kg/ha/dnn	0.338**	0.053	<b>-0.249**</b>	0.003	1	-0.089*
NH <sub>3</sub> , g/ha/dnn	-0.080*	-0.121**	0.006	-0.143**	-0.089*	1

**Lauksaimniecības veida ietekme uz SEG emisijām**

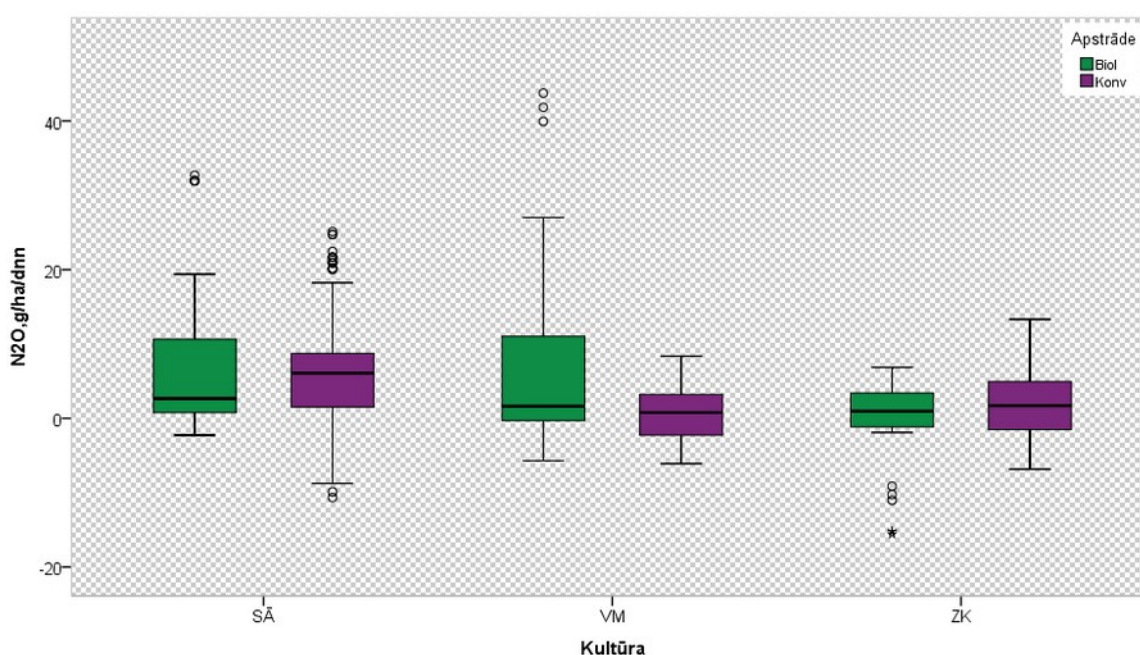
CH<sub>4</sub> emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un lauksaimniecības veida (Att. 21) parāda, ka sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas un vasaras miežu laukos, kas tiek apsaimniekoti konvencionāli, novērojamas CH<sub>4</sub> emisijas svārstības ar ekstrēmu vērtību klātbūtni. CH<sub>4</sub> emisija statistiski būtiski atšķiras starp bioloģisko un konvencionālo lauksaimniecības veidu (p<0.001).



**Att. 21. CH<sub>4</sub> salīdzinājums 2021. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).**

N<sub>2</sub>O emisiju salīdzinājums pēc audzētā kultūrauga un lauksaimniecības veida ir attēlots Att. 22. N<sub>2</sub>O emisiju mediānu vērtības ir līdzvērtīgas abu lauksaimniecības veidu gadījumos, kur tiek audzēti vasaras mieži un ziemas kvieši. Konvencionāli apstrādā sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukā mediānas vērtība ir visaugstākā. Ekstrēmo vērtību īpatsvars visaugstākais ir sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas un vasaras miežu laukos. Bioloģiski apstrādātos laukos N<sub>2</sub>O emisijas lielā izkliede varētu būt skaidrojama ar lielāku mikroorganismu daudzveidību un aktīvāku to darbību.

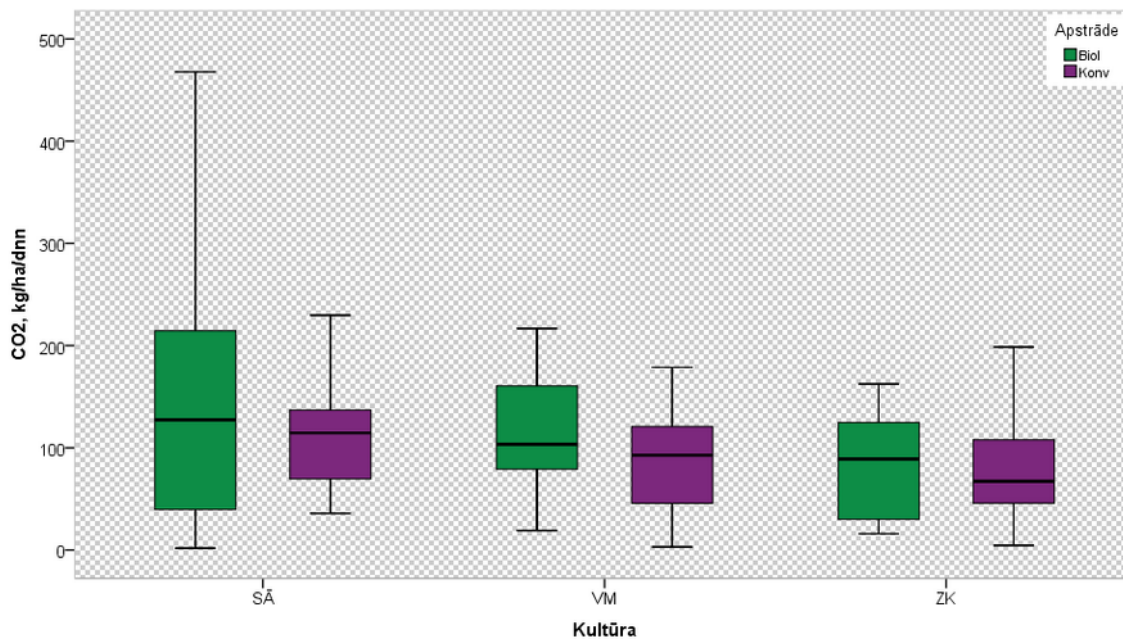
Ir nepieciešams veikt novērojumus ilgstošā laika periodā, kas aptver vismaz divu augu seku rotācijas ciklu, lai varētu izdarīt secinājumus par N<sub>2</sub>O emisiju apjomiem no katras augu sekas, ņemot vērā N<sub>2</sub>O emisiju mainīgo dabu.



**Att. 22. N<sub>2</sub>O salīdzinājums 2021. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).**

CO<sub>2</sub> emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un lauksaimniecības veida (Att. 23) parāda, ka svārstību amplitūda un mediānas vērtības zemākas ir konvencionāli apstrādātos laukos, kas arī varētu būt skaidrojams ar lielāku mikroorganismu aktivitāti bioloģiski apstrādātos laukos, kas noved pie paaugstinātas CO<sub>2</sub> emisijas. CO<sub>2</sub> emisijas izkliede vislielākā ir konvencionāli apstrādātā sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas laukā.

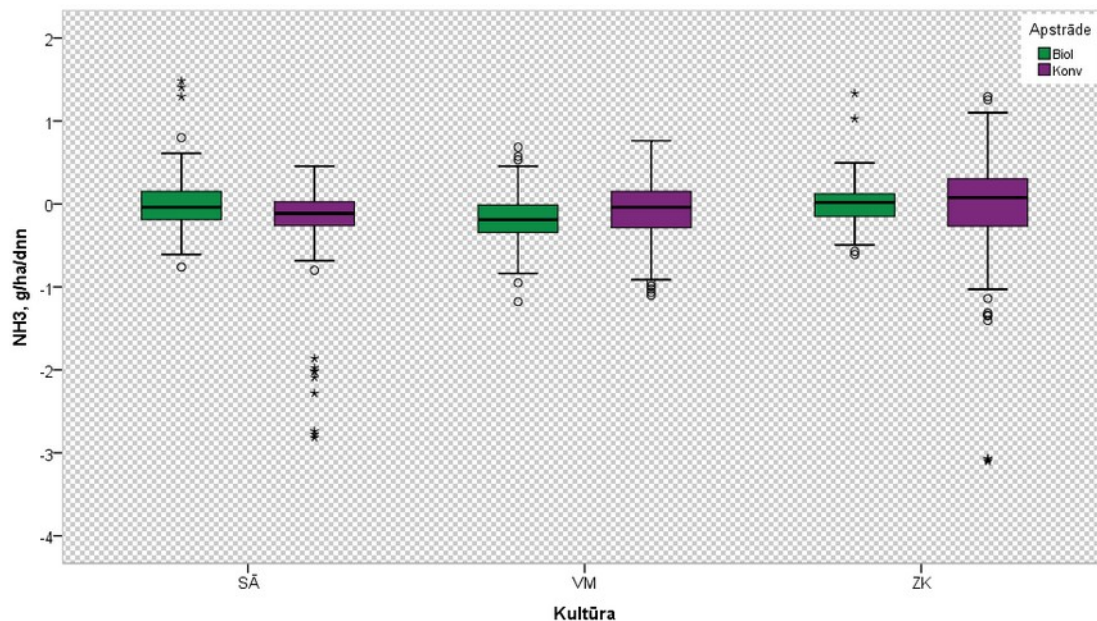
**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**



**Att. 23. CO<sub>2</sub> salīdzinājums 2021. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).**

NH<sub>3</sub> emisiju salīdzinājums pēc audzētās kultūras un lauksaimniecības veida (Att. 24) parāda, ka konvencionāli apstrādātos laukos vasaras miežiem un ziemas kviešiem ir augstākas mediānas vērtības.

Ekstrēmas pozitīvas NH<sub>3</sub> emisijas vērtības un NH<sub>3</sub> asimilācija ir konstatēta sarkanā āboliņa nākamajā gadā pēc pasējas un ziemas kviešu laukos.

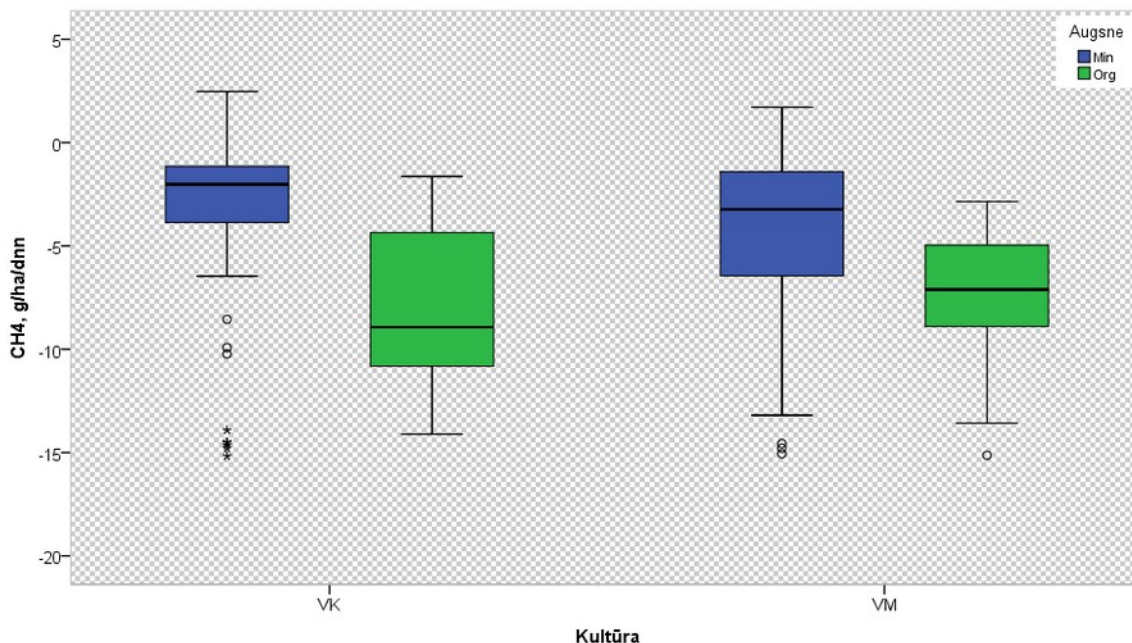


Att. 24. NH<sub>3</sub> salīdzinājums 2021. gadā pēc audzētās kultūras un augsnes apstrādes veida (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

#### Augsnes un audzējamās kultūras ietekme uz SEG emisijām

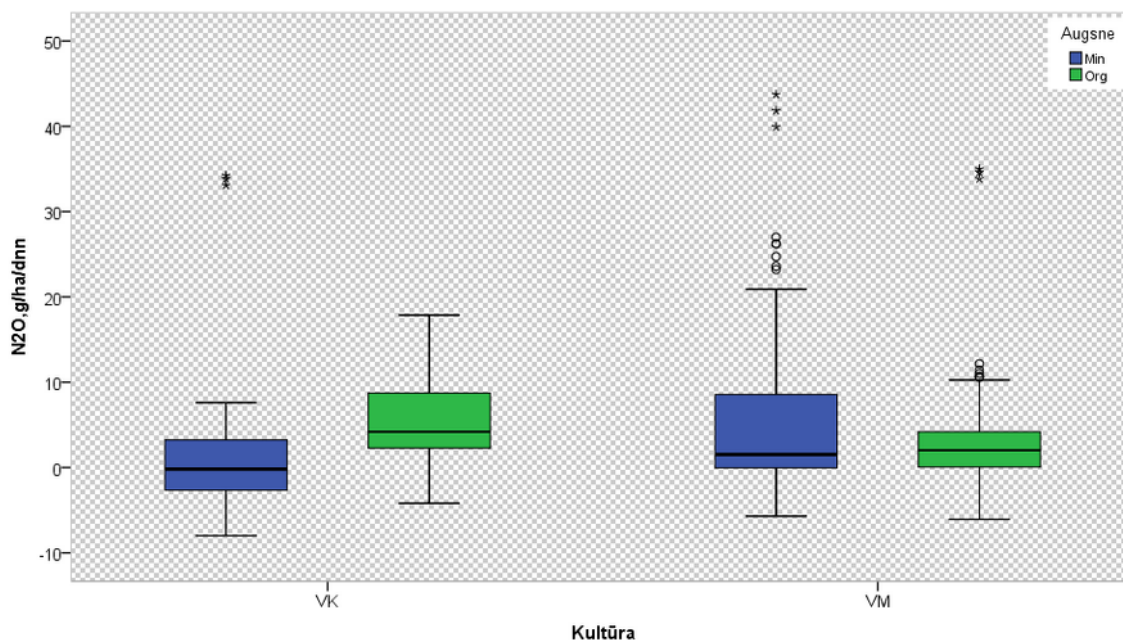
Bioloģisko apstrādātos vasaras kviešu un vasaras miežu laukos lauka vienā pusē ir sastopama organiskā augsne. Mann-Whitney U testu parāda, ka ir statistiski nozīmīga atšķirība starp minerālaugsni un organisko augsni visām gāzēm šajos laukos ( $p < 0.001$ ). Organiskās augsnes lauka pusē ir vērojama lielāka CH<sub>4</sub> asimilācija, salīdzinot ar minerālaugsnes lauka daļu (25.att.).

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**



**25.att. CH<sub>4</sub> salīdzinājums 2021. gadā vasaras kviešu (VK) un vasaras miežu (VM) laukos.**

Vasaras kviešu laukā N<sub>2</sub>O emisija ir ievērojami augstāka organiskās augsnes pusē, lai gan minerālaugsnes pusē ir novēroti vairāki ekstrēmi (Att. 26). Vasaras miežu laukā lielāki ekstrēmi un emisijas izkliede ir minerālaugsnes lauka daļā. N<sub>2</sub>O emisijai, salīdzinot starp kultūrām, nav novērota statistiski nozīmīga atšķirība.

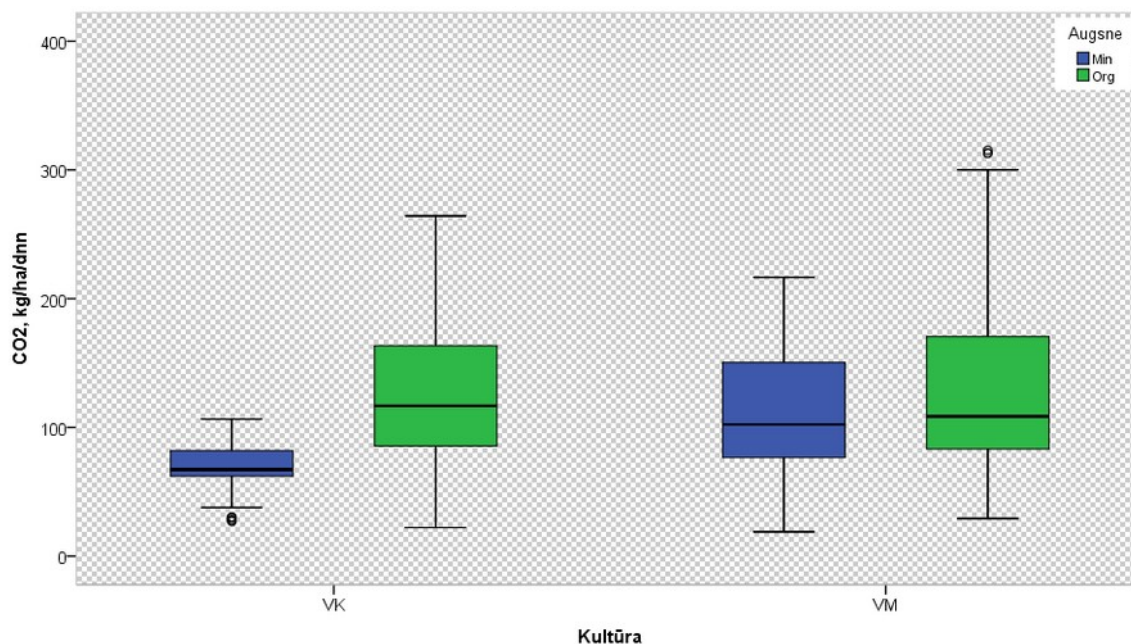


**Att. 26. N<sub>2</sub>O salīdzinājums 2021. gadā vasaras kviešu (VK) un vasaras miežu (VM) laukos.**

CO<sub>2</sub> emisijām ir statistiski būtiska atšķirība starp kultūrām ( $p < 0.001$ ), bet organiskās augsnes CO<sub>2</sub> emisija ir ļoti līdzīga abām kultūrām, tāpēc varam secināt, ka būtiskās atšķirības rada tieši CO<sub>2</sub>

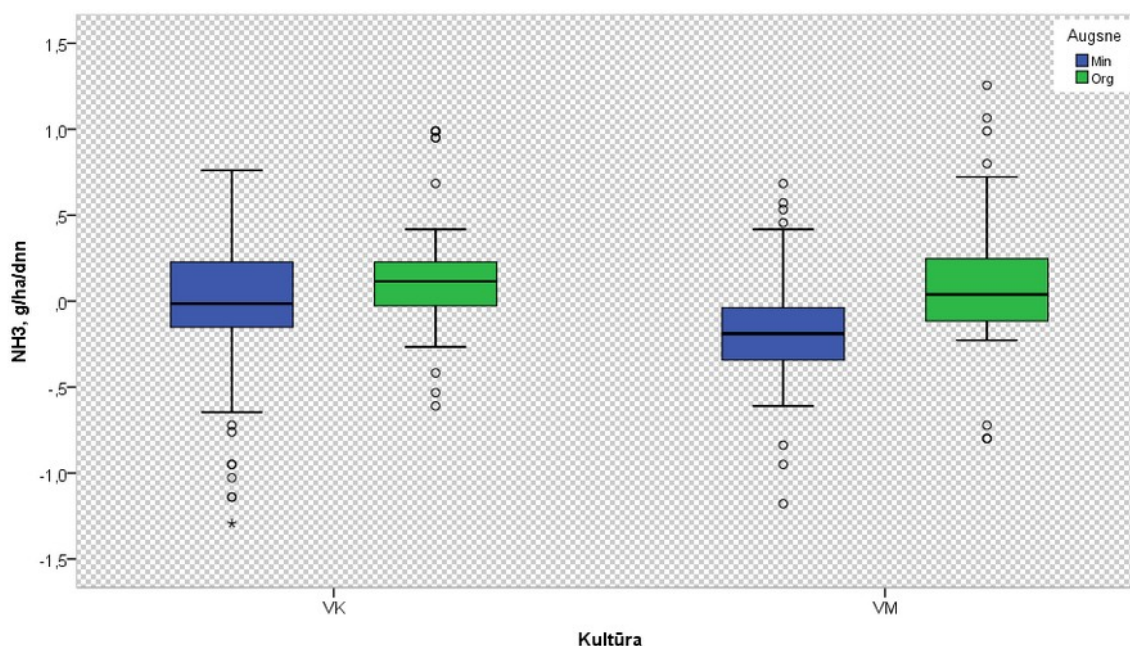
**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

emisija no minerālaugsnes (Att. 27).



**Att. 27. CO<sub>2</sub> salīdzinājums 2021. gadā vasaras kviešu (VK) un vasaras miežu (VM) laukos.**

Abos laukos ir novērota ne tikai NH<sub>3</sub> emisija, bet arī asimilācija. NH<sub>3</sub> emisijai starp kultūrām ir statistiski būtiska atšķirība ( $p < 0.001$ ). Augstāka NH<sub>3</sub> emisija ir novērota no organiskās augsnes, kas varētu būt skaidrojama ar organiskās vielas palielinātu noārdīšanās ātrumu (Att. 28).



**Att. 28. NH<sub>3</sub> salīdzinājums 2021. gadā vasaras kviešu (VK) un vasaras miežu (VM) laukos.**



## Secinājumi

---

1. Oglekļa vienību sertifikācijas un verifikācijas sistēmas:
  1. Oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu pārvaldību ieteicams veidot centralizētu, iesaistot par nacionālo SEG inventarizāciju atbildīgās iestādes, lai pēc iespējas izvairītos no dažāda veida dubultās uzskaites riskiem un veidotu vienotu, caurskatāmu oglekļa piesaistes vienību reģistru visām valstī ieviestajām oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmām. Pārvaldībai jāatbilst ES vienotajām nostādnēm un Latvijas pamatprincipiem brīvprātīgu sistēmu CO<sub>2</sub> piesaistes veicināšanai un uzskaitēi.
  2. Sākotnējais vērtējums liecina, ka ieviešanai Latvijā efektīvākās varētu būt četras no piecām EK piedāvātajām jomām un papildus joma - meža apsaimniekošana, lai stimulētu meža īpašniekus ieviest tādas apsaimniekošanas pasākumus, kas dotu pierādāmu CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumu un palīdzētu valstij virzīties uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu. Kūdras augsnes renaturalizācijas pasākuma ieviešanai Latvijas apstākļos trūkst pētījumu rezultātos gūstama klimata pārmaiņu samazināšanas potenciāla pamatojuma un, lai gan EK vadlīnijas uzsver šīs jomas klimata pārmaiņu samazināšanas potenciālu, ārpus Latvijas veikto pētījumu rezultāti ir pretrunīgi - pierādījumus var atrast gan klimata pārmaiņu samazinājuma ietekmei, gan gluži pretēji - būtiskam emisiju kāpumam.
  3. Ņemot vērā to, ka EK šobrīd strādā pie vienota ES līmeņa regulējuma (normatīvs akts) izstrādes oglekļa piesaistes vienību sertifikācijai līdz 2023.gadam, patlaban darbs pie konkrētu oglekļa saistīgās lauksaimniecības monitoringa, ziņošanas un verifikācijas sistēmu izstrādes balstāms atbilstoši orientētā (sekojot ES oglekļa piesaistes vienību sertifikācijas regulējuma izstrādei) nacionālā izpētē un apkopojot jau veiktās izpētes rezultātus dažādu klimata pārmaiņu samazināšanas darbību ietekmes novērtēšanā. Jebkuras monitoringa, ziņošanas un verifikācijas sistēmas izveidei ir nepieciešami pētnieciskie dati par izvēlētās darbības faktisko SEG emisiju samazinājumu/CO<sub>2</sub> piesaistes palielinājumu, emisiju faktoriem un citiem atbalsta datiem ticamam ietekmes monitoringam. Sistēmas labākai izpratnei un sākotnējam novērtējumam var tikt izmantota starptautisko sertifikācijas sistēmu (piemēram, Verra vai Gold Standard) piedāvātā pieeja.
  4. SEG inventarizācijas veicējiem būtu jābūt iesaistītiem monitoringa, ziņošanas, verifikācijas sistēmas izstrādē jau no sistēmas izstrādes sākuma

un visā tās ieviešanas laikā, nodrošinot tās saskanību un atbilstību aktuālajām IPCC vadlīnijām, kā arī savlaicīgi identificējot nepieciešamos indikatoru rādītājus, lai būtu iespējams adekvāti ietvert oglekļa saistīgās lauksaimniecības sistēmu radīto klimata pārmaiņu samazinājumu nacionālajā SEG inventarizācijā.

2. Augsnes apstrādes paņēmiena ietekme:

1. Tiešās sējas gadījumā CO<sub>2</sub> emisijas no augsnes ir mazākas, nekā citos variantos, un visos variantos CO<sub>2</sub> emisijas korelē ar ar gaisa temperatūru. Mitruma saturam augsnē un augsnes sablīvējumam (pretestībai) ir minimāla ietekme uz CO<sub>2</sub> emisijām.
2. Tiešās sējas laukos augsnē ir būtiski lielāks mitruma saturs, it īpaši pavasara mēnešos, kas var izraisīt būtiski lielākas CH<sub>4</sub> emisijas no augsnes. Šī rādītāja novērtēšana ir jāparedz turpmākajos pētījuma etapos, raksturojot dažādu augsnes apstrādes paņēmienu ietekmi uz augsnes SEG emisijām.
3. Ražības rādītāji dažādos izmēģinājumu objektos variē plašās robežās, tomēr vērojama tendence, ka tiešās sējas laukos ir raža ir mazāka, attiecīgi, arī oglekļa ieneses rādītāji var būt mazāki, kompensējot CO<sub>2</sub> emisiju samazinājumu no augsnes.

3. Pasējas augu izmantošanas ietekme:

1. SEG emisiju no augsnes apjomus ietekmē klimatiskie, hidroloģisko un ģeoloģiskie faktori, piemēram, gaisa temperatūra, augsnes temperatūra, augsnes mitruma daudzums, augsnes veids utt. Katra faktora svārstības diennakts griezumā atstāj ietekmi uz iegūto rezultātu. Augsnes veids, zemes izmantošanas veids un apsaimniekošana nosaka, vai augsne ir oglekļa krātuve vai emisiju radītājs.
2. Pētījuma rezultāti, norāda, ka atsevišķām kultūrām kādai no gāzēm ir būtiskas atšķirības starp lauksaimniecības veidiem, bet, lai izceltu kādu no lauksaimniecības veidiem kā labvēlīgāku SEG emisiju samazināšanas kontekstā, ir nepieciešams turpināt mērījumus, lai pārlicinātos, vai 2021. gada klimatiskie apstākļi nav noteicošais faktors šādam secinājumam.
3. Stendes pētījuma stacijas parauglaukumos ir izteiktāka augsnes temperatūras un augsnes mitruma ietekme uz gāzu emisijām, kas ir saistīts ar augsnes granulometrisko sastāvu, augsnes struktūru un augsnes ūdens caurlaidības spēju.

**Aramzemes un ilggadīgo zālāju apsaimniekošanas radīto siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju un oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) piesaistes uzskaites sistēmas pilnveidošana un atbilstošu metodisko risinājumu izstrādāšana**

---

4. 2021. gada SEG mērījumu rezultāti no augsnes vienādi apstrādātos laukos ar minerālaugsnī vienā lauka galā un organisko augsni otrā lauka galā, apstiprina augsnes organiskā satura ietekmi uz SEG veidošanos.
5. Ir nepieciešams veikt novērojumus ilgstošā laika periodā, kas aptver vismaz triju augu seku rotācijas ciklu, lai varētu izdarīt secinājumus par N<sub>2</sub>O emisiju apjomu no katras augu sekas, ņemot vērā N<sub>2</sub>O emisiju mainīgo dabu.

## 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., Chêneby, D., Watson, C.J., Philippot, L., 2010. Insights into the Effect of Soil pH on N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> 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. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Kiyoto, T. (Eds.), 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use, in: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan, p. 678.
11. 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.
12. 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.
13. Fleck, D., He, Y., Alexander, C., Jacobson, G., Cunningham, K.L., 2013. Simultaneous soil flux measurements of five gases -- N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, and H<sub>2</sub>O -- with the Picarro G2508 (Application note No. AN034). Picarro, Santa Clara, CA 9 5054 USA.
14. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Fukuda, M., Troxler, T., Jamsranjav, B., 2013. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland.
15. 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>
16. 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>
17. 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>
  18. 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>
  19. 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>
  20. McSwiney, C.P., Robertson, G.P., 2005. Nonlinear response of N<sub>2</sub>O 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>
  21. 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>
  22. 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>
  23. 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>
  24. 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, 11 665. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47861-7>
  25. 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>
  26. 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>
  27. 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>
  28. 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>
  29. 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>
  30. Reicosky, D.C., 1997. Tillage-induced CO<sub>2</sub> emission from soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49, 273–285. <https://doi.org/10.1023/A:1009766510274>
  31. 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>
  32. 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>
33. 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>
34. Shi, W.-Y., Yan, M.-J., Zhang, J.-G., Guan, J.-H., Du, S., 2014. Soil CO<sub>2</sub> 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>
35. 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>
36. 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>
37. 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>
38. 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>
39. 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>
40. Vinzent, B., Fuß, R., Maidl, F.-X., Hülsbergen, K.-J., 2017. Efficacy of agronomic strategies for mitigation of after-harvest N<sub>2</sub>O emissions of winter oilseed rape. *European Journal of Agronomy* 89, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.009>
41. 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>
42. Weslien, P., Kasimir Klemetsson, Å., Börjesson, G., Klemetsson, L., 2009. Strong pH influence on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from forested organic soils. *European Journal of Soil Science* 60, 311–320. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01123.x>
43. 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>
44. 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>