



**Agrihorts**

LATVIJAS BIOZINĀTŅU UN TEHNOLOĢIJU UNIVERSITĀTE

AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS “**AGRIHORTS**”

Projekta  
**“Herbicīda aizvietošanas iespējas cīņā ar nezālēm dažādās  
kultūraugu grupās”  
10.9.1-11/23/1970-e**

zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Jevgenija Ņečajeva

Jelgava, 2023

## SATURS

IEVADS .....	4
1. Galvenie ietekmējošie faktori gāzu emisiju koncentrāciju izmaiņām .....	6
2. Izmēģinājuma iekārtošana īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, <i>izmantojot herbicīdiem alternatīvās metodes</i> .....	8
3. Nezāļu seguma noteikšanas metodes aprobēšana ar attēlu analīzes metodi .....	10
3.1. Nezāļu izplatība un to sugu sastāvs .....	10
3.2. Nezāļu sēklu bankas dinamikas izpētes metodika .....	11
3.3. Augšnes sēklu bankas izpētes metode.....	11
4. SEG emisiju mērīšanas metodika un pirmie iegūtie rezultāti .....	13
4.1. Meteoroloģiskie dati .....	13
4.2. CO <sub>2</sub> emisiju mērījumi ar iekārtu EGM-5 .....	14
4.3. Gāzu mērījumi ar slēgtās kameras metodi .....	15
4.4. Pirmie iegūtie dati .....	20
4.4.1. CO <sub>2</sub> gāzu mērījumi ar iekārtu EGM-5 .....	20
4.4.2. Secinājumi EGM-5 .....	26
4.5. SEG emisiju gāzu mērījumi ar slēgtās kameras metodi .....	26
5. Attēlu iegūšana, izmantojot bezpilota lidaparātu ar multispektrālo kameru.....	30
Secinājumi par bezpilota lidaparātu izmantošanu.....	31
6. Metodika SEG emisiju un labības ražošanas izmaksu aprēķināšanai.....	34
Izmantotā literatūra 6. nodaļai .....	39
SECINĀJUMI .....	45
Izmantotā literatūra .....	46
PIELIKUMI.....	48

**Projekta izpildītāji:**

**LLU Augu aizsardzības zinātniskais institūts "Agrihorts",  
Stendes Pētniecības centrs AREI,  
LVMI "Silava"**

**LBTU**

Jevgenija Nečajeva, Dr. biol., vadošā pētniece  
Gundega Putniece, Dr.agr., vadošā pētniece  
Renāte Sanžarevska, Mg. agr., zinātniskais asistents  
Niks Ozols, Mg. agr., pētnieks  
Oskars Balodis, Dr.agr., vadošais pētnieks  
Viktorija Zagorska, Dr. sc. ing. vadošā pētniece  
Dainis Viesturs, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks  
Ādolfs Ruciņš, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks  
Vladimirs Koteļņecs, Mg.sc.ing., zinātniskais asistents  
Ieva Erdberga, Mg.sc.ing., pētniece

## IEVADS

Eiropas Komisijas zaļā kursa politika paredz līdz 2030. gadam par 50% samazināt ķīmisko un bīstamāko pesticīdu lietojumu un to radītos riskus. Šis mērķis ir iekļauts “No lauka līdz galdam” stratēģijā. Pesticīdu lietojuma samazinājumam ir **jābūt ilgtspējīgam, tas nozīmē, ka vienlaikus ir jānodrošina ražības saglabāšanos vismaz esošajā līmenī, nepieļaujot nezāļu, augu slimību izraisītāju un kaitēkļu savairošanos.**

Herbicīdu grupa ir visplašākā lietoto AAL grupa, kas Latvijā sastāda gadu no gada ap 60% no kopējā AAL tirdzniecības apjoma kilogramos ([https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP\\_PUB/START\\_ENV\\_AV\\_AVI/LAV060/table/tableViewLayout1/](https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START_ENV_AV_AVI/LAV060/table/tableViewLayout1/)).

Herbicīdu lietojums ir pamatojams ar to, ka nezāļu ierobežošana būtiski ietekmē ražas pieaugumu. Tā, piemēram, Čehu zinātnieku ilggadīgajā pētījumā ir pierādīts, ka vidējais nezāļu ierobežošanas efekts nepārtraukti pieauga, eksperimentam turpinoties, palielinoties no 4,9% 1972.–1985. gadā līdz 76,9% 2006.–2016. gadā. Atkarībā no kultūrauga sugas un augsekas, apstrāde ar herbicīdu nodrošināja par 13–50% lielāku ražu salīdzinot ar neapstrādāto kontroli (Mayerova et al. 2018).

Lai mazinātu herbicīdu lietošanu, var izmantot un kombinēt dažādas metodes, kuras ir vērstas uz kādu no trīs mērķu sasniegšanu: **samazināt nezāļu negatīvo ietekmi uz kultūraugu ražību, nepieļaut nezāļu dīgstu attīstību vai samazināt nezāļu sēklu nonākšanu augsnē.**

Projekta mērķis ir **salīdzināt dažādas tismūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanas stratēģijas, izvērtējot:**

- to efektivitāti nezāļu ierobežošanā;
- ietekmi uz kultūraugu ražu;
- ietekmi uz nezāļu augsnes sēklu banku;
- SEG emisiju izmaiņas, atkarībā no nezāļu ierobežošanas paņēmiena un augsnes apstrādes veida.

Projekta definētie uzdevumi:

- 1. Precizēt izmēģinājumu metodiku tismūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, izmantojot herbicīdiem alternatīvās metodes (aprīlis-maijs 2023.).**
- 2. Iekārtot izmēģinājumus AREI SPC (maijs-jūnijs, augusts - septembris 2023.).**
- 3. Aprobēt nezāļu seguma noteikšanas metodi ar attēlu analīzes metodi (maijs-augusts 2023.).**
- 4. Veikt nezāļu ierobežošanas pasākumus atbilstoši izstrādātajai izmēģinājumu metodikai, kultūraugu ražas un nezāļu uzskaites un CO2 emisijas noteikšanu (maijs-oktobris 2023.-2025.).**
- 5. Ievākt augsnes paraugus nezāļu augsnes sēklu bankas noteikšanai (oktobris/aprīlis, 2023.-2025.).**
- 6. Iegūt un analizēt datus par augsnes sēklu bankas sugu sastāvu (2023.-2025.).**
- 7. Veikt ekonomiskos un SEG emisiju aprēķinus, izstrādāt metodiku aprēķinam (2023.-2025.).**

Pirmajā projekta realizācijas gadā ir izstrādāts pētījuma plāns un metodika: SEG emisiju noteikšanai laukā pēc augsnes apstrādes veikšanas, nezāļu ierobežošanas efektivitātes noteikšanai, nezāļu augsnes sēklu bankas lieluma un sugu sastāva noteikšanai.

Ir izstrādāta metodika SEG emisiju gāzu mērījumiem un veikti pirmie gāzu ievākšanas un analizēšanas mēģinājumi. Veikti SEG emisiju aprēķini miežu audzēšanas ciklam.

## 1. Galvenie ietekmējošie faktori gāzu emisiju koncentrāciju izmaiņām

N<sub>2</sub>O un citu gāzu veidošanas procesi ir atkarīgi no vides un saimniekošanas, kā arī to novērtēšanu ietekmē mērījumu metodika (skat. 1.1. tabulu).

N<sub>2</sub>O veidošanās augsnē notiek galvenokārt **nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu rezultātā**, ko ietekmē sekojošie vides faktori (Wang et al., 2021): augsnes mitrums; augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte un mikroorganismu sastāvs; temperatūra; skābekļa koncentrācija; pieejamā organiskā oglekļa un slāpekļa daudzums; augsnes C/N attiecība (mēra pētījuma gaitā); augsnes tekstūra; augsnes PH un sāļums; ienestā mēslojuma daudzums un forma (dati ir ievākti pētījuma gaitā); augsnes apstrādes veidi; .

1.1. tabula

**Ietekmes faktori, kas tieši un netieši ietekmē N<sub>2</sub>O emisijas no apsaimniekotām augsnēm**

Vides faktori	Pārvaldības faktori (apsaimniekošanas)	Mērīšanas faktori
Mikroorganismu populācija	Mēslojuma izmantošana	Mērījuma perioda ilgums
Augsnē pieejamais ogleklis	Apstrādes veids (sistēma)	Mērījumu veidi
Slāpekļa koncentrācija augsnē	Ražas vākšana un augu atliekas	
Augsnes mitrums	Laistīšana	
Augsnes tekstūra		
Augsnes temperatūra		
Augsnes pH un sāļums		

### 1. Augsnes mikrobioloģija

#### CO<sub>2</sub>

Tika konstatētas būtiskas sakarības starp augsnes **sēņu daudzumu** un NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> N saturu, kā arī CO<sub>2</sub> emisijām. Šis rezultāts norādīja, **ka augsnes sēnes veicināja CO<sub>2</sub> emisijas un to ietekmēja N koncentrācija** (Song et al., 2022). Rezumējot augstākminēto, jo lielāka sēņu daudzveidība augsnē, jo augstākas CO<sub>2</sub> emisijas.

#### N<sub>2</sub>O

Nozīmīgās korelācijas starp N<sub>2</sub>O emisijām un augsnes sēņu, metanotrofu un nirK tipa denitrifikatoru daudzumu liecināja par mikroorganismu sabiedrības **būtisko ieguldījumu N<sub>2</sub>O emisijās** (p < 0,05; skat.attēlu pielikumā Nr.1) (Song et al., 2022). Jo lielāks ir attiecīgo mikroorganismu daudzums augsnē, jo augstākas N<sub>2</sub>O emisijas rodas.

## **2. Temperatūra**

### **CO<sub>2</sub>**

CO<sub>2</sub> emisijas augsnē palielinās, palielinoties augsnes temperatūrai, kas ir atkarīgs arī no sezonas augsnes temperatūras svārstībām (Wang et al., 2019).

### **N<sub>2</sub>O**

N<sub>2</sub>O izmešu samazināšanās nitrifikācijas procesā tika novērota, paaugstinoties inkubācijas temperatūrai no 5 °C līdz 25 °C (Maag, Vinther, 1996; Avrahami et al., 2003), savukārt pozitīva korelācija starp N<sub>2</sub>O emisijām un temperatūru no 15 °C līdz 30 °C tika pierādīts citos pētījumos (Goodroad, Keeney, 1984; Smith, 1997). Augstas temperatūras (virs 35 °C) ietekme uz N<sub>2</sub>O emisijām ir neskaidra. Temperatūrai paaugstināšanās virs 35 °C var ietekmēt augsnes nitrificējošo baktēriju sabiedrības un/vai mainīt augsnes mikrovieta apstākļus, piemēram, skābekļa un organiskās vielas pieejamību, kas var mainīt N<sub>2</sub>O emisijas un autotrofās un heterotrofās nitrifikācijas relatīvo ieguldījumu (Lai, 2016). Citi autori apgalvo, ka N<sub>2</sub>O emisijas augsnē palielinās līdz ar temperatūras paaugstināšanos un sasniedz maksimumu no 35 līdz 40 °C (Lai et al., 2019). Taču temperatūras pieauguma process izraisa citu procesu izmaiņas, tāpēc dati var būt pretrunīgi.

## **3. Mitruma ietekme**

### **CO<sub>2</sub>: mitrumam pieaugot, pieaug CO<sub>2</sub> emisijas**

Vairāki autori pauda, ka CO<sub>2</sub> emisijas ir pozitīvi saistītas ar augsnes mitrumu. Dīvos pētījumos (Yerli et al., 2019) un (Zhao et al., 2020) augsnes CO<sub>2</sub> emisijas uzrādīja pozitīvu lineāru korelāciju ar augsnes mitruma saturu. (Jabro et al., 2008) arī norādīja, ka CO<sub>2</sub> emisija palielinās, palielinoties organisko vielu oksidācijai, t.i. palielinoties augsnes mitrumam. Tāpēc sausuma apstākļos parasti ir mazākas CO<sub>2</sub> emisijas (Yerli et al., 2022).

### **N<sub>2</sub>O: mitrumam pieaugot, pieaug N<sub>2</sub>O emisijas**

Kopumā ir atzīta tendence, ka, pieaugot mitrumam, pieaug N<sub>2</sub>O emisijas, jo tās tiek radītas nitrifikācijas un denitrifikācijas procesu ietvaros (Baggs, Rees 2000; Davidson, Swank 1986; Giacomini et al 2006; Signor, Cerri 2013).

## 2. Izmēģinājuma iekārtošana īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai, izmantojot herbicīdiem alternatīvās metodes

2023. gadā ir izstrādāta nezāļu ierobežošanas stratēģija turpmākajiem trīs gadiem un AREI Stendes pētniecības centrā ir iekārtots izmēģinājums ar 10 variantiem (2.1. tabula). Katrs variants aizņem laukumu ar platumu 12 m un garumu 40 m.

Izmēģinājuma varianti ir iekārtoti, ņemot vērā arī dažādus augsnes apstrādes veidus (skat. tabulu Nr.2)- TIEŠĀ SĒJA (1. un 2.var.), MINIMĀLĀ AUGSNES APSTRĀDE (no 3. līdz 6.var.), ARŠANA (no 7. līdz 10. var.). Pēdējā laikā aizvien izplatītāka paliek minimālā augsnes apstrāde un tiešā sēja. Valsts un Eiropas izveidotie atbalsta mehānismi arī motivē mazināt augsnes apstrādi, kas ir saistīts ar SEG emisiju samazināšanu un augsnes erozijas riska mazināšanu. No otras puses, **aršana var tikt uzskatīta par vienu no nezāļu ierobežošanas paņēmieniem, kas sekmē noteiktu nezāļu sugu (piemēram, daudzgadīgo nezāļu) ierobežošanu un ir alternatīva herbicīdu izmantošanai** (Brandsæter et al. 2017). Tāpēc arī radās nepieciešamība salīdzināt SEG emisiju radītos riskus ar AAL lietojuma radītajiem riskiem (skat. Projekta mērķi un uzdevumu, sadaļā IEVADS).

2.1. tabula.

Izmēģinājuma varianti Stendes pētniecības centrā.

Varianta numurs	Augsnes apstrāde	Nezāļu ierobežošana (rudēnī un pavasarī)
1. variants	Tiešā sēja	Gliforātu saturošs herbicīds Selektīvi herbicīdi
2. variants	Tiešā sēja	Alternatīva glifosātu saturošajam herbicīdam Selektīvi herbicīdi
3. variants	Minimālā augsnes apstrāde	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (3 reizes)
4. variants	Minimālā augsnes apstrāde	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (2 reizes) Herbicīda izmantošana ar samazinātu devu
5. variants	Minimālā augsnes apstrāde	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (1 reize) Herbicīda izmantošana ar samazinātu devu
6. variants	Minimālā augsnes apstrāde	Glifosātu saturoša herbicīda izmantošana rudēnī Selektīvo herbicīdu izmantošana
7. variants	Aršana rudēnī	Glifosātu saturoša herbicīda izmantošana rudēnī Selektīvo herbicīdu izmantošana
8. variants	Aršana rudēnī	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (1 reize) Herbicīda izmantošana ar samazinātu devu
9. variants	Aršana rudēnī	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (2 reizes) Herbicīda izmantošana ar samazinātu devu
10. variants	Aršana rudēnī	Augsnes apstrāde rudēnī glifosāta aizvietošanai Nezāļu mehāniskā ierobežošana (3 reizes)

Varianti, kuros nezāļu ierobežošanai izmanto gan apstrādi ar glifosātu saturošajiem herbicīdiem, gan selektīvos herbicīdus, ir paredzēti kā kontroles varianti, kuros sagaida vislielāko nezāļu ierobežošanas efektivitāti - 1, 6, 7. variants. Šos variantus salīdzinās ar variantiem ar samazinātu herbicīdu lietojumu – 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 variants.



Iekārtojot lauka izmēģinājumu projekta vajadzībām tika izvēlēts lauks ar koordinātām 57.1865608;2.5602501. Lauka platība ir 0,48 ha. Lauka izmēri 120\*40 metri, kam galos ir apgrīšanas joslas. Laukā ir iekārtoti 10 izmēģinājumu varianti, katrs no tiem 480 m<sup>2</sup>, ar izmēriem 12\*40 metri (viena lauciņa izmērs 12\*10 metri, 4 atkātojumi).

Uzsākot izmēģinājumu bija nepieciešams veidot viendabīgu fonu visā lauka platībā. Sagatavojot lauku sējai ir dots pamatmēslojums **NPK 14-14-21 270 kg ha<sup>-1</sup>**. Laukā iesēti vasaras mieži 'Kornēlija', ar izsējas normu **550 dīgst. g. m<sup>-2</sup>**. Pirms sējas sēkla kodināta ar **Celest Trio 1.5 L t<sup>-1</sup>** (darbīgās vielas fludioksonils - 25 g/l, difenokonazols - 25 g/l, tebukonazols - 10 g/l). Vasaras miežu sēja veikta **29.04.2023.**

Izmēģinājumā laukā sētiem miežiem nav veikta nezāļu ierobežošana, ar mērķi novērtēt nezāļainību. Miežus novāca **11.08** ar tiešo kombainēšanu. Vidējā raža miežiem 'Kornēlija' bija **2.0 t ha<sup>-1</sup>**.

Pēc kulšanas lauks tika sadalīts 10 variantos, no kuriem **2 paredzēti tiešai sējai, 4 minimālajai apstrādei un 4 aršanai.**

11.09.23. tika ievietoti gredzeni un veiktas pirmās gāzu uzskaites. **12.09.23. sestajā un septītajā variantā veikta apstrāde ar herbicīdu Glyphomax 480 - 450 2.2 l/ha (darbīga viela glifosāts 480 g/l).**

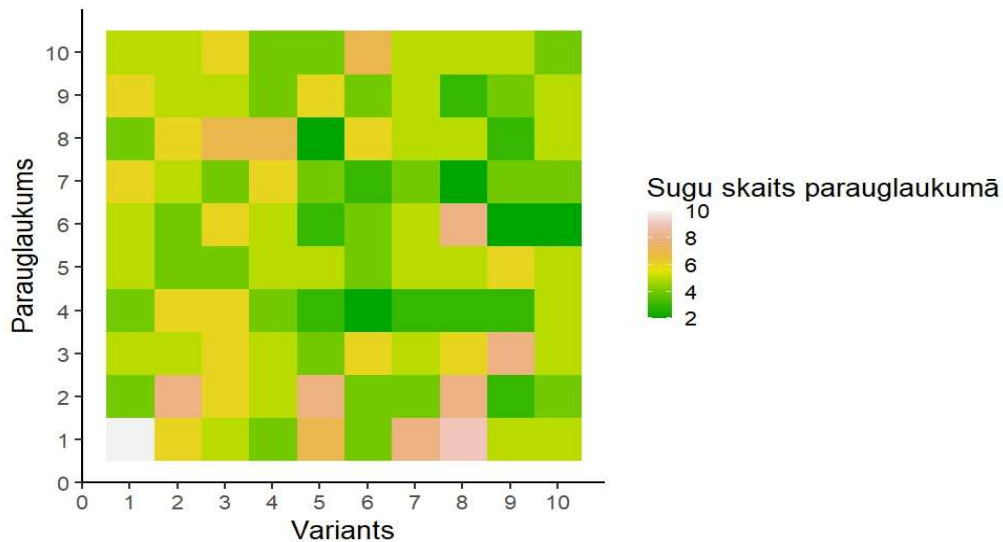
**12.09.23 variantos – 3.,4.,5., 8., 9., 10.** tika veikta augsnes diskošana ar InterTech diskiem **ap 10 - 12 cm dziļumā.**

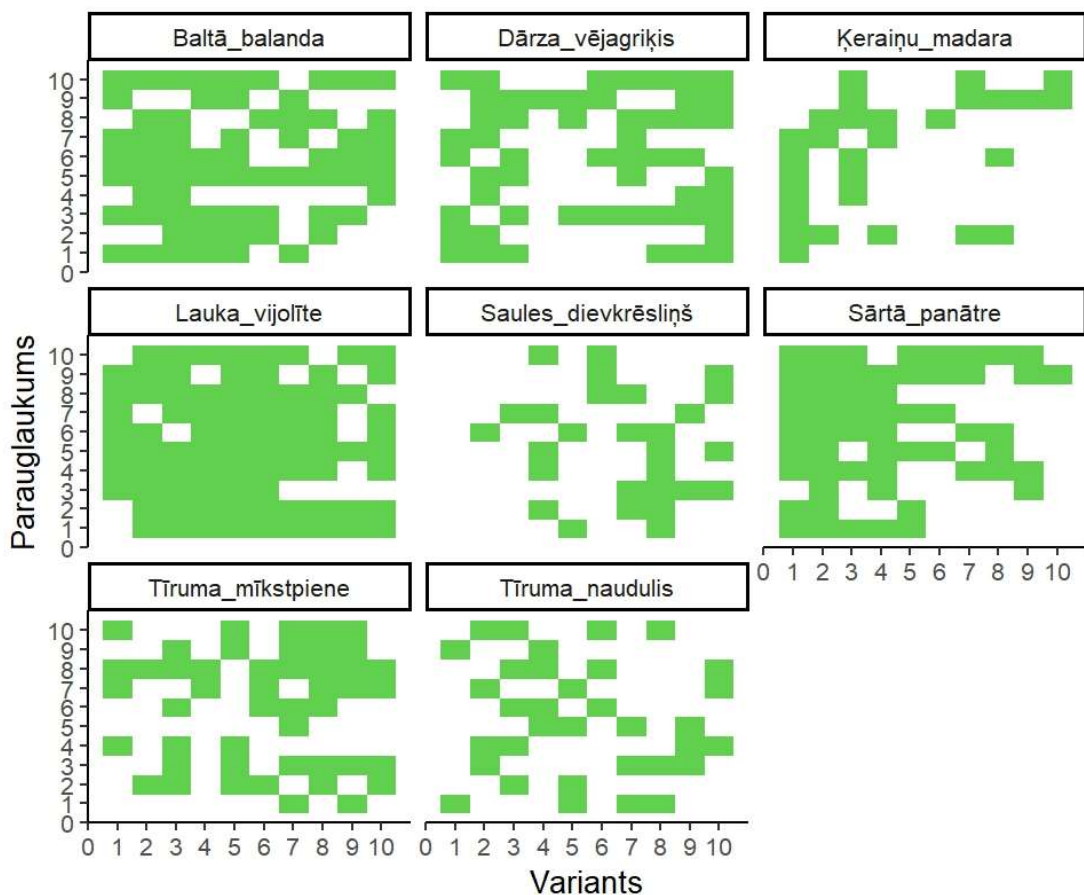
Paredzēto diskošanu pēc 1-2 nedēļām nevieca, jo nokrišņu dēļ, augsne bija pārsātināta ar ūdeni un tehnika nevarēja uzbraukt uz lauka. Augsnes aršanu plāno pēc sala veikt augsnes aršanu **7., 8., 9., 10. variantos un lobīšanu 3., 4., 5., 6. variantos.**

### 3. Nezāļu seguma noteikšanas metodes aprobēšana ar attēlu analīzes metodi

#### 3.1. Nezāļu izplatība un to sugu sastāvs

Lai noteiktu nezāļu izplatību un to sugu sastāvu izmēģinājuma laukā, 2023. gada maijā veica izpēti un izveidoja nezāļu izplatības shēmu. Katrā variantā 10 parauglaukumos (0,25 m<sup>2</sup>) noteica nezāļu sugas un atzīmēja katras konstatētās sugas daudzumu (vairāk vai mazāk par 10 augiem uz 0,25 m<sup>2</sup>). Veidojot izplatības shēmas, ņēma vērā tikai sugas klātbūtni. Dominējošās nezāles, kuras bija izplatītas visā izmēģinājuma laukā, bija lauka vijolīte, tīruma mīkstpiene, ķeraiņu madara, baltā balanda, sārtā panātre, dārza vējagriķis, saules dievkrēsliņš un tīruma naudulis (3.1.attēls). Laukā bija sastopamas arī ārstniecības matuzāle, maura sūrene, tīruma kosa, parastā virza. Kopējais nezāļu sugu skaits vienā parauglaukumā bija no 1 līdz 10.





3.1.attēls. Sugu skaits un dominējošo nezāļu izplatība Stendes pētniecības centra izmēģinājuma laukā

### 3.2. Nezāļu sēklu bankas dinamikas izpētes metodika

Augsnes sēklu bankas sugu sastāva noteikšana ir svarīga, lai izvērtētu dažādu nezāļu ierobežošanas stratēģiju ilgtermiņa ietekmi uz nezāļu fonu. Atšķirībā no nezāļu veģetācijas, kas var būtiski mainīties atkarībā no kultūrauga un augsnes apstrādes veida, ko izmanto kārtējā gadā, augsnes sēklu bankas sastāvs ir stabilāks. Sekmīgas nezāļu ierobežošanas stratēģijas ilgtermiņa mērķis ir samazināt augsnes sēklu bankas lielumu. **Augsnes paraugu ievākšana iepļānoma pēc pēdējās augsnes apstrādes.** Ir izstrādāta paraugu ievākšanas un nezāļu sugu noteikšanas metode.

### 3.3. Augsnes sēklu bankas izpētes metode

1. Katru gadu paraugu ievākšanai iezīmē pastāvīgas paraugu ņemšanas vietas (subplots).

Ar precīzu GPS uzņem 10 parauglaurumus katrā variantā (12x10 m); 0,25 m<sup>2</sup>. Katrā parauglaurumā ievāc 5 augsnes paraugus ar zondi (20 cm dziļumā).

2. Kopparaugs

Paraugus ievāc rudenī, **pēc pēdējās augsnes apstrādes.** Augsni savāc spainī un samaisa. Ar mērtrauku iemēra 0,5 L augsnes (pieblietē standartizētā veidā). Katrā variantā paņem piecus augsnes paraugus no kopparauga.

3. Paraugu ievietošana siltumnīcā un uzskaites

Kastē ieber smilšu slāni. Smiltis ievieto 1 L podus, līdz pusei pildītus ar smiltīm. Iekšā katrā podā - auduma (organza) slānis. Smiltis piesātina ar ūdeni (turpmāk - neļauj izžūt, laista 2x nedēļā). Uz auduma slāņa uzber sajaukto paraugu (0,5 L). Uzskaita 1-2 reizes nedēļā. Paraugu apvērš reizi 4-6 nedēļās. Ziemā - zema temperatūra (stratifikācija). Vasarā - sausuma perioda imitācija.

4. *Sēklu skaits uz laukuma vienību, statistiskā apstrāde*

Sēklu skaitu paraugā aprēķina pēc formulas:  $[visu\ uzskaitīto\ dīgstu\ summa] \times 400 =$  *nezāļu sēklu skaits uz m<sup>2</sup> (20 cm dziļumā).*

## 4. SEG emisiju mēģināšanas metodika un pirmie iegūtie rezultāti

### 4.1. Meteoroloģiskie dati

Meteoroloģiskie dati iegūti no stacijas Field climate kas atrodas ap 500 metriem no izmēģinājuma vietas. Datu apkopojums ir redzams 4.1. un 4.2. tabulā.

4.1. tabula

## Vidējās gaisa temperatūras C° stacijā Field climate

Mēneši	Temperatura, C°					
	I	II	III	Vidēji	Ilggadīgie dati	Novirze no ilggadīgiem datiem
Aprīlis	*	9.0	8.6	8.8	5.8	3.0
Maijs	6.8	13.1	13.6	11.1	11.0	0.1
Jūnijs	12.4	18.1	18.9	16.5	14.6	1.9
Jūlijs	16.3	17.5	15.3	16.4	17.3	-0.9
Augusts	17.4	19.2	17.3	18.0	16.6	1.3
Septembris	15.5	15.2	16.1	15.6	12.0	3.6
Oktobris	10.0	7.2	4.5	7.3	6.8	0.5

\*nav datu

4.2. tabula

## Nokrišņu summas, mm stacijā Field climate

Mēneši	Nokrišņi, mm					
	I	II	III	Summa, mm	Ilggadīgie dati	% no ilggadīgiem datiem
Aprīlis	*	2.2	10.6	12.8	36	35.1
Maijs	0.6	12.0	0.0	12.6	50	25.2
Jūnijs	0.0	7.6	0.6	8.2	71	11.5
Jūlijs	34.0	9.8	44.2	88.0	89	99.4
Augusts	109.8	16.2	67.6	193.6	88	220.0
Septembris	23.4	29.0	23.4	75.8	62	123.3
Oktobris	84.8	55.2	52.0	192.0	77	249.0

\*nav datu

Pēc iegūtajiem datiem var konstatēts, ka nokrišņu daudzums augustā, septembrī, oktobrī **vairākkārt pārsniedza ilggadīgo datu normas**, veidojot uz laukiem stāvošu ūdeni. Bet **maijā, jūnijā bija kritisks mitruma trūkums augiem**, jo bija dekādes, kad nokrišņi nebija, un, ja nolija, veidoja tikai 11.5 – 25.2 % no ilggadīgiem datiem. Gaisa temperatūra pārsniedza ilggadīgo novērojumu temperatūras, izņemot jūliju, kas bija augstāks par 0.9°C

4.2. CO<sub>2</sub> emisiju mērījumi ar iekārtu EGM-5

CO<sub>2</sub> gāzes izplūdes intensitātes noteikšanai uzstāda iekārtu EGM-5, kas aprīkota ar elpošanas kameru SRC-2. (kamas tilpums 1171 mL, elpošanas laukums – 78 cm<sup>2</sup>, laukuma/tilpuma attiecība 1/15). CO<sub>2</sub> izplūdes mērīšana notika paralēli gāzu mērījumiem, izmantojot slēgta tipa gāzes kameras. Pirms saimnieciskām darbībām variantos un pēc saimnieciskām darbībām variantos. CO<sub>2</sub> tika noteikts vairākas dienas pēc augsnes apstrādes. Vienlaikus noteikta augsnes temperatūra (°C) un augsnes mitrums (%), ar iekārtai EGM-5 pievienotu augsnes mitruma un temperatūras zondi, kura strādā ar Stevens HydraProbe augsnes sensoru, 6-7 cm dziļumā.

**Pētījuma mērķis ir:** veikt CO<sub>2</sub> izplūdes mērījumus ar iekārtu EGM-5 dinamiskā pirms augsnes apstrādes un pēc augsnes apstrādes ar mērķi noteikt CO<sub>2</sub> emisiju izmaiņu dinamiku un to ietekmējošus faktorus.

Mērījums tiek veikts blakus gredzeniem (katrā mērījumu vietā divi gredzeni skat. 4.3 sadaļu), kas ierakti gāzu ievākšanai ar slēgtas kameras metodi (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) laukos 2, 4, 6, 8, 10, pie dažādām augsnes apstrādes sistēmām. Tiek veikti divi atkārtējumi no katras vietas, kopā 4 mērījumi no katra lauciņa, tika aprēķināti vidējie rādītāji. Rezultāti no lauka bija izteikti “ppm” vienībās, kas tika pārveidoti uz mg m<sup>-3</sup>, saskaņā ar formulu 1 (Terrie and Boguski, 2006):

$$CO_2 \text{ konc} \left( \frac{mg}{m^3} \right) = 0.0409 \times CO_2 \text{ konc (ppm)} \times \text{molekulārais svars (M)}, \quad (1)$$

kur  $M = 44.01 \text{ g/mol.}$



**4. 2. attēls.** Gāzes mērīšanas komplekts

### ***Mērījumu laiki***

CO<sub>2</sub> gāzes emisijas intensitāti plānoja mērīt pirms un pēc augsnes apstrādēm, katru dienu līdz rezultāti būtiski nemainās. Mērījumi netika veikti brīvdienās. Tika veikti 12 mērījumi septembrī (tab. 4.3.). Otrā augsnes apstrādē kavēja pārmērīgais augsnes mitrums septembrī un oktobrī, un novembrī iestājās augsnes sasalums.

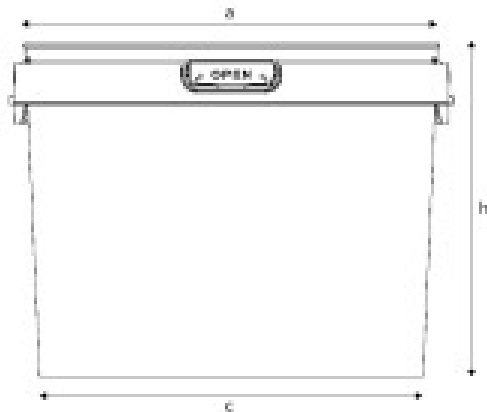
### **4.3. Gāzu mērījumi ar slēgtās kameras metodi**

2023. gadā tika izstrādāta SEG mērījumu metodika ar slēgtā tipa gāzes kameru. Zemāk ir veikts apraksts veiktajām darbībām

- 1.** Katru gadu bezsniega periodā (martā) tiek veikts pirmais CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisiju mērījums.
- 2.** Nākamie mērījumi tiek pakārtoti augsnes apstrādei (aršana, lobīšana, diskošana, ecēšana, smidzināšana). Mērījumi tiek veikti tieši pirms augsnes apstrādes darbības un no 18 līdz 24h stundām pēc veiktajām darbībām. Mērījums veic laika posmā no 9 līdz 12 no rīta.

3. Ja augsnes apstrāde vai smidzinājums netiek veikts ilgāk kā 2 nedēļas, mērījumu veic reizi divās nedēļās, ja to pieļauj laikapstākļi (nav pārāk mitrs).
4. Gada pēdējais mērījums tiek veikts novembrī (līdz pirmajam sniegam). SEG emisiju mērījumi tiks veikti 3 gadus no 2023. gada līdz 2025. gadam.

Sadarbībā ar LVMI Silava tika izstrādāta metodika gāzu ievākšanai. Tika dota priekšroka vienkāršākai un lētākai metodei - **SEG emisiju gāzu ievākšana, izmantojot slēgtā tipa gāzes kameras (non-flow-through chamber-based technique)**. Mūsu gadījumā tas ir plastmasas pārtikas spainis ar tilpumu 9.25 litri ar lielāko iekšējo diametru 25.5 cm (a) (skat. att.4.3.), augstumu (h) 19.6 cm un apakšējo diametru iekšējo diametru 19 cm (b). Spaiņa augšējā mala (atvērta) ir ievietota gredzenā ar gropi (caurtekas elements, kura apakšējā daļa ir ievietota augsnē 7 līdz 9 cm dziļumā (skat. 4.3. attēlu) un augšējā gredzena daļa ir līdz 1 cm virs zemes), caurtekas iekšējais diametrs 24.6 cm. Ir zināms laukums un tilpums gaisa telpai virs uzraudzītās augsnes. Mūsu gadījumā tie ir 9.525 litri (spainis plus gredzena tilpums virs augsnes). SEG plūsmas ātrumu nosaka, apvienojot informāciju par slēgtās augsnes virsmas laukumu, slēgtās augsnes tilpumu gaisa telpā un SEG koncentrāciju izvietošanas laikā periodā 0, 10, 20, 30 minūtēs. Katrā laika punktā veic gāzu paraugu ievākšanu (skat. 4.4., 4.5. attēlā).



Slēgtās kameras izmēri



Gredzens ar gropi ievietots augsnē

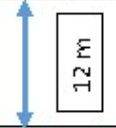
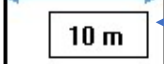
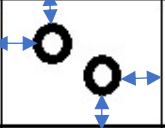




4.3.attēls. Slēgtas kameras izmērs un apakšējā gredzena vizuālais izskats





**4.attēls.** Gāzu ievākšanas process

Gredzenu izvietojums uz lauka ir parādīts 6.attēlā. Attālums no spaiņa līdz lauciņa ārējām malām bija 4.2 m. Mērījumu veikšanas laiks un varianti, kuros veica mērījumus, ir apkopoti 4.3. tabulā.

Varianta numurs	I atkārtojums	II atkārtojums	III atkārtojums	IV atkārtojums
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

4.5. attēls. Shematiskais attēlojums varantu izvietojumam un gāzu ievākšanai

**Veikto darbību apkopojums attiecībā uz gāzu paraugu ievākšanu un ar to saistītajām darbībām**

Vieta	Datums	Varianta numurs	Darbība	Laiks
Stende	12.09.2023	2,4,6,8,10	Gāzu paraudziņu ievākšana	11:57-12:38
Stende	12.09.2023	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Temperatūru sensoru izņemšanas laiks	14:30-14:45
Stende	12.09.2023	3, 4, 5,8, 9, 10	Diskošana	16:00
Stende	12.09.2023	6,7	Glifosāta smidzināšana	16:00
Stende	12.09.2023	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Temperatūru sensoru ievietošanas laiks	16.42-16.46
Stende	13.09.2023	2,4,6,8,10	Gāzu paraudziņu ievākšana pēc apstrādes	11:08 - 11:46
Stende	17.10.2023	2,4,6,8,10	Gāzu paraudziņu ievākšana	11:06-11:38
Stende	16.11.2023	2,4,6,8,10	Gāzu paraudziņu ievākšana	11:54-12:34

#### 4.4. Pirmie iegūtie dati

##### 4.4.1. CO<sub>2</sub> gāzu mērījumi ar iekārtu EGM-5

No AREI meteostacijas (Field climate) tika iegūti dati: *gaisa temperatūra, nokrišņi un saules spīdēšanas ilgums*. Tika atlasīti dati no meteostacijas iegūtajiem datiem, kas atbilst mērījuma laikam (tab. 4.3.).

##### *Statistikas analīzes*

1. Tika veikta CO<sub>2</sub> emisijas datu salīdzināšana variantos ar augsnes apstrādi un bez augsnes apstrādes, izmantojot statistisko datu analīzes metodi 'ANOVA'. *CO<sub>2</sub> emisijas netika attiecinātas uz laika vienību. Zemāk redzami dati parāda izmaiņas CO<sub>2</sub> emisijās laika brīdī no 0 sekundes līdz 150 sek. Turpmāk veicot datu apstrādi, dati tiks pārkonvertēti.*

Pirmie iegūtie dati parāda tendences, secinājumi vēl nav izdarāmi

2. Izmantojot multiple regression analysis metodi novērtēja katra faktora ietekmes būtiskuma līmeni (skat. formulu 1):

$$y = a + bx + cz + dt, \quad (1)$$

Kur y - CO<sub>2</sub> emisijas;

x – augsnes temperatūra, °C;

z – augsnes mitrums, %;

t – atmosfēras spiediens, mb;

b, c, d ir koeficienti kas ietekme katru faktoru.

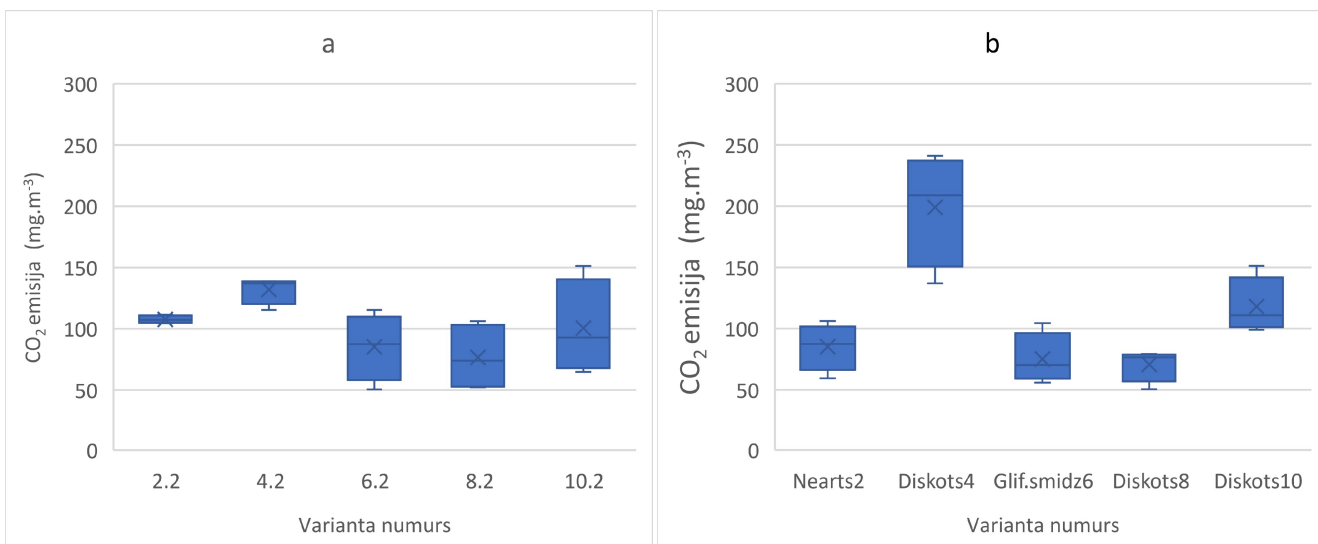
4.4. tabula

## Gāzu emisiju ar slēgtā tipa kameru mērīšanas datumi un laiks, paraugu kodēšana

Mērījuma diena	Datums	Mērījuma laiks	Mērījums rinda	Diena pirms apstrādes	Diena pēc augsnes apstrādes
D0	12.09.2023	12.09-13.32	1	1	
D1	13.09.2023	10.50-12.27	2		1
D2	14.09.2023	10.56-12.40	3		2
D3	15.09.2023	10.27-12.25	4		3
D6	18.09.2023	10.57-12.28	5		6
D9	21.09.2023	14.29-16.08	6		9
D10	22.09.2023	10.02-11.21	7		10
D13	25.09.2023	11.14-13.08	8		13
D14	26.09.2023	10.27-11.52	9		14
D15	27.09.2023	10.42-12.09	10		15
D16	28.09.2023	14.41-16.09	11		16
D17	29.09.2023	13.17-14.36	12		17
D35	17.10.2023	13.47-15.10	13		35
D65	16.11.2023	12.08-13.30	14		65

*Rezultāti no ANOVA*

Mērījumos pirms augsnes apstrādes CO<sub>2</sub> emisijas visos variantos atšķīrās, bet nerasniedza būtiskuma līmeni ( $p > 0.05$ ) (5. att a). Pēc apstrādes variantos (4.6. att b) situācija ir izmainījusies, varianta Diskots4 būtiski atšķīrās no pārējiem. Viennozīmīgus secinājumus par apstrādes ietekmi ir grūti izdarīt, jo ir liela datu izkliede un pagaidām maza datu kopa, ir jāvērtē diskoti varianti kopumā, lai noteiktu tendences CO<sub>2</sub> emisijas izmaiņas.



**4.6. attēls.** Ar EGM-5 metodi noteiktais CO<sub>2</sub> emisijas lielums atsevišķos lauciņos (a) 12.09.2023.pirms apstrādes un (b) pēc apstrādes (diskošana vai glifosāta izsmidzināšanas) 13.09.2023.

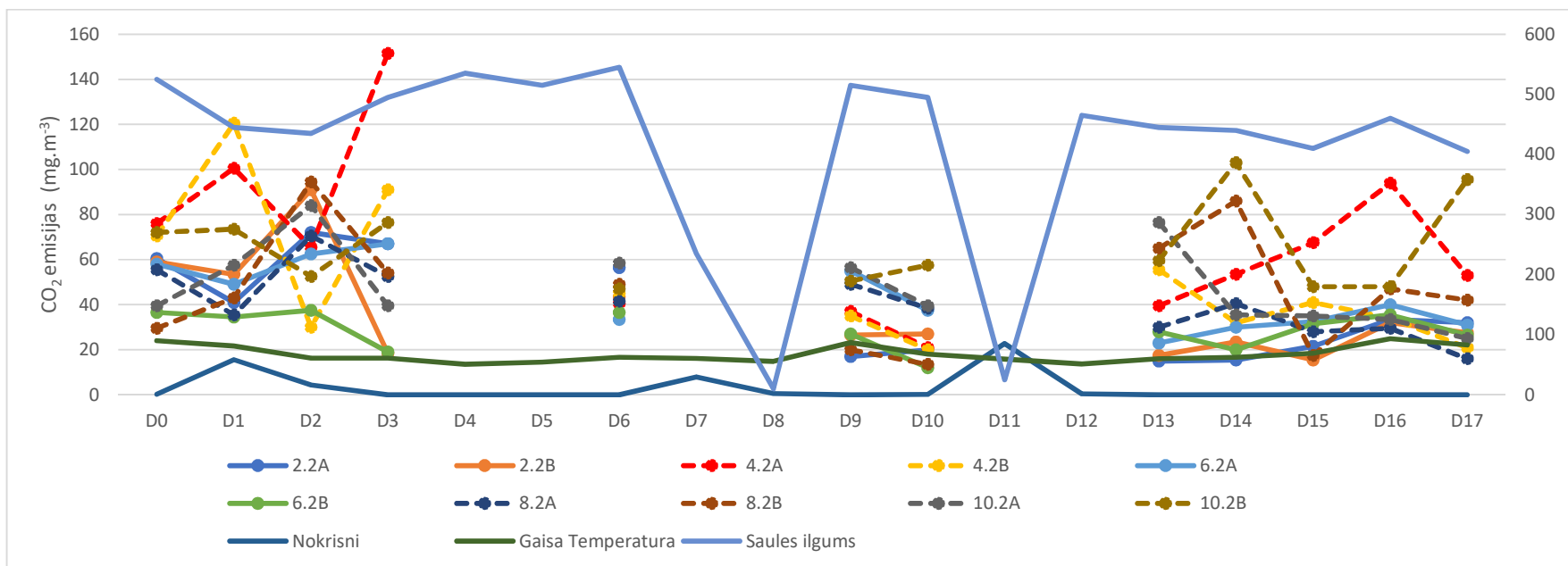
#### Regresijas analīzes rezultāti

Vidēji CO<sub>2</sub> emisija būtiski pieaug pie temperatūras un spiediena pozitīvām izmaiņām. Tomēr faktoru būtiskums ir atšķirīgs variantos, salīdzinot lauciņiem ar disku apstrādi un bez apstrādes ( 4.5. tab.). Lauciņos bez augsnes apstrādes CO<sub>2</sub> emisijas būtiski ietekmē temperatūra. Variantos ar augsnes apstrādi ietekme ir gan temperatūras, gan spiediena izmaiņām.

#### 4.5. tabula

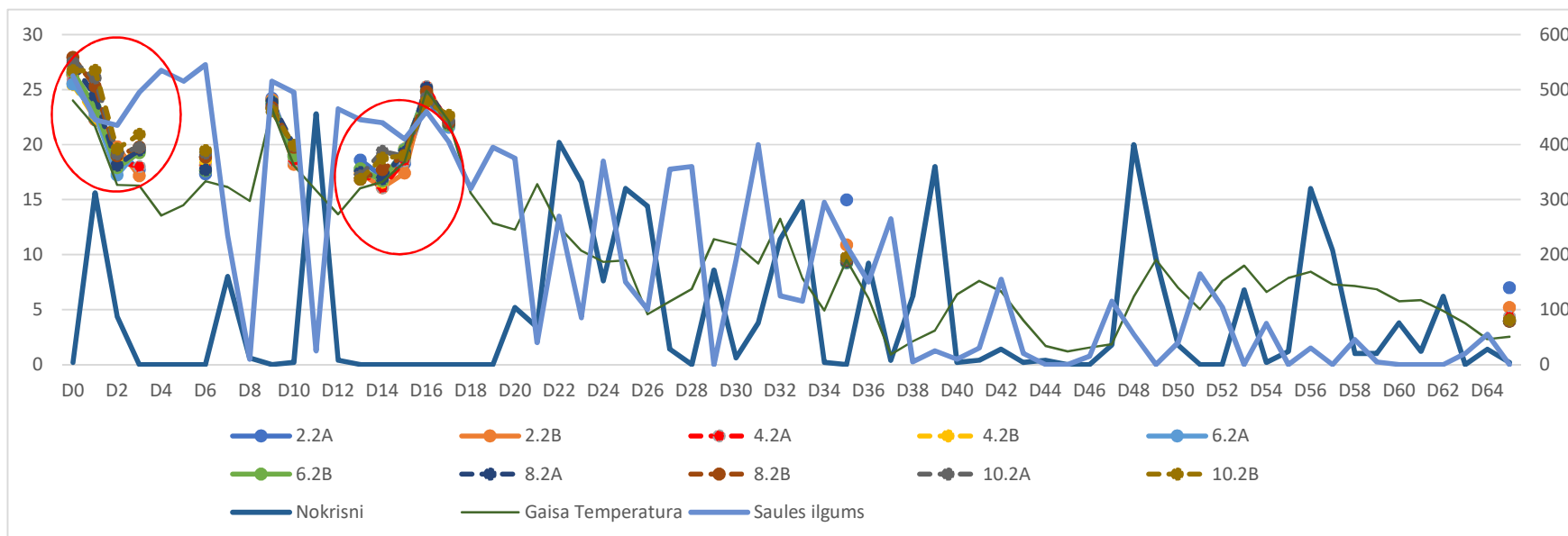
**Nozīmīgākie faktori, to ietekme uz CO<sub>2</sub> emisijas izmaiņām (ar \* ir atzīmēti koeficienti ar būtisku ietekmi). Koeficienti: b – augsnes temperatūra, c – augsnes mitrums, d – atmosfēras spiediens.**

Varianti\koef.	b	c	d	R <sup>2</sup> (adjusted)
Visi dati	3.4735***	-0.5488	1.2904**	0.1745***
Apstrādē	3.7402***	-0.5984	2.2022***	0.2004***
Bez diskošanas	3.8640***	0.6972	-0.4427	0.2556***
	<i>temperatūra</i>	<i>mitrums</i>	<i>spiediens</i>	



**4.7. attēls.** CO<sub>2</sub> emisijas izmaiņas ar EGM-5 noteiktās atkarībā no apkārtējiem vides apstākļiem dažādos variantos. 2.2 – nearts, 4., 8., 10 – diskots, 6 – apstrādāts ar glifosātu. A- ir pirmā gredzena dati, B- otrā gredzena dati

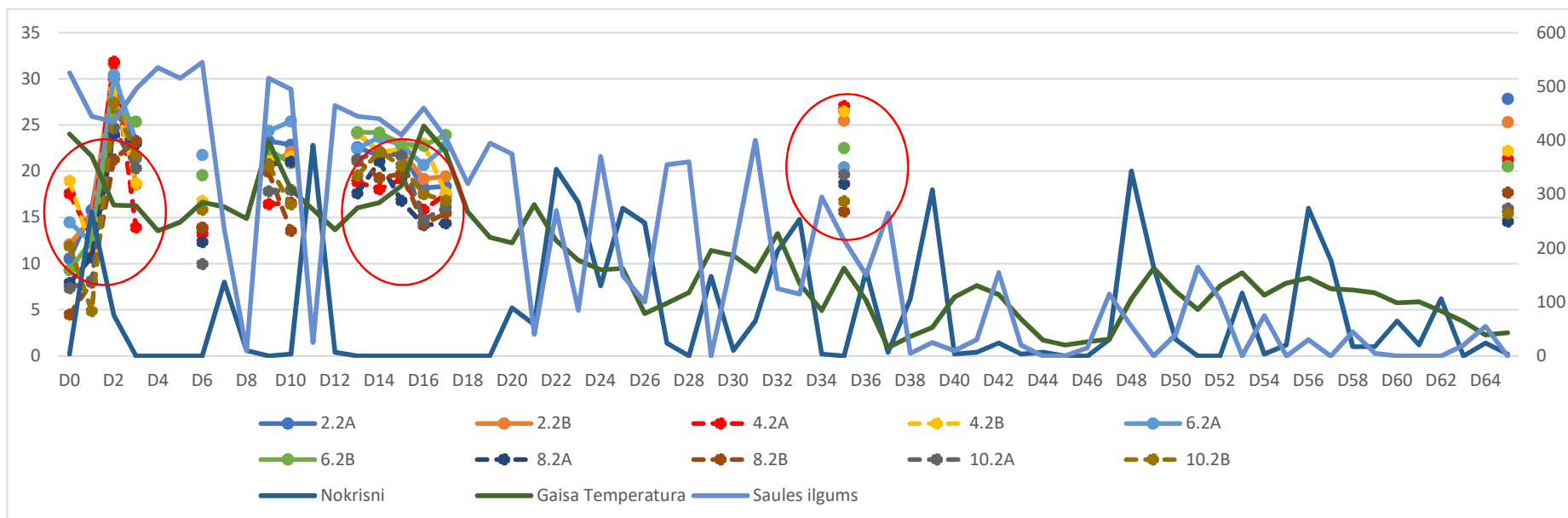
CO<sub>2</sub> izmaiņas ir ļoti atšķirīgas pa variantiem (4.7. att.). Augsnes apstrāde ietekmēja CO<sub>2</sub> emisijas, par ko liecina D1 līdz D3 mērījumi.. No iegūtajiem rezultātiem izriet, ka trešajā dienā pēc augsnes apstrādes, atšķirības starp diskotajiem un nediskotajiem variantiem pazūd, t.i. varianti būtiski neatšķiras. Tas ir jāņem vērā pie nākamā gada metodikas papildināšanas. Iespējam, ka ir vērts mērīt emisijas 1. un 2. dienu pēc apstrādes, lai precīzāk noteiktu CO<sub>2</sub> emisiju izmaiņas atkarībā no augsnes apstrādes metodēm. Viena varianta ietvaros iegūtie dati atšķiras būtiski, tā piemēram 4. variantā (diskots4) A parauglaukumā CO<sub>2</sub> emisijas ir 151.5 mg m<sup>-3</sup>, bet B parauglaukumā 91 mg m<sup>3</sup> trešajā dienā pēc apstrādes. Vēl ir jāveic padziļināta datu analīze, lai izskaidrotu šo datu izkliedi.



**4.8. attēls.** Augsnes temperatūras atšķirības dažādos variantos. 2.2 – nearts, 4., 8., 10 – diskots, 6 – apstrādāts ar glifosātu. A- ir pirmā gredzena dati, B- otrā gredzena dati

4.8.attēlā ir redzams, ka augsnē temperatūras izmaiņas korelē gan ar dienas saules ilguma izmaiņām, gan ar gaisa temperatūras izmaiņām. Veicot lielākas datu kopas analīzi, būtu jānosaka būtiskākie CO<sub>2</sub> emisiju izmaiņu faktori. Gadījumā, ja korelācija starp faktoriem apstiprinās, tad galvenais ietekmes faktors, kas atšķiras starp apstrādes variantiem, būs augsnē mitrums – pārējos faktorus nebūs nepieciešams iekļaut datu apstrādes modelī. Augsnē temperatūrai tika arī novērota liela datu izkliede - vienas stundas garumā dažādos laucīņos 4 grādu robežās, kas varētu ietekmēt iegūto rezultātu precizitāti.





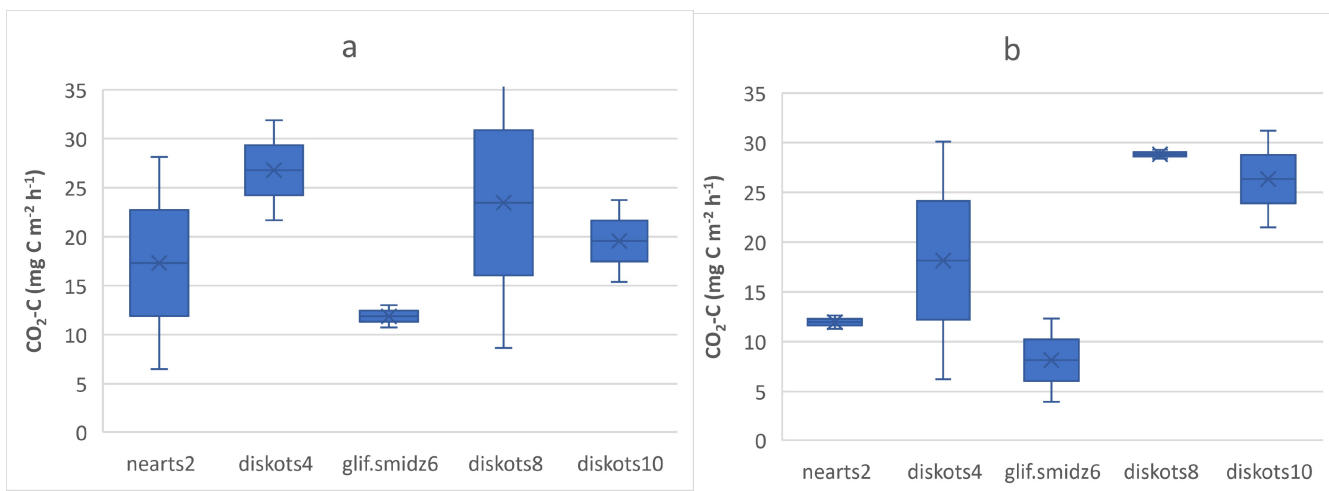
**4.9. attēls.** Augsnes mitruma atšķirības dažādos variantos. 2.2 – nearts, 4., 8., 10 – diskots, 6 – apstrādāts ar glifosātu. A- ir pirmā gredzena dati, B- otrā gredzena dati

4.9. attēlā ir redzams, ka augsnes mitruma atšķirības starp variantiem ir lielas (10% robežās), tas varētu ietekmēt iegūto datu ticamību. Ņemot vērā to, ka teorētiski, pieaugot augsnes mitrumam, pieaug arī CO<sub>2</sub> emisija, tad variantiem, kuri atrodas lauka mitrākajā daļā ir sagaidāmi potenciāli augstāki rādītāji. Tas pats arī attiecināms uz temperatūru: jo augstāka temperatūra gan vidē, gan augsnē, jo potenciāli augstākas ir gāzu emisijas. Turpmāk, veicot datu apstrādi tas ir jāņem vērā. Nokrišņu daudzums vāji korelē ar augsnes mitruma izmaiņām, tas nozīmē, ka vērtējot datus, šis faktors būtu jāvērtē atsevišķi no augsnes mitruma, ņemot vērā to, ka literatūras datos ir atrodama informācija par nokrišņu ietekmi uz CO<sub>2</sub> emisijām.

#### 4.4.2. Secinājumi EGM-5

1. Ir jāturpina iesākie mērījumi, ņemot vērā pirmajā gadā gūto pieredzi un datu kopu.
2. Ir jāveic turpmāka datu analīze, salīdzinot iekārtas EGM-5 datus ar datiem, ko ieguva ar slēgtas kameras metodi.
3. Iespējams, nākamgad ir nepieciešams veikt mērījums līdz 3. dienai pēc augsnes apstrādes.
4. Veicot padziļinātu datu apstrādi, ir jāņem vērā sākotnējās atšķirības starp variantiem dažādās augsnes mitruma un augsnes temperatūras zonās.

#### 4.5. SEG emisiju gāzu mērījumi ar slēgtas kameras metodi

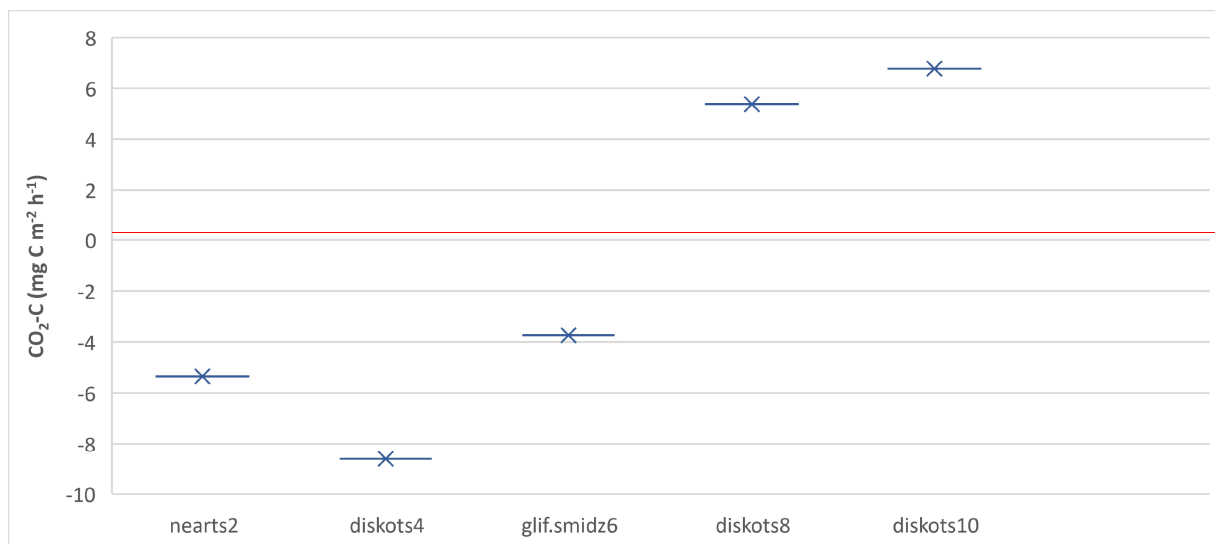


**4.10. att.** Ar slēgtas kameras metodi noteiktā CO<sub>2</sub> emisija (a) pirms apstrādes 12.09.2023 (diskošana, smidzināšana) un (b) pēc apstrādes 13.09.2023.

Pirmie gāzu paraugi tika ievākti 2023. gada 12. septembrī 2., 4., 6., 8. un 10. variantu 2. atkārtojumā (skat. 4.2. tabulu un 4. 10. attēlu). Tā kā šis gads bija pirmais izmēģinājuma gads, augsnes apstrādes sākotnējais stāvoklis visos variantos bija identisks – iepriekšējā rudens sezonā lauks tika uzarts, pavasarī iesēti mieži ar standarta sējmašīnu, AAL lietošana netika veikta nevienā no variantiem pirms pirmās gāzu ievākšanas reizes, pamatmēslojums nodrošināts pirms sējas NPK 14-14-21 270 kg ha<sup>-1</sup>.

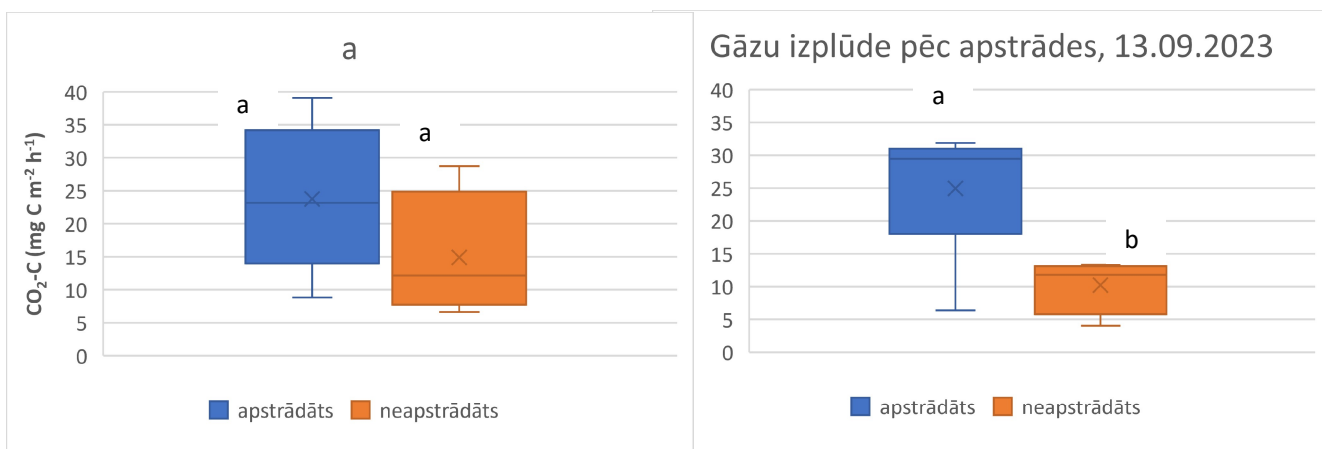
Lai gan sākotnējie apstākļi bija identiski, datu izkliede starp variantiem bija robežās no 7 mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> līdz 39 CO<sub>2</sub>-C mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Šo datu izkliedi varētu izskaidrot vairāki faktori: augsnes mitrums, augsnes temperatūra, augsnes atšķirīgais sastāvs (nesadalījusies augu sakņu sistēma), **augšnes blīvums**, dažāda apjoma palikusī biomasa uz lauka.

Ja salīdzina izmaiņas pa lauciņiem uz pēcapstrādes brīdi 13.09.2023 (**4.11 attēls**), tad ir redzama tendence, ka 2os no 3 diskotajiem variantiem CO<sub>2</sub> izmeši pieauga, savukārt neapstrādātajā un ar glifosātu smidzinātājā variantā izmeši ir samazinājušies. Diskoto variantu vērtības, vidēji 3 variantiem, ir lielākas vairāk nekā divkārtīgi, nearta varianta vidējā vērtība **10 mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>**, **bet diskotajos variantos vidēji bija 25 mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>**



**4.11. att.** CO<sub>2</sub> koncentrācijas starpība starp paraugiem, kurus ievāca pirms apstrādes 12.09.2023. (diskošana, glifosāta smidzināšana) un 18 stundas pēc apstrādes (diskošana, glifosāta smidzināšana) 13.09.2023 dažādos variantos.

Grupējot kopā variantus, kuros ir veikta augsnes apstrāde un variantus, kuros nav veikta augsnes apstrāde, pēc apstrādes mērījumu parādās būtiskas CO<sub>2</sub> emisijas atšķirības starp abām grupām (4.12. attēls). Pirms apstrādes vidējā vērtība apstrādātajos variantos bija 23 CO<sub>2</sub>-C (mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) un neapstrādātajos variantos 14 CO<sub>2</sub>-C (mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Savukārt pēc apstrādes dienā vidējās vērtības bija 24 CO<sub>2</sub>-C (mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) apstrādātajos variantos un 10 CO<sub>2</sub>-C (mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) neapstrādātajos variantos..

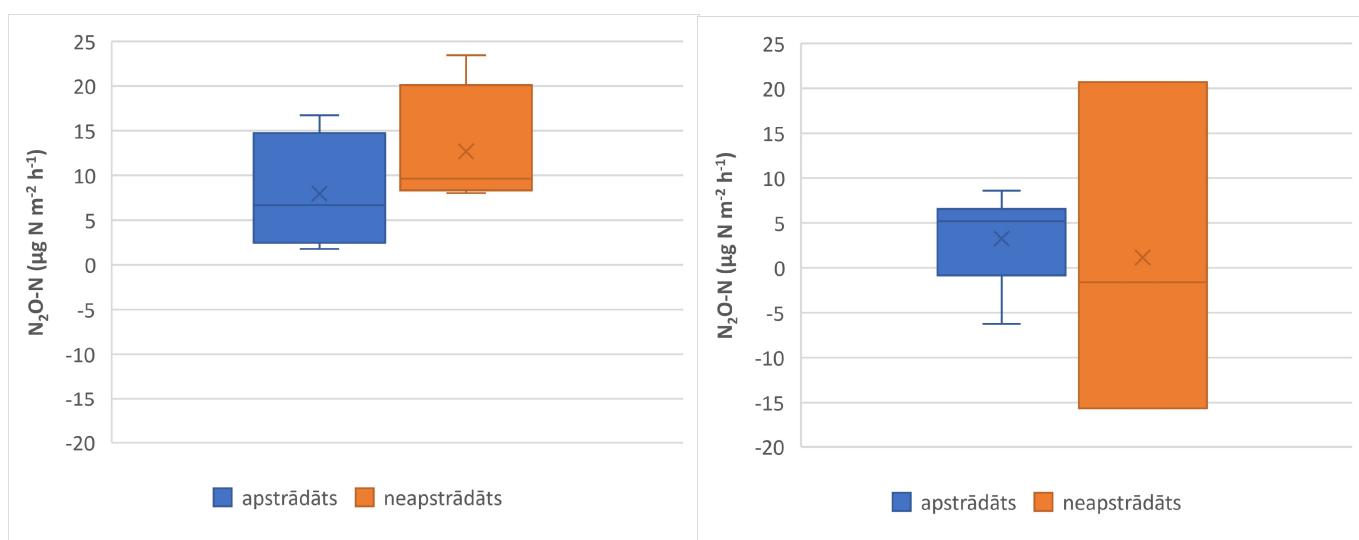


**4.12. att.** CO<sub>2</sub> koncentrācija ievāktajos paraugos (a) 12.09.2023. (diskošana, glifosāta smidzināšana) un (b) pēc apstrādes (diskošana, glifosāta smidzināšana) 13.09.2023, grupējot variantus kuros ir un nav veikta augsnes apstrāde. Ar vienādiem burtiem ir apzīmēti varianti, starp kuriem nav statistiski būtisku atšķirību.

Šī gada netipisko apstākļu dēļ nebija iespējams veikt diskošanu un lobīšanu pēc izstrādātā plāna, diskošana tika veikta tikai vienu reizi. Aršana un lobīšana tiks veikta tikai šī gada novembra beigās.

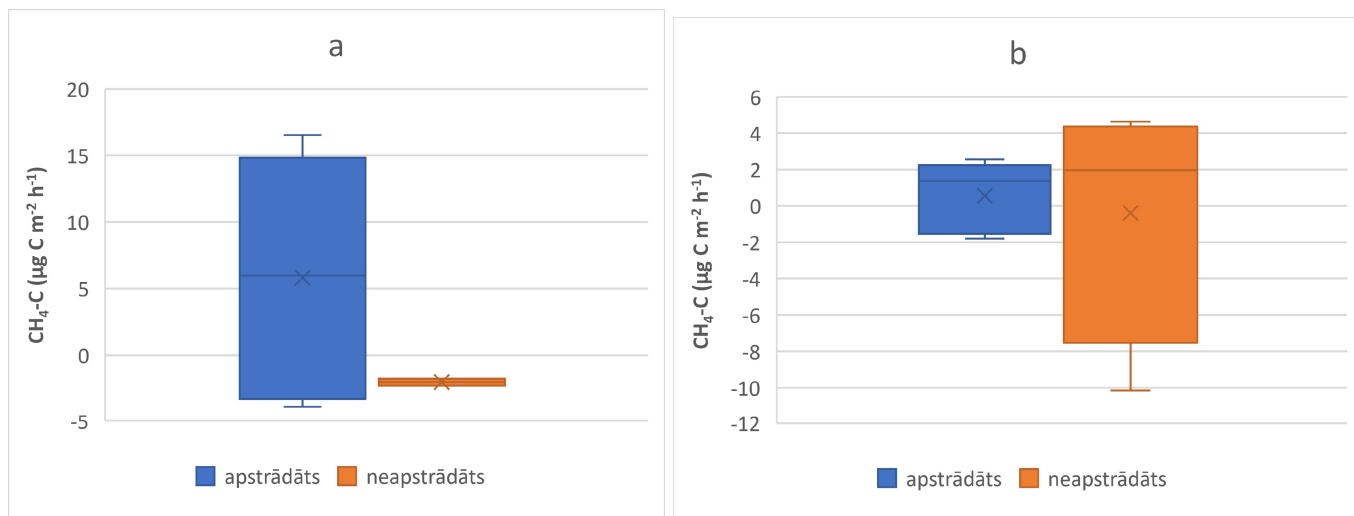
Ir secināms, ka gāzu izdalīšanās no augsnes ir ļoti mainīgs process, kas atkarīgs no vairākiem faktoriem. Ir jāturpina datu ievākšana, lai būtu iespējams noteikt apkārtējo faktoru–temperatūras, mitruma, nokrišņu daudzuma, ietekmi uz gāzu emisiju veicot dažādas darbības ar augsni, t.i. diskošanu, lobīšanu, ecēšanu, aršanu.

Pirmie iegūtie rezultāti liecina par to, ka izstrādātā gāzu ievākšanas metode ir aprobēta un nākamajā sezonā ir nepieciešams ievākt datus biežāk, ar regulāru laika atstarpi, kā arī jāpalielina paraugu skaits.



**4.13. att.** N<sub>2</sub>O koncentrācija ievāktajos paraugos (a) 12.09.2023. (diskošana, glifosāta smidzināšana) un (b) pēc apstrādes (diskošana, glifosāta smidzināšana) 13.09.2023, grupējot variantus kuros ir un nav veikta augsnes apstrāde.

N<sub>2</sub>O koncentrācijas neatšķiras būtiski (4.18. att.), salīdzinot variantus gan pirms apstrādes, gan pēc apstrādes. Trīs paraugi tika izņemti no datu analīzes, jo tie izleca no kopējās datu kopas un gāzu izmaiņu dinamikas. Pirms apstrādes N<sub>2</sub>O koncentrācijas vērtības bija no 2 līdz 23 N<sub>2</sub>O -N µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, apstrādātajos variantos 13.09.2023 no -6 līdz 9 N<sub>2</sub>O -N µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> un neapstrādātajos variantos no -15 līdz 21 N<sub>2</sub>O - N µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Tātad, notika gan gāzu emisija, gan gāzes patēriņš.



**4.14. att.** CH<sub>4</sub> koncentrācija ievāktajos paraugos (a) 12.09.2023. (diskošana, glifosāta smidzināšana) un (b) pēc apstrādes (diskošana, glifosāta smidzināšana) 13.09.2023, grupējot variantus kuros ir un nav veikta augsnes apstrāde.

CH<sub>4</sub> koncentrācijas neatšķiras būtiski (4.14. att.), salīdzinot variantus gan pirms apstrādes, gan pēc apstrādes. Pirms apstrādes vērtība variēja no -4 līdz 16 CH<sub>4</sub>-C µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, apstrādātajā variantā 13.09.2023 no -2 līdz 2 CH<sub>4</sub>-C µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> un neapstrādātajā variantā no -10 līdz 5 CH<sub>4</sub>-C µg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Tātad notika gan gāzu emisija, gan gāzes patēriņš.

## 5. Attēlu iegūšana, izmantojot bezpilota lidaparātu ar multispektrālo kameru

Dažādos pētījumos arvien plašāk izmanto bezpilota lidaparātus (UAV) jeb dronus. Uzsākot projektā paredzēto uzdevumu izpildi, 2023. gada sezonā ir veikta pētījuma teritorijas apzināšana un lauku datu ievākšana izmantojot dronu Matrice 300RTK un multispektrālo kameru Sentera AGX710. Izmantotā kamera ir ar 12 MP izšķirtspēju un ar divu kameru blokiem - nRGB un NDRE:

- 21023-01\_12MP-ERS-0001\_5.4mm-0001\_0014\_5.4\_4000x3000 (RGB),
- 21023-01\_12MP-ERS-0001\_5.4mm0001\_0016\_5.4\_4000x3000 (Red edge,NIR)

Multispektrālie UAV attēli tika uzņemti 20 m augstumā, kā rezultātā ieguva 0.5 cm lielu vidējo "Ground Sampling Distanci" (GSD), kas ir reālais pikseļu izmērs iegūtajos attēlos. Šī rādītāja lielums ir saistīts ar kameras fokusa attālumu, kameras sensoru izšķirtspēju un kameras attālumu no objekta. Jo ir mazāka GSD vērtība, jo iegūtais pikselis ir mazāks un līdz ar to arī iespējams iegūt detalizētāku lauka karti (5.1. attēls).

Attēlus uzņēma ar ne mazāku kā 75% lielu pārklāšanos priekšpusē un sānos, kā arī ar 90 grādu kameras pozīciju. Katras lidojuma misijas laikā ieguvām apmēram 1100 jpg formāta attēlus (vienlaicīgi divi attēli katram kameras blokam)

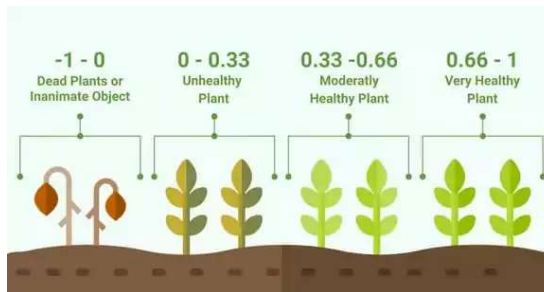
Aerofotogrāfijas 2023. gadā uzņemtas četras reizes sezonā:

1. 24. maijā (pēc labības sadīgšanas; 517 RGB attēli un 517 NDRE attēli),
2. 9. augustā (pirms ražas novākšanas; 581 RGB attēli un 581 NDRE attēli),
3. 23. augustā (pēc ražas novākšanas; 559 RGB attēli un 559 NDRE attēli),
4. 24. oktobrī (545 RGB attēli un 545 NDRE attēli).



**5.1. att.** Izmēģinājuma lauks 2023. gada 24. oktobrī

Attēlu pēcapstrāde veikta programmā Pix4D Mapper. Veiktajiem lidojumiem iegūtas ortofotokartes, digitālais virsmas modelis (DSM) un NDVI indeksa kartes (izņemot 24. maiju), skatīt 5.2. attēlā.



**5.2. att.** NDVI indeksa vērtības (<https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>)

Tabulā Nr.5.1 ir parādīti iegūtie attēli ar NDVI indeksiem. Iegūtie dati ļauj klasificēt datus pēc krāsu līmeņiem. Attēlā, kas tika iegūts 24.10.2023. ir skaidri redzama nezāļu izplatība (zaļā krāsa) nogatavināto graudu laukā (mieži – oranžie). Turpmāk ir jāattīsta modelim tādā veidā, lai NDVI


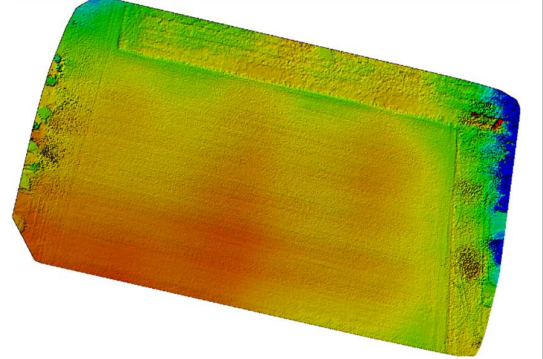

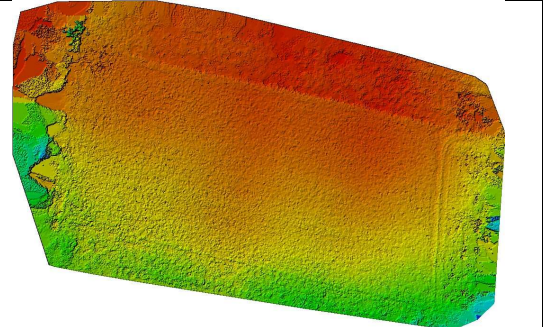
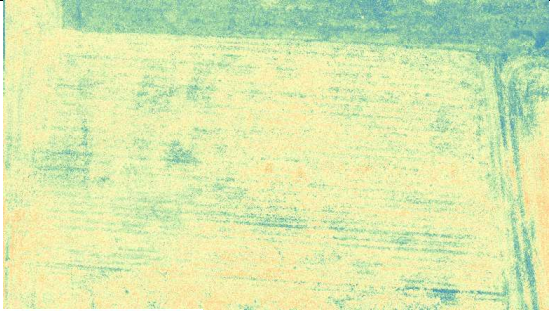
Nākamais solis ir atrast sakarības, kuras spētu identificēt nezāles arī sākotnējā kultūrauga gatavošanas stadijā.

Secinājumi par bezpilota lidaparātu izmantošanu

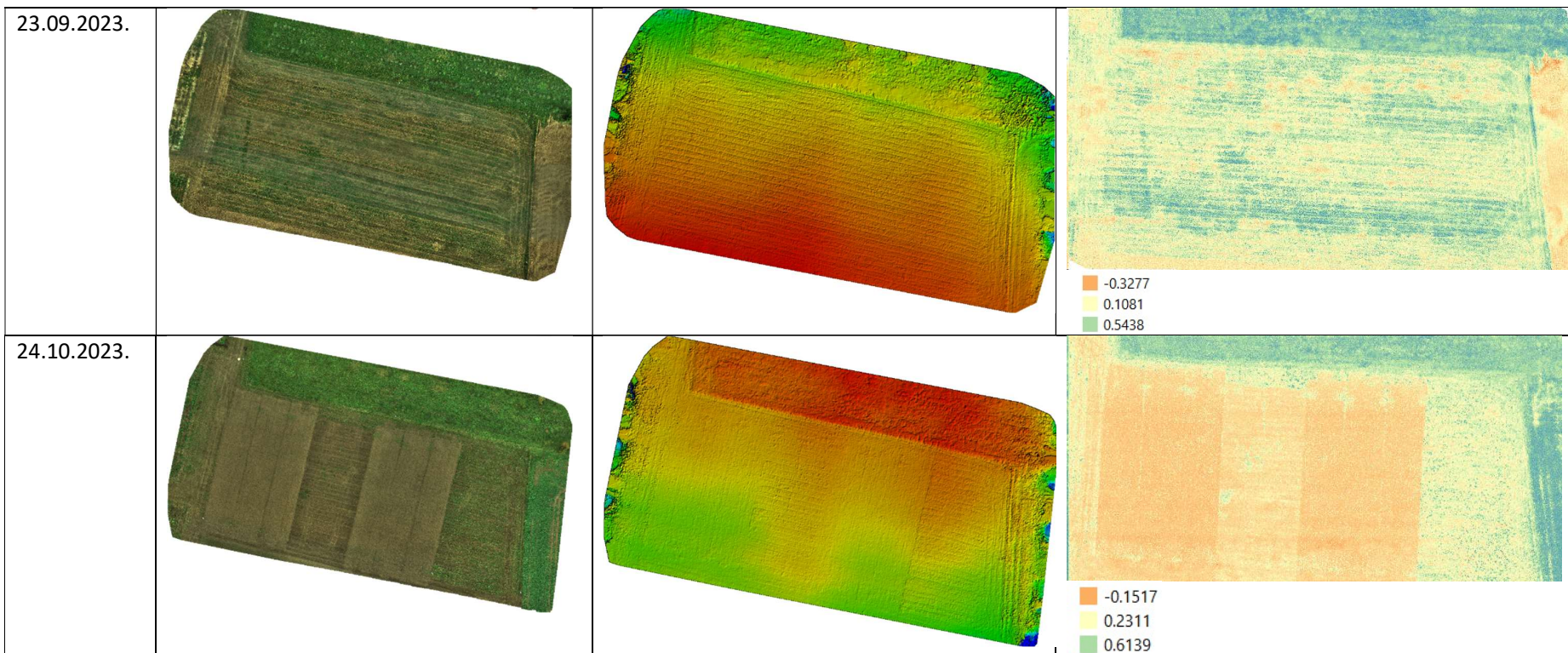
Pielietojot bezpilota lidaparātus, mākslīgo intelektu, dažādus sensorus, piemēram, multispektrālās, RGB (red-green-blue) un citas kameras un aprēķinātos veģetācijas indeksus iespējams noteikt nezāļu izplatību konkrētajā situācijā uz lauka un līdz ar to varam savlaicīgi plānot to ierobežošanas pasākumus.

2023. gada pētījuma sezonā, izmantojot bezpilota lidaparātu Matrice 300RTK ar multispektrālo kameru Sentera AGX710, esam ieguvuši vizuālu informāciju četros posmos - pēc labības sadīgšanas (24. maijā), pirms labības kulšanas (9. augustā), pēc labības kulšanas (23. augustā) un pēc parauglauku augsnes apstrādes veikšanas (24. oktobris). Analizējot iegūtos attēlus, varam noteikt tās lauka vietas, kur nezāļu izplatība ir visaugstākā un iespējams izmantot iegūto informāciju nākamajos pētījuma gados. Plānots, ka nezāļu identificēšanas metodes apguvi turpināsim nākamajā audzēšanas sezonā.

5.1. tabula

Datums	RGB attēls	DSM attēls	NDVI karte, indekss
24.05.2023.			-
09.08.2023.			 <ul style="list-style-type: none"><li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f4a460; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> -0.2229</li><li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0.1683</li><li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> 0.5594</li></ul>





## 6. Metodika SEG emisiju un labības ražošanas izmaksu aprēķināšanai

Tehnoloģiju salīdzināšanai pēc ekoloģiskās ietekmes uz vidi vairāki autori [1; 2; 3] izmanto konkrētās tehnoloģijas īstenošanā radītās SEG emisijas  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ ha}^{-1}$ . Šā rādītāja aprēķinu metodika izklāstīta turpmāk. Kopējās SEG emisijas tiek aprēķinātas kā summa  $C$  no tehnoloģijas īstenošanai izmantotās tehnikas izgatavošanai un piegādei radītajām emisijām  $C_1$ , tehnikas darbināšanai patērētās degvielas radītajām emisijām  $C_2$ , mēslojuma un pesticīdu ražošanai un piegādei radītajām emisijām  $C_3$ , sēklas ražošanai un piegādei radītajām emisijām  $C_4$ .

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4. \quad (6.1)$$

$$C_1 = \left( \frac{m_t}{L_{\Sigma t}} k_t + \frac{m_m}{L_{\Sigma m}} k_m \right) * F, \quad (6.2)$$

kur  $m_t$  – traktora masa, kg;  
 $m_m$  – mašīnas masa, kg;  
 $L_{\Sigma t}$  – kopējais traktora kalpošanas laiks, h;  
 $L_{\Sigma m}$  – kopējais mašīnas kalpošanas laiks, h;  
 $k_t$  – īpatnējais traktora emisiju koeficients,  $\text{kg CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ ;  
 $k_m$  – īpatnējais mašīnas emisiju koeficients,  $\text{kg CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ ;  
 $F$  – traktora noslodze gadā,  $\text{ha g}^{-1}$ .

$$C_2 = S_f * k_f,$$

kur  $S_f$  – degvielas patēriņš,  $\text{l ha}^{-1}$ ;  
 $k_f$  – īpatnējais degvielas emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ,  $\text{kg l}^{-1}$ .

$$C_3 = S_{fert1} * k_{fer1} + S_{fert2} * k_{fer2} + S_{pest} * k_{pest}, \quad (6.3)$$

kur  $S_{fert1}$  – mēslojuma deva (M1),  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  
 $S_{fert2}$  – mēslojuma deva (M2),  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  
 $k_{fer1}$  – īpatnējais mēslojuma 1 emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ ;  
 $k_{fer2}$  – īpatnējais mēslojuma 2 emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ ;  
 $S_{pest}$  – pesticīdu deva,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  
 $k_{pest}$  – īpatnējais pesticīdu emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ .

$$C_4 = S_{s1} * k_{s1} + S_{s2} * k_{s2} \quad (6.4)$$

kur  $S_{s1}$  – izsējas norma 1. augam,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  
 $S_{s2}$  – izsējas norma 2. augam,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  
 $k_{s1}$  – īpatnējais 1. sēklas emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ ;  
 $k_{s2}$  – īpatnējais 2. sēklas emisiju koeficients,  $\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ kg}^{-1}$ .

Aprēķinos izmantoti sekojoši koeficienti:  $k_t = 14,41$ ,  $k_m = 10,23$ ,  $k_f = 3,36$ ,  $k_{fert1} = 0,68$ ,  $k_{fert2} = 4,57$ ,  $k_{pest} = 0,069$ ,  $k_{s1} = 0,05$ ,  $k_{s2} = 0,91$ .

Rādītāju  $C_1 \dots C_4$  aprēķinam vajadzīgie sākotnējie dati doti 2. tabulā bet aprēķinu rezultāti, izmantojot formulas (1 – 4) – 3 - 6 tabulā.

### Metodika tehnoloģisko operāciju ekspluatācijas izmaksu noteikšanai.

Kā kritērijs konkrētās lauksaimniecības produkcijas ražošanas tehnoloģijas novērtēšanai visbiežāk tiek lietoti ekonomiskie rādītāji – ražošanas izmaksas  $\text{EUR t}^{-1}$  vai  $\text{EUR ha}^{-1}$ , kuri iekļauj divus komponentus – ekspluatācijas izmaksas un materiālu izmaksas (skat. 6.3.tabulu). [4; 5]

Ekspluatācijas izmaksu noteikšanai pielieto formulu, kura ir pārveidota tā, lai lauksaimniecības mašīnu un traktora gada noslodzē ievērtētu sējplatības lielumu. [6 - 10]

$$I_{ek} = \frac{B_t a_t}{TW_{ek}} + \frac{B_m a_m}{L} + \frac{1}{W_{ek}} (S_t + N_e k q C_d), \text{ (EUR/ha)}, \quad (6.5)$$

kurā,  $W_{ek}$  – darba ražīgums ekspluatācijas laikā, ha/h,

$B_t, B_m$  – traktora, mašīnas cena, EUR,

$a_t, a_m$  – Atskaitījuma % traktora, mašīnas atjaunošanai,

$T$  – Traktora kopējais izmantošanas laiks gadā, h,

$L$  – sējplatības lielums, ha

$S_t$  – traktorista darba samaksa, EUR/h,

$N_e$  – traktora dzinēja efektīvā jauda, KW,

$k$  – traktora dzinēja jaudas izmantošanas koeficients,

$q$  – traktora dzinēja īpatnējais degvielas patēriņš, kg/kWh,

$C_d$  – degvielas kompleksā cena, Ls/kg (ievērojot eļļas patēriņu 7,5 % no degvielas patēriņa).

Traktora kopējo izmantošanas laiku var aprēķināt, summējot tā izmantošanas laiku atsevišķos darba veidos:

$$T_i = \frac{Q_i}{W_{i.ek}}, \text{ (h)}, \quad (6.6)$$

kurā,  $Q$  - i-tā darba apjoms,

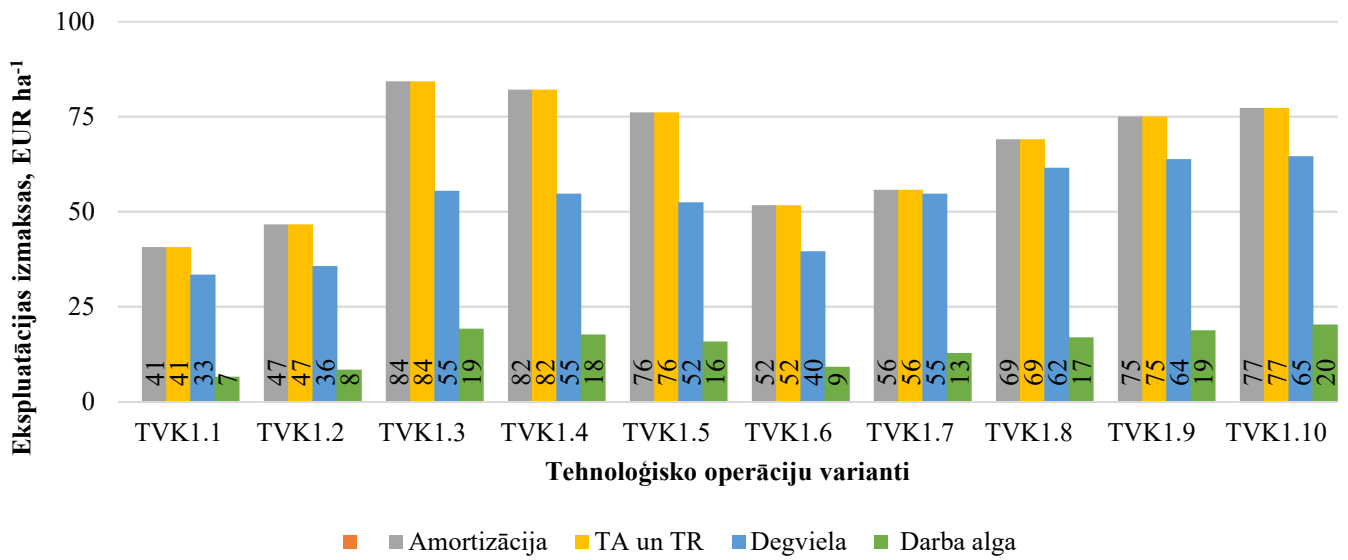
$W_{i.ek}$  – agregāta ekspluatācijas darba ražīgums i-tā darba veikšanā.

Traktora kopējā izmantošanas laikā  $T$  ieskaita arī laiku, kurā ar traktoru veic darbus, kuri nav tieši saistīti ar augkopību, (formula 6).

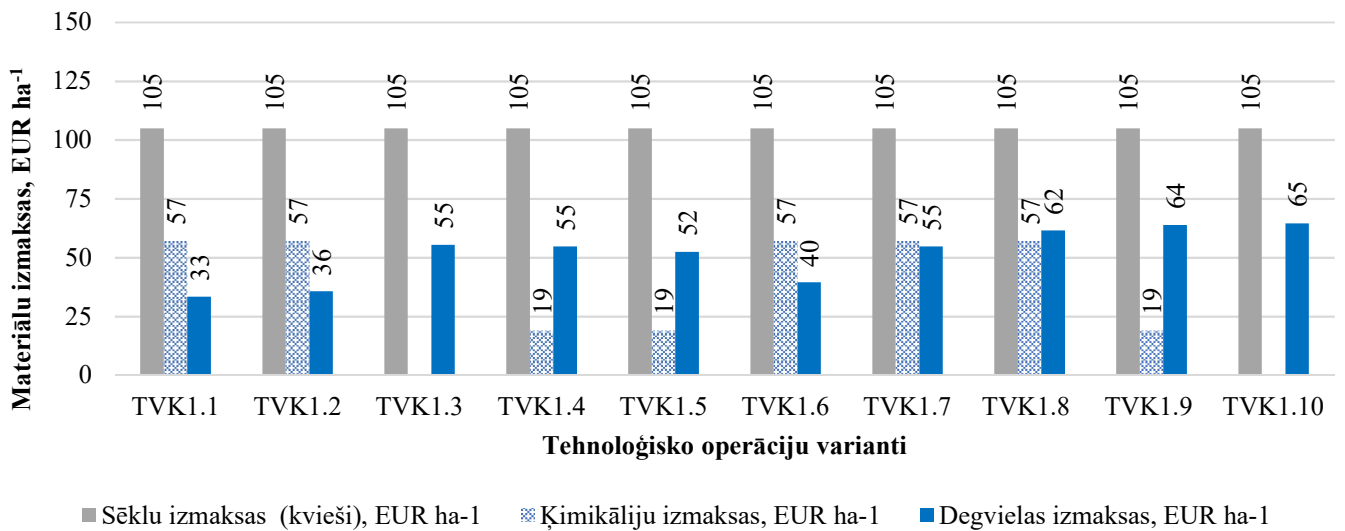
Savukārt materiālu (sēkla, minerālmēslojums, ķīmikālijas) izmaksas atrodamas saimniecības finanšu dokumentos. Ekonomisko rādītāju aprēķināšanai parasti izmantot tehnoloģiju analīzes metodi [4, 5] ar kuru iespējams modelēt ražošanas izmaksas atkarībā no galvenajiem noteicošajiem faktoriem – izmantotās tehnikas, lietotā mēslojuma un ķīmikāliju daudzuma.

Izmēģinājumu variantu tehnoloģiskās operācijas shematiski parādītas Pielikumā Nr.2, savukārt Pielikumā Nr.3 parādīta tehnikas cena, tās noslodze, agregātu ražīgums, degvielas un darba patēriņš, kā arī citi rādītāji izmaksu aprēķinam. Izmantojot datorprogrammu aprēķinātas ekspluatācijas izmaksas katrai tehnoloģiskajai operācijai.

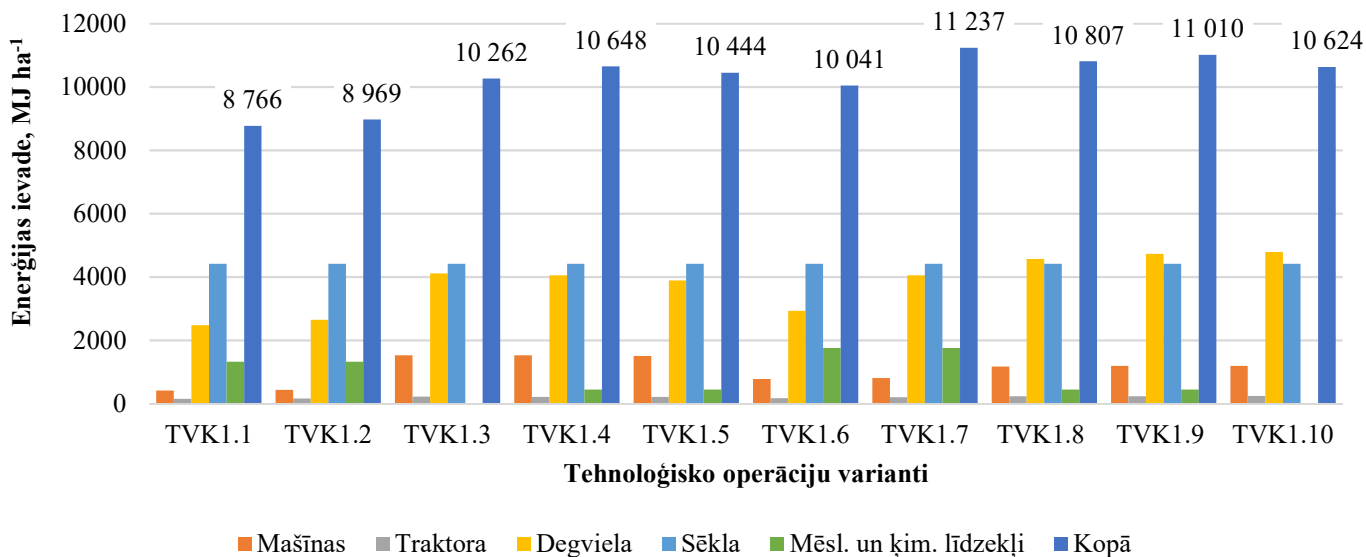
Šīs izmaksas summējot ar degvielas, mēslojuma un pesticīdu, kā arī sēklas izmaksām, var aprēķināt konkrētas kultūras ražošanas izmaksas. Aprēķinu rezultāti parādīti Pielikumā Nr.4, 6.1 – 6.6 grafikos.



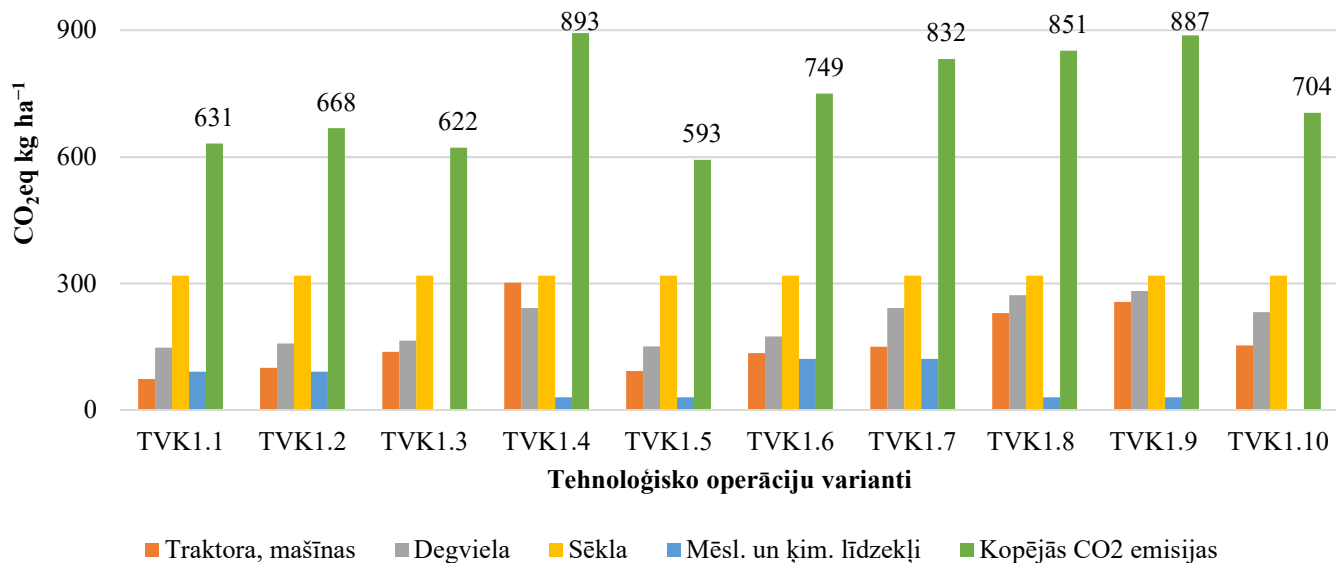
6.1.att. Kviešu ražošanas resursu patēriņa un izmaksu struktūra



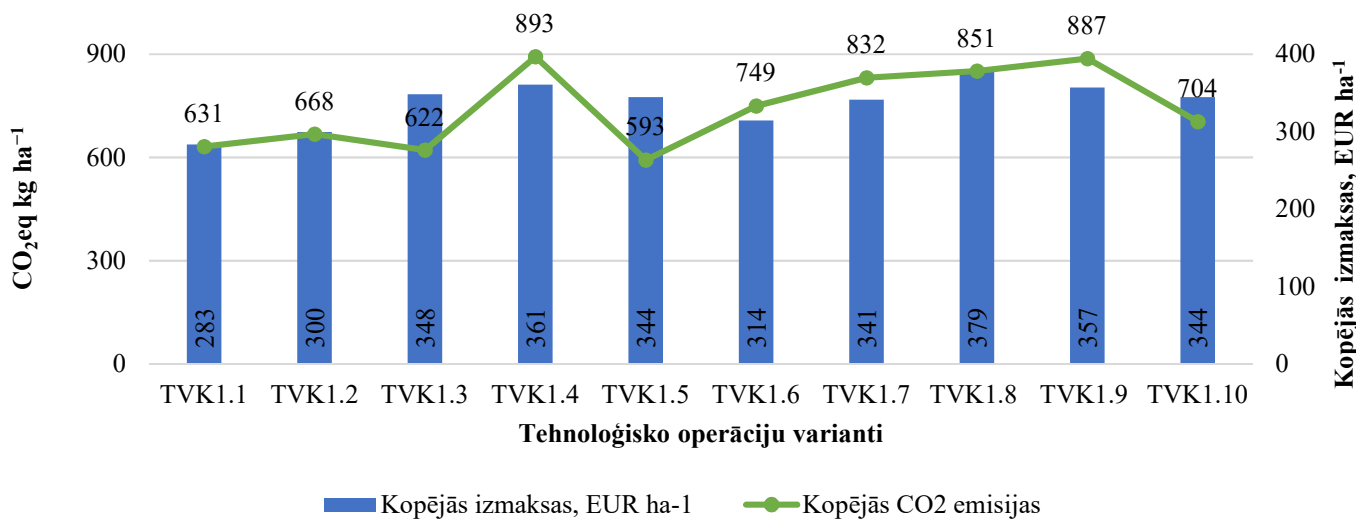
6.2.att. Kviešu ražošanas materiālu izmaksu struktūra



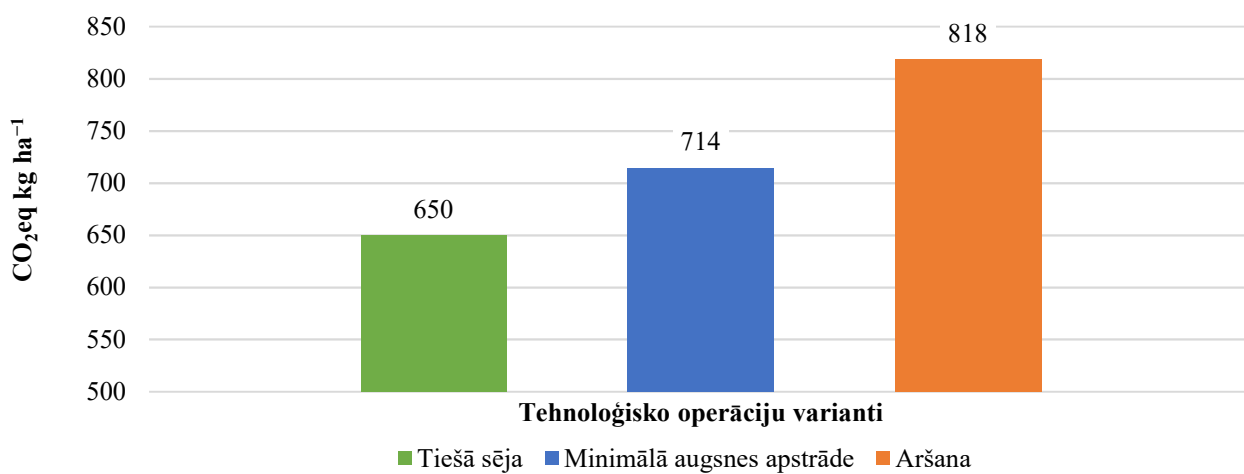
6.3.att. Kviešu ražošanas enerģijas ievade



6.4.att. Kviešu ražošanas CO<sub>2</sub> emisijas



6.5.att. Kviešu ražošanas CO<sub>2</sub> emisijas un izmaksu salīdzinājums



6.6.att. Kviešu ražošanas vidējās CO<sub>2</sub> emisijas pa apstrādes veidiem

Izmantotā literatūra 6. nodaļai

1. Lars Elsgaard, Jørgen E. Olesen, John E. Hermansen et al. Regional greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter rapeseed for biofuels in Denmark, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 2013., Section B – Soil & Plant Science, 63:3, 219-230, DOI: 10.1080/09064710.2012.751451.
2. E.Audsley, K.Stacey, D.J.Parsons, A.G. Williams. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University Cranfield Bedford MK43 0AL. Technical Report August 2009, p.20. DOI: 10.13140/RG.2.1.5095.3122.
3. Marius Kazlauskas, Indre Bručiene, Algirdas Jasinskas, Egidijus Šarauskis. Comparative Analysis of Energy and GHG Emissions Using Fixed and Variable Fertilization Rates. *Agronomy* 2021,11, 138, p. 19. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010138>.
4. Iryna Novakovska, Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Ilmars Dukulis. Analysis of soil tillage by ploughs and optimisation of their aggregation. // 17th International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings, Jelgava, Latvia, May 23 - 25, 2018 [elektroniskais resurss] / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Faculty of Engineering. Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Jelgava, 2018. Vol. 17, p.335-341, ISSN 1691-597
5. A.Asejeva, N.Kopiks, D.Viesturs. The choice of technological variants of soil tillage and cultivation for the growing of cereals. Proceedings of the International scientific conference "Economic science for rural development", Academy of Agricultural and Forestry sciences of Latvia. Latvia University of Agriculture.-Jelgava, 2007.-Nr.13: Primary and secondary production, consumption, p.78. - 84.
6. IV Starptautiskā zinātniski praktiskā konference. *Vide. Tehnoloģija. Resursi*. A. Vilde, S. Cesnieks, A. Rucins. Energetical, economical and ecological aspects of soil tillage minimisation. *Rēzekne*, 26. – 28.jūn., 2003.
7. IV Starptautiskā zinātniski praktiskā konference. *Vide. Tehnoloģija. Resursi*. U. Pinnis, A. Rucinsh, A. Vilde, S. Cēsniēks. Technical, economical and ecological estimation of up-to-date combined soil tillage, fertilising and sowing machines. *Rēzekne*, 26.–28. jūn., 2003.
8. A. Rucins, D. Viesturs, J. Necajeva, G. Bundzena, V. Zagorska. Assessment of economic indicators, energy inputs and greenhouse gas emissions applying different weed control technologies for field bean (*Vicia faba L.*) growing: a case study // 21st International scientific conference "Engineering for rural development": proceedings, Jelgava, Latvia, May 25-27, 2022 [elektroniskais resurss] / Latvia University of Life Sciences and Technologies. Faculty of Engineering Jelgava, 2022. Vol.21, 389.-399.lpp.
9. Kopiks N., Viesturs D., Balode R. Method for the analysis of field crop production technologies. Proceedings of the Latvia University of agriculture Nr.16 (293), 1998), B – technical sciences, pp. 129.-135., Jelgava
10. Zagorska, V. Ruciņš, A. Viesturs, D. Ivanovs, S. Assessment of the greenhouse gas emissions and energy inputs applying different weed control methods for wheat growing. *Agronomy Research*. Vol. 21(x), (2023). <https://doi.org/10.15159/ar.23.051>





## Kviešu ražošanas izmaksas, enerģijas ievade un CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> emisijas

### Ekspluatācijas izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup>

Kviešu ražošanas tehnoloģija	TVK 1.1	TVK 1.2	TVK 1.3	TVK 1.4	TVK 1.5	TVK 1.6	TVK 1.7	TVK 1.8
Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	44.00	47.00	73.00	72.00	69.00	52.00	72.00	81.00
Amortizācija	40.67	46.65	84.31	82.06	76.08	51.72	55.74	69.00
TA un TR	40.67	46.65	84.31	82.06	76.08	51.72	55.74	69.00
Degviela	33.44	35.72	55.48	54.72	52.44	39.52	54.72	61.00
Darba alga	6.56	8.44	19.19	17.67	15.80	9.14	12.81	16.00
<b>Kopā</b>	<b>121.34</b>	<b>137.46</b>	<b>243.28</b>	<b>236.51</b>	<b>220.39</b>	<b>152.10</b>	<b>179.01</b>	<b>210.00</b>

### Materiālu izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup>

Sēklu izmaksas (kvieši), EUR ha <sup>-1</sup>	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
Ķīmikāliju izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	57.09	57.09	0.00	19.03	19.03	57.09	57.09	57.09
<b>Kopā</b>	<b>162.09</b>	<b>162.09</b>	<b>105.00</b>	<b>124.03</b>	<b>124.03</b>	<b>162.09</b>	<b>162.09</b>	<b>162.09</b>
<b>Kopējās izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>	<b>283.43</b>	<b>299.55</b>	<b>348.28</b>	<b>360.54</b>	<b>344.42</b>	<b>314.19</b>	<b>341.10</b>	<b>372.09</b>

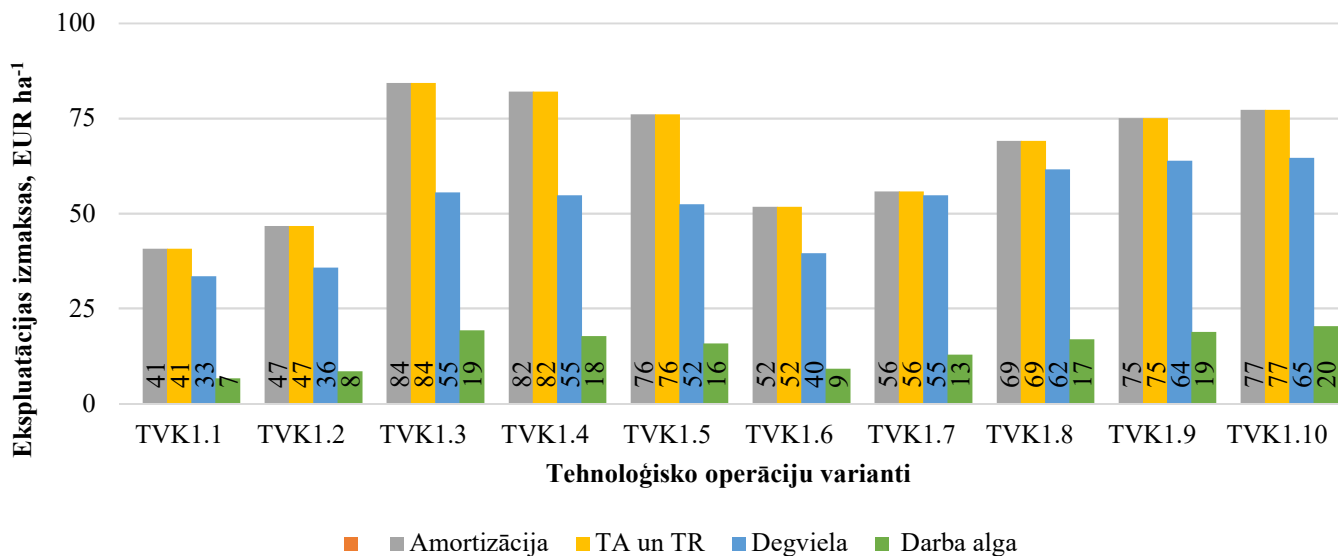
### Kviešu ražošanas enerģijas ievade

Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	409.21	434.81	1522.17	1528.90	1503.30	776.15	808.87	1100.00
Traktora enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	149.15	157.89	219.38	214.32	205.58	166.27	204.13	220.00
Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha <sup>-1</sup>	2477.64	2646.57	4110.63	4054.32	3885.39	2928.12	4054.32	4500.00
Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha <sup>-1</sup>	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00
Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļiem, MJ ha <sup>-1</sup>	1320.00	1320.00	0.00	440.00	440.00	1760.00	1760.00	440.00
<b>Kopā</b>	<b>8766</b>	<b>8969</b>	<b>10262</b>	<b>10648</b>	<b>10444</b>	<b>10041</b>	<b>11237</b>	<b>10870</b>

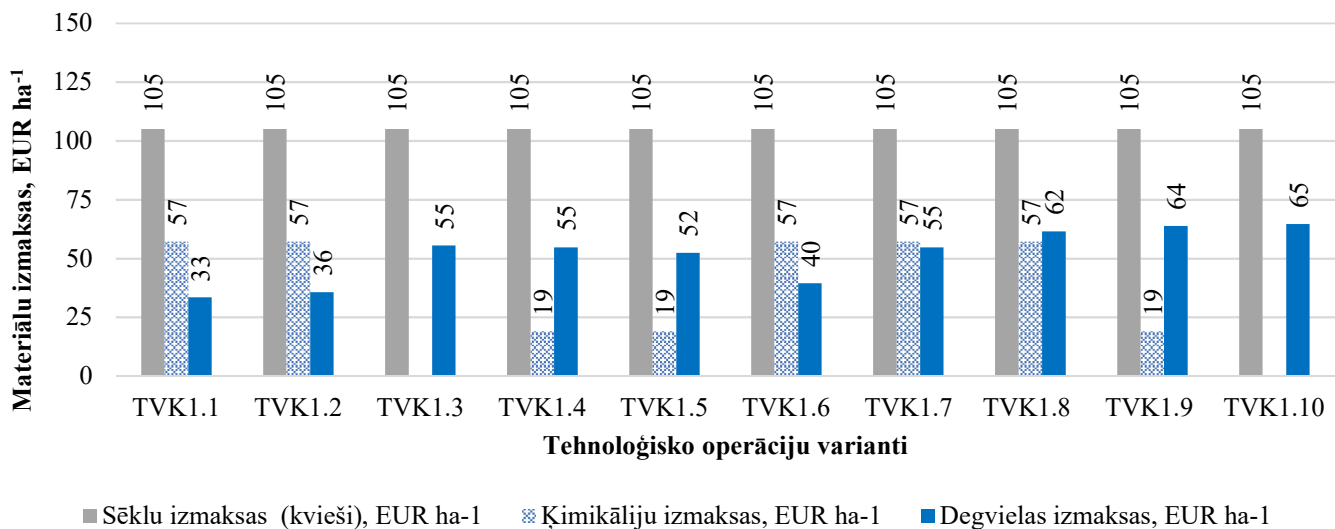
### Kviešu ražošanas CO<sub>2</sub>eq emisijas

Agregāta CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup> emisijas	73.9	100.3	138.5	302.0	93.0	134.8	149.9	220.00
Degvielas CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup> emisijas	147.8	157.9	164.6	241.9	151.2	174.7	241.9	270.00
Sēkla, CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup>	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5
Mēslošanas un ķīmikālijas līdzekļi, CO <sub>2</sub> kg ha <sup>-1</sup>	91.1	91.1	0.0	30.4	30.4	121.4	121.4	30.00
<b>Kopā</b>	<b>631.4</b>	<b>667.8</b>	<b>621.6</b>	<b>892.8</b>	<b>593.1</b>	<b>749.5</b>	<b>831.8</b>	<b>850.00</b>

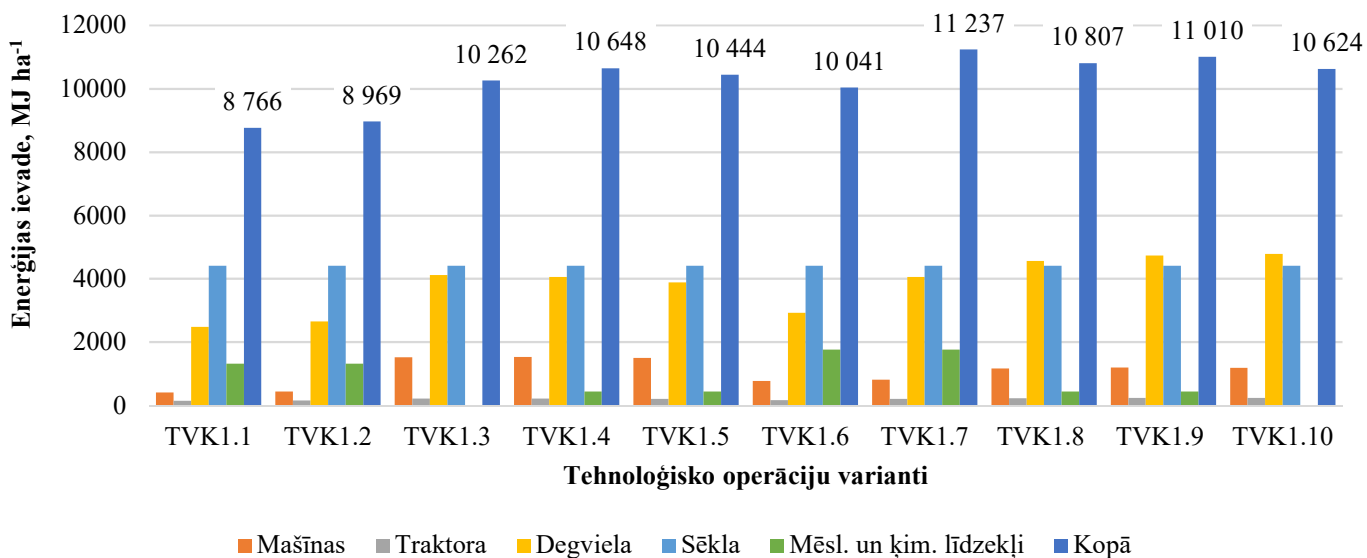
**Kviešu ražošanas tehnoloģisko operāciju ekspluatācijas izmaksu, enerģijas ievades un CO<sub>2</sub> emisijas aprēķina rezultāti**



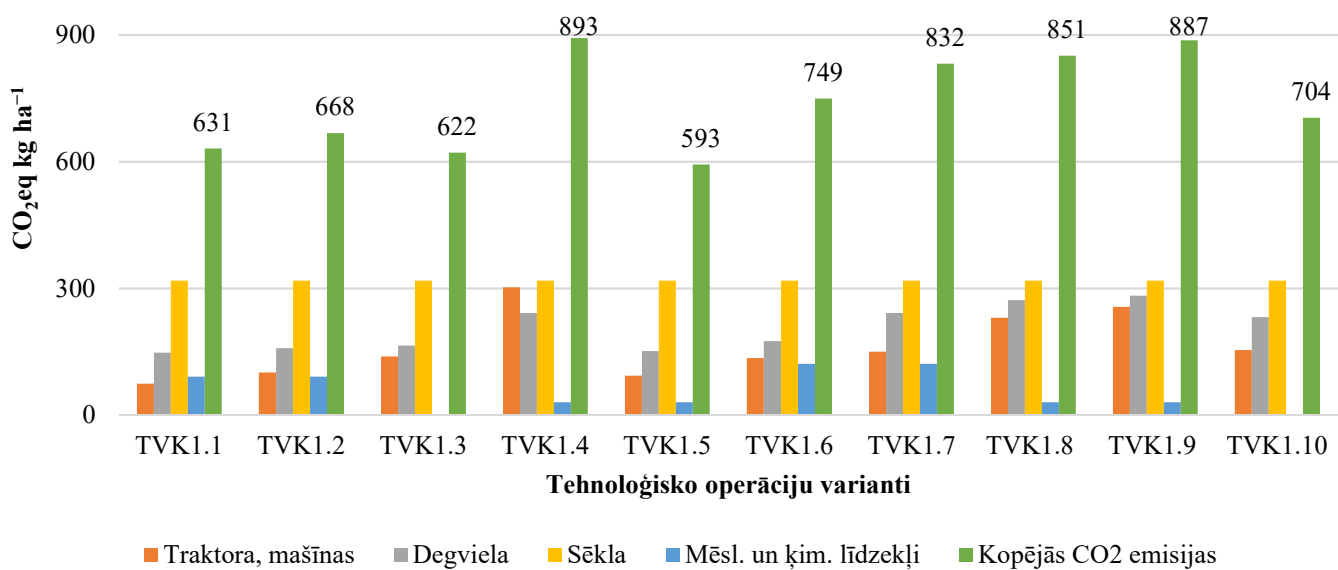
6.1.att. Kviešu ražošanas resursu patēriņa un izmaksu struktūra



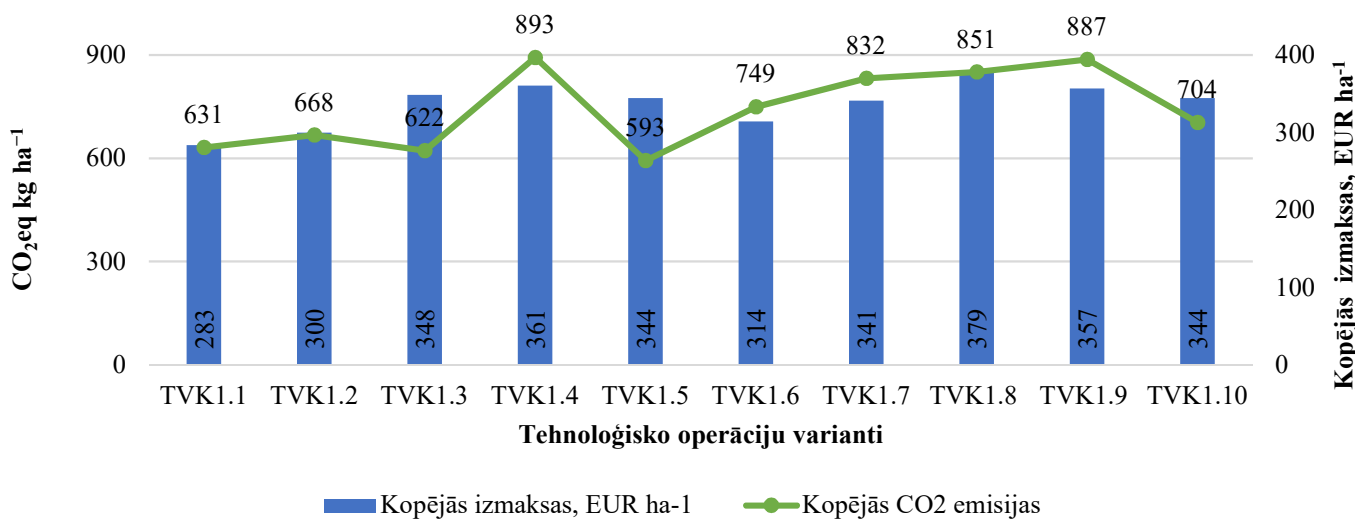
6.2.att. Kviešu ražošanas materiālu izmaksu struktūra



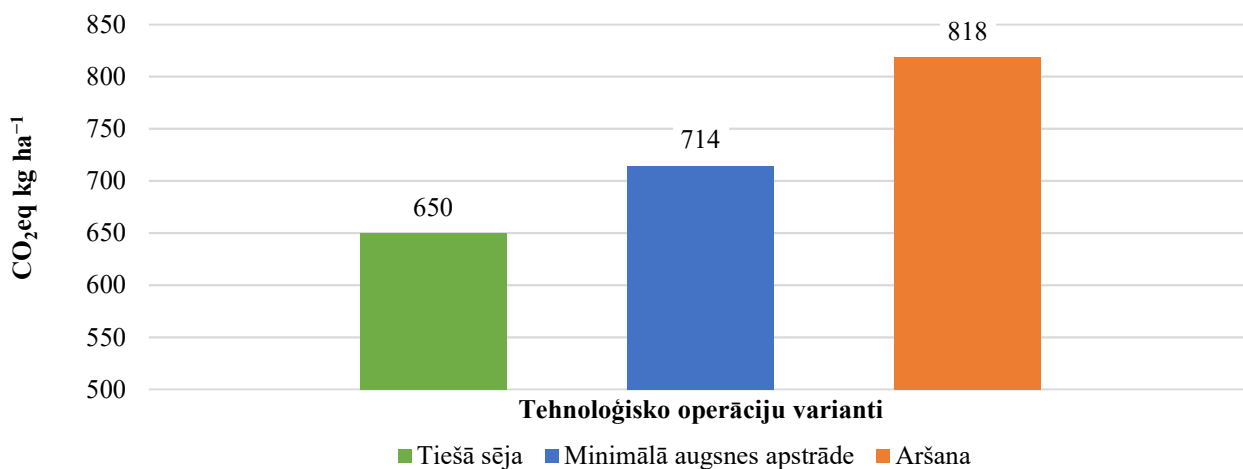
6.3.att. Kviešu ražošanas enerģijas ievade



6.4.att. Kviešu ražošanas CO<sub>2</sub> emisijas



6.5.att. Kviešu ražošanas CO<sub>2</sub> emisijas un izmaksu salīdzinājums



6.6.att. Kviešu ražošanas vidējās CO<sub>2</sub> emisijas pa apstrādes veidiem

## SECINĀJUMI

1. Pirmajā projekta realizācijas gadā ir izstrādāts pētījuma plāns un metodika: SEG emisiju noteikšanai laukā pēc augsnes apstrādes veikšanas, nezāļu ierobežošanas efektivitātes noteikšanai, nezāļu augsnes sēklu bankas lieluma un sugu sastāva noteikšanai.
2. Ir izstrādāta metodika SEG emisiju gāzu mērījumiem un veikti pirmie gāzu ievākšanas un analizēšanas mēģinājumi.
3. Izstrādāta metodika SEG emisiju aprēķiniem dažādu kultūraugu aprites ciklam.
4. Iegūstot pirmos datu attēlus, ir secināms, ka, pielietojot bezpilota lidaparātus, mākslīgo intelektu, dažādus sensorus, piemēram, multispektrālās, RGB (red-green-blue) un cita veida kameras un aprēķinātos veģetācijas indeksus iespējams noteikt laukumus ar lielāku nezāļu izplatību uz lauka. Turpmāk ir jāattīsta metode, kā izmantot šo informāciju nezāļu ierobežošanas pasākumu plānošanai.

## Izmantotā literatūra

- Davidson, E. A., & Swank, W. T. (1986). Environmental parameters regulating gaseous nitrogen losses from two forested ecosystems via nitrification and denitrification. *Applied and Environmental Microbiology*, 52(6), 1287–1292. <https://doi.org/10.1128/aem.52.6.1287-1292.1986>
- Baggs, E. M., Rees, R. M., Smith, K. A., & Vinten, A. J. A. (2000). Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil use and management*, 16(2), 82-87.
- Brandsæter, L. O., Mangerud, K., Helgheim, M., & Berge, T. W. (2017). Control of perennial weeds in spring cereals through stubble cultivation and mouldboard ploughing during autumn or spring. *Crop Protection*, 98, 16-23.
- Jabro, J. D., Sainju, U., Stevens, W. B., & Evans, R. G. (2008). Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1478–1484. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.012>
- José Giacomini, S., Pozzi Jantalia, C., Aita, C., Sacramento Urquiaga, S., & José Rodrigues Alves, B. (2006). Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto Nitrous oxide emissions following pig slurry application in soil under no-tillage system. *Pesq. Agropec. Bras*, 11, 1653–1661.
- Lai, T. V. (2016). *The influence of temperature on emissions of nitrous oxide and dinitrogen from soils Thang Viet Lai. September.*
- Lai, T. V., Farquharson, R., & Denton, M. D. (2019). High soil temperatures alter the rates of nitrification, denitrification and associated N<sub>2</sub>O emissions. *Journal of Soils and Sediments*, 19(5), 2176–2189. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-02238-7>
- Mayerová, M., Madaras, M., & Soukup, J. (2018). Effect of chemical weed control on crop yields in different crop rotations in a long-term field trial. *Crop Protection*, 114, 215-222.
- Signor, D., & Cerri, C. E. P. (2013). Emissões de óxido nitroso em solos agrícolas: Uma revisão. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 43(3), 322–338. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000300014>
- Song, Y., Cheng, X., Song, C., Li, M., Gao, S., Liu, Z., Gao, J., & Wang, X. (2022). Soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions and microbial abundances altered by temperature rise and nitrogen addition in active-layer soils of permafrost peatland. *Frontiers in Microbiology*, 13(December), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1093487>
- Terrie, K., and Boguski, P.E. (2006) Understanding Units of Measurement. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens. Issue 2
- Wang, C., Amon, B., Schulz, K., & Mehdi, B. (2021). Factors that influence nitrous oxide emissions from agricultural soils as well as their representation in simulation models: A review. *Agronomy*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy11040770>
- Wang, W., Akhtar, K., Ren, G., Yang, G., Feng, Y., & Yuan, L. (2019). Impact of straw management on seasonal soil carbon dioxide emissions, soil water content, and temperature in a semi-arid region of China. *Science of the Total Environment*, 652, 471–482. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.207>
- Yerli, C., Şahin, Ü., Çakmakçı, T., & Tüfenkci, Ş. (2019). Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology Effects of Agricultural Applications on CO<sub>2</sub> Emission and Ways to Reduce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1446–1456. <http://agrifoodscience.org/index.php/TURJAF/article/view/2750>
- Yerli, C., Sahin, U., & Oztas, T. (2022). CO<sub>2</sub> emission from soil in silage maize irrigated with wastewater under deficit irrigation in direct sowing practice. *Agricultural Water Management*, 271(June), 107791.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107791>

Zhao, P., Pumpanen, J., & Kang, S. (2020). Spatio-temporal variability and controls of soil respiration in a furrow-irrigated vineyard. *Soil and Tillage Research*, 196(July 2019), 104424. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104424>

## PIELIKUMI



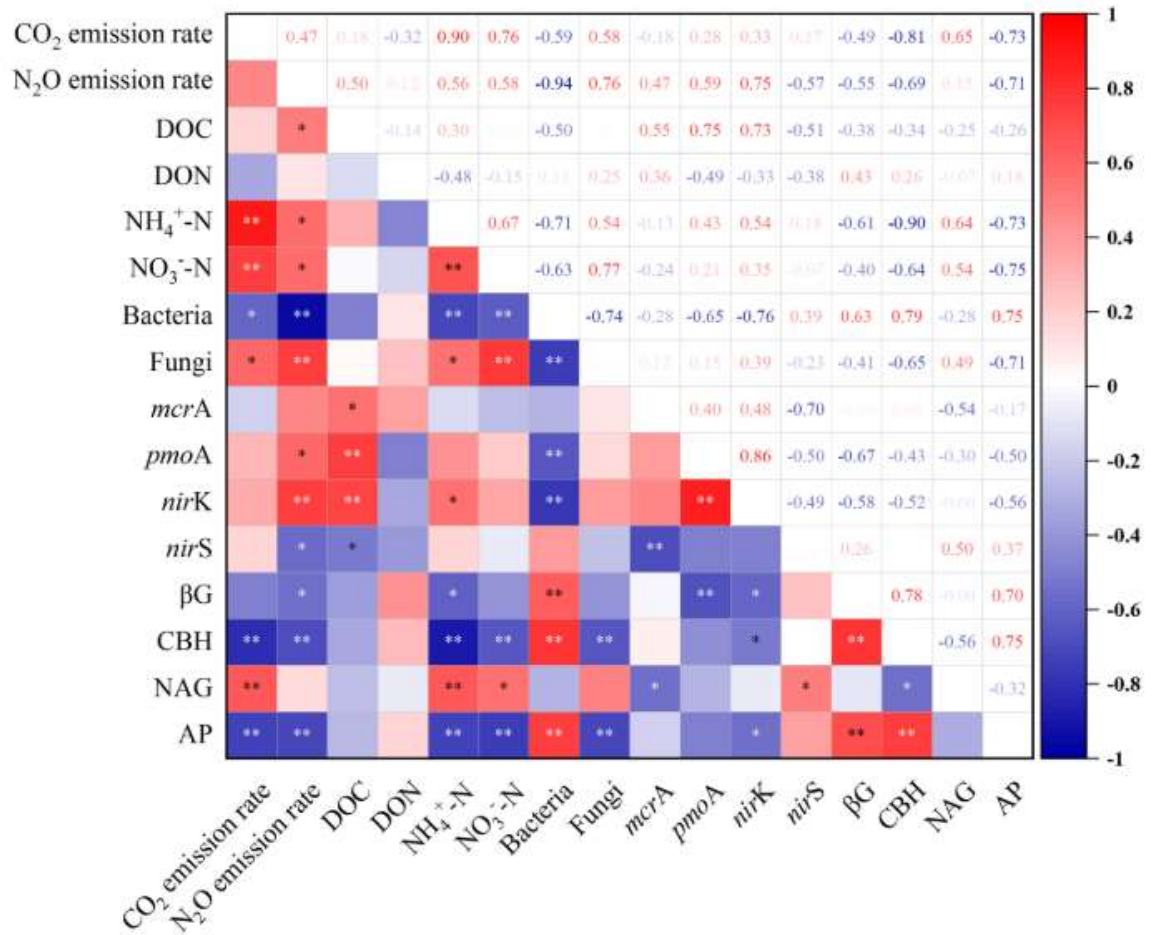


FIGURE 4  
 Pearson's correlation analysis of soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, carbon and nitrogen contents, microbial abundances, and enzyme activities. βG, β-1,4-glucosidase; CBH, cellobiohydrolase; NAG, β-1,4-N-acetylglucosaminidase; AP, acid phosphatase; DOC, dissolved organic carbon; DON, dissolved organic nitrogen; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, ammonium nitrogen; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, nitrate nitrogen. \* indicates significant  $p < 0.05$ ; \*\* indicates significant  $p < 0.01$ .

## Izejas dati tehnoloģisko operāciju ekspluatācijas izmaksu noteikšanai

Darba operācijas Nr.	Darbības veids	Marka	Ekspluatācijas uzsākšanas (iegādes) gads	Iepirkuma cena, EUR	Mašīnas masa, kg	Ekspluatācijas laiks, h	Kalpošanas laiks, gads	Gada noslodze, h	Amortizācijas atskaitījumu koeficients	Atskaitījumu koeficients TR un TA	Darba platums, m	Tilpums, m <sup>3</sup>	Apstrādes ātrums, km h <sup>-1</sup>	Agregāta darba ražīgums, ha h <sup>-1</sup>	Darba patēriņš, h ha <sup>-1</sup>	Degvielas cena, EUR/litrs	Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	Darba alga, EUR/st.
1	2	4	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
12	Ecēšana	Einboeck	01.01.2021	20570.0	620	720	10	72	0.10	0.10	12.00	4.00	4.80	0.21	0.76	3.00	9.00	
14	Ūdens pievešana	Muca	01.01.2021	14000.0	5390	1500	10	150	0.10	0.10	(14t)	15.00	25.20	0.04	0.76	2.00	9.00	
16	Lobīšana	Kockerling Vector 800	01.01.2021	38500.0	9000	1000	10	100	0.10	0.10	6.00	6.60	3.50	0.29	0.76	8.00	9.00	
17	Starpsēja	Horsch Focus	01.01.2021	110000.0	9500	1500	10	150	0.10	0.10	5.00	8.00	4.00	0.25	0.76	10.00	9.00	
19	Traktors	JD 6830	01.01.2021	80000	5880	20000	10	2000	0.10	0.10								
20	Traktors	JD 6900	01.01.2021	30000	5390	20000	10	2000	0.10	0.10								
21	Traktors	JD 6920	01.01.2010	75300	8400	20000	10	2000	0.10	0.10								
22	Kulšana	JD S685i	01.01.2010	330000	18700	9000	15	600	0.07	0.07			2.50	0.40	0.76	30.00	9.00	
23	Aršana	Kverneland	01.01.2021	40000	3370	6000	10	600	0.10	0.10	3.50	7.00	2.45	0.41	0.76	20.00	9.00	
24	Kultivēšana	Bednar	01.01.2021	45000	7760	1000	10	100	0.10	0.10	8.00	8.00	6.40	0.16	0.76	5.00	9.00	
25	Minerālmēslu izkliešana	Rauch Accent 100.1	01.01.2021	110000	4600	1500	10	150	0.10	0.10	36.00	10.00	30.00	0.03	0.76	3.00	9.00	
26	Sēja	Horsch Focus	01.01.2021	110000	9500	1500	10	150	0.10	0.10	5.00	8.00	4.00	0.25	0.76	10.00	9.00	
27	Smidzināšana	Amazone UX 11201	01.01.2021	140000	8565	1500	10	150	0.10	0.10	36.00	7.00	25.20	0.04	0.76	2.00	9.00	

## Vasaras kviešu audzēšanas izmēģinājumu tehnoloģisko operāciju karte

Tiešā sēja		Minimālā augsnes apstrāde				Aršana			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TVK1.1	TVK1.2	TVK1.3	TVK1.4	TVK1.5	TVK1.6	TVK1.7	TVK1.8	TVK1.9	TVK1.10
V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši	V. kvieši
x	x	Diskošana	Diskošana	Diskošana	x	x	Diskošana	Diskošana	Diskošana
x	x	x	x	x	Glifosfāts	Glifosfāts	x	x	x
x	x	Diskošana	Diskošana	Diskošana	x	x	Diskošana	Diskošana	Diskošana
x	x	Diskošana	Diskošana	Diskošana	Diskošana	Aršana	Aršana	Aršana	Aršana
Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja	Sēja
Glifosfāts	Glifosāta aizvietotājs	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde	x	x	x	x	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde
x	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde	1x herbicīds	1x herbicīds	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde	Nezāļu meh. apstrāde
1x herbicīds, samazināta deva	1x herbicīds	Nezāļu meh. apstrāde	1x herbicīds, samazināta deva	1x herbicīds, samazināta deva	x	x	1x herbicīds, samazināta deva	1x herbicīds, samazināta deva	Nezāļu meh. apstrāde
Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana	Kulšana

Kviešu ražošanas izmaksas, enerģijas ievade un CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> emisijas,Kviešu ražošanas tehnoloģisko operāciju ekspluatācijas izmaksu, enerģijas ievades un CO<sub>2</sub> emisijas aprēķina rezultāti

Ekspluatācijas izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>										
Kviešu ražošanas tehnoloģija	TVK 1.1	TVK 1.2	TVK 1.3	TVK 1.4	TVK 1.5	TVK 1.6	TVK 1.7	TVK 1.8	TVK 1.9	TVK 1.10
Degvielas patēriņš, l ha <sup>-1</sup>	44.00	47.00	73.00	72.00	69.00	52.00	72.00	81.00	84.00	85.00
Amortizācija	40.67	46.65	84.31	82.06	76.08	51.72	55.74	69.04	75.02	77.27
TA un TR	40.67	46.65	84.31	82.06	76.08	51.72	55.74	69.04	75.02	77.27
Degviela	33.44	35.72	55.48	54.72	52.44	39.52	54.72	61.56	63.84	64.60
Darba alga	6.56	8.44	19.19	17.67	15.80	9.14	12.81	16.90	18.77	20.29
<b>Kopā</b>	<b>121.34</b>	<b>137.46</b>	<b>243.28</b>	<b>236.51</b>	<b>220.39</b>	<b>152.10</b>	<b>179.01</b>	<b>216.54</b>	<b>232.66</b>	<b>239.43</b>
Materiālu izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>										
Sēklu izmaksas (kvieši), EUR ha <sup>-1</sup>	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
Ķimikāliju izmaksas, EUR ha <sup>-1</sup>	57.09	57.09	0.00	19.03	19.03	57.09	57.09	57.09	19.03	0.00
Kopā	162.09	162.09	105.00	124.03	124.03	162.09	162.09	162.09	124.03	105.00
<b>Kopējās izmaksas, EUR ha<sup>-1</sup></b>	<b>283.43</b>	<b>299.55</b>	<b>348.28</b>	<b>360.54</b>	<b>344.42</b>	<b>314.19</b>	<b>341.10</b>	<b>378.63</b>	<b>356.69</b>	<b>344.43</b>
Kviešu ražošanas enerģijas ievade										
Mašīnas enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	409.21	434.81	1522.17	1528.90	1503.30	776.15	808.87	1169.08	1194.68	1187.94
Traktora enerģijas ievade, MJ ha <sup>-1</sup>	149.15	157.89	219.38	214.32	205.58	166.27	204.13	226.32	235.06	240.12
Enerģijas ievade ar degvielu, MJ ha <sup>-1</sup>	2477.64	2646.57	4110.63	4054.32	3885.39	2928.12	4054.32	4561.11	4730.04	4786.35
Enerģijas ievade ar sēklu, MJ ha <sup>-1</sup>	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00	4410.00
Enerģijas ievade ar mēslošanas un ķimikālijas līdzekļiem, MJ ha <sup>-1</sup>	1320.00	1320.00	0.00	440.00	440.00	1760.00	1760.00	440.00	440.00	0.00
<b>Kopā</b>	<b>8766</b>	<b>8969</b>	<b>10262</b>	<b>10648</b>	<b>10444</b>	<b>10041</b>	<b>11237</b>	<b>10807</b>	<b>11010</b>	<b>10624</b>
Kviešu ražošanas CO <sub>2</sub> eq emisijas										
Agregāta CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup> emisijas	73.9	100.3	138.5	302.0	93.0	134.8	149.9	229.9	256.2	153.5
Degvielas CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup> emisijas	147.8	157.9	164.6	241.9	151.2	174.7	241.9	272.2	282.2	231.8
Sēkla, CO <sub>2</sub> eq kg ha <sup>-1</sup>	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5	318.5
Mēslošanas un ķimikālijas līdzekļi, CO <sub>2</sub> kg ha <sup>-1</sup>	91.1	91.1	0.0	30.4	30.4	121.4	121.4	30.4	30.4	0.0
<b>Kopā</b>	<b>631.4</b>	<b>667.8</b>	<b>621.6</b>	<b>892.8</b>	<b>593.1</b>	<b>749.5</b>	<b>831.8</b>	<b>850.9</b>	<b>887.3</b>	<b>703.9</b>

