



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata pārmaiņu
(plūdu riska) mazināšanā

LĪGUMA NR.: 19-00-SOINV05-000017

IZPILDĪTĀJI:

Inga Grīnfelde	Terēze Stanka
Laima Bērziņa	Sandija Ozoliņa
Kristīne Valujeva	Kristīne Stendzeniece
Jovita Pilecka	Toms Štāls
Olga Frolova	Jānis Ivanovs
Denis Solims	Raitis Meļņiks
Raivis Intlers	

PROJEKTA VADĪTĀJS:

Ainis Lagzdiņš

Jelgava 2019



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTA 1.DARBA UZDEVUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata pārmaiņu (plūdu riska) mazināšanā

DARBA UZDEVUMS: SEG emisijas mērījumi un cēloņsakarību izpēte nosusinātās lauksaimniecības zemēs

IZPILDĪTĀJI:
Inga Grīnfelde
Laima Bērziņa
Kristīne Valujeva
Jovita Pilecka
Olga Frolova
Denis Solims
Raivis Intlers
Terēze Stanka

PROJEKTA VADĪTĀJS: Ainis Lagzdiņš

Jelgava 2019

SATURS

Attēlu saraksts	4
Tabulu saraksts	6
Izmantotie saīsinājumi	7
1. Ievads	8
1.1. SEG emisijas Latvijā	9
1.2. Kopsavilkums par SEG emisijām no augsnes.....	11
2. Materiāli un metodes	12
2.1. Pētījuma objektu izvēle SEG emisiju mērījumiem un to raksturojums	12
2.1.1. Bērzes monitoringa stacija	14
2.1.2. Mellupītes monitoringa stacija	16
2.1.3. Auces monitoringa stacija	18
2.1.4. Lafloras pētījumu vieta	20
2.1.5. Mārupes pētījumu vieta	20
2.1.6. Pēterlauku pētījumu vieta.....	21
3.1. Mērījumu veikšana ar Picarro.....	25
3.1.1. Iekārtas un aprīkojums	25
3.1.2. Datu analīzes metodes.....	27
3. Rezultāti.....	30
3.1. SEG un amonjaka emisiju mērījumu rezultāti Auces, Bērzes, Mellupītes, Lafloras un Mārupes pētījumu vietās.....	30
3.1.1. Metāna mērījumu rezultāti.....	31
3.1.2. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti.....	34
3.1.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti	37
3.1.4. Amonjaka mērījumu rezultāti.....	40

3.2.	Augsnes organiskā satura ietekme	44
3.3.	SEG mērījumu rezultāti Pēterlauku pētījumu vietā	49
	Secinājumi	54
	Literatūras avoti	55

ATTĒLU SARAKSTS

1. att. SEG emisiju sadalījums starp sektoriem 2017. gadā (NIR, 2019).	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. SEG emisiju mērījumu vietas.	12
6. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Bērzes monitoringa stacijā.	15
7. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Mellupītes monitoringa stacijā.	17
8. att. SEG emisiju mērījumu un ūdeņu paraugu ievākšanas vietas Auces monitoringa stacijā.	19
9. att. SEG emisiju mērījumu vieta Lafloras pētījumu vietā.	20
10. att. SEG emisiju mērījumu vieta Mārupes pētījumu vietā.	21
11. att. SEG emisiju mērījumu vieta Pēterlauku pētījumu vietā.	22
12. att. Picarro G2508 (autors: K.Valujeva).	26
13. att. Kamera gāzu mērījumu veikšanai (autors: J.Pilecka).	26
14. att. Augsnes mitruma mērītājs (autors: J.Pilecka).	27
15. att. Diver barometriskā spiediena mērītāji (autors: J.Pilecka).	27
16. att. Gāzu koncentrāciju mērījumu transformācijas aprēķina algoritma shematisks attēlojums.	27
17.att. CH ₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.	32
18. att. CH ₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.	34
19.att. N ₂ O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.	35
20. att. N ₂ O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.	37
21. att. CO ₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.	38
22.att. CO ₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.	40
23.att. NH ₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.	42

24. att. NH ₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.	43
25.att. CH ₄ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).	46
26.att. N ₂ O emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).	47
27.att. CO ₂ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).	48
28.att. NH ₃ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).	49
29.att. CH ₄ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.....	50
30.att. N ₂ O emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.....	51
31.att. CO ₂ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.	52
32.att. NH ₃ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.....	53

TABULU SARAKSTS

1. tab. Agronomiskās darbības pētījuma teritorijās.	13
2. tab. Bērzes monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	14
3. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Bērzes monitoringa stacijas drenu laukā.....	16
4. tab. Mellupites monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	16
5. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Mellupītes pētījuma teritorijās.	17
6. tab. Auces monitoringa stacijas ģeoloģijas urbuma apraksts.	18
7. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Auces monitoringa stacijas sateces baseinā.....	19
8. tab. Latraps mēslošanas izmēģinājums ziemas kviešos. 2018–2019. gads.	22
9. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Pēterlauku pētījuma vietā.	24
10. tab. N ₂ O, CO ₂ , NH ₃ un CH ₄ emisiju statistiskie rādītāji 2019. gadā.	31
11. tab. CH ₄ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.	31
12. tab. N ₂ O emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.....	35
13. tab. CO ₂ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.	38
14. tab. NH ₃ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.	41
15. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām 2019. gadā.....	44
16. tab. Kendala korelācijas koeficienti minerālaugsnes kamerām 2019. gadā.	45
17. tab. Kendala korelācijas koeficienti organiskās augsnes kamerām 2019. gadā.	45
18. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām laika posmam no 2017. līdz 2019. gadam.....	45
19. tab. CH ₄ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.	49
20. tab. N ₂ O emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.	51
21. tab. CO ₂ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.	52
22. tab. NH ₃ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.	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 iejaukšanos 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. Pēc 2020. gada spēkā stājas Parīzes nolīgums, kurš nosaka, ka Latvijai līdz 2030. gadam SEG emisijas no ne-ETS sektora ir jāsamazina par 6% salīdzinot ar 2005. 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.

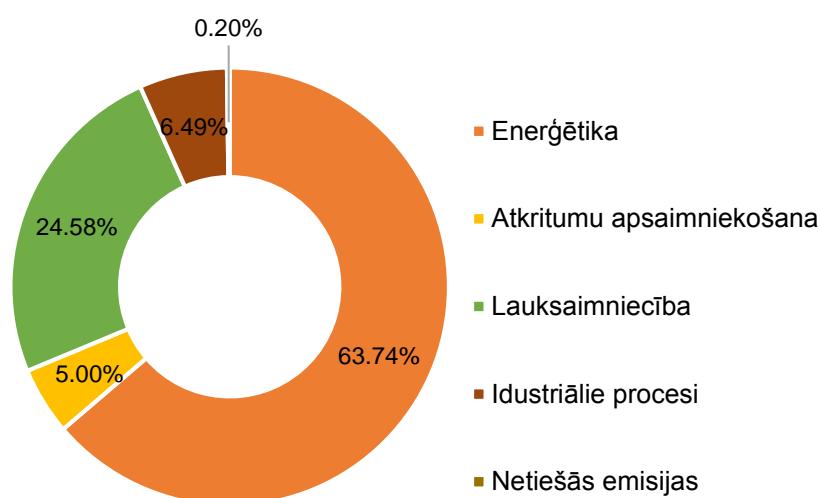
Projekta mērķis ir noteikt un analizēt SEG emisijas no lauksaimniecībā izmantotām teritorijām, kurās veikti hidrotehniskās meliorācijas pasākumi.

Projekta uzdevumi:

1. veikt dislāpekļa oksīda (N₂O), ogļskābās gāzes (CO₂), metāna (CH₄) un amonjaka (NH₃) emisijas mērījumus lauksaimniecībā izmantotās minerālaugsnēs un organiskajās augsnēs;
2. analizēt dislāpekļa oksīda (N₂O), ogļskābās gāzes (CO₂), metāna (CH₄) un amonjaka (NH₃) emisijas cēloņsakarības pētāmajās teritorijās.

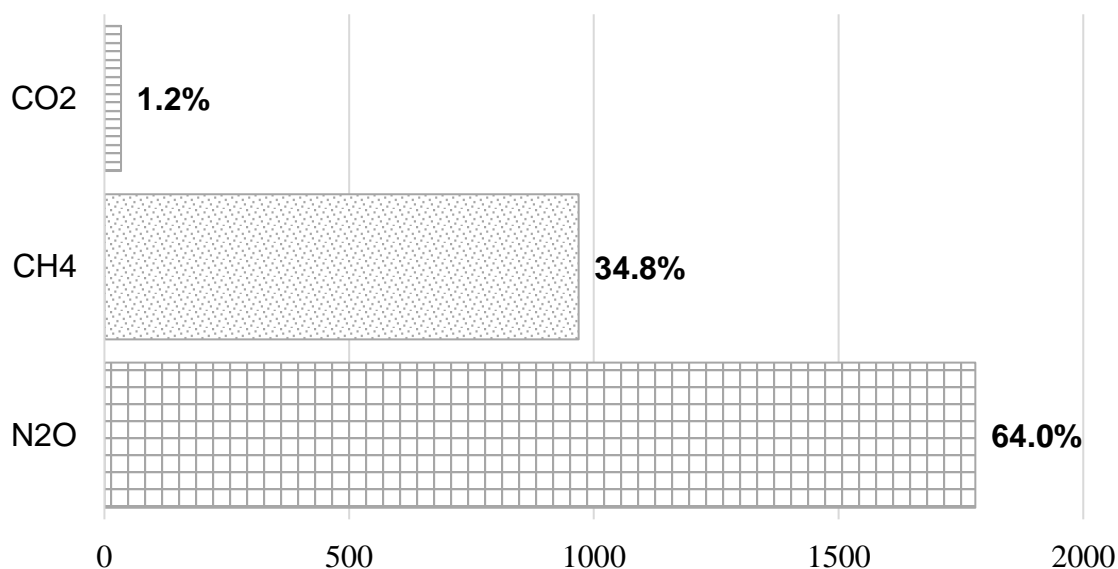
1.1. SEG emisijas Latvijā

Katru gadu, saskaņā ar ANO Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām, katrai dalībvalstij ir jāsniedz inventarizācija par SEG emisijām un to piesaisti valstī. Lauksaimniecības sektors 2017. gadā bija atbildīgs par 24.58% SEG emisiju no kopējā emisiju apjoma valstī (skat. 1. att.).



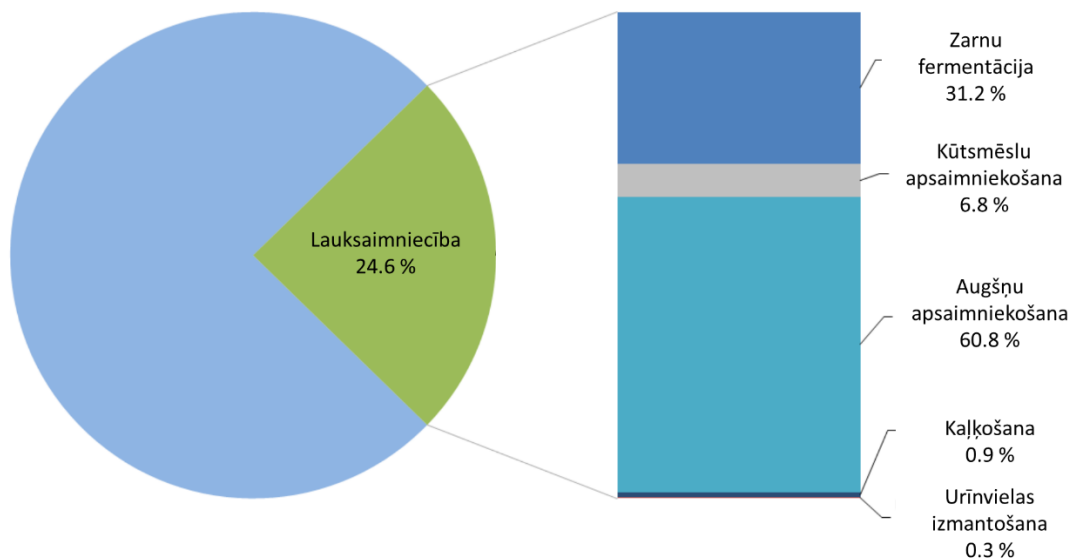
1. att. SEG emisiju sadalījums starp sektoriem 2017. gadā (NIR, 2019).

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



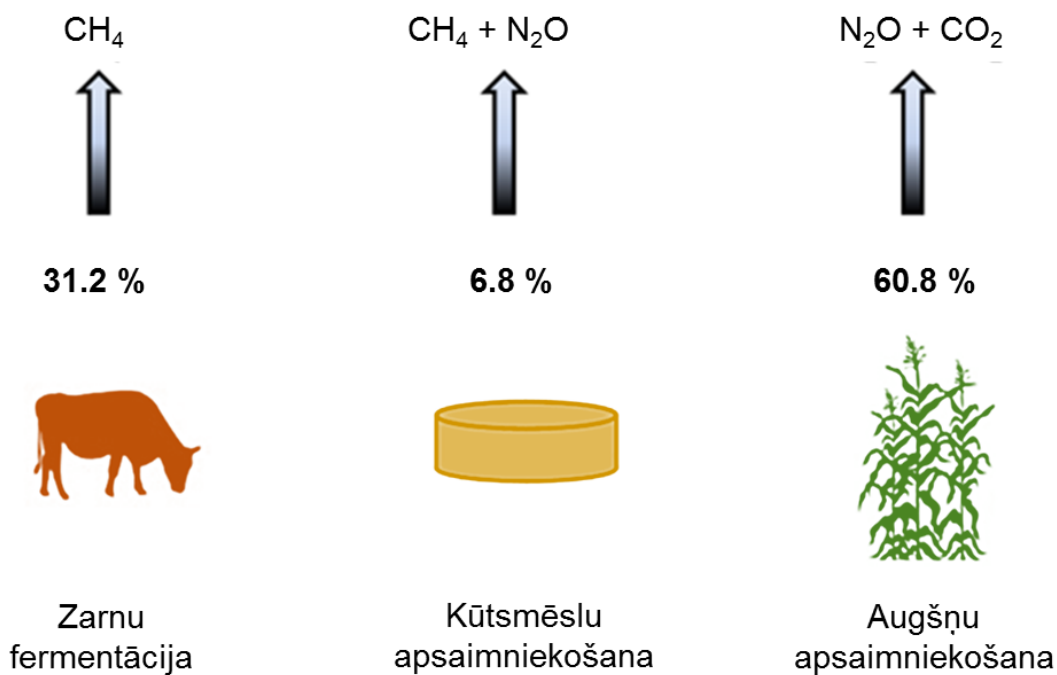
2. att. SEG emisiju sadalījums lauksaimniecības sektorā 2015. gadā (NIR, 2017).

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 (60.8%) un zarnu fermentācijas procesi (31.2%) (skat. 4.att.).



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

1.2. Kopsavilkums par SEG emisijām no augsnes

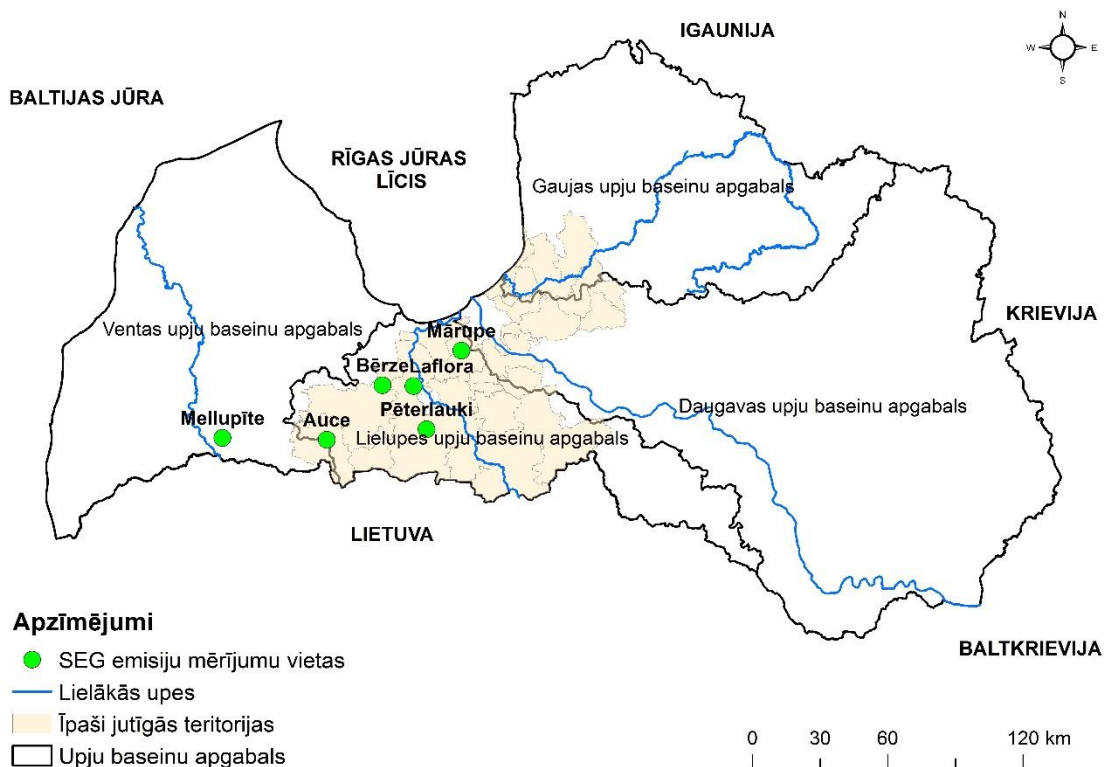
2. Augsnes emisiju plūsma ir atkarīga no augsnes ūdens (mitruma), augsnes temperatūras, biogēno elementu pieejamības un pH līmeņa, kā arī no zemes lietošanas veida (Oertel et al., 2016).
3. CO₂ emisija no augsnes veidojas ļoti mainīgās neviendabīgās augsnēs, un to ietekmē sakņu aktivitāte, mikrobioloģiskie procesi, augu atliekas, kā arī mikroklimats, reljefs un katalītiskās īpašības māla koloīdos šķīdumos. Augsnes apstrāde ietekmē augsnes emisijas, piemēram, kalpošana palielina CO₂ emisijas (Muñoz et al., 2010).
4. Augsti gruntsūdens līmeņi, sliktas augsnes drenēšanas īpašības un augsnes sablīvēšanās veicina denitrifikācijas procesu un N₂O veidošanos (Bouwman et al., 2002). 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). Zemes lietojumam un zemes izmantošanai ir svarīga loma N₂O emisiju pieaugumā.
5. CH₄ emisijas veidojas anaerobos apstākļos sezonāli vai pastāvīgi appludinātās augsnēs (Muñoz et al., 2010).
6. 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 (Lapveteläinen et al., 2007). Mitruma režīma atjaunošana nosusinātās organiskās augsnēs noved pie samazinātas CO₂ un N₂O emisijas, samazinātiem izšķīdušā organiskā oglekļa zudumiem un palielinātas CH₄ emisijas (Wilson et al., 2016).
7. Pēc lauksaimnieciskās darbības pārtraukšanas un lauku pamešanas, no organiskajām augsnēm gadu desmitiem turpina izdalīties augstas CO₂ un N₂O emisijas (Kløve et al., 2017).
8. 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 (Kløve et al., 2017).

2. MATERIĀLI UN METODES

Šajā nodaļā pirmajā apakšnodaļā ir sniegts SEG emisiju mērījumu veikšanas vietu raksturojums un 2019. gadā audzētās kultūras un augsnes mēslošanas devas un laiki. Otrajā apakšnodaļā ir atspoguļots pētījumā izmantoto iekārtu klāsts, kā arī sniegts ieskats datu transformācijas un datu analīzes metodēs.

2.1. Pētījuma objektu izvēle SEG emisiju mērījumiem un to raksturojums

2019. 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 5.att.



5.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 pārāgri.

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.

Agronomiskā darbība	Bērze	Mellupīte	Auce	Mārupe	Laflora
Augsnes apstrāde	Augsne netika apstrādāta, sēts rugainē	Diskota rugaine	Diskota rugaine	N/a	N/a
Sēja	18.09.2018	11.09.2018	07.08.2018	N/a	N/a
Kultūraugs	Ziemas kvieši	Ziemas kvieši	Ziemas rapsis (pārsēts ar ziemas kviešiem)	Kukurūza	Krūmmellene s
Ražas novākšana	16.08.2019	29.07.2019	03.08.2019	N/a	N/a
Augsnes apstrāde	Papuve	10.09.2019	Arts 02.09.2019	N/a	N/a
Sēja	Papuve	24.09.2019	23.09.2019	N/a	N/a
Kultūraugs	Papuve	Ziemas kvieši	Ziemas mieži	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 6. att.

6. att., 7. att., 8. att., 9. att. un 10. 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., 2009). 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.



6. 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 3. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums tika izteikts tīrvielā, ņemot vērā izkliedēto minerālmēsli apjomu un slāpekļa tīrvielas saturu minerālmēslis.

3. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Bērzes monitoringa stacijas drenu laukā.

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums	Slāpeklis tīrvielā
	dd.mm.yyyy	kg N ha⁻¹
Pamatmēslojums	18.09.2018	3.6
Papildmēslojums	30.03.2019	46.9
Papildmēslojums	02.05.2019	43.3
Papildmēslojums	16.06.2019	26.4

Bērzes 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 minerālmēslu slāpekļa izkliedes normas (kg ha⁻¹) kultūraugiem.

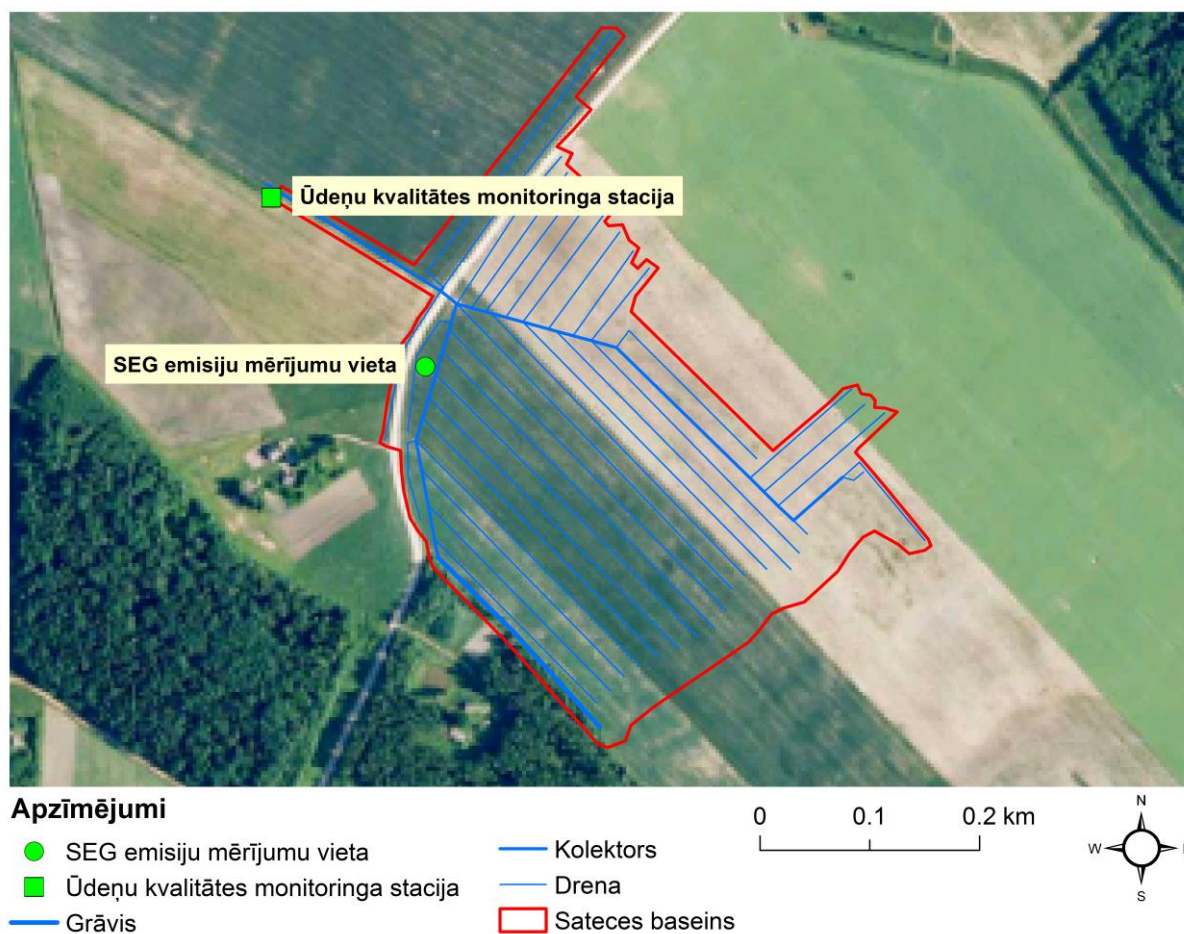
2.1.2. Mellupītes monitoringa stacija

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 biežumiem 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 biežums %	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 7. att.



7. 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.

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums	Slāpeklis tīrvielā
	dd.mm.yyyy	kg N ha-1
Pamatmēslojums	11.09.2018	8.0
Papildmēslojums	01.04.2019	41.3
Papildmēslojums	01.05.2019	64.4
Papildmēslojums	31.05.2019	30.0

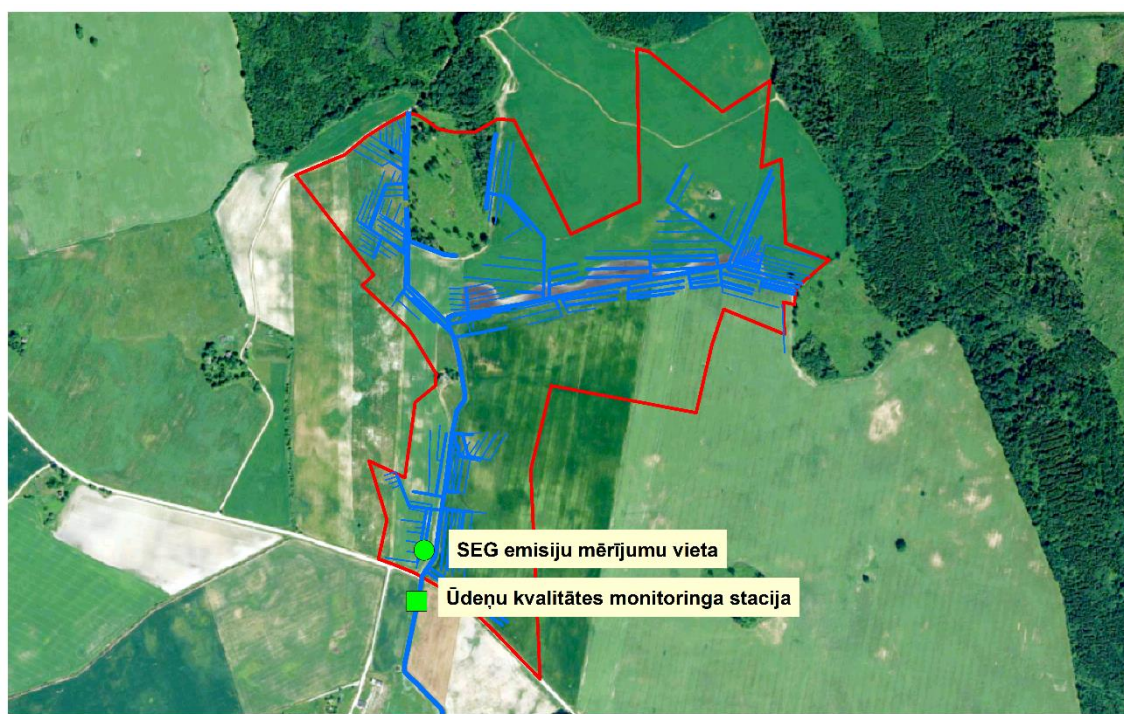
2.1.3. Auces monitoringa stacija

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 šķīdzmēslu 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 biežumiem 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 biežums %	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	

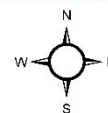
Ūdeņu kvalitātes monitoringa stacija un SEG emisiju mērījumu vietas norādītas 8. att.



Apzīmējumi

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

0 0.25 0.5 km



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

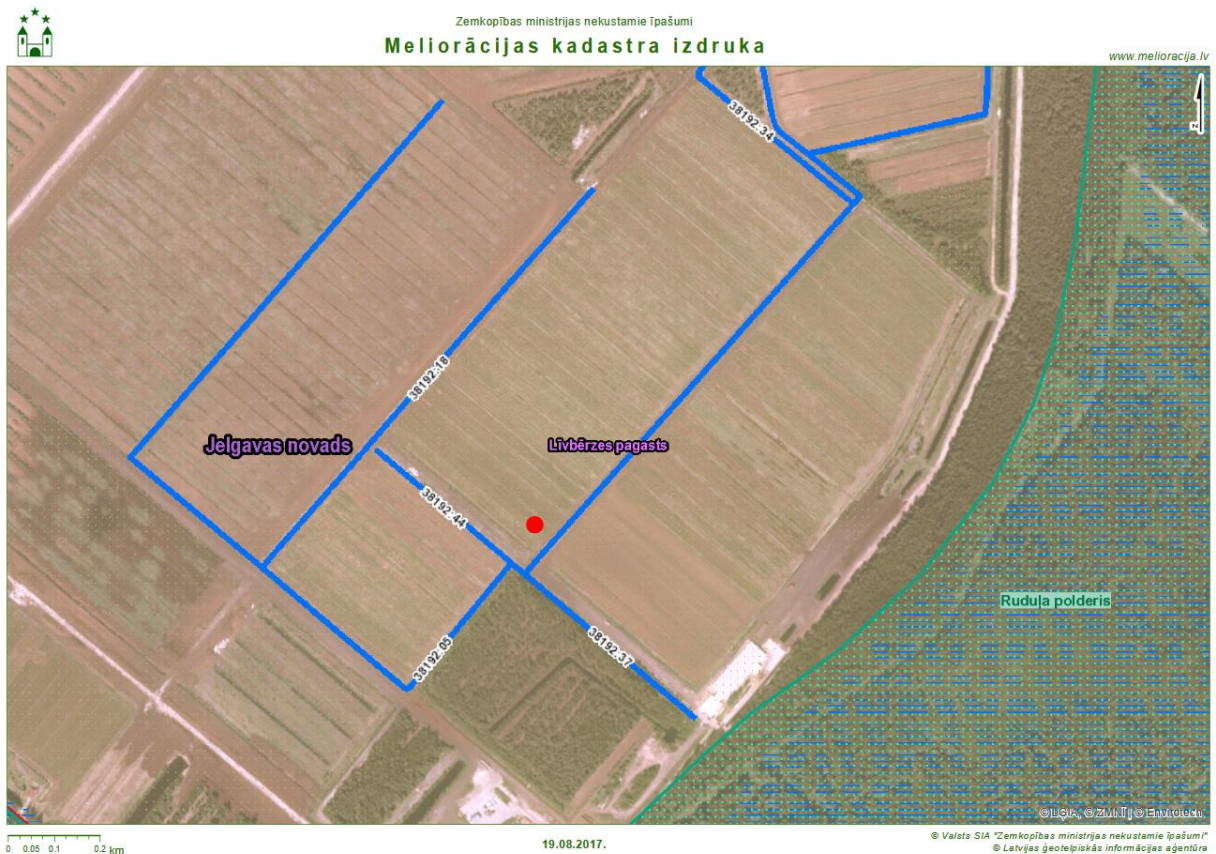
Auces monitoringa stacijas sateces baseina teritorijā iestrādātais slāpekļa daudzums tīrvielā ir apkopots 7. tab.

7. tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Auces monitoringa stacijas sateces baseinā.

Kultūrauga mēslošana	Iestrādes datums	Slāpeklis tīrvielā
	dd.mm.yyyy	kg N ha-1
Pamatmēslojums	07.08.2018	18
Papildmēslojums	30.03.2019	64
Papildmēslojums	26.04.2019	68.8
Papildmēslojums	07.06.2019	34.4
Pamatmēslojums	30.08.2019	Digestāts 45t/ha (N saturs nav zināms)

2.1.4. Lafloras pētījumu vieta

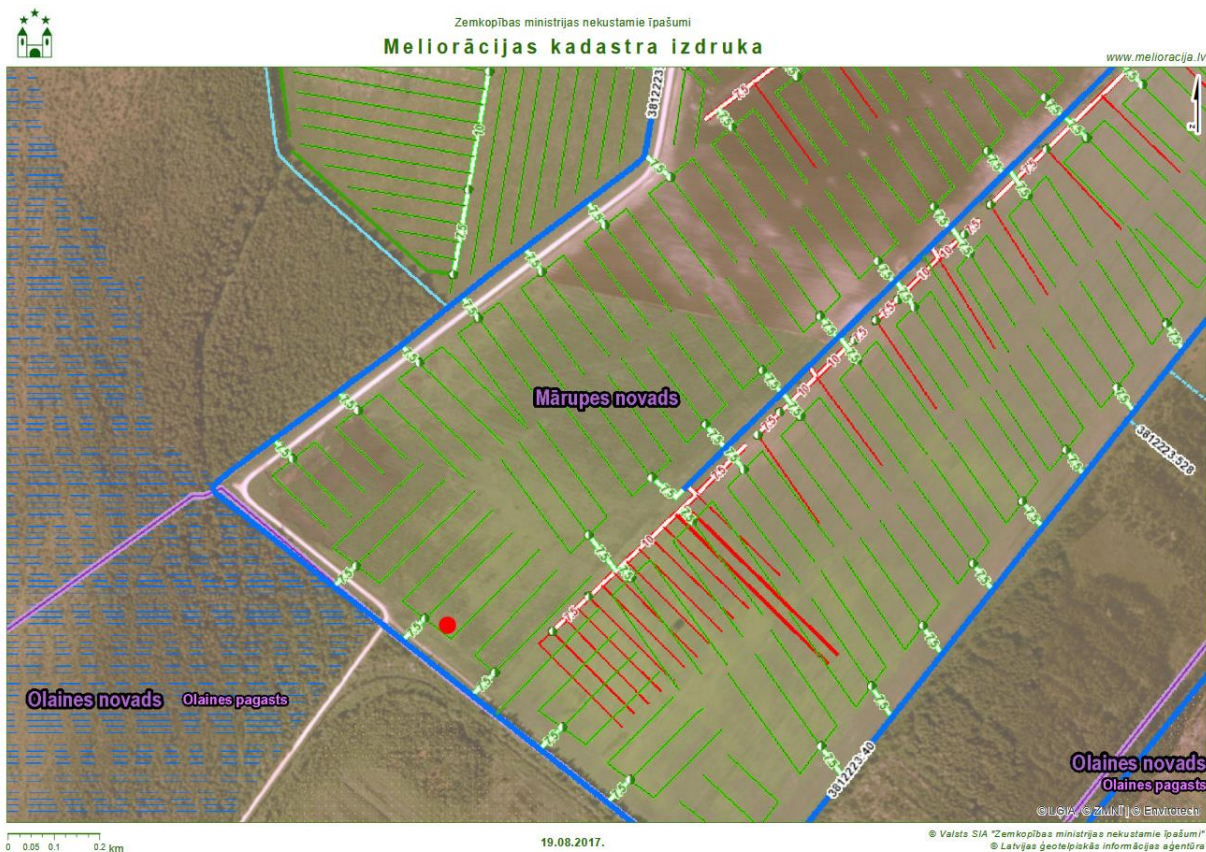
Lafloras pētījumu vieta atrodas Kaigu kūdras purvā, kurā rūpnieciski tiek iegūta un ražota kūdras produkcija. SEG emisiju mērījumu vietā tiek audzētas krūmmellenes, teritorija ir meliorēta, izmantojot plašu grāvju sistēmu, regulāri tiek veikti nokaltušo zaru un zāles plaušana. Nav pieejama informācija par mēslojuma izmantošanu šajā pētījuma vietā. Laflora pētījumu vieta un tai raksturīgie melioratīvie pasākumi norādīti 9. att.



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

2.1.5. Mārupes pētījumu vieta

Mārupes pētījumu vietā 2018, un 2019. gadā tiek audzēta kukurūza. Nav pieejama informācija par izmantotajiem augu aizsardzības līdzekļiem un mēslojuma veidu. Mārupes pētījuma vieta attēlota 10. att.



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

2.1.6. Pēterlauku pētījumu vieta

2019. gadā SEG emisiju mērījumi tika arī veikti Pēterlauku ziemas kviešu izmēģinājumu stacijas eksperimentālajos laucīņos, kuros tiek pētīta dažādu slāpekli saturošo minerālmēslojumu veidu ietekme uz ziemas kviešu ražu un kvalitāti. Pēterlauku pētījuma vieta attēlota 11. att.

Slāpekļa minerālmēslos ir 2 veidu slāpekļa formas: amonija slāpekļi (NH_4^+) un nitrātus slāpekļi (NO_3^-). Amonija slāpekļi augsnē ir mazāk kustīgs nekā nitrātu slāpekļi. Tas tiek piesaistīts pie māla un trūdvielu daļiņu virsmas, kas izskaidro lēno, palēnināto slāpekļa pieejamību un ļauj amonija uzņemšanai caur saknēm norītēt nepārtraukti un vienmērīgi. Nitrātu slāpekļi ir ievērojami kustīgāks par amonija jonu augsnē, jo nonākot augsnes šķīdumā, kļūst ātrāk pieejams augu saknēm, tomēr nitrāti tādejādi tiek pakļauti izskalošanai. Nitrātu formā slāpekļi viegli izskalojas, ja ir lieli nokrišņi. Augi var izmantot abas slāpekļa formas, kas labvēlīgi ietekmē augu augšanu. Uzreiz uzņemama ir nitrātu forma.



Kartes izdruka



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

SEG mērījumi tika veikti 4 dažādu minerālmēslojumu veidu lauciņos, katrā no šiem izmēģinājumu variantiem tiek uzkaisīti 170 kg N uz hektāru (skat. 8. tab., 9.tab.). Mērījumi tiek veikti arī kontroles lauciņā, kurš netiek mēslots.

8. tab. Latraps mēslošanas izmēģinājums ziemas kviešos. 2018–2019. gads.

Rekomendācija	Apstrādes	Lietošanas laiks	Produkts	Deva kg/ha	Tīrviela N, kg
1. variants	kontole	kontole	kontole	0	0
2. variants	Top 1	Atsākoties veģetācijai	AN 34 %	264	90.0
	Top 2	AE 30 stiebrošanas sākums	AS 21%, S 24%	190	40.0
	Top 3	AE 51 - 55 vārpošanas sākums	AN 34 %	117	40.0
				KOPĀ N, kg	170.0
3. variants	Top 1	Atsākoties veģetācijai	N30 + 7S	286	86
	Top 2	AE 30 stiebrošanas sākums	N30 + 7S	160	48
	Top 3	AE 51 - 55 vārpošanas sākums	N30 + 7S	120	36

Rekomendācija	Apstrādes	Lietošanas laiks	Produkts	Deva kg/ha	Tīrviela N, kg
				KOPĀ N, kg	170.0
4. variants	Top 1	Atsākoties veģetācijai	N30 + 7S	300	90.0
	Top 2	AE 30 stiebrošanas sākums	N30 + 7S	267	80.0
				KOPĀ N, kg	170
6. variants (Eurochema)	Top 1	Atsākoties veģetācijai	UTEK N 46%	200	92.0
	Top 2	AE 30 stiebrošanas sākums	ENTEC N26%, S13%	300	78.0
				KOPĀ N, kg	170
7. variants (Eurochema)	Top 1	Atsākoties veģetācijai	ENTEC N26%, S13%	346	90.0
	Top 2	AE 30 stiebrošanas sākums	UTEK N 46%	174	80.0
				KOPĀ N, kg	170.0

2. variantā izmantotie minerālmēslu produkti ir amonija nitrāts (amonija slāpeklis: 17.2%; nitrātu slāpeklis: 17.2%) un amonija sulfāts (amonija slāpeklis: 21% un amonija nitrāts (N90+N40+N40)). Šis minerālmēslu variants ir viens no tipiskākajiem standarta mēslošanas variantiem ziemas kviešos Latvijā. Amonija nitrāts ir visbiežāk lietotais slāpekļa papildmēslojums Latvijā, jo satur gan amonija, gan nitrātu slāpekli. Galvenā slāpekļa deva tiek nodrošināta pirmajā mēslošanas reizē, kas ir nepieciešams augu augšanai, attīstībai un ražas veidošanai. Otrajā mēslošanas reizē tiek izmantots sēru saturošs papildmēslojums. Sēru saturoši minerālmēsli veicina slāpekļa uzņemšanu un proteīnu sintēzi, tāpēc tas ir nozīmīgs ne tikai ražas, bet arī augstas kvalitātes graudu ieguvei. Proteīnu sintēzi veicina arī slāpekļa mēslojums vārpošanas fāzē, kas konkrētajā variantā ir amonija nitrāts.

3.variantā lietotais minerālmēslu produkts ir sulfonitrāts (N86+N46+N36). Sulfonitrāts satur slāpekli 30% (amonija slāpeklis: 18%; nitrātu slāpeklis: 12%). Papildus tiek nodrošināts arī sērs. Sērs veicina N uzņemšanu, proteīnu sintēzi un veicina graudu kvalitātes rādītāju uzlabošanu. Slāpekļa lietojums līdz vārpošanai vairāk ietekmē graudu ražu, bet pēc vārpošanas – tieši graudu kvalitāti. Tā kā graudu kvalitāte (īpaši proteīns) veidojās tieši vārpošanas fāzē, sēru saturošu minerālmēslu lietošana trešajā papildmēslošanā pozitīvi ietekmē kvalitāti.

4. variantā izmantotais minerālmēslu produkts ir sulfonitrāts (N90+N80). Šī mēslošanas shēma ir ļoti līdzīga 3. variantam, vienīgi atšķiras tas, ka sulfonitrāts lietots tikai 2 reizes veģetācijas sezonā.

6. variantā izmantotie minerālmēslu produkti ir UTEC un ENTEC (N92+N78). UTEC (N46) ir stabilizētais karbamīds, kam ķīmiskā formulas ir tāda pati, kā parastajai urīnvielai. Vienīgā atšķirība ir tāda, ka UTEC ir pievienoti stabilizatori padarot amonija jonus mazāk gaistošus, tāpēc ir mazāki slāpekļa zudumi. Kopējais slāpekļa saturs ENTEC produktā ir 26%, no kura 7.5% ir nitrātu formas un 18.5% amonija formas slāpekļi, kas ir apstrādāts ar DMPP (3,4-dimetilpirazola fosfāts) inhibitoru. ENTEC® iedarbojas ātri un tajā pašā laikā darbojas ilgi. ENTEC® mēslojums ir stabilizēts ar amonija stabilizatoru DMPP*. Tas aizkavē nitrifikācijas pirmo fāzi, proti, nitrātu slāpeklim oksidēties par nitrītu formas slāpekli ($\text{NH}_3 - \text{HNO}_2$), tādējādi stabilizējot augsnē piegādāto amonija formas slāpekli, ļaujot tam būt pieejamam augiem ilgstošākā laika periodā. Iedarbība vērojama aptuveni 1.5 – 2 mēnešus. ENTEC® papildus stabilizētajam amonija slāpeklim satur daļu nitrāta formas slāpekli (7.5%) ātrākai sākotnējai iedarbībai, kas vitāli nozīmīga augiem ir pavasarī, atjaunojoties veģetācijai. ENTEC® mēslojums satur arī 13% sēru, jeb 32% sēra oksīdu (SO_3). Sēra saturs mēslojumā ir pietiekams, lai nodrošinātu nepieciešamo sēra daudzumu gan rapšiem, gan kviešiem augstai ražas un kvalitātes sasniegšanai.

7. variantā izmantotie minerālmēslu produkti ir ENTEC un UTEC (N90+N80). Parasto urīnvielu iesaka lietot agri pavasarī (līdz $+10^{\circ}\text{C}$), jo pie augstākām temperatūrām ļoti liels procents slāpekļi izgaist. Teorētiski stabilizētajai urīnvielai UTEC vajadzētu būt izmantojamam arī vēlāk un būt mazāk gaistošam, ko arī pārbauda šajā pētījuma lauciņā, izmantojot to kā otro papildmēslojumu. Parasto urīnvielu parasti neizmanto kā otro papildmēslojumu.

9.tab. Iestrādātais slāpekļa daudzums Pēterlauku pētījuma vietā.

Mēslojums	Iestrādes datums	Produkts	Deva, kg ha^{-1}
Pamatmēslojums	15.09.2018.	NPK 8:24:24	250
N1 papildmēslojums	28.03.2019.	Pēc shēmas	Pēc shēmas
N2 papildmēslojums	30.04.2019.	Pēc shēmas	Pēc shēmas
N3 papildmēslojums	04.06.2019	Pēc shēmas	Pēc shēmas

3.1. 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.

3.1.1. 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: K.Valujeva).



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.



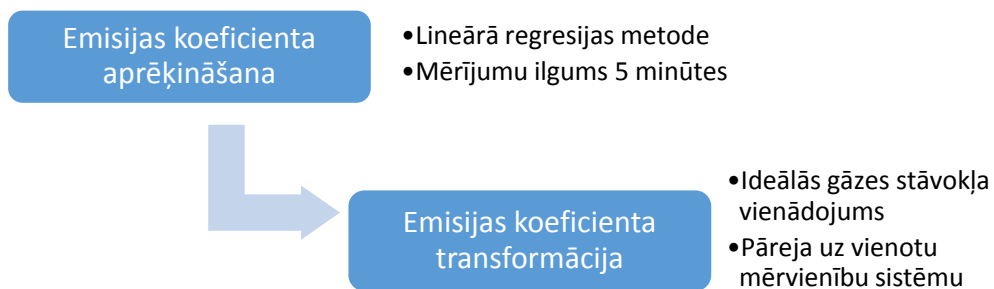
14. att. Augšnes mitruma mēritājs (autors: J.Pilecka).



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

3.1.2. Datu analīzes metodes

Lai iekārtas Picarro G2508 koncentrācijas mērījumus transformētu siltumnīcas efekta gāzu emisijās no hektāra, aprēķinam tika izmantots vairāku pakāpju algoritms (skat. 16. att.).



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

3.1.2.1. 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.

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

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

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

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

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

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

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

R^2 - determinācijas koeficients

y – koncentrācija
x – laiks sekundēs
n – mērījumu skaits

3.1.2.2. Emisijas koeficienta transformācijas

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

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

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

Pētījuma rezultāti ir sastrukturēti trijās galvenajās grupās, kur pirmajā apskņnodaļā analizēti SEG un amonjaka mērījumu rezultāti Auces, Bērzes, Mellupītes, Lafloras un Mārupes pētījumu vietās 2019. gadā, kā arī sniegts 2017., 2018. un 2019. gadu gāzu emisiju salīdzinājums katrai pētījumu vietai. Otrajā apakšnodaļā ir analizēta organiskās vielas satura ietekme uz gāzu emisijām, kur Auces, Bērzes un Mellupītes pētījumu vietas raksturo minerālaugsi, savukārt Lafloras un Mārupes pētījumu vietas – organisko augsni. Trešajā apakšnodaļā ir sniegta Pēterlauku mērījumu vietā veikto pētījumu rezultāti, kur analizēta dažādu slāpekļa mēslojuma veidu ietekme uz gāzu emisijām.

3.1. SEG un amonjaka emisiju mērījumu rezultāti Auces, Bērzes, Mellupītes, Lafloras un Mārupes pētījumu vietās

2019. gadā katrā pētījumu vietā - Auce, Bērze, Mellupīte, Laflora un Mārupe - ir veiktas 5 mērījumu kampaņas. Katrā objektā tika veikti N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 mērījumi 3 kamerās, augsnes mitruma un augsnes temperatūras mērījumi. Kopā visās pētījumu vietās ir veikti 75 mērījumi, kuros noteiktas N_2O , CO_2 , NH_3 un CH_4 koncentrācijas no kurām aprēķinātas emisijas gramos vai kilogramos no hektāra diennaktī. Aprakstošās statistikas rādītāji ir attēloti 10.tab.

CH_4 emisiju mērījumi apstiprina līdzšinējās atziņas, ka augsnes mikroorganismi lauksaimniecības zemēs patērē metānu. Metāna emisiju datu mediānas vērtība (-5.74 g/ha/dnn) ir ļoti tuvu vidējai aritmētiskai emisijas vērtībai (-5.86 g/ha/dnn), kas norāda datu vienmērīgu sadalījumu. Savukārt minimālā metāna emisiju vērtība ir -23.54 g/ha/dnn un maksimālā metāna emisiju vērtība ir 5.28 g/ha/dnn.

CO_2 emisijas svārstās robežās no 13.69 kg/ha/dnn līdz 293.19 kg/ha/dnn, kur mediāna (102.1 kg/ha/dnn) un aritmētiskā vidējā vērtība (107.1 kg/ha/dnn) ir nosacīti tuvu, kas liecina par vienmērīgu ogļskābās gāzes emisiju apjomu visā novērojumu periodā.

N_2O emisiju apjomi uzrāda nevienmērīgu sadalījumu, par ko liecina mediānas (2.96 g/ha/dnn) un aritmētiskās vidējās vērtības (30.02 g/ha/dnn) desmitkārtīgas atšķirības un norāda uz izteiktu ekstrēmu vērtību eksitenci datu

rindā, kur konstatētā minimālā dislāpekļa oksīda vērtība ir -1.63 g/ha/dnn savukārt maksimālā vērtība sasniedz 443.78 g/ha/dnn.

NH₃ emisiju statistiskā analīze uzrāda vēl izteiktāku maksimālo vērtību klātbūtni datu kopā, kur mediāna (0.27 g/ha/dnn) ir septiņpadsmit reizes zemāka kā vidējā aritmētiskā amonjaka emisiju vērtība (4.81 g/ha/dnn), iepriekšminētie fakti norāda uz izteiktu ekstrēmu vērtību eksitenci datu rindā, kur konstatētā minimālā amonjaka vērtība ir -50.58 g/ha/dnn, savukārt maksimālā vērtība sasniedz 250.98 g/ha/dnn.

10.tab. N₂O, CO₂, NH₃ un CH₄ emisiju statistiskie rādītāji 2019. 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	75	75	75	75
	Missing	0	0	0	0
Mean		-5.8610	30.0220	107.1892	4.8092
Std. Error of Mean		0.56342	8.14551	7.33220	3.79032
Median		-5.7432	2.9664	102.0266	0.2736
Std. Deviation		4.87938	70.54220	63.49874	32.82516
Variance		23.808397	4976.202	4032.090	1077.491
Minimum		-23.54	-1.63	13.69	-50.58
Maximum		5.28	443.78	293.19	250.98
Percentiles	25	-8.9736	0.3048	55.7477	0.0120
	50	-5.7432	2.9664	102.0266	0.2736
	75	-2.8517	11.4542	143.8792	0.4795

3.1.1. Metāna mērījumu rezultāti

Auces, Bērzes un Mārupes pētījumu vietās ir novērota metāna asimilācija no gaisa, kas nozīmē, ka augsnē ir aerobi apstākļi un mikroorganismi uzņem metānu no gaisa. Mellupītes un Lafloras pētījumu vietās kādā no mērījumu veikšanas reizēm ir tikusi novērota arī metāna emisija no augsnes, kas liecina par anaerobiem apstākļiem augsnē. Vislielākā metāna emisijas izkliede ir novērojama Mellupītes objektā (skat. 11. tab. un 17.att.).

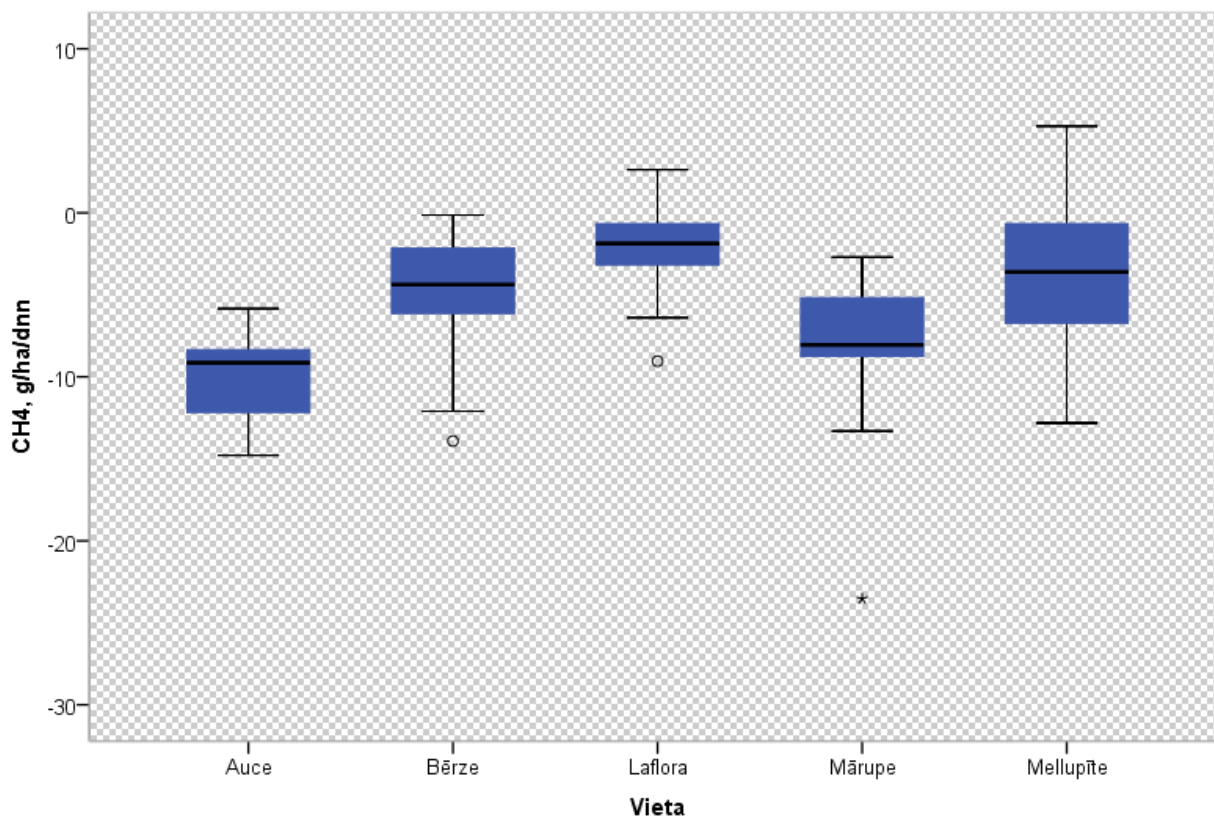
11. tab. CH₄ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.

CH ₄ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	15	15	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		-9.98144	-4.99344	-2.16624	-8.00512	-4.15856
Std. Error of Mean		0.75550	1.07580	0.73073	1.31645	1.27182

CH ₄ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
Median		-9.14160	-4.37280	-1.87200	-8.06160	-3.61200
Std. Deviation		2.92603	4.16656	2.83010	5.09859	4.92574
Variance		8.562	17.360	8.009	25.996	24.263
Minimum		-14.79360	-13.91760	-9.05040	-23.53920	-12.81600
Maximum		-5.84400	-0.14160	2.62320	-2.70000	5.28480
Percentiles	25	-12.39600	-6.42720	-3.42240	-8.78400	-7.14960
	50	-9.14160	-4.37280	-1.87200	-8.06160	-3.61200
	75	-8.32800	-1.43760	-0.41760	-5.01120	-0.59280

Veicot metāna emisiju analīzi pa mērījumu vietām, var secināt, ka pozitīva maksimālā metāna emisija tika novērota Lafloras (2.62 g/ha/dnn) un Mellupītes (5.28 g/ha/dnn) mērījumu vietās.

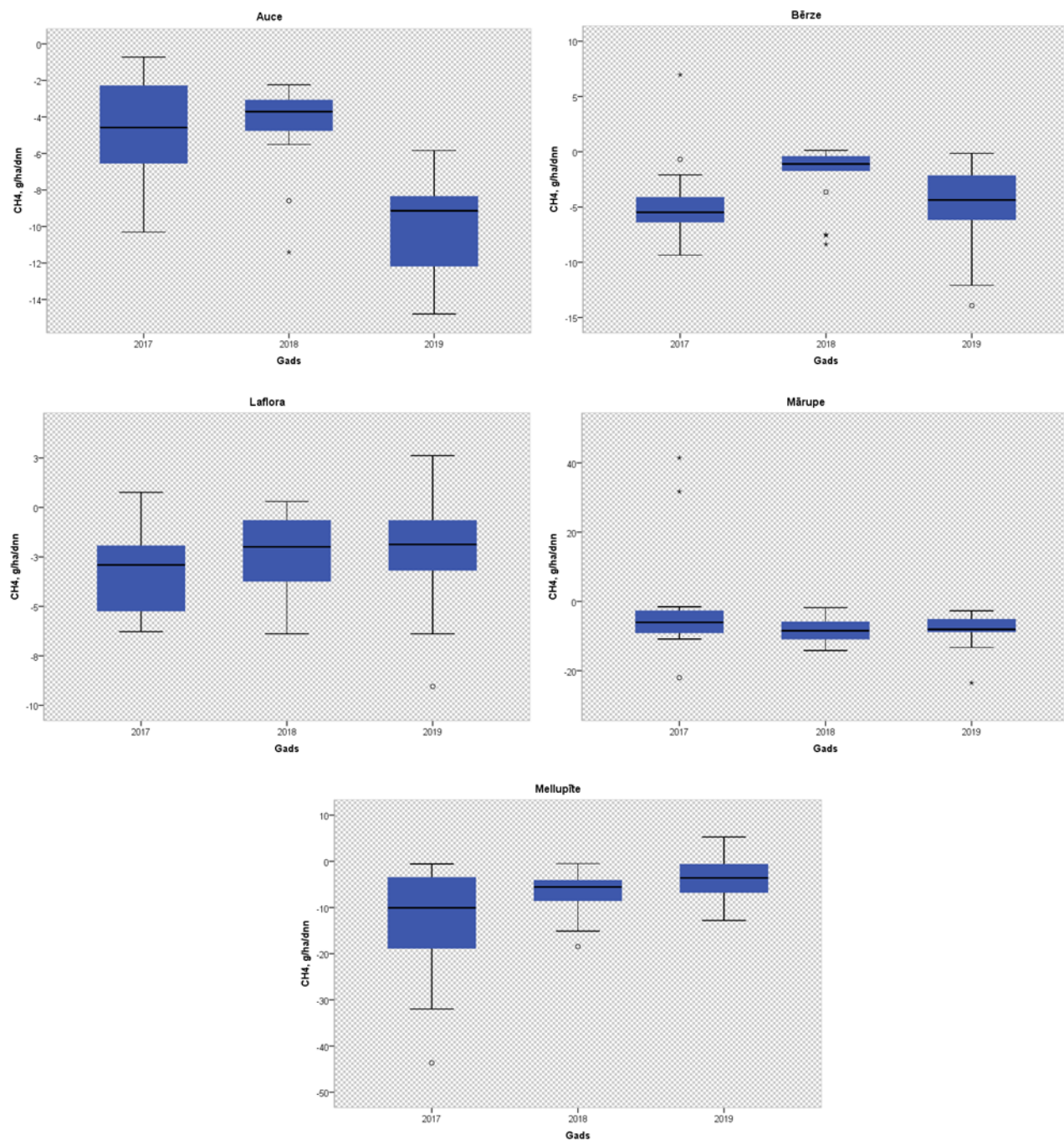
Izvērtējot metāna emisiju vērtību izkliedi mērījumu vietās, var secināt, ka Lafloras mērījumu vietā emisijas ir visstabilākās un nelielā amplitūdā svārstās ap mediānu (25 percentile: -3.42 g/ha/dnn, 75 percentile: -0.15 g/ha/dnn), kā arī ir relatīvi augstākas nekā pārējās mērījumu vietās (skat. 17.att.).



17.att. CH₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.

Salīdzinot metāna emisiju pa gadiem visās mērījumu veikšanas vietās, varam secināt, ka metāna emisija visnestabilākā ir bijusi Auces un Bērzes monitoringa punktos (skat. 18. att.).

Analizējot metāna emisijas pēdējo trīs monitoringa gadu griezumā, 2017. gadā bija izteikta metāna emisiju svārstību amplitūda visās piecās mērījumu veikšanas vietās, tomēr jāmin, ka pozitīvas metāna emisijas ir nosacīti maz, jo visos mērījumu objektos mediānai ir negatīva vērtība, un pozitīvas ir tikai ekstrēmās vērtības Mārupes un Bērzes mērījumu veikšanas vietās, savukārt Lafloras mērījumu vietā daļa no 75-100 procentīlei ir pozitīvas vērtības (skat. 18. att.). Visās mērījuma veikšanas vietās, izņemot Mārupi 2018. gadā, metāna emisijas bija ar relatīvi augstākām vērtībām. Savukārt analizējot izkliedi, ir redzams, ka Lafloras un Mārupes mērījumu veikšanas vietās izkļedes amplitūda saglabājas 2017. gada līmenī, savukārt pārējās mērījumu veikšanas vietās metāna emisiju izkļedes amplitūda ir būtiski samazinājusies. 2019. gadā Auces mērījumu veikšanas vietā metāna emisiju apjoms ir būtiski zemāks nekā 2017. un 2018. gadā, bet emisiju izkļedes amplitūda ir atgriezusies 2017. gada līmenī. Bērzes mērījumu veikšanas vietā metāna emisiju amplitūda ir lielāka nekā 2017. un 2018. gadā, bet emisiju apjoms ir būtiski samazinājies pret 2018. gadu. Lafloras mērījumu veikšanas vietā mērījumu amplitūda ir stabila visu triju monitoringa gadu ietvaros ar pozitīvām vērtībām 75-100 procentīlē. Mārupes mērījumu veikšanas vietā visos trijos gados metāna emisijas ir ar līdzīgu svārstību amplitūdu, taču jāmin, ka Mārupes mērījumu veikšanas vietā ir vērojamas visaugstākās metāna emisiju vērtības 2017. gadā, kas pārsniedz 40 g/ha/dnn, kas ir 8 reizes lielāka nekā 2019. gadā novērotā maksimālā vērtība (5.28 g/ha/dnn). Mellupītes mērījumu veikšanas vietā, vērtējot pēdējos trīs monitoringa gadus, ir vērojama neliela pozitīva tendence metāna emisiju mediānas vērtībām.



18. att. CH₄ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.

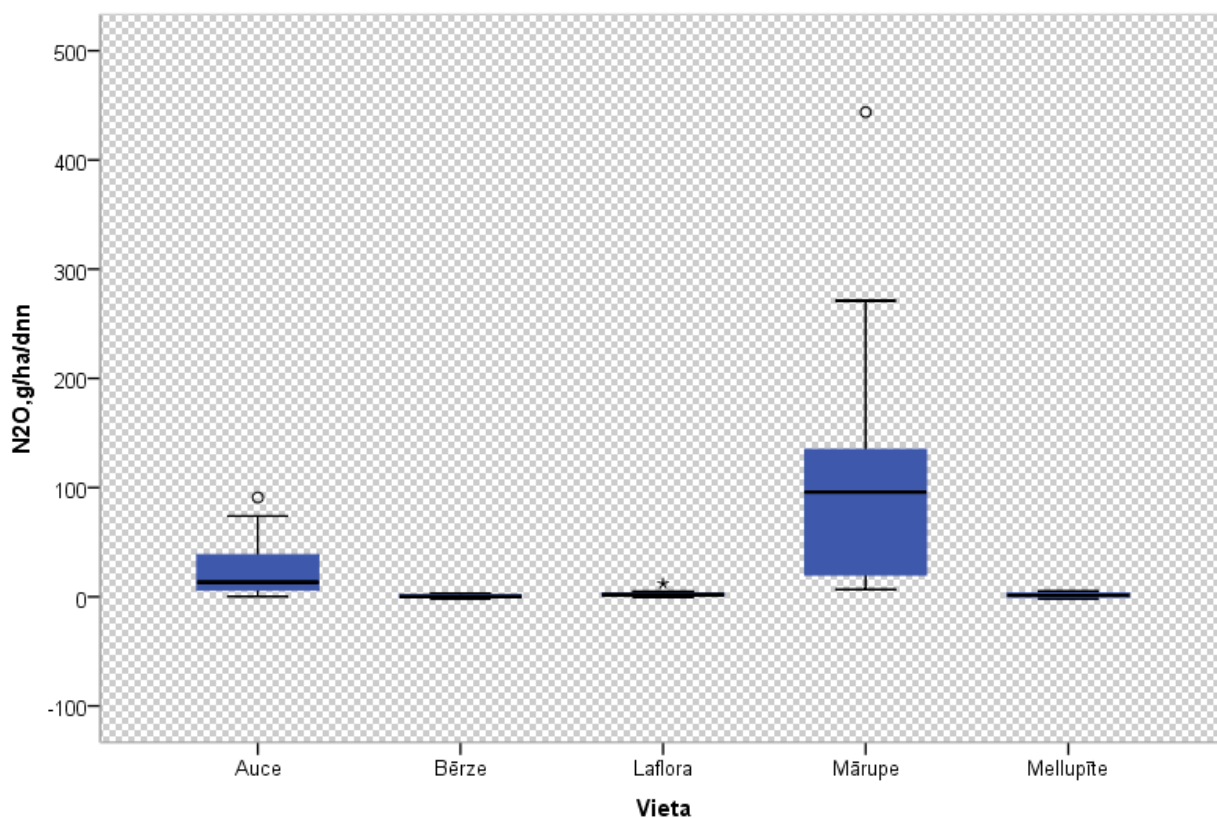
3.1.2. Dislāpekļa oksīda mērījumu rezultāti

Izvērtējot N₂O emisiju vērtību izkliedi mērījumu vietās, var secināt, ka Mārupes un Auces mērījumu veikšanas vietās emisijas ir ar visizteiktāko svārstību amplitūdu (skat. 12. tab. un 19.att.). Auces mērījumu veikšanas vietā minimālā novērotā dislāpekļa oksīda vērtība ir 0.30 g/ha/dnn, savukārt maksimālā novērotā

vērtība ir 90.88 g/ha/dnn. Mārupes objektā novērotā minimālā vērtība ir 6.61 g/ha/dnn, kas ir divreiz augstāka nekā Bērzes mērījumu veikšanas vietā novērotā maksimālā dislāpekļa oksīda vērtība (3.16 g/ha/dnn), un Mellupītes mērījumu veikšanas vietā novērotā maksimālā dislāpekļa oksīda vērtība ir 5.32 g/ha/dnn.

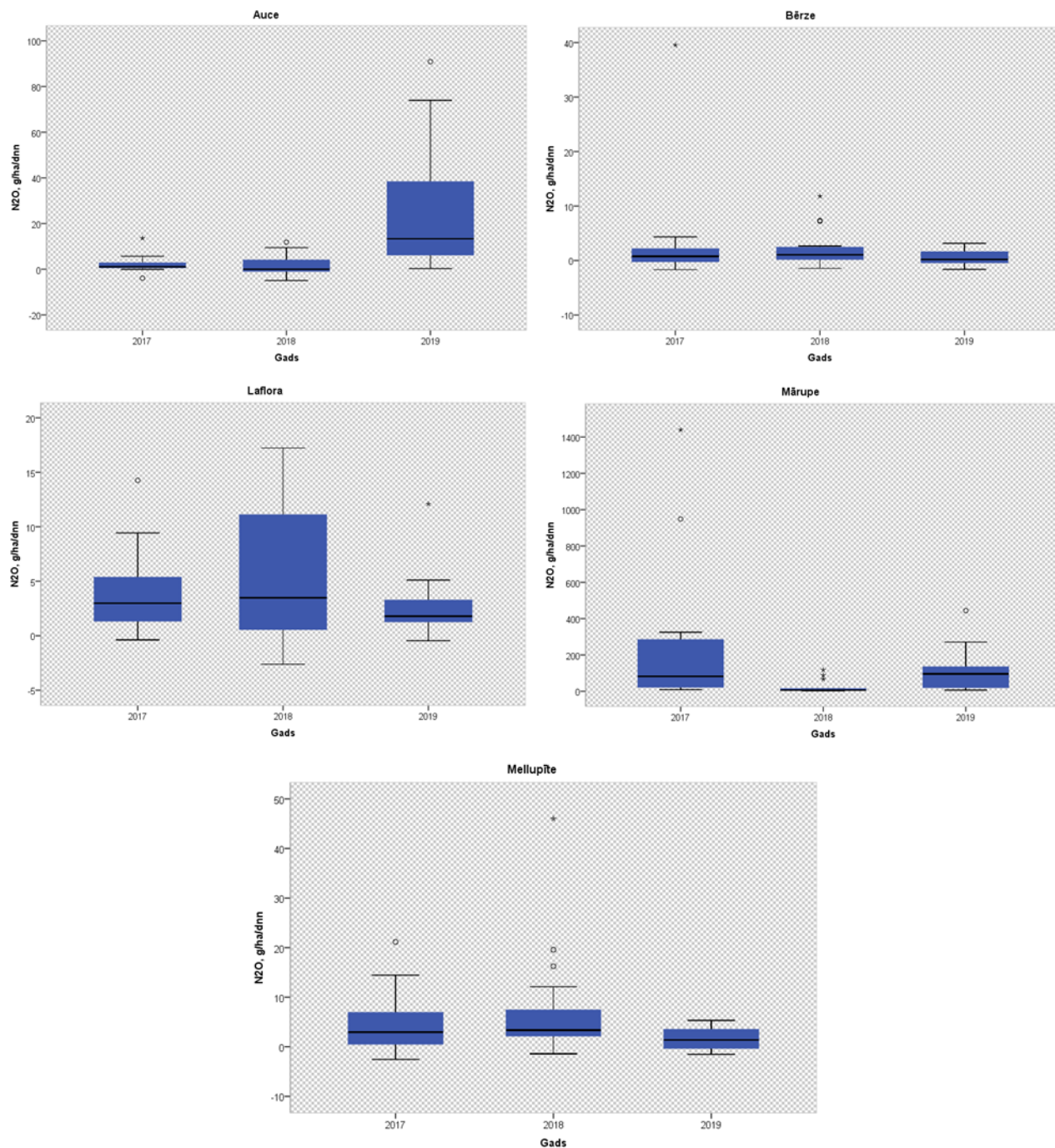
12. tab. N₂O emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.

N ₂ O, g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	15	15	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		27.20208	0.55744	2.76048	117.88928	1.70080
Std. Error of Mean		7.14333	0.35229	0.78518	31.25597	0.61896
Median		13.34640	0.18960	1.78800	95.86560	1.36800
Std. Deviation		27.66601	1.36443	3.04098	121.05384	2.39722
Variance		765.408	1.862	9.248	14654.031	5.747
Minimum		0.30480	-1.63440	-0.45600	6.61680	-1.5216
Maximum		90.88560	3.15600	12.09360	443.77680	5.3232
Percentiles	25	5.85600	-0.45600	1.17840	17.22720	-0.45600
	50	13.34640	0.18960	1.78800	95.86560	1.36800
	75	38.67360	1.59600	3.57360	141.84000	4.33440



19.att. N₂O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.

Analizējot novērotā maksimālā dislāpekļa oksīda vērtības monitoringa objektos pādējos trīs monitoringa gados (skat. 20. att.), jāmin, ka dislāpekļa oksīda emisijas parāda ļoti nevienmērīgus emisiju apjomus pa gadiem un par nosacīti stabiliem mērījumu rezultātiem var nosaukt mērījumus Lafloras mērījumu veikšanas vietā, kur emisijas ir nosacīti viszemākās un ar vismazāko svārstību amplitūdu visu triju gadu griezumā: no -3 g/ha/dnn līdz 17 g/ha/dnn. Bērzes mērījumu veikšanas vietā dislāpekļa oksīda emisiju vērtības svārstās līdzīgi kā Lafloras mērījumu veikšanas vietā, taču jāmin 2017. gadā (40 g/ha/dnn) un 2018. gadā (10 g/ha/dnn) novērotās ekstrēmās maksimālās vērtības, kas neļauj runāt par emisiju stabilo raksturu, bet norāda uz klimata un citiem faktoriem, kas rada būtisku ietekmi uz dislāpekļa emisiju apjomu. Auces mērījumu veikšanas vietā 2019. gadā emisiju apjoms ir būtiski palielinājies, salīdzinot ar 2017. un 2018. gadu, savukārt Mellupītes mērījumu veikšanas vietā dislāpekļa oksīda emisijas ir nosacīti zemākas 2019. gadā nekā 2017. un 2018. gadā. Īpaši jāpiemin Mārupes mērījumu vieta, kur dislāpekļa oksīda svārstību amplitūda četrpadsmit reizes pārsniedz pārējās mērījumu veikšanas vietās novēroto dislāpekļa emisiju svārstību amplitūdu. Mārupes mērījumu veikšanas vietā 2017. gadā novērotās maksimālās dislāpekļa emisiju vērtības septiņkārtīgi pārsniedz 2018. gadā novērotās emisiju vērtības un trīskārtīgi pārsniedz 2019. gadā novērotās dislāpekļa oksīda vērtības.



20. att. N₂O emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.

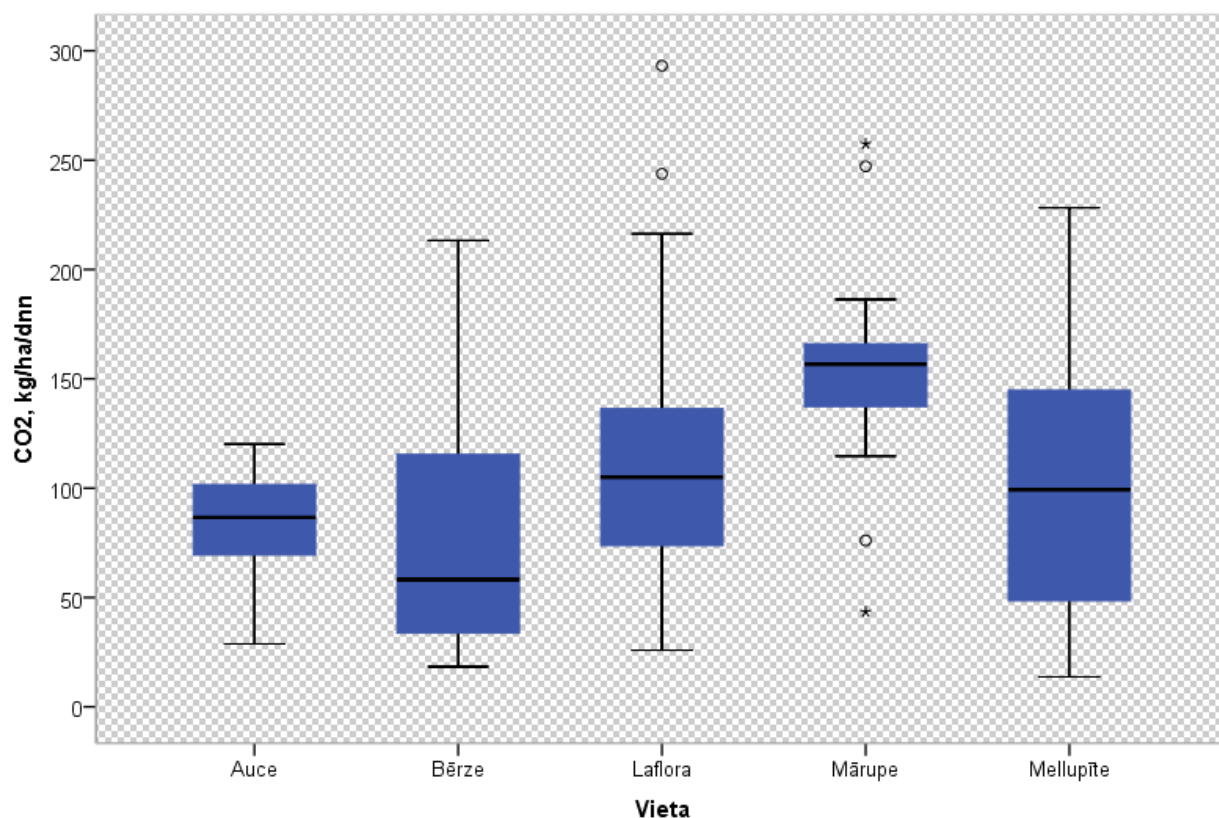
3.1.3. Ogļskābās gāzes mērījumu rezultāti

Ogļskābās gāzes emisijas ir visvienmērīgākās, bez izteikti ekstrēmām vērtībām, par ko liecina mediānas un vidējās vērtību tuvā sakritība. Piemēram, Mellupītes mērījumu veikšanas vietā mediānas un aritmētiskās vidējās vērtības atšķirības ir 1% robežās (skat. 13.tab.). Mārupes mērījumu veikšanas vietā ir

vērojamas relatīvi viaugstākās ogļskābās gāzes emisijas, kur mediānas vērtība ir 156.67 kg/ha/dnn un 25 procentīle ir augstāka nekā Auces un Bērzes mērījumu veikšanas vietās novēroto ogļskābās gāzes emisiju 75 procentīles vērtības, kas norāda uz būtisku un statistiski nozīmīgu atšķirību (skat. 1. att.21. att.).

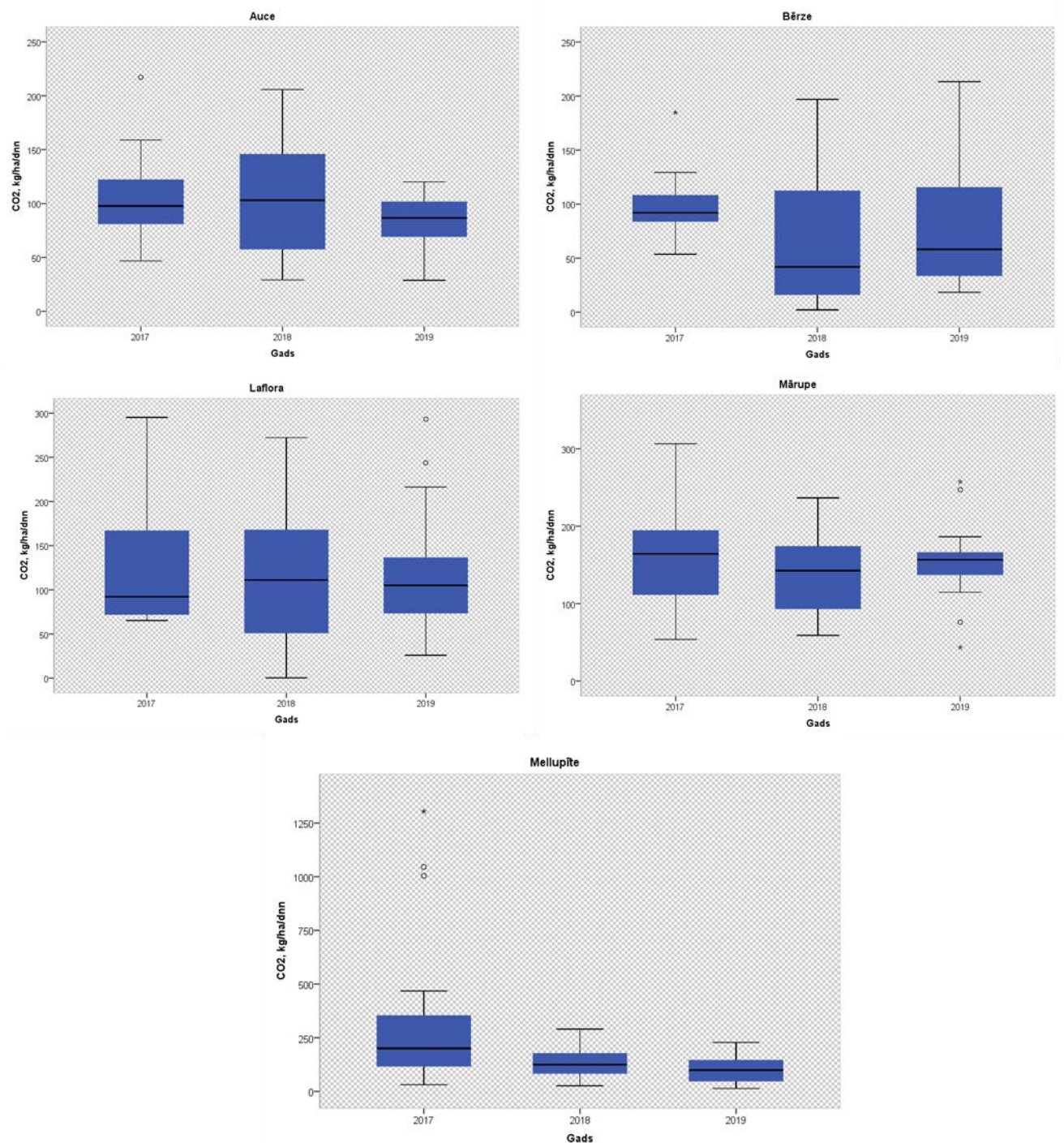
13.tab. CO₂ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.

CO ₂ , kg/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	15	15	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		82.53646	77.04789	121.32660	154.30113	100.73368
Std. Error of Mean		7.07892	14.87588	19.58896	14.03868	16.86778
Median		86.62564	58.18140	105.03074	156.67148	99.25062
Std. Deviation		27.41652	57.61405	75.86771	54.37156	65.32864
Variance		751.666	3319.379	5755.910	2956.266	4267.831
Minimum		28.74846	18.32904	25.89643	43.38888	13.68974
Maximum		120.16551	213.33180	293.18863	257.44319	228.16236
Percentiles	25	66.96565	30.95403	70.38809	130.43281	44.56771
	50	86.62564	58.18140	105.03074	156.67148	99.25062
	75	102.02660	120.16551	160.89249	167.31906	145.64364



21. att. CO₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.

CO₂ emisija visos gados visos objektos rāda nevienmērīgu novēroto oglekļa dioksīda vērtību svārstību amplitūdu, gan objektu, gan novērojumu veikšanas gadu ietvaros (skat. 22.att.). Auces mērījumu veikšanas vietā visizteiktākā oglekļa dioksīda svārstību amplitūda ir novērota 2018. gadā, savukārt 2017. un 2019. gadā svārstību amplitūda ir relatīvi mazāka, ar relatīvi zemākām vērtībām 2019. gadā. Bērzes mērījumu veikšanas vietā nosacīti līdzīga ogļskābās gāzes emisija ir 2018. gadā un 2019. gadā, kur 2019. gadā mediānas vērtība ir augstāka nekā 2018. gadā, taču 2017. gadā ir relatīvi mazāka emisijas vērtības svārstību amplitūda, bet izteikti augstākām ogļskābās gāzes emisiju vērtībām, kur minimālā 2017. gadā novērotā vērtība ir augstāka nekā 2018. un 2019. gada novēroto vērtību mediāna. Lafloras mērījumu veikšanas vietā 2017. gada mērījumu mediāna ir zemāka nekā 2018. un 2019. gadā novēroto ogļskābās gāzes emisiju mediāna, taču jāmin, ka 2017. gadā ir visaugstākā 100 procentīles vērtība, kas norāda uz datu kopas relatīvo kompakturno 0 līdz 50 procentīlei un relatīvo izkliedi no 50 līdz 100 procentīlei. Mārupes mērījumu veikšanas vietā novērotās ogļskābās gāzes emisijas vērtības 2019. gadā ir ar relatīvi mazāku izkliedi taču ar izteiktiem minimālajiem un maksimālajiem ekstrēmiem, kas netika novēroti 2017. un 2018. gadā. Mellupītes mērījumu veikšanas vietā 2019. gadā un 2018. gadā novērotās ogļskābās gāzes emisiju amplitūdas ir līdzīgas ar minimālu indikāciju par mediānas vērtības samazināšanos 2019. gadā. Turpretī 2017. gadā ogļskābās gāzes emisiju apjoms bija ar izteikti lielāku izkliedes amplitūdu un trim maksimālajām pozitīvajām vērtībām, kas četras reizes pārsniedz pārējos objektos novērotās maksimālās oglekļa emisiju vērtības.



22.att. CO₂ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. gadā.

3.1.4. Amonjaka mērījumu rezultāti

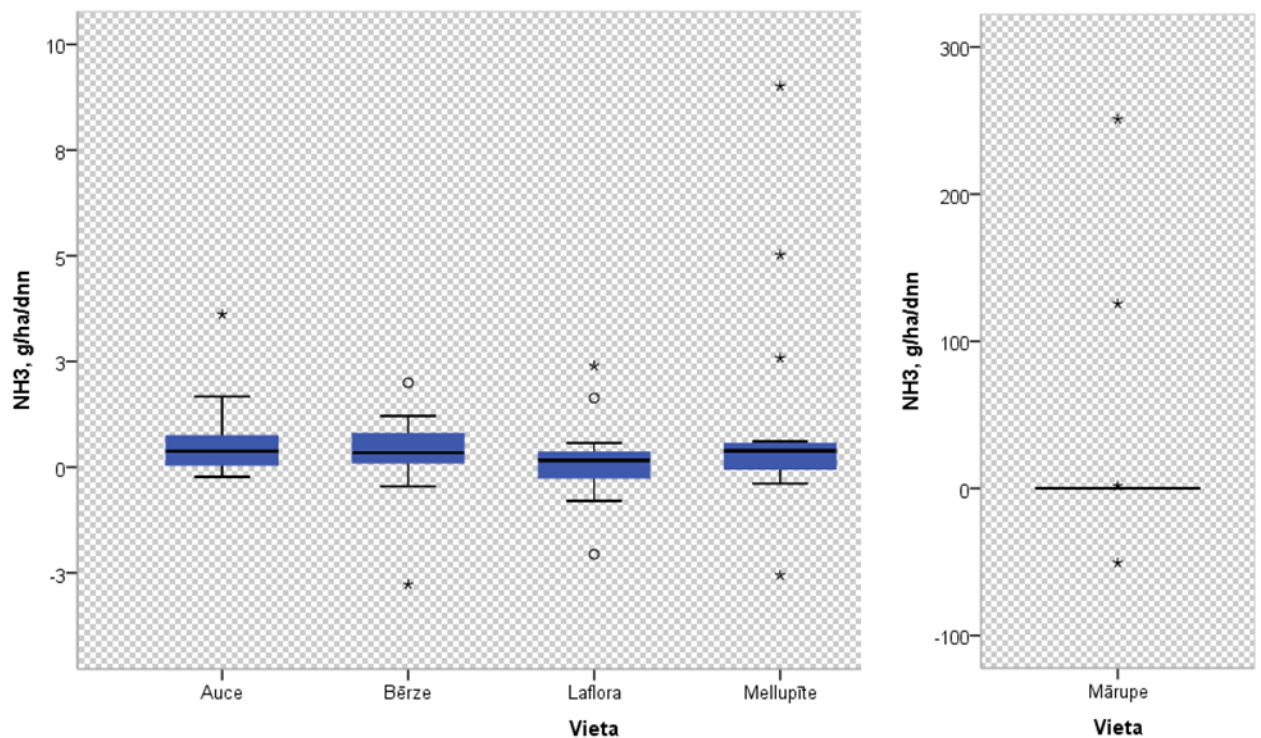
Amonjaka emisiju mērījumu rezultāti uzrāda nosacīti zemu amonjaka emisiju apjomu, ja analizējam mediānas vērtības, kur visās mērījumu veikšanas vietās amonjaka emisiju mediānas vērtība svārstās no 0.12 līdz 0.38 g/ha/dnn (skat. 14.

tab.). Salīdzinot mediānas un vidējās aritmētiskās vērtības, Mārupes un Mellupītes mērījumu vietās ir izteikta ekstrēmo maksimālo vērtību klātbūtne, kur Mellupītes mērījumu vietā maksimālā novērotā vērtība ir 9.01 g/ha/dnn, bet Mārupes mērījumu vietā maksimālā novērotā amonjaka vērtība ir 250.98 g/ha/dnn, kas ir vairāk nekā divdesmitpiecas reizes vairāk nekā Mellupītes mērījumu veikšanas vietā.

14. tab. NH₃ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā.

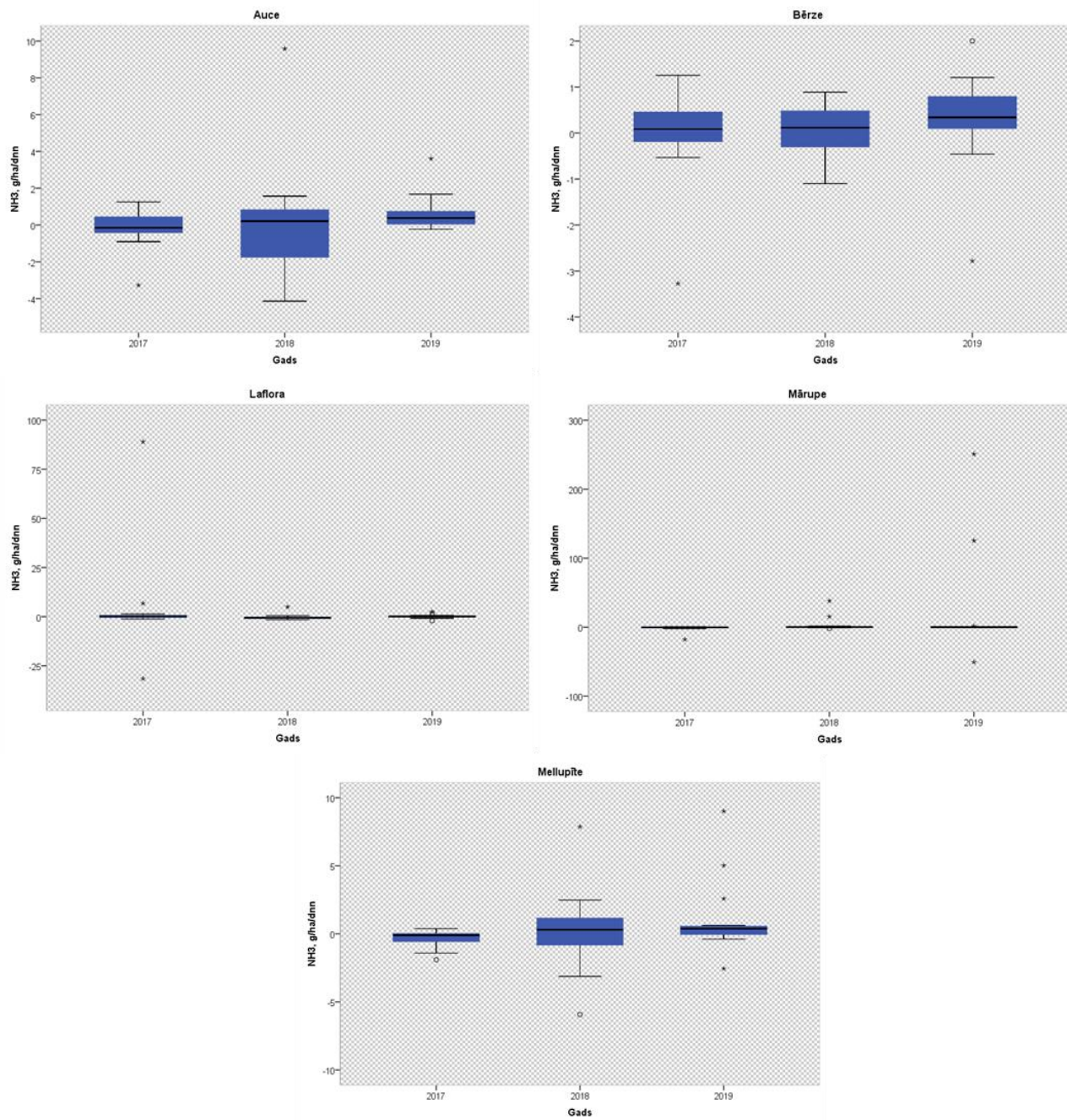
NH ₃ , g/ha/dnn		Auce	Bērze	Laflora	Mārupe	Mellupīte
N	Valid	15	15	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		0.62432	0.29248	0.13040	21.90880	1.09024
Std. Error of Mean		0.25010	0.26597	0.26056	18.78425	0.70207
Median		0.37680	0.33840	0.16080	0.11520	0.38400
Std. Deviation		0.96861	1.03011	1.00915	72.75110	2.71909
Variance		0.938	1.061	1.018	5292.722	7.393
Minimum		-0.22800	-2.77680	-2.0616	-50.57520	-2.55600
Maximum		3.61200	1.99680	2.3952	250.97760	9.01200
Percentiles	25	0.01200	0.02400	-0.30000	0.02400	-0.25920
	50	0.37680	0.33840	0.16080	0.11520	0.38400
	75	0.76080	0.87360	0.39600	0.39120	0.60960

Analizējot amonjaka emisiju izkliedes amplitūdu Auces, Bērzes un Lafloras mērījumu vietās, tās ir līdzīgas, taču jāmin Lafloras mērījumu veikšanas vietas mediānas salīdzinoši zemākā vērtība (skat. 23.att.). Mārupes mērījumu veikšanas vietā mediānas vērtība bija viszemākā, kā arī relatīvi vismazākā nobīde starp 25 un 75 procentīli, taču novērotās ekstrēmās vērtības Mārupes mērījumu vietu izceļ starp pārējām vietām, kur aritmētiskā vidējā vērtība (21.9 g/ha/dnn) ir 20 reizes lielāka nekā Mellupītes mērījumu objektā.



23.att. NH₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2019. gadā.

Analizējot amonjaka emisijas pēdējo trīs gadu griezumā, ir jāmin, ka visos gados visās mērījuma veikšanas vietās ir vērojamas ekstrēmās vērtības, kas raksturo amonjaka emisiju nevienmērīgo dabu (skat. 24. att.). Auces mērījumu veikšanas vietā amonjaka emisiju mediānas vērtības ir nosacīti līdzīgas, taču jāmin 2018. gadā novērotās izteikti negatīvās vērtības, kas liecina par augu spēju uzņemt amonjaku no gaisa. Bērzes mērījumu veikšanas vietā amonjaka emisiju vērtības ir ar ļoti līdzīgu izkliedi, taču 2019. gada mediānas nobīde ir pozitīvu amonjaka emisiju virzienā, bet izteikti ekstrēmu negatīvu amonjaka emisiju vērtības ir novērotas 2017. un 2019. gadā. Lafloras mērījumu veikšanas vietā 2017. gadā ir novēroti gan maksimālo vērtību, gan minimālo vērtību ekstrēmi, taču 2018. un 2019. gadā nav novērojamas izteikti ekstrēmas minimālās un maksimālās vērtības. Mārupes mērījumu veikšanas vietā amonjaka emisijas ir ar nosacīti mazu savārstību amplitūdu, taču ekstrēmo maksimālo vērtību apjomam ir tendence pieaugt. Mellupītes mērījumu veikšanas vietā amonjaka emisijas 2019. gadā ir ar mazāku izkliedes amplitūdu, taču izteiktākām ekstrēmām maksimālajām vērtībām.



24. att. NH₃ emisiju novērojumi pētījumu objektos 2017., 2018. un 2019. 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, tāpēc 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 15. tab. Statistiski nozīmīga negatīva korelācija ir starp augsnes mitrumu un N₂O emisijām, kas parāda augsnes mitruma nozīmi mikroorganismu aktivitātes nodrošināšanai, kas nozīmē, ka, palielinoties augsnes mitrumam, samazinās N₂O emisija, bet statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ir starp augsnes temperatūru un CO₂ un NH₃ emisijām, kas apstiprina literatūras atziņas, ka viens no galvenajiem amonjaka un oglekļa dioksīda emisiju ietekmējošajiem faktoriem ir temperatūra. Statistiski nozīmīga negatīva korelācija ir starp CH₄ un CO₂ un CH₄ un N₂O, kas apstiprina literatūrā pieminētās likumsakarības starp gāzu koncentrācijām.

15. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām 2019. gadā.

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	0,055	-0,171*	-0,066	0,175*	0,264**
Augsnes mitrums, %	0,055	1	-0,169*	0,101	0,061	-0,099
N ₂ O, g/ha/dnn	-0,171*	-0,169*	1	-0,254**	0,167*	-0,076
CH ₄ , g/ha/dnn	-0,066	0,101	-0,254**	1	-0,242**	-0,005
CO ₂ , kg/ha/dnn	0,175*	0,061	0,167*	-0,242**	1	-0,012
NH ₃ , g/ha/dnn	0,264**	-0,099	-0,076	-0,005	-0,012	1

** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05

Analizējot atsevišķi organisko augšņu un minerālaugšņu kameru gāzu emisijas 2019. gadā, ir redzams, ka minerālaugsnēs veidojas pozitīva statistiski nozīmīga sakarība starp CO₂ un augsnes temperatūru, kā arī negatīva statistiski nozīmīga sakarība starp CH₄ un N₂O un CH₄ un CO₂, kas apstiprina līdzšinējo pētījumu rezultātus (skat. 16. tab.).

16. tab. Kendala korelācijas koeficienti minerālaugšnes kamerām 2019. gadā.

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	0,185	-0,203	0,147	0,239*	0,190
Augsnes mitrums, %	0,185	1	-0,154	0,137	0,147	-0,051
N ₂ O, g/ha/dnn	-0,203	-0,154	1	-0,383**	0,040	-0,048
CH ₄ , g/ha/dnn	0,147	0,137	-0,383**	1	-0,385**	0,178
CO ₂ , kg/ha/dnn	0,239*	0,147	0,040	-0,385**	1	0,028
NH ₃ , g/ha/dnn	0,190	-0,051	-0,048	0,178	0,028	1

** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05

Organiskajās augsnēs starp N₂O un CH₄ gāzēm ir vērojama statistiski nozīmīga negatīva korelācija (skat. 17. 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.

17. tab. Kendala korelācijas koeficienti organiskās augsnes kamerām 2019. gadā.

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	0,131	-0,139	-0,122	0,388**	0,178
Augsnes mitrums, %	0,131	1	-0,351**	-0,037	-0,109	-0,063
N ₂ O, g/ha/dnn	-0,139	-0,351**	1	-0,267*	0,034	0,030
CH ₄ , g/ha/dnn	-0,122	-0,037	-0,267*	1	-0,308*	-0,203
CO ₂ , kg/ha/dnn	0,388**	-0,109	0,034	-0,308*	1	0,076
NH ₃ , g/ha/dnn	0,178	-0,063	0,030	-0,203	0,076	1

** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05

Laika posmam no 2017. līdz 2019. gadam statistiski nozīmīga pozitīva korelācija ir starp augsnes temperatūru un NH₃ emisiju, starp augsnes mitrumu un N₂O emisiju, augsnes mitrumu un CO₂ emisiju un N₂O un CO₂ emisiju. Statistiski nozīmīga negatīva korelācija ir starp CH₄ un N₂O emisiju, CH₄ un CO₂ emisiju un augsnes mitrumu un NH₃ emisiju (skat. 18. tab.).

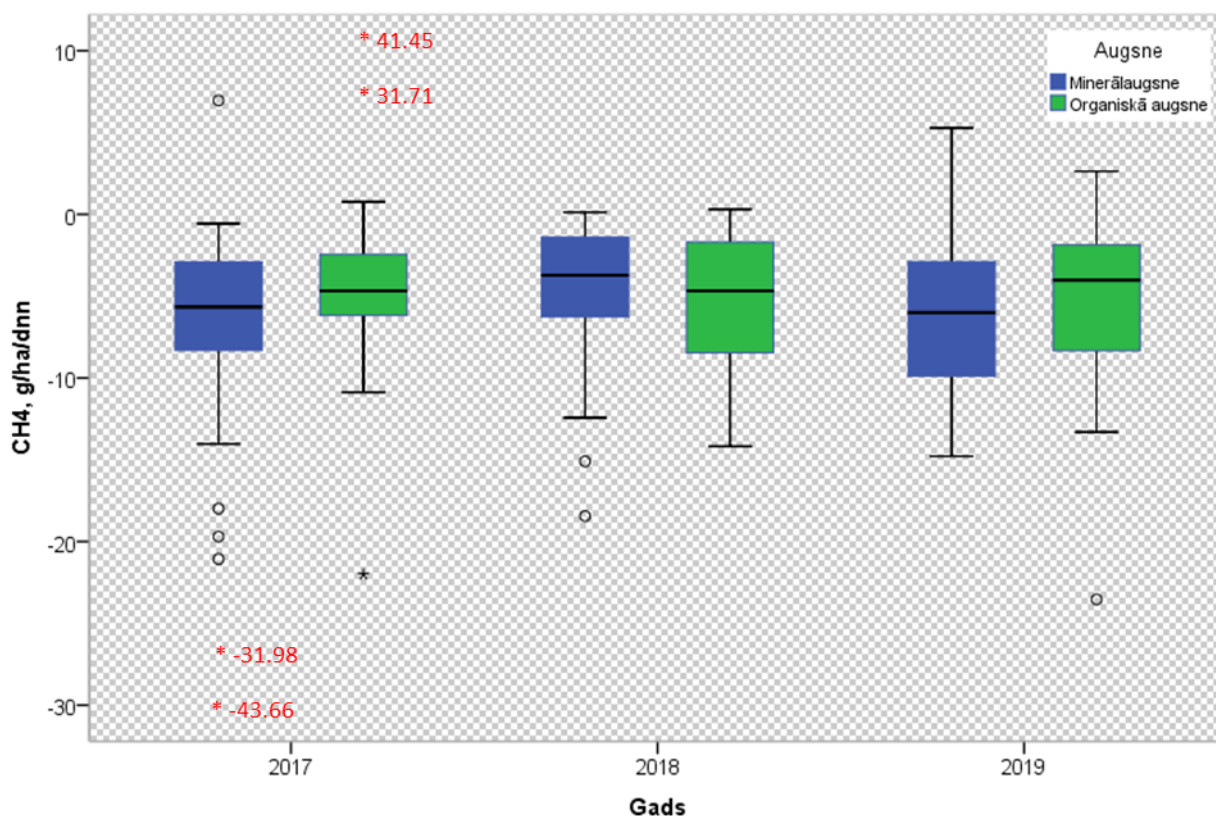
18. tab. Kendala korelācijas koeficienti visām kamerām laika posmam no 2017. līdz 2019. gadam.

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	0,018	0,009	-0,062	0,088	0,198**
Augsnes mitrums, %	0,018	1	0,112*	0,012	0,239**	-0,098*

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
N ₂ O, g/ha/dnn	0,009	0,112*	1	-0,179**	0,199**	-0,010
CH ₄ , g/ha/dnn	-0,062	0,012	-0,179**	1	-0,322**	-0,075
CO ₂ , kg/ha/dnn	0,088	0,239*	0,199**	-0,322**	1	0,005
NH ₃ , g/ha/dnn	0,198**	-0,098*	-0,010	-0,075	0,005	1

** p vērtība <0.01; * p vērtība <0.05

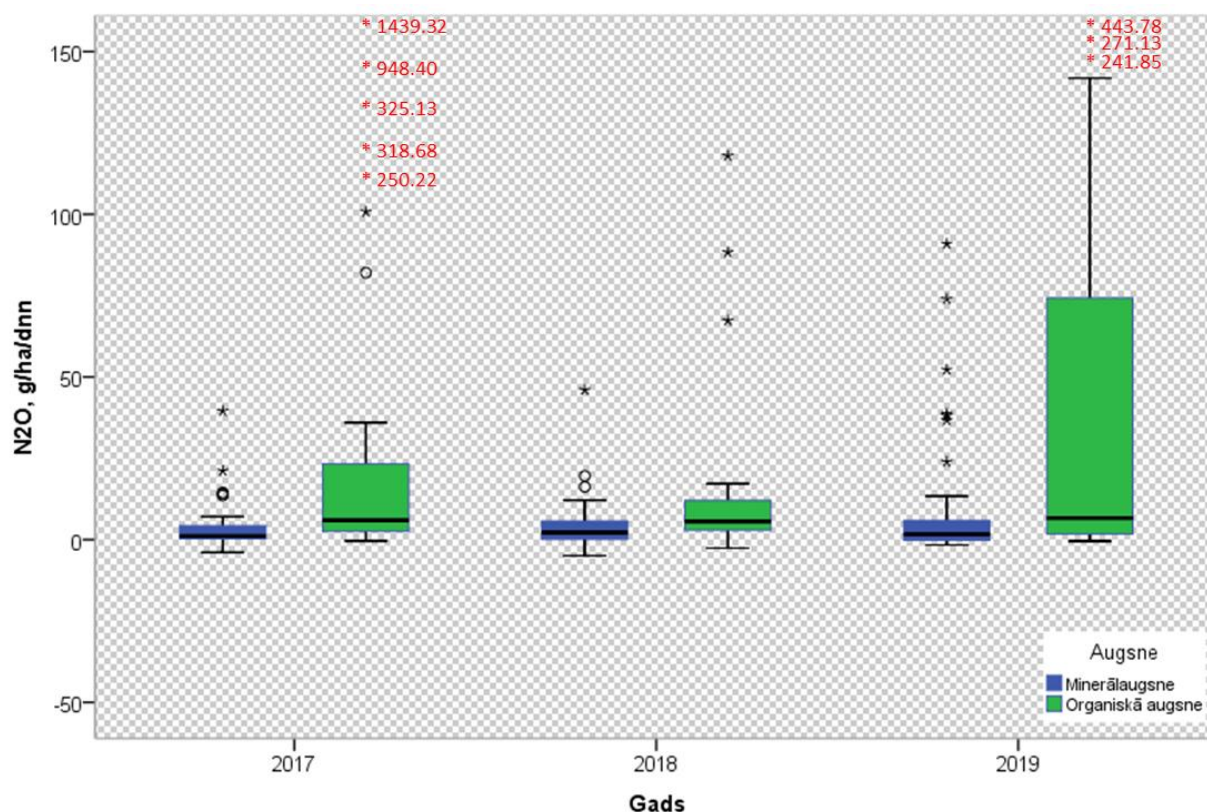
Analizējot organiskajās un minerālaugsnēs novērotās metāna emisijas 2017. un 2019. gadā ir vērojamas augstākas mediānas vērtības organiskajās augsnēs, taču 2018. gadā ir vērojams pretējs efekts. 2017. gadā ir vērojamas ekstrēmi pozitīvas metāna emisiju vērtības organiskajās augsnēs, bet izteikti negatīvas ekstrēmas metāna emisijas vērtības minerālaugsnēs (skat. 25.att.).



25.att. CH₄ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstrēmālās vērtības).

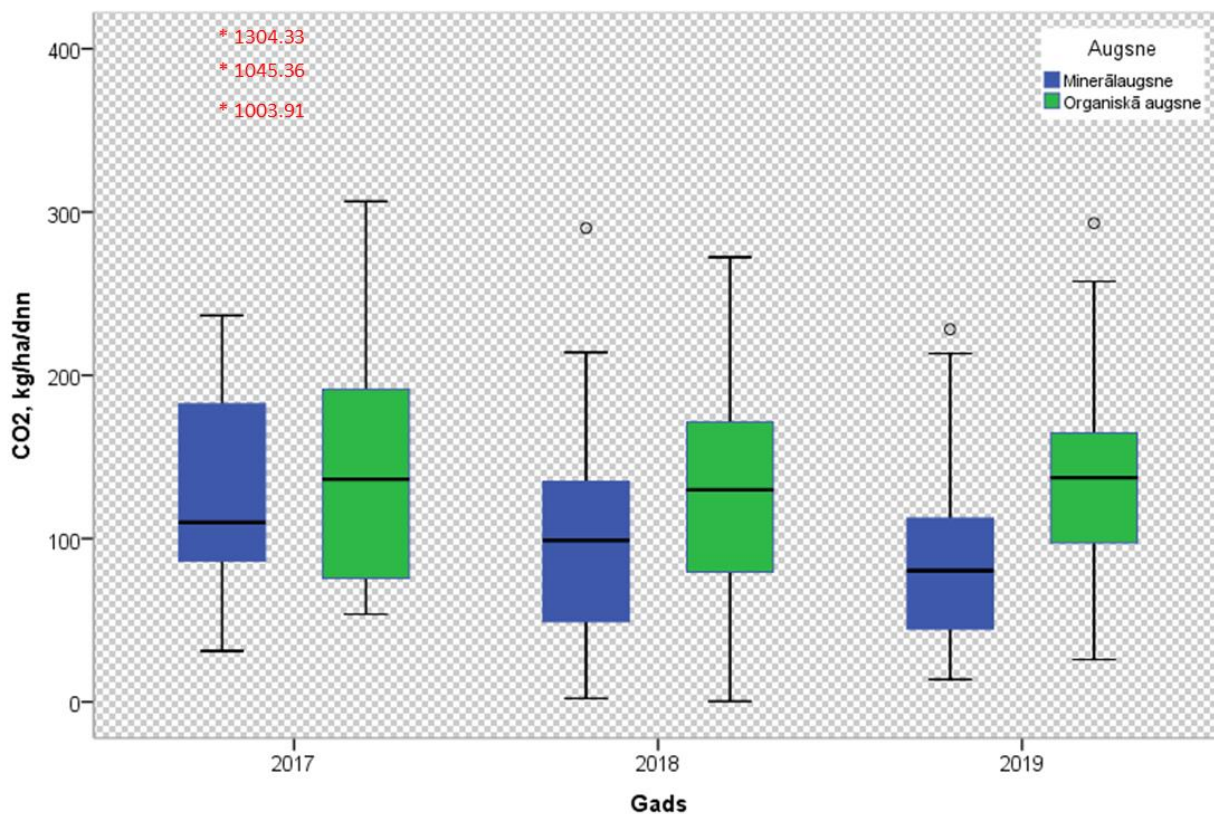
Analizējot dislāpekļa oksīda emisijas vērtības, organiskajās augsnēs ir vērojama izteiktāka dislāpekļa oksīda emisiju vērtību izkliede visos gados ar relatīvi izteiktāku pozitīvu mediānas vērtību, kur ekstrēmo maksimālo vērtību apjoms ir izteikts 2017. un 2018. gadā. Organiskajās augsnēs novērotā maksimālā

ekstrēmālā vērtība vairāk nekā 14 reizes pārsniedz minerālaugsnēs novēroto maksimālo dislāpekļa oksīda vērtību (skat. 26.att.).



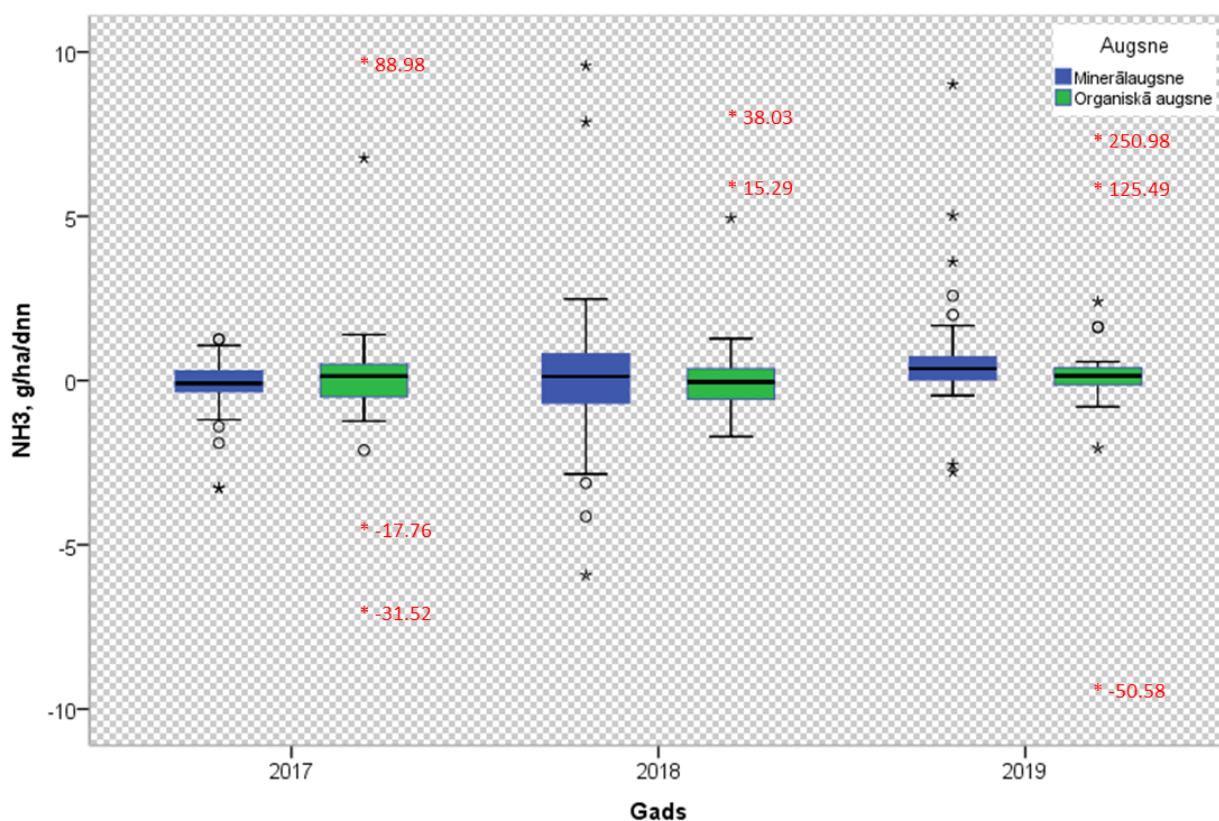
26.att. N₂O emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstrēmālās vērtības).

Oglekļa emisiju vērtības minerālaugsnēs un organiskajās augsnēs, vērtējot gadu griezumā, ir ar līdzīgu emisiju izkliedes amplitūdu, taču visos trijos monitoringa gados ir izteikta mediānas nobīde pozitīvā virzienā, bet būtisku atšķirību identifikācijai ir nepieciešama padziļināta izpēte. Īpaši jāpiemin, ka, neraugoties uz indikācijām, ka organiskajās augsnēs ir palielinātas ogļskābās gāzes emisijas, ekstrēmās maksimālās vērtības ir vairāk novērotas minerālaugsnēs, kur maksimālā ekstrēmā vērtība 2017. gadā vairāk nekā četras reizes pārsniedz 2018. un 2019. gadā novērotās maksimālās ogļskābās gāzes emisijas vērtības (skat. 27.att.).



27.att. CO₂ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

Amonjaka emisiju apjoma analīze pa gadiem pēc augsnes tipa parāda izteiktu organiskajās augsnēs novēroto maksimālo un minimālo vērtību apjomu. Mediānas vērtības 2017. gadā ir augstākas organiskajās augsnēs, bet 2018. gadā mediānas vērtības minerālaugsnēm ir ļoti tuvu organisko augšņu mediānai, bet 2019. gadā organiskajās augsnēs mediānas vērtība ir nosacīti zemāka nekā minerālaugsnēs (skat. 28.att.).



28.att. NH₃ emisiju novērojumi minerālaugsnēm un organiskajām augsnēm 2017., 2018. un 2019. gadā (ar sarkanu atzīmētas ekstremālās vērtības).

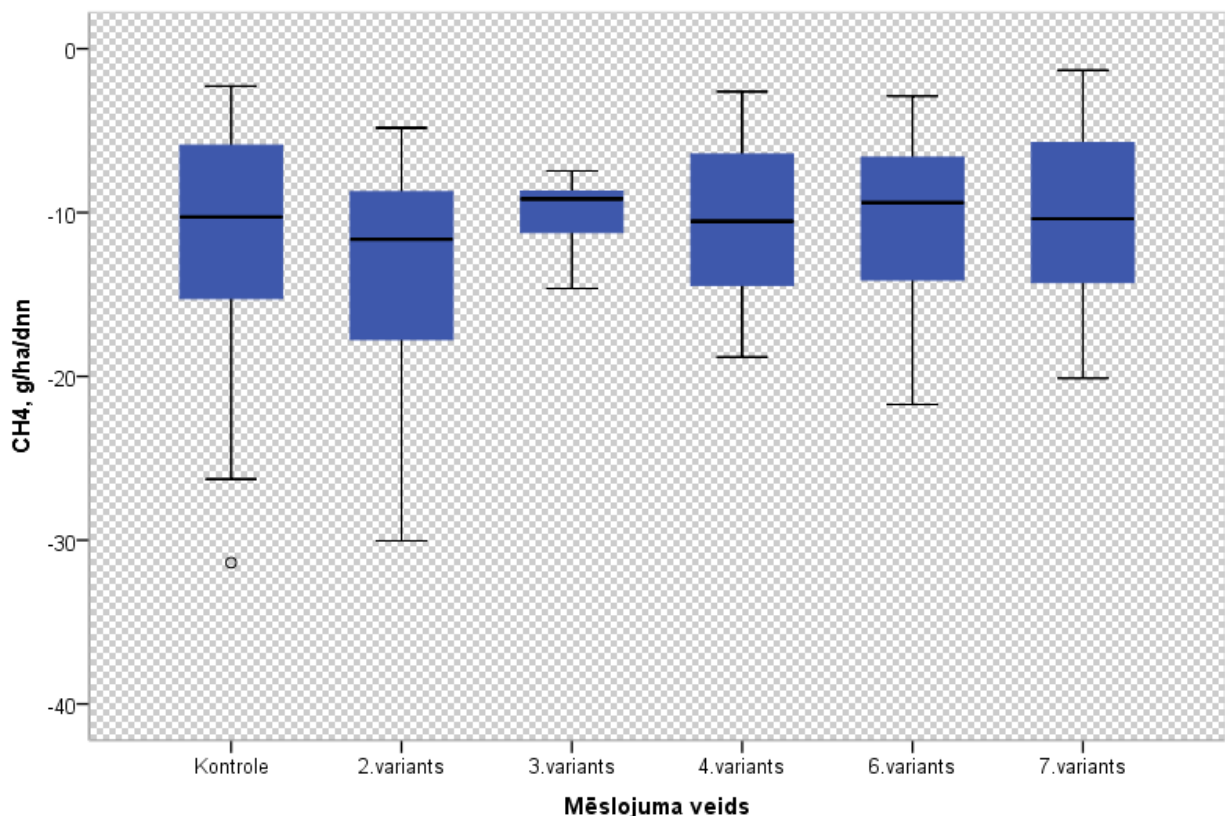
3.3. SEG mērījumu rezultāti Pēterlauku pētījumu vietā

CH₄ emisija, veicot mērījumus Pēterlauku pētījumu vietā, bija ar negatīvu tendenci, kas arī atspoguļojas rezultātos (skat. 19. tab.un 29.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.

19. tab. CH₄ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.

CH ₄ , g/ha/dnn		Kontrole	2.variants	3.variants	4.variants	6.variants	7.variants
N	Valid	17	12	6	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		-12.160	-13.8374	-10.0580	-10.6676	-10.7356	-10.6110
Std. Error of Mean		2.0497	2.0794	1.0481	1.3555	1.3801	1.4754
Median		-10.263	-11.6364	-9.1644	-10.5336	-9.3936	-10.3824

CH ₄ , g/ha/dnn		Kontrole	2.variants	3.variants	4.variants	6.variants	7.variants
Std. Deviation		8.4510	7.2032	2.5674	5.2501	5.3453	5.7145
Variance		71.419	51.886	6.592	27.564	28.573	32.656
Minimum		-31.373	-30.0408	-14.6400	-18.8232	-21.7128	-20.1167
Maximum		-2.2824	-4.8288	-7.4544	-2.6088	-2.8896	-1.3128
Percentiles	25	-15.972	-18,6234	-12.0732	-14.6400	-14.8296	-15.8184
	50	-10.268	-11,6364	-9.1644	-10.5336	-9.3936	-10.3824
	75	-5.8368	-8,5512	-8.3940	-4.7904	-6.5784	-4.9440

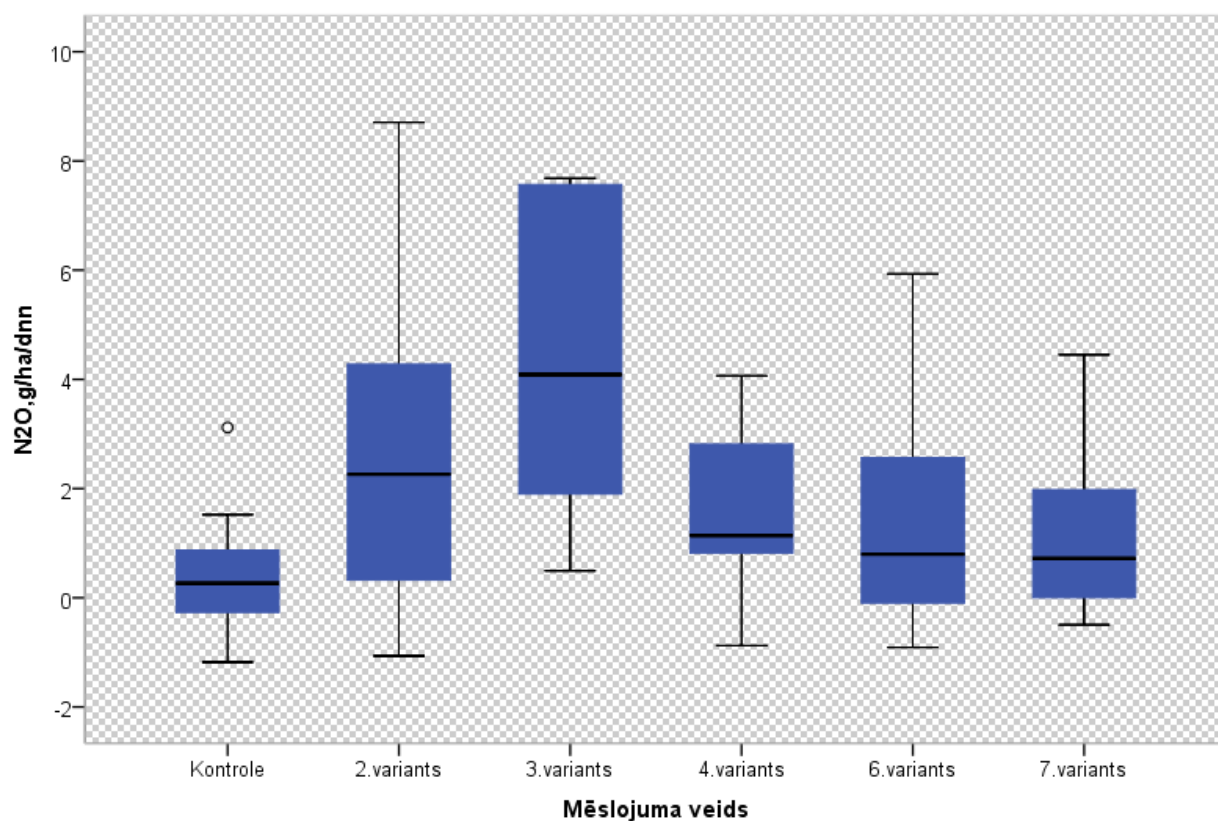


29.att. CH₄ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.

Mērījumu rezultāti Pēterlaukos rāda, ka N₂O koncentrācijas nozīmīgi atšķiras, salīdzinot mēslojuma variantus ar kontroli, kā arī nozīmīgi atšķiras emisija 2. un 3. mēslojuma variantos ar emisiju pārējos mēslojuma variantos. Vislielākā mērījumu rezultātu amplitūda ir novērojama 2. un 3. variantā, bet maksimālā vērtība tika novērota 2.variantā, kas ir viens no tipiskākajiem standarta mēslošanas variantiem ziemas kviešos Latvijā. Visos variantos, izņemot 3. variantu, kādā no mērījumu reizēm ir novērota arī N₂O asimilācija augsnē no gaisa (skat. 20. tab.un 30.att.).

20. tab. N₂O emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.

N ₂ O, g/ha/dnn		Kontrole	2.variants	3.variants	4.variants	6.variants	7.variants
N	Valid	17	12	6	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		0.2906	2.6204	4.3032	1.6124	1.4006	1.1916
Std. Error of Mean		0.2650	0.8540	1.2047	0.3623	0.5106	0.4078
Median		0.2664	2.2620	4.0872	1.1400	0.7992	0.7224
Std. Deviation		1.0929	2.9585	2.951	1.4032	1.9777	1.5794
Variance		1.195	8.753	8.709	1.969	3.912	2.495
Minimum		-1.1784	-1.0656	0.4944	-0.8736	-0.9120	-0.4944
Maximum		3.1176	8.7072	7.6824	4.0680	5.9328	4.4496
Percentiles	25	-0.5136	0.1038	1.5492	0.7992	-0.1512	-0.2280
	50	0.2664	2.2620	4.0872	1.1400	0.7992	0.7224
	75	1.0068	5.0862	7.5960	2.8152	2.7000	2.0544



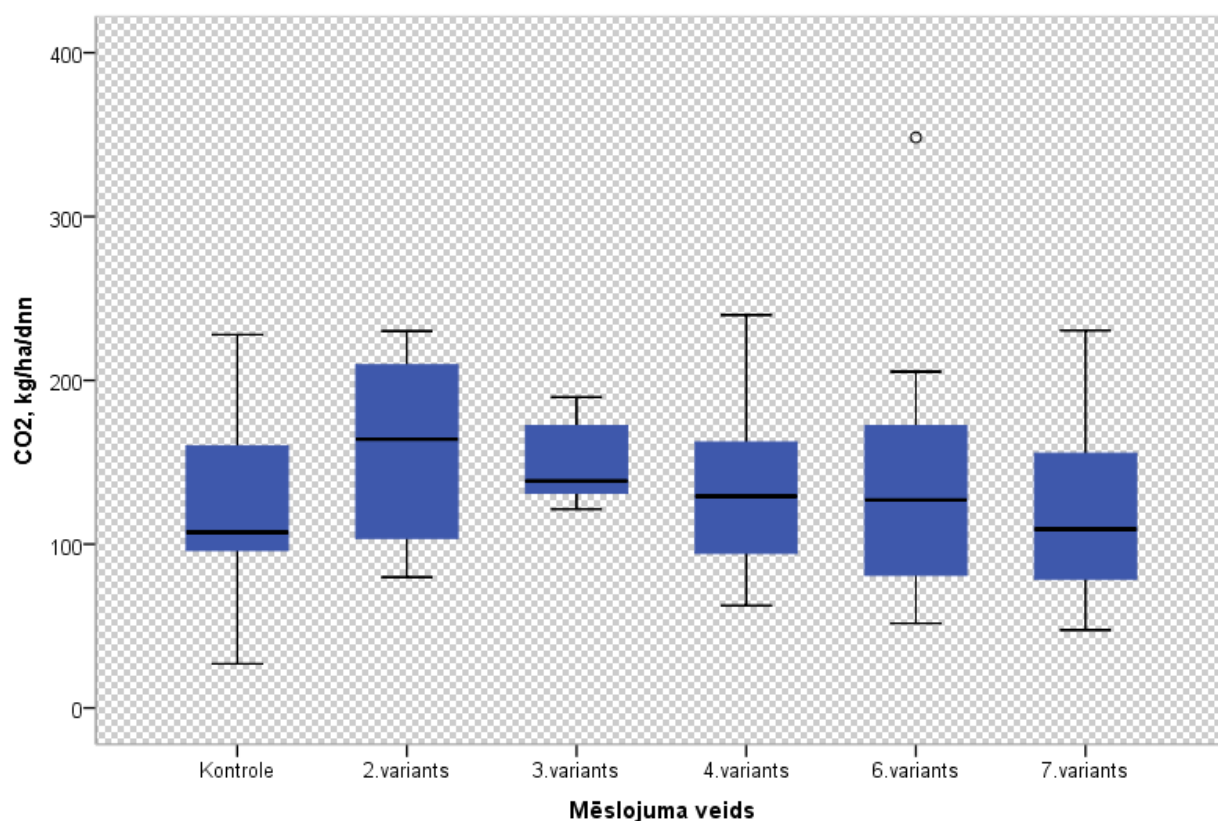
30.att. N₂O emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.

CO₂ emisijas ievērojamas atšķirības starp mēslošanas variantiem netika novērotas (skat. 21. tab. un 31.att.).

Lielākā vidējā CO₂ emisijas vērtība ir novērojama 2.varianta mēslošanas lauciņā, bet mazākā vidējā vērtība ir novērota 7.variantā. Vislielākā izkliede ir 2. un 6. variantu lauciņos, bet vismazākā izkliede ir novērojama 3.variantā.

21. tab. CO₂ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.

CO ₂ , g/ha/dnn		Kontrole	2.variants	3.variants	4.variants	6.variants	7.variants
N	Valid	17	12	6	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		123.41	156.86	148.59	133.04	135.62	119.55
Std. Error of Mean		13.978	15.576	10.809	13.823	19.802	14.065
Median		107.23	164.08	138.53	129.29	127.01	109.13
Std. Deviation		57.633	53.957	26.476	53.537	76.694	54.473
Variance		3321.5	2911.373	701.026	2866.25	5882.105	2967.384
Minimum		26.999	79.856	121.30	62.554	51.640	47.609
Maximum		227.93	230.06	189.755	239.95	348.327	230.443
Percentiles	25	82.328	101.817	128.721	93.166	69.437	73.772
	50	107.23	164.086	138.532	129.292	127.010	109.137
	75	167.85	212.856	176.6356	181.389	181.389	159.295

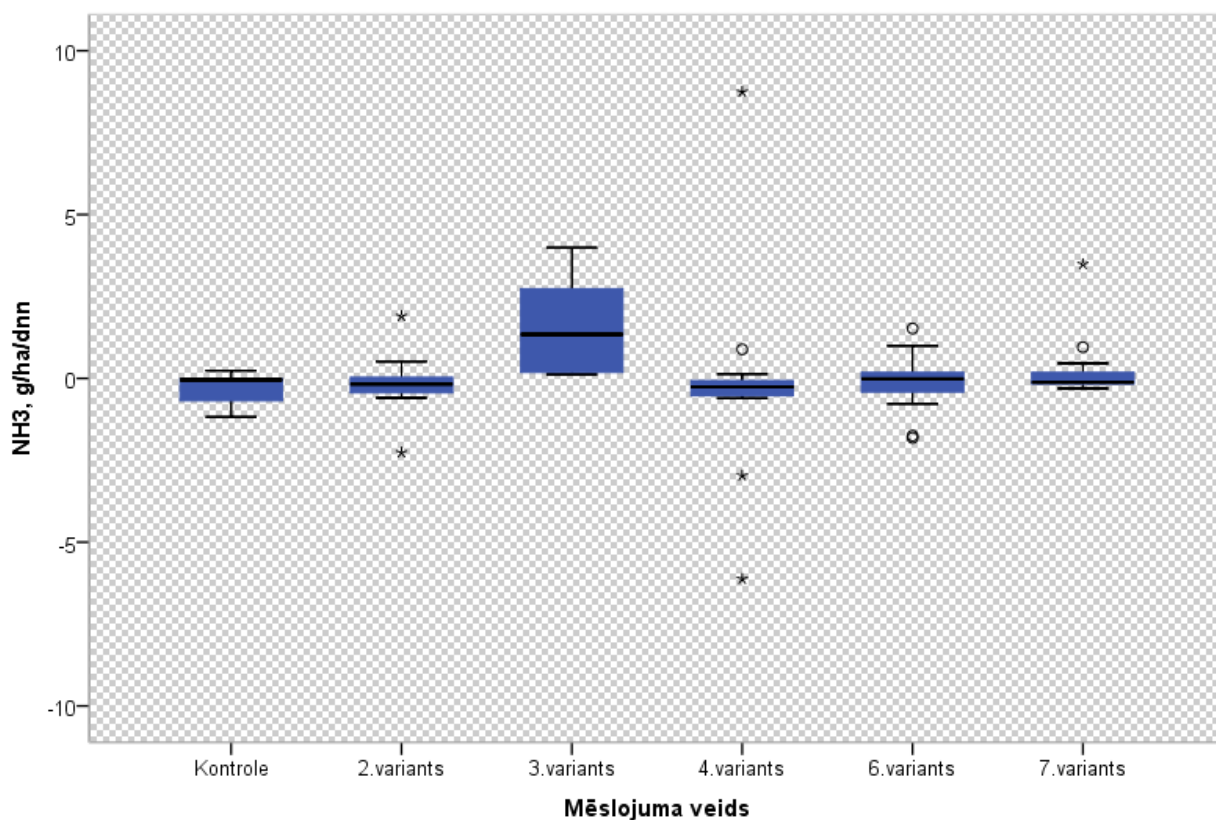


31.att. CO₂ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.

Amonjaka koncentrācijas visu mērījumu laiku bija svārstīgas, taču, kā redzams 22. tab., ir vērojamas atšķirības starp mēslošanas variantiem, piemēram, 4.varianta lauciņā ir novērotas ekstremālas vērtības, bet 3.varianta mēslošanas lauciņā ir novērota vislielākā izkliede. Negatīvas amonjaka vērtības norāda uz augsnes aktīvā slāņa un veģētācijas iesaisti amonjaka patēriņā (skat. 32.att.).

22. tab. NH₃ emisijas statistiskie rādītāji 2019. gadā Pēterlaukos.

NH ₃ , g/ha/dnn		Kontrole	2.variants	3.variants	4.variants	6.variants	7.variants
N	Valid	17	12	6	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		-0.2667	-0.1584	1.6204	-0.1640	-0.1173	0.2483
Std. Error of Mean		0.1054	0.2700	0.6316	0.7700	0.2300	0.2465
Median		-0.0456	-0.1740	1.3417	-0.2592	-0.0144	-0.1248
Std. Deviation		0.4344	0.9352	1.5471	2.9822	0.8908	0.9546
Variance		0.1890	0.875	2.394	8.894	0.794	0.911
Minimum		-1.1760	-2.2656	0.1248	-6.1224	-1.8144	-0.3048
Maximum		0.2280	1.9008	3.9936	8.7456	1.5216	3.4872
Percentiles	25	-0.7164	-0.5136	0.1680	-0.5448	-0.5712	-0.1824
	50	-0.0456	-0.1740	1.3416	-0.2592	-0.0144	-0.1248
	75	-0.0072	0.0840	3.0522	-0.0648	0.2856	0.2544



32.att. NH₃ emisiju novērojumi Pēterlaukos 2019. gadā.

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, jo lauksaimniecības vajadzībām izmantotajā organiskajā augsnē veidojas slāpekļa uzkrājums, kas izraisa augstas N_2O 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.
3. Analizējot SEG un amonjaka emisijas laika griezumā, izkristalizējas klimata ietekme uz emisiju apjomu. Triju gada laikā veiktie N_2O un NH_3 mērījumu rezultāti parāda lielu datu izkliedi un emisiju apjoma nevienmērīgo raksturu, tāpēc ir nepieciešams turpināt mērījumus un iespēju robežās prognozēt ekstrēmu emisiju apjomu parādīšanās iespējamību, kas abām slāpekli saturošajām gāzēm ir cieši saistīts ar mēslošanas tehnoloģijām un izmantotā mēslojuma veidu, kā arī rast iespēju nomērīt ekstrēmu laikapstākļu, piemēram, sausuma, intensīvu lietusgāžu u.c. ietekmi uz gāzu emisijām.
4. Nenoteiktā un pretrunīgā mērījumu vietu ietekme uz SEG un amonjaka emisijām norāda uz augsnes tipa un augkopības prakses laikā un telpā mainīgo ietekmi uz gāzu emisijām, kas prasa papildus pētījumus, ne tikai lauka, bet arī laboratorijas apstākļos, īpaši pievēršot uzmanību mēslojuma tipa, augu sekas un izmantoto mēslojuma iestrādes tehnoloģiju ietekmei uz gāzu emisiju apjomu.
5. Piecās mērījumu vietās 2017. gadā uzsāktais un kopā trīs gadus veiktais SEG un amonjaka emisiju pētījums sniedz ieskatu SEG un amonjaka emisiju mainīgajā dabā, taču lai datus būtu iespējams vispārināt un attiecināt uz Latvijas situāciju, nepieciešams turpināt mērījumus, kur būtu iespējas uzkrāt vērtīgu informāciju par SEG un amonjaka emisiju ietekmējošajiem faktoriem.
6. Nepieciešams izveidot datu bāzi, kur tiktu uzkrātas ne tikai SEG un amonjaka emisiju datu rindas, bet arī klimata, augsnes tipu un augsnes ķīmisko sastāvu raksturojošos lielumus, kā arī augkopības praksi raksturojošus apstākļus, kas pārskatāmā nākotnē ļautu Latvijai izstrādāt klimatam un augsnes tipiem atbilstošus SEG un amonjaka emisiju aprēķinu algoritmus.

LITERATŪRAS AVOTI

- 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.
- Chen, Peter Y., Popovich, Paula M., (2002). *Correlation: Parametric and Nonparametric Measures 1st (first) edition* by Chen, Peter Y.; Popovich, Paula M., Thousand Oaks (Calif.): Sage, 2002.
- Coffman, D.L., Maydeu-Olivares, A., Arnau, J., (2008). Asymptotic distribution free interval estimation: For an intraclass correlation coefficient with applications to longitudinal data *Methodology*, 4 (1), pp. 4-9.
- 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*.
- Lapveteläinen, T., Regina, K., Perälä, P. (2007). Peat based emissions in Finland's national greenhouse gas inventory. *Boreal Environ. Res.* 12, 225–236.
- 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>
- 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.
- Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V., (2009). *Augsnes ilgspējīga izmantošana un aizsardzība*. Rīga: Latvijas Universitāte.
- NIR (2019) Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto Protocol 1990 – 2017. Pieejams: <https://unfccc.int/documents/194812>
- Oertel, C., Matschullat J., Zurba, K., Zimmermann, F., Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Chemie der Erde* 76 327–352.
- Roßkopf, N., Fell, H., Zeitz, J. (2015). Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133 (2015) 157–170.
- 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.

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>

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.



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTA 2. DARBA UZDEVUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata pārmaiņu (plūdu riska) mazināšanā

DARBA UZDEVUMS: Esošo meliorācijas sistēmu identifikācija un tehniskā stāvokļa novērtēšana, izmantojot ģeotelpisko informāciju

IZPILDĪTĀJI:
Toms Štāls
Jānis Ivanovs
Raitis Meļņiks

PROJEKTA VADĪTĀJS: Ainis Lagzdiņš

Jelgava 2019

ESOŠO MELIORĀCIJAS SISTĒMU IDENTIFIKĀCIJA UN TEHNISKĀ STĀVOKĻA NOVĒRTĒŠANA, IZMANTOJOT ĢEOTELPISKO INFORMĀCIJU

IEVADS

Informācija un zināšanas par grāvju tīklu, tā funkcijām, stāvokli un morfoloģiju ir nepieciešamas plūdu riska un sateces baseina apsaimniekošanas plānošanā. Līdz ar to, kvalitatīvi dati par hidrogrāfisko tīklu, tā stāvokli, caurtekām un savienojamību ir ļoti būtiski plānojot pasākumus ar mērķi pielāgoties klimata pārmaiņām un mazināt plūdu risku (Levasseur et al. 2014).

Lai uzlabotu biofizikālos apstākļus lauksaimniecības un meža zemēs, īpaši mērenajā klimata joslā, gruntsūdens līmenis un augsnes mitrums bieži tiek novadīts ar pazemes drenāžas un grāvju tīkla palīdzību. Grāvji no lielākām ūdenstecēm morfometriski atšķiras ar lielāku platuma un tilpuma savstarpējo attiecību – tie lielākajā daļā gadījumu ir šauri un dziļi, līdz ar to, tajos notiek intensīva vielu akumulācija un apmaiņa (Herzon, Helenius 2008). Rietumeiropas zemieņu lauksaimniecības zemēs cilvēka veidotā grāvju tīkla blīvums sasniedz 200 – 300 m/ha (Levasseur et al. 2014), bet Polijā tas sasniedz 150 – 350 m/ha (Bryndal, Krocak 2019), savukārt Latvijā šādi dati nav apkopoti.

Pētījuma mērķis ir veikt esošo meliorācijas sistēmu identifikācijas un tehniskā stāvokļa novērtēšanas metodikas izstrādi un pielietojumu trijās izmēģinājumu teritorijās, izmantojot ģeotelpisko informāciju un topogrāfiskos uzmērījumus dabā.

Darba uzdevumi:

1. Metodikas izstrāde esošo meliorācijas sistēmu dešifrēšanai, izmantojot aerolāzerskenēšanas datus (LiDAR);
2. Esošo meliorācijas sistēmu tehniskā stāvokļa novērtēšanas un identificēšanas metodikas izstrāde, izmantojot aerolāzerskenēšanas datus (LiDAR) un ortofoto ainu un satelītainu (Sentinel 2 un (vai) Landsat 8) analīzi;
3. Secinājumu un ieteikumu sagatavošana par esošo meliorācijas sistēmu identifikācijas un tehniskā stāvokļa novērtēšanas metodikas izmantošanas iespējām reģionālā un valsts mērogā, kā arī noteikt darba uzdevumus turpmākajiem pētījuma posmiem.

LITERATŪRAS APSKATS

Dabisko un cilvēka radīto reljefa formu, to elementu dešifrēšana, izmantojot digitālo augstuma modeļu (DEM) datus, ir veikta jau kopš šādu datu pieejamības pirmsākumiem 1980. – 1990. gadā. Pirmie mēģinājumi iegūt virszemes noteces tīklu, tajā skaitā grāvjus, izmantojot digitālo augstuma modeli (DEM) ir veikti 1984. gadā (O'Callaghan, Mark 1984), kā arī pēc 1990. gada, kad šāda veida pētījumus veica Tarbotons (Tarboton 1997) un Kvinns ar līdzautoriem (Quinn et al. 1991). Šo pētījumu metodes balstījās uz ūdens plūsmas noteikšanu reljefa modelī, kas sevī ietver beznoteces ieplaku aizpildīšanu un plūsmas virziena noteikšanu un plūsmas akumulācijas aprēķiniem uz katru šūnu modelī. Izmantojot metodes, kas balstītas uz iepriekš minētajiem principiem, ir iespējams izmantot ļoti ierobežotos apstākļos, kas ir atkarīgi no teritorijas fizikālās vides, reljefa raupjuma, zemes lietojuma, klimata utt. Šāda pieeja ļauj noteikt virszemes plūsmas virzienus, kas lielākajā daļā gadījumu sakrīt ar lielākām vai mazākām dabiskām ūdenstecēm, veicot modelēšanu plašākā mērogā, bet lokālos pētījumos nelielās teritorijās, parasti uzrāda kļūdainas un sazarotas ūdensteču augšteces (Orlandini et al. 2011).

Jaunākos pētījumos, kas veikti šī gadsimta sākumā, daži autori (Tarboton, Ames 2001; Heine et al. 2004; Lashermes et al. 2007) ir norādījuši uz nepieciešamību uz ūdenstecēm un grāvjiem reljefa modelī skatīties komplicētāk, ne tikai ņemot vērā virszemes noteces plūsmu, bet arī to morfoloģiskās īpašības. Šādas pieejas izmantošanai nepieciešams stingri definēt virsmas ģeometriskās īpašības un izmantot reljefa parametrus, kuri ļautu noteikt tā nevienmērību, tādā veidā novēršot daļu nepilnību, kuras radās, izmantojot klasisko plūsmas akumulācijas pieeju.

Lashermes ar līdzautoriem (Lashermes et al. 2007) izmantoja metodi kas balstās uz nogāzes slīpumu un tā virziena izmaiņām, lai identificētu grāvju robežas, bet arī šāda pieeja datus veido daudz trokšņu un neprecizitāšu. Lielāka mēroga negatīvu lineāru reljefa elementu, piemēram, gravu identificēšanā, ir labāk piemērojamas uz nogāzes slīpumu balstītas metodes, ko savos pētījumos līdz ar plūsmas virziena un akumulācijas aprēķiniem ir izmantojis Pasalacqua ar līdzautoriem (Passalacqua et al. 2010). Šie autori izmantoja digitālos augstuma modeļus ar izšķirtspēju 2 un 3 m, kas ļauj identificēt tikai lielākos grāvjus, kā arī ierobežo to morfometrisko parametru noteikšanu, kā arī saskārās ar problēmām līdzena reljefa apstākļos, kur plūsmas virziena un akumulācijas aprēķināšana reljefa modelī ir apgrūtināta.

Analizējot digitālo augstuma modeli ūdensteču identificēšanai pēc nogāzes slīpuma vērtības noteiktā reģionā, dati iegūti ar samērā zemu precizitāti – grāvji, kurus identificēt pēc šiem parametriem neizdevās – ap 50%, bet kļūdaini noteiktie grāvji sastādīja apmēram 15% (Bailly et al. 2008). Autors šādu iegūto datu nenoteiktību skaidro ar salīdzinoši zemo LiDAR

punktu mākoņa blīvumu, kas ir līdzīgs kā LĢIA LiDAR, kā arī šie dati ir iegūti veģetācijas sezonā. Šādi autora komentāri ļauj secināt, ka punktu mākoņa blīvumam un grāvju stāvoklim ir būtiska nozīme iegūto datu precizitātē (Bailly et al. 2008).

Šobrīd lielākajā daļā pētījumu (Passalacqua et al. 2012; Scwanghart et al. 2013; Cazorzi et al. 2014; Sofia et al. 2011; Roelens et al. 2018) grāvju tīkla identificēšanā joprojām tiek veikta izmantojot digitālo augstuma modeli, kas uzskatāma par plašāk izmantojamo pieeju, jo prasa salīdzinoši zemāku LiDAR punktu blīvumu, kāds tas ir nepieciešams uz neapstrādātu punktu mākonī balstītās pieejās. Pētījumā Nīderlandē (Roelens et al. 2016) klasificēti LiDAR punktu mākoņi ir izmantoti lauksaimniecības grāvju un to parametru identificēšanā. Šajā pētījumā izmantoti individuālos lidojumos iegūti LiDAR punktu mākoņi ar blīvumu vismaz 16 p/m², kas uzskatāmi par ļoti blīviem datiem salīdzinājumā ar LĢIA LiDAR, kuros zemes līmeņa punktu blīvums, tiek garantēts 2 p/m². Šajā pētījumā grāvju tīkls netika iegūts, bet ar labu precizitāti salīdzinājumā ar lauka mērījumiem iegūti grāvju šķērsprofili. Precizitāte iegūta, pateicoties augstajam punktu blīvumam.

Pievēršoties plašāk izmantotajām metodēm, kuras balstās uz digitālo augstuma modeli un grāvju morfometriskos parametrus, plaši pētījumos tiek izmantotas metodes, kuras sevī ietver normalizētu vai standartizētu DEM apstrādi, identificējot lokālus pazeminājumus tajā. Šāda veida pieeja ir optimāla arī līdzena reljefa apstākļos, jo balstās uz lokālām reljefa morfoloģiskajām īpašībām, kas ļauj identificēt dažādas negatīvas lineāras struktūras (Cazorzi et al. 2013; Bai et al. 2015). Pētījumos Beļģijā (Roelens et al 2018) virszemes hidrogrāfiskā tīkla elementi lauksaimniecības zemēs identificēti izmantojot DEM ar 1 m izšķirtspēju vadoties pēc lokālām reljefa īpašībām, un šajā pētījumā iegūti rezultāti ar augstu precizitāti. Esošie grāvju tīkla segmenti korekti identificēti ar kļūdu 5%, kā arī identificēti 8% neesošu grāvju segmenti.

Iepriekš minētie pētnieki no Beļģijas citā pētījumā (Roelens 2017 et al.), izmantojot netrasmētus LiDAR punktu mākoņus, kā arī DEM, ieguva lauksaimniecības grāvju šķērsprofilus salīdzināšanai ar lauka darbos uzmērītajiem. No LiDAR datiem iegūtajām grāvju platuma un dziļuma vērtībām ir tendence būt mazākām, nekā uzmērītajiem par vidēji 0,5 m ar augstu determinācijas koeficientu, kas pēc analīzes veikšanas ļauj no DEM iegūtajiem šķērsprofiliem piemērot koeficientu, tādā veidā precizējot vidēji iegūtās vērtības. Salīdzinoši neliela kļūda iegūta arī nosakot grāvju platumu attiecībā pret uzmērītajiem – tas ir vidēji 0,15 m mazāks ar augstu determinācijas koeficientu. Šajā pētījumā grāvji pēc to šķērsprofilu īpašībām sadalīti arī klasēs – tīrs grāvis ar atklātu ūdeni, daļēji aizaudzis grāvis ar ūdeni, aizaudzis grāvis un sauss, aizaudzis grāvis.

Izmantojot morfoloģisko pieeju identificējot grāvju tīklu DEM ir arī savas problēmas, kuras aprakstījuši autori savos pētījumos (Cazorzi et al. 2013; Tarolli 2014; Roelens et al. 2018) piemēram, atkarībā no LiDAR punktu blīvuma, rezultātā tiek iegūti savstarpēji nesaistīti segmenti, līdz ar to, nepieciešama to pēcapstrāde. Otra bieži pieminētā problēma ir saistīta ar no rastra datiem izdalīto vektordatu, kuri atspoguļo grāvju tīklu, nesakritība ar dziļāko vietu grāvī, interpolācijas un reljefa modeļa ierobežotās izšķirtspējas dēļ.

MATERIĀLI UN METODEDES

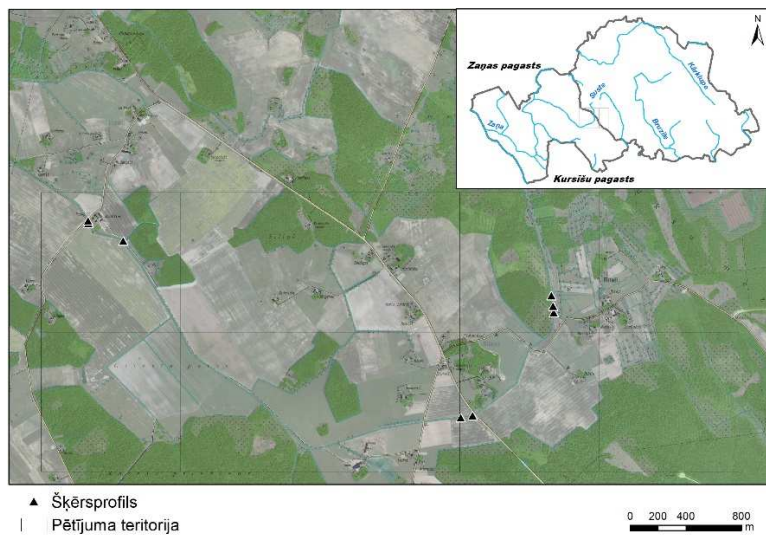
Pētījuma paraugteritorijas atrodas Latvijas dienvidu daļā, objektos, kuros jau ilgstoši atrodas Latvijas Lauksaimniecības universitātes pētījumu un monitoringa stacijas, tādā veidā ievērojot pētījumu pēctecības principu (1. attēls). Tās izvietotas gan valsts nozīmes ūdensnoteku tuvumā (Mellupīte, Bērze), kā arī Ailes straucha un Tērvetes upes apkārtnē.

Katra no pētījuma teritorijām ir 10 (Mellupīte) - 12 km² (Bērze, Ailes strauchs) plaša, un tajās ir izvietoti 2 – 3 pētījumu objekti. Teritorijas sevī ietver dažādus vides fizikālos apstākļus un zemes lietojuma veidus. Izvēloties šādas teritorijas iespējams izstrādāt un aprobēt meliorācijas sistēmu identificēšanas un tehniskā stāvokļa novērtējuma metodiku.

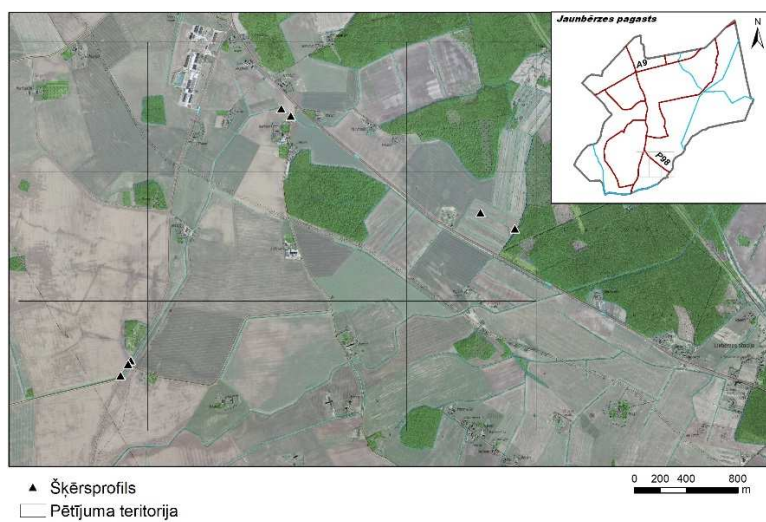


1. attēls. Pētījuma teritorija

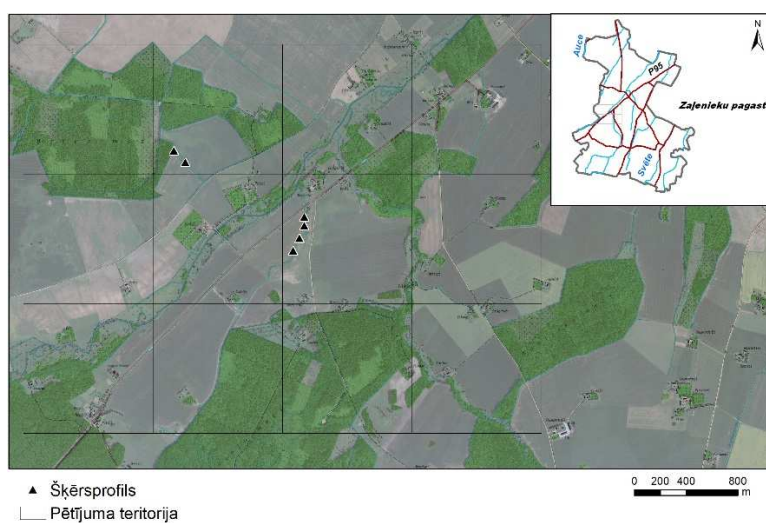
Mellupītes pētījumu teritorijā izvietoti 3 objekti, no kuriem katrā veikta grāvja šķērsprofila topogrāfiskā uzmērīšana, kā arī ievākti dati par caurteku atrašanās vietām (2. attēls). Bērzes apkārtnē arī ierīkoti 3 pētījuma objekti, tajos veicot topogrāfisko uzmērīšanu 11 šķērsprofiliem (3. attēls). Ailes straucha teritorijā ierīkoti divi pētījumu objekti, uzmērot sešus grāvju šķērsprofilus (4. attēls), no LiDAR datiem iegūto grāvju parametru validēšanai.



2. attēls. Pētījuma teritorija – Mellupīte



3. attēls. Pētījuma teritorija - Bērze



4. attēls. Pētījuma teritorija – Ailes strauts

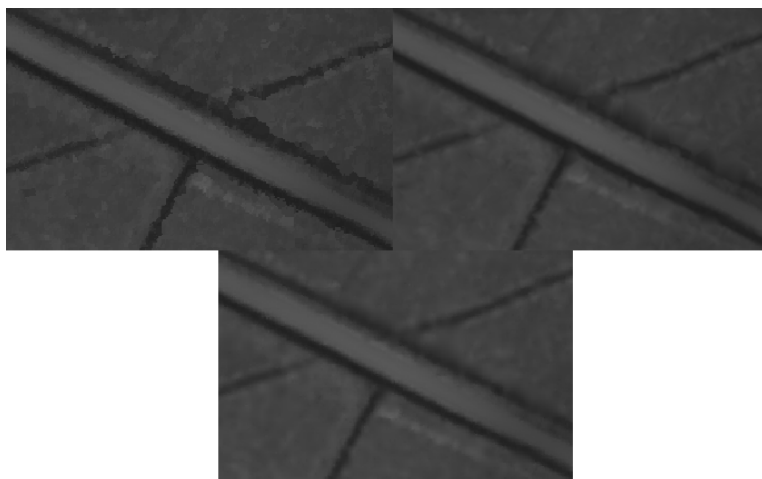
Digitālā reljefa modeļa (DEM) izveidei nepieciešamie LiDAR (Light detection and ranging) dati iegūti no Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūras (LĢIA). Izmantotajiem LiDAR datiem vertikālā precizitāte ir 12 cm un horizontālā precizitāte ir 36 cm (2 sigmas ar 95% ticamības līmeni pret Valsts ģeodēzisko tīklu). Minimālās prasības pret punktu blīvumu ir 4 p/m², un vidējais zemes punktu blīvums ir 1,5 p/m² (LĢIA 2016). Kā references meliorācijas sistēmu dati, izmantots ZMNĪ meliorācijas kadastrs.

Lai reljefa modelī identificētu grāvju tīklu, šī pētījuma ietvaros izveidots algoritms, kas balstās uz loģiskiem vaicājumiem un izmantojams GRASS GIS rasta kalkulatora *r.mapcalc* vidē, bet pielāgojams jebkurai ĢIS programmai. Algoritms izmantojot slīdošā loga principu virzoties X un Y asu virzienā un, identificējot rastra šūnas, kuru īpašības telpiski atbilst grāvja īpašībām. Mūsu izmantotā metode pēc principiem ir nedaudz līdzīga (Cazorzi et al. 2013; Sofia et al 2011; Rapinel et al. 2015) veiktajos pētījumos izmantotajām. Kā jau iepriekš minēts, šo metožu pamatā ir grāvju morfoloģisko īpašību identificēšana reljefa modelī, meklējot lokālus noteikta dziļuma pazeminājumus noteiktā joslas platumā un virzienā.

Identificējot neliela mēroga reljefa formas, piemēram, grāvjus, izmantojot DEM, būtisks faktors ir tā kvalitāte. Reljefa modeļa kvalitāte ir atkarīga no lāzerskenēšanas datu kvalitātes, punktu blīvuma, kā arī no izmantotās interpolācijas metodes, horizontālās un vertikālās izšķirtspējas. Digitālais reljefa modelis vislabāk reprezentē reālo situāciju, ja tas ir veidots izšķirtspējā, kas atbilst punktu blīvumam (Anderson et al. 2006).

Analīzei izmantots digitālais reljefa modelis ar izšķirtspēju 0,5 m, kas veidots ar eksperimentālā ceļā izvēlētu *Binning* interpolācijas metodi Global Mapper vidē. Testēti arī digitālie reljefa modeļi izmantojot citas interpolācijas metodes, izšķirtspējā 0,5 m un 1 m:

- a) TIN (*Triangulated Irregular Network*) metode Global Mapper 15.2 vidē.
- b) Bikubiskā interpolācijas metode GRASS GIS 7.6. vidē izmantojot *r.resamp.bspline* rīku, pielāgojot Tihonova nogludināšanas koeficientu līdz 0,025 (5. attēls).



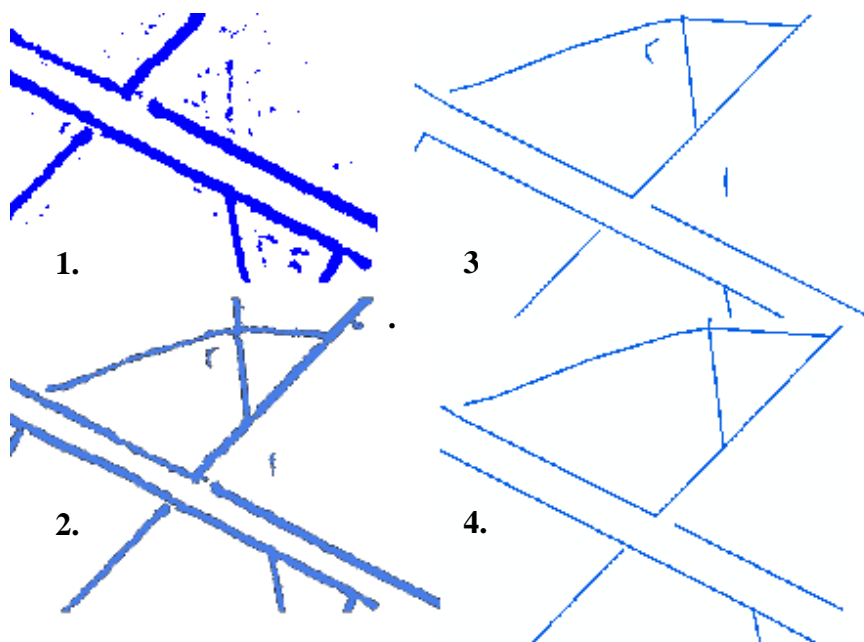
5. attēls. DEM interpolācijas metožu piemēri. a) Binning; b) TIN; c) Bicubic

Turpmākās reljefa analīzes veikšanai izmantots iepriekš minētais izstrādātais algoritms, kas darbojas identificējot rastra šūnas, kurām X un Y asu virzienā noteiktā attālumā uz abām pusēm atrodas šūnas, kuras ir ar lielāku vērtību, kā iestatītā vērtība un uzskatāma par grāvja minimālo dziļumu.

Meliorācijas sistēmu elementi, kuri lāzerskenēšanas datu ieguves laikā bijuši vienā līmenī ar piegulošo teritoriju vai bijuši pārplūduši, identificēti izmantojot *Binning* interpolācijas metodi ar *No Data* kritēriju 1, kas ūdensobjekta spoguļa virsmu neaizpilda ar tuvāk esošo šūnu vērtībām, bet vietu atstāj tukšu.

Iegūtie rastra dati, kas satur gan savstarpēji saistītus, gan nesaistītus grāvju tīkla elementus ar dažāda veida trokšņiem tajos, konvertēti uz vektoru formātu. Tālākā vektordatu apstrāde veikta ArcGIS vidē, veicot laukuma aprēķinus iegūtajiem poligoniem, kā arī veikta to nogludināšana, saglabājot to platību, kā arī sākuma un beigu koordinātas. Pēc iegūto platību vērtībām, veikta pirmreizējā datu filtrēšana, pieņemot, ka poligoni ar platību līdz 5 m² uzskatāmi par “trokšņa” vērtību.

Poligonu centra līnijas, kuras reprezentē grāvju tīklu un tā elementus, iegūtas ArcMap 10.6. paplašinājuma ArcScan vidē, ņemot vērā vairākus faktoros - maksimālais poligona platums, leņķis un rādiuss savienojuma identificēšanai. Šī procesa laikā arī veikta nākamā filtrēšana, atbrīvojoties no 75% objektu, kuri uzskatāmi par troksni, kas radies analīzes procesā (6. attēls). Pēc šī procesa, veikta trešā filtrēšana, izmantojot 20 m platas buferjoslas ap grāvjiem, tādā veidā identificējot grāvja tīkla elementus, kuri atrodas ne tālāk kā 40 m viens no otra. Šī procesa rezultātā nosakāms, kuri grāvji, iespējams, veido grāvju tīklu, kā arī ir veicama atbrīvošanās no grāvju elementiem, kuri ir īsāki par 50 m un neatrodas garāka grāvja, vai grāvju tīkla tuvumā.



6. attēls. Grāvju dešifrēšanas darba gaitas piemērs

Tālākās darbības veicamas, lai panāktu grāvju tīkla nepārtrauktību, aizpildot iztrūkstošos posmus, gadījumos, ja tādi ir izveidojušies. ArcScan vidē starp grāvju tīkla elementiem aizpildītas nelielas, līdz 10 m lielas atstarpes, veicot šo posmu savienošānu 20 grādu leņķī. Koriģētajiem grāvju vektoriem vēlreiz piešķirta 5 m buferjosla, ar mērķi atbrīvoties no grāvju segmentiem, kuri ir īsāki par 50 m un to tiešā 10 m tuvumā neatrodas lielāks objekts.

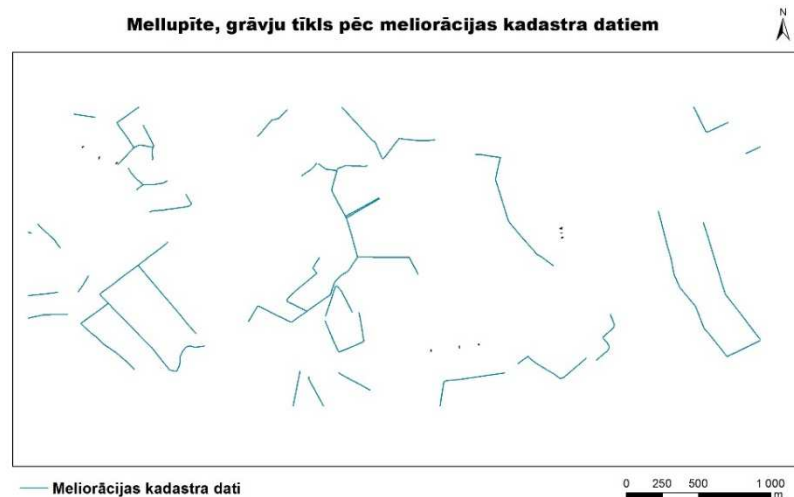
Meliorācijas sistēmu tehniskā stāvokļa novērtēšanai izmantojami reljefa modeļi identificētie grāvji. Uz grāvjiem ar soli 50 m tiek uzstādīta perpendikulāra līnija, kuras atrašanās vietā arī šķērsprofils tiek uzmērīts. Balstoties uz šķērsprofila novirzēm no regulāras formas DEM, kā arī DSM iespējams vērtēt, vai meliorācijas sistēma ir nepieļaujamā tehniskā stāvoklī.

REZULTĀTI

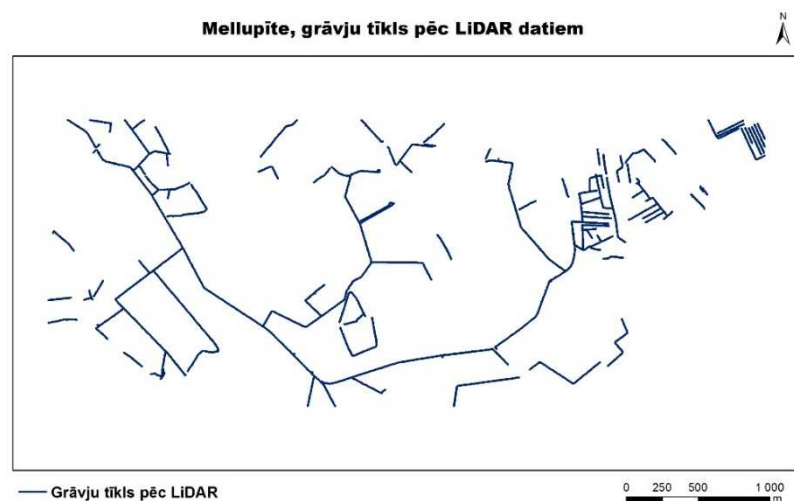
Meliorācijas sistēmu dešifrēšana, izmantojot LiDAR datus

Lāzerskenēšanas datu apstrādes rezultātā iegūtais grāvju tīkls pirmkārt ir salīdzināts ar ZMNĪ meliorācijas kadastra informāciju, kas kalpo kā vienīgā reference darbā ar lauksaimniecības zemju meliorācijas sistēmām.

Salīdzinot abas datu kopas Mellupītes parauglaukumā, kā arī, ņemot vērā lauka apsekojumā reģistrēto informāciju, panākts, ka dešifrēti ir visi grāvji, kuru dziļums pārsniedz 30 cm dziļumu. Līdz ar to, ir uzskatāms, ka LiDAR datus identificēts grāvis ar dziļumu sākot no 30 cm, būs sastopams arī uz lauka (7. attēls un 8. attēls). Turpretī meliorācijas kadastra datus esošie grāvji var būt ar 100% aizsērējumu, un nespēj pildīt savu funkciju. Šādus grāvjus izdevās identificēt arī teritorijas lauka apsekojumu laikā teritorijas austrumu daļā, kura ir pārpurvojusies.

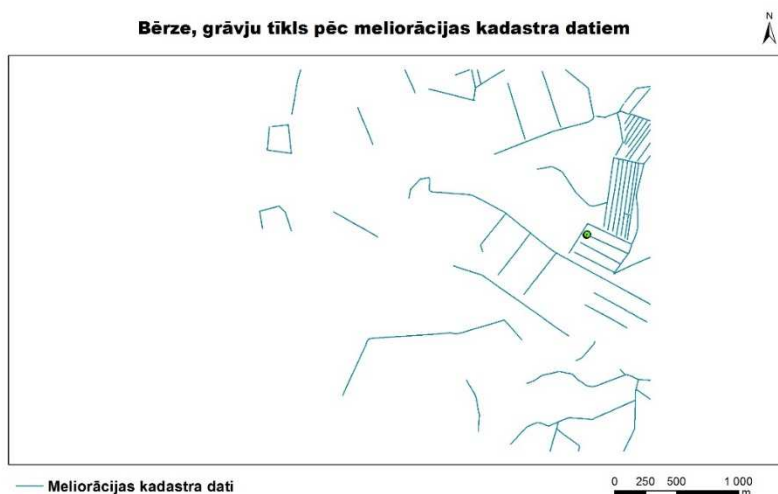


7. attēls. Parauglaukuma Mellupīte grāvju tīkls pēc meliorācijas kadastra datiem

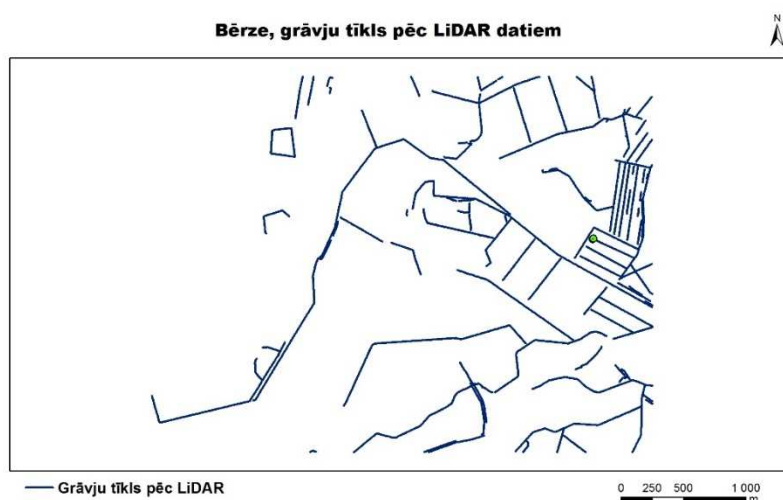


8. attēls. Parauglaukuma Mellupīte grāvju tīkls pēc LiDAR datiem

Bērzes parauglaukumā, līdzīgi kā Mellupītē, ir sastopamas ne tikai lauksaimniecībā izmantojamās zemes, kas redzams arī identificēto meliorācijas sistēmu datos (9. attēls un 10. attēls). Šajā gadījumā ir identificēti arī grāvji, kuri atrodas meža zemēs, kā arī teritorijas austrumu daļā redzams, ka daži grāvji ir meliorācijas kadastra datos, bet LiDAR datos tie netiek identificēti. Lauka apsekojumos konstatēts, ka šie grāvji dabā vairs nav atrodami un savu funkciju nepilda.



9. attēls. Parauglaukuma Bērze grāvju tīkls pēc meliorācijas kadastra datiem



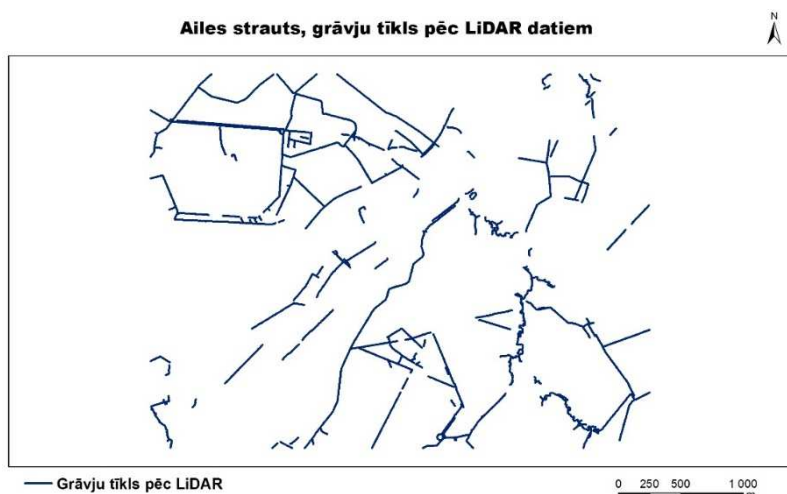
10. attēls. Parauglaukuma Bērze grāvju tīkls pēc LiDAR datiem

Ailes strauta parauglaukumā, līdzīgi kā pārējos, LiDAR datos ir identificēti grāvji, kuri meliorācijas kadastra datos nav iekļauti, bet savu funkciju pilda (11. attēls un 12. attēls). Vadoties pēc iegūtajiem rezultātiem, apstrādājot LiDAR datus ar mūsu izstrādāto metodi, izdevās identificēt par 1,63 reizēm lielāku grāvju tīkla kopgarumu, salīdzinot ar ZMNĪ meliorācijas kadastra datiem. Tajā pašā laikā, mūsu izstrādātajai metodei ir problēmas identificēt ūdensobjektus, kas izveidojušies gravās, kā piemēram, Ailes strauts. Šajā gadījumā no konkrētā strauta identificēti tikai atsevišķi segmenti, kas saistāms ar tā plašo palieni un

meandrējošo tecējumu, bez izteiktas gultnes. Šajā gadījumā strauts nav identificējams arī ar otru izmantoto pieeju, kas balstās uz atstarojumu no ūdens virsmas.



11. attēls. Parauglaukuma Ailes strauts grāvju tīkls pēc meliorācijas kadastra datiem



12. attēls. Parauglaukuma Ailes strauts grāvju tīkls pēc LiDAR datiem

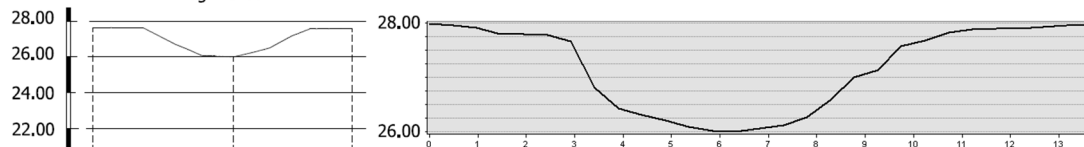
Meliorācijas sistēmu tehniskā stāvokļa novērtējums

Meliorācijas sistēmu tehniskā stāvokļa novērtējums veikts, izmantojot digitālā reljefa modeļa (DEM) un digitālā virsmas modeļa analīzi (DSM), salīdzinājumā ar topogrāfiskās uzmērīšanas rezultātiem. Katrā no pētījuma objektiem ir uzmērīti grāvju šķēršprofili tipiskos to posmos, kas vadoties pēc to novirzes no regulāras formas, var dot pamatu grāvi klasificēt kā sliktā vai nepieļaujama stāvokļa.

Ailes straucha parauglaukuma pētījumu objektos esošo grāvju dziļums, salīdzinot topogrāfiskos uzmērījumus ar LiDAR, visos gadījumos ir vai nu vienāds, vai arī DEM veiktajos mērījumos tas ir līdz 20 cm mazāks, bet to platums topogrāfiskajos uzmērījumos ir līdz 50 cm lielāks. Objektu tehniskais stāvoklis vērtējams kā slikts (13. attēls un 14. attēls).

Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķēršprofils Nr.1 (1.vieta)

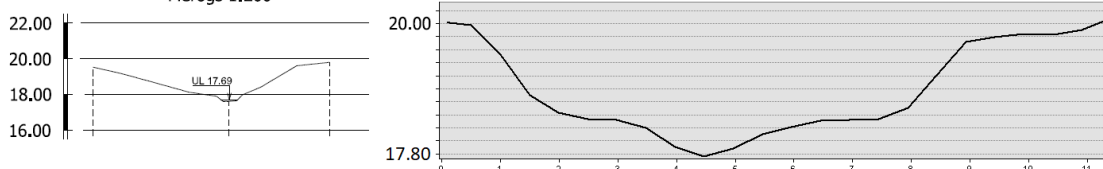
Mērogs 1:200



13. attēls. Ailes straucha parauglaukumā esošo grāvju šķēršprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķēršprofils Nr.1 (2.vieta)

Mērogs 1:200

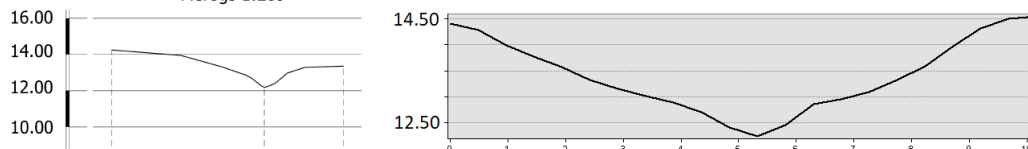


14. attēls. Ailes straucha parauglaukumā esošo grāvju šķēršprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

Salīdzinot šķēršprofilus Bērzes parauglaukumā, secināms, ka no lāzerskenēšanas datiem iegūto šķēršprofilu parametri (platums un dziļums) ir gandrīz identiski ar uzmērītajiem šķēršprofiliem. Vairumā gadījumu, DEM veiktajos mērījumos dziļums ir līdz 20 cm mazāks, nekā topogrāfiski uzmērītajos, bet grāvju platuma atšķirības starp abiem avotiem variē uz abām pusēm. Dažos objektos tas ir lielāks par 0,5 m topogrāfiskajos uzmērījumos, bet dažos – otrādi (15. attēls, 16. attēls un 17. attēls).

Grāvja (Bērze) virsmas šķēršprofils Nr. 1 (1.vieta)

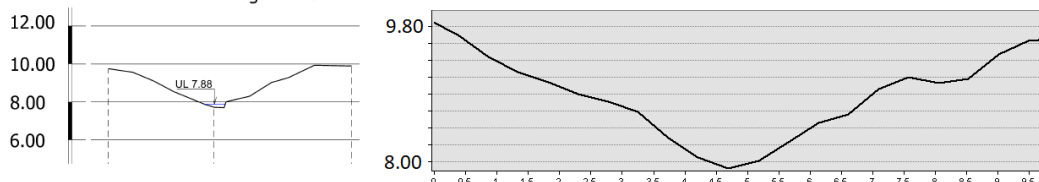
Mērogs 1:200



15. attēls. Bērzes parauglaukumā esošo grāvju, šķēršprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

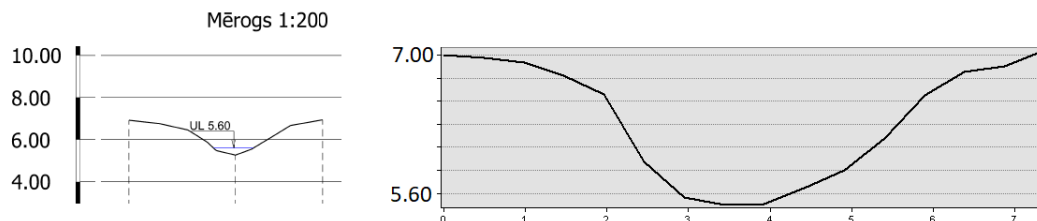
Grāvja (Bērze) virsmas šķēršprofils Nr. 1 (2.vieta)

Mērogs 1:200



16. attēls. Bērzes parauglaukumā esošo grāvju, šķēršprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

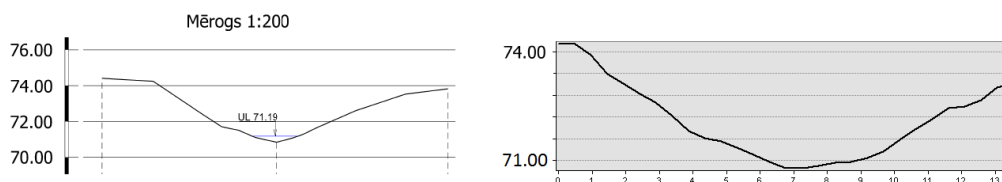
Grāvja (Bērze) virsmas šķērsprofils Nr. 1 (3.vieta)



17. attēls. Bērzes parauglaukumā esošo grāvju, šķērsprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

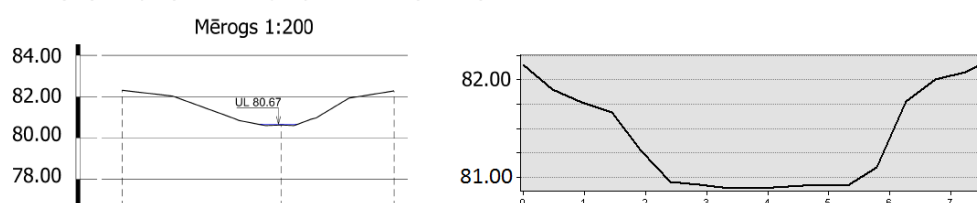
Mellupītes parauglaukumā, līdzīgi kā Ailes strautā un Bērzē šķērsprofilu parametri un grāvja tehniskais stāvoklis ir iegūstams ar līdzīgi augstu kvalitāti (18. attēls un 19. attēls). Tas saistāms ar šo grāvju izmēriem, kas ļauj iegūt pietiekamu blīvumu ar zemes virsas atstarojuma punktiem. Šajos objektos, līdzīgi kā Ailes strautā un Bērzē, iegūtais grāvju dziļums salīdzinot abas metodes, dažos šķērsprofilos ir līdz 20 cm mazāks DEM veiktajos mērījumos, savukārt platuma atšķirības variē uz abām pusēm līdz 0,5 m.

Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils Nr. 1 (1.vieta)



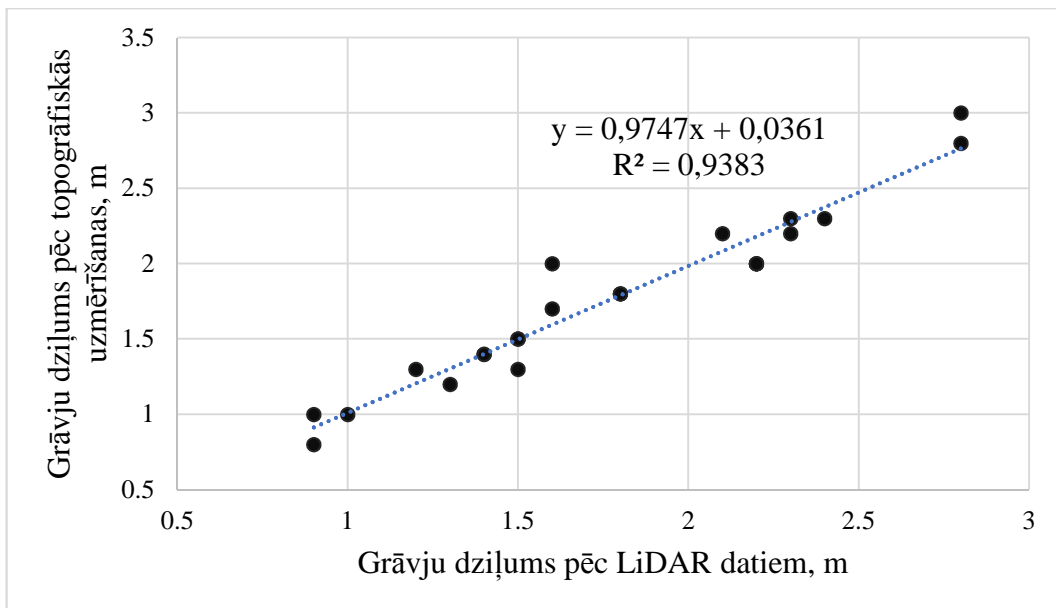
18. attēls. Mellupītes parauglaukuma grāvju šķērsprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils Nr. 2 (3.vieta)

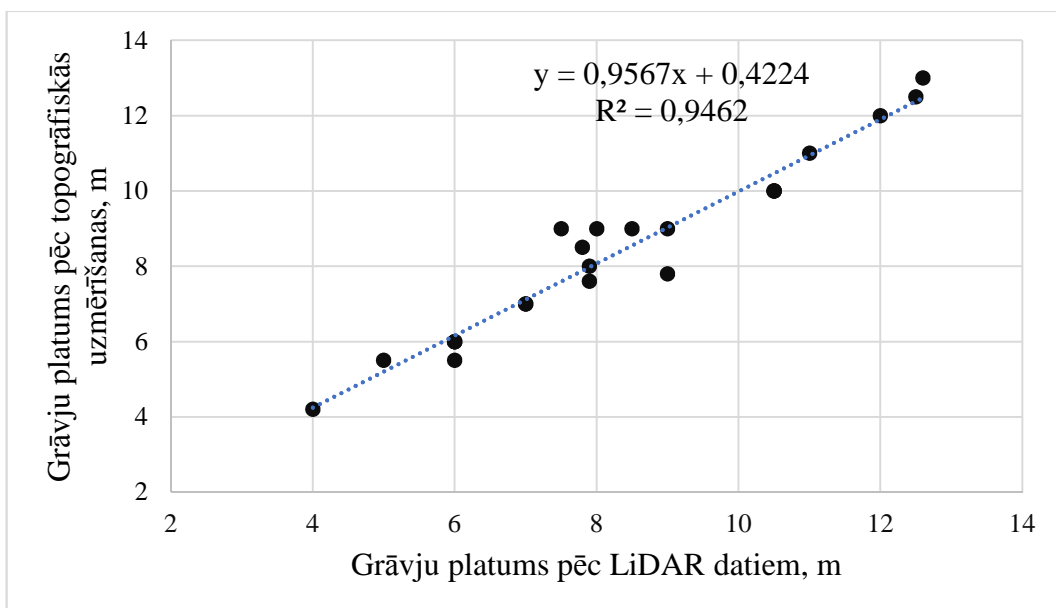


19. attēls. Mellupītes parauglaukuma grāvju šķērsprofili pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un LiDAR datiem

Salīdzinot iegūtos grāvju parametrus, platumu un dziļumu, visos pētījumu objektos, secināms, ka dziļumam LiDAR datos ir tendence būt nedaudz mazākam nekā topogrāfiskajos mērījumos, ar korelācijas koeficientu 0,9383 (20. att). Grāvju platums uzrāda pretēju tendenci – ar korelācijas koeficientu 0,9462 LiDAR veiktajos mērījumos tas ir vidēji par 0,25 cm lielāks, nekā topogrāfiskajos mērījumos, kas skaidrojams ar ģenerētā DEM izšķirtspēju, kas ir 0,5 m, kā arī laika nobīdi starp lāzerskenēšanas datu ieguves laiku un veiktajiem mērījumiem dabā, kas attiecināms arī uz grāvju dziļumu nelielajām atšķirībām (21. att.).



20. attēls. Visu pētījuma objektu grāvju dziļumu salīdzinājums pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un izmantojot LiDAR datus



21. attēls. Visu pētījuma objektu grāvju platumu salīdzinājums pēc topogrāfiskās uzmērīšanas un izmantojot LiDAR datus

DISKUSIJA

Pētījumos Beļģijā (Roelens et al. 2018), lai identificētu grāvju tīklu un tā elementus, izmantota līdzīga metode, kā mūsu pielietotā. Šajā pētījumā visa paraugteritorija ir apsekota dabā, un veikta pilna grāvju tīkla apsekošana, iegūstot korektus references datus. Šajā pētījumā korekti identificēti līdz pat 90% grāvju tīkla elementu. Neizdevās identificēt 8% no esošā grāvju tīkla kopgaruma, bet 5% noteikti kļūdaini. Mūsu gadījumā, korekti references dati netika iegūti lauka apsekojumu laikā, līdz ar to, salīdzinājums veicams ar meliorācijas kadastra datiem. Starp šīm abām datu kopām, no lāzerskenēšanas datiem iegūts par 1,63 reizēm lielāks grāvju tīkla kopgarums, bet neizdevās identificēt 3 km no Ailes strauta, ņemot vērā sarežģītos vides apstākļus un neizteikto strauta gultni. Būtisks faktors, kas jāņem vērā salīdzinot mūsu pētījumu ar Beļģijā veikto, ir LiDAR punktu blīvums un iegūšanas princips. Mūsu gadījumā izmantoti Latvijas Ģeotelpiskās Informācijas Aģentūras LiDAR dati, kuri iegūti plānveidā lielākajai daļai valsts teritorijas, turpretī Beļģu pētnieki veikuši individuālo lidojumu ar bezpilota lidaparātu, iegūstot augstāku punktu blīvumu.

Grāvju tehniskais stāvoklis izmantojot ģeotelpisko informāciju raksturots vairākos pētījumos (Bailly et al. 2011; Hoorshay et al. 2015; Roelens et al. 2017). Visos šajos pētījumos, izņemot Roelens et al. 2017, salīdzināti dziļu grāvju šķērsprofili lauksaimniecības zemēs, bet šīs darbības veiktas manuāli, bez paša grāvju tīkla identificēšanas. Roelens et al. 2017 grāvju tehnisko stāvokli novērtēja izmantojot no bezpilota lidaparāta iegūtu multispektrālo ainu analīzi, kā arī ļoti augstas izšķirtspējas LiDAR datus. Šajā gadījumā, esot pieejamām multispektrālajām ainām ļoti augstā izšķirtspējā, bija iespējams noteikt grāvju aizaugumu un ūdens esamību tajos. Mūsu gadījumā izmantots DEM un DSM, kā arī ortofoto ainas. Kvalitatīvākai tehniskā stāvokļa novērtēšanai būtu nepieciešamas augstas precizitātes multispektrālās ainas.

SECINĀJUMI

Pielietotā metode un pieejamo datu kvalitāte, balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, ir atbilstoša Latvijas apstākļiem. Tās izmantošana plašākās teritorijās, ārpus šī pētījuma parauglaukumiem, ļautu identificēt funkcionējošu un daļēji funkcionējošu meliorācijas sistēmu atrašanās vietas, ar augstu precizitāti – iegūtie grāvju vektordati lielākajā daļā gadījumu atrodas grāvja vidusdaļā vai dziļākajā tā vietā, kas šos datus ļauj izmantot dažādos hidroloģiskajos modeļos, kā arī plūdu riska modelēšanā. Iegūtie caurteku dati šajā pētījumā, ierobežotas datu kopas ietvaros, ir ar aptuveni 50% precizitāti, tādēļ pie šo datu ieguves metodikas nepieciešams turpināt pētījumus, izmantojot arvien vairāk attālās izpētes datu avotu.

Meliorācijas tehniskā stāvokļa pētījumi paraugteritorijās, izmantojot lāzerskenēšanas datus, uzrādīja augstu precizitāti, salīdzinot ar topogrāfisko uzmērīšanu, tādēļ ir pamats apgalvot, ka šāda pieeja meliorācijas tehniskā stāvokļa vērtēšanā ir izmantojama arī plašākā mērogā lauksaimniecības zemēs. Turpmākie pētījumi veicami arī meža zemēs, novērtējot šīs metodikas pielietojumu sarežģītākos apstākļos.

Turpmākos pētījumus plānots veikt, izmantojot šī pētījuma ietvaros iegūtos meliorācijas sistēmu datus, lauksaimniecības zemju plūdu riska modelēšanā, ar mērķi izpētīt esošo meliorācijas sistēmu funkcionētspēju intensīvu nokrišņu apstākļos klimata pārmaiņu kontekstā. Darbs turpināsies arī pie esošās metodikas uzlabošanas, īpaši pie caurteku identificēšanas metodikas uzlabošanas.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Anderson E.S., Thompson J.A., Crouse, D.A., Austin, R.E. 2006. Horizontal resolution and data density effects on remotely sensed LIDAR-based DEM. *Geoderma* 132(3-4), 406-415.
- Bailly, J.S., Levavasseur, F., Legacherie, P. 2011. A spatial stochastic algorithm to reconstruct artificial drainage networks from incomplete network delineations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13, 853-862.
- Cazorzi, F., Fontana, G.D., Luca, A.D., Sofia, G., Tarolli, P. 2013. Drainage network detection and assessment of network storage capacity in agrarian landscape. *Hydrol. Process.* 27, 541–553.
- Heine, R. A., Lant, C. L., Sengupta, R. R. 2004. Development and comparison of approaches for automated mapping of stream channel networks, *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, 94(3), 477–490.
- Herzon, I., Helenuis, J. 2008. Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning. *Biological Conservation* 141, 1171-183.
- Lashermes, B., Foufoula-Georgiou, E., Dietrich, W. E. 2007. Channel network extraction from high resolution topography using wavelets, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L23S04.
- Le, P.V., Kumar, P. 2014. Power law scaling of topographic depressions and their hydrologic connectivity, *Geophys. Res. Lett.* 41, 1553–1559.
- Levasseur, F., Lagacherie, P., Bailly, J.S., Biarnes, A., Colin, F. 2014. Spatial modeling of man-made drainage density of agricultural landscapes. *Journal of Land Use Science* 10(3), 256-276.
- Moussa, R., Voltz, M., Andrieux, P. 2002. Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological Processes* 16, 393-412.
- Passalacqua, P., Tarolli, P., Foufoula-Georgiou, E. 2010. Testing space-scale methodologies for automatic geomorphic feature extraction from lidar in a complex mountainous landscape, *Water Resour. Res.*, 46,W11535.
- Rapinel, S., Hubert-Moy, L., Clément, B., Nabucet, J., Cudennec, C. 2015. Ditch network extraction and hydrogeomorphological characterization using LiDAR-derived DTM in wetlands. *Hydrol. Res.* 46, 276.

- Roelens, J., Dondeyne, S., Van Orshoven, J., Diels, J. 2016. Extracting cross sections and water levels of vegetated ditches from LiDAR point clouds. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 53, 64-75.
- Roelens, J., Höfle, B., Dondeyne, S., Van Orshoven, J., Diels, J. 2018. Drainage ditch extraction from airborne LiDAR point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 146, 409-420.
- Roelens, J., Rosier, I., Dondeyne S., Van Orshoven, J., Diels, J. 2018. Extracting drainage networks and their connectivity using LiDAR data. *Hydrological Processes* 32(8), 1026-1037.
- Roelens, J., Van Orshoven, J., Dondeyne, S., Diels, J. 2017. Extraction and connection of artificial drainage networks in agricultural areas using LiDAR data. *Communications in agricultural and applied biological sciences. National Symposium on Applied Biological Sciences*. Leuven, Belgium, 19-19.
- Sofia, G., Fontana, G.D., Tarolli, P. 2014. High-resolution topography and anthropogenic feature extraction: testing geomorphometric parameters in floodplains: LiDAR dtms and anthropogenic feature extraction. *Hydrol. Process*. 28, 2046–2061.
- Sofia, G., Tarolli, P., Cazorzi, F., Dalla Fontana, G. 2011. An objective approach for feature extraction: distribution analysis and statistical descriptors for scale choice and channel network identification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 1387–1402.
- Tarboton, D. G., Ames, D. P. 2011. Advances in the mapping of flow networks from digital elevation data. *Proceedings of World Water and Environmental Resources Congress*, Orlando, Florida.



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTA 2. DARBA UZDEVUMA IZPILDI

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Meliorācijas ietekmes novērtēšana klimata pārmaiņu (plūdu riska) mazināšanā

DARBA UZDEVUMS Esošo meliorācijas sistēmu identifikācija un tehniskā stāvokļa novērtēšana, izmantojot ģeotelpisko informāciju

IZPILDĪTĀJI:

Jovita Pilecka
Olga Frolova
Kristīne Valujeva
Sandija Ozoliņa
Kristīne Stendzeniece
Inga Grīnfelde
Laima Bērziņa
Denis Solims
Raivis Intlers

PROJEKTA VADĪTĀJS: Ainis Lagzdiņš

Jelgava 2019

SATURS

ATTĒLU SARAKSTS.....	3
IEVADS	6
1. MELIORĀCIJAS SISTĒMAS VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI	8
2. GRĀVJU APSEKOŠANA.....	11
MELLUPĪTE	12
AILES STRAUTS	25
BĒRZE	34
3. UZMĒRĪŠANAS DARBI PROJEKTA TERITORIJĀS.....	45
4. VĒSTURISKĀS INFORMĀCIJAS IZPĒTE	47
SECINĀJUMI UN IETEIKUMI.....	54
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	55

ATTĒLU SARAKSTS

1. att. Apsektie grāvju posmi Mellupītē.....	12
2. att. 1. vieta Mellupītē.	13
3.att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 1.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	13
4. att. Caurteka Mellupītes 1.vietā.....	14
5. att. Grāvja aizaugums Mellupītes 1. vietā.....	14
6.att. Grāvja aizaugums Mellupīte 1.vietā skatā no pārgāznes.	15
7. att. Pārgāzne Mellupītes 1. vietā.	16
8. att. Skats no pārgāznes uz grāvja turpinājumu Mellupītes 1. vietā.....	17
9. att. Otra caurteka pirms pārgāznes Mellupītes 1. vietā.	17
10. att. Caurteka Mellupītes 1.vietas beigās.....	18
11. att. 2. vieta Mellupītē.	18
12. att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 2.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	19
13.att. Sākuma caurteka Mellupītes 2. vietā.....	19
14. att. Skats uz Mellupītes 2.vietas grāvi no sākuma caurtekas.	20
15. att. Skats uz Mellupītes 2. vietas grāvi, koordinātas LKS92 E 393992.4555; N 261378.5310.	20
16. att. Skats uz Mellupītes 2. vietas grāvi no beigu caurtekas.....	21
17. att. Beigu caurteka Mellupītes 2.vietā.....	21
18. att. 3. vieta Mellupītē.	22
19. att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 3.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	22
20. att. Mellupītes 3.vietas grāvja sākums.....	23
21. att. Mellupītes 3.vietas grāvja turpinājums.....	24
22. att. Ūdens uzstādījums Mellupītes 3.vietā pirms bebru aizsprosta.	24
23. att. Apsektie posmi Ailes strauta izmēģinājumteritorijā.....	25
24. att. 1. vieta Ailes strautā.	26
25. att. Drenu kolektoru izvietojums Ailes strauta 1.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).....	26
26. att. Skats uz Ailes strauta 1. vietas grāvja sākumu.	27
27. att. Ailes strauta 1. vietas grāvis - ieaudzis kokos un krūmos.....	28

28.att. Ailes strauta 1. vietas ūdens tece pirms mednieku torņa.....	28
29. att. Mednieku tornis pār Ailes strauta 1. vietas grāvi.	29
30. att. 2. vieta Ailes strautā.	29
31. att. Drenu kolektoru izvietojums Ailes strauta 2.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).....	30
32. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvja beigām.	30
33. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvja turpinājumu.	31
34. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvi aiz bebru aizsprosta.	31
35. att. Bebru aizsprosts Ailes strauta 2.vietā.....	32
36. att. Ailes strauta 2.vietas grāvis pirms bebru aizsprosta.....	32
37. att. Drenu kolektors aiz bebru aizsprosta grāvja labajā krastā.	33
38. att. Skats uz Ailes strauta 2. vietas grāvi no grāvja sākuma.....	33
39. att. Apsekotie grāvju posmi Bērzē.	34
40. att. 1. vieta Bērzē.	35
41. att. Drenu kolektoru izvietojums Bērzes 1. vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	35
42. att. Bērzes 1.vietas grāvja sākuma caurteka.	36
43.att. skats caur Bērzes 1.vietas grāvja sākuma caurteku.....	37
44. att. Skats uz Bērzes 1. vietas grāvi no caurtekas.	38
45.att. Skats no Bērzes 1.vietas grāvja kreisā krasta uz aku un caurteku grāvja sākumā.....	38
46. att. Skats uz Bērzes 1. vietas grāvja beigām, kur veikti tīrīšanas darbi.	39
47. att. 2. vieta Bērzē.	39
48. att. Drenu kolektoru izvietojums Bērzes 2. vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	40
49. att. Bērzes 2.vietas grāvja beigu caurteka.....	40
50. att. Drenu kolektors pirms Bērzes 2.vietas grāvja beigu caurtekas.	41
51. att. Skats uz Bērzes 2. vietas grāvi no grāvja pārtīrītās daļas uz nepārtīrīto daļu.	41
52. att. Skats no Bērzes 2. vietas grāvja sākuma.....	42
53. att. 3.vieta Bērzē.	42
54.att. Drenu kolektoru izvietojums Bērzes 3. Vietā. (Avots: www.melioracija.lv).	43
55. att. Caurteka Bērzes 3. vietas beigās.....	43
56. att. Bērzes 3. vietas skats uz grāvii no tā beigām.....	44
57. att. Bērzes 3.vietas grāvja skats no grāvja sākuma.....	44

58.att. Pozicionēšanas metodes sistēmas darbības princips RTK režīmā (Avots: Mitrofanovs, 2016).....	45
59.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (1. vieta)	48
60.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (1. vieta)	48
61.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (1. vieta)	49
62.att. Grāvja (Bērze) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (3.vieta)	49
63.att. Grāvja (Bērze) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (3.vieta)	50
64.att. Grāvja (Bērze) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (3.vieta)	50
65.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (1. vieta)	51
66.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (1. vieta)	51
67.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (1. vieta)	52
68.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (2. vieta)	52
69.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (2. vieta)	53
70.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (2. vieta)	53

IEVADS

Latvija ietilpst humīdā klimata zonā, kurai raksturīgs augsnes veidošanās process pāmitrinājuma apstākļos. Šādu apstākļu ietekmē veidojas podzelētās, glejotās, gleja, pārpurvotās augsnes. Nozīmīgākajos lauksaimniecības darbu periodos, kas ir pavasara un rudens sezonas, šīs augsnes vairākumā gadījumu ir pārmitras un nepiemērotas mehāniskai apstrādei, kā arī ražas novākšanai (Kļaviņš, 2016). Meliorācijas sistēmas galvenā funkcija ir liekā ūdens novadīšana no platībām, regulējot tajās zemes izmantošanai atbilstošu ūdens režīmu. Mūsu valstī meliorācijas sistēmai ir vairāki statusi – ir valsts meliorācijas sistēma, valsts nozīmes meliorācijas sistēma, kura pieder Zemkopības ministrijai un kuru apsaimniekošanas funkcija ir nodota VSIA “Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” (ZMNĪ). Tad seko zemākas kategorijas – pašvaldību, pašvaldības nozīmes koplietošanas, koplietošanas un viena īpašuma meliorācijas sistēmas. No valsts nozīmes ūdensnoteku 13 700 kilometriem ik gadu tiek uzturēti tikai 1,4 tūkstoši kilometru, kas ir 10% no nepieciešamā (Latvijas Valsts ceļi, 2018).

Attīstoties lauksaimniecībai, augšņu meliorēšana vairs nedrīkst būt izvēles pasākums, bet gan, tam ir jābūt obligātam (Kļaviņš, 2016). Esošās meliorācijas sistēmas ir jāatjauno – kolektori, caurtekas jāskalo un jāpārbūvē, jāierīko jaunas akas un grāvji jāpārtīra, lai visas šīs būves spētu kalpot atbilstoši tam, kā tas bijis paredzēts. Lai palielinātu grāvju caurvadi (caurplūdumu) un novērstu grāvjiem piegulošo zemes gabalu applūšanu, nepieciešama grāvju gultnes tīrīšana un kopšana, kas sevī ietver grāvju tīrīšanu no sanešiem un atbrīvošanu no aizauguma (augiem, krūmiem un kokiem).

Projekta aktivitāšu veikšanai izvēlētas trīs izmēģinājumteritorijas ar atšķirīgu grāvju tehnisko stāvokli un dimensijām. Katrā no izmēģinājumteritorijām tika izvēlēti trīs grāvju posmi detalizētākai izpētei. Izmēģinājumteritorijas atrodas attiecīgi Saldus novada Zaņas pagastā – Mellupīte, Jelgavas novada Zaļenieku pagastā – Ailes strauts, Dobeles novada Jaunbērzes pagastā – Bērze.

Noslēguma atskaitē tiks sniegta detalizēta informācija par trīs izmēģinājumteritorijās apsekoto grāvju tehnisko stāvokli atbilstoši MK noteikumos Nr.128 “Meliorācijas kadastra noteikumi” noteiktajiem būves tehniskā stāvokļa novērtējuma kritērijiem, kā arī iekļauti pētīto ūdensteču topogrāfisko uzmērījumu rezultāti.

Vēsturiskajos plānos esošā informācija var tikt izmantota informatīvos nolūkos, to izskatot, ir jābūt kritiskam skatījumam, jo var būt nesakritības garenprofilā iezīmētajā gultnē zemes virsmā un norādītajās augstuma atzīmēs, kā arī jāņem vērā neprecizitāte, kas var rasties nosakot konkrētas vietas izvietojumu garenprofila ietvaros. Vēsturiskās augstuma atzīmes ir pārrēķinātas Latvijas augstumu sistēmā (LAS 2000,5). Salīdzināšanai informācija apkopota ar uzmērījumos iegūtajiem datiem. Trīs pētījuma vietās uzrādījās notekas piesērējums atbilstoši vēsturiskajiem datiem, bet pārējās apskatītajā vietās vēsturiskā gultnes atzīme neatšķīrās vai bija augstāk par uzmērīto gultnes atzīmi.

Kritisks skatījums uz vēsturisko informāciju nepieciešams, jo Latvijā trūkst meliorēto zemju inventarizācijas. Pēdējo reizi salīdzinoši plaša mēroga inventarizācija veikta 1987. gadā. Kopumā Lielākie meliorācijas darbi Latvijas teritorijā veikti laika posmā no 1945. gada līdz 1960. gadam un esošā meliorācija palika kā mantojums no Padomju Savienības laikiem, kas labi kalpoja un vēl joprojām kalpo, ja tiek pareizi ekspluatēta un apsaimniekota. Meliorācijas darbu attīstība un stāvoklis katrā nosusināšanas objektā pārdzīvo vairākas attīstības fāzes, kur nozīmīgākās no tām ir:

- a) projektēšana,
- b) būvniecība,
- c) ekspluatācija.

Kopš 90. gadiem meliorēto zemju īpašnieki un apsaimniekotāji pārsvarā gadījumu nepievērš pienācīgu uzmanību meliorācijas sistēmu ekspluatācijas nozīmīgumam, lai tās spētu kalpot pēc iespējas ilgāk. Bieži vien tiek uzskatīts, ka meliorācijas ierīkošana beidzas ar tās izbūvi un ekspluatācija tiek atstāta novārtā (Uiska, 1962).

1. MELIORĀCIJAS SISTĒMAS VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI

1. Grāvju piesērējums

Lielākoties apsekotajos grāvjos to tehniskais stāvoklis ir slikts. Gultnes ir stipri aizaugušas ar kokaugiem vai zāļaugiem. Divās no apsekotajām vietām bija novēroti bebru aizsprosti. Vietās, kur bija bebru aizsprostojumi bija redzams, ka šie aizsprostojumi ir mainījuši normālu ūdens plūsmu un rada jaunas deformācijas, grāvjos, kur bija vērojami bebru aizsprosti ir nepieļaujams grāvju tehniskais stāvoklis. Piesērējums salīdzinot ar izmantoto vēsturisko informāciju novērots Mellupītē 1. vietā Nr.3 profilā 36 cm apmērā (61.att.), kā arī Bērzes 3. vietā profilos Nr.1 un Nr.2 vidēji 6 cm apmērā (62.att. un 63.att.). Pārējiem šķērsprofiliem ir novērojams, ka vēsturiskā augstuma atzīme ir virs uzmērītās augstuma atzīmes, kas varētu norādīt uz gultnes izskalošanās procesu, taču jāņem vērā, ka apkopotā vēsturiskā informācija varētu būt neaktuāla. Vislielākā atšķirība novērota Ailes straucha 1. vietā 64 cm apmērā (65.att.).

2. Drenu kolektors

Drenu kolektors ir drenu cauruļvads drenu uzņemto grunts filtrācijas ūdeņu savākšanai un novadīšanai uz ūdensnoteku vai citu drenu kolektoru (Meliorācijas kadastra..., 2019). Ailes straucha 2.vietā bija redzams tikai viens drenu kolektors, kas nebija nostiprināts, skat. 37. att. Bērzes 2. vietā bija ļoti labs drenu kolektors, varēja redzēt, ka šajā vietā nesen bijusi pārbūve. Apsekojot objektus, pārējās vietās, kur bija jābūt drenu kolektoram, tie apsekošanā nebija atrodami, kas liecina par to, ka to tehniskais stāvoklis ir slikts (Meliorācijas kadastra..., 2019).

3. Grāvju nostiprinājumi

Apsekotajās teritorijās atrodami nostiprinājumi bija būvēti nesen un bija ļoti labā stāvoklī. Nepārtīrītajos grāvju posmos nostiprinājumi nebija redzami.

4. Grāvju pieslēgumi

Apsekotās teritorijas sevī neietvēra grāvju pieslēgumus.

5. Caurtekas

Apsekotajos objektos caurteku piesērējumi bija sākot ar ļoti minimāliem beidzot ar piesērējumiem, kas ir vairāk nekā 1/3 no caurtekas caurmēra (skat.10. att. Caurteka Mellupītes 1.vietas beigās. un 55. att. Caurteka Bērzes 3. vietas beigās.). Caurtekas, kuru piesērējums ir 1/3 vai lielāks no caurtekas caurmēra

pieskaita par slihta tehniskā stāvokļa būves. Mellupītes 1. vietā (skat. 9.att.), caurtekas gala siena ir zaudējusi noturību, kas atbilst nepieļaujamam tehniskajam stāvoklim.

6. Kājinieku laipas

Apsekotās teritorijas sevī neietvēra kājinieku laipas.

7. Pārbrauktuves

Apsekotās teritorijas sevī neietvēra pārbrauktuves.

8. Grāvju aizaugums

Gultnes ir stipri aizaugušas ar kokaugiem un zālaugiem. Mellupītes 1.vietā ir tikai zālaugi. Mellupītes 2.vietā un 3.vietā krūmi un zālaugi.

Ailes strauta 1.vietā bija koki, krūmi un zālaugi. Pāri grāvim uzbūvēts mednieku tornis. Ailes strauta 2.vietā krūmi un zālaugi.

Bērzes 1.vietā krūmi un zālaugi. Bērzes 2.vietā zālaugi un krūmi. Bērzes 3.vietā zālaugi un krūmi.

9. Izskalojumi

Apsekotās teritorijas sevī neietvēra izskalojumus.

10. Bebru darbība

Bebru darbība bija redzama divās vietās. Mellupītes 3. vietā kur bija appludināta liela teritorija un bija pārmitra teritorija, skat. 22.att. Otrais bebru aizsprosts bija Ailes strauta 2. vietā, kur bebru uzstādīnājums nebija izgājis ārpus grāvja robežām, bet bija, grāvī uzkrājis, lielu daudzumu ūdens, skat. 35.att.

11. Videi draudzīgie meliorācijas elementi

- a) Mākslīgie mitrāji
- b) Sedimentācijas baseini
- c) Akmeņu krāvumi
- d) Divpakāpju meliorācijas grāvji
- e) Kontrolētā drenāža

Apsekotās teritorijas sevī neietvēra videi draudzīgos meliorācijas elementus.

12. Pārgāzne

Apsekotajā teritorijā bija viena pārgāzne, kas atrodas Mellupītes 1.vietā. Pārgāznes tehniskais stāvoklis ir labs.

1. tabula. Kopsavilkums par meliorācijas sistēmu tehnisko stāvokli.

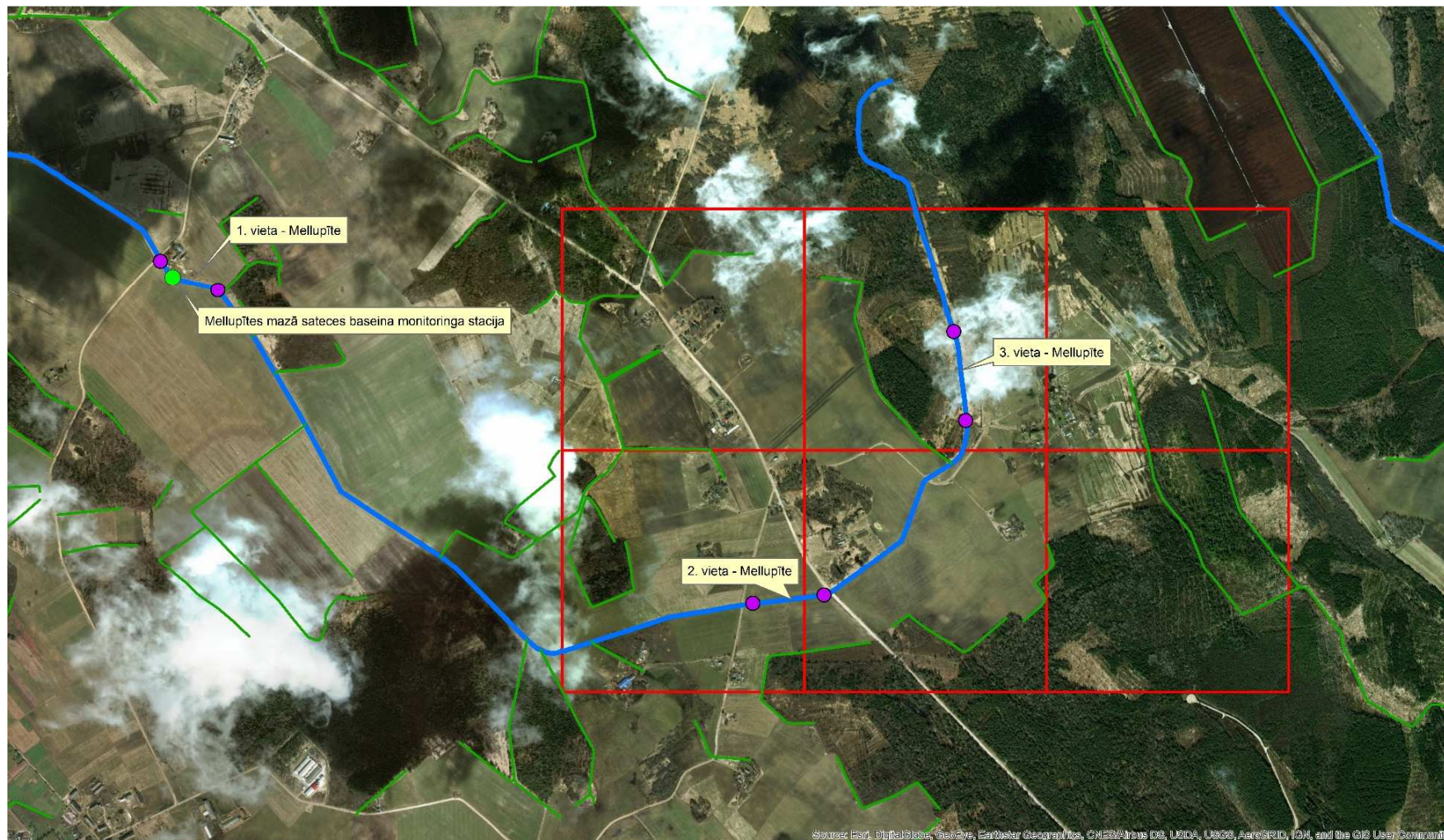
	Grāvju piesērējums	Grāvju aizaugums	Bebru darbība	Grāvju nostiprinājumi	Caurteka	Drenu kolektors	Pārgāzne
Mellupītes 1. vieta (Valsts nozīmes ūdensnoteka)							
Mellupītes 2. vieta (Valsts nozīmes ūdensnoteka)							
Mellupītes 3. vieta (Valsts nozīmes ūdensnoteka)							
Ailes strauta 1. vieta (Koplietošanas novadgrāvis)							
Ailes strauta 2. vieta (Koplietošanas novadgrāvis)							
Bērzes 1. vieta Ceļa grāvis							
Bērzes 2. vieta (Valsts nozīmes ūdensnoteka)							
Bērzes 3. vieta (Susinātājgrāvis)							
	Labs tehniskais stāvoklis						
	Slikts tehniskais stāvoklis						
	Nepieļaujams tehniskais stāvoklis						
	Neatrodas/neietilpst apsekotajā teritorijā						
	Nav identificējams salīdzinot uzmērītos datus un ZMNI vēsturiskos datus						

2. GRĀVJU APSEKOŠANA

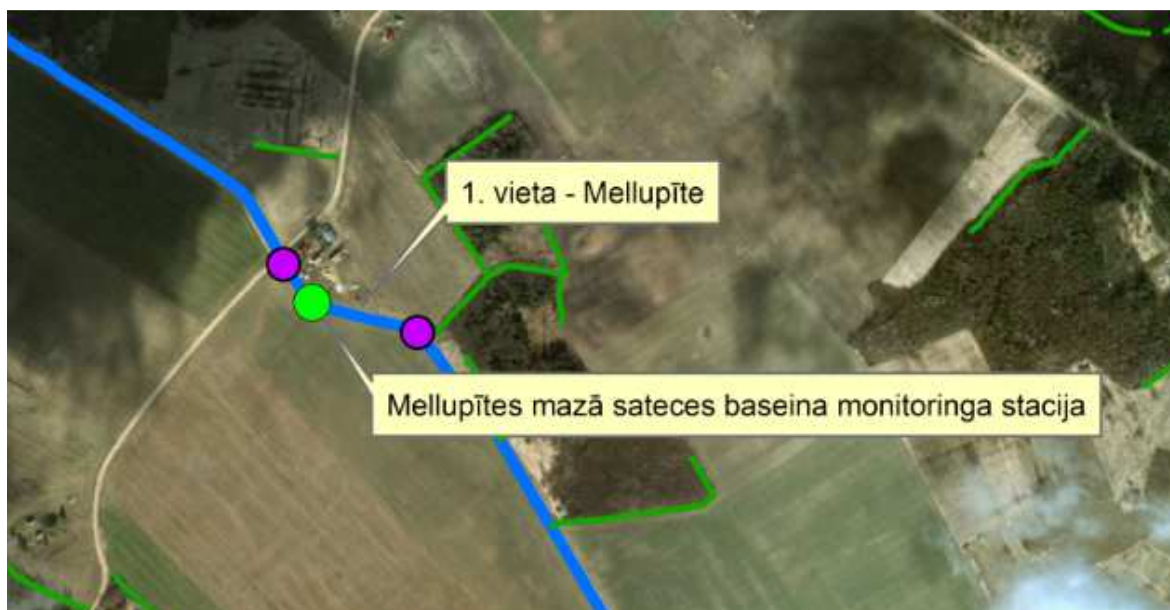
Grāvju apsekošana un grāvju raksturīgo šķērsprofilu uzmērīšana trijās izmēģinājumteritorijās tika veikta 2019. gada 1. jūnijā. Minētie lauku darbi tika veikti sekojošā maršrutā: Mellupīte – Bērze – Ailes strauts.

Grāvju apsekošana veikta, lai vizuāli novērtētu grāvju pašreizējo tehnisko stāvokli. Apsekojot grāvjus, tika konstatēti gan kopti, gan pilnībā aizauguši (koki, krūmi, ūdens augi) grāvju posmi. Apsekojot būvju tehnisko stāvokli, tika konstatēts, ka daļai grāvju ir slikts vai nepieļaujams tehniskais stāvoklis, kas ietver stipri aizaugušas gultnes ar kokiem un krūmiem, kā arī bebru aizsprostus, kas negatīvi ietekmē ūdens plūsmu (Meliorācijas kadastra..., 2019).

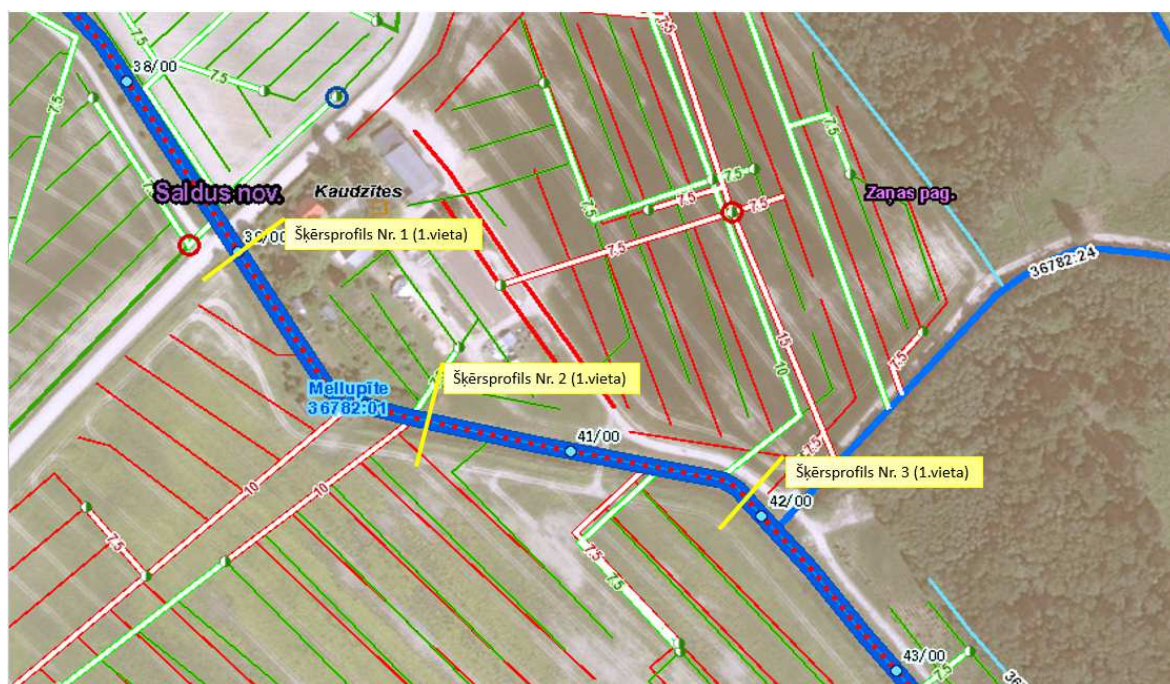
MELLUPĪTE



1. att. Apsektie grāvju posmi Mellupītē.



2. att. 1. vieta Mellupītē.



3.att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 1.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).

Apsekojot Mellupītes izmēģinājumteritorijas 1. vietu, skat.1. att., divām ceļa caurtekām, kuru diametrs ir 140 cm, tika konstatēts 13 cm aizsērējums, skat. 4. att.



4. att. Caurteka Mellupītes 1.vietā.

Pirmās caurtekas koordinātas Mellupītes izmēģinājumteritorijas 1. vietā ir LKS92 (E 391346.5582; N 262805.5852).



5. att. Grāvja aizaugums Mellupītes 1. vietā.

Attēls uzņemts saktā no ceļa caurtekām, attēls uzskatāmi parāda grāvja aizaugumu līdz pārgāznei, skat 1. att. un 5. att.



6.att. Grāvja aizaugums Mellupīte 1.vietā skatā no pārgāznes.



7. att. Pārgāzne Mellupītes 1. vietā.

Pārgāzne ir hidrotehniska būve, kas šķērso ūdens plūsmu un kam pāri plūst ūdens (Meliorācijas kadastra..., 2019). Pārgāzne, kas atrodas Mellupītes 1. vietā, ir labs tehniskais stāvoklis, jo tai nav izskalojumi vai paskalojumi priekšjoslā vai gultnē, pēcjoslā, vai ūdensnotekā. Būvei nav nosēšanās vai nobīdes pazīmes un kopumā tā ir labā tehniskā stāvoklī.



8. att. Skats no pārgāznes uz grāvja turpinājumu Mellupītes 1. vietā.



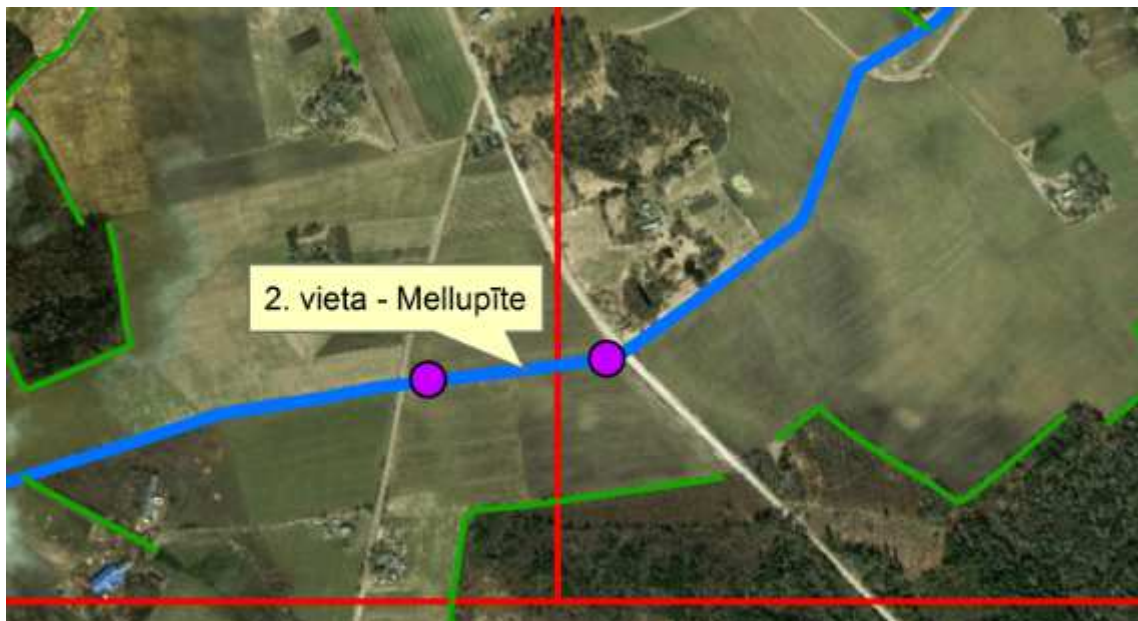
9. att. Otra caurteka pirms pārgāznes Mellupītes 1. vietā.

Caurteka, kas atrodas, pirms pārgāznes ir 140 cm diametrā. Tās aizsērējums ir 15 cm, skat. 9. att.

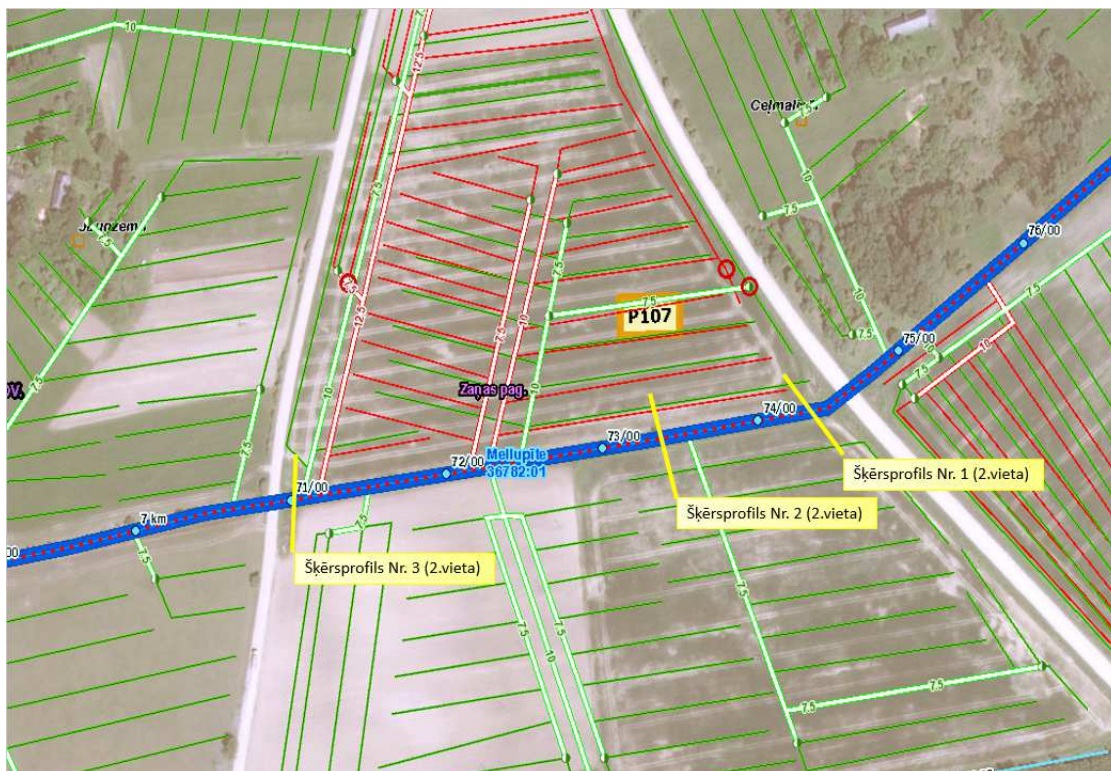


10. att. Caurteka Mellupītes 1.vietas beigās.

Caurteka, kas atrodas Mellupītes objekta 1. vietas beigās, ir ar diametru 30 cm un tās aizsērējums bija 23 cm, skat.10. att.



11. att. 2. vieta Mellupītē.



12. att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 2.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



13.att. Sākuma caurteka Mellupītes 2. vietā.

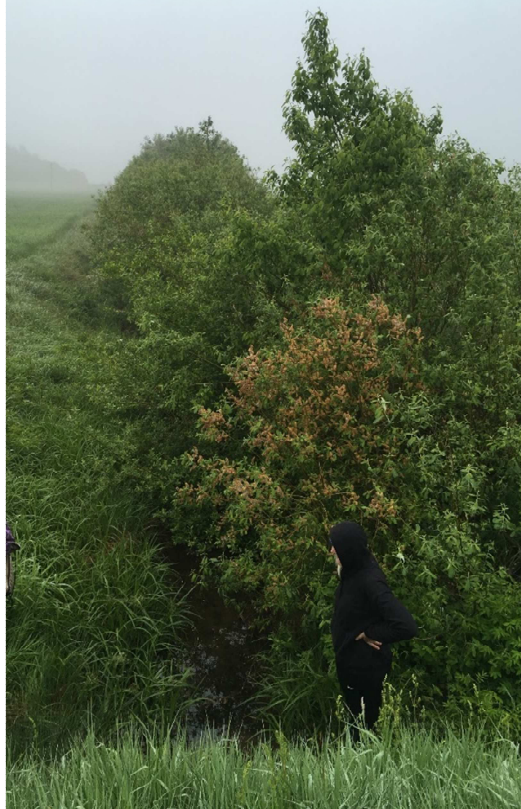
Sākuma caurtekas diametrs Mellupītes 2. vietā ir 93 cm, bet aizaugums 12 cm.



14. att. Skats uz Mellupītes 2.vietas grāvi no sākuma caurtekas.



15. att. Skats uz Mellupītes 2. vietas grāvi, koordinātas LKS92 E 393992.4555; N 261378.5310.

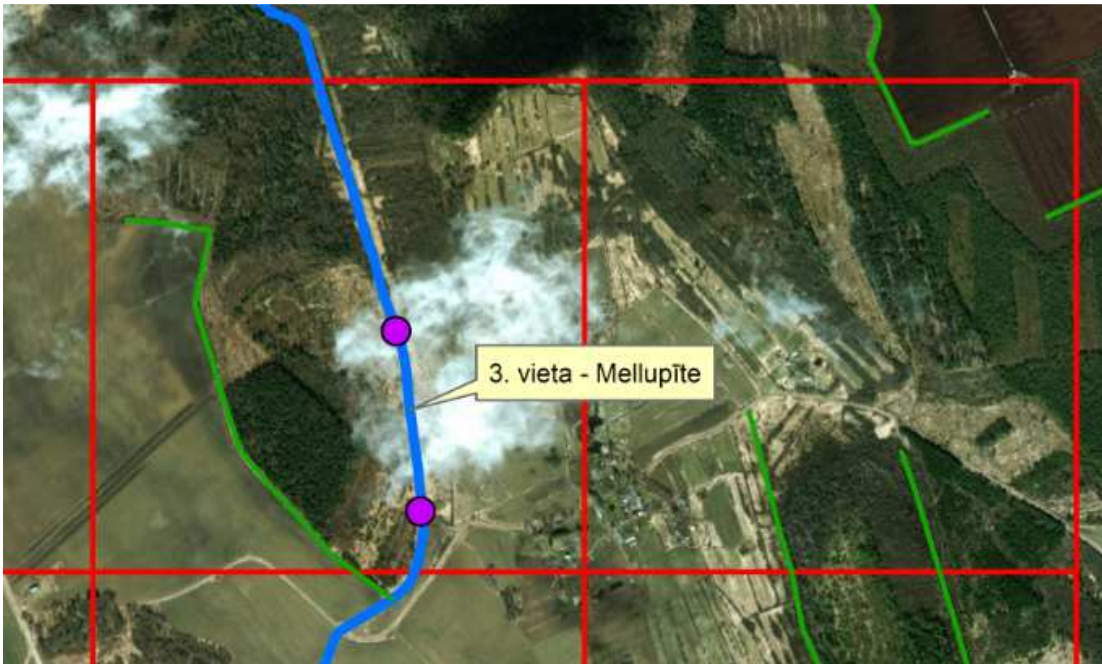


16. att. Skats uz Mellupītes 2. vietas grāvi no beigu caurtekas.

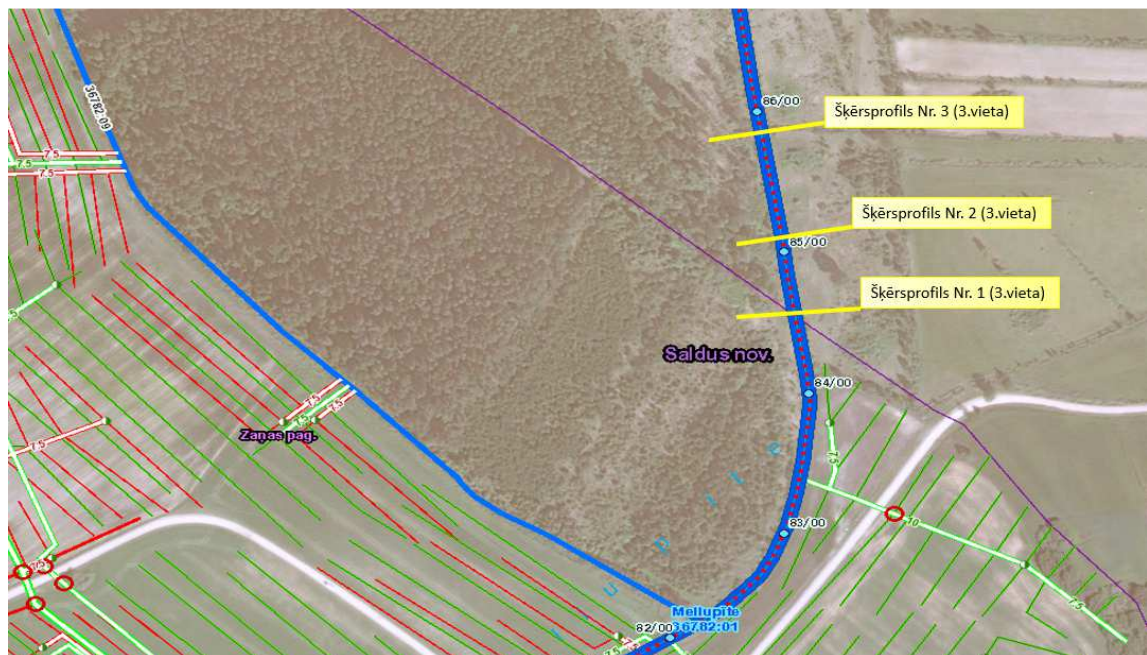


17. att. Beigu caurteka Mellupītes 2.vietā.

Beigu caurtekas diametrs Mellupītes 2.vietā ir 93 cm, bet aizaugums 26 cm.



18. att. 3. vieta Mellupītē.

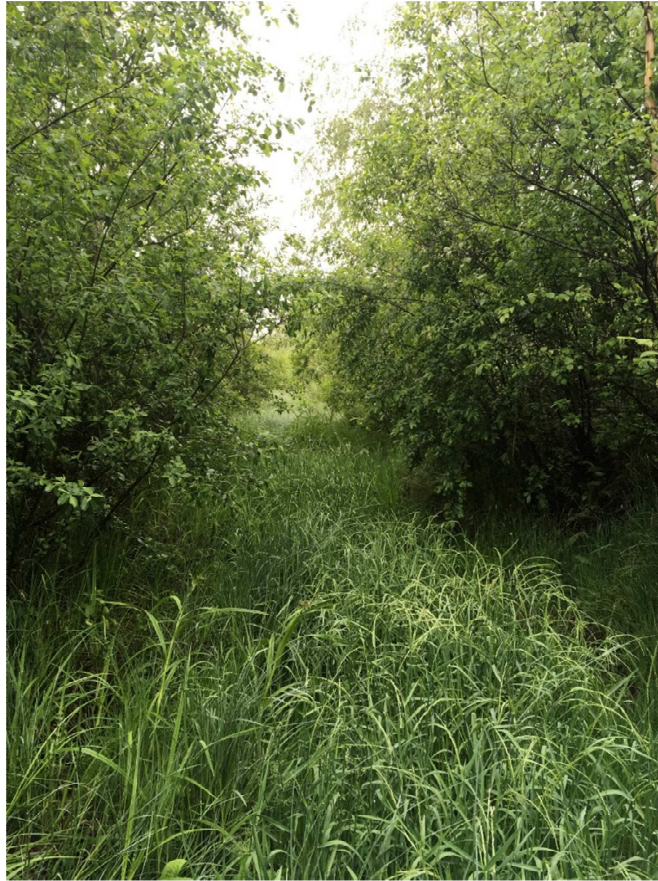


19. att. Drenu kolektoru izvietojums Mellupītes 3.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



20. att. Mellupītes 3.vietas grāvja sākums.

Šis Mellupītes posms nekad nav ticis pārtīrīts, regulēts vai kā citādi ietekmēts.

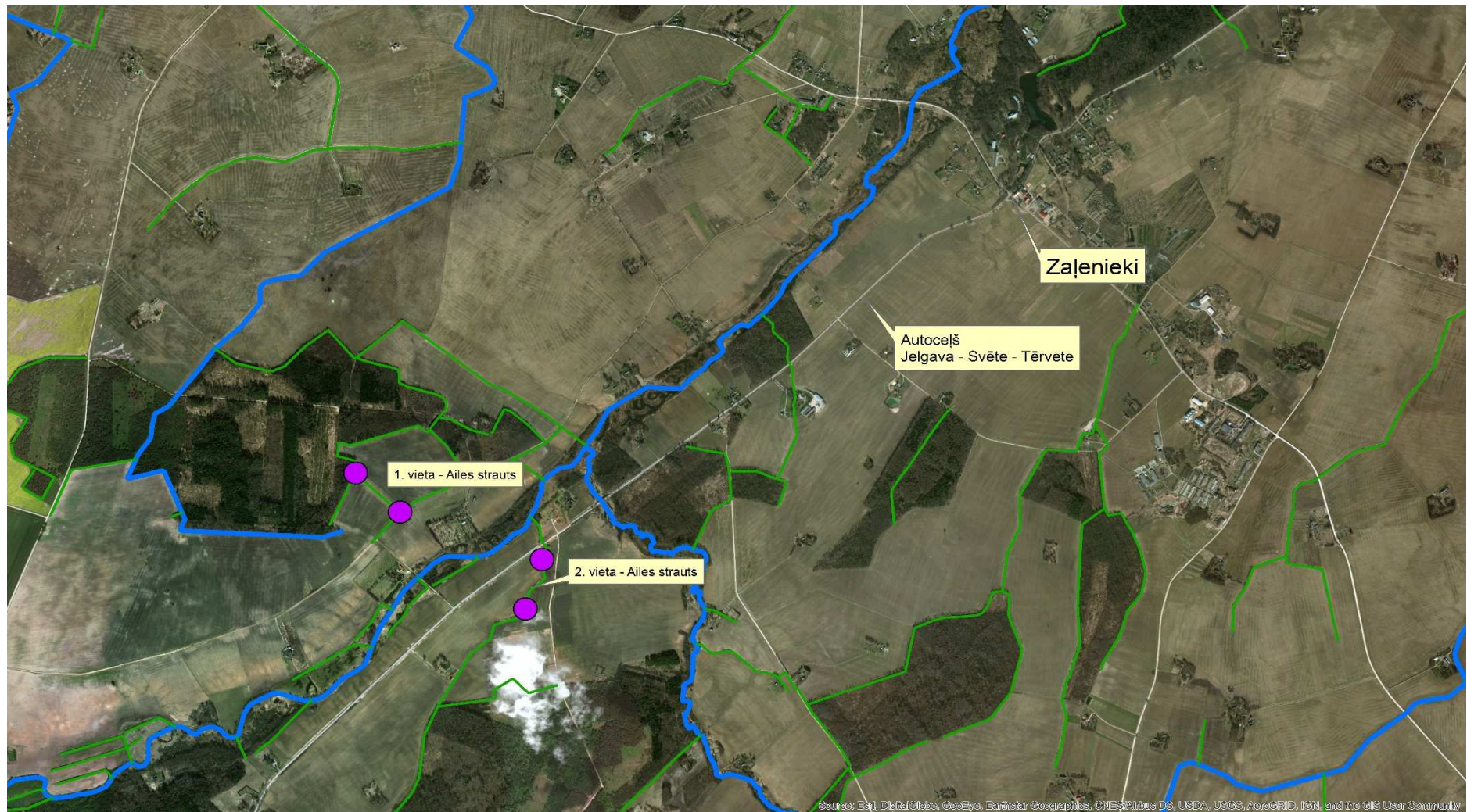


21. att. Mellupītes 3.vietas grāvja turpinājums.

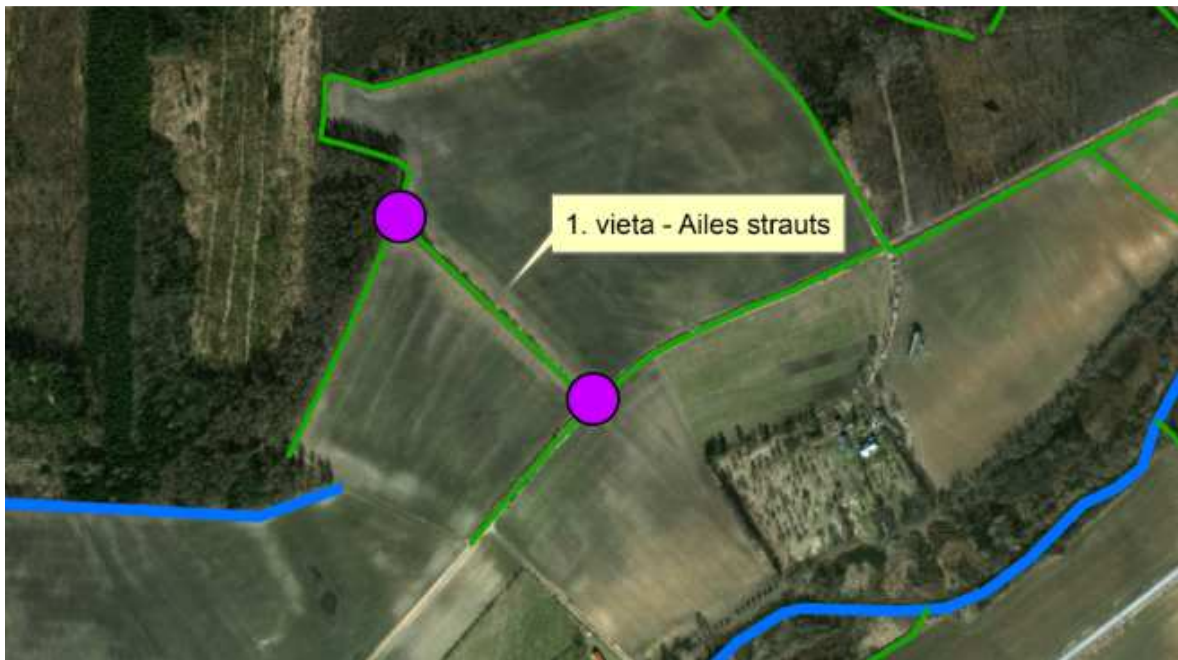


22. att. Ūdens uzstādinājums Mellupītes 3.vietā pirms bebru aizsprosta.

AILES STRAITS



23. att. Apsektie posmi Ailes strauta izmēģinājumteritorijā.



24. att. 1. vieta Ailes strautā.



25. att. Drenu kolektoru izvietojums Ailes strauta 1.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



26. att. Skats uz Ailes strauta 1. vietas grāvja sākumu.

Grāvja aprises šajā objektā nosaka tikai kārklu audzes taisnā līnijā, grāvis sākuma posmā ir pilnībā aizaudzis un gandrīz izlīdzināts, kas norāda, ka tas nav apsaimniekots jau daudzus gadus.



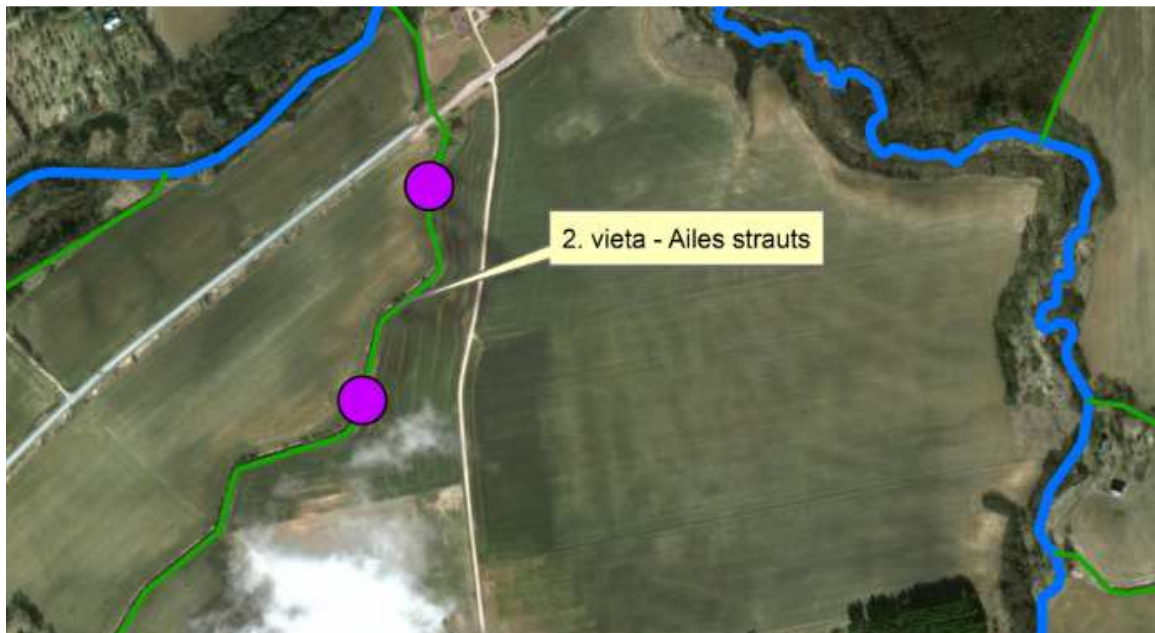
27. att. Ailes strauta 1. vietas grāvis - ieaudzis kokos un krūmos.



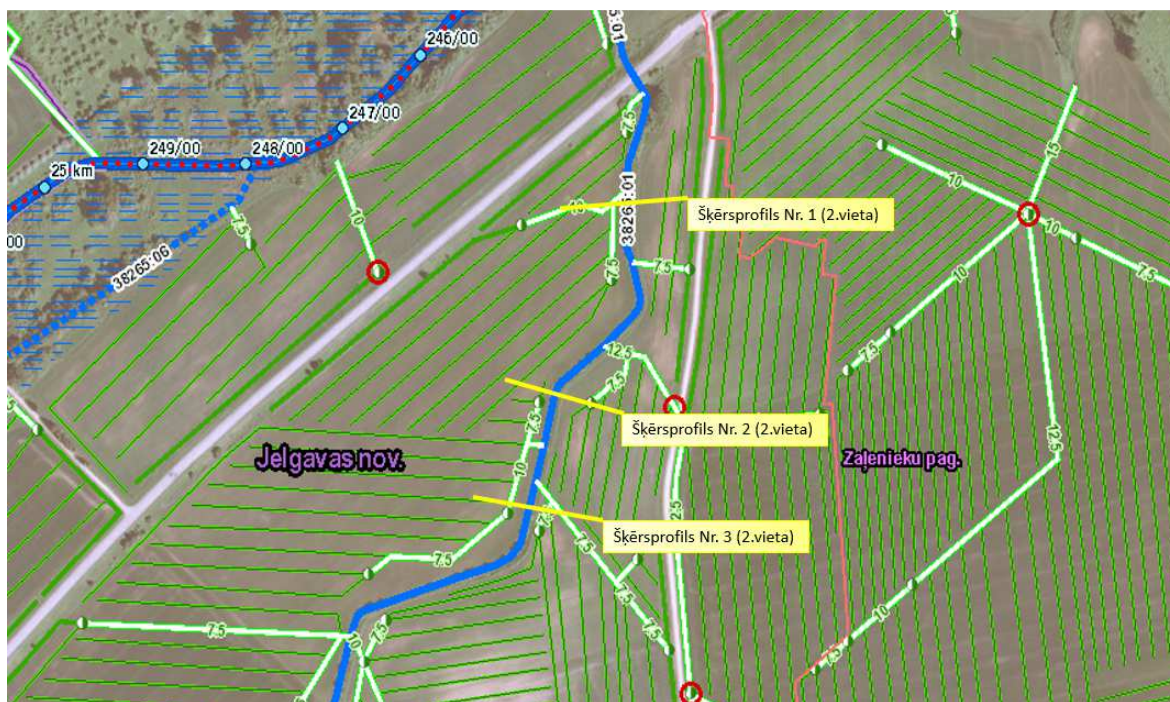
28.att. Ailes strauta 1. vietas ūdens tece pirms mednieku torņa.



29. att. Mednieku tornis pār Ailes straucha 1. vietas grāvi.



30. att. 2. vieta Ailes strautā.



31. att. Drenu kolektoru izvietojums Ailes strauta 2.vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



32. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvja beigām.



33. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvja turpinājumu.



34. att. Skats uz Ailes strauta 2.vietas grāvi aiz bebru aizsprosta.



35. att. Bebru aizsprosts Ailes straucha 2.vietā.



36. att. Ailes straucha 2.vietas grāvis pirms bebru aizsprosta.



37. att. Drenu kolektors aiz bebru aizsprosta grāvja labajā krastā.



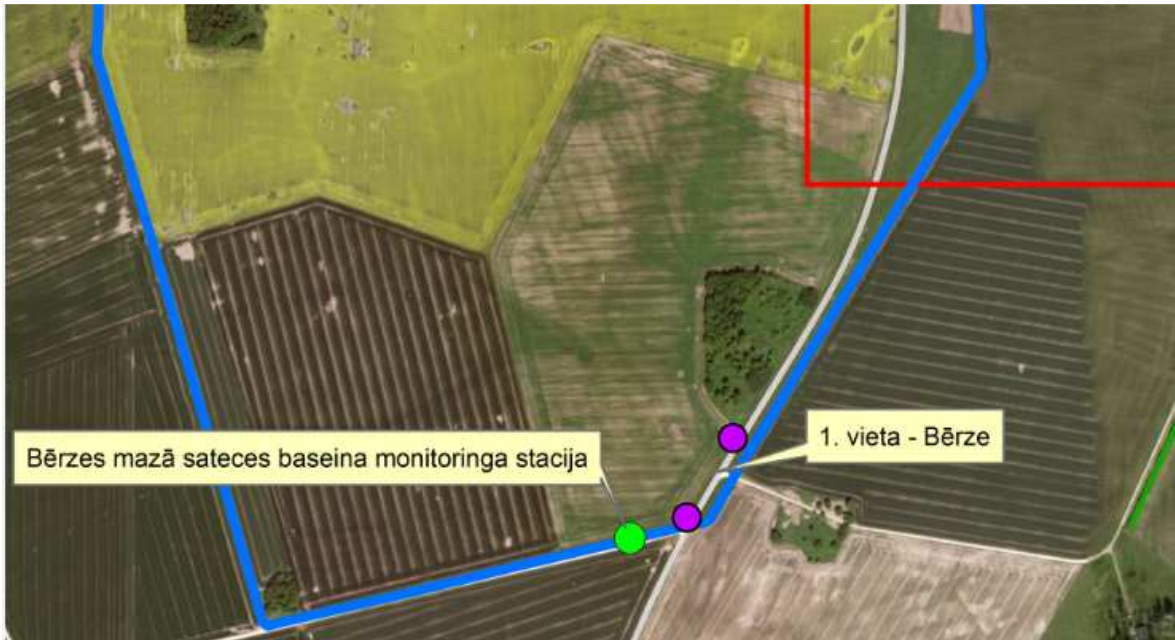
38. att. Skats uz Ailes strauta 2. vietas grāvi no grāvja sākuma.

Šim grāvim ir izteikts slīpums, ko var redzēt dabā, kā arī vēsturiskajos uzmērījumu datos, tomēr neskatoties uz slīpumu, nav redzamas nekādas izskalošanas pazīmes.

BĒRZE



39. att. Apsektie grāvju posmi Bērzē.



40. att. 1. vieta Bērzē.



41. att. Drenu kolektoru izvietojums Bēzres 1. vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



42. att. Bērzes 1.vietas grāvja sākuma caurteka.

Lielākoties objektos apsektās caurtekas bija ar aizaugumu, bet aizaugums var arī būt, jo neliels aizaugums nav bīstams, lai nelabvēlīgi ietekmētu ūdens noteci pa novadgrāvjiem caur caurtekām.



43.att. skats caur Bērzes 1.vietas grāvja sākuma caurteku.

Bērzes 1. vietas caurtekas diametrs ir 65 cm, bet aizaugums caurtekas vidusdaļā 4 cm, sānos 10 cm.



44. att. Skats uz Bēzres 1. vietas grāvi no caurtekas.



45.att. Skats no Bēzres 1.vietas grāvja kreisā krasta uz aku un caurteku grāvja sākumā.



46. att. Skats uz Bērzes 1. vietas grāvja beigām, kur veikti tīrīšanas darbi.



47. att. 2. vieta Bērzē.



48. att. Drenu kolektoru izvietojums Bērzes 2. vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



49. att. Bērzes 2.vietas grāvja beigu caurteka.

Bērzes 2. vietas grāvja beigu caurteka atrodas grāvja pārtīrītājā posmā un tās diametrs ir 1.2 m.



50. att. Drenu kolektors pirms Bērzes 2.vietas grāvja beigu caurtekas.



51. att. Skats uz Bērzes 2. vietas grāvi no grāvja pārtīrītās daļas uz nepārtīrīto daļu.



52. att. Skats no Bērzes 2. vietas grāvja sākuma.



53. att. 3.vieta Bērzē.



54.att. Drenu kolektoru izvietojums Bērzes 3. Vietā. (Avots: www.melioracija.lv).



55. att. Caurteka Bērzes 3. vietas beigās.

Bērzes 3. vietas beigu caurtekas diametrs ir 30 cm, un aizsērējums ir 28 cm. Šāds caurtekas aizaugums ir nepieļaujams un ir bīstams normālai ūdens notecei.



56. att. Bērzes 3. vietas skats uz grāvji no tā beigām.

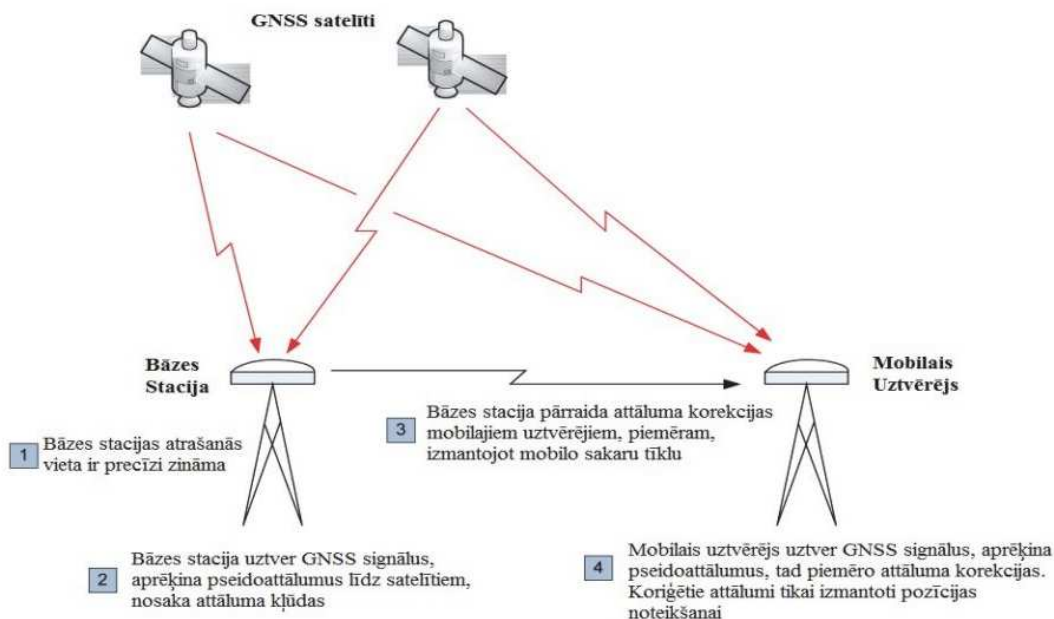


57. att. Bērzes 3.vietas grāvja skats no grāvja sākuma.

3. UZMĒRĪŠANAS DARBI PROJEKTA TERITORIJĀS

Mellupītes izmēģinājumteritorijā, trijās vietās tika veikti topogrāfiskie uzmērījumi, kuru rezultātā iegūti 9 šķērsprofili, katrā vietā trīs. Paralēli uzmērījumiem notika grāvju apsekošana visā izvēlētajā posmā.

Grāvju situācijas uzmērīšanai tika pielietota pozicionēšanas metode, kur izmantojot globālās pozicionēšanas uztvērēju kopā ar reālā laika labojumiem (RTK režīms), tika iegūtas tiešsaistē augstas precizitātes koordinātes un normālais augstums. Latvijas teritorijā darbojas bāzes stacijas sistēma LatPos, tās darbību apvidū nodrošina ar pastāvīgi uzstādītiem globālās pozicionēšanas bāzes stacijām visā Latvijas teritorijā (Ģeodēziskās atskaites sistēmas..., 2011). No 25 bāzes stacijām jeb globālās navigācijas satelītu sistēmas uztvērējiem sastāv globālās navigācijas satelītu sistēmas bāzes staciju sistēma Globālās navigācijas satelītu sistēmas uztvērējiem globālās navigācijas satelītu sistēmas bāzes stacijas nodrošina iespēju noteikt koordinātes ar divu centimetru precizitāti reālajā laikā (Avots: LatPos, 2008-2019).



58.att. Pozicionēšanas metodes sistēmas darbības princips RTK režīmā (Avots: Mitrofanovs, 2016)

Bāzes staciju koordinātes tiek aprēķinātas Latvijas 1992.gada ģeodēziskajā koordinātu sistēmā, tās tiek izteiktas Merkatora transversālajā projekcijas plaknes koordinātēs (LKS – 92 TM), kā arī tiek sasaistītas ar Valsts ģeodēzisko tīklu. Latvijas

Republikas teritorijā tiek realizēta Eiropas Vertikālās atskaites sistēma. Augstuma sistēma Latvijā ir normālo augstumu sistēma epoha 2005,5 (saīsinājumā – LAS – 2000,5) (Ģeodēziskās atskaites sistēmas..., 2011).

LatPos ir pieejami divu veidu tīkla dati – reālā laika dati (informācija tiek noraidīta uz globālās pozicionēšanas uztvērēju), pēcspārdes dati (izmantojami precīzu koordināšu aprēķināšanai, izmantojot ģeodēziskās programmas) (LatPos, 2008-2019). Izmantojot satelītu raidītos signālus, tiek mērīts attālums no satelīta līdz uztvērējam, tādā veidā tiek noteiktas koordinātes (skat 58.att.). Mērījumus ar globālās pozicionēšanas metodi veic saskaņā ar vispārpieņemtiem mērījumu veikšanas tehnoloģijas nosacījumiem, kas nodrošina satelītu pārraidītā signāla tiešu uztveršanu. Globālās pozicionēšanas metodi var izmantot, ja mērījumu veikšanu neietekmē objekti, piemēram, būves, koki un citi objekti, kas var ietekmēt mērījumu precizitāti.

Iegūtie dati no globālās pozicionēšanas metodes, tiek apstrādāti kādā no apstrādes programmām. Tur tiek izveidots datu formāts, lai varētu mērījumus importēt kādā no rasēšanas programmām.

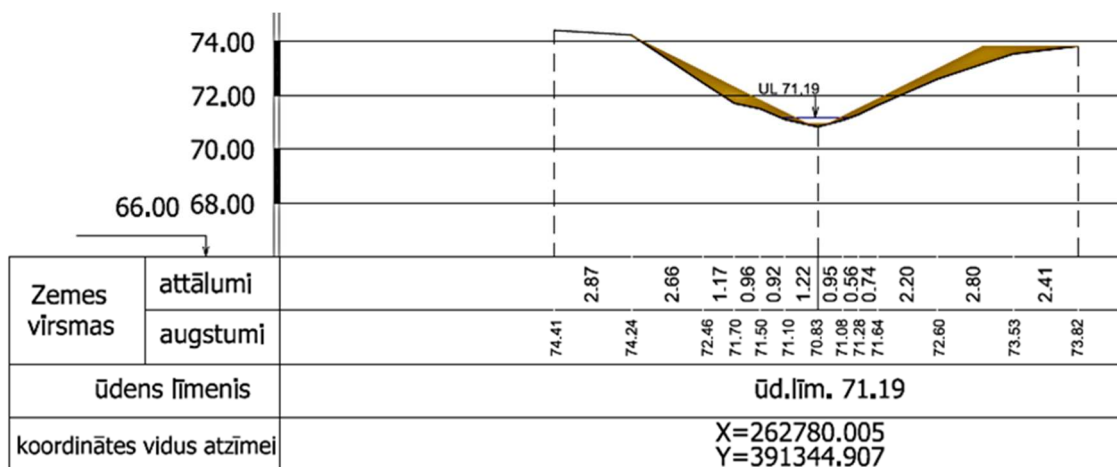
4. VĒSTURISKĀS INFORMĀCIJAS IZPĒTE

Vēsturiskās informācijas izpētei tika izmantota ZMNI Jelgavas, Dobeles un Saldus sektoros pieejamā arhīva informācija. Iegūtā informācija, galvenokārt, sastāvēja no vēsturiskajiem meliorācijas sistēmas ģenerālplāniem un pētījumā apskatīto grāvju garenprofiliem. Visām darbā pētāmām vietām vēsturiskā informācija netika atrasta. Mellupīte 2. vietas vēsturiskā informācija nebija pieejama Saldus sektora arhīvā esošajā projektā. Mellupītes 3. vieta ietilps neregulētajā notekas posmā. Iegūtajiem datiem ir tikai informatīvs raksturs, jo informācija vairs neatbilst realitātei. Izskatot atrasto informāciju, nevar apgalvot, ka garenprofilos norādītā informācija tika atbilstoši realizēta dabā. Nevar arī izslēgt iespēju, ka pēc arhīvā atrasto projektu realizācijas netika veikti citi darbi, kas ievērojami varēja mainīt gultnes un visa grāvja vispārējo konstrukciju.

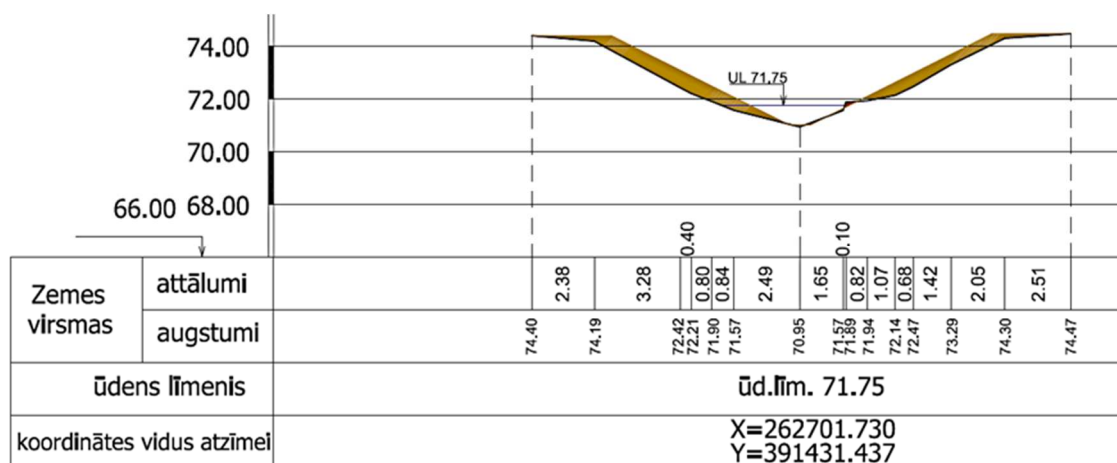
Precizitāti ietekmējošie faktori ir konkrētu šķērsprofila datu noteikšana garenprofilā, jo dabā uzmērītās vietas vēsturiskajā informācijā ir noteiktas relatīvi, jo nav sakritības piketāžā. Cits ietekmējošais faktors ir uzmērījumu instrumentu kļūda, gan mūsdienu datiem, gan vēsturiskajiem, gan augstuma sistēmu atšķirības. Kopskata iegūšanai vēsturiskās augstuma atzīmes tika pārrēķinātas uz Latvijas augstumu sistēmu (LAS, 2000). Izmantojot pieejamo informāciju, tika iezīmēts vēsturiskais šķērsprofils virsmas šķērsprofilā, kas sastādīts atbilstoši topogrāfiskā uzmērījuma informācijai. Attēlos vēsturiskais šķērsprofils iezīmēts brūnā krāsā. Uz uzmērījuma pamata sastādītais šķērsprofils veidots melnā krāsā. Vēsturiskā šķērsprofila daļa, kas atrodas augstāk par uzmērīto šķērsprofilu dabā, ir iekrāsota brūnā krāsā, bet, ja ir zemāk par uzmērīto šķērsprofilu, sarkanā krāsā.

No Mellupītes pētījumā vietā apsekotajām vietām, arhīva dokumentācijā tika atrasta tikai informācija par Mellupītes un novadgrāvju kapitālo remontu projektu, kas pieņemts ekspluatācijā 1964. gadā. Taču pastāv informācija, ka 1984. gadā sekoja turpmākie būvniecības darbi. Šo darbu rezultātā, visticamāk, tika veikta notekas padziļināšana, jo, izvērtējot pieejamo vēsturisko gultnes atzīmi, un novēroto dabā, var secināt, ka noteka ir piesērējusi, nevis izskalota, kā tas parādās 59.att. un 60.att.. Projektā esoša informācija ietvēra datus līdz novadgrāvim no Liekņu dīķa, tāpēc ir aplūkota tikai informācija par 1. vietu. Iegūtā vēsturiskā informācija par 1. vietas šķērsprofilu attēlota 59.att., 60.att. un 61.att. Galvenie šķērsprofila parametri: $b=0.8$ m un $m=2$. Nr.1 un Nr.2 šķērsprofilos (59.att., 60.att.) vēsturiskā

gultnes atzīme ir 12 un 7 cm, kas var būt arī izskalota, jo šķērsprofilam vairs nav izteikta trapeces forma.

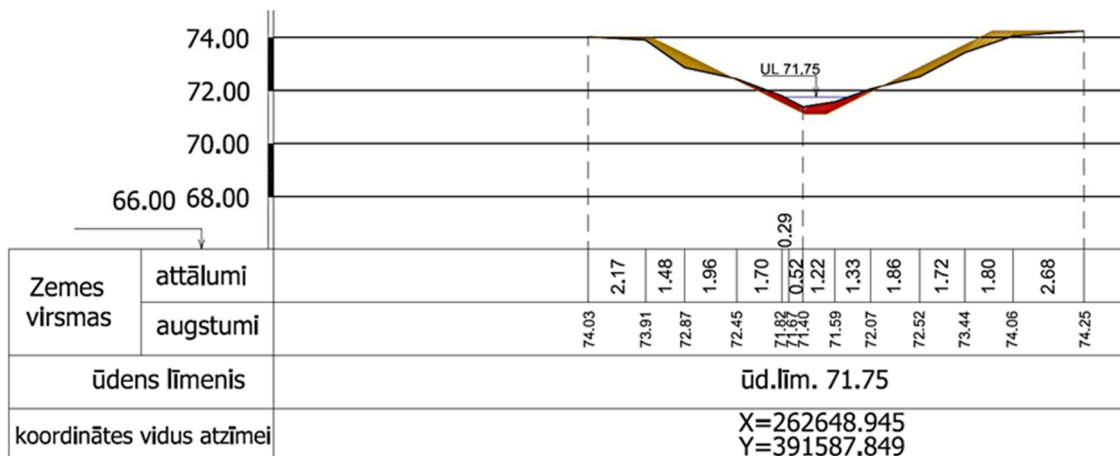


59.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (1. vieta)



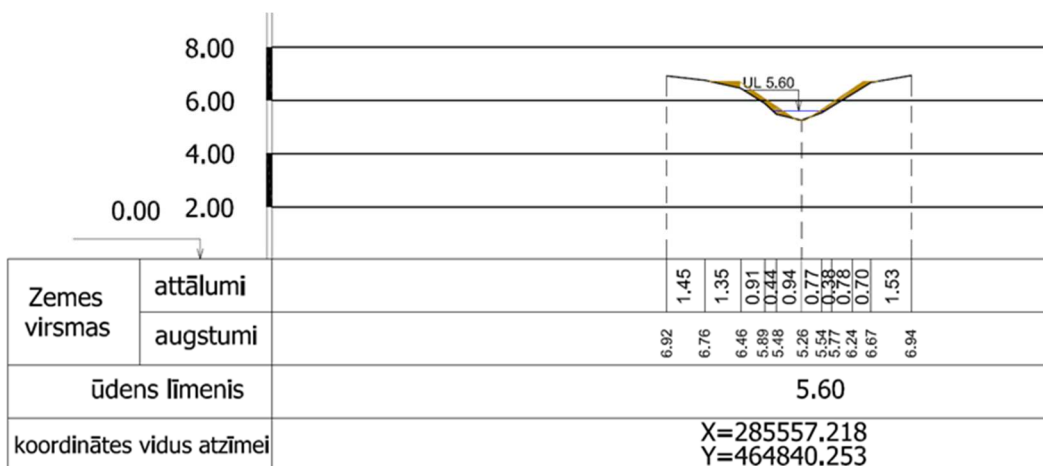
60.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (1. vieta)

Šķērsprofilam Nr.3 dibena atzīme ir 36 cm zem uzmērītā. Ņemot vērā, ka projektā ir norādīts, ka ceļa "Kareļi – Franči" pārvads pār noteku ir tilts, nevis caurteka, kas ir šobrīd, var apgalvot, ka visticamāk tika veikta grāvja padziļināšana kādā citā vēstures posmā. Iegūtā vēsturiskā informācija vairs nav aktuāla pretstatā iegūtajai informācijai no vēsturiskajiem plāniem, dabā bija vērojams caurteku piesērējums.

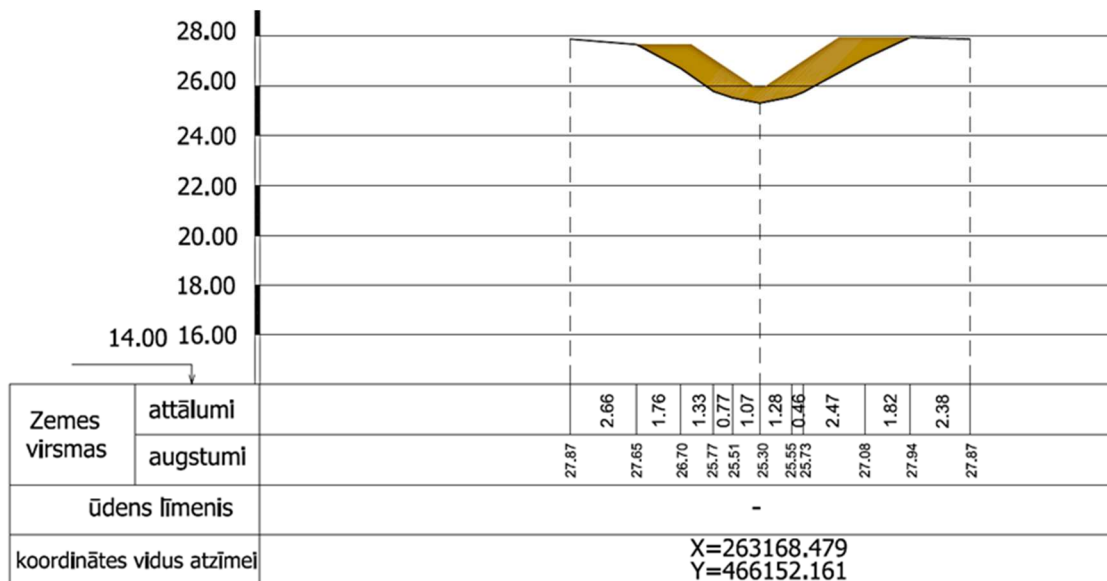


61.att. Grāvja (Mellupīte) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (1. vieta)

Bērzē bija pieejama informācija 2.vietai par 2018. gadā veikto valsts nozīmes ūdensnotekas Grieņu grāvja atjaunošanu, taču projektā norādītā informācija bija salīdzinoši jauna. Netika atrastas ievērojamas atšķirības, tāpēc šī informācija netika ietverta. Bērzē bija pieejama informācija par susinātāj grāvi ātraudzīgo kārklu plantācijā jeb 3. vietai. Iegūtā informācija ir attēlota 62.att., 63.att. un 64.att.. Pieejamā informācija ir no 1962. gada meliorācijas vienstadijas projekta zemes gabalam "Kāļi", tātad pieejamā informācija ir tikai par grāvja izrakšanu. Nav informācija par turpmākiem darbiem. Galvenie šķērsprofila parametri: $b=0.3$ un $m=1.5$. Vēsturiskās grāvja dibena atzīmes ievērojami neatšķirās no uzmērītajiem. Nr.1 un Nr.2 profiliem ir vērojams, ka vēsturiskā gultne ir 6 cm zem uzmērītās. Galvenās atšķirības ir vērojams grāvja profilā, taču tas nav ņemams vērā, jo vēsturiskās informācijas attēlošanai izmantoti ideālā trapeces forma.

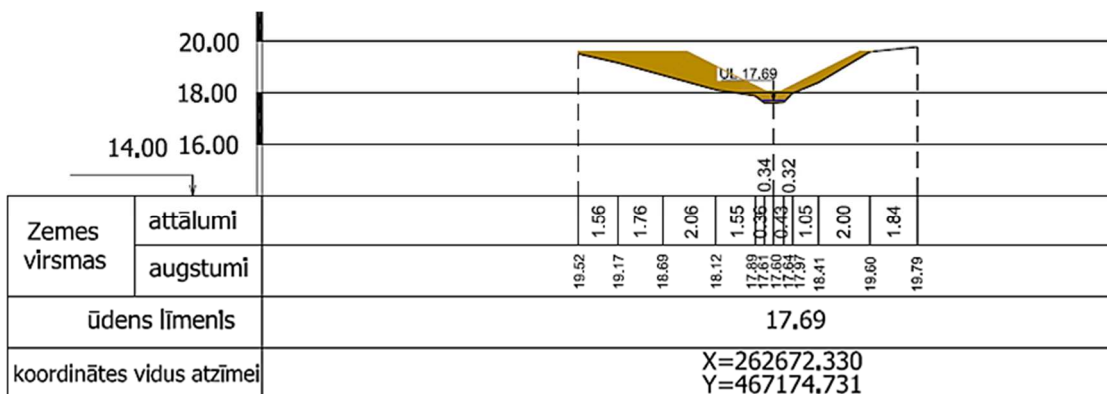


62.att. Grāvja (Bērze) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (3.vieta)

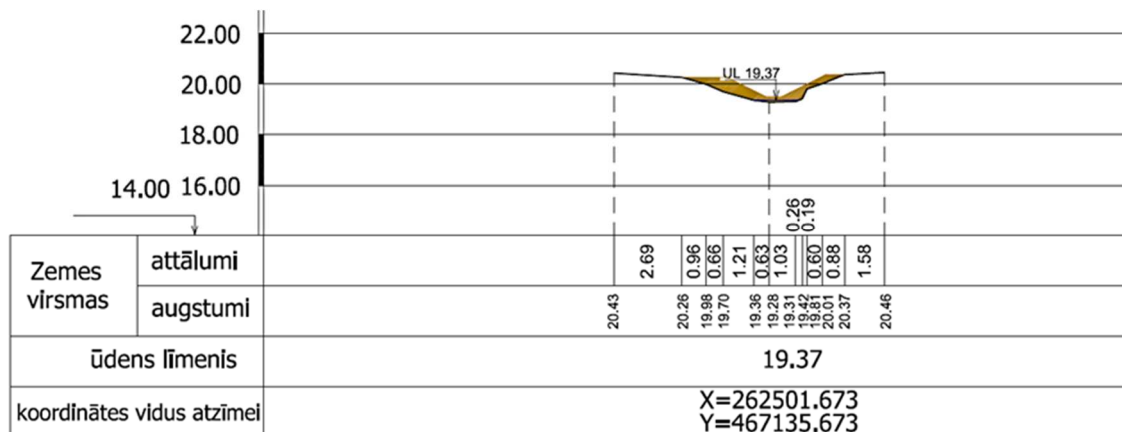


67.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķēršprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (1. vieta)

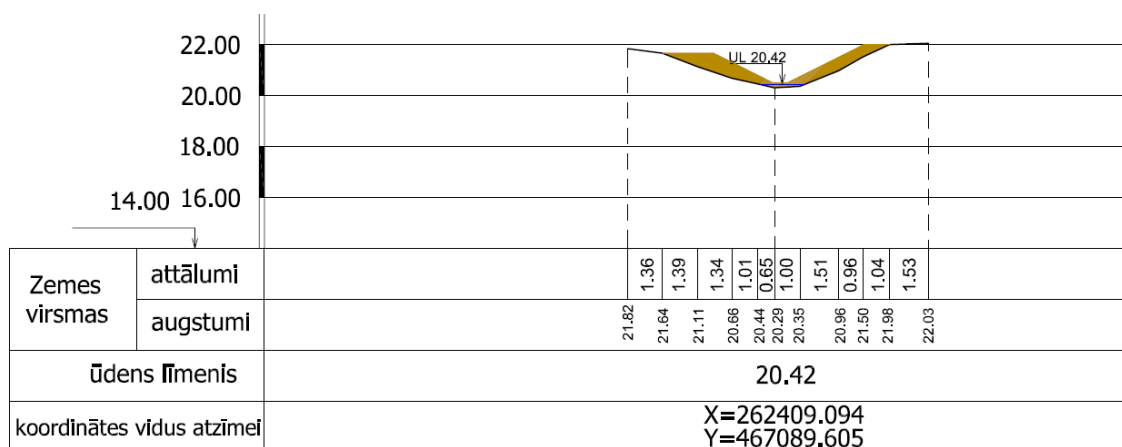
Līdzīgs rezultāts ir arī Alises straucha 2. vietā, kur novadgrāvja vēsturiskā dibena virsma ir virs uzmērītās dibena virsmas, taču atšķirība nav tik ievērojama, kā 1. vietā. Vēsturiskie informācija attēlota 68.att., 69.att. un 70.att.. Vēsturiskā informācija ir iegūta no 1980. gada Jelgavas rajons sovhostztechnikuma "Zaļenieki" zemes gabala "Ķeriņi" detālās nosusināšanas darba zīmējumiem. Darbi veikti 1982. gadā. Apskatītajam posmam ir arī augsts izskalošanas risks, jo projektētais garenslīpums ir 16.25‰ un 12.2‰.



68.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķēršprofils ar vēsturisko informāciju Nr.1 (2. vieta)



69.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.2 (2. vieta)



70.att. Grāvja (Ailes strauts) virsmas šķērsprofils ar vēsturisko informāciju Nr.3 (2. vieta)

Vēsturiskā informācija ir tikai informatīva un nesniedz konkrētu priekšstatu par grāvja tehnisko stāvokli. Salīdzinājums ir neviennozīmīgs, jo nevar apgalvot, ka arhīva materiālos pieejamā informācija ir aktuālākā, jo pastāv iespēja, ka notekas ir pārbūvētas arī kādā vēlākā laika posmā, tāpēc salīdzināšana nav iespējama. Grūtības ir arī konkrētu vietu izdalīšana, piketāžas nesakritības dēļ, kā arī nevar apgalvot, ka projekts dabā realizēts atbilstoši projektam.

SECINĀJUMI UN IETEIKUMI

1. Pētījuma izmēģinājumteritorijās apsekoto valsts nozīmes ūdensnoteku un grāvju tehniskais stāvoklis novērtēts atbilstoši MK noteikumu Nr.128 "Meliorācijas kadastra noteikumi" 4. pielikumā definētajiem būves tehniskā stāvokļa novērtējuma kritērijiem. Minētie novērtējuma kritēriji ļauj nepārprotami novērtēt būves tehnisko stāvokli un būtu ieteicama to izplatīšana, popularizēšana un izmantošana plašākā mērogā lauksaimniecības zemju īpašnieku un apsaimniekotāju aprindās, kas, iespējams, veicinātu atbildīgāku meliorācijas sistēmu ekspluatāciju.
2. VSIA "Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi" reģionālo nodaļu arhīvos esošo informāciju par valsts nozīmes ūdensnoteku un grāvju projektētajiem raksturlielumiem iespējams izmantot informatīvos nolūkos. Racionālu un tiešu arhīvos esošās informācijas pielietojumu valsts nozīmes ūdensnoteku un grāvju tehniskā stāvokļa novērtēšanā kavē dažādos laika posmos izmantotā pikēšanas un koordinātu sistēmas. Ieguldot papildus darbu, minētos trūkumus iespējams novērst.
3. Topogrāfisko uzmērījumu veikšana pētījuma izmēģinājumteritorijās un attiecīgo ūdensnoteku raksturīgo šķērsprofilu sagatavošana deva iespēju salīdzināt dabā pastāvošos ūdensnoteku šķērsprofilus ar arhīvos pieejamo informāciju un ūdensnoteku identificēšanas metodikas pielietojuma rezultātiem, izmantojot aerolāzerskenēšanas datus.
4. Lai novērtētu meliorācijas sistēmu funkcionalitāti, būtu nepieciešams turpināt pilnveidot dotā pētījuma ietvaros izstrādāto esošo meliorācijas sistēmu identificēšanas metodiku, izmantojot aerolāzerskenēšanas datus, ietverot ģeotelpiski iegūto rezultātu salīdzināšanu ar dabā novērotajiem.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Ģeodēziskās atskaites sistēmas un topogrāfisko karšu sistēmas noteikumi. Ministru kabineta 2011. gada 15. novembra noteikumi Nr. 879 [skatīts 2019. gada 30. martā]. Pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=239759>.
2. J.Uiska. Daži jautājumi par nosusināšanas sistēmu ekspluatāciju Latvijas PSR. Latvijas PSR Lauksaimniecības un mežsaimniecības zinātniski tehniskā biedrība, 1962.
3. LatPos: Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra (2008-2019). [skatīts 2019. gada 6. Aprīlī].Pieejams: http://map.lgia.gov.lv/index.php?lang=0&cPath=2&txt_id=133.
4. Latvijas Valsts ceļi. Lētāk ir uzturēt meliorācijas sistēmu, nekā cīnīties ar plūdu sekām. [skatīts 2019. gada 10. aprīlī]. Pieejams: <https://lvceli.lv/uncategorized/hidrotehnik-i-letak-ir-uzturet-melioracijas-sistemu-neka-cinities-ar-pludu-sekam/> .
5. Meliorācijas digitālais kadastrs. VSIA “Zemkopības ministrijas nekustamie īpašumi” [skatīts 2019.gada 26. septembrī]. Pieejams: <https://www.melioracija.lv/>.
6. Meliorācijas kadastra noteikumi. Ministru kabineta 2019. gada 26.marta noteikumi Nr. 128 [skatīts 2019.gada 15. jūlijā]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/305845-melioracijas-kadastra-noteikumi>.
7. Mitrofanovs I. (2016) Satelītu navigācijas sistēmu veiktspējas pētījumi ar fāžu mērījumiem. [skatīts 2019. gada 6. aprīlī].Pieejams: <https://ortus.rtu.lv/science/lv/publications/22341/attachments/883>.
8. U.Kļaviņš, R.Sudārs. Meliorācija. Mācību līdzeklis. Jelgava, 2016.
9. VSIA “Zemkopības nekustamo īpašumi” Arhīva materiāli