



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTU

PĒTĪJUMA Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata
NOSAUKUMS: pārmaiņu (plūdu riska) mazināšanā
LĪGUMA NR.: 18-100-INV18-5-000013
LĒMUMA NR.: 10.9.1-11/18/881-e
IZPILDĪTĀJI: Inga Grīnfelde
Laima Bērziņa
Kristīne Valujeva
Jovita Pilecka
Olga Frolova
Artūrs Veinbergs
Raivis Intlers
PROJEKTA VADĪTĀJS:

Ainis Lagzdiņš

Jelgava 2018

SATURS

Attēlu saraksts	4
Tabulu saraksts	6
Izmantotie saīsinājumi	7
1. Ievads	8
1.1. SEG emisijas Latvijā	9
1.1. SEG emisijas no minerālaugsnēm	11
1.2. SEG emisijas no organiskajām augsnēm.....	12
1.3. SEG emisiju ietekmējošie faktori.....	14
1.3.1. Augsnes mitrums.....	15
1.3.2. Augsnes temperatūra	16
1.3.3. Gaisa spiediens.....	17
1.3.4. Kūlas ugunsgrēki.....	17
1.3.5. Augsnes pH.....	18
1.3.6. Barības vielu daudzums	18
1.3.7. Veģetācija	19
1.3.8. Zemes lietojuma veida maiņa.....	20
1.4. Lauksaimniecības kultūru ietekme uz SEG emisijām.....	20
1.4.1. Graudaugi	20
1.4.2. Tauriņzieži	22
1.4.3. Eļļaugi	25
1.4.4. Zālāji.....	26
Kopsavilkums	27
2. Materiāli un metodes	28
2.1. Pētījuma objektu izvēle un raksturojums.....	28
2.1.1. Bērzes monitoringa stacija	29

2.1.2.	Mellupītes monitoringa stacija	32
2.1.3.	Auces monitoringa stacija	34
2.1.4.	Lafloras pētījumu vieta	35
2.1.5.	Mārupes pētījumu vieta	36
2.2.	Mērījumu veikšana ar Picarro.....	37
2.2.1.	Iekārtas un aprīkojums	37
2.2.2.	Datu analīzes metodes.....	39
3.	Rezultāti.....	42
3.1.	SEG mērījumu rezultāti	42
3.1.1.	Metāna mērījumu rezultāti.....	42
3.1.2.	Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti.....	44
3.1.3.	Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti	45
3.1.4.	Amonjaka mērījumu rezultāti.....	46
3.2.	Augsnes organiskā saturs ietekme	47
3.3.	Gruntsūdens līmeņa ietekme uz emisijām Mellupītes izmēģinājuma lauciņos	49
	Secinājumi.....	55
	Literatūras avoti	56
	Pielikumi	63

ATTĒLU SARAKSTS

1. att. SEG emisiju sadalījums starp sektoriem 2016. gadā (NIR, 2018).....	9
2. att. SEG emisiju sadalījums lauksaimniecības sektorā 2015. gadā (NIR, 2017).....	9
3. att. SEG emisiju avoti lauksaimniecībā 2016. gadā (NIR, 2018).	10
4. att. Galvenie SEG emisiju avoti lauksaimniecībā 2016. gadā (NIR, 2018).	10
5. att. Galvenie SEG emisiju ietekmējošie faktori (Oertel et al., 2016).....	15
6.att. SEG emisiju mērījumu vietas.....	28
7. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Bērzes monitoringa stacijā.	31
8. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Mellupītes monitoringa stacijā.	33
9. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Auces monitoringa stacijā.	35
10. att. SEG emisiju mērījumu vieta Lafloras pētījumu vietā.....	36
11. att. SEG emisiju mērījumu vieta Mārupes pētījumu vietā.	37
12. att. Picarro G2508 (autors: J.Pilecka).	38
13. att. Kamera gāzu mērījumu veikšanai (autors: J.Pilecka).	38
14. att. Augsnes mitruma mērītājs (autors: J.Pilecka).....	39
15. att. Diver barometriskā spiediena mērītāji (autors: J.Pilecka).	39
16.att. Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematisks attēlojums.....	39
17. att. CH ₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.....	43
18. att. N ₂ O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.	44
19. att. CO ₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.	46
20. att. NH ₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.....	47
21. att. Gruntsūdens līmeņa-N ₂ O emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma lauciņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.	51
22. att. Gruntsūdens līmeņa-NH ₃ emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma lauciņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.	51
23. att. Gruntsūdens līmeņa-CH ₄ gāzes lineārās sakarības izmēģinājuma lauciņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.	52

24. att. Gruntsūdens līmeņa-CO ₂ emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma lauciņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.	52
25. att. Gruntsūdens līmeņa svārstības un N ₂ O gāzes emisijas eksperimentālo mērījumu periodā 2018. gadā.	53
26. att. Kopējā slāpekļa (N _{tot}) koncentrācija notecē un SEG emisijas no izmēģinājumu laucīņiem 02.05.2018.	54

TABULU SARAKSTS

1. tab. Agronomiskās darbības pētījuma teritorijās (<i>tabula tiks atjaunota pētījuma beigu posmā</i>).....	29
2. tab. Bērzes monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	30
3. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Bērzes monitoringa stacijas drenu laukā (<i>tabula tiks atjaunota pētījuma beigās</i>).....	32
4. tab. Mellupites monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	32
5. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Mellupītes pētījuma teritorijās (<i>tabula tiks atjaunota pētījuma beigās</i>).....	33
6. tab. Auces monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	34
7. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Auces monitoringa stacijas sateces baseinā (<i>tabula tiks atjaunota pētījuma beigās</i>).....	35
8. tab. N ₂ O, CO ₂ , NH ₃ un CH ₄ emisiju statistiskie rādītāji 2018. gadā.	42
9. tab. CH ₄ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.	43
10. tab. N ₂ O emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.	44
11. tab. CO ₂ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.	45
12. tab. NH ₃ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.	46
13. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām.....	48
14. tab. Kendala korelācijas koeficienti minerālaugsnes kamerām.....	48
15. tab. Kendala korelācijas koeficienti organiskās augsnes kamerām.	49
16. tab. Gruntsūdens līmeņa-N ₂ O un gruntsūdens līmeņa-NH ₃ lineārās sakarības.....	52
17. tab. Gruntsūdens līmeņa-CH ₄ un gruntsūdens līmeņa-CO ₂ lineārās sakarības.....	53

IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI

SEG – siltumnīcefekta gāzes;

CO₂ – oglekļa dioksīds;

N₂O – dislāpekļa oksīds;

CH₄ – metāns;

NH₃ – amonjaks;

NO – slāpekļa oksīds;

NO₃ – 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.

1. IEVADS

Latvijas Republikas Saeima 1995. gadā ratificēja ANO Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām (UN, 1998; LR, 1995). Konvencijas mērķis ir samazināt siltumnīcefekta gāzu (SEG) koncentrāciju atmosfērā līdz tādām līmenim, kas novērš bīstamu antropogēnu iekļaušanos klimata procesos. Latvijas saistības SEG emisiju samazināšanā nosaka 2002. gadā Saeimas ratificētais Kioto protokols. Atbilstoši Kioto protokolam, Latvijai individuāli vai kopīgā rīcībā ar citām valstīm laika posmā no 2008. līdz 2012. gadam bija jāpanāk SEG emisiju samazinājums par 8%, salīdzinot ar 1990. gadu. Ar šo uzdevumu Latvija sekmīgi tika galā. Kioto Protokola otrajam saistību periodam līdz 2020. gadam, ko pieņēma 2012. gadā, ir definēti vēl augstāki mērķi. Otra Kioto Protokola ietvaros uz 2020. gadu Eiropas Savienībai un tādejādi arī dalībvalstīm ir jāsamazina emisijas par 20%, salīdzinot 1990. gadu.

Ik gadu Latvijā tiek veikta SEG inventarizācija, kuras ietvaros tiek aprēķinātas SEG emisijas, kas rodas dažādu tautsaimniecības sektoru darbības rezultātā, t.sk., lauksaimniecības zemju apsaimniekošana.

Meliorācijas sistēmu ierīkošana lauksaimniecības zemēs nodrošina augsnes mitruma regulēšanu, kas īpaši aktuāla ir pavasara un rudens sezonās, kad nepieciešama intensīva lauksaimniecības tehnikas izmantošana. Pētījumu rezultāti liecina, ka lauksaimniecības zemju nosusināšana palielina kultūraugu produktivitāti, sekmē skābekļa daudzuma palielināšanos augsnē un organiskās vielas sadalīšanās procesus, samazina CH₄ emisijas, bet palielina CO₂ un N₂O emisijas.

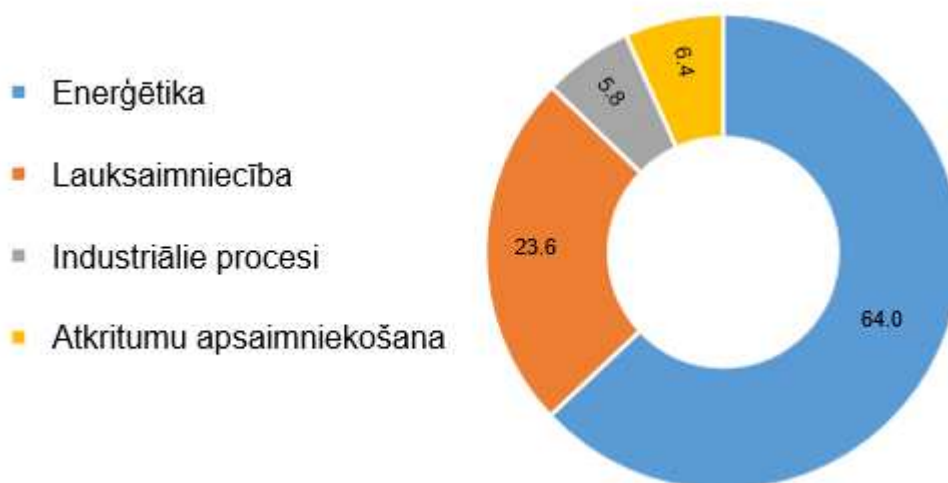
Projekta mērķis ir noteikt un analizēt SEG emisijas no lauksaimniecībā izmantotām teritorijām, kurās veikti hidrotehniskās meliorācijas pasākumi.

Projekta uzdevumi:

1. apkopot un analizēt zinātniskajās publikācijās un projektu pārskatos iekļauto informāciju par SEG emisijām no lauksaimniecībā izmantotām nosusinātajām minerālaugsnēm pa Latvijā sastopamajiem augšņu tipiem;
2. noteikt un analizēt CO₂, CH₄, N₂O emisijas no lauksaimniecībā izmantotām organiskajām augsnēm un minerālaugsnēm;
3. noteikt un analizēt SEG emisiju cēloņus pētāmajās teritorijās.

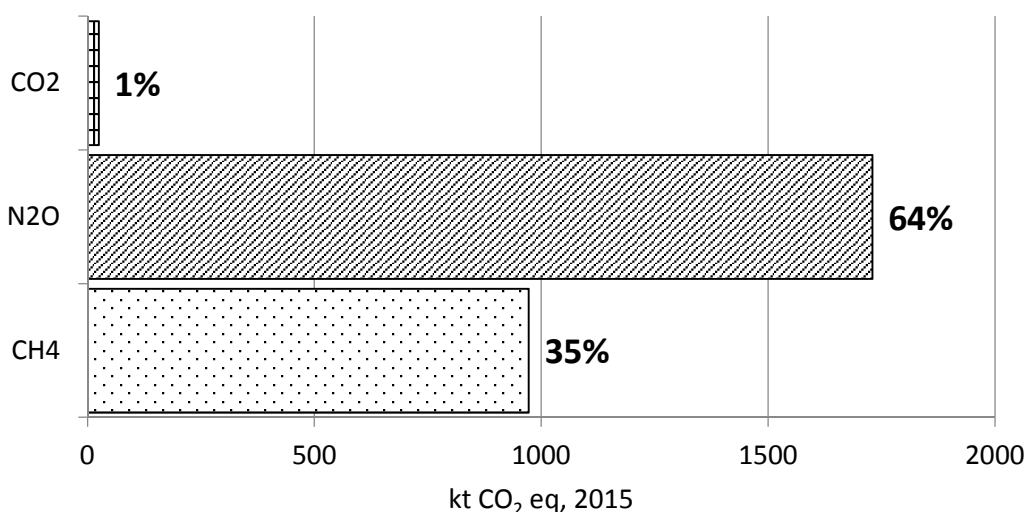
1.1. SEG emisijas Latvijā

Katru gadu, saskaņā ar ANO Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām, katrai dalībvalstij ir jāsniedz inventarizācija par SEG emisijām un to piesaisti valstī. Lauksaimniecības sektors 2016. gadā bija atbildīgs par 23.6% SEG emisiju no kopējā emisiju apjoma valstī (skat. 1. att.).



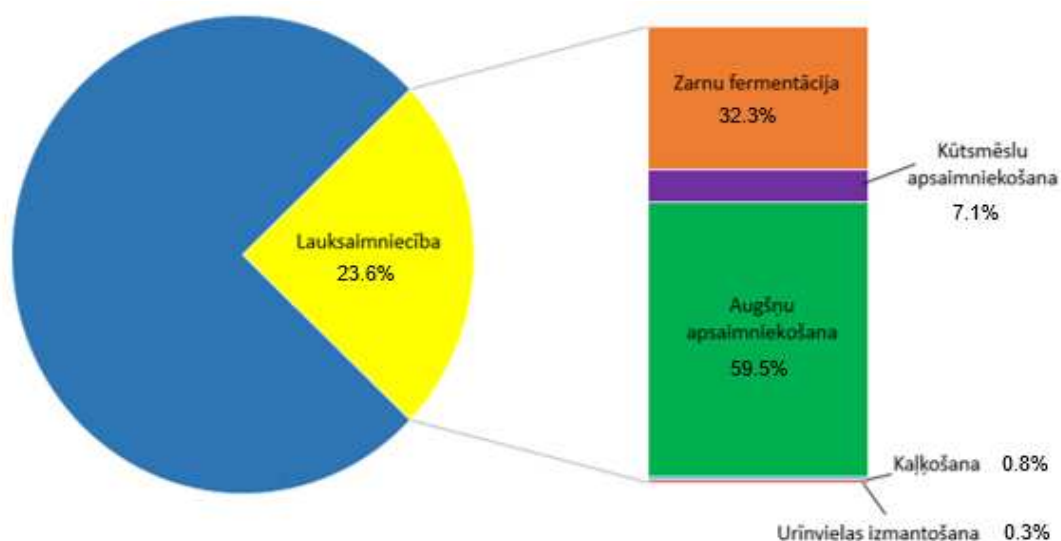
1. att. SEG emisiju sadalījums starp sektoriem 2016. gadā (NIR, 2018).

Lauksaimniecības sektors rada metāna (CH_4), slāpekļa (N_2O) un oglekļa dioksīda (CO_2) emisijas, to procentuālais sadalījums ir attēlots 2. att.



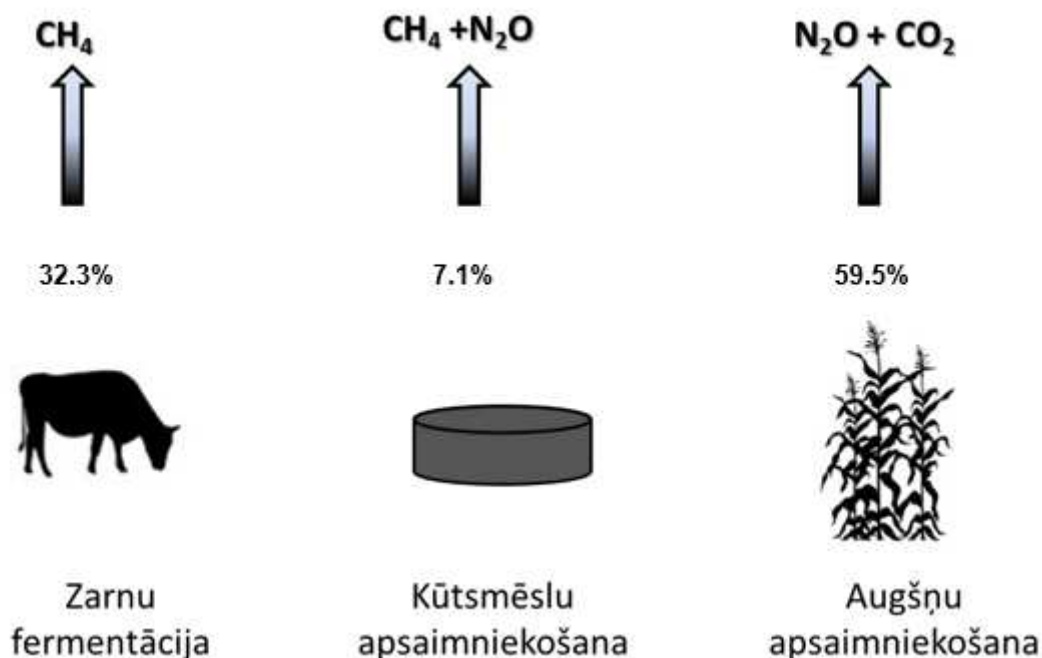
2. att. SEG emisiju sadalījums lauksaimniecības sektorā 2015. gadā (NIR, 2017).

SEG emisijas lauksaimniecībā rada lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentācijas procesi, kūtsmēslu apsaimniekošana, augšņu apsaimniekošana, kaļķošana, urīnvielas izmantošana (skat. 3.att).



3. att. SEG emisiju avoti lauksaimniecībā 2016. gadā (NIR, 2018).

Procentuāli vislielākās emisijas lauksaimniecības sektorā rada augšņu apsaimniekošana (59.5%) un zarnu fermentācijas procesi (32.3%) (skat. 4.att.).



4. att. Galvenie SEG emisiju avoti lauksaimniecībā 2016. gadā (NIR, 2018).

1.1. SEG emisijas no minerālaugsnēm

Lauksaimniecībā izmantojamās platībās SEG emisijas no augsnēm ir atkarīgas no biofizikālajiem procesiem un organisko vielu uzņemšanas/sadalīšanās augsnē.

CO₂ veidojas aerobos apstākļos, un plūsma augsnēs ir atkarīga no sakņu elpošanas, fizikālajiem procesiem, kā arī no bioloģiskā materiāla sadalīšanās ātruma. CO₂ emisijas no augsnes veidojas ļoti mainīgās neviendabīgās augsnēs, un tās ietekmē sakņu aktivitāte, mikrobioloģiskie procesi, augu atliekas, kā arī mikroklimats, reljefs un katalītiskās īpašības māla koloīdos šķīdumos (Muñoz et al., 2010).

N₂O veidojas minerālā slāpekļa nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu rezultātā. Augsnes tips ietekmē kopējās N₂O emisijas. Smilšainās augsnēs ir novērojamas mazākas N₂O emisijas nekā mālainās augsnēs, jo mālainās augsnēs ir maz makroporu. Tas veicina anaerobo procesu darbību, kas palielina N₂O emisijas. Līdzvērtīgas N₂O emisijas ir novērojamas smilšainās augsnēs pie salīdzinoši liela mitruma (Signor et al., 2013).

Viens no emisiju ietekmējošajiem faktoriem - augsnes mitrums. Sausas augsnes samitrināšana aktivizē slāpekļa mineralizāciju, nitrifikācijas procesu, un izraisa pastiprinātu NO un N₂O emisiju izdalīšanos. Tas novērojams labi drenējošās augsnēs. Augsti gruntsūdens līmeņi, sliktas augsnes drenēšanas īpašības un augsnes sablīvēšanas veicina denitrifikācijas procesu. Tas izteikti novērojams platībās ar mālainu augsni, kur ir vieglāk sasniedzami ir anaerobi apstākļi, salīdzinot ar smilšainām augsnēm (Bouwman et al., 2002).

CH₄ emisijas veidojās anaerobos apstākļos, sezonāli vai pastāvīgi appludinātās augsnēs, šīs sistēmās ir nozīmīgi avoti, kas veicina metāna veidojošo mikroorganismu attīstību (Muñoz et al., 2010).

Augsnes sablīvēšanās, kas var veidoties paaugstināta mitruma gadījumos, iedarbojoties lauksaimniecības tehnikas svaram, var samazināt augsnes aerācijas īpašības. Sablīvēšanās var samazināt augsnes spēju oksidēt atmosfēras CH₄ par 30 – 90 % un palielināt N₂O emisijas par 20% pie viegla sablīvējuma, dubultot pie smaga sablīvējuma. Tas ir izteikti mālainām augsnēm, mazāks smilšainām. Tas var arī būt saistīts ar sliktu augu sakņu sistēmas veidošanos sablīvētā augsnē un mikrobioloģisko procesu attīstību sakņu zonā (Snyder et al., 2009).

1.2. SEG emisijas no organiskajām augsnēm

Organiskās augsnes, kas bieži tiek dēvētas arī par kūdrājiem, aizņem 3 % no kopējās zemju platības pasaulē, bet tās satur 30 % no kopējā augsnes oglekļa (Parish et al., 2008). Eiropā organiskās augsnes aizņem 7 % no kopējās platības: aptuveni viena trešdaļa atrodas Somijā, vairāk nekā ceturtdaļa atrodas Zviedrijā, bet atlikusī daļa ir sadalīta starp Poliju, Lielbritāniju, Norvēģiju, Vāciju, Īriju, Igauniju, Latviju, Nīderlandi un Franciju. Neliela daļa organiskās augsnes atrodas arī Lietuvā, Ungārijā, Dānijā un Francijā (Montanarella et al., 2006; Leppelt et al., 2014). Leppelt et al. (2014) ir novērtējis, ka zālāji un aramzemes aizņemt 25 – 44 % no organiskajām augsnēm Eiropā. Organiskās augsnes var kalpot gan kā oglekļa glabātuve, gan emisiju radītājs, ņemot vērā zemes izmantošanas veidu un apsaimniekošanu (Roßkopf et al., 2015). Nosusinātas organiskās augsnes ir galvenais SEG emisiju avots daudzās Eiropas valstīs (Lapveteläinen et al., 2007).

Paaugstinot gruntsūdens līmeni kādā teritorijā, var veidoties labvēlīgi apstākļi paaugstinātām CH₄ emisijām (Kløve et al., 2017).

Kūdrāju (*peatland*) mitruma režīma atjaunošana tuvu zemes virsmai var ierosināt kūdras slāņa veidošanos, kas var būtiski samazināt CO₂ emisijas. Vienlaicīgi, ņemot vērā pieaugošās metāna emisijas, kūdrāju mitruma režīma atjaunošanai tomēr ir augsts emisiju samazinājuma potenciāls (Wilson et al., 2016).

Wilson et al., 2016 veica pētījumu, lai salīdzinātu emisiju faktorus, kas ir ietverti IPCC 2014 Water Supplement dokumentā ar datiem, kas publicēti kopš tā laika. Pētījuma mērķis bija aprakstīt metodes un zinātniskās pieejas Tier 1 emisiju faktoru iegūšanai, kas ir saistīta ar mitruma režīma atjaunošanu organiskajās augsnēs. Pētījuma rezultātā tika apkopoti 352 SEG gāzu plūsmas dati no literatūras studijām, un tie tika sadalīti pēc plūsmas tipa: CO₂, CH₄, N₂O un DOC. Iegūtie dati rāda fundamentālas atšķirības starp nosusinātu organisko augsni un mitruma režīma atjaunotu organisko augsni. Mitruma režīma atjaunošana nosusinātās organiskās augsnēs noved pie samazinātas CO₂ un N₂O emisijas, samazinātiem izšķīdušā organiskā oglekļa zudumiem un palielinātas CH₄ emisijas, bet, pamatojoties uz globālās sasilšanas potenciālu, samazinātas SEG emisiju bilances (Wilson et al., 2016).

Tiemeyer et al. (2016) pētījumā, kas veikts Vācijā 48 pētījumu objektos, tika iegūti rezultāti, ka N₂O emisijas no nosusinātām, ar barības vielām nabadzīgām

organiskajām augsnēm ($1,6 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) un dziļi nosusinātām, ar barības vielām bagātām organiskajām augsnēm ($2,2 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) ir daudz zemākas nekā noklusētie emisiju faktori IPCC 2013 vadlīnijās, attiecīgi $4,3 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$ un $8,2 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$, izņemot ar barības vielām bagātu, sekli nosusinātu organisko augsni (Tiemeyer et al. (2016): $2,9 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$; IPCC: $1,6 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$). Savukārt, CH_4 emisijas no dziļi nosusinātām, ar barības vielām bagātām organiskajām augsnēm ($0,2 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) ir zemākas, salīdzinot ar IPCC vadlīniju noklusētajiem emisiju faktoriem ($16 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$), bet no nosusinātām, ar barības vielām nabadzīgām organiskajām augsnēm ($16,3 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) un no sekli nosusinātām ar barības vielām bagātām organiskajām augsnēm ($79,8 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$) ir daudz augstākas nekā IPCC emisiju faktori ($1,8 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$; $39 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ gadā}^{-1}$).

Somijā 10 % no organiskajām augsnēm ir nosusinātas lauksaimniecības vajadzībām. Lai uzlabotu organisko augšņu auglību, organiskajām augsnēm pievienoja minerālaugsnī. Maljanen et al. (2004) izvirzīja hipotēzi, ka pievienojot minerālaugsnī, tiek uzlabota kūdras sadalīšanās un palielinātas CO_2 un N_2O emisijas no organiskās augsnes. Pētījuma rezultātā tika iegūti dati par CO_2 , N_2O un CH_4 dinamiku pētījumu laucīņos ar zālāju, miežiem vai bez veģetācijas. Miežu sējums uz organiskajām augsnēm rada lielākas kopējās CO_2 ($830 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$) un N_2O ($848 \text{ mg N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$) emisijas nekā zālāji ($395 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$ un $275 \text{ mg N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$) uz organiskajām augsnēm, bet pētījuma laucīņos bez veģetācijas bija novērojamas visaugstākās N_2O emisijas (vidēji $2350 \text{ mg N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$). Pētījuma rezultātā arī tika noskaidrots, ka 99 % no kopējām N_2O emisijām izdalījās ziemas periodā (Maljanen et al., 2004).

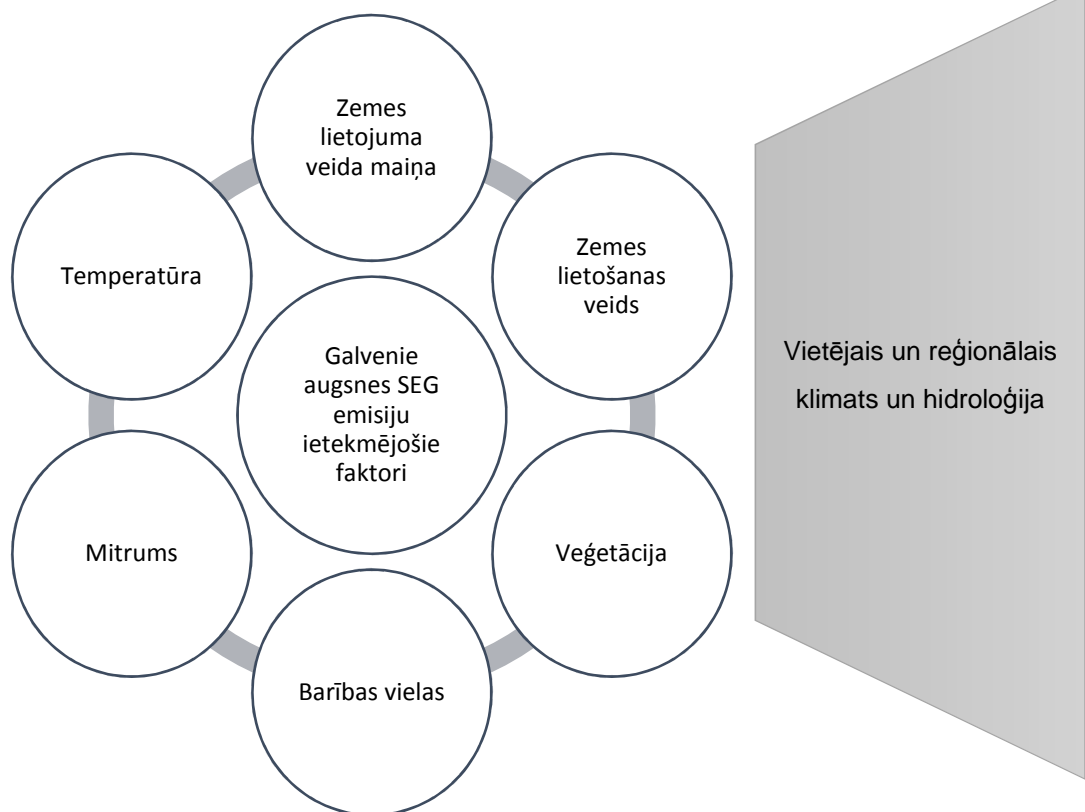
Pēc lauksaimnieciskās darbības pārtraukšanas un lauku pamešanas, no organiskajām augsnēm gadu desmitiem turpina izdalīties augstas CO_2 un N_2O emisijas. Ja kūdrāji ir nosusināti mežsaimniecības mērķiem, CO_2 un N_2O emisijas parasti ir zemākas nekā, ja nosusināšana ir veikta lauksaimniecības mērķiem. Lauksaimniecībā izmantoto organisko augšņu apmežošana ne vienmēr apstādina N_2O emisiju izdalīšanos lielā slāpekļa uzkrājuma dēļ. Oglekļa akumulācija meža biomasā var pārvērst apmežotās platības CO_2 krātuvē. Ir jāpatur prātā, ka tas ir īslaicīgi līdz meža nociršanai (Kløve et al., 2017). Ziemeļvalstīs ir izpētīts, ka pilnīgas meža izciršanas un kūdrāja atjaunošanas rezultātā veidojas oglekļa krātuve aptuveni $190 \text{ g CO}_2 \text{ eq.m}^{-2}$ (Maljanen et al., 2010).

Kløve et al. (2017) rakstā ir apkopoti zinātnieku veikto pētījumu rezultāti par zemes apsaimniekošanas veidu ietekmi uz SEG emisijām. Viennozīmīgi nevar apgalvot, ka no zālājiem ir zemākas N₂O emisijas, jo Maljanen et al. (2003) pētījums rāda, ka N₂O emisijas no zālāju pētījuma lauka ir augstākas nekā no miežu pētījuma lauka, tajā pašā laikā Maljanen et al. (2004), Regina et al. (2004) un Kasimir-Klemedtsson et al. (2009) pētījumi rāda pretējo. Atšķirības starp gadu un vietu kopumā ir daudz lielākas nekā atšķirības starp kultūrām, kas audzētas uz tā paša lauka.

1.3. SEG emisiju ietekmējošie faktori

Mikroorganismu aktivitāte, sakņu elpošana, ķīmisko vielu sadalīšanās procesi, augsnes vide un sēnes veido SEG emisijas no augsnes. Augsnes emisiju plūsma ir atkarīga no augsnes ūdens (mitruma), augsnes temperatūras, biogēno elementu pieejamības un pH līmeņa, kā arī no zemes lietošanas veida. Meteoroloģiskie un klimatoloģiskie parametri, kā arī zemes lietojuma veida maiņa ir svarīgi faktori, kas ietekmē augsnes SEG emisijas (skat. 5. att.) (Oertel et al., 2016).

SEG emisiju izraisītāji var tikt iedalīti pēc to ietekmes mēroga, piemēram, vietējais klimats un augsnes tips ir vietējā mēroga izraisītāko, bet temperatūra un mitrums - lielāka mēroga (Oertel et al., 2016).



5. att. Galvenie SEG emisiju ietekmējošie faktori (Oertel et al., 2016).

1.3.1. Augsnes mitrums

Augsnes mitrums ir viens no svarīgākajiem augsnes parametriem SEG emisiju noteikšanai no augsnes, jo mitrums kontrolē mikroorganismu aktivitāti un visus ar tiem saistītos procesus. Nitrificējošām baktērijām nepieciešams skābeklis, lai dzīvotu augsnes porās (Oertel et al., 2016). Augsnē aerobos apstākļos rodas CO₂ un anaerobos apstākļos CH₄ (Muñoz, et al., 2010).

Augsnēs, kur poru aizpildījums ar ūdeni ir līdz 20 %, ir augstākas SEG emisijas. Slāpekļa oksīda (NO) emisiju samazināšanās augsnē ir novērojama vietās, kur poru aizpildījums ar ūdeni ir 10 %, jo ūdens, kas ir porās, aiztur barības vielu transportu. Nitrifikācija dod lielāku potenciālu NO veidošanai nekā N₂O veidošanai (Oertel et al., 2016).

CH₄ un N₂O ražošanai baktērijām nepieciešami anaerobi apstākļi. N₂O veidošanai optimāls ir aptuveni 60% poru aizpildījums ar ūdeni, bet ja poru aizpildījums ar ūdeni ir zemāks par 30 %, tad N₂O veidošana ir zemāka. Ja poru aizpildījums ar ūdeni ir virs 80%, tad ir straujš N₂O emisiju pieaugums. Jo lielāks augsnes mitrums, jo lielākas N₂O emisijas. Pie ļoti augsta augsnes mitruma N₂O

veidošanās samazinās. Ja mitruma periodi mijas ar sausuma periodiem, tad N₂O emisijas pieaug. Augsts ūdens saturs palielina mikroorganismu aktivitāti, bet ļoti augsts mitruma daudzums nomāc mikroorganismu darbību (Oertel et al., 2016).

Augstas N₂O emisijas ir pēc lietus vai apūdeņošanas. No augsnes N₂O emisijas sāk samazināties apmēram 3 dienas pēc lietus (Signor et al., 2013).

CH₄ veidošanās notiek stingri anaerobos apstākļos un pozitīvi korelē ar augsnes mitrumu. Augsnes CH₄ samazinās aerobos apstākļos. Mitrāji un rīsu lauki ir lieli CH₄ avoti (Oertel et al., 2016).

Ilgs sausuma periods var ievērojami samazināt augsnes emisijas. Augsnē var samazināties un uzkrāties N₂O. Augsnes struktūra un veids ietekmē mitruma daudzumu augsnē. Augsne ar augstu porainību un mazu ūdens daudzumu veicina gāzu emisiju pieaugumu aerobos apstākļos. NO emisijas ir augstākas augsnēs ar rupju granulometrisko sastāvu. Augsnes, kur dominē smalkas poras, veicina CH₄ un N₂O veidošanos anaerobos apstākļos. Augstākas CO₂ emisijas tiek novērotas pie smalka granulometriskā sastāva augsnēm (Oertel et al., 2016).

Stabili augsnes agregāti (sacietējuši, sakaltuši) ietekmē SEG emisijas no augsnes, jo ogleklis un slāpeklis ir mazāk pieejami augsnes mikroorganismiem. Nokrišņi pēc ilgāka sausuma periodi izraisa pulsveida jeb „*Birch effect*” emisiju pieaugumu. Emisijas palielinās dažu minūšu vai stundu laikā pēc nokrišņu sākšanās. Pēc lietus perioda beigām, emisijas nokrītas sākotnējā stāvoklī tikai pēc dažām dienām (Oertel et al., 2016).

1.3.2. Augsnes temperatūra

Augsnes temperatūru ir svarīgi apskatīt, lai noteiktu gāzu emisijas no augsnes (Oertel et al., 2016). Galvenie faktori, kas ietekmē N₂O emisijas, ir temperatūra un augsnes blīvums. Temperatūrai un mitrumam ir liela nozīme nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu norisē, jo tie nosaka mikroorganismu aktivitāti augsnē (Signor et al., 2013). Augsnes mitrums un temperatūra var radīt 74% - 86% pārmaiņas NO un N₂O emisijās (Oertel et al., 2016). N₂O emisijas strauji pieaug, palielinoties augsnes temperatūrai (Signor et al., 2013). Pieaugot augsnes temperatūrai, palielinās emisijas no augsnes. CH₄ un N₂O emisijas palielinās, palielinoties augsnes elpošanas intensitātei ar pieaugošu augsnes temperatūru, kas savukārt noved pie skābekļa samazināšanās augsnē. Pozitīva augsnes

temperatūra ietekmē augsnes ūdens spiedienu. Ūdens veic barības vielu transportēšanas funkciju. N_2O un CO_2 emisijas eksponenciāli palielinās, pieaugot temperatūrai. Atkarībā no augsnes temperatūras gāzu emisijas no augsnes var raksturot ar jutības faktoru Q_{10} . Ja Q_{10} ir diapazonā 1.3-3.3 augsne elpo. Vidējās vērtības ir diapazonā 1.7-2.5. Q_{10} vērtība atbild par CH_4 palielināšanos. N_2O emisijas palielinās temperatūrā līdz $37^{\circ}C$, pēc tam notiek denitrifikācija un N_2O emisijas samazinās. Lauka apstākļos mitruma un temperatūras ietekmes pārklājas, kas var apgrūtināt novērtēt skaidru korelāciju. Temperatūra ir svarīgs raksturlielums sasalšanas-atkušanas gadījumā un nozīmīgs lielums SEG emisijām no augsnes. Temperatūra 50% ir atbildīga par kopējām ikgadējām N_2O emisijām. Ziemā CO_2 emisijas ir uzskatāmas par mazāk svarīgām kopējā gada emisiju bilancē, jo sakņu sistēma mazāk elpo pie zemām temperatūrām. Ja augsnes ūdens saturs ir tuvu piesātinājuma robežai, tad skābekļa koncentrācijas ir samazinātas. Sasalšanas un atkušanas cikla laikā, papildus barības vielas tiek atbrīvotas no augsnes daļiņām, tāpēc pēc atkušanas, mirušajos organiskajos materiālos (piemēram, augu saknēs) pieaug mikroorganismu daudzums un palielinās augsnes elpošana, kā arī palielinās N_2O emisijas. Ziemas SEG emisijas attiecas uz mērenā klimata zonām. Pastāvīgas maksimālās augsnes emisijas ir pavasarī (Oertel et al., 2016).

1.3.3. Gaisa spiediens

Atrašanās vieta (pakalns, ieplaka u.c.) ietekmē augsnes temperatūru un mitrumu. N_2O emisijas ir augstākas ieplakās, nekā nogāzēs un korēs, saistībā ar augstāku augsnes mitrumu. Zemāks gaisa spiediens veicina augstākas augsnes emisijas, jo ir samazināts spiediens uz augsni (Oertel et al., 2016).

1.3.4. Kūlas ugunsgrēki

Kūlas ugunsgrēki var ietekmēt SEG līdzsvaru augsnē, atkarībā no temperatūras un degšanas ilguma. Vietās, kur ir dedzis, CO_2 un N_2O ir zemāks nekā vietās, kur nav dedzis. Šis CO_2 un N_2O samazinājums ir novērojams vienu mēnesi pēc degšanas (Oertel et al., 2016).

1.3.5. Augsnes pH

Augsnes reakcija jeb skābuma pakāpe ir augsnes šķīduma skābuma un bāziskuma pakāpe, ko izsaka ar pH skaitli. Jo mazāks ir pH skaitlis, jo augsne ir skābāka. Katram kultūraugam ir raksturīga augsnes reakcija, kurā tas aug vislabāk, ja šie apstākļi nav atbilstoši, tad augs nespēj sasniegt savu augšanas potenciālu. Palielināta vai samazināta skābuma pakāpe negatīvi ietekmē arī augsnes īpašības, kā rezultātā pasliktinās augiem nepieciešamais nodrošinājums ar barības elementiem: ūdeni, gaisu un siltumu (Zariņa, 2009).

Augsnes pH ietekmē augsnē noritošās mikrobioloģiskās aktivitātes, tāpēc augsnes apstrāde ietekmē augsnes emisijas, piemēram, kaļķošana palielina CO₂ emisijas (Oertel et al., 2016).

Optimāla pH vērtība, kad izdalās metāns, ir robežās no pH 4 līdz pH 7 (Dalal, Allen, 2008). Visaugstākais CO₂ emisiju daudzums tiek novērots pie pH neitrāla līmeņa (Cuhel et al., 2010). N₂O emisijas samazinās pie skābiem augsnes apstākļiem (Nugroho et al., 2007). Nitrifikācija palielinās līdz ar augstākām pH vērtībām, to ietekmē process, kurā NH₃ un NO₃ pāriet amonija stāvoklī (Nugroho et al., 2007). Netiek konstatēta nozīmīga sakarība starp NO, N₂O emisiju un pH vērtību (Pilegaard et al., 2006). NO emisijas izraisa denitrifikācijas procesu skābos augsnes apstākļos, taču sārmainos apstākļos veicina NO emisiju veidošanos nitrifikācijas procesā (Remde, Conrad, 1991). Neitrālās un skābās augsnēs N₂O ir galvenais produkts no NH₂OH (hidroksilamīns) oksidēšanās pateicoties tā reakcijai ar mangānu (Mn) un dzelzi (Fe), savukārt kaļķotās augsnēs (pH no 7.8-8.2) NH₂OH reaģējot ar kalcija karbonātu, (CaCO₃) galvenais produkts ir N₂ (Signor et al., 2013).

1.3.6. Barības vielu daudzums

Barības vielu daudzums augsnē ir ļoti svarīgs mikrobioloģisku procesu un augu elpošanas procesu nodrošināšanai (Oertel et al., 2016).

N₂O emisiju vērtībai un C/N attiecībai pastāv negatīva korelācija (Pilegaard, et al, 2006). Tas nozīmē, ja palielinās N₂O emisijas, tad samazinās C/N attiecība. C/N attiecība ir tā, kas nosaka ātrumu, ar kādu mikroorganismi sadala organisko vielu. Zemākais N₂O emisiju daudzums ir pie C/N attiecības ≥ 30 un augstākais pie C/N attiecības 11 (Gundersen et al., 2012a,b). Kombinācijā ar sausumu un

zemām pH vērtībām, N₂O emisijas var būt būtiski ietekmētas C/N attiecībā <20 (Gundersen et al., 2012a,b). CO₂, CH₄ emisiju daudzumam un C/N attiecībai pastāv pozitīva korelācija (Shi, et al, 2014; Weslien, et al, 2009). Tas nozīmē, ka, pieaugot CO₂ emisijai, pieaug CH₄ emisija.

Ja augsnē ir pieejami citi elektroni, piemēram, Fe³⁺, Mn⁴⁺, SO₄²⁻, NO³⁻, tad CH₄ daudzums augsnē var tikt samazināts (Achtnich et al., 1995; Dalal, Allen, 2008; Fumoto et al., 2008; Kögel-Knabner et al., 2010; Sahrawat, 2004).

Palielināts N saturs augsnē palielina augsnes aerāciju un neto ekosistēmas apmaiņu (Niu et al, 2010; Peng et al, 2011).

Ja ir ierobežota C pieejamība, N mēslošanas līdzekļiem ir limitēta iedarbība uz augsnes elpošanu (Micks et al., 2004).

N mēslošanas līdzekļu izmantošana veicina lielāku augsnes aerācijas jutību pret augsnes mitrumu un mazāku jutību pret augsnes temperatūru (Peng et al., 2011).

Ilgtermiņa eksperimentos ar N palielināšanu augsnē, augsnes aerācija samazinās (Bowden, et al., 2004). Šķidro kūtsmēsli izmantošana noved pie augstāka N₂O emisijas daudzuma aerobos augsnes apstākļos, taču NH₄⁺ izmantošana rada augstāku N₂O emisijas daudzumu, ja augsne ir piesātināta ar ūdeni (Tenuta, Beauchamp, 2003). Lai samazinātu N₂O emisijas no lauksaimniecības zemēm, mēslošanas līdzekļu lietošanas daudzums jāpielāgo augu vajadzībām, jo augi nespēj uztvert slāpekli visos tā veidos (McSwiney, Robertson, 2005). Slāpeklis, kas nav pieejams augiem, izraisa N₂O emisiju pieaugumu (McSwiney, Robertson, 2005). Kontrolēta mēslošanas devu lietošana novērš N₂O emisiju palielināšanos (Shoji, et al., 2001), tomēr ir jāņem vērā, ka lietusgāžu un lietus periodu laikā N₂O emisijas var pieaugt (Venterea et al., 2012).

1.3.7. Veģetācija

Veģetācijas vecums un sakņu sistēmu dziļums ietekmē augsnes aerāciju (Saiz et al, 2006). Lauksaimniecības zemēs N₂O emisiju daudzums no tauriņziežu dzimtas augiem ir ievērojami zemāks par N₂O emisijām, ko rada izmantotais N mēslojums (Schwenke, et al., 2015). Veģetācija ietekmē CH₄ emisijas pozitīvi korelē ar kopējo ekosistēmas produktivitāti (Dalal, Allen, 2008).

Paaugstinātu CO₂ koncentrāciju augsnē var izraisīt augsta sakņu masa (Dorodnikov et al., 2009). Jo lielākas ir augu lapas un lielāku laukumu tās noēno, jo saules radiācija mazāk ietekmē augsni zem tām un augsnes temperatūra ir zemāka (Kim, 2013).

1.3.8. Zemes lietojuma veida maiņa

Zemes lietojumam un zemes izmantošanai ir svarīga loma N₂O emisiju pieaugumā, kur šī gāze veidojas augsnē un reaģē uz dabiskiem vai antropogēniem procesiem un specifiskiem vides apstākļiem (Muñoz et al., 2010). Zemes lietojuma veida maiņa būtiski ietekmē SEG emisijas no augsnes, jo īpaši, ja meža zemes, ilggadīgie zālāji vai purvi tiek pārvērsti lauksaimniecībā izmantojamās zemēs. 30 gadus pēc zemes lietojuma veida maiņas no meža zemes uz lauksaimniecībā izmantojamo zemi, tiek zaudēts 30-35% no augsnes oglekļa, kas ir uzkrāts augsnes virsējā slānī, bet slāņos, kas dziļāki par aršanas dziļumu, nav novērotas augsnes oglekļa izmaiņas (Degryze et al., 2004).

1.4. Lauksaimniecības kultūru ietekme uz SEG emisijām

Vieni no lielākajiem SEG emisiju avotiem pasaulē ir lauksaimniecība un mežsaimniecība, taču šīs nozares neprasa lielas izmaksas, lai samazinātu emisijas, kā tas ir ar citām tautsaimniecības nozarēm. Lauksaimniecības un mežsaimniecības nozares ir atbildīgas par vienu piektdaļu no globālajām antropogēnām SEG emisijām, kur tieši lauksaimniecība rada 12% (Albiac et al., 2017).

Antropogēnās globālās SEG emisijas ir palielinājušās kopš pirmsrūpniecības perioda. Laika posmā no 1970. līdz 2011. gadam tās ir pieaugušas par 90%. Lielākie SEG emisiju veidotāji ir fosilā kurināmā izmeši, zemes lietošanas maiņa un lauksaimniecības intensifikācija. SEG emisiju aplēses liecina par nepārtrauktu emisiju pieaugumu nākamajās desmitgadēs, kas varētu izraisīt lielas klimata pārmaiņas pasaulē (Albiac et al., 2017).

1.4.1. Graudaugi

Lauksaimniecība ir kļuvusi specializēta daudzās pasaules vietās, tādējādi samazinot kultūru daudzveidību. Eiropā aramzemes īpatsvars ar pākšaugiem ir

samazinājies no 4.7% 1961. gadā līdz 1.8% 2011. gadā. Šis samazinājums ir izskaidrojams ar labu graudaugu ražīguma potenciālu Eiropas mērenajos reģionos (Bonilla et al., 2017).

Latvijā graudaugu kopējās sējplatības 2016. gadā sastādīja 716 tūkst. ha ar vidējo ražību 37.8 cnt uz 1 ha (CSP, 2017), 2017. gadā vērojama platību samazināšanās līdz 703.5 tūkst. Ha, taču ražība augusi – 38.3 cnt no 1 ha (CSP, 2018). 2017. gadā ziemāji bija 53% no kuriem 87% jeb 329.9 tūkst. ha ir ziemas kviešu sējplatības ar vidējo ražību 48 cnt no 1 ha. Rudzu sējplatības no ziemāju kultūru sējumiem sastādīja 10% jeb 36.3 tūkst. ha ar vidējo ražību 38.8 cnt no 1 ha. No vasarāju kultūrām dominē vasaras kvieši (45% no vasarāju sējplatības jeb 153 tūkst. ha) un vasaras mieži (45% no vasarāju sējplatības jeb 94.1 tūkst. ha) (CSP, 2017). Salīdzinot 2016. un 2017. gada statistiskos datus, vērojams, ka ir samazinājušās ziemāju platības apsētas ar tritikāli un rudziem (par 2.3 tūkst. ha) un pieaugušas platības ar miežiem (par 1.3 tūkst. ha). Vasarāju kultūrās galvenokārt ir vērojams apsēto platību samazinājums, taču griķu platības ir pieaugušas no 17.9 līdz 30.9 tūkst. ha (CSP, 2018).

Graudaugu daudzveidības samazināšanās un graudaugu audzēšanas sistēmu specializācija ir izraisījusi lielu atkarību no sintētiskajiem slāpekļa (N) mēslojumiem daudzās pasaules vietās. Tā kā sintētiskais N mēslojums ir lēts un viegli pieejams, tas ir saasinājis vides degradāciju, izveidojot agroekosistēmas. Nepareiza N mēslojuma pārvaldībai graudu audzēšanas ciklā ir nelabvēlīga ietekme uz apkārtējo vidi, piemēram, gruntsūdeņu piesārņojums ar nitrātiem, atmosfēras piesārņojums ar amonjaku un tā veicina globālo sasilšanu slāpekļa oksīda emisiju dēļ (Bonilla et al., 2017).

Visbiežāk sastopamā stratēģija, lai samazinātu N minerālmēsli pieprasījumu augkopības sistēmās, ir tauriņziežu kultūru iekļaušana augsekas rotācijā (Bonilla et al., 2017).

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

Augkopība var radīt ievērojamus SOC zudumus, sadalot humusu. Augu maiņa no ganībām uz graudaugu kultūrām izraisa C krājumu zudumus no 25 līdz 43% (Lemken et al., 2017).

Rudenī un ziemā jāaudzē graudaugi, kas spēj uzņemt no augsnes pāri palikušo N un samazinās N izskalošanos (Poeplau et al., 2015).

SOC lielāka uzkrāšanās ir tur, kur ir mazāka augsnes apstrāde un daudzgadīgie kultūraugi, nepārtrauktākā graudaugu audzēšanā un konvencionālā lauksaimniecībā SOC uzkrājas mazāk (Maillard et al., 2016).

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

1.4.2. Tauriņzieži

Tauriņzieži ietekmē atmosfēru un augsnes kvalitāti. Pākšaugu ieviešana lauksaimniecības augsekas maiņā palīdz samazināt izmantoto mēslošanas līdzekļu daudzumu un resursus, kas tiek izmantoti aramzemēs, un tādējādi tiek samazinātas SEG emisijas (Lemken et al., 2017). Latvijā 2016. gadā pākšaugu sējplatības sastādīja 41.8 tūkst. ha ar vidējo ražību 30 cnt uz 1 ha (CSP, 2017). 2017. gadā pākšaugu kopējā platība ir pieaugusi par 15.6 tūkst ha (kopā 57.4 tūkst. ha, no tiem 14.1 tūkst. ha zirņi un 42.5 tūkst. ha lauka pupas), taču kopējā vidējā ražība bija zemāka – 29.7 cnt no 1 ha, taču tas ir galvenokārt vērojams zirņiem, kam ražība noslīdzējusi no 26 cnt no 1 ha uz 20.9 cnt no 1 ha (CSP, 2018).

Ieguvumi audzējot pākšaugus:

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

Pārtikas pākšaugi aizņem minimālu aramzemes daļu. Pārsvarā dominē graudaugi. Sojas pupiņas ir vissvarīgākie un kultivētākie pākšaugi pasaulē. Kopš 1974. gada sojas platības nepārtraukti pieaug un 2014. gadā sasniedza 117.72 miljonus ha (Lemken et al., 2017).

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

Slāpekļa mēslošanas līdzekļu ietaupījums visā Eiropā, ieskaitot pākšaugus, ir 277 kg ha⁻¹ CO₂ gadā (1 kg N = 3,15 kg CO₂). Ir izpētīts, ka puse CO₂, kas rodas NH₃ ražošanas laikā, tiktu atkārtoti izmantots, ja NH₃ pārveidotu par urīnvielu (Lemken et al., 2017).

N₂O veido 5 – 6 % no atmosfēras kopējām SEG emisijām. Lauksaimniecība ir galvenais antropogēnais N₂O emisiju avots (apmēram 60 % emisiju rodas dzīvnieku un kultūraugu audzēšanas rezultātā). Lielākā daļa emisiju rodas no slāpekļa mēslošanas līdzekļu lietošanas. Uz katriem 100 kg N mēslojuma, apmēram, 1.0 kg N izdalās kā N₂O. Noteikti jāatzīmē, ka šis skaitlis var atšķirties dažādu faktoru ietekmē, piemēram, izmantotā N minerālmēsli daudzuma, augsnes organiskā C satura, augsnes pH un fizikālajām īpašībām (Lemken et al., 2017).

Denitrifikācijas procesi ir visnozīmīgākie N₂O radītāji lielākajā daļā kultūru un ganību platībās. Pētījumos N₂O plūsmu mērīšana parādīja, ka zirņi emitē 69 kg N₂O ha⁻¹, daudz mazāk nekā ziemas kvieši (3668 kg N₂O ha⁻¹) un rapsis (534 kg N₂O ha⁻¹). Salīdzinot vīķus ar miežiem, miežos N₂O emisijas bija augstākas nekā vīķos. Turklāt N₂O plūsmas, kas iegūtas no sintētiskajiem mēslošanas līdzekļiem, kas lietoti mēslojot kultūras, miežos bija 2.5 reizes augstākas nekā vīķos (Lemken et al., 2017).

Divos lauka eksperimentos, kas veikti Austrālijā pierādījās, ka kumulatīvās N₂O emisijas rapsim, kas mēslots ar N mēslojumu, pārsniedza zirņus, lauka pupas un lauka zirņus (385 pret 166; 166 un 135 g N₂O ha⁻¹). Autori uzsver, ka pākšaugi ievērojami samazināja emisijas koeficientus, kas liek domāt, ka pākšaugu fiksētajam N ir mazāk N izmešu augsnē nekā mēslošanas līdzeklim N (Lemken et al., 2017).

Pākšaugu ietekme SEG samazināšanā ir atkarīga arī no lauksaimniecības ekosistēmu pārvaldības, kurā tie ir iekļauti. Piemēram, kad lauka pupas audzēja vienkopus, tās izraisīja trīs reizes lielāku kumulatīvo N₂O emisiju nekā neapstrādāti

kvieši (attiecīgi 441 pret 152 g N₂O ha⁻¹). Pretēji, kad lauka pupas sēja pēc kviešiem, kumulatīvās N₂O emisijas plūsmas bija par 31% zemākas nekā ar N mēslotiem kviešiem (Lemken et al., 2017).

Pākšaugi uzlabo vairākus augsnes auglības aspektus, piemēram, SOC un humusa saturu, N un P pieejamību. Attiecībā uz SOC pākšaugi to var palielināt vairākos veidos veicinot biomasas, organiskā C un N veidošanos (Lemken et al., 2017).

Dažādos pētījumos smilšainās augsnēs pākšaugu labvēlīgā ietekme bija redzama pēc trim pētījuma gadiem, kad tika reģistrēts lielāks SOC saturs salīdzinājumā ar augsnēm, kur auga tikai graudaugi (vidēji 7.21 g kg⁻¹). No zirņiem pēc ražas novākšanas oglekļa saturs bija 7.58 g kg⁻¹, lupīnām vidēji bija 7.23 g kg⁻¹. Pētījumos, kas notikuši Argentīnā, kur sojas pupu un kukurūzas maisījums tika iesēts SOC uzlabojās 23.6 g C kg⁻¹ pret 21.86 g C kg⁻¹, kur bija tikai kukurūza. Lielākais potenciāls SOC krājumu uzlabošanai ir proporcija 2:3 (kukurūza - sojas pupiņas) (Lemken et al., 2017).

Pēc pētījuma, kas noticis Austrālijā var secināt par lielāku ražu kviešiem pēc pākšaugiem (lauka zirņi, lupīna, lauka pupas, lēcas) nekā kvieši pēc kviešiem. Raža kvieši pēc kviešiem bija 4 t ha⁻¹, bet kvieši pēc pākšaugiem raža bija 5.2 t ha⁻¹ (Lemken et al., 2017).

Lauka zirņi un lauka pupas augsnē uzkrāj 130 un 153 kg N ha⁻¹. Apmēram 30 – 60 % no uzkrātā kopējā N var būt uzglabāts pazemes biomasā (Lemken et al., 2017).

Rotējot lēcas ar labību, palielinās kopējā graudu raža, kā arī palielinās augsnes mitrums sausās teritorijās. Pētījumi pierāda, ka lauka pupas ir daudz piemērotāka starpkultūra nekā zirņi (Lemken et al., 2017).

Pākšaugi ir piemēroti ilgtspējīgas augkopības sistēmas un lauksaimniecības saglabāšanai. Galvenās pākšaugu priekšrocības ietver piesaistītā slāpekļa daudzumu un augsto organisko vielu kvalitāti, kas izdalās augsnē pēc C/N attiecības. Dažām pākšaugu sugām ir dziļa sakņu sistēma, kas atvieglo uzturvielu solubilizāciju ar sakņu eksudātiem un to uzņemšanu / pārstrādi, kā arī ūdens ieplūšanu dziļākos augsnes slāņos (Lemken et al., 2017).

Brazīlija ir ieviesusi saglabāšanas lauksaimniecību, kurā izmanto sojas pupas kā starpkultūru. Pākšaugiem (lēcas, zirņi lauka pupas u.c.) ir liela nozīme saglabāšanas lauksaimniecībā Ziemeļamerikā, Austrālijā un Turcijā. Galvenais

uzdevums nākotnē būs pākšaugu sugas un šķirnes izvēle, kuras varētu būt efektīvi ieviest augkopības sistēmās (Lemken et al., 2017).

1.4.3. Eļļaugi

Rapsis ir izplatītākā eļļas augu kultūra Latvijā. Kultivētās platības ir palielinājušās, sākot ar 2004. gadu. Salīdzinot ar 2003. gada statistiskajiem datiem par sējuma platībām, 2016. gadā ir vērojams, ka rapša kultūra aizņem 3.9 reizes lielākas platības jeb 101.1 tūkst. ha (ziemas rapsis – 75.1 tūkst. ha un vasaras rapsis – 26 tūkst. ha) ar vidējo ražību no ha 27.8 cnt (CSP, 2017), un ir vērojams, ka sējuma platības vēl pieaug sasniedzot 117.4 tūkst. ha 2017. gadā, vidēja ražība nav mainījies (CSP, 2018). Platību pieaugums ir saistāms ar biodīzeļdegvielas ražošanas attīstību. Rapsi izmanto arī pārtikas eļļas ražošanai, un ražošanas atlikums ir izmantojams lopbarībā. Dzīves cikla analīzes pētījumu rezultāti ir izvirzījuši pieņēmumu, ka kopumā tiešās N₂O emisijas sastāda 20 līdz 40 % no biodīzeļdegvielas ražošanas un patēriņa emisijām (Ruser et al., 2017).

Ziemas rapsim ir nepieciešamas lielas ikgadējās slāpekļa mēslojuma devas, kā arī augam ir citādākas slāpekļa uzņemšanas tendences gada griezumā, salīdzinot ar graudaugiem. Rudenī ziemas rapsis intensīvi piesaista slāpekli no augsnes, taču augu atliekas pēc kulšanas satur ievērojamu daudzumu slāpekli, jo rapša sēklu slāpekļa akumulācija ir neliela. Tas norāda uz aktuālo problēmu - slāpekļa zudumiem pēc kultūras ražas novākšanas. Salīdzinot ar graudaugiem, ziemas rapša ikgadējās N₂O emisijas ir par 22 % lielākas, izmantojot vienādas mēslošanas devas (Walter et al., 215).

Rapša iekļaušanai augu sekā ir arī pozitīvi aspekti, jo tas pārtrauc augu patogēnu ciklu, samazinot pesticīdu nepieciešamību nākamo kultūru audzēšanā. Tiek uzlabota augsnes struktūra lielās sakņu sistēmas dēļ. Viena no piemērotākajām sekojošajām kultūrām ir ziemas kvieši. Tie izmanto augsnē uzkrāto slāpekli pēc rapša kultivācijas, palielinot ražas produktivitāti (Vinzent et al., 2017). Pētījumā Vācu lauksaimniecības zemēs ir iegūti rezultāti, ka kviešus audzējot pēc rapša, samazina nepieciešamo minerālmēslojuma apjomu, kā arī palielina to ražību, ko varētu plašāk izmantot plānojot augu rotāciju (Weiser et al., 2018).

1.4.4. Zālāji

Daudzgadīgie zālāji tiek izmantoti gan lauksaimniecības dzīvnieku ganībām, gan siena sagatavošanai. Eiropas Savienībā apmēram 22 % no platībām ir apsaimniekoti zālāji (Drewer et al., 2016). Latvijā ilggadīgo zālāju sējplatības 2016. gadā bija 298.7 tūkst. ha (CSP, 2017), bet 2017. gadā ir vērojama platību samazināšanās par 28.4 tūkst. Ha (270.3 tūkst. ha) (CSP, 2018).

Zālāji ir viens no nozīmīgākajiem N_2O , CO_2 un CH_4 avotiem un to bilanci ietekmē apsaimniekošanas paņēmieni. Maksimālās ražības sasniegšanai – tie tiek intensīvi mēsloāti, veicinot N_2O emisijas. Periodiski zālāji tiek atjaunoti, uzarot, kas var izraisīt izmaiņas SEG emisiju bilancē (Drewer et al., 2016). Lauksaimniecības tehnika un ganāmpulki veicina augsnes sablīvēšanos, samazinot to porainību (Hortnagl et al., 2018). Slikti drenētu augšņu uzāršana var labvēlīgi ietekmēt tās struktūru (porainību, ūdens infiltrāciju), samazinot denitrifikāciju un N_2O emisijas. Periodā pēc mehāniskās zemes apstrādes palielinās SEG emisijas atbilstoši augsnes un klimatiskajiem apstākļiem (Drewer et al., 2016).

Galvenā atšķirība starp zālāju un viengadīgām kultūrām ir augšanas sezonas garums. Zālāji garākā periodā uzņem slāpekli, novēršot minerālā slāpekļa uzkrāšanos augsnē. Tos ir lietderīgi sēt laikā, kad lauksaimniecībā izmantojamā zeme ir nenosegta (Freibauer and Kaltschmitt, 2003), jo emisiju apjoms ir zemāks, augsnē ar zemsedzi. Augu suga ietekmē emisiju apjomu, it īpaši monokultūras zālāju sējumos (Bowatte et al., 2018).

Galvenokārt zālāji piesaista CO_2 , taču gadījumos, kad tie intensīvi tiek apsaimniekoti, pastiprināti izdalīts N_2O un CH_4 , kuru siltumnīcas efekta potenciāls ir vairākkārt lielāks, veidojot pozitīvu kopējo bilance CO_2 ekvivalentā (Soussana et al., 2007). N_2O veidošanos stimulē pieejamais slāpeklis augsnē, ko palielina izmantotais mēslojums, kā arī, ja tiek audzēti tauriņzieži. Mēslošana var ietekmēt arī augsnes pH, ietekmējot procesus augsnē. N_2O var arī tikt piesaistīts zālajos denitrifikācijas procesos, taču piesaistītais apjoms nepārsniedz pat 2% no saražotā daudzumu, kā arī galvenokārt tas novērojams tikai zālajos, kuri netiek mēsloāti (Hortnagl et al., 2018).

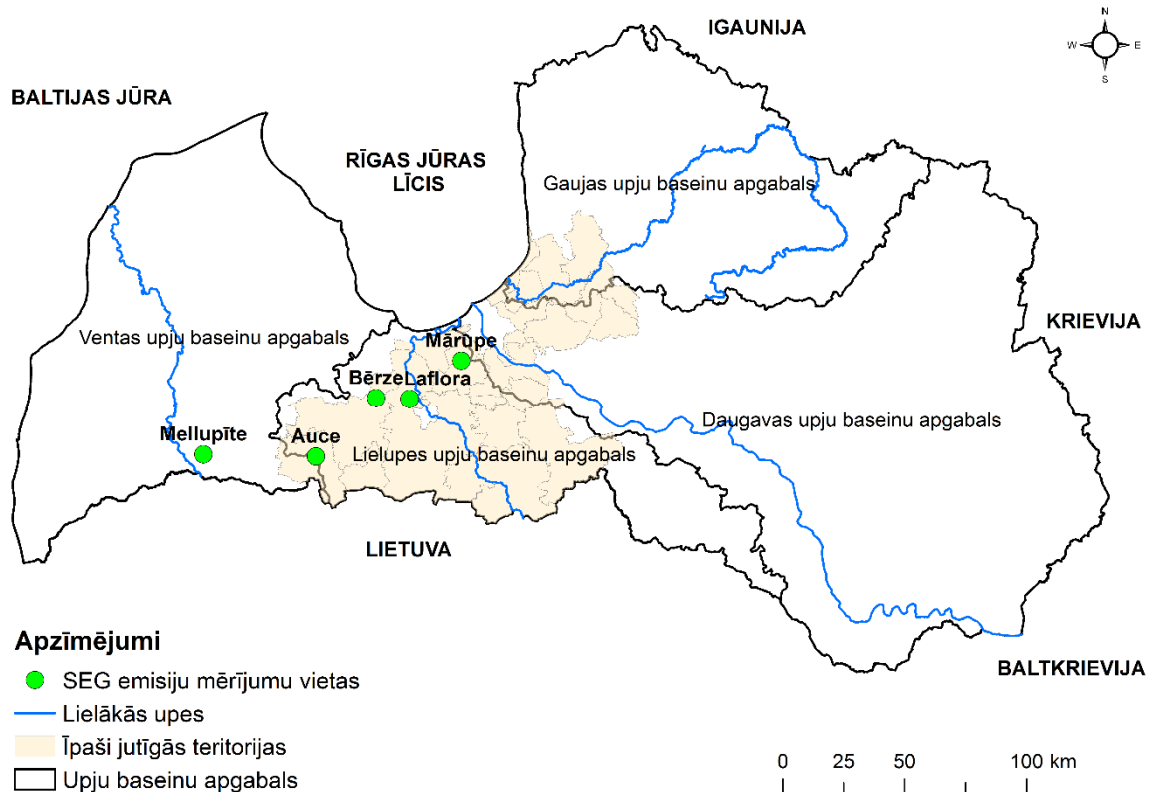
KOPSAVILKUMS

1. Augsnes emisiju plūsma ir atkarīga no augsnes ūdens (mitruma), augsnes temperatūras, biogēno elementu pieejamības un pH līmeņa, kā arī no zemes lietošanas veida.
2. CO₂ emisija no augsnes veidojas ļoti mainīgās neviendabīgās augsnēs, un to ietekmē sakņu aktivitāte, mikrobioloģiskie procesi, augu atliekas, kā arī mikroklimats, reljefs un katalītiskās īpašības māla koloīdos šķīdumos. Augsnes pH ietekmē augsnē noritošās mikrobioloģiskās aktivitātes, tāpēc augsnes apstrāde ietekmē augsnes emisijas, piemēram, kaļķošana palielina CO₂ emisijas.
3. Augsti gruntsūdens līmeņi, sliktas augsnes drenēšanas īpašības un augsnes sablīvēšanās veicina denitrifikācijas procesu un N₂O veidošanos. Smilšainās augsnēs ir novērojamas mazākas N₂O emisijas nekā mālainās augsnēs, jo mālainās augsnēs ir maz makroporu. Tas veicina anaerobo procesu darbību, kas palielina N₂O emisijas. Līdzvērtīgas N₂O emisijas ir novērojamas smilšainās augsnēs pie salīdzinoši liela mitruma. Zemes lietojumam un zemes izmantošanai ir svarīga loma N₂O emisiju pieaugumā.
4. CH₄ emisijas veidojas anaerobos apstākļos, sezonāli vai pastāvīgi appludinātās augsnēs, šīs sistēmās ir nozīmīgi avoti, kas veicina metāna veidojošo mikroorganismu attīstību.
5. Organiskās augsnes var kalpot gan kā oglekļa glabātuve, gan emisiju radītājs, ņemot vērā zemes izmantošanas veidu un apsaimniekošanu. Nosusinātas organiskās augsnes ir galvenais SEG emisiju avots. Mitruma režīma atjaunošana nosusinātās organiskās augsnēs noved pie samazinātas CO₂ un N₂O emisijas, samazinātiem izšķīdušā organiskā oglekļa zudumiem un palielinātas CH₄ emisijas.
6. Pēc lauksaimnieciskās darbības pārtraukšanas un lauku pamešanas, no organiskajām augsnēm gadu desmitiem turpina izdalīties augstas CO₂ un N₂O emisijas. Ja kūdrāji ir nosusināti mežsaimniecības mērķiem, CO₂ un N₂O emisijas parasti ir zemākas nekā.
7. Lauksaimniecībā izmantoto organisko augšņu apmežošana ne vienmēr apstādina N₂O emisiju izdalīšanos lielā slāpekļa uzkrājuma dēļ. Oglekļa akumulācija meža biomasā var pārvērst apmežotās platības CO₂ krātuvē.

2. MATERIĀLI UN METODEDES

2.1. Pētījuma objektu izvēle un raksturojums

2018. gadā projekta īstenošanas gaitā N_2O , CH_4 , CO_2 , NH_3 , un H_2O mērījumi lauka apstākļos tika veikti trīs lauksaimniecības noteču monitoringa staciju tiešā tuvumā, kur lauksaimnieciskā darbība notiek uz minerālaugsnēm (Bērze, Mellupīte un Auce), kā arī SIA “SABIEDRĪBA MĀRUPE” (turpmāk tekstā Mārupe) un SIA “Laflora” (turpmāk tekstā Laflora) apsaimniekotajās organiskajās augsnēs. SEG emisiju mērījumu atrašanās vietas norādītas 6.att.



6.att. SEG emisiju mērījumu vietas.

Izkliedētā ūdeņu piesārņojuma un SEG emisiju novērtēšanai izveidotās monitoringa stacijas Bērze, Mellupīte un Auce atrodas attiecīgi Dobeles, Saldus un Auces novados. Pētījumu vietas Mārupe un Laflora atrodas attiecīgi Mārupes un Jelgavas novados. Visas pētījumu vietas, izņemot monitoringa staciju Mellupīte, atrodas īpaši jutīgās teritorijās, kas noteiktas saskaņā ar ES Nitrātu direktīvas kritērijiem (91/676/EEC, 1991).

Balstoties uz ilggadīgi veikto zemnieku saimniecību aptauju rezultātiem, iespējams secināt, ka Bērzes monitoringa stacijas sateces baseins raksturo intensīvus, savukārt Auces un Mellupītes vidēji intensīvus lauksaimnieciskās ražošanas apstākļus Latvijā. Mērījumi un komunikācija ar lauksaimniecības zemju apsaimniekotājiem pētījumu vietās Mārupe un Laflora uzsākta 2017. gada pavasarī, tādēļ izdarīt viennozīmīgus secinājumus par lauksaimnieciskās ražošanas apstākļiem šajās pētījumu vietās ir pārāgi.

Zemnieku saimniecību aptauju rezultāti, kuros iekļauta informācija par agronomiskajām darbībām pētījuma periodā, apkopoti 1. tab. Visās pētījuma vietās nosusināšanas sistēmu esamība tika noteikta izmantojot VSIA „Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” (ZMNI) meliorācijas digitālā kadastra informācija par lauksaimniecības zemju nosusināšanas sistēmām, nosusināšanas sistēmu funkcionalitāte tika novērtēta, balstoties uz vizuālajiem novērojumiem dabā un konsultējoties ar lauksaimniecības zemju tiešajiem apsaimniekotājiem.

1. tab. Agronomiskās darbības pētījuma teritorijās (*tabula tiks atjaunota pētījuma beigu posmā*).

Agronomiskā darbība	Bērze	Mellupīte	Auce	Mārupe	Laflora
Augsnes apstrāde	Netika apstrādāta	27.09.2017	N/a	N/a	N/a
Sēja	04.06.2018	01.10.2017	Pavasaris 2018	N/a	N/a
Kultūraugs	Zirņi	Ziemas kvieši	Vasaras kvieši	Kukurūza	Krūmmellenes
Ražas novākšana	02.09.2018	08.08.2018	04.08.2018	N/a	N/a
Augsnes apstrāde	Netika apstrādāta, sēts rugainē	09.11.2018	Rudenī diskota rugaine	N/a	N/a
Sēja	18.09.2018	Neiesēja	07.08.2018	N/a	N/a
Kultūraugs	Ziemas kvieši	Neiesēja	Ziemas kvieši	N/a	N/a

N/a – informācijas nav pieejama.

2.1.1. Bērzes monitoringa stacija

Bērzes monitoringa stacija atrodas Latvijas centrālajā daļā, Viduslatvijas zemienes Zemgales līdzenumā. Reljefs šajā teritorijā ir līdzens, augstums virs jūras līmeņa variē no 17 m līdz 23 m. Lauksaimniecības zeme ir drenēta 1964. gadā, drenu iebūves dziļums 1.1 m, drenu attālums 18 – 32 m. Mazā sateces baseina

līmenī drenēti 98% no baseina kopējās platības, drenu lauka līmenī 100%. Bērzes monitoringa stacijas drenu lauka karte, t.sk., ortofoto, drenas un kolektori, kā arī ūdens paraugu ievākšanas un SEG emisiju mērījumu vietas dotas 7. att.

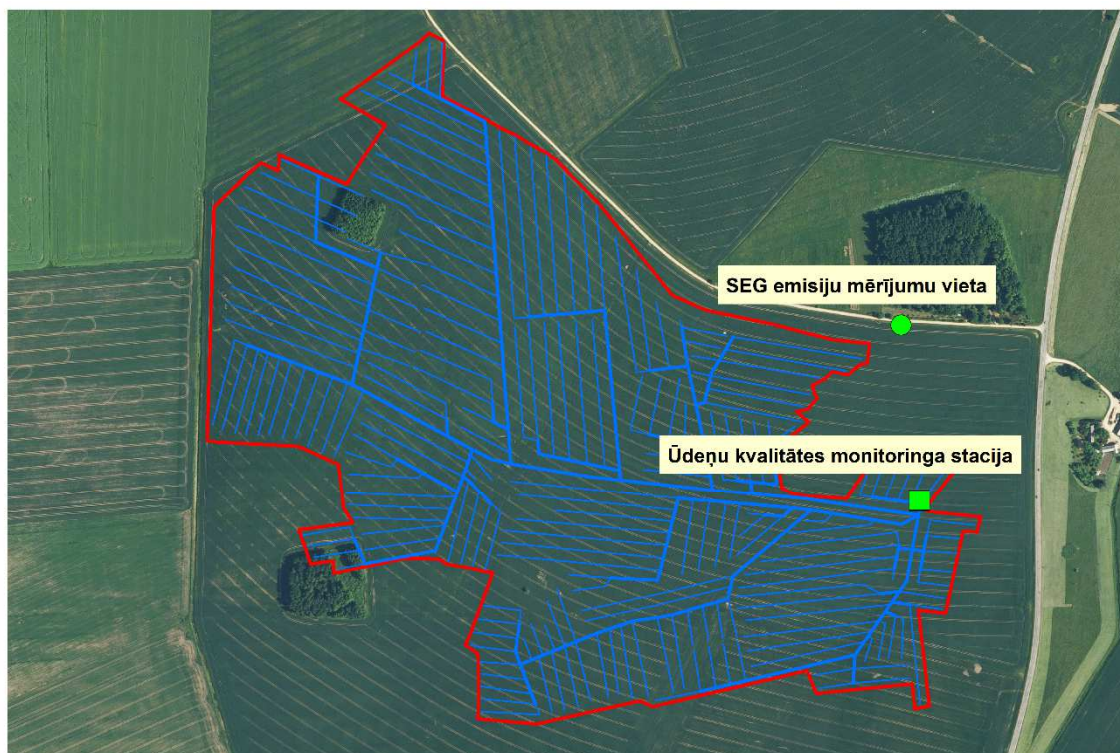
7. att., 8. att., 9. att., 10. att. un 11. att. veidošanā izmantota valsts aģentūras „Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras” (LĢIA) ģeotelpiskā informācija, valsts SIA „Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” (ZMNI) meliorācijas digitālā kadastra informācija par lauksaimniecības zemju nosusināšanas sistēmām un Latvijas Lauksaimniecības universitātes Vides un ūdenssaimniecības katedras lauksaimniecības noteču monitoringa ģeotelpiskās informācijas datubāze.

Sateces baseina augsnes ir veidojušās uz kvartāra morēnas nogulumiem, kurus pārklāj glaciolimniskie smilšmāla, putekļaina smilšmāla un māla nogulumi. 2005. gadā tika veikta padziļināta ģeoloģijas izpēte, veicot urbumus. Sīkāku informāciju par urbuma slāņa dziļumiem un biezumiem skatīt 2. tab.

2. tab. Bērzes monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.

Slāņa dziļums, cm	Smilts S, %	Putekļi P, %	Māls M, %	Slāņa nosaukums	Slāņa filtr.koef.	Slāņa biezums %	Urbuma filtr.koef.
0-25	-	72	28	putekļains smilšmāls	0.74	6.02	0.77
25-75	-	52	48	smags putekļu māls	0.56	12.05	
75-170	-	57	43	smags putekļu māls	0.60	22.89	
170-340	-	86	14	putekļains smilšmāls	0.87	40.96	
340-415	-	87	13	putekļains smilšmāls	0.88	18.07	

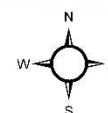
Šajā reģionā dominējošās velēnu karbonātaugsnes uz karbonātiskiem cilmiežiem ir dabīgi auglīgas un lauksaimniecības aktivitātēm piemērotas augsnes (Nikodemus et al., 2008). Saskaņā ar starptautiski izmantoto Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) Pārtikas un lauksaimniecības organizācijas (FAO) augšņu klasifikācijas sistēmu Bērzes monitoringa stacijas apkaimē sastopama Calcic Cambisol augšņu grupa. Augsnes reakcija (pH) šajā pētījumu objektā ir 7.5 – 7.9.



Apzīmējumi

- SEG emisiju mērījumu vieta
- Ūdeņu kvalitātes monitoringa stacija
- Kolektors
- Drena
- Sateces baseins

0 0.25 0.5 km



7. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Bērzes monitoringa stacijā.

Ūdeņu kvalitātes un SEG emisiju novērtēšanas kontekstā nozīmīga ir informācija par pētījuma periodā pielietotajiem mēslošanas līdzekļu veidiem, iestrādātajiem augu barības elementu daudzumiem un mēslošanas līdzekļu izkliedes laika grafiku. Bērzes monitoringa stacijas drenu laukā iestrādātais slāpekļa daudzums, kas izkliedēts vairākās mēslošanas devās, norādīts 2. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums tika izteikts tīrvielā, ņemot vērā izkliedēto minerālmēsli apjomu un slāpekļa tīrvielas saturu minerālmēslis.

3. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Bēzres monitoringa stacijas drenu laukā (*tabula tiks atjaunota pētījuma beigās*).

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums dd.mm.yyyy	Slāpeklis tīrvielā kg N ha ⁻¹
Pamatmēslojums	Netika mēslots	-
Papildmēslojums	Netika mēslots	-

N/a – informācijas nav pieejama, jo aizkavējusies kukurūzas ražas novākšana.

Bēzres monitoringa stacija atrodas īpaši jutīgās teritorijās, kas noteiktas saskaņā ar ES Nitrātu direktīvas kritērijiem. Uz šīm teritorijām attiecas paaugstinātas prasības ūdens un augsnes aizsardzībai no lauksaimnieciskās darbības izraisīta piesārņojuma ar nitrātiem, tai skaitā, maksimāli pieļaujamās minerālmēsļu slāpekļa izkliedes normas (kg ha⁻¹) kultūraugiem.

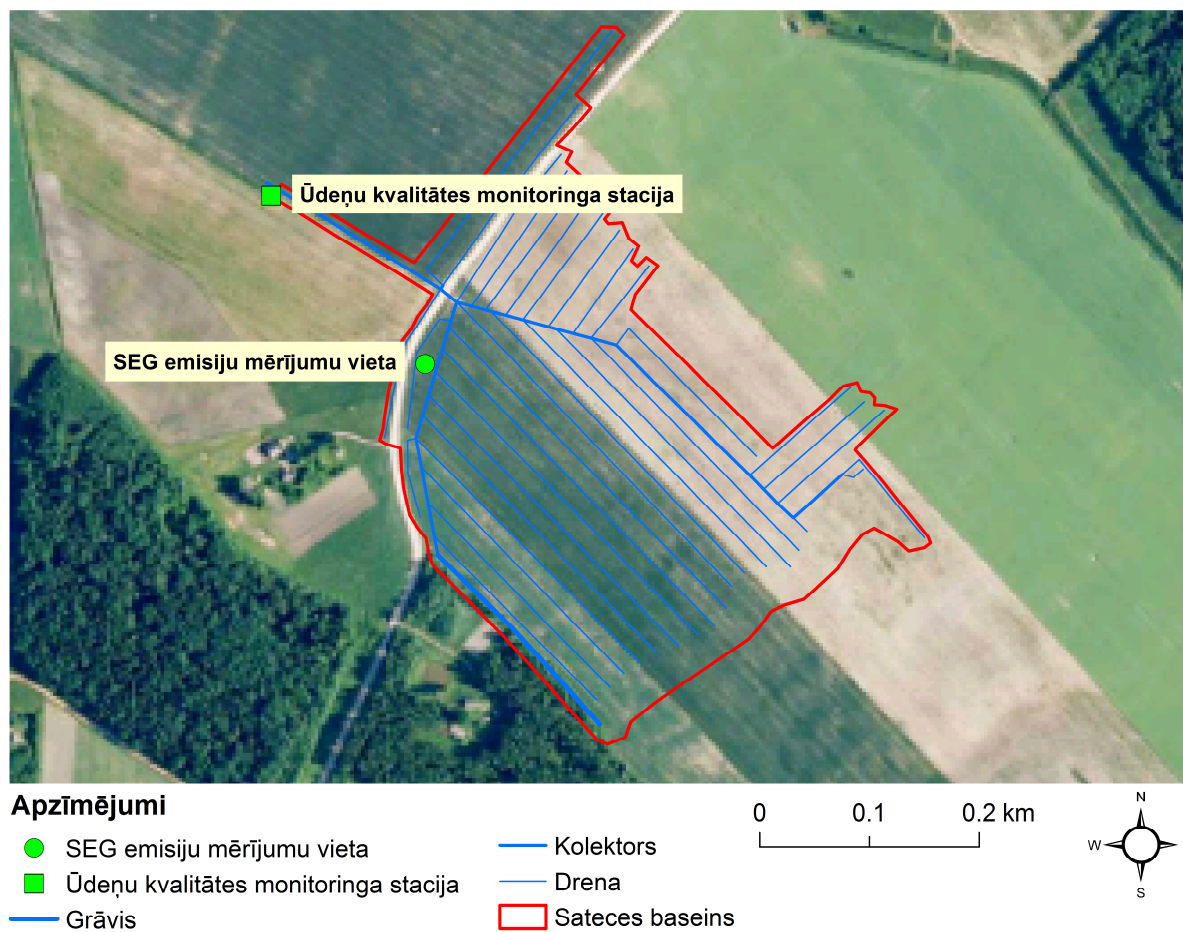
2.1.2. Mellupītes monitoringa stacija

Mellupītes monitoringa stacija atrodas valsts rietumu daļā, Viduslatvijas zemienes Vadakstes līdzenumā. Baseinā dominējošā ir velēnu podzolētā (pēc FAO - Stagnic Luvisol) augsne, kuras pH ir 6.7 – 7.0. Drenu lauka izpētes līmenī granulometriskais sastāvs ir mainīgs dažādos augsnes horizontos, no smilšmāla līdz vieglam putekļu mālam, mazajā sateces baseinā dominējošie ir smilšmāla nogulumi. 2005. gadā tika veikta padziļināta ģeoloģijas izpēte monitoringa stacijas tiešā tuvumā. Sīkāku informāciju par urbuma slāņa dziļumiem un biezumiem skatīt 4. tab.

4. tab. Mellupītes monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.

Slāņa dziļums, cm	Smilts S, %	Putekļi P, %	Māls M, %	Slāņa nosaukums	Slāņa filtr.koef.	Slāņa biezums %	Urbuma filtr.koef.
0-45	59.9	28.4	12.2	smaga māsmilts	12.27	11.54	5.61
45-65	66.9	28.8	4.3	smaga māsmilts	13.67	5.13	
65-110	-	82	18	putekļains smilšmāls	0.83	11.54	
110-190	71.1	27.1	1.7	māsmilts	14.49	20.51	
190-390	-	82	18	putekļains smilšmāls	0.83	51.28	

Drenu lauka ūdeņu kvalitātes monitoringa stacija, SEG emisiju mērījumu vieta un nosusināšanas sistēmas redzamas 8. att.



8. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Mellupītes monitoringa stacijā.

Lauksaimniecisko darbību Mellupītes monitoringa stacijā var raksturot kā vidēji intensīvu, par to liecina ilggadīgie zemnieku saimniecību aptauju rezultāti. Pētījuma periodā iestrādātais slāpekļa daudzums tīrvielā ir apkopots 5. tab.

5. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Mellupītes pētījuma teritorijās (tabula tiks atjaunota pētījuma beigās).

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums dd.mm.yyyy	Slāpeklis tīrvielā kg N ha-1
Pamatmēslojums	30.09.2017	23.4
Papildmēslojums	12.04.2018	33.0
Papildmēslojums	18.05.2018	30.0
Papildmēslojums	12.06.2018	33.4

N/a –informācijas tiks papildināta līdz gala ziņojuma iesniegšanas laikam.

Salīdzinājumā ar 2016. un 2017. gadā veiktajiem SEG emisiju mērījumiem lauka apstākļos, 2018. gadā Mellupītes monitoringa stacijā SEG emisiju mērījumi veikti arī eksperimentālajos izmēģinājumu lauciņos, kuros tiek izkliedētas noteiktas slāpekli saturoša minerālmēslojuma devas, kas izteiktas kā slāpekļa deva tīrvielā, tostarp 0 kg (30 kg), 60 kg, 120 kg, 180 kg un 240 kg.

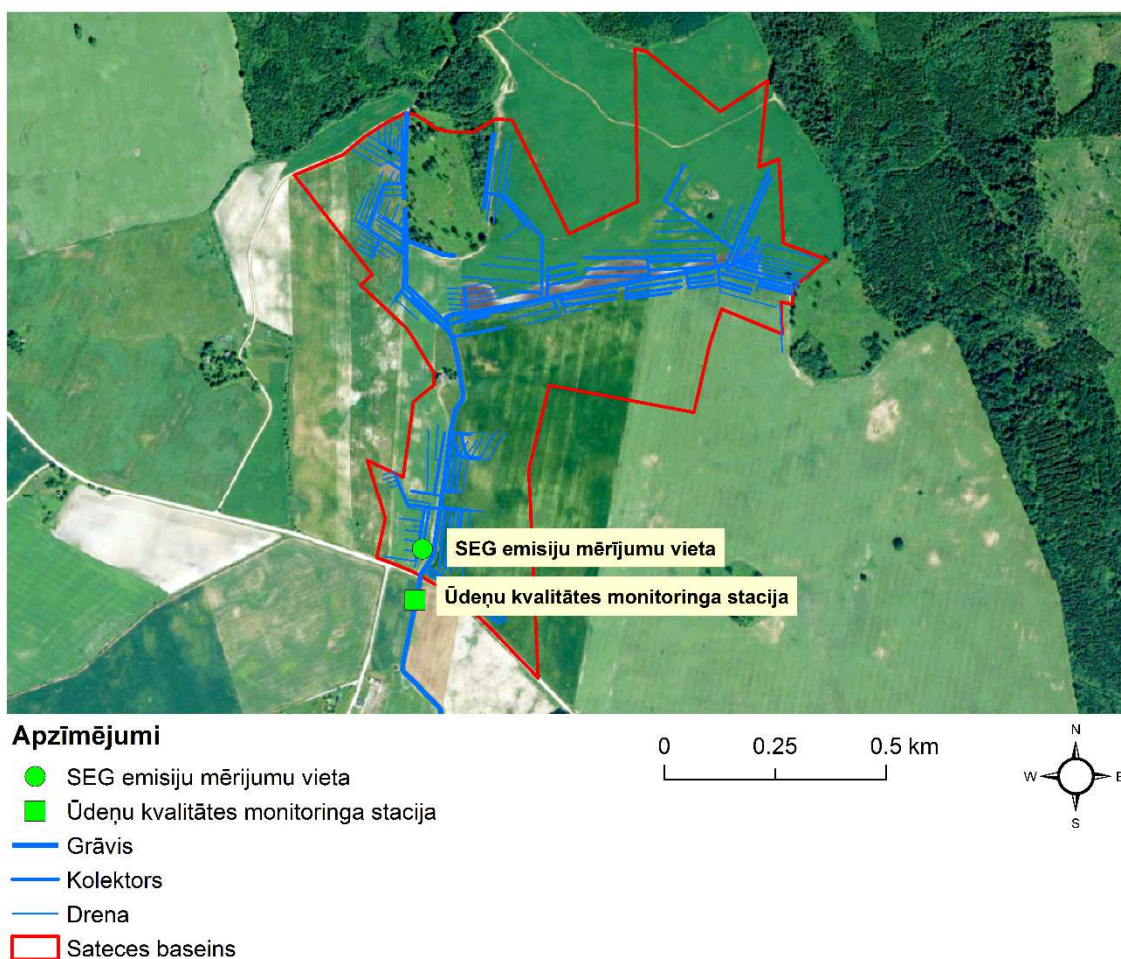
2.1.3. Auces monitoringa stacija

Ūdeņu kvalitātes monitoringa pirmsākumos, sākot no 1995. gada, Auces monitoringa stacijā tika pētīta tuvumā esošās fermas ietekme uz augu barības vielu zudumiem no lauksaimniecībā izmantotajām teritorijām, kurās palielinātos apjomos tika izkliedēts organiskais mēslojums, galvenokārt šķīdzmēsļu formā. Sākot no 2014. gada, ūdeņu kvalitātes monitoringa sistēmā tika iekļauts arī telpiski izkliedētā ūdeņu piesārņojuma monitorings lauksaimniecības platībās, kurās tika izmantots gan organiskais, gan minerālais mēslojums. Pēc pasaules augšņu klasifikatora, pētījuma teritorijā dominējošās ir Gleyic Cambisol augsnes. 2005. gadā tika veikta padziļināta ģeoloģijas izpēte monitoringa stacijas tiešā tuvumā. Sīkāku informāciju par urbuma slāņa dziļumiem un biezumiem skatīt 6. tab.

6. tab. Auces monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.

Slāņa dziļums, cm	Smilts S, %	Putekļi P, %	Māls M, %	Slāņa nosaukums	Slāņa filtr.koef.	Slāņa biezums %	Urbuma filtr.koef.
0-30	79.1	20.3	0.6	mālsmilts	16.02	15.00	5.90
30-50	78.5	20.6	0.9	mālsmilts	15.91	10.00	
50-65	83	14.6	2.2	mālsmilts	16.75	7.50	
65-110	-	96	4	putekļi	0.96	22.50	
110-200	-	97	3	putekļi	0.97	45.00	

Ūdeņu kvalitātes monitoringa stacija un SEG emisiju mērījumu vietas norādītas 9. att.



9. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Auces monitoringa stacijā.

Auces monitoringa stacijas sateces baseina teritorijā iestrādātais slāpekļa daudzums tīrvielā ir apkopots 7. tab.

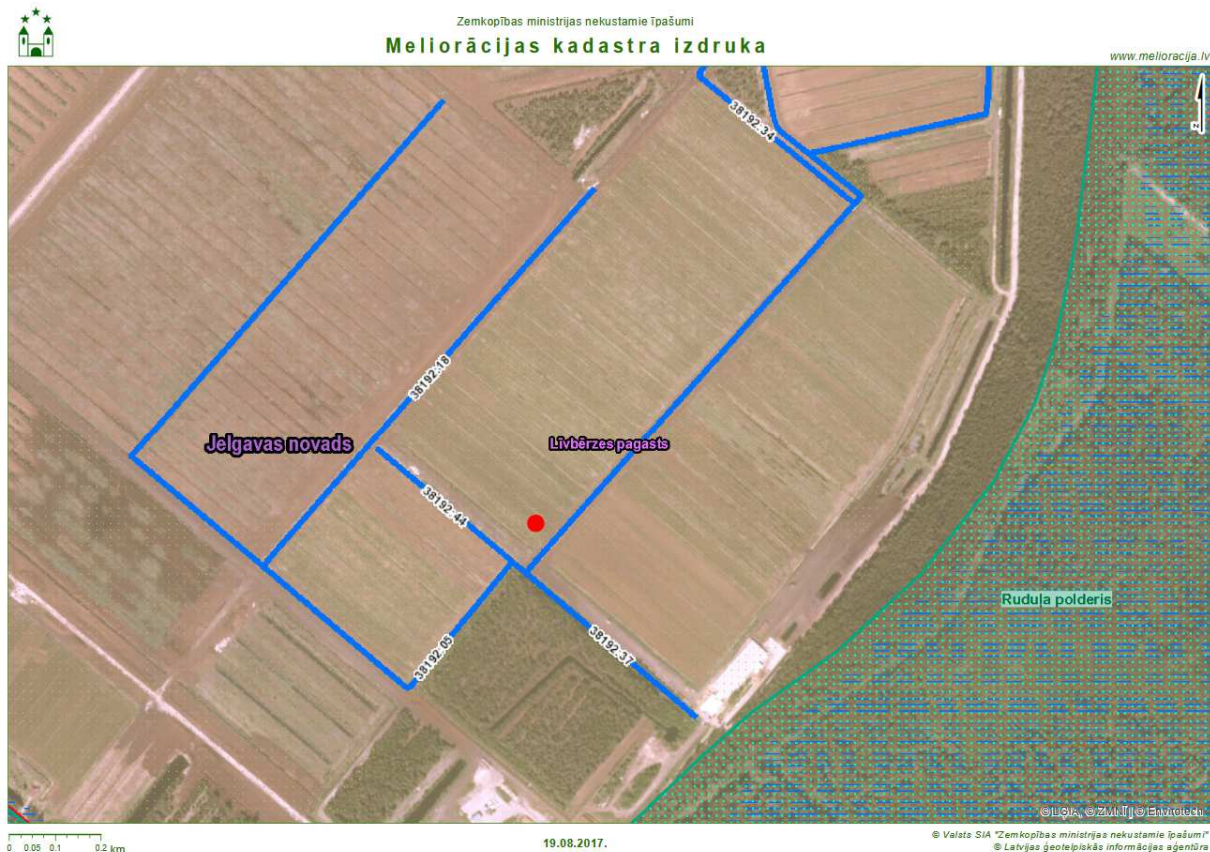
7. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Auces monitoringa stacijas sateces baseinā (tabula tiks atjaunota pētījuma beigās).

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums dd.mm.yyyy	Slāpeklis tīrvielā kg N ha-1
Pamatmēslojums	19.04.2018	84
Papildmēslojums	23.05.2018	68.9
Pamatmēslojums	Rudens 2018	18

2.1.4. Lafloras pētījumu vieta

Lafloras pētījumu vieta atrodas Kaigu kūdras purvā, kurā rūpnieciski tiek iegūta un ražota kūdras produkcija. SEG emisiju mērījumu vietā tiek audzētas

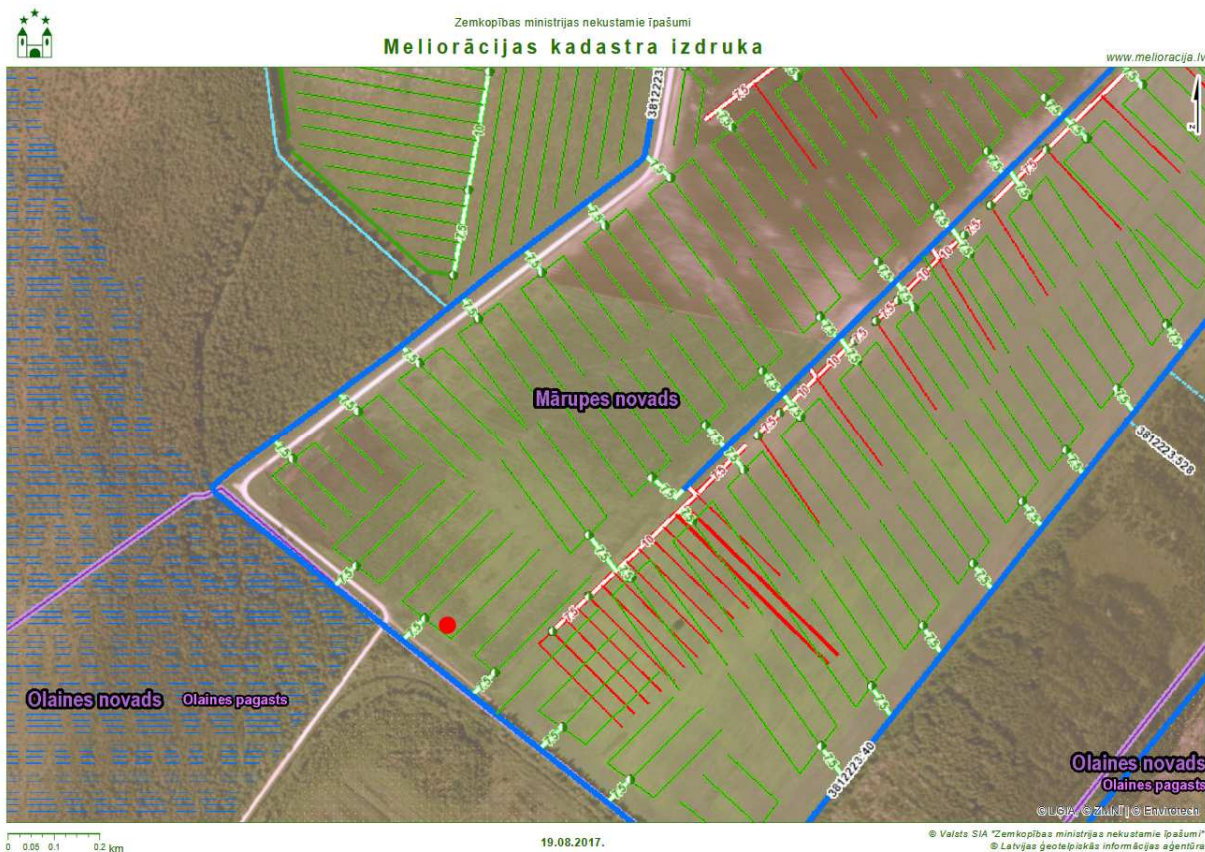
krūmmellenes, teritorija ir meliorēta, izmantojot plašu grāvju sistēmu, regulāri tiek veikti nokaltušo zaru un zāles plaušana. Nav pieejama informācija par mēslojuma izmantošanu šajā pētījuma vietā. Laflora pētījumu vieta un tai raksturīgie melioratīvie pasākumi norādīti 10. att.



10. att. SEG emisiju mērījumu vieta Lafloras pētījumu vietā.

2.1.5. Mārupes pētījumu vieta

Mārupes pētījumu vietā 2018. gadā tiek audzēta kukurūza. Nav pieejama informācija par izmantotajiem augu aizsardzības līdzekļiem un mēslojuma veidu. Mārupes pētījuma vieta attēlota 11. att.



11. att. SEG emisiju mērījumu vieta Mārupes pētījumu vietā.

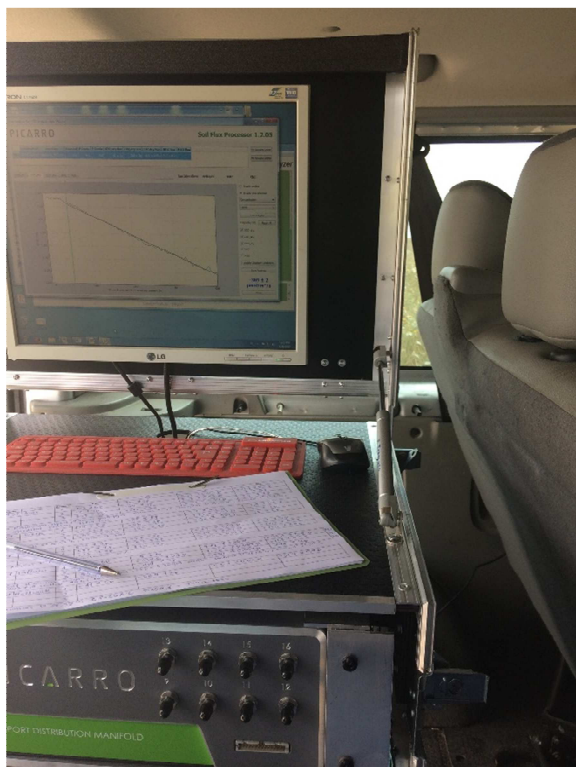
2.2. Mērījumu veikšana ar Picarro

Iekārta Picarro G2508 ļauj mērījumus veikt lauka apstākļos, ņemot gaisa paraugu tieši no kameras, ar vienas sekundes intervālu starp mērījumiem, kas dod 400 mērījumu punktu vienai kamerai. Katrā pētījuma objektā tika veikti mērījumi trīs kamerās.

2.2.1. Iekārtas un aprīkojums

Lauksaimniecības augšņu emitēto gāzu mērījumi tika veikti izmantojot mobilo spektrofotometru Picarro G2508 (skat. 12. att.), kas ļauj vienlaikus veikt piecu gāzu mērījumus N_2O , CH_4 , CO_2 , NH_3 , un H_2O ar vienas sekundes vidējo intervālu. 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 (skat. 13. att.). 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.



12. att. Picarro G2508 (autors: J.Pilecka).



13. att. Kamera gāzu mērījumu veikšanai (autors: J.Pilecka).

Pirms augsnes gāzu emisiju mērījumiem tika veikti augsnes mitruma mērījumi, izmantojot mitruma mērītāju gruntīm Theta Probe, Delta-T Devices, kas veic augsnes mitruma mērījumus augsnes virsējā slānī (skat. 14. att.). Augsnes mitruma dati tiek saglabāti datu nolasīšanas iekārtā un ierakstīti datu lapās.

Gaisa temperatūras mērījumus, gaisa temperatūras mērījumus kamerā un augsnes temperatūras mērījumus veica, izmantojot barometriskā spiediena mērītājus Diver DI 500, Eijkelkamp (skat. 15. att.), kur gaisa temperatūras mērītājs tika novietots ēnas pusē, kameras gaisa temperatūras mērītājs tika novietots kamerā tieši pirms kupola nostiprināšanas un augsnes temperatūras mērīšanai iekārta tika ierakta augsnē 20 cm dziļumā.



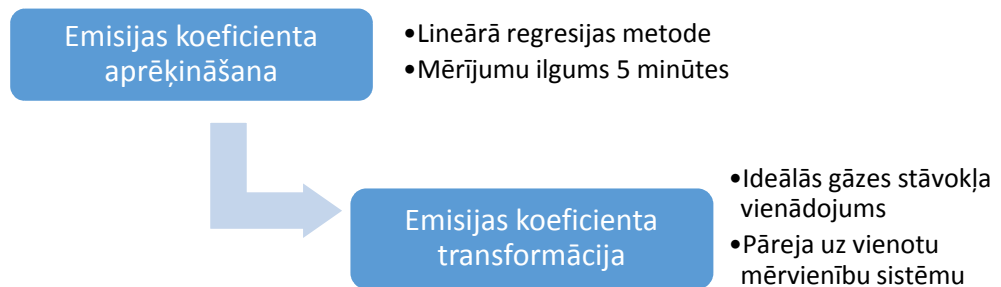
14. att. Augšnes mitruma mērītājs (autors: J.Pilecka).



15. att. Diver barometriskā spiediena mērītāji (autors: J.Pilecka).

2.2.2. Datu analīzes metodes

Lai iekārtas Picarro G2508 koncentrācijas mērījumus transformētu siltumnīcas efekta gāzu emisijās no hektāra, aprēķinam tika izmantots vairāku pakāpju algoritms (skat. **Error! Reference source not found.**).



16.att. Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematisks attēlojums.

2.2.2.1. 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^2 (skat. 4.formulu). Lineārās regresijas aprēķinam tika izmantotas pirmās piecas mērījumu minūtes.

$$y = mx + b, \text{ kur}$$

(1)

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

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

(2)

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

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

(3)

b – brīvais loceklis;
y – koncentrācija;
x – laiks sekundēs;
m – regresijas koeficients;
n – mērījumu skaits.

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

(4)

R^2 - determinācijas koeficients

y – koncentrācija
x – laiks sekundēs
n – mērījumu skaits

2.2.2.2. Emisijas koeficienta transformācijas

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

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

(5)

F – emisijas apjoms no augsnes (g/ha/dnn);

p – gāzes blīvums mg/m³;

V – kameras tilpums m³;

A – kameras laukums m²;

$\Delta c/\Delta T$ – 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.

3. REZULTĀTI

3.1. SEG mērījumu rezultāti

Līdz 2018.gada 30. septembrim Auces, Bērzes, Lafloras un Mārupes pētījumu vietās mērījumi ir veikti 6 reizes, bet Mellupītes pētījumu vietā – 7 reizes. Katrā objektā tika veikti N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ mērījumi 3 kamerās, augsnes mitruma un augsnes temperatūras mērījumi. Kopā visās pētījumu vietās ir veikti 93 mērījumi. Iegūto datu aprakstošās statistiskās analīzes rezultāti attēloti 8. tab.

8. tab. N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ emisiju statistiskie rādītāji 2018. gadā.

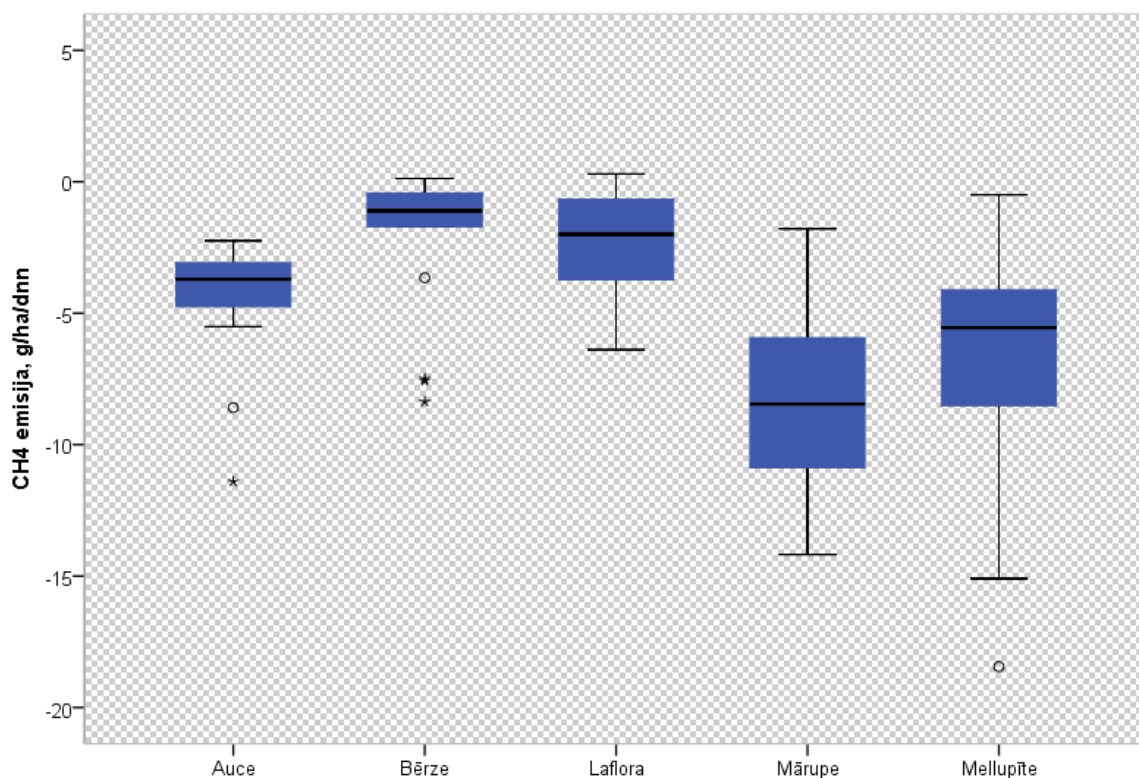
Variables		CH ₄ , g/ha/dnn	N ₂ O, g/ha/dnn	CO ₂ , kg/ha/dnn	NH ₃ , g/ha/dnn
N	Valid	93	93	93	93
	Missing	0	0	0	0
Mean		-4.8708	7.5589	111.5142	0.6435
Std. Error of Mean		0.41316	1.77870	6.81552	0.47868
Median		-4.0320	3.0792	107.2363	0.0984
Std. Deviation		3.98435	17.15313	65.72647	4.61618
Variance		15.875	294.230	4319.969	21.309
Minimum		-18.44	-4.94	0.32	-5.93
Maximum		0.30	117.96	290.15	38.03
Percentiles	25	-7.4484	0.6276	56.9835	-0.6456
	50	-4.0320	3.0792	107.2363	0.0984
	75	-1.5720	7.2636	156.2912	0.7452

3.1.1. Metāna mērījumu rezultāti

CH₄ emisija, veicot mērījumus, bija ar negatīvu tendenci, kas arī atspoguļojas rezultātos (skat. 9. tab. un 17. att.) un norāda, ka augsnē ar optimālu mitruma daudzumu un pietiekamu skābekļa daudzumu, aktīvi ir mikroorganismi, kuriem ir nepieciešami aerobi apstākļi. Tie nerada metāna emisijas, bet patērē to metānu, kas ir gaisa sastāvā, tāpēc kamerā esošais metāna daudzums samazinās.

9. tab. CH₄ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.

CH ₄ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	18	18	18	18	21
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		-4.3680	-2.0900	-2.3519	-8.5739	-6.6703
Std. Error of Mean		0.54098	0.65375	0.44556	0.77507	1.00335
Median		-3.7080	-1.1028	-1.9956	-8.4564	-5.5488
Std. Deviation		2.29516	2.77361	1.89037	3.28833	4.59793
Variance		5.268	7.693	3.574	10.813	21.141
Minimum		-11.41	-8.37	-6.39	-14.18	-18.44
Maximum		-2.24	0.12	0.30	-1.79	-0.49
Percentiles	25	-4.8396	-2.1960	-3.8604	-10.9146	-8.6892
	50	-3.7080	-1.1028	-1.9956	-8.4564	-5.5488
	75	-3.0108	-0.3948	-0.6174	-5.8944	-3.9300



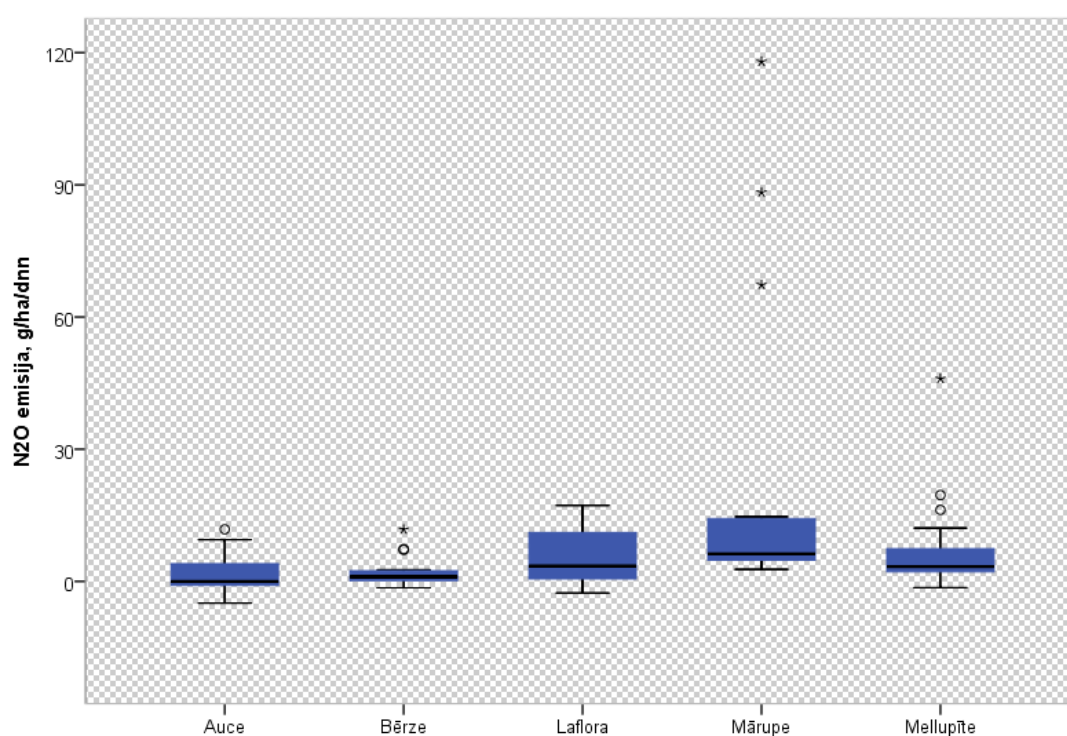
17. att. CH₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.

3.1.2. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti

Mērījumu rezultāti rāda, ka N₂O koncentrācijas nozīmīgi atšķiras, salīdzinot Mārupes pētījuma objektu ar pārējām pētījuma vietām. Vislielākā mērījumu rezultātu amplitūda ir novērojama Mārupes pētījuma objektā, bet maksimālā vērtība Mārupes pētījuma objektā vairākkārtīgi pārsniedz pārējos objektos novēroto un visā mērījumu periodā ir pozitīva (skat. 10. tab. un 18. att.).

10. tab. N₂O emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.

N ₂ O, g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	18	18	18	18	21
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		1.9079	2.0789	5.3621	21.0288	7.436914
Std. Error of Mean		0.99922	0.79917	1.53602	7.92757	2.2608676
Median		0.0000	1.0464	3.4800	6.2556	3.345600
Std. Deviation		4.23934	3.39058	6.51678	33.63382	10.3605969
Variance		17.972	11.496	42.468	1131.234	107.342
Minimum		-4.94	-1.44	-2.62	2.74	-1.4064
Maximum		11.83	11.79	17.23	117.96	46.0128
Percentiles	25	-0.9120	0.1710	0.3714	4.5816	2.110800
	50	0.0000	1.0464	3.4800	6.2556	3.345600
	75	4.1172	2.4906	11.3802	14.3556	9.544800



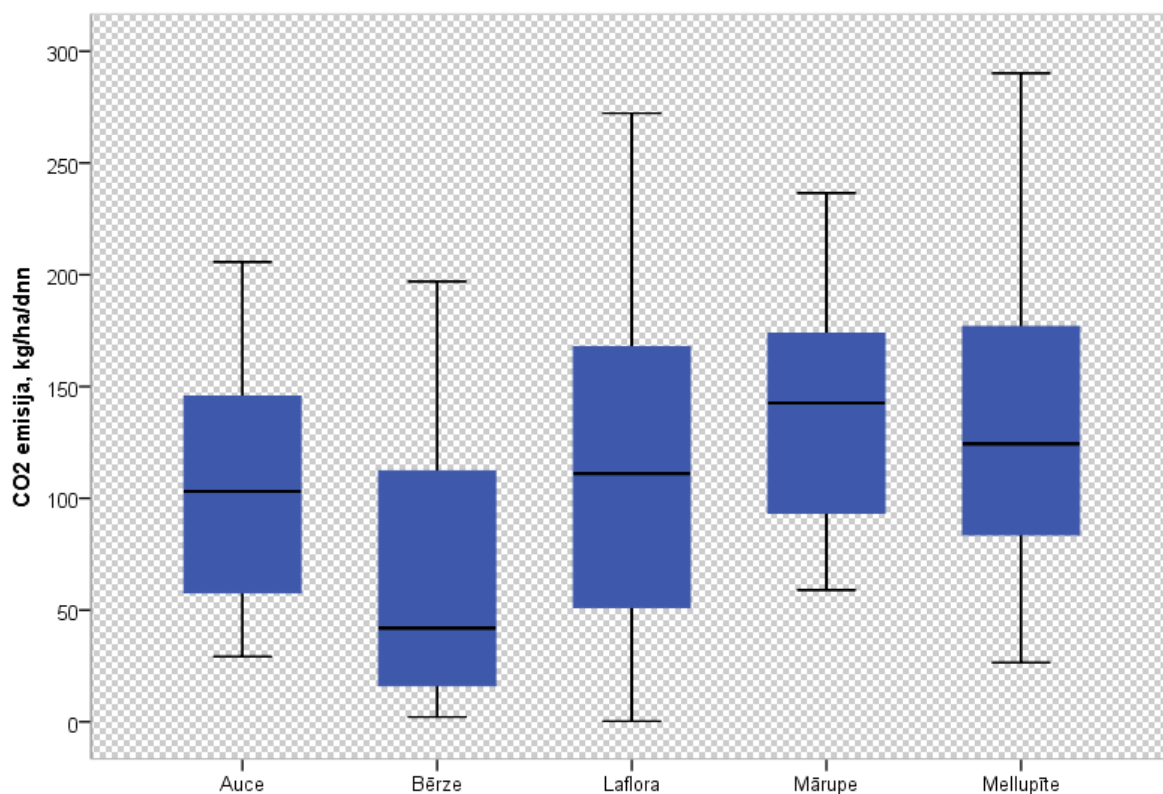
18. att. N₂O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.

3.1.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti

CO₂ emisijas ievērojamas atšķirības Auces, Bērzes, Lafloras un Mārupes objektos netika konstatētas (skat. 11. tab.). Vidējā CO₂ emisija Bērzes pētījuma objektā ir aptuveni divas reizes mazāka nekā pārējos pētījuma objektos, bet minimālā vērtība ir tikusi novērota Lafloras objektā, kā arī Lafloras pētījuma objektā ir novērojama vislielākā izkliede, bet maksimālā vērtība ir novērota Mellupītes pētījuma objektā, kas ir skaidrojams ar palielināto pētījuma objekta atrašanās vietu un kaļķakmens nogulumiem. CO₂ emisijas izkliede visos pētījuma objektos ir vienmērīga, nav izteiktu ekstrēmu novērojumu, kas skaidrojams ar izteikti sausu un siltu vasaru (skat. 11. tab. **Error! Reference source not found.**).

11. tab. CO₂ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.

CO ₂ , kg/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	18	18	18	18	21
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		104.7202	62.5748	116.0363	141.2726	129.9022
Std. Error of Mean		11.89451	13.35953	18.69496	12.06052	13.86350
Median		103.0533	41.9438	111.0390	142.6015	124.3485
Std. Deviation		50.46413	56.67968	79.31601	51.16847	63.53053
Variance		2546.628	3212.587	6291.030	2618.212	4036.128
Minimum		29.17	2.13	0.32	58.94	26.50
Maximum		205.73	196.98	272.27	236.53	290.15
Percentiles	25	55.6526	15.8288	50.0816	92.2917	80.0470
	50	103.0533	41.9438	111.0390	142.6015	124.3485
	75	147.6686	113.6058	172.9851	179.0124	177.2061



19. att. CO₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.

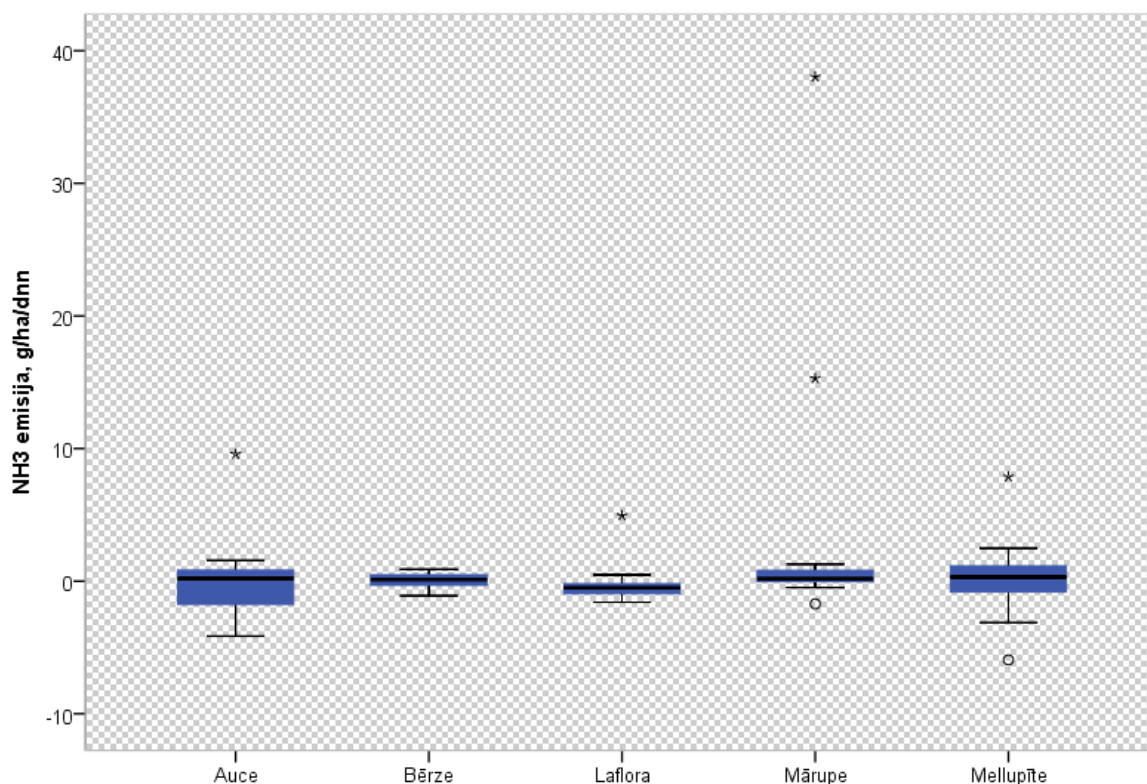
3.1.4. Amonjaka mērījumu rezultāti

Amonjaka koncentrācijas visu mērījumu laiku bija svārstīgas, taču, kā redzams 12. tab., ir vērojamas atšķirības starp pētījumu vietām, piemēram, Mārupes objektā, kur ir organiskā augsne, ir novērojama vislielākā maksimālā vērtība, kā arī Mārupes objektā ir novērojama vislielākā izkliede. Negatīvas amonjaka vērtības norāda uz augsnes aktīvā slāņa un veģētācijas iesaisti amonjaka patēriņā (skat. 1. att.).

12. tab. NH₃ emisijas statistiskie rādītāji 2018. gadā.

NH ₃ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	18	18	18	18	21
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		0.0975	0.0732	-0.2332	3.1149	0.2335
Std. Error of Mean		0.66701	0.13871	0.33260	2.22362	0.56277
Median		0.2064	0.1176	-0.5004	0.1920	0.3048
Std. Deviation		2.82987	0.58849	1.41110	9.43402	2.57894

NH ₃ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
Variance		8.008	0.346	1.991	89.001	6.651
Minimum		-4.14	-1.10	-1.59	-1.71	-5.93
Maximum		9.58	0.89	4.94	38.03	7.87
Percentiles	25	-1.8000	-0.3420	-0.9792	-0.0396	-0.9000
	50	0.2064	0.1176	-0.5004	0.1920	0.3048
	75	0.8358	0.5292	-0.0816	0.8970	1.1892



20. att. NH₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2018. gadā.

3.2. Augsnes organiskā saturs ietekme

Augsnes organiskās vielas saturs ir viens no nozīmīgākajiem SEG emisiju ietekmējošajiem faktoriem. Šajā apakšnodaļā ir analizētas gāzu savstarpējās sakarības, kā arī augsnes mitruma un augsnes temperatūras ietekme uz SEG emisiju koeficientiem. SEG emisiju koeficienti neatbilst normālam sadalījumam, tādēļ sakarību identificēšanai ir izmantots Kendala korelācijas koeficients (Chen, Popovich, 2002; Coffman et al., 2008). Gāzu savstarpējā sakarība un sakarība starp gāzēm un augsnes mitrumu un gāzēm un augsnes temperatūru visos objektos visās kamerās ir parādīta 13. tab. Statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ir starp augsnes

mitrumu un CO₂ un N₂O emisijām, kas parāda augsnes mitruma nozīmi mikroorganismu aktivitātes nodrošināšanai, un statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ir starp augsnes temperatūru un NH₃ emisijām, kas apstiprina literatūras atziņas, ka viens no galvenajiem amonjaka emisiju ietekmējošajiem faktoriem ir temperatūra. Statistiski nozīmīga negatīva korelācija ir starp CO₂ un CH₄, kas apstiprina literatūrā pieminētās likumsakarības starp gāzu koncentrācijām.

13. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām.

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	N ₂ O, g/ha/dnn	CH ₄ , g/ha/dnn	CO ₂ , kg/ha/dnn	NH ₃ , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	-0.065	0.002	-0.020	-0.020	0.421**
Augsnes mitrums, %	-0.065	1	0.181*	-0.092	0.217*	-0.086
N ₂ O, g/ha/dnn	0.002	0.181*	1	-0.166*	0.224**	-0.101
CH ₄ , g/ha/dnn	-0.020	-0.092	-0.166*	1	-0.438**	-0.165*
CO ₂ , kg/ha/dnn	-0.020	0.217*	0.224**	-0.438**	1	0.093
NH ₃ , g/ha/dnn	0.421**	-0.086	-0.101	-0.165*	0.093	1

** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05

Analizējot atsevišķi organisko augšņu un minerālaugšņu kameru gāzu emisijas, ir redzams, ka minerālaugsnēs veidojas pozitīva statistiski nozīmīga sakarība starp CO₂ un N₂O emisijām, kā arī negatīva statistiski nozīmīga sakarība starp CH₄ un CO₂, kas apstiprina līdzšinējo pētījumu rezultātus (skat. 14. tab.).

14. tab. Kendala korelācijas koeficienti minerālaugsnēs kamerām.

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	N ₂ O, g/ha/dnn	CH ₄ , g/ha/dnn	CO ₂ , kg/ha/dnn	NH ₃ , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	-0.120	-0.121	0.278*	-0.098	0.418**
Augsnes mitrums, %	-0.120	1	0.273*	0.021	0.154	-0.132
N ₂ O, g/ha/dnn	-0.121	0.273*	1	-0.094	0.279**	-0.164
CH ₄ , g/ha/dnn	0.278*	0.021	-0.094	1	-0.536**	-0.081
CO ₂ , kg/ha/dnn	-0.098	0.154	0.279**	-0.536**	1	0.054
NH ₃ , g/ha/dnn	0.418**	-0.132	-0.164	-0.081	0.054	1

* p vērtība <0.05; ** p vērtība <0.01

Organiskajās augsnēs starp N₂O un CH₄ gāzēm ir vērojama statistiski nozīmīga negatīva korelācija (skat. 15. tab.), kā arī starp CO₂ un CH₄ gāzēm ir vērojama negatīva korelācija, kuru izskaidro pasaules pētījumu atziņas, jo ja

palielās CH₄ emisija, ir vērojami anaerobi apstākļi, savukārt aerobos apstākļos palielinās CO₂ emisija.

15. tab. Kendala korelācijas koeficienti organiskās augsnes kamerām.

Emisiju koeficienti	Augsnes temperatūra, °C	Augsnes mitrums, %	N ₂ O, g/ha/dnn	CH ₄ , g/ha/dnn	CO ₂ , kg/ha/dnn	NH ₃ , g/ha/dnn
Augsnes temperatūra, °C	1	0.149	0.243	-0.346*	0.265	0.326*
Augsnes mitrums, %	0.149	1	-0.150	-0.206	0.000	0.079
N ₂ O, g/ha/dnn	0.243	-0.150	1	-0.245*	0.084	-0.005
CH ₄ , g/ha/dnn	-0.346*	-0.206	-0.245*	1	-0.291*	-0.361**
CO ₂ , kg/ha/dnn	0.265	0.000	0.084	-0.291*	1	0.263*
NH ₃ , g/ha/dnn	0.326*	0.079	-0.005	-0.361**	0.263*	1

* p vērtība <0.05; ** p vērtība <0.01

3.3. Gruntsūdens līmeņa ietekme uz emisijām Mellupītes izmēģinājuma lauciņos

Mērījumu rezultāti rāda, ka, iespējams, viens no nozīmīgiem SEG emisijas ietekmējošiem faktoriem ir gruntsūdens līmeņa svārstības. Gruntsūdens līmeņa ietekme, visticamāk, saistāma ar gaisa un mitruma režīmu augsnē. Tādā veidā gruntsūdens līmeņu režīms varētu būt nozīmīgs faktors, kas ietekmē aerobo un anaerobo mikrobioloģisko procesu intensitāti un aerobu vai anaerobu procesu dominanci dažādos laika periodos. Rezultāti arī liecina, ka SEG emisiju veidošanās procesu nozīmīgi varētu ietekmēt arī citi aspekti, kur kā galvenie iespējamie minami augsnes apstrāde, pielietotais mēslojuma apjoms, meteoroloģiskie apstākļi, veģetācija un tās attīstība.

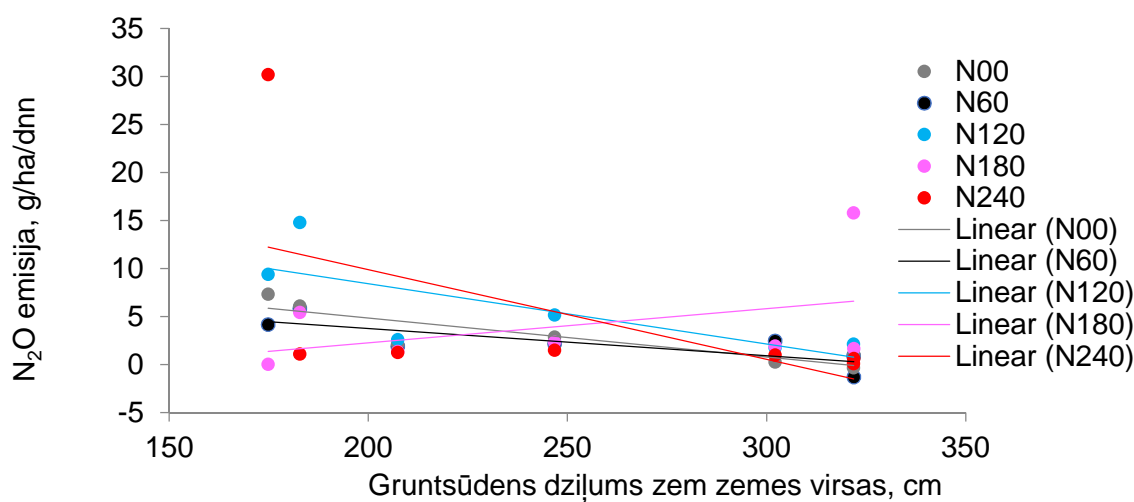
Raugoties no gruntsūdens režīma ietekmes perspektīvas, rezultāti liecina, ka gruntsūdens līmenim krītot, intensificējas aerobie procesi. Tā rezultātā CO₂ emisija pieaug, bet N₂O un NH₃ emisijas samazinās, savukārt CH₄ asimilācija jeb piesaiste no gaisa palielinās (skat. 21. att., 22. att., 23. att., 24. att.). Salīdzinoši cieša gruntsūdens līmeņa un N₂O sakarība konstatēta (skat. 21. att.) pie mazākajām mēslojuma devām: 0, 60 un 120 kg/ha (attiecīgi lauciņi N00, N60 un N120). Salīdzinājumā ar citām eksperimentā analizētajām gāzēm, N₂O gāzes veidošanās varētu būt saistīta ar nitrātu un nitrītu jonu augstu mobilitāti augsnē, kā rezultātā tie ieskalojas dziļākos augsnes slāņos un ir ciešāk saistīti ar gruntsūdens ietekmi uz denitrifikācijas procesu un N₂O gāzes emisijām.

Izmēģinājuma lauciņos, pie relatīvi augsta gruntsūdens līmeņa N_2O emisijām ir tendence būt augstākām no lauciņiem, kur pielietotas lielākas mēslojuma devas. Tomēr, līdz ar gruntsūdens līmeņa pazemināšanos, lauciņos ar lielākām mēslojuma devām N_2O emisijām ir tendence samazināties straujāk, nekā tas notiek mazāk mēslosos izmēģinājuma lauciņos. To uzskatāmi parāda lineārās regresijas vienādojuma regresijas koeficienti (skat. 16. tab.). Taču kāda pagaidām neskaidra iemesla dēļ pretējas N_2O emisiju izmaiņas attiecībā pret gruntsūdens līmeņa izmaiņām novērojamas no izmēģinājumu lauciņa ar mēslojuma devu 180 kgN/ha. Tur, pazeminoties gruntsūdens līmenim, N_2O emisijas pieaug nevis samazinās, kā tas novērojams citos lauciņos ar atšķirīgām mēslojuma devām. Līdzīga tendence novērojama arī gruntsūdens līmeņu- CH_4 emisiju sakarībā, kur CH_4 emisiju dinamika no lauciņa ar mēslojuma devu 180 kgN/ha ir pretēja emisiju dinamikai no pārējiem lauciņiem.

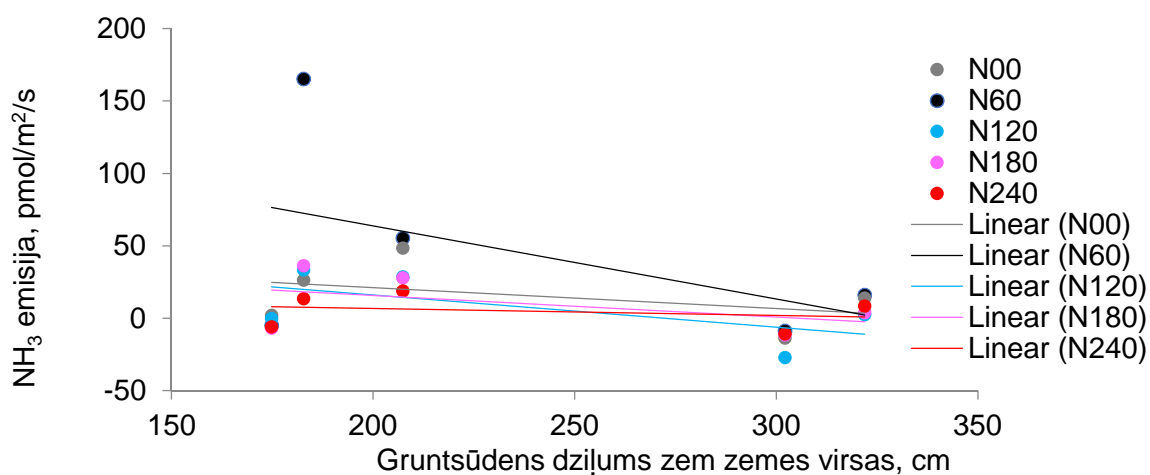
CH_4 emisijas no augsnes lielākoties ir negatīvas (skat. 23. att.), kas nozīmē, ka novērojumu objektā visticamāk augsnē esošās baktērijas aerobos apstākļos piesaista metānu no gaisa. CH_4 piesaiste no gaisa palielinās līdz ar gruntsūdens līmeņa pazemināšanos un apskābekļotas augsnes (vadozās zonas) biezuma palielināšanos. Novērojamas pazīmes, kas liecina par efektīvāku metāna piesaisti no gaisa gadījumā, kad mēslojuma devas ir mazākas. Tas varētu būt saistīts ar padotā slāpekļa mēslojuma intensificētu organiskās vielas sadalīšanos, kā rezultātā augsnē esošie mikroorganismi savos metabolisma procesos, iespējams, vairāk izmanto augsnē esošo oglekli (C), bet mazāk CH_4 sastāvā esošo oglekli.

Mērījumos no 06.09.2018 novērotas salīdzinoši lielas CH_4 un salīdzinoši zemas CO_2 emisijas. Tas visticamāk saistāms ar veikto augsnes apstrādi. Attiecīgi šīs vērtības nav sasaistāmas ar gruntsūdens līmeņa ietekmi, tāpēc nav iekļautas, veidojot lineārās regresijas vienādojumus (skat. 16. tab., 17. tab.). Savukārt 06.09.2018 nomērītās N_2O emisijas vairāk vai mazāk ir iespējams raksturot ar linēru gruntsūdens- N_2O gāzu emisiju sakarību. Tas norāda uz N_2O emisiju veidošanos salīdzinoši lielākā augsnes profila dziļumā. Līdzīgi, veidojot lineārās regresijas vienādojumus sakarībai starp gruntsūdens līmeni un NH_3 emisijām, ekstremālas vērtības novērotas 21.06.2018 visos eksperimentā iekļautajos izmēģinājuma lauciņos. Ekstremālo vērtību iemesli nav skaidri, taču līdzīgās tendences visos izmēģinājuma lauciņos ļauj secināt, ka visticamāk rezultātu nav noteikusi nejauša mērījumu vietas izvēle, kā arī tas nav saistāms ar gruntsūdens līmeņa izmaiņām.

Tāpat var secināt, ka ekstremālās NH₃ emisiju vērtības visos laucīņos, visticamāk, ir ietekmējis kāds kopējs faktors. Iespējams, rezultāti skaidrojami ar salīdzinoši nesen izkliedēto minerālo mēslojumu un lielo vēja ātrumu. 21.06.2018 Latvijā bijušas lielākās vēja brāzmas attiecībā uz nomērītajiem vēja ātrumiem jūnija mēnesī (LVĢMC informācija) un pētījumi rāda, ka amonjaka emisijām, piemēram, pēc mēslojuma izkliešanas ir cieša sakarība ar vēja ātrumu. Jāpiemin, ka gruntsūdens līmeņu - NH₃ gāzes emisiju sakarība ir visvājākā un attiecīgi rezultējusies ar viszemāko determinācijas koeficientu.



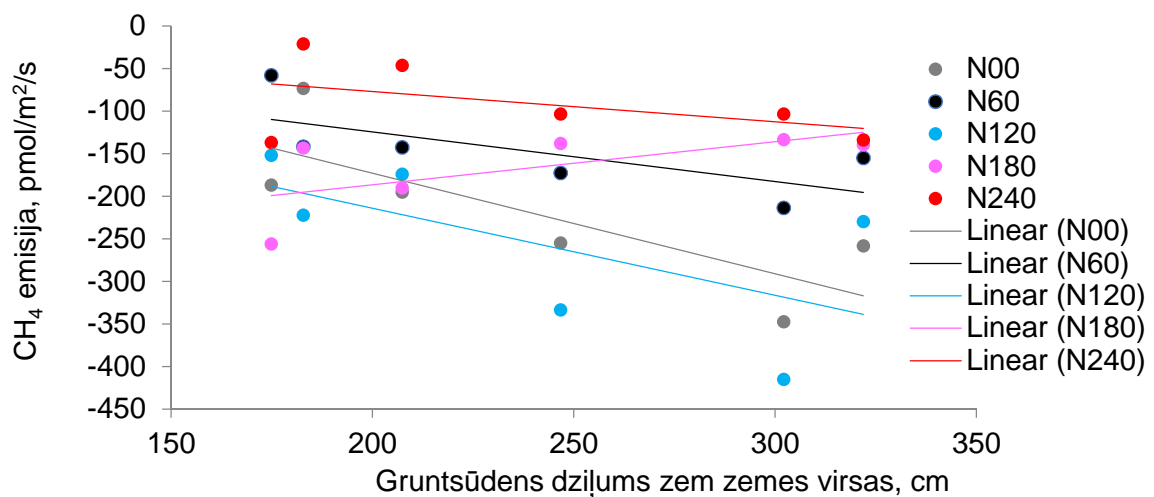
21. att. Gruntsūdens līmeņa-N₂O emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma laucīņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.



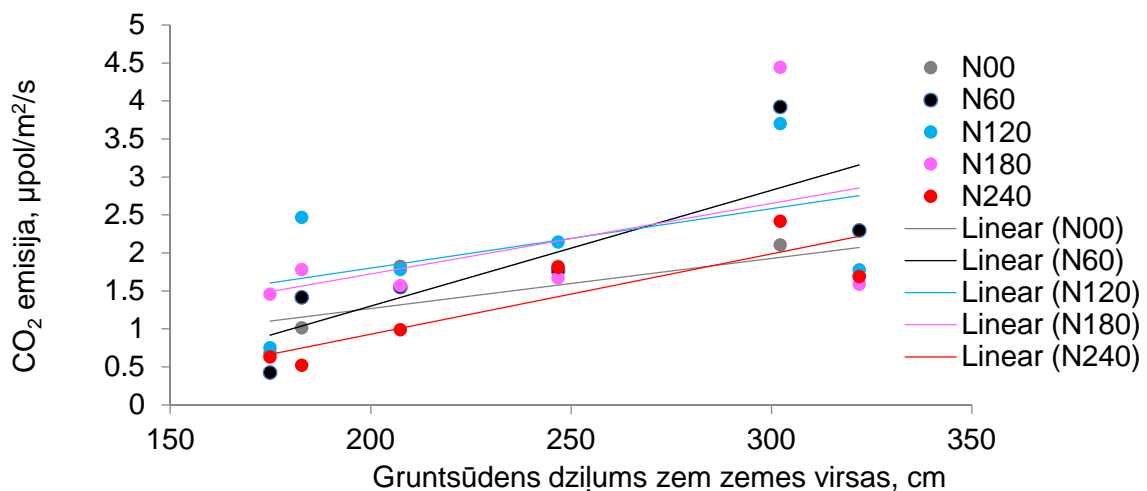
22. att. Gruntsūdens līmeņa-NH₃ emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma laucīņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.

16. tab. Gruntsūdens līmeņa-N₂O un gruntsūdens līmeņa-NH₃ lineārās sakarības.

Gāze	Mēslojuma deva	Regresijas vienādojums	Determinācijas koeficients
N ₂ O	N00	$y = -0.0405x + 12.941$	$R^2 = 0.8034$
	N60	$y = -0.0284x + 9.4456$	$R^2 = 0.6507$
	N120	$y = -0.0627x + 20.978$	$R^2 = 0.6247$
	N180	$y = 0.0356x - 4.852$	$R^2 = 0.18$
	N240	$y = -0.0934x + 28.566$	$R^2 = 0.297$
NH ₃	N00	$y = -0.1757x + 55.949$	$R^2 = 0.2856$
	N60	$y = -0.3833x + 141.46$	$R^2 = 0.177$
	N120	$y = -0.3289x + 80.957$	$R^2 = 0.5291$
	N180	$y = -0.1331x + 42.416$	$R^2 = 0.2415$
	N240	$y = -0.0178x + 10.613$	$R^2 = 0.0116$



23. att. Gruntsūdens līmeņa-CH₄ gāzes lineārās sakarības izmēģinājuma laucīņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.

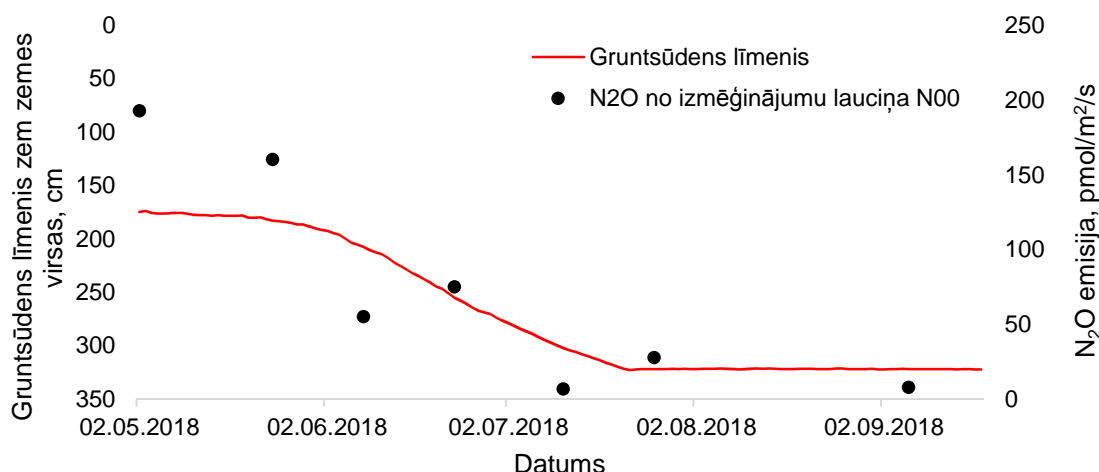


24. att. Gruntsūdens līmeņa-CO₂ emisijas lineārās sakarības izmēģinājuma laucīņos ar dažādām slāpekļa mēslojuma devām.

17. tab. Gruntsūdens līmeņa-CH₄ un gruntsūdens līmeņa-CO₂ lineārās sakarības.

Gāze	Mēslojuma deva	Regresijas vienādojums	Determinācijas koeficients
CH ₄	N00	$y = -1.18x + 63.055$	$R^2 = 0.6337$
	N60	$y = -0.5841x - 7.4988$	$R^2 = 0.4985$
	N120	$y = -1.0222x - 9.7444$	$R^2 = 0.396$
	N180	$y = 0.5067x - 288.02$	$R^2 = 0.4197$
	N240	$y = -0.356x - 5.6576$	$R^2 = 0.218$
CO ₂	N00	$y = 0.0066x - 0.0468$	$R^2 = 0.55$
	N60	$y = 0.0152x - 1.7439$	$R^2 = 0.6556$
	N120	$y = 0.0078x + 0.2328$	$R^2 = 0.2492$
	N180	$y = 0.0093x - 0.135$	$R^2 = 0.2463$
	N240	$y = 0.0106x - 1.1812$	$R^2 = 0.7673$

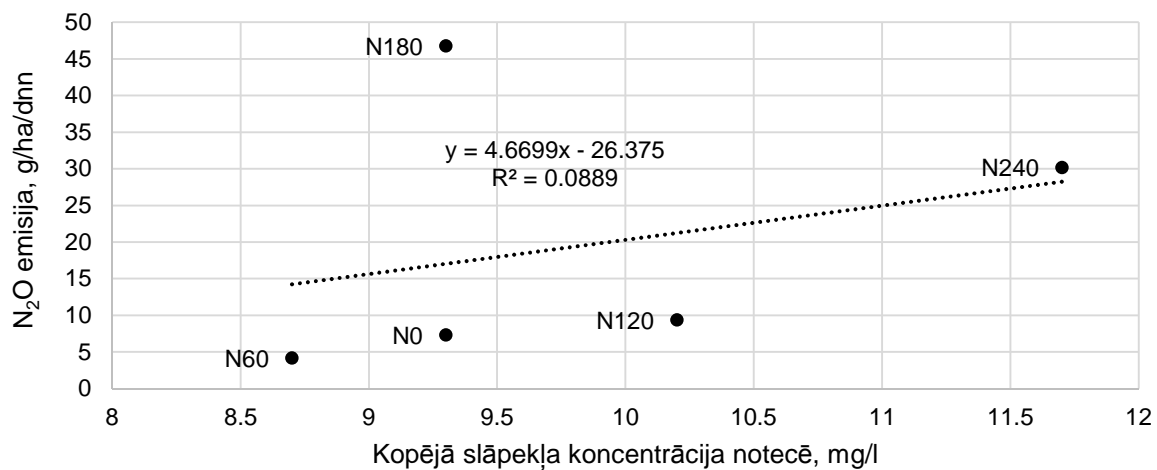
Lai arī mērīto gāzu emisijās ir novērota sakarība ar gruntsūdens līmeņa režīmu, pastāv iespēja, ka iegūtais rezultāts ir nejauša sakritība. Mērījumu laika periodā gruntsūdens līmenis ir vienmērīgi krities bez krasām līmeņa svārstībām (skat. 25. att.). Līdzīga varētu būt arī veģetācijas attīstība un citu parametru mainība augsnē. Tāpat, ļoti iespējams, ka sakarība varētu būt ļoti atšķirīga dažādu gadu veģetācijas periodos. Tā kā 2018. gada veģetācijas periods uzskatāms par salīdzinošo sausu ar nelieliem nokrišņiem un noteci, tad tas arī varētu būt viens no iemesliem, kāpēc 2018. gadā nomērītās gāzu emisijas varētu būt vairāk ietekmētas no gruntsūdens līmeņu režīma.



25. att. Gruntsūdens līmeņa svārstības un N₂O gāzes emisijas eksperimentālo mērījumu periodā 2018. gadā.

Mērījumu periodā 2018. gadā veģetācijas periodā Mellupītes monitoringa stacijā novērotas salīdzinoši mazas noteces un zemi gruntsūdens līmeņi. SEG

emisiju mērījumu periodā no izmēģinājumu lauciņiem notece ir bijusi tikai vienā reizē 02.05.2018. Šajā mērījumu reizē nav konstatēta cieša kopējā slāpekļa koncentrācijas-N₂O emisiju sakarība (skat. 26. att.), jo analizēto datu skaits ir neliels.



26. att. Kopējā slāpekļa (N_{tot}) koncentrācija notecē un SEG emisijas no izmēģinājumu lauciņiem 02.05.2018.

SECINĀJUMI

1. Zemes izmantošanas veids un apsaimniekošana nosaka, vai organiskā augsne ir oglekļa krātuve vai emisiju radītājs. Nosusinātas organiskās augsnes ir galvenais SEG emisiju avots. Mitruma režīma atjaunošana organiskajās augsnēs samazina CO₂ un N₂O emisijas, bet palielina CH₄ emisiju, bet šādu secinājumu nevar attiecināt uz visām augsnēm, kur ir atjaunots mitruma režīms. Jāņem vērā zemes izmantošanas veids un apsaimniekošana, jo, piemēram, lauksaimniecības vajadzībām izmantotajā organiskajā augsnē veidojas slāpekļa uzkrājums, kas izraisa augstas N₂O emisijas pēc lauksaimnieciskās darbības pārtraukšanas.
2. SEG emisiju mērījumu rezultātus 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. Vislielākā iegūto datu mainība gan 2017. gadā, gan 2018. gadā ir novērojama NH₃ emisijām, jo šī gāze ir visnestabilākā, arī N₂O tiek novērota augsta mainība, salīdzinot ar CH₄ un CO₂.
3. SEG emisiju mērījumi 2018. gada veģetācijas sezonā nav vispārināmi, taču ir ar zinātnisku un praktisku nozīmi, jo sniedz vērtīgu informāciju par gāzu emisiju raksturu ekstrēmi sausā gadā.

LITERATŪRAS AVOTI

- Achtnich, C., Bak F., Conrad R., (1995). Competition for electron donors among nitrate reducers, ferric iron reducers, sulfate reducers, and methanogens in anoxic paddy soil. *Biol. Fertil. Soil.* 19, 65–72.
- Bouwman, A. F., Boumans L. J. M., Batjes N. H. (2002). Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochemical cycles* 16/4, p. 6-1 – 6-13.
- Bowatte S., Hoogendoorn C. J, Newton P. C. D., Liu Y., Brock S. C., Theobald P. W.(2018). Grassland plant species and cultivar effects on nitrous oxide emissions after urine application. *Geoderma*, V. 323. p. 74 – 82.
- Bowden, R.D., Davidson E., Savage K., Arabia C., Steudler, P., (2004). Chronic nitrogen additions reduce total soil respiration and microbial respiration in temperate forest soils at the Harvard Forest. *Forest Ecol. Manage.* 196 (1), 43–56.
- CSP, 2017, Centrālā statistikas pārvalde. Galveno lauksaimniecības kultūru sējumu platības. Pieejams: <http://www.csb.gov.lv/statistikas-temas/lauksaimnieciba-galvenie-raditaji-30325.html>
- CSP, 2018, Latvijas Lauksaimniecība. Statistisko datu krājums. Pieejams: <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/lauksaimnieciba/lauksaimniecibas-cenas/meklet-tema/321-latvijas-lauksaimnieciba-2018>
- Cuhel, J., Simek, M., Laughlin, R.J., Bru, D., Chèneby, D., Watson, C.J., Philippot, L., (2010). Insights into the effect of soil pH on N₂O and N₂ emissions and denitrifier community size and activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 1870–1878.
- Dalal, R.C., Allen, D.E., 2008. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems. Turner review no. 18, *Australian. J. Bot.* 56, 369–407.
- Degryze, S., Six, J., Paustian, K., Morris, S.J., Paul, E.A., Merckx, R., (2004). Soil organic carbon pool changes following land-use conversions. *Glob. Change Biol.* 10,1120–1132.
- Dorodnikov, M., Blagodatskaya, E., Blagodatsky, S., Marhan, S., Fangmeier, A., Kuzyakov, Y., (2009). Stimulation of microbial extracellular enzyme

- activities by elevated CO₂ depends on soil aggregate size. *Glob. Change Biol.* 15, 1603–1614.
- Drewer J., Anderson M., Levy P.E., Scholtes B., Hefter C., Parker J., Rees R.M., Skiba U.M., (2016). The impact of ploughing intensively managed temperate grasslands on N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes. *Plant and Soil* 411/1-2, p. 193-208
- Fleck, D., Y. He, C. Alexander, G. Jacobson, Cunningham, K., (2013). Simultaneous soil flux measurements of five gases - N₂O, CH₄, CO₂, NH₃, and H₂O - with the Picarro G2508. *Picarro Appl. Note AN034*.
- Freibauer A., Kaltschmitt M., (2003). Controls and models for estimating direct nitrous oxide emissions from temperate and sub-boreal agricultural mineral soils in Europe. *Biogeochemistry* 63, p. 93–115.
- Fumoto, T., Kobayashi, K., Li, C., Yagi, K., Hasegawa, T., (2008). Revising a process-based biogeochemistry model (DNDC) to simulate methane emission from rice paddy fields under various residue management and fertilizer regimes. *Glob. Change Biol.* 14, 382–402.
- Gundersen, P., Christiansen, J.R., Alberti, G., Brüggemann, N., Castaldi, S., Gasche, R., Kitzler, B., Klemedtsson, L., Lobo-do-Vale, R., Moldan, F., Rütting, T., Schleppei, P., Weslien, P., Zechmeister-Boltenstern, S., (2012a). The response of methane and nitrous oxide fluxes to forest change in Europe. *Biogeoscience* 9, 3999–4012.
- Gundersen, P., Christiansen, J.R., Frederiksen, P., Vesterdal, L., (2012b). Influence of hydromorphic soil conditions on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in a Danish temperate forest. *For. Ecol. Manage.* 284, 185–195.
- Hortnagl L, Barthel M, Buchmann N., Eugster W., Butterbach-Bahl K., Diaz-Pines E., Zeeman M., Klumpp K., Kiese R., Bahn M., Hammerle A., Lu H., Ladreiter-Knauss T., Burri S., Merbold L. (2018) Greenhouse gas fluxes over managed grasslands in Central Europe. *Global Change Biology* 2018;24:1843–1872.
- Kasimir-Klemedtsson, Å., Weslien, P., Klemedtsson L. (2009). Methane and nitrous oxide fluxes from a farmed Swedish Histosol. *Eur. J. Soil Sci.*, 60 (2009), pp. 321–331
- Kløve, B., Berglund, K., Berglund, Ö., Weldon, S., Maljanen, M. (2017). Future options for cultivated Nordic peat soils: Can land management and rewetting

- control greenhouse gas emissions? *Environmental Science & Policy*, Volume 69, p. 85-93.
- Kögel-Knabner, I., Amelung, W., Cao, Z., Fiedler, S., Frenzel, P., Jahn, R., Kalbitz, K., Kölbl, A., Schloter, M., (2010). Biogeochemistry of paddy soils. *Geoderma* 157, 1–14.
- Lapveteläinen, T., Regina, K., Perälä, P. (2007). Peat based emissions in Finland's national greenhouse gas inventory. *Boreal Environ. Res.* 12, 225–236.
- Leppelt T, Dechow R, Gebbert S et al. (2014). Nitrous oxide emission hotspots from organic soils in Europe. *Biogeosciences*, 11, 6595–6612.
- LR, (1995). Likums Par Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām, pieņemts LR Saeimā 1995.gada 23.februārī. Pieejams: <http://m.likumi.lv/doc.php?id=34198>
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytönen, J., Martikainen, P., Laine. J. (2004). Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biol. Biochem.*, 36 (2004), pp. 1801–1808
- Maljanen, M., Liikanen, A., Silvola, J., Martikainen, P.J. (2003) Nitrous oxide emissions from boreal organic soil under different land-use. *Soil Biol. Biochem.*, 35 (2003), pp. 689–700
- Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J. T., and Martikainen, P. J. (2010). Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps, *Biogeosciences*, 7, 2711-2738, doi:10.5194/bg-7-2711-2010.
- McSwiney, C.P., Robertson, G.P., (2005). Nonlinear response of N₂O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Glob. Change Biol.* 11, 1712–1719.
- Micks, P., Aber, J.D., Boone, R.D., Davidson, E.A., (2004). Short-term soil respiration and nitrogen immobilization response to nitrogen applications in control and nitrogen-enriched temperate forests. *For. Ecol. Manage.* 196, 57–70.
- Montanarella, L., Jones, R. J. A., and Hiederer, R. (2006). The distribution of peatland in Europe, *Mires and Peatland*, 1.

- Muñoz, C., Paulino, L., Monreal, C., Zagal, E., (2010) Greenhouse gas (CO₂ and N₂O) emissions from soils: A review. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(3):485-497.
- NIR (2017) Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto Protocol 1990 – 2015. Pieejams: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/submissions/national-inventory-submissions-2017>
- NIR (2018) Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto Protocol 1990 – 2016. Pieejams: <https://unfccc.int/documents/65702>
- Niu, S., Wu, M., Han, Y.I., Xia, J., Zhang, Z.H., Yang, H., Wan, S., (2010). Nitrogen effects on net ecosystem carbon exchange in a temperate steppe. *Glob. Change Biol.* 16, 144–155.
- 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. *Microbiol. Ecol.* 53, 89–97.
- Oertel, C., Matschullat J., Zurba, K., Zimmermann, F., Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Chemie der Erde* 76 327–352.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. and Stringer, L. (Eds.) (2008). *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- Peng, Q., Dong, Y., Qi, Y., Xiao, S., He, Y., Ma, T., (2011). Effects of nitrogen fertilization on soil respiration in temperate grassland in Inner Mongolia, China. *Environ. Earth Sci.* 62, 1163–1171.
- Pilegaard, K., Skiba, U., Ambus, P., Beier, C., Brüggemann, N., Butterbach-Bahl, K., Dick, J., Dorsey, J., Duyzer, J., Gallagher, M., Gasche, R., Horvath, L., Kitzler, B., Leip, A., Pihlatie, M.K., Rosenkranz, P., Seufert, G., Vesala, T., Westrate, H., Zechmeister-Boltenstern, S., (2006). Factors controlling regional differences in forest soil emission of nitrogen oxides (NO and N₂O). *Biogeoscience* 3, 651–661.
- Regina, K., Syvasalo, E. Hannukkala, A., Esala, M. (2004). Fluxes of N₂O from farmed peat soils in Finland. *Eur. J. Soil Sci.*, 55 (2004), pp. 591–599

- Roßkopf, N., Fell, H., Zeitz, J. (2015). Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133 (2015) 157–170.
- Rusera R., Fußb R., Andresc M., Hegewaldd H., Kesenheimera K., Köbkee S., Rübigerf T., Quinonesg T.S., Augustinc J., Christend O., Ditterte K., Kagef H., Lewandowskih I., Prochnowg A., Stichnothej H., Flessab H. (2017). Nitrous oxide emissions from winter oilseed rape cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 249 p. 57–69.
- Sahrawat, K.L., (2004). Terminal electron acceptors for controlling methane emissions from submerged rice soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35, 1401–1413.
- Saiz, G., Byrne, K.A., Butterbach-Bahl, K., Kiese, R., Blujdea, V., Farrell, E.P., (2006). Stand age-related effects on soil respiration in a first rotation Sitka spruce chronosequence in central Ireland. *Glob. Change Biol.* 12, 1007–1020.
- Schwenke, G.D., Herridge, D.F., Scheer, C., Rowlings, D.W., Haigh, B.M., McMullen, K.G., 2015. Soil N₂O emissions under N₂-fixing legumes and N-fertilised canola: a reappraisal of emissions factor calculations. *Agric. Ecosyst. Environ.* 202, 232–242.
- Shi, W.Y., Yan, M.J., Zhang, J.G., Guan, J.H., Du, S., (2014). Soil CO₂ emissions from five different types of land use on the semiarid Loess Plateau of China, with emphasis on the contribution of winter soil respiration. *Atmos. Environ.* 88, 74–82.
- Signor, D., Cerri, C. E. P., (2013). Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 322-338.
- Snyder C. S., Bruulsema T. W, Jensen T. L., P.E. Fixen P. E., (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133/ 3-4, p. 247 – 266.
- Soussana J.F., Allard V., Pilegaard K., Ambus P., Amman C., Campbell C., Ceschia E., Clifton-Brown J., Czobel S., Domingues R., Flechard C., Fuhrer J., Hensen A., Horvath L., Jones M., Kasper G., Martin C., Nagy Z., Neftel A., Raschi A., Baronti S., Rees R.M., Skiba U., Stefani P., Manca G., Sutton M., Tuba Z., Valentini R. (2007). Full accounting of the greenhouse gas (CO₂,

- N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment* Volume 121, p.121–134.
- Tenuta, M., Beauchamp, E.G., (2003). Nitrous oxide production from granular nitrogen fertilizers applied to a silt loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 83, 521–532.
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roßkopf, N., Sommer, M., Zeitz, J. (2016). High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biol.*, <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13303>.
- UN, (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, 1998, 21 pp. Pieejams: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- Venterea, R.T., Halvorson, A.D., Kitchen, N., Liebig, M.A., Cavigelli, M.A., Del Grosso, Stephen J., Motavalli, P.P., Nelson, K.A., Spokas, K.A., Singh, B.P., Stewart, C.E., Ranaivoson, A., Strock, J., Collins, H., (2012). Challenges and opportunities for mitigating nitrous oxide emissions from fertilized cropping systems. *Front. Ecol. Environ.* 10 (10), 562–570.
- Vinzenta B., Fuß R., Maidla F. X., Hülsbergena K. J. (2017). Efficacy of agronomic strategies for mitigation of after-harvest N₂O emissions of winter oilseed rape. *European Journal of Agronomy*, Volume 89 p.88 – 96.
- Walter K., Don A., Fus R., Kern J., Drewer J., Flessa H., (2015). Direct nitrous oxide emissions from oilseed rape cropping – a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 7, p. 1260–1271.
- Weiser C., Fuß R., Kage H., Flessa H. (2018) Do farmers in Germany exploit the potential yield and nitrogen benefits from preceding oilseed rape in winter wheat cultivation?, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64:1, 25-37,
- Weslien, P., Kasimir Klemetsson, Å., Börjesson, G., Klemetsson, L., (2009). Strong pH influence on N₂O and CH₄ fluxes from forested organic soils. *Eur. J. Soil Sci.* 60, 311–320.
- Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarso, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, A., Strack, M. and Tuittila, E.- S. (2016).

Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils.

Mires and Peat, Volume 17, Article 04, p. 1-28.

Zariņa L., (2009) Augsnes skābums. LLU Agroresursu un ekonomikas institūts, Priekuļu pētniecības centrs. 3 lpp.

PIELIKUMI

SEG PROJEKTA S321 LAUKU DARBU DATU LAPA

Objekts: Mellupīte Auce Bērze Mārupe Laflora

Datums: _____

Laikapstākļu raksturojums:

Augsnes raksturojums:

Mērījumu uzsākšanas laiks:

Logeru dati:

Augsnes temperatūra _____ °C Čembera _____ temperatūra
_____ °C

Gaisa temperatūra _____ °C Atmosfēras spiediens čemberī
_____ hPa

Augsnes mitruma mērījumi:
