

Agita Gancone

VIRZĪBA UZ REZULTĀTIEM BALSTĪTU LAUKSAIMNIECĪBAS SEKTORU UN KLIMATA MĒRĶIEM

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Agita Gancone

Doktora studiju programmas “Vides zinātne” doktorante

VIRZĪBA UZ REZULTĀTIEM BALSTĪTU LAUKSAIMNIECĪBAS SEKTORU UN KLIMATA MĒRĶIEM

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskās vadītājas:

profesore *Dr. habil. sc. ing.*
DAGNIJA BLUMBERGA,

profesore *Dr. sc. ing.*
JEĻENA PUBULE

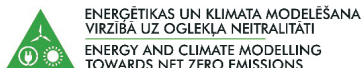
RTU Izdevniecība
Rīga 2022

Gancone, A. Virzība uz rezultātiem balstītu lauksaimniecības sektoru un klimata mērķiem. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 39 lpp.

Iespiests saskaņā ar promocijas padomes “RTU P-19” 2022. gada 25. marta lēmumu, protokols Nr. 153.

Promocijas darbs izstrādāts Fundamentālo un lietišķo pētījumu projektā “Integrētie dekarbonizācijas risinājumi CO₂ efektīvai valorizācijai reģionos (*CO₂ Deal*)”, projekta Nr. Izp-2020/1-0302, ko finansēja Latvijas Zinātnes padome.

Promocijas darbs izstrādāts valsts pētījumu programmas projektā “Energētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti”, projekta Nr. VPP-EM-2018/NEKP-0001, ko finansēja Ekonomikas Ministrija.



<https://doi.org/10.7250/9789934227950>

ISBN 978-9934-22-795-0 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2022. gada 3. augustā plkst. 14 Rīgas Tehniskās universitātes Elektronikas un vides inženierzinātņu fakultātē, Āzenes ielā 12 k-1, 115. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Dr. sc. ing.* Ainis Lagzdiņš,
Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Latvija

Asociētais profesors *Stelios Rozakis*,
Krētas Tehniskā universitāte, Grieķija

Dr. Ilze Dzene,
Kaseles Universitāte, Vācija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Agita Gancone (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts angļu valodā, tajā ir ievads, trīs nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 29 attēli, 24 tabulas, kopā 164 lappuses. Literatūras sarakstā ir 192 atsauces.

SATURS

SATURS.....	4
IEVADS	5
Tēmas aktualitāte.....	6
Darba mērķis un uzdevumi	7
Zinātniskā novitāte	7
Hipotēze	8
Aizstāvamās tēzes	8
Praktiskā vērtība.....	8
Darba struktūra.....	9
Promocijas darba zinātniskā aprobācija	10
1. LITERATŪRAS ANALĪZE	13
1.1. Lauksaimniecības sektors klimata mērķu kontekstā	13
1.2. Rezultātos balstītas lauksaimniecības sektora koncepcija.....	14
2. METODIKAS	15
2.1. Regresijas analīze	15
2.2. Teorijā balstīts novērtējums.....	16
2.3. Oglekļa bilances analīze	17
2.4. Daudzkritēriju lēmumu analīze	19
2.5. <i>Delphi</i> pieejas un <i>MCDA</i> kombinācija	20
2.6. Salīdzinošās analīzes un <i>MCDA</i> kombinācija	21
3. REZULTĀTI.....	22
3.1. Empīriskais modelis ecoefektivitātes novērtēšanai.....	22
3.2. SEG emisiju samazināšanas modelis.....	25
3.3. Oglekļa bilance saimniecību līmenī	26
3.4. Bioresursu klasifikācija tehnoloģiju līmenī.....	27
3.5. Klimata politikas ranžēšanas un lēmumu pieņemšanas analīzes rīks.....	29
3.6. Iegūto rezultātu apkopojums	32
SECINĀJUMI	37
LITERATŪRAS SARAKSTS	38

IEVADS

Šis ir pārmaiņu laiks, kas rada lielus nākotnes izaicinājumus gan sabiedrībai, gan dažādām nozarēm un valstij kopumā. Pašreizējo klimatisko apstākļu, kā arī nākotnes klimata pārmaiņu scenāriju analīze liecina, ka klimata pārmaiņu tendences šā gadsimta laikā turpināsies gan visā pasaulē, gan arī Latvijā.

Saskaņā ar Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām (*UNFCCC*) un tās Parīzes nolīgumu puses ir vienojušās ierobežot globālo sasilšanu no 1,5 °C līdz 2 °C, tāpēc globālās neto oglekļa dioksīda (CO₂) emisijas 2050. gadā ir jāsamazina līdz nullei.

Rodas jautājums, kā dzīvot tālāk, lai virzītos uz *UNFCCC*, Eiropas Savienības (ES) un Latvijas izvirzīto ilgtermiņa mērķi – klimata neitralitāti. Latvija ir to ES dalībvalstu vidū, kuras paziņojušas, ka līdz 2050. gadam sasniegs klimatneitralitāti.

ES izvirza jaunu vērienīgu mērķi līdz 2030. gadam samazināt neto emisijas vismaz par 55 %, salīdzinot ar 1990. gadu, un turpinās diskusijas par jauniem mērķiem dalībvalstīm. Lai sasniegtu šos īstermiņa un ilgtermiņa mērķus, visiem iesaistītajiem sektoriem, tas ir, enerģētikas, transporta, rūpniecisko procesu un produktu izmantošanas, lauksaimniecības, zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības (ZIZIMM) un atkritumu apsaimniekošanas sektoriem, ir jāsniedz ieguldījums siltumnīcefekta gāzu (SEG) samazināšanā, neskatoties uz to, ka lauksaimniecības sektoram šis uzdevums šķietami varētu būt sarežģītāks nekā citiem sektoriem.

Lauksaimniecības sektoram ir sarežģīta mērķu kombinācija, kas jāapsver kopā ar klimata mērķiem, piemēram, nodrošinātība ar pārtiku un bioloģiskā daudzveidība. ES lauksaimniecības sektors veido 11 % no kopējām SEG emisijām, savukārt Latvijā 2019. gadā – aptuveni 20 % no kopējām SEG emisijām, neieskaitot ZIZIMM. Lauksaimniecības nozare saglabā būtisku lomu Latvijas ekonomikā, un tai ir nozīmīga loma lauku apvidu apdzīvojamu teritoriju saglabāšanā. Lauksaimniecības sektors 2019. gadā radīja 25,5 % no ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmā neiekļauto nozaru/sektoru kopējām emisijām Latvijā. Lielākā daļa emisiju ir saistīta ar lauksaimniecības augsni (51,1 %) un lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentāciju 38,6 % (galvenokārt piena un gaļas liellopi). Pēdējo gadu SEG emisiju tendence uzrāda pakāpenisku un vienmērīgu SEG emisiju pieaugumu, piemēram, no 2005. līdz 2019. gadam ir novērojams + 22,8 % pieaugums [1]. Saskaņā ar Latvijas Nacionālo enerģētikas un klimata plānu 2021.–2030. gadam (NEKP) laika posmā no 2020. līdz 2030. gadam lauksaimniecības sektorā sagaidāms SEG emisiju pieaugums, galvenokārt lauksaimniecības dzīvnieku zarnu fermentācijas un lauksaimniecības augsnes kategorijās [2]. Lai lauksaimniecības nozarē uzlabotu nodrošinātību ar pārtiku, būs nepieciešamas pārdomātas aktivitātes, lai virzītos uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimata mērķiem. Rezultātos balstīta koncepcija kā izšķiroša ir uzsvērtā ES 2021. gada decembra paziņojumā par ilgtspējīgiem oglekļa cikliem, kas mudina pāriet no rīcības uz rezultātos balstītu pieeju. Tāpēc promocijas darbā iezīmēta diskusija par rezultātos balstītu lauksaimniecību Latvijā, ņemot vērā klimata mērķu sasniegšanas perspektīvas.

Šobrīd nav izveidota sistēma, kā novērtēt šīs darbības un to seku mazināšanas pasākumus. Nav ieviesta arī metodoloģiska, sistemātiska pieeja, un politikas plānošana galvenokārt balstās uz kvalitatīvām, nevis kvantitatīvām aplēsēm.

Promocijas darba rezultāti ir noderīgi valsts, pašvaldību un nozaru institūcijām, ieinteresētajām personām un pētniekiem. Praktiskai ieviešanai ir ieteicama piedāvātās integratīvās lēmumu pieņemšanas metodoloģijas kopējā shēma.

Tēmas aktualitāte

Lauksaimniecības nozarei (lauksaimniekiem, lauksaimniecības pārtikas uzņēmumiem un lauku kopienām) ir nozīmīga loma vairākās Eiropas Zaļā kursa jomās, kas tika apstiprināts 2020. gadā kā visaptverošu ES politikas iniciatīvu kopums:

- sniegt ieguldījumu Zaļā kursa klimata pasākumos, lai līdz 2050. gadam Eiropas Savienībā tiktu sasniegta klimatneitralitātes mērķis;
- izveidot ilgtspējīgu pārtikas sistēmu stratēģijas “No lauka līdz galdam” ietvaros;
- palielināt augu un dzīvnieku daudzveidību lauku ekosistēmā;
- atbalstīt atjaunoto ES Meža stratēģiju, uzturot veselīgus mežus un veicinot dabas resursu, piemēram, ūdens, gaisa un augsnes, aizsardzību.

Atbilstoši Eiropas Zaļā kursa mērķiem ir plānots palielināt ES lauksaimniecības sektora ieguldījumu klimata pārmaiņu risināšanā. Lai virzītos uz klimatneitralitāti, EK ir pieņēmusi priekšlikumu kopumu “*Fit for 55*”, tā mērķis ir sagatavot ES klimata, enerģētikas, transporta, lauksaimniecības un nodokļu politiku, lai līdz 2030. gadam samazinātu SEG emisijas vismaz par 55 %, salīdzinot ar 1990. gada līmeni. Patlaban dalībvalstu līmenī notiek diskusijas par ierosinātajiem klimata mērķiem. Latvijai apstiprināto –6 % vietā ne-ETS sektoram (t. sk. lauksaimniecībai) SEG emisiju samazinājums 2030. gadā plānots –17 %, salīdzinot ar 2005. gadu [3]. Lauksaimniecības sektors ir nozīmīgs SEG emisiju avots Latvijā, veidojot aptuveni 20 % no kopējām SEG emisijām. Turklāt lauksaimniecības un ZIZIMM sektorus pēc 2031. gada plānots apvienot, lai tādējādi nodrošinātu drošāku virzību uz klimatneitralitāti. Papildus vienam no galvenajiem politikas instrumentiem vajadzētu būt kopējās lauksaimniecības politikas (KLP) nākotnes plāniem, tādējādi ieviešot elastīgāku sniegunā un rezultātos balstītu pieeju, kurā ņemti vērā nacionālie apstākļi un vajadzības, vienlaikus palielinot ilgtspējības ambīcijas ES līmenī. Nesen publicētais ES 2021. gada decembra paziņojums par ilgtspējīgiem oglekļa cikliem mudina ES lauksaimniecību pāriet no vēsturiski plaši izmantotās uz rīcību balstītas pieejas rezultātos orientētu uzņēmējdarbības modeli [4]. Darba mērķis ir ieskicēt rezultātos balstītu lauksaimniecības diskusiju Latvijā.

Promocijas darba nozīmīgumu nosaka ne tikai SEG samazināšanas pasākumu un oglekļa bilances analīze saimniecības līmenī, bioresursu sarindošana biogāzes ražošanai virzībai uz klimatneitralitāti, bet arī sniegtais ieguldījums integratīvas lēmumu pieņemšanas metodoloģijas izstrādē SEG emisiju samazināšanas pasākumu izvērtēšanai, tādējādi virzoties uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimata mērķiem.

Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir izstrādāt integratīvu daudzlīmeņa pieeju SEG emisiju samazināšanas pasākumu novērtējumam lauksaimniecības sektorā, tādējādi virzoties uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimatneitralitāti. Lai sasniegtu darba mērķi, ir noteikti šādi uzdevumi:

- analizēt un atlasīt vides un ekonomiskās darbības rādītājus lauksaimniecības sektora koefektivitātes novērtējumam, izmantojot regresijas analīzes metodi;
- atlasīt agrovīdus radītājus, pamatojoties uz teorijā balstītu pieeju, lai izstrādātu un ieteiktu modelēšanas ietvaru lēmumu pieņēmējiem SEG emisiju samazināšanas novērtējumam lauksaimniecības sektorā;
- veikt oglekļa bilances analīzi saimniecības līmenī biogāzes ieguvei no kukurūzas, lai novērtētu kopējo ietekmi uz vidi;
- sarindot bioresursus biogāzes ražošanai un graudaugu izmantošanai, novērtējot dažādus kritērijus un izmantojot daudzkritēriju lēmumu analīzes metodi;
- prioritizēt vēsturiskos un pašreizējos SEG samazināšanas pasākumus lauksaimniecības sektorā, balstoties uz *Delphi* pieeju un daudzkritēriju lēmumu analīzi, izmantojot *TOPSIS* metodi, lai novērtētu virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un veicinātu klimata mērķu sasniegšanu;
- izstrādāt un piedāvāt integratīvu lēmumu pieņemšanas analīzes metodiku klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu izvērtēšanai virzībai uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimata mērķu sasniegšanu.

Zinātniskā novitāte

Pētījuma novitāte ir starpnozaru analīze virzībai uz klimata neitralitāti un rezultātos balstītas lauksaimniecības nozares ieviešanu četros dažādos, savstarpēji saistītos līmeņos: (I) saimniecība; (II) apakšnozares; (III) valsts; (IV) starptautiskais, iekļaujot visaptverošu uzsvāru uz lauksaimniecības sektoru.

Lai izstrādātu integrējošu lēmumu pieņemšanas metodiku SEG samazināšanas pasākumiem lauksaimniecības sektorā, tika izmantota kvantitatīvo un kvalitatīvo pētījuma metožu kombinācija.

Pētījuma novitāte ir arī vairāku akadēmisko metodoloģiju izmantošana, lai noteiktu virzienu uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimatneitralitāti. Latvijā līdz šim nav izstrādāta šāda integratīva metodika uz rezultātos balstītu SEG samazināšanas pasākumu novērtēšanai/atlasei lauksaimniecības sektorā.

Lauksaimniecības sektora koefektivitāte tika novērtēta apakšnozaru un valsts līmenī ar regresijas analīzes palīdzību, izmantojot dažādus nozaru rādītājus, kā arī piedāvāts SEG emisiju samazināšanas rīks ar SEG emisiju samazināšanas mērījumu indikatoru kopumu.

Savukārt oglekļa bilances analīze tika veikta kukurūzas audzēšanai biogāzes ražošanas izmantošanai saimniecības līmenī, kā arī tika veikta bioresursu ranžēšana biogāzes ražošanai tehnoloģiju un nozaru līmenī, izmantojot daudzkritēriju lēmumu analīzi (*MCD*A), kā arī veikta vēsturisko un pašreizējo SEG samazināšanas pasākumu analīze, lai vienlaikus virzītos uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un veicinātu klimatneitralitātes sasniegšanu.

Izmantojot *Delphi* pieeju un *MCDA TOPSIS* metodi, piedāvāta lēmumu pieņemšanas analīzes metode, ko var izmantot, lai novērtētu klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu devumu virzībai uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimatneitralitāti.

Visbeidzot, ilggadējs autors darbs saistīts ar Latvijas vēsturiskajiem un prognozētajiem SEG aprēķiniem, tostarp lauksaimniecības sektorā. Pamatojoties uz autors zināšanām, šī ir pirmā reize, kad tiek pētīta un izstrādāta integratīva lēmumu pieņemšanas metodika rezultātos balstītas lauksaimniecības un klimatneitralitātes virzības novērtējumam, balstoties ilgtermiņa pieredzē un vīzijā par turpmāko praktisko ieviešanu.

Hipotēze

Virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimatneitralitāti var sekmēt, ja tiek ieviesta integratīva metodoloģija, kas ietver nozaru indikatorus, oglekļa bilances novērtējumu un lēmumu pieņemšanas analīzes rīku SEG emisiju samazināšanas pasākumiem.

Aizstāvamās tēzes

1. Lauksaimniecības sektora SEG emisijas palielinās, neskatoties uz plānotajiem klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumiem, un šīm emisijām ir būtiska nozīme Latvijas virzībā uz klimatneitralitātes mērķu izpildi.
2. Esošās SEG samazināšanas pasākumu izvēles sistēmas uzlabojumi lauksaimniecības sektorā sniegtu būtisku ieguldījumu virzībā uz klimata mērķu sasniegšanu.
3. Rezultātos balstīta pieeja lauksaimniecības sektorā no klimata aspekta viedokļa ir būtiska ekofektivitātes novērtējuma sastāvdaļa.
4. Sistemātiska pieeja, ietverot ekspertu analīzi par SEG samazinošiem pasākumiem, un integratīvas metodoloģijas ieviešana politikas plānošanā sekmētu virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru no klimata pārmaiņu mazināšanas izvērtēšanas aspekta.

Praktiskā vērtība

Darbam ir liela praktiskā nozīme Latvijas un Eiropas kontekstā. Promocijas darbā gūtās atziņas un secinājumi ir noderīgi Latvijas lauksaimniecības politikas pilnveidošanas procesā virzībā uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimatneitralitāti. Pētījuma rezultāti piedāvā jaunu, integrējošu lēmumu pieņemšanas metodoloģiju, kas var sniegt būtisku ieguldījumu: a) vairākām lauksaimniecības nozares ieinteresētajām pusēm nacionālā un starptautiskā līmenī; b) lauku saimniecību līmenī, lauku konsultāciju un apmācību centros un valsts politikas plānošanā, lai novērtētu ekofektivitāti, ko var izmantot ilgtspējīgas un klimatam draudzīgas lauksaimniecības novērtēšanai; c) lēmumu pieņēmējiem klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu izvērtēšanai, virzoties uz rezultātos balstītu lauksaimniecības nozari un klimata neitralitāti; d) zinātniekiem un pētniekiem lauksaimniecības jomā, kas strādā ar saistītu tēmu izpēti.

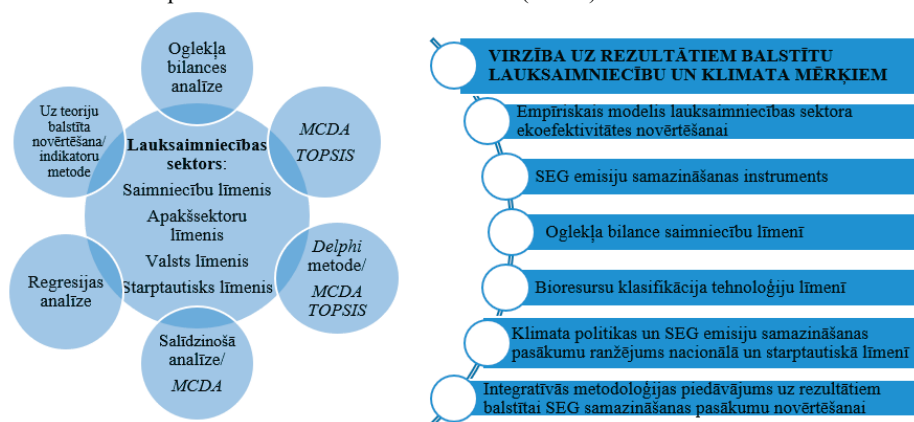
Izmantojot šādu kvantitatīvu metodoloģisku pieeju, var novērtēt un noteikt gan saimniecības, gan valsts politikas mērķus, lai samazinātu lauksaimniecības sektora SEG emisijas.

Darba struktūra

Promocijas darbs ir sešu savstarpēji saistītu zinātnisko publikāciju kopa, visaptveroši koncentrējoties pārejai uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimata neitralitāti. Lauksaimniecības sektors ir plašs un daudzšķautņains, tā virzība uz rezultātos balstītu pieeju tiek analizēta no klimata pārmaiņu mazināšanas izvērtēšanas viedokļa. Promocijas darbā, balstoties zinātniskās literatūras un nacionālās klimata politikas lēmumu pieņemšanas sistēmas apskatā, identificēti pašreizējie vājie punkti, kā arī izvēlētas dažādas analīzes metodes ar mērķi izstrādāt integrētu lēmumu pieņemšanas metodiku pārejā uz klimata neitralitāti. Promocijas darbā apskatītas ar klimata pārmaiņām saistītās problēmas, kas ir būtiskākās pārejā uz klimata neitralitātes sasniegšanu sektorā. Izvēlētais metožu apjoms un problemātiskie aspekti aptver dažādus nozares līmeņus – saimniecības, apakšnozares, valsts un starptautisko, tādējādi ļaujot izstrādāt integrējošu lēmumu pieņemšanas metodiku lauksaimniecības sektora SEG emisiju samazināšanas novērtēšanai.

Pētījumā (I) aptverti vairāki lauksaimniecības sektora slāņi un atbilstoši analīzes līmeņi, (II) izstrādātas savstarpēji saistītas pētniecības metodes, (III) izstrādāti vairāki SEG emisiju samazināšanas pasākumu un oglekļa bilances modeļi ar zinātnisku un praktisku nozīmi.

Pētījuma struktūra redzama 1. attēlā. Izpēti ievada literatūras apskats, izvirzot diskusiju par rezultātos balstītiem lauksaimniecības un klimata mērķiem un analizējot līdz šim gūto pieredzi noteikto mērķu sasniegšanai, kā arī meklējot risinājumus SEG emisiju samazināšanas pasākumiem lauksaimniecības sektorā tuvākajā nākotnē. Papildus literatūras analīzei promocijas darbs ietver sešas savstarpēji saistītas zinātniskās publikācijas, iezīmējot galvenās SEG samazināšanas problēmas lauksaimniecības nozarē (1. tab.).



1. att. Promocijas darba struktūra.

Promocijas darba metožu un publikāciju pārskats

Metode	Publikācijas numurs	Publikācijas nosaukums	Ieviešanas stadija	Patērētāju līmenis
Regresijas analīze	1	<i>Evaluation of agriculture ecoefficiency in Latvia</i>	Empīriskais modelis lauksaimniecības sektora eko-efektivitātes novērtēšanai	Valsts Nozaru
Uz teoriju balstīts novērtējums	2	<i>Sectoral greenhouse gas emission mitigation possibilities. Why broad spectrum of indicators is applied</i>	SEG emisiju samazināšanas modelis	Valsts Starptautisks
Oglekļa bilances analīze	3	<i>Carbon balance of biogas production from maize in Latvian conditions</i>	Oglekļa bilance individuālās saimniecības līmenī	Saimniecības līmenis
MCDA TOPSIS metode	4	<i>Ranking of Bioresources for Biogas Production</i>	Bioresursu klasifikācija tehnoloģiju līmenī	Saimniecības līmenis Valsts Apakšsektoru līmenī
Delphi + MCDA TOPSIS metode	5	<i>Valorization Methodology for Agriculture Sector Climate Change Mitigation Measures</i>	Klimata politikas un SEG emisiju samazināšanas pasākumu ranžējums nacionālā un starptautiskā līmenī	Valsts Apakšsektoru līmenī
Salīdzinošās analīzes/ MCDA TOPSIS kombinācija	6	<i>Towards climate neutrality via sustainable agriculture in soil management</i>	Lēmumu pieņemšanas analīzes rīka piedāvājums	Valsts Apakšsektoru līmenī Starptautisks

Izmantojot tādas pētniecības metodes kā (I) regresijas analīze, (II) teorijā balstīta analīze, (III) oglekļa bilances analīze, (IV) daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes *TOPSIS* metode, (V) *Delphi* pieejas/*MCDA TOPSIS* metodes kombinācija un salīdzinošās analīzes/*MCDA TOPSIS* metodes kombinācija, promocijas darbā izvērtēti dažādi rezultātos balstītas lauksaimniecības sektora aspekti, līmeņi un savstarpējā saistība ar mērķi atklāt tos faktorus, kas ļautu virzīties uz klimatneitralitāti. Pēdējā nodaļā apskatīti rezultāti, atspoguļojot teorētisko ceļvedi SEG emisiju samazināšanas pasākumu īstenošanai lauksaimniecības sektorā un ar to saistītos ieguvumus.

Promocijas darba zinātniskā aprobācija

Pētījuma rezultāti publicēti zinātniskos žurnālos, kas indeksēti *Scopus* un *Web of Science* datubāzēs un prezentēti starptautiskās zinātniskās konferencēs.

1. Gancone, A., Pubule, J., Rošā, M., Blumberga, D. Evaluation of Agriculture Eco-Efficiency in Latvia. *Energy Procedia*, 2017, Vol. 128, 309.–315. lpp. ISSN 1876-6102. doi:10.1016/j.egypro.2017.08.318.
2. Pubule, J., Gancone, A., Rošā, M., Blumberga, D. Sectoral Greenhouse Gas Emission Mitigation Possibilities. Why Broad Spectrum of Indicators are Applied. *Energy*

Procedia, 2017, Vol. 113, 377.–381. lpp. ISSN 1876-6102. doi:10.1016/j.egypro.2017.04.015.

3. Bumbiere, K., Gancone, A., Pubule, J., Blumberga, D. Carbon Balance of Biogas Production from Maize in Latvian Conditions. *Agronomy Research*, 2021, Vol. 19, No. 1, 687.–697. lpp. ISSN 1406-894X. doi:10.15159/AR.21.085.
4. Bumbiere, K., Gancone, A., Pubule, J., Kirsanovs, V., Vasarevicius, S., Blumberga, D. Ranking of Bioresources for Biogas Production. *Environmental and Climate Technologies*, 2020, Vol. 24, No. 1, 368.–377. lpp. ISSN 1691-5208. e-ISSN 2255-8837. doi:10.2478/rtuect-2020-0021.
5. Gancone, A., Pubule, J., Blumberga, D. Valorization Methodology for Agriculture Sector Climate Change Mitigation Measures. *Environmental and Climate Technologies*, 2021, Vol. 25, No. 1, 944.–954. lpp. ISSN 1691-5208. e-ISSN 2255-8837. doi:10.2478/rtuect-2021-0071.
6. Gancone, A., Viznere, R., Pubule, J., Kaleja, D., Blumberga, D. Towards climate neutrality via sustainable agriculture in soil management. *Environmental and Climate Technologies*, 2022. vol. 26, no. 1, 512–524. lpp. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0039>.

Pētījuma rezultāti ir apspriesti un prezentēti vairākās konferencēs.

1. Gancone, A., Pubule, J., Rošā, M., Blumberga, D. Evaluation of Agriculture Eco-Efficiency in Latvia. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, CONECT*, 2017 May 10–12, Riga, Latvia.
2. Pubule, J., Gancone, A., Rošā, M., Blumberga, D. Sectoral Greenhouse Gas Emission Mitigation Possibilities. Why Broad Spectrum of Indicators are Applied. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, CONECT*, 2017 May 10–12, Riga, Latvia.
3. Bumbiere, K., Gancone, A., Pubule, J., Blumberga, D. Carbon Balance of Biogas Production from Maize in Latvian Conditions. *Biosystems Engineering 2021* May 5–6, 2021, Tartu, Estonia.
4. Bumbiere, K., Gancone, A., Pubule, J., Kirsanovs, V., Vasarevicius, S., Blumberga, D. Ranking of Bioresources for Biogas Production. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, CONECT*, 2020 May 13–15, Riga, Latvia.
5. Gancone, A., Pubule, J., Blumberga, D. Valorization Methodology for Agriculture Sector Climate Change Mitigation Measures. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, CONECT*, 2021 May 12–14, Riga, Latvia.
6. Gancone, A., Viznere, R., Pubule, J., Kaleja, D., Blumberga, D. Towards climate neutrality via sustainable agriculture in soil management. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies, CONECT*, 2022 May 11–13, Riga, Latvia.

Citas publikācijas

1. Gancone, A., Bumbiere, K., Pubule, J., Blumberga, D. Sustainable Biogas Application in Energy Sector. No: 2020 IEEE 61st Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON 2020): Proceedings, Latvia, Riga, November 5–7 2020. Piscataway: IEEE, 2020, 494.–

497. lpp. ISBN 978-1-7281-9511-7. e-ISBN 978-1-7281-9510-0.
doi:10.1109/RTUCON51174.2020.9316593.

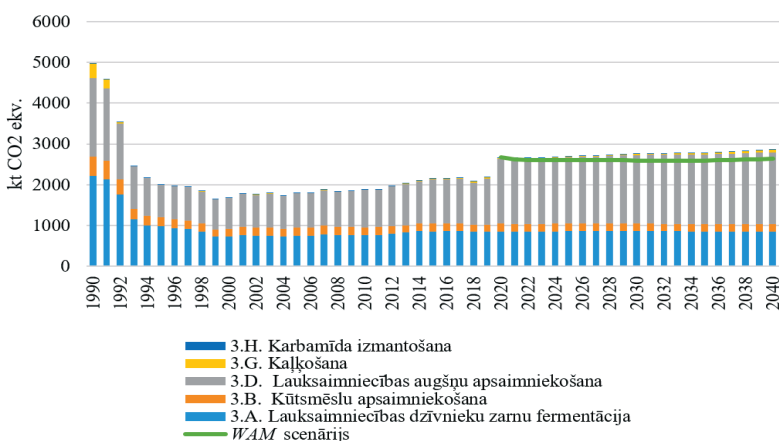
2. Gancone, A., Lupkina, L., et al. (2022). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2020. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
3. Gancone, A., Lupkina, L., et al. (2021). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2019. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
4. Dimbiere, A., Gancone, A., et al. Reporting on Policies and Measures under Article 18 of Regulation (EU) No. 2018/1999 of the European Parliament and of the Council. Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia. 2021.
5. Saleniece, I., Licīte, I., Lazdiņš, A. 2019. Klimata politikas tiesiskais regulējums. Grām.: Priede A., Gancone A. (red.) 2019. Kūdras ieguves ietekmētu teritoriju atbildīga apsaimniekošana un ilgtspējīga izmantošana. Baltijas krasti, Rīga.
6. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2020). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2018. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
7. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2019). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2017. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
8. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2018). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2016. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
9. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2017). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2015. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
10. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2016). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2014. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
11. Gancone, A., Skrebele, A., et al. (2015). Latvia's National Inventory Report Submission under UNFCCC and the Kyoto protocol Common Reporting Formats (CRF) 1990–2013. Rīga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia.
12. Gancone, A., Lupkina, L., et al. (2019). LATVIA'S FOURTH BIENNIAL REPORT under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Environmental Protection and Regional Development.

1. LITERATŪRAS ANALĪZE

1.1. Lauksaimniecības sektors klimata mērķu kontekstā

Lauksaimniecības sektors ir otrs nozīmīgākais Latvijas SEG emisiju avots 2019. gadā un rada 19,8 % no kopējām SEG emisijām, neskaitot ZIZIMM sektoru, tāpēc promocijas darbā vairāk tiek pievērsta uzmanība tieši šim sektoram. 2019. gadā lielāko daļu no kopējām lauksaimniecības sektora emisijām (kt CO₂ ekv.) veido N₂O emisijas – 54,6 %, tad seko CH₄ ar 42,9 %, savukārt tikai 2,5 % ir no CO₂ emisijas no kaļķošanas un urīnvielas lietošanas [1]. SEG inventarizācijā iekļautie sektori mijiedarbojas cits ar citu. Lauksaimniecības sektors galvenokārt ir saistīts ar enerģētikas, ZIZIMM un atkritumu sektoru. Turpmākajos pētījumos ļoti svarīgi būtu paskatīties uz lauksaimniecības sektoru kopā ar ZIZIMM sektoru, jo šos sektorus pēc 2030. gada ir plānots apvienot.

Būtisks uzdevums ir nacionāli novērtēt valsts progresu noteikto mērķu sasniegšanā, tāpēc Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija sadarbībā ar Zemkopības, Satiksmes, Ekonomikas un citām ministrijām katru gadu sagatavo un iesniedz Ministru kabinetā ziņojumu par SEG emisiju samazināšanas un CO₂ piesaistes saistību izpildi, kas noteikts saskaņā ar likumu “Par piesārņojumu”. Ziņojumā ir jāiekļauj papildu SEG samazināšanas pasākumi un politikas, kas atbilst sektoru politikas plānošanas dokumentiem attiecīgajā periodā, ir rentabli un izvērtēti arī no sociāli ekonomiskā viedokļa, ja mērķi netiek sasniegti. Pamatojoties uz 2021. gada ziņojumu par politikām, pasākumiem un SEG prognozēm, kas iesniegts EK [4], Latvijas SEG emisijas lauksaimniecības sektorā nedaudz palielināsies, sasniedzot 2867 kt CO₂ ekv. scenārijā ar esošajiem pasākumiem (*WEM*) un 2638 kt CO₂ ekv. scenārijā ar papildu pasākumiem (*WAM*) 2040. gadā. Tādējādi tiek prognozēts, ka 2030. gadā, salīdzinot ar 2018. gadu, N₂O emisijas no augsnes un CH₄ emisijas no kūtsmēslu apsaimniekošanas pieaugs par 8,7 % (1.1. att.).



1.1. att. Latvijas lauksaimniecības sektora vēsturiskās emisijas un prognozes pa apakšsektoriem [5].

Kā redzams 1.1. attēlā, neskatoties uz plānotajām politikām un pasākumiem (*PaM*), prognozētajām emisijām ir tendence pieaugt galvenokārt ražošanas pieauguma dēļ. Lielākā daļa pasākumu ir vērsti uz augsnes un barības vielu apsaimniekošanu (12 īstenoti, astoņi plānoti *PaM*). Tomēr šiem pasākumiem ir maza ietekme uz prognozētajām SEG emisijām no lauksaimniecības augsnes, jo prognozētie rādītāji norāda, ka emisijas turpinās pieaugt. Latvijā ir noteikti pasākumi lauksaimniecības nozarē, taču – bez konkrētiem sasniedzamajiem rādītājiem, tāpēc ir jāstrādā pie valsts līmeņa sistēmas, lai šādu tendenci novērstu. Saskaņā ar ziņojumu [6] esošās *PaM* ir saistītas ar Nitrātu direktīvas, Atjaunojamo energoresursu direktīvas un KLP ieviešanu. Līdz ar to jāsecina, ka trūkst efektīvu pasākumu un turpmākais darbs pie SEG samazināšanas lauksaimniecības sektorā ir ļoti svarīgs visos līmeņos – saimniecības līmenī, sektorālā un valsts līmenī, lai virzītos uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimata mērķiem.

1.2. Rezultātos balstītas lauksaimniecības sektora koncepcija

Analizējot zinātnisko literatūru par rezultātos balstītu pieejas jēdzienu lauksaimniecības nozarē, tiek sniegti vairāki, bet līdzīgi zinātnieku viedokļi. *Janus H., Holzapfel S.* uzsver trīs būtiskus elementus [7]: 1) izmērāmu rezultātu izvēle; 2) maksājumu un pārbaudes mehānisma izveide; 3) atbalsta sniegšana. Pētījumi liecina, ka rezultātos balstītām pieejām ir potenciāls veicināt inovācijas lauksaimniecībā un tām var būt arī nozīmīga funkcija, lai palielinātu nodrošinātību ar pārtiku [8]. Zinātniskā literatūra liecina, ka rezultātos balstītas metodes varētu būt rentablākas nekā darbībā balstīta pieeja. Saskaņā ar rezultātos balstīto pieeju [9], kas nesēn ieviesta un uzsvērtā ES paziņojumā par ilgtspējīgiem oglekļa cikliem [4] un saistītajiem dokumentiem [10–11], tā prasa tiešu saikni starp sasniegto rezultātu (samazinātas SEG emisijas vai izvairīšanās no emisiju radīšanas vispār) un lauksaimnieku saņemtajiem maksājumiem. Tā atšķiras no pazīstamākajām darbībā balstītām shēmām, kurās lauksaimniekam tiek maksāts atbilstoši ļoti specifiskai lauksaimniecības praksei vai tehnoloģijām, kas izvēlētas klimata pārmaiņu mazināšanas nolūkos. Domājot plašāk, rezultātos balstītas lauksaimniecības nozares jēdziens ir saistīts ar ilgtspējīgas un viedas lauksaimniecības principiem, tāpēc ļoti būtiska ir ekofektivitātes novērtējuma padziļināta analīze dažādos līmeņos (saimniecība, valsts), rādītāju izvēle, kas raksturo SEG mazināšanu, oglekļa bilances analīze saimniecību līmenī, bioresursu izvēle biogāzes ražošanai tehnoloģiju un nozaru līmenī un SEG mazināšanas pasākumu ieviešana, kas saistīti ar klimata draudzīgu un ilgtspējīgu lauksaimniecības praksi. Literatūrā minētie vides, klimata un ekonomiskās darbības rādītāju piemēri apkopoti 1.1. tabulā [12].

Vides un ekonomiskās darbības rādītāji lauksaimniecības sektoram

Vides un ekonomiskie rādītāji	Indikatori
Izejvielas ražošanai	Ūdens patēriņš, tūkst. m ³ Enerģijas izmantošana vai patēriņš, GJ/TJ Biogāze, TJ Izejvielu patēriņš, tūkst.t Zemes izmantošana, tūkst. ha
Rezultāti kā emisiju grupas	Kopējās SEG emisijas no lauksaimniecības sektora un apakšsektoriem (bez ZIZIMM), kt vai kt CO ₂ ekv. Kopējās SEG emisijas no lauksaimniecības sektora un apakšsektoriem (ar ZIZIMM), kt vai kt CO ₂ ekv. CO ₂ emisijas kt vai kt CO ₂ ekv. , N ₂ O emisijas kt vai kt CO ₂ ekv., CH ₄ emisijas no lauksaimniecības sektora un apakšsektoriem kt vai kt CO ₂ ekv. Emisiju apjoms ūdenī, t Emisiju apjoms gaisā, t, kt
Ietekme uz vidi	Klimata pārmaiņas Bioloģiskā daudzveidība Smaka Minerālmēslu izmantošana, kt slāpekļa Organiskās augsnes, ha Fosilais kurināmais, GJ/TJ
Ekonomiskie rādītāji	Iekšzemes kopprodukts, tūkst. EURO / % Darbinieki, tūkst. Pievienotā vērtība, milj.EURO Produkcijas apjoms, kt/tūkst.t
Resursu izmantošanas intensitāte	Ūdens intensitāte, m ³ /IKP Enerģijas intensitāte, TJ/IKP Zemes izmantošanas intensitāte, tūkst. ha/IKP
Ietekmes uz vidi/klimata intensitāte	Kopējā SEG intensitāte, kt CO ₂ ekv./IKP SEG intensitāte, kg CO ₂ ekv./kg produkta CO ₂ intensitāte, kt CO ₂ ekv./IKP CH ₄ intensitāte, kt CO ₂ ekv./IKP N ₂ O intensitāte, kt CO ₂ ekv./IKP

2. METODIKAS

Atbilstoši promocijas darba struktūrai un uzdevumiem izmantotas šādas metodoloģijas: (I) regresijas analīze; (II) teorijā balstīta analīze; (III) oglekļa bilances analīze; (IV) daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes *TOPSIS* metodes; (V) *Delphi* pieejas/ *MCDA* *TOPSIS* metodes kombinācija; (VI) salīdzinošās analīzes/*MCDA* *TOPSIS* kombinācija.

2.1. Regresijas analīze

Promocijas darba pirmā uzdevuma sasniegšanai aplūkoti četri galvenie soļi, kas raksturo koefektivitātes procesu (2.1. att.). Lai novērtētu saistību starp SEG emisijām un lauksaimniecības produktu ražošanu un citiem parametriem, izmantota regresijas analīze. Regresijas analīze izmantota, lai noteiktu neatkarīgā mainīgā ietekmes ciešumu ar atkarīgo mainīgo.

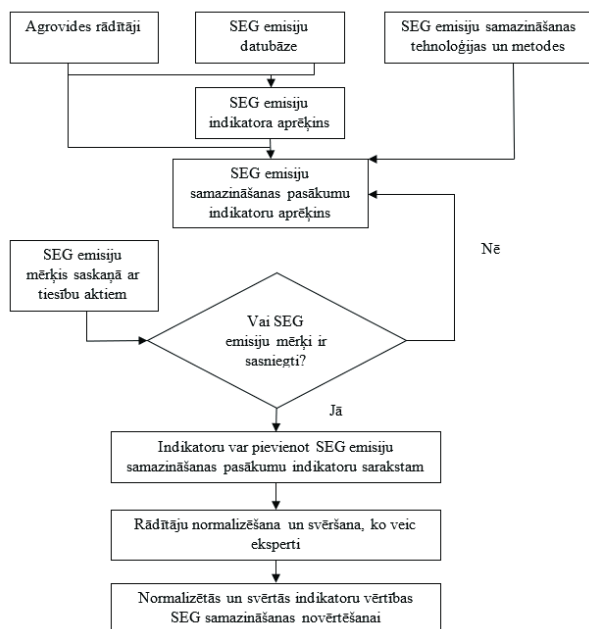


2.1. att. Ekoefektivitātes novērtēšanas process.

Lai novērtētu lauksaimniecības sektora ekoefektivitāti, pirmkārt, tika veikta nepieciešamo statistisko datu izpēte un atlase. Jāņem vērā, ka indikatoru atlase ir atkarīga no to izmantošanas mērķa. Pamatojoties uz literatūras analīzi, izvērtējumam tika atlasīti šādi indikatori: ražošanas izejvielas; enerģijas intensitāte (MJ/IKP); zemes izmantošana (tūkst. hektāru/IKP); ūdens izmantošanas intensitāte (m³/IKP); ietekme uz vidi (klimata pārmaiņas, bioloģiskā daudzveidība) (1.1. tab.), savukārt detalizētākai ekoefektivitātes analīzei izmantoti: enerģijas patēriņš; ražošanas izejvielas; lauksaimniecības produktu ražošana; SEG emisiju grupas (SEG emisijas, emisijas ūdenī un gaisā) un vides ietekme uz klimata pārmaiņām.

2.2. Teorijā balstīts novērtējums

Pētījuma daļa koncentrējas uz lauksaimniecības sektora SEG emisiju samazināšanas iespējām, izmantojot teorijā balstītu metodoloģiju. Metodoloģiskā pamata koncepcija redzama 2.2. attēlā. Teorijā balstītās metodoloģijas galvenais uzdevums ir noteiktā mērķa sasniegšanas izvērtēšana atbilstoši likumdošanai, ņemot vērā izvēlētos indikatorus kopā ar dažādiem SEG mazināšanas pasākumiem. Ja noteiktie mērķi tiek sasniegti, tad šie indikatori var papildināt SEG mazināšanas pasākumu izmantošanas indikatoru sarakstu. Pēc tam eksperti veica identificēto indikatoru normalizēšanas un svēršanas novērtējumu SEG emisiju samazināšanas izvērtēšanai. Lai sasniegtu promocijas darba otro mērķi, veikta esošo rādītāju analīze, pamatojoties uz pieejamiem pētījumiem, lai piedāvātu rīku ar indikatoru kopumu SEG emisiju samazināšanas novērtēšanai un palīdzētu ieinteresētajām pusēm, pieņemot lēmums par lauksaimniecības sektora ilgtspēju, tai skaitā produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu.



2.2. att. SEG mazināšanas indikatoru atlases un novērtēšanas metodiskais ietvars lauksaimniecības sektorā.

2.3. Oglekļa bilances analīze

Lai novērtētu kopējo ietekmi uz vidi no kukurūzas audzēšanas biogāzes ieguvei saimniecības līmenī, tika izmantota oglekļa bilances analīze, balstoties aprites cikla pieejā, kas ietver SEG aprēķinus no augsnes apstrādes kukurūzas ieguvei, slāpekļa minerālmēslu izmantošanas, lauksaimniecības tehnikai izmantotās degvielas (gan kukurūzas audzēšanas procesā, gan substrāta sagatavošanas procesā biogāzes ieguvei, gan digestāta iestrādes augsnē), kā arī fotosintēzes procesa rezultātā piesaistīto emisiju apjomu, emisiju noplūdes biogāzes ražošanas procesā, emisijas no kukurūzas digestāta izmantošanas, emisijas, kas ietaupītas, aizstājot minerālmēslus ar digestātu. Lai novērtētu oglekļa bilanci individuālas saimniecības līmenī, emisijas tika aprēķinātas saskaņā ar Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (KPSP) 2006. gada metodoloģiju nacionālo SEG inventarizāciju sagatavošanai kombinācijā ar zinātniskajos rakstos ietvertajiem un nozaru ekspertu pieņēmumiem.

Lai aprēķinātu kopējo degvielas patēriņu kukurūzas audzēšanai biogāzes ieguvei, vispirms tika apkopoti dati par bezceļu transportlīdzekļu degvielas izmantošanu konkrētai darbībai (tonnas uz 1 ha). Zinot zemes platību, kurā attiecīgajā gadā tika audzēta kukurūza biogāzes ieguvei, var iegūt rādītāju par visa gada degvielas patēriņu kukurūzas audzēšanai uz hektāru un tādejādi aprēķināt dīzeļdegvielas patēriņu kukurūzas audzēšanai, ko izmanto, lai ražotu biogāzi (2.1. tab.).

Dīzeļdegvielas patēriņš kukurūzas audzēšanai, lai ražotu biogāzi

	Reizes	Nepieciešamā degviela, t ha ⁻¹ reizē	Nepieciešamā degviela, t ha ⁻¹	Platība, ha	Patērētā degviela visā platībā, t g ⁻¹
Aršana	1	0,025	0,025	5382	134,3
Šūksšana	1	0,008	0,008		44,8
Kultivēšana	1	0,007	0,007		40,3
Sēšana	1	0,007	0,007		35,8
Augu aizsardzība + mikroelementi	3	0,006	0,017		94,0
Smalcināšana	1	0,029	0,029		156,7
Mīnērālmēsļu izklāde	3	0,004	0,012		67,2
Transportēšana no lauka uz fermu	1	0,016	0,016		85,4
Blietēšana	1	0,031	0,031		167,9
Paņemšana no bedres, izbēršana, iebēršana	1	0,017	0,017		89,6
Digestāta iestrāde augsnē	1	0,015	0,015		80,6
Kopā	–	–	0,185		996,7

N₂O emisijas kukurūzas audzēšanas laikā rodas arī no kultūraugu atlieku, slāpekļa minerālmēsļu un digestāta iestrādes augsnē. Šo emisiju aprēķinam tika izmantota KPSP 2006. gada vadlīniju 1. līmeņa metodoloģija, tai skaitā noklusētie emisiju faktori [13], [14]. Saskaņā ar minētajām vadlīnijām tiešo N₂O emisiju novērtējumam no lauksaimniecības augsnēm tika izmantots 2.1. vienādojums.

$$N_2O - N = [(F_{SN} + F_{CR}) \times EF], \quad (2.1.)$$

kur:

$N_2O - N$ – tiešas N₂O-N emisijas no N ievades apsaimniekotajās augsnēs, kg N₂O-N yr⁻¹;

F_{SN} – slāpekļa daudzums augsnē uzklātajā mēslošanas līdzeklī, kg N yr⁻¹;

F_{CR} – N daudzums no kukurūzas atliekām, kas katru gadu nonāk augsnē (virs zemes un zem zemes), kg N yr⁻¹;

EF – N₂O emisijas faktors no N ievades, kg N₂O-N kg⁻¹ ievadītais N (0,01).

Savukārt, lai novērtētu kg N₂O-N emisiju uz N₂O emisijas, tika izmantots 2.2. vienādojums:

$$N_2O = N_2O - N \times 44 \times 28. \quad (2.2.)$$

Viens no aprēķina parametriem (F_{SN}), lai novērtētu tiešās N₂O emisijas no N izmantošanas apsaimniekotajās augsnēs, ir tīrā slāpekļa mēslojuma daudzums gadā. Lai aprēķinātu datus par

nepieciešamiem neorganiskajiem mēslošanas līdzekļiem augsnē, izmantoti nacionālie standarti [15], kuros teikts, ka kukurūzas ražībai 31,8 t ha⁻¹ nepieciešams 0,1 t ha⁻¹ N minerālmēsli.

N iestrāde gadā novērtēta atbilstoši KPSP 2006. gada vadlīniju 1. līmeņa metodoloģijai:

$$F_{CR} = Yield \times DRY \times Frac_{Renew} \times Area \times R_{AG} \times N_{AG} \times Area \times R_{BG} \times N_{BG}, \quad (2.3.)$$

kur:

Yield – novāktās kukurūzas raža (kg dabīgi mitras kukurūzas raža ha⁻¹);

DRY – novāktās kukurūzas sausnas daļa (kg sausnas kg⁻¹ dabīgi mitrai masai);

Frac_{Renew} – kopējā kukurūzas platība;

Area – kopējās novāktās kukurūzas platības daļa (ha yr⁻¹);

R_{AG} – sauszemes, virszemes atlieku cietās vielas (*AG_{DM}*) un kukurūzas raža (*Crop*), kg sausnas (kg sausnas)⁻¹;

N_{AG} – N virszemes augu atlieku saturs kukurūzā, kg N (kg sausnas)⁻¹;

R_{BG} – zem zemes atlieku attiecība pret kukurūzas ražu, kg sausā frakcija (kg sausā frakcija)⁻¹, aprēķina, reizinot *R_{BG-BIO}* ar kopējo virszemes biomasas un labības ražas attiecību (*R_{BG}* = [(*AG_{DM}* × 1000 + *Crop*)/*Crop*]);

N_{BG} – kukurūzas zem zemes atlieku slāpekļa saturs, kg N (kg sausnas)⁻¹ (0,007) [16].

Lai aprēķinātu kultūraugu atlieku gada daudzumu *F_{CR}*, ir jāizmanto aprēķinu, kas balsfīts uz 2.4. vienādojumu:

$$R_{AG} = \frac{AG_{DM} \times 1000}{Crop}, \quad (2.4.)$$

kā arī papildu vienādojums (2.5. vienādojums 2.5.), lai novērtētu sauszemes virsmas cietās vielas *AG_{DM}* (Mg ha⁻¹) [10]:

$$AG_{DM} = \left(\frac{Crop}{1000} \right) \times slope + intercept. \quad (2.5.)$$

Korekcijas koeficientu sausnas ražas novērtēšanai nosaka, izmantojot 2.6. vienādojumu:

$$Crop = Yield_{Fresh} \times DRY, \quad (2.6.)$$

kur:

Crop – novāktā sausā ražas daļa, kg sausnas ha⁻¹;

Yield_{Fresh} – daļa no dabīgi mitras ražas, kg svaiga frakcija ha⁻¹;

DRY – novāktās ražas sausnas frakcija, (kg sausnas frakcija)⁻¹ [13].

2.4. Daudzkritēriju lēmumu analīze

Lai sarindotu bioresursus biogāzes ražošanai, novērtējot dažādus kritērijus un izmantojot daudzkritēriju lēmumu analīzes (*MCDA* jeb *multi-criteria decision analysis*), *TOPSIS* metodi (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions*) prognozētas biogāzes

ražošanai labāk izmantojamās izejvielas atkarībā no pieejamajiem resursiem, respektīvi, kuram no biogāzes ražošanas substrātiem ir vislielākais potenciāls un ilgtspējība. Metodes pamatprincips ir tāds, ka vistuvāk ideālam risinājumam un vistālāk no negatīvā risinājuma ir vislabākā alternatīva [17]. Darbā salīdzināti astoņi substrāti ar trīs dažādiem parametriem – ekonomiskais pamatojums, draudzīgums videi un tehnoloģiskais aspekts – efektivitāte. Darbā analizētas šādas izejvielas: liellopu, cūku un mājputnu kūsmēsli; notekūdeņu dūņas; organiskie atkritumi; koksne; salmi; kukurūzas skābarība.

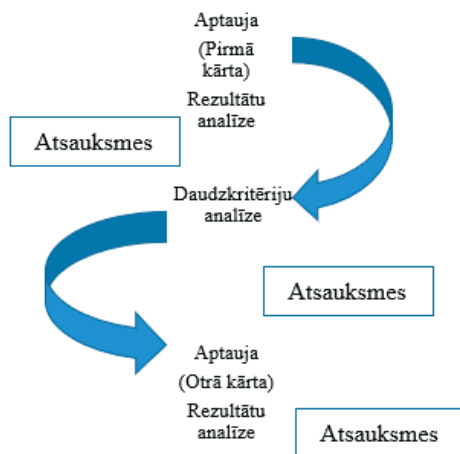
Lai novērtētu, kurš parametrs ir svarīgākais izejvielu izvēlē, nozares eksperti sniedza vērtējumu un noteica katra parametra procentuālo daudzumu. Aprēķinos tika izmantoti 2017. gada dati par lauksaimniecības dzīvnieku skaitu un SEG emisijām, lai gan jāuzsver, ka daudzkritēriju analizē nav ņemts vērā saimniecību lielums, kas saistīts ar faktisko lauksaimniecības dzīvnieku skaitu, kūsmēsļu savākšanas tehnoloģiju un transportēšanas attālumu no izejvielu ieguves vietas līdz biogāzes stacijai. Daudzkritēriju analīzes nolūkos tika analizēta dažādu izejvielu efektivitāte ražas izteiksmē, tas ir, cik kubikmetru biogāzes var iegūt no tonnas konkrētas izejvielas. Izejvielu efektivitāte tika noteikta kā vidējā vērtība [18–19].

Lai noteiktu konkrēta substrāta izmantošanas nozīmi biogāzes ražošanā, tika apkopoti dati par to, cik daudz emisiju varētu novērst, tādējādi tuvinot to pieejamības un nozīmīguma proporciju un ietekmi uz vidi atkarībā no tā, cik daudz šī materiāla tiek saražots gadā un ņemot vērā tā emisijas faktoru. Lai objektīvi aprēķinātu SEG emisiju apjomu, ko potenciāli varētu samazināt, gan N₂O, gan CH₄ emisijas tika izteiktas CO₂ ekvivalentos [20].

Svarīgākā kritērija noteikšanai tika veikta dažādu biogāzes ražošanas jomas ekspertu aptauja. Pēc aptaujas rezultātu apkopojuma svarīgākie kritēriji ir draudzīgums videi/klimatam un ekonomiskais pamatojums, kas katrs tika novērtēts ar 35 %. Tikai par 5 % mazāk tika novērtēts tehnoloģiskais aspekts.

2.5. Delphi pieejas un MCDA kombinācija

Viens no šī pētījuma mērķiem ir izstrādāt metodoloģisku pieeju SEG emisiju samazināšanas pasākumu atlasei, lai sekmētu virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un veicinātu klimata mērķu sasniegšanu. Līdz ar to darba piektā un sestā uzdevuma mērķu sasniegšanai kā metodiskā koncepcija tiek izmantota *Delphi* metodes kombinācija ar daudzkritēriju lēmumu analīzes *TOPSIS* metodi, jo, pateicoties tai, ir viegli salīdzināt dažādas alternatīvas [21]. Novērtēšanai izmantotā pieeja redzama 2.3. attēlā.



2.3. att. Izmantotā *Delphi* metodes un *TOPSIS* analīzes shēma.

Lai iegūtu ekspertu viedokļus par esošajām un plānotajām politikām un pasākumiem SEG emisiju samazināšanai lauksaimniecības sektorā, tika izmantota *Delphi* pieeja [18], kas balstīta uz ekspertu aptauju divās kārtās. Eksperti tika izvēlēti atbilstoši tēmas kompetencei. Aptaujā tika iekļauti 19 SEG samazināšanas pasākumi *WEM* un *WAM* scenārijiem no Latvijas ceturrtā divgadu ziņojuma (Latvijas *BR4*) *UNFCCC* [22] un Latvijas NEKP 2021.–2030. gadam [2]. Katram ekspertam tika lūgts novērtēt šo 19 pasākumu ietekmi no ekonomiskā, inženiertehniskā, vides/klimata un sociālā aspekta. Aptauja bija anonīma. Uz anketām divās kārtās atbildēja 18 eksperti, tostarp sniedzot papildu aprakstus un vērtējumus.

Starp šīm divām aptaujas kārtām tika veikta *MCDA*, kas ļauj noteikt prioritātes un novērtēt dažādus pasākumus no vislabākās alternatīvas līdz sliktākai.

Turklāt eksperti tika aicināti izskatīt pirmās kārtas atbildes, ņemot vērā citu ekspertu atbildes, lai gūtu pārskatu/viedokli par nākotnes prognozēm piemērotākajiem pasākumiem SEG samazināšanai un pārejai uz viedo lauksaimniecību, kur efektīva resursu izmantošana ir viens no galvenajiem mērķiem.

2.6. Salīdzinošās analīzes un *MCDA* kombinācija

Promocijas darbā izmantota salīdzinošās analīzes un *MCDA TOPSIS* metodes kombinācija, lai izvērtētu SEG emisiju tendences, tostarp iespējamās SEG emisiju samazināšanas pasākumus Baltijas valstīs un iespējamās labības produktu alternatīvas, lai novērtētu produkta augstāko pievienoto vērtību no klimata neitralitātes un ilgtspējīgas lauksaimniecības perspektīvas.

Pirmajā nodaļā apskatīta pieejamā literatūra kopā ar salīdzinošās analīzes metodi, lai novērtētu SEG emisiju tendences un seku mazināšanas pasākumus augsnes apsaimniekošanai. Nākamajā posmā, pamatojoties uz literatūras analīzi [23–25], noteiktas

četras lielas preču grupas – pārtikas produkti, farmaceitiskie produkti, transporta produkti un salmu izstrādājumi. Pēc tam tika izstrādāta anketa, kas respondentiem nosūtīta elektroniski ar lūgumu sniegt vērtējumu par graudaugu un salmu izmantošanu. Pēc novērtējumu iegūšanas tika veikta *MCDA* analīze, izmantojot *TOPSIS* metodi. Lai noteiktu labāko alternatīvu no katras produktu grupas, *MCDA* sākotnēji tika veikta katrai produktu grupai atsevišķi, pēc tam, kad tika iegūtas alternatīvas ar lielāko atsevišķo variāciju koeficientu katrā produktu grupā, tika veikta papildu *MCDA* analīze, lai noteiktu labāko alternatīvu.

Anketas dalībnieki (20 nozaru eksperti) tika izvēlēti, pamatojoties uz viņu pieredzi un zināšanām saistībā ar pētāmo tēmu. Atbildes saņemtas no visiem respondentiem. Anketā tika atlasīti 25 graudu produkti, kas tālāk iedalīti trīs grupās – pārtikas produkti, farmācijas produkti un transportā izmantojamie produkti, kā arī septiņi salmu produkti, kas izcelti atsevišķā grupā. Pētījumā tika iekļauti šādi graudu produkti: graudi eksportam; milti; maize; makaroni; nūdeles; putraimi; pārļu mieži; musli; musli batoniņi; glutēns; ciete; alkohols; kvass; alus; kafija; eļļa; etilspirts; antioksidanti; vitamīni; minerāli; lignīns; olbaltumvielas; bioetanolis; biogāze; bioūdeņradis. Izvēlētie salmu produkti: pakaiši šķūņos; granulas; šķiedras; vienreizlietojamie galda piederumi; dzeramie salmiņi; atkārtoti lietojamie galda piederumi; bioplastmasa.

3. REZULTĀTI

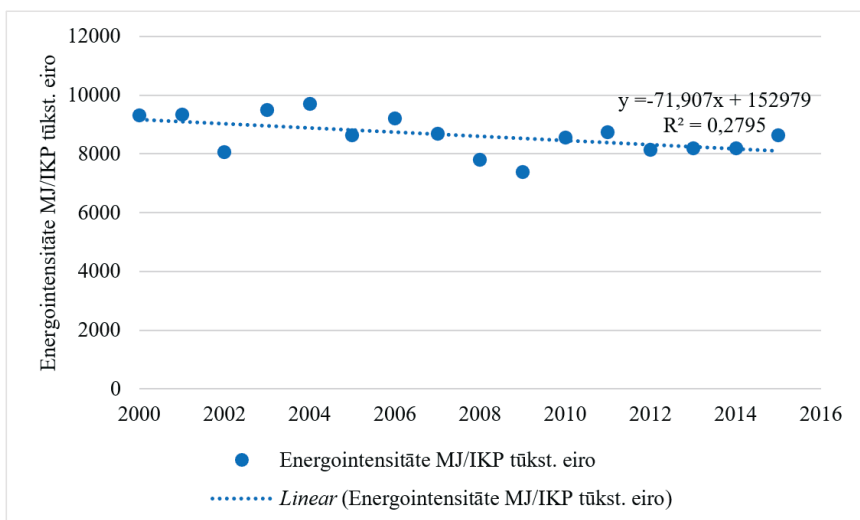
3.1. Empīriskais modelis ekoeftivitātes novērtēšanai

Vispirms tika veikts ekoeftivitātes novērtējums, analizējot Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) un Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra (LVĢMC) datus, jo tie ir galvenie datu avoti Latvijas oficiālajiem ziņojumiem dažādām starptautiskajām institūcijām. Pārsvārā izmantoti valsts un reģionāla līmeņa dati. Promocijas darbā galvenokārt izmantoti lauksaimniecības saimnieciskās darbības dati valsts līmenī par 2000.–2014. gadu, atsevišķos gadījumos – par 1990. gadu. Dati par SEG emisijām tika iegūti no valstu ikgadējām SEG inventarizācijām, kas tiek ziņotas *UNFCCC* ietvaros [26]. Secināts, ka nav pieejams pilns datu kopums saimniecību līmenī par lauksaimniecības sektora emisijām. Dažos gadījumos dati nav pietiekami detalizēti. Regresijas analīze tika izmantota, lai novērtētu saistību starp SEG emisijām, produktu ražošanu un citiem parametriem.

Ekoeftivitātes novērtēšanai lauksaimniecības sektorā izvēlēto rādītāju aprēķinu rezultāti apkopoti 3.1.–3.4. attēlā.

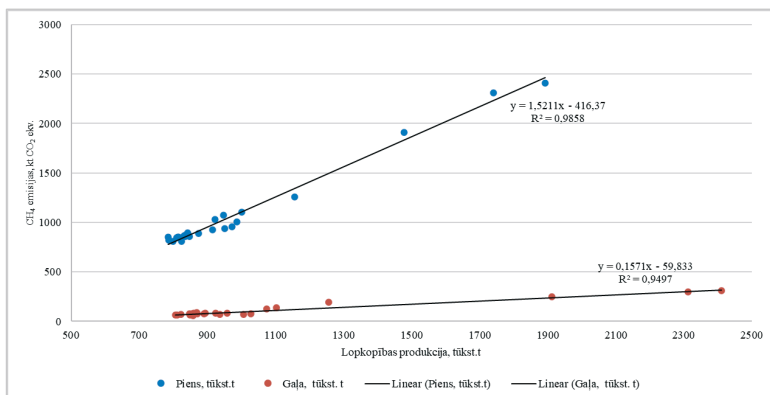
Pirmkārt, tika analizēta energointensitāte (3.1. att.), kur var novērot ievērojamas datu svārstības, kas skaidrojamas ar datu korelācijas trūkumu starp degvielas patēriņu un IKP. Lineārais grafiks parāda nozarē izmantotā kurināmā daudzumu atbilstoši nozares IKP. Piemēram, 2001. gadā, salīdzinot ar 2000. gadu, nozarē izmantotās degvielas apjoms pieauga par 9,3 %, līdzīgi kā IKP, kas tajā pašā laika periodā pieauga par 8,9 %, 2001.–2002. gadā nozarē izmantotās degvielas apjoms samazinājās par 7,1 %, savukārt IKP strauji samazinājās par 13,5 %. Līdzīgas situācijas var redzēt visā laika rindā. Būtiskākā novirze no tendenču līnijas

ir 2008. gadā (−9,3 %) un 2009. gadā (−13,3 %) nekonekvanta degvielas patēriņa un IKP izmaiņu dēļ. 2007.–2008. gadā degvielas patēriņš samazinājās par 16,3 %, savukārt IKP samazinājums bija tikai par 6,6 %. Līdzīga situācija bija 2007.–2009. gadā, kad degvielas patēriņš samazinājās par 10,5 %, bet IKP pieauga par 5,3 %. Šajos gados Latvija piedzīvoja ekonomisko krīzi, kas atstāja jūtamu ietekmi ne tikai lauksaimniecībā, bet arī citās nozarēs.

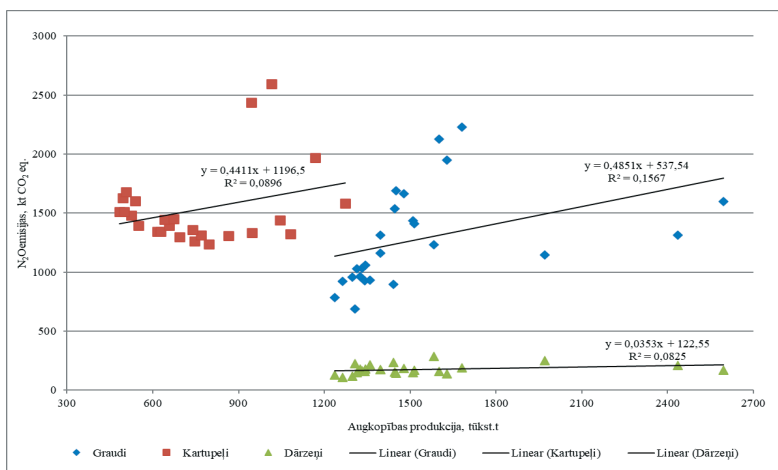


3.1. att. Energointensitāte MJ/IKP.

Otrkārt, tika analizēta CH₄ un N₂O emisiju intensitāte lauksaimniecības sektorā (3.2. un 3.3. att.). Ir novērota cieša korelācija starp CH₄ emisijām un lopkopības produkciju – gaļu un pienu, savukārt augkopībā ir novērojama vāja korelācija starp graudu, kartupeļu un dārzeņu ražošanu un slāpekļa oksīda emisiju apjomu. Iemesls tam varētu būt fakts, ka kopējās N₂O emisijās ietilpst organiskās augsnes un ganību apsaimniekošanas radītās emisijas, kas nav tieši saistītas ar augkopību. Būtiski elementi kultūraugu ražošanā ir slāpekļa mēslojuma patēriņš, kā arī organiskā mēslojuma izmantošana, kas precīzāk parāda sakarības starp ražas produkciju un N₂O emisijām.



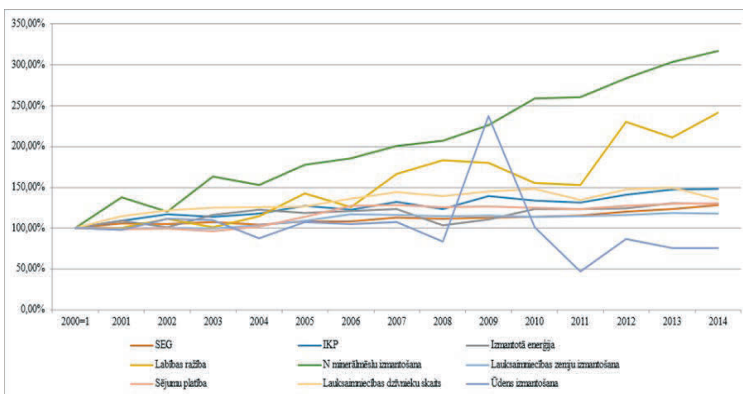
3.2. att. Saikne starp CH₄ emisijām (kt CO₂ ekv.) un gaļas un piena ražošanu.



3.3. att. Saikne starp augkopību un N₂O emisijām (kt CO₂ ekv.).

Kopējā ekoefektivitātes analīze lauksaimniecības sektorā redzama 3.4. attēlā, kur iekļautas kopējās SEG emisijas, IKP, izmantotās enerģijas patēriņš, lauksaimniecībā izmantojamās zemes izmantošana, augkopība un citi nozares parametri. Kā redzams 3.4. attēlā, SEG emisijām lauksaimniecības sektorā (~ 28 %) un IKP (~48 %) ir pieaugoša tendence no 2000. līdz 2014. gadam, taču ir svarīgi norādīt, ka SEG emisijas galvenokārt pieaug, pateicoties N mēslojuma izmantošanai augsnē un organiskās augsnes apsaimniekošanai. Kā arī N mēslojuma izmantošana vāji korelē ar kultūraugu ražu, tas nozīmē, ka N mēslojuma patēriņš pieaug, bet raža analīzē izmantotajā periodā nepieaug, īpaši 2009.–2011. gadā. Šis grafiks izskaidro vājo saistību starp N₂O emisijām un iepriekš minēto augkopības produktu ražošanu. Redzams, ka ievērojami pieaug slāpekļa mēslošanas līdzekļu izmantošana, bet ražas pieaugums ir neskaidrs. Iespējams, tas varētu būt saistīts ar agrometeoroloģisko apstākļu ietekmi. Ūdens izmantošanas dati [27] liecina, ka tam ir tendence lēnām samazināties, un tas skaidrojams ar efektīvāku ūdens

izmantošanu. Atsevišķas datu novirzes (par 2009. un 2011. gadu) varētu būt saistītas ar nepietiekamu datu kvalitāti.



3.4. att. Galveno rādītāju izmaiņas (%) lauksaimniecībā 2000.–2014. gadā (2000 = 1).

3.2. SEG emisiju samazināšanas modelis

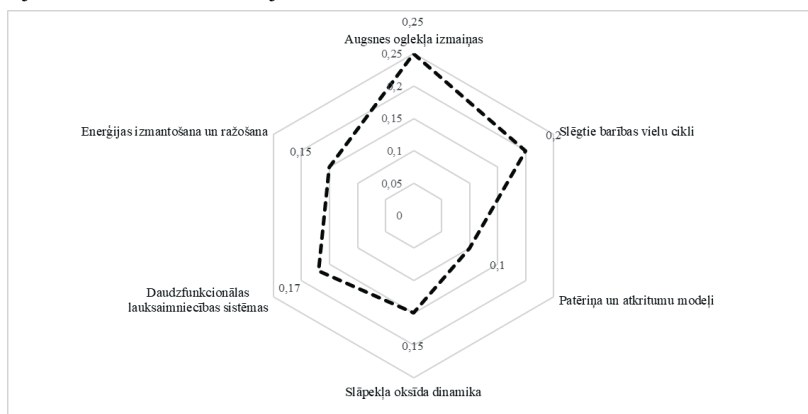
Lai piedāvātu instrumentu ar indikatoru kopumu SEG emisiju samazināšanas mērījumu novērtēšanai lauksaimniecības sektorā, tika veikta teorijā balstīta analīze, vispirms analizēti pieejamie agrovides indikatori, pēc tam – SEG emisiju samazināšanas pasākumi un to ietekme. Piedāvāto indikatoru kopuma mērķis galvenokārt ir domāts lēmumu pieņēmējiem, lai novērtētu lauksaimniecības attīstības iespējas un izvērtētu lauksaimniecības priekšlikumu un lauksaimniecības produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanas ilgtspēju. EK ir izstrādājusi 35 agrovides rādītājus, lai novērtētu lauksaimniecības ietekmi [28]. No šiem rādītājiem tika atlasīti 11 (3.1. tab.), kas ir būtiski lauksaimniecības sektora novērtējumam saistībā ar klimata pārmaiņām un gaisa kvalitāti: minerālmēslu patēriņš; enerģijas izmantošana; augkopības/lopkopības modeļi; saimniecības pārvaldības prakse – kūtsmēslu apsaimniekošana; ar lauksaimniecību saistītās amonjaka emisijas gaisā; lauksaimniecības radītās CH₄ un N₂O emisijas; lauksaimniecības īpatsvars SEG emisijās; agrovides atbalsta platība; labas lauksaimniecības prakses reģionālā līmenī; vides mērķi reģionālā līmenī; atjaunojamās enerģijas ražošana.

SEG emisiju samazināšanas mērījumu novērtēšanai tika izstrādāti šādi indikatori: augsnes oglekļa līmenis; noslēgto barības vielu cikls; patēriņa un atkritumu modeļi; N₂O dinamikas; daudzfunkcionālu lauksaimniecības sistēmu novērtējums; enerģijas izmantošana; atjaunojamās enerģijas ražošanas novērtēšana. Darbā atlasītie rādītāji tika noteikti, pārskatot literatūru un ņemot vērā šīs jomas ekspertu viedokli. Klimatam draudzīgas lauksaimniecības (tajā skaitā SEG emisiju samazināšanā) un bioenerģijas attīstības iespēju izvērtēšanai tika izmantotas sešas galvenās indikatoru grupas, kas ietver 11 agrovides indikatoru kombinācijas.

SEG emisiju samazināšanas indikatori

SEG emisiju samazināšanas mērījumu indikators	Analizēto vērtību izmaiņas	Agrovides rādītājs
Augsnes oglekļa izmaiņas	Augsnes oglekļa palielināšanās	Minerālmēslu patēriņš
Slēgtie barības vielu cikli	Lauksaimniecībā slēgtu barības vielu ciklu realizācija	Saimniecības apsaimniekošanas prakse– kūtmēslu apsaimniekošana Amonjaka emisijas atmosfērā no lauksaimniecības
Patēriņa un atkritumu modeļi	Patēriņa un atkritumu veidu maiņa	Augkopības/lopkopības modeļi
Slāpekļa oksīda dinamika	N ₂ O emisiju samazināšana	CH ₄ un N ₂ O emisijas SEG emisijas
Daudzfunkcionālas lauksaimniecības sistēmas	Daudzfunkcionālu lauksaimniecības sistēmu izstrāde	Agrovides atbalsta platība Labas lauksaimniecības prakses reģionālā līmenī Vides mērķi reģionālā līmenī
Enerģijas izmantošana un ražošana	Atjaunojamās enerģijas ražošanu palielināšana Enerģijas patēriņa samazināšana saimniecības līmenī	Atjaunojamās enerģijas ražošana Enerģijas patēriņš

Kritēriju svarus noteica nozaru eksperti. Rādītāju normalizētās un svērtās vērtības SEG emisiju samazināšanas novērtējumam lauksaimniecības sektoram redzamas 3.5. attēlā.



3.5. att. Lēmumu pieņemšanas matrica.

3.3. Oglekļa bilance saimniecību līmenī

Kukurūzas audzēšanas un ar to saistīto SEG emisiju analīzei tika izmantotas KPSP 2006. gada vadlīnijas SEG inventarizācijām un dati par kopējo 2017. gadā audzētās kukurūzas

apjomu. 3.2. tabulā apkopotas CO₂ ekv. emisijas uz 1 ha no biogāzes, kas saražota no īpaši šim mērķim audzētas kukurūzas.

3.2. tabula

SEG emisijas no degvielas patēriņa uz 1 ha no kukurūzas audzēšanas biogāzes ražošanai [6]

	CO ₂ emisijas, kg CO ₂ ekv. ha ⁻¹	CH ₄ emisijas, kg CO ₂ ekv. ha ⁻¹	N ₂ O emisijas, kg CO ₂ ekv. ha ⁻¹	Kopējās SEG emisijas, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹
Aršana	79,28	0,11	9,04	0,09
Šļūkšana	26,43	0,04	3,01	0,03
Kultivēšana	23,78	0,03	2,71	0,03
Sēšana	21,14	0,03	2,41	0,02
Augu aizsardzība + mikroelementi	55,49	0,08	6,33	0,06
Sasmalcināšana	92,49	0,13	10,55	0,10
Minerālmēslu izklicde	39,64	0,06	4,52	0,04
Transportēšana Lauks – ferma	50,42	0,07	5,75	0,06
Blietēšana	99,09	0,14	11,30	0,11
Paņemšana no bedres, izbēršana, iebēršana	52,85	0,07	6,03	0,06
Digestāta iestrāde augsnē	47,57	0,07	5,42	0,05
Kopā	588,16	0,82	67,06	0,66

Iegūtie dati liecina, ka lielākās emisijas uz hektāru gadā rodas ražas novākšanas un sasmalcināšanas laikā, lai sagatavotu kukurūzu ievietošanai bioreaktorā, kā arī sablīvēšanās dēļ. Vismazākās emisijas rodas sējas laikā. Kopējās indikatīvās emisijas no īpaši biogāzes ražošanai audzētas kukurūzas uz hektāru apkopotas 3.3. tabulā.

3.3. tabula

Kopējās indikatīvās emisijas 2017. gadā uz ha [10]

No degvielas patēriņa	Augu atlieku iestrādes	N mēslojuma iestrādes	Kopā, t CO ₂ ekv. ha ⁻¹
0,656	0,443	0,468	1,567

Pētījumā secināts, ka, neskatoties uz dīzeļdegvielas patēriņu un kukurūzas ražošanas procesa emisijām, kukurūza absorbē daudz vairāk oglekļa, nekā tas tiek radīts un var ietaupīt 1,86 kg CO₂ ekv. emisijas uz 1 m³ saražotās biogāzes (normālos apstākļos, spiediens 760 mm Hg).

3.4. Bioresursu klasifikācija tehnoloģiju līmenī

Lai novērtētu labāko izejvielu biogāzes ražošanai, tika lietota *MCD*A *TOPSIS* metode. Lai noteiktu, kura izejviela ir ekonomiski izdevīgākā biogāzes ražošanai, tika apkopota informācija par izejvielu cenām. Apkopojot iegūto informāciju par izejvielas biogāzes

efektivitāti, kā arī izejvielas cenu par tonnu, ir iespējams iegūt ekonomisko pamatojumu katram substrātam. Lai iegūtu izmaksas par 1 m³ biogāzes saražošanu no noteikta substrāta, substrāta cena tika izdalīta ar substrāta efektivitāti. Trīs galvenie kritēriji, kas identificēti kā biogāzes substrāta izvēles noteicošie faktori, salīdzinājumam apkopoti 3.4. tabulā.

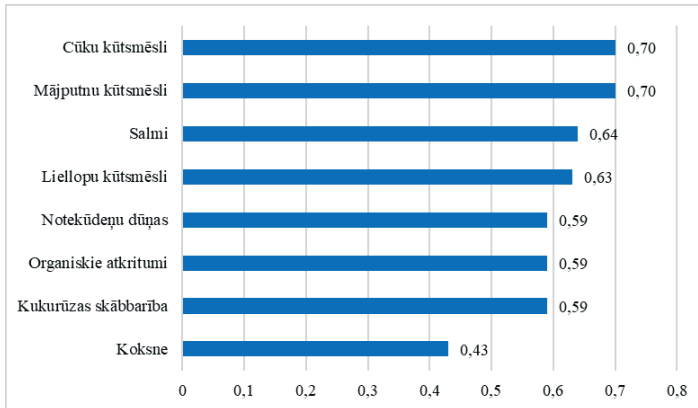
3.4. tabula

Daudzkritēriju analīzes vērtības

	Efektivitāte (biogāze m ³ /t)	Draudzīgums videi (Latvijā emisijas kt CO ₂ ekv./gadā)	Ekonomiskais pamatojums (€/m ³ biogāze)
Liellopu kūtsmēsli	35,0	115,47	0,09
Cūku kūtsmēsli	44,0	25,71	0,02
Mājputnu kūtsmēsli	80,0	4,73	0,03
Notekūdeņu dūņas	218,0	113,53	0,01
Organiskie atkritumi	100,0	403,50	-0,74
Koksne	35,5	0,00	1,18
Salmi	190,0	0,00	0,08
Kukurūzas skābarība	202,0	-6,56	0,25

Apkopojot informāciju par substrātiem, redzams, ka visaugstākā biogāzes ražošanas efektivitāte ir biogāzes ražošanā no notekūdeņu dūņām, kukurūzas skābarībai un salmiem. Viszemākā efektivitāte ir liellopu kūtsmēsliem un koksnei, kuru vidēji efektivitātes rādītāji ir gandrīz vienādi. Tikai nedaudz augstāka efektivitāte ir novērojama cūku kūtsmēslos.

Pēc tam tika veikti aprēķini, izmantojot *TOPSIS* metodoloģiju, lai iegūtu vērtējumu pēc pieņemtajiem trīs kritērijiem (vide, tehnoloģija, ekonomiskais) un noskaidrotu, kurš konkrētais substrāts biogāzes ražošanai ierindojas pirmajā un pēdējā vietā (3.6. att.). Pēc apkopotiem rezultātiem pirmajās divās vietās ierindojās cūku un mājputnu kūtsmēsli, savukārt trešajā vietā – salmi ar pirmapstrādi, tad – liellopu kūtsmēsli un notekūdeņu dūņas. Pēdējās trīs vietas ir organiskie atkritumi, kukurūza un koksne, kas pārliecinoši ieņēma pēdējo vietu.



3.6. att. Substrātu ranžēšana ar *TOPSIS* metodi.

3.5. Klimata politikas ranžēšanas un lēmumu pieņemšanas analīzes rīks

Darbā ir ieviesta metode, ko varētu izmantot papildus esošajai procedūrai SEG samazināšanas politiku un pasākumu izvērtēšanai lauksaimniecības sektorā, pamatojoties uz *Delphi* pieeju un daudzkritēriju analīzi, kā arī ņemot vērā ekonomiskos, inženiertehniskos, vides/klimata un sociālos kritērijus. Kritēriju svarus noteica nozaru eksperti. Pamatojoties uz aptaujas pirmās kārtas rezultātiem, tika izmantota *TOPSIS* metode. Normalizētā un svērtā matrica lēmumu pieņemšanai par SEG emisiju samazināšanas pasākumu izvērtēšanu lauksaimniecības sektorā redzama 3.7. attēlā. Iegūtie rezultāti norādīja, ka, ņemot vērā visus kritērijus, visefektīvākie pasākumi ir: precīzas liellopu barošanas pieejas veicināšana, tostarp barošanas plānu izstrāde un atbalsts kvalitatīvas barības izmantošanai, lai palielinātu sagremojamību; inovatīvu tehnoloģiju atbalstīšana un risinājumu izstrāde resursu efektivitātes veicināšanai; SEG samazināšana/CO₂ piesaiste lauksaimniecībā.



3.7. att. Pasākumu klasifikācija, izmantojot *TOPSIS* metodi.

Ņemot vērā *MCDA* rezultātus, politikas un pasākumi tika sagrupēti svarīguma secībā (3.13. tab.), pēc tam ekspertiem tika lūgts prognozēt turpmāko pasākumu līderi SEG emisiju samazināšanai lauksaimniecības sektorā, pamatojoties tikai uz vadošajiem pasākumiem. Saskaņā ar aptaujas otro kārtu visi iesaistītie eksperti prognozēja, ka turpmāk kompleksais pasākums “Atbalsts inovatīvu tehnoloģiju un risinājumu izstrādei resursu efektivitātes veicināšanai, SEG samazināšana/CO₂ piesaiste” būs visu pasākumu augšgalā lauksaimniecības sektorā. Saskaņā ar šo ekspertu aptauju šis kompleksais pasākums varētu veicināt SEG emisiju samazināšanu, ņemot vērā ilgtspējīgu lauksaimniecības pārvaldību, lauksaimniecības dzīvnieku audzēšanas metodes, kā arī barības vielu apsaimniekošanas uzlabošanu, tostarp precīzo lauksaimniecību.

3.6. tabula

Politikas un pasākumi pēc prioritātes

Prioritāte	Politikas un pasākumi				
Līderis (0,6–0,9)	Veicināt barības devu plānošanu liellopu saimniecībās	Veicināt mēslošanas plānošanu	Veicināt barības kvalitātes uzlabošanu liellopu saimniecībās	Veicināt un atbalstīt precīzu minerālmēslojuma lietošanu	Atbalstīt inovatīvu tehnoloģiju un risinājumu attīstīšanu resursefektivitātes, SEG emisiju samazināšanas/CO ₂ piesaistes palielināšanas sekmēšanai lauksaimnieciskajās darbībās
Stiprs (0,4–0,6)	Veicināt tauriņziežu iekļaušanu kultūraugu rotācijā, lai sekmētu slāpekļa piesaistes	Atbalsts precīzās lauksaimniecības tehnoloģiju attīstībai augkopības saimniecībās, lai samazinātu slāpekļa izmantošanu	Prasības kūtsmēslu uzglabāšanai un iestrādei augsnē		
Mērens (0,2–0,4)	Izveidot kūdras augšņu izplatības karti lauksaimniecības zemēs	Bioloģiskā piena lopkopība	Sekmēt biogāzes un biometāna ražošanu un biometāna izmantošanu	Ilggadīgo zālāju saglabāšanas veicināšana lopkopības saimniecībās	Atbalstīt un veicināt plašāku pasējas izmantošanu graudaugu sējumos
	Meliorācijas sistēmu uzturēšanas uzlabošana lauksaimniecības zemēs	Atbalstīt un veicināt zaļās papuves ierīkošanu pirms ziemāju sējumiem	Sekmēt biogāzes ražošanu	Tieša organiskā mēslojuma iestrādes augsnē	
Vājš (0–0,2)	Nitrātu jutīgo teritoriju apsaimniekošana	Prasības augsnes un ūdens aizsardzībai pret lauksaimniecības piesārņojumu, ko izraisa nitrāti			

3.6. Iegūto rezultātu apkopojums

Šajā nodaļā apkopoti promocijas darbā iegūtie rezultāti.

Pirmkārt, attiecībā uz lauksaimniecības nozares ekoeftivitātes novērtēšanas indikatoriem, neskatoties uz to, ka valsts līmenī ir pieejams liels datu apjoms, to apkopšana ekoeftivitātes novērtēšanai ir sarežģīta, īpaši saimniecību līmenī. Kopumā atlasītie rādītāji liecina, ka analizētajā periodā nav vērojama sasaiste starp ekonomisko izaugsmi un SEG emisijām, līdz ar to nav novērojama stabila virzība uz ekoeftivitāti.

Otrkārt, tiek piedāvāts rīks ar indikatoru kopumu SEG emisiju samazinājuma mērīšanai lauksaimniecības sektorā. Tika izveidots modelēšanas ietvars SEG emisiju samazināšanas pasākumu novērtēšanai, pamatojoties uz esošo agrovides rādītāju piemērošanu. Piedāvātais rādītāju kopums galvenokārt paredzēts lēmumu pieņēmējiem, lai novērtētu lauksaimniecības sektora attīstības iespējas un nozares ilgtspēju, tai skaitā produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu. SEG samazināšanas mērījumu novērtēšanai jāievieš pētījumos balstīti vai valsts līmenī definēti agrovides rādītāji.

Treškārt, izmantojot izstrādāto oglekļa bilances metodiku, ir iespējams aprēķināt biogāzes ražošanas ietekmi un to, kā substrāta izvēle ietekmē vidi. Šādus aprēķinus var attiecināt uz jebkuru pasaules valsti vai uzņēmumu, un tas var būt būtisks instruments politisko lēmumu pieņemšanai, kas balstās nevis uz diskusiju, bet uz kvantitatīviem aprēķiniem.

Pētījums pierāda, ka, veicot oglekļa bilances aprēķinus saskaņā ar KPSP 2006. gada metodoloģiju, kas balstīta aprites cikla analīzē kukurūzas biogāzes ražošanas ietekmes novērtēšanai, ir iespējams noteikt ietekmi uz vidi SEG emisiju izteiksmē.

Oglekļa bilanci var vēl vairāk uzlabot, samazinot emisijas no lauksaimniecības procesa, piemēram, substrāta komponentu audzēšanā izmantojot nulles emisiju elektrisko bezceļu tehniku augsnes apstrādei, līdz ar to kopējās biogāzes kukurūzas audzēšanas emisijas varētu samazināt par 43 %. Taču ir arī procesi, kas emisiju samazināšanā nebūtu vēlami, piemēram, lauksaimniecības tehnikas pārvietošanās biežuma samazināšana minerālmēsļu iestrādei, jo teorētiski to iestrādi var veikt vienā reizē, tomēr labāk mēslojuma iestrādi sadalīt vairākos posmos, lai barības vielas izkliedētu pakāpeniski, tādējādi nodrošinot augiem labvēlīgākus augšanas apstākļus visa veģetācijas perioda garumā, kā arī neveicinot ūdens piesārņošanu saistībā ar barības vielu noteci.

Ceturtkārt, rezultāti liecina, ka cūku un mājputnu kūtsmēsli ir vispiemērotākā izejviela biogāzes ražošanai. Jebkuru atkritumu izmantošana enerģijas ražošanai ir svarīga, taču lielākais potenciāls ir biogāzei no kūtsmēsliem un salmiem. Promocijas darbā *MCDA* metode ir piedāvāta kā piemērots risinājums dažādu bioresursu un tehnoloģiju pārvaldības scenāriju daudzpusīgo ieguvumu un/vai ietekmes izvērtēšanai.

Piektkārt, nozīmīgākās politikas un pasākumi no Latvijas *BR4* un NEKP ziņojumu *WEM* un *WAM* scenārijiem lauksaimniecības sektorā izmantoti, lai novērtētu galvenos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus nākotnē. *Delphi* metodes un *MCDA* kombinācija ļāva sakārtot pasākumus svarīguma secībā. Rezultāti liecina, ka nākotnē pasākums "Inovatīvu tehnoloģiju atbalstīšana un risinājumu izstrāde, lai veicinātu resursu efektivitāti, un SEG samazināšana/CO₂ piesaiste" lauksaimniecībā ir būtisks, lai 2050. gadā virzītos uz klimata viedo lauksaimniecību un nulles neto emisiju bilanci. Viedāka/novatoriskāka lauksaimniecība

palīdzēs uzlabot produktu kvalitāti un lauksaimniecības ilgtspējību, kā arī tas samazinātu izmaksas. Lai stimulētu inovatīvas tehnoloģijas SEG emisiju samazināšanai un palīdzētu lauksaimniekiem pielāgoties klimata pārmaiņām, ir nepieciešama liela mēroga transformējoša pieeja, tostarp izmaiņas lauksaimniecības politikā. Iepriekš minēto metožu kombinācijas izmantošana politikas plānošanā varētu nodrošināt labākus rezultātus politikas veidotājiem, izmantojot jau iepriekš pārbaudītus SEG mazināšanas pasākumus lauksaimniecības sektoram.

Papildus tika secināts, ka Baltijas valstīs lauksaimniecības augšņu apsaimniekošana ir viens no nozīmīgākajiem SEG emisiju avotiem no lauksaimniecības sektora (50 % no kopējām lauksaimniecības emisijām), kā arī tas, ka graudaugu audzēšanai ir tendence pieaugt, tādējādi palielinoties arī SEG emisijām. Ņemot vērā šos aspektus, jau līdz 2030. gadam ir nepieciešams veikt pasākumus, lai samazinātu emisijas no augsnes apsaimniekošanas, pārietu uz ilgtspējīgu lauksaimniecību un virzītos uz klimatneitralitāti līdz 2050. gadam. Pamatojoties uz literatūras analīzi, augsnes apsaimniekošanas ietekmes mazināšanas pasākumi ir būtiska sastāvdaļa, lai virzītos uz klimatneitralitāti. Nākotnē labības audzēšanai Baltijas valstīs ir pieaugoša tendence, tāpēc pētījumā ir sniegti aptaujas rezultāti, kas veidoti anketas veidā par graudaugu un salmu izmantošanas novērtējumu, lai noteiktu iespējamās nākotnes alternatīvas. Saskaņā ar veiktajiem kvalitatīvajiem rezultātiem, kas balstīti ekspertu atzinumos un *MCDA TOPSIS* metodē, pārtikas grupai labākā alternatīva ir milti, farmācijai – minerālvielas, transporta produktiem – biogāze, savukārt salmu izstrādājumiem augstākais novērtējums piešķirts atkārtoti lietojamiem traukiem. Tomēr, salīdzinot visas četras grupas, labākā alternatīva izrādījās cilvēka veselībai svarīgās minerālvielas. Nākotnē būtu lietderīgi veikt papildu pētījumu kvantitatīvās metodes lietošanai, lai novērtētu precīzāku labības produktu izmantošanu ne tikai lauksaimnieku zināšanai, bet arī efektīvākai lēmumu pieņemšanai lauksaimniecības nozarē.

Pāreju uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimatneitralitāti var efektīvi novērtēt, izmantojot vairākas akadēmiskās metodoloģijas. Promocijas darbs ilustrē potenciālo ieguvumu no piedāvātās integratīvās lēmumu pieņemšanas metodikas uz rezultātos balstītu SEG samazināšanas pasākumu praktiskā novērtēšanā saimniecību līmenī, lauku konsultāciju un izglītības centros un politikas plānošanā (3.7. tab.).

Piedāvātā integratīvā lēmuma pieņemšanas metodoloģijas vispārējā shēma praktiskai īstenošanai

Metode	Izmantošana		
	Saimniecību līmenī	Konsultāciju pakalpojumi	Politikas plānošana
Ekoeftivitātes novērtējums	Ilgspējīgas un klimatam draudzīgas lauksaimniecības demonstrēšana KLP un zaļā iepirkuma ietvaros	Lai novērstu vājās vietas saimniecībā un ieteiktu vislabāko risinājumu vides sakārtošanā	Kvalitātes kontroles sistēmas KLP un reģionālās plānošanas ietvaros
Oglekļa bilance		Ieteikt labāko kultūru audzēšanai no ilgtspējīgas lauksaimniecības perspektīvas ar semināru, apmācību un konsultāciju palīdzību	Noteikt labākās kultūras audzēšanai valsts līmenī, ņemot vērā ilgtspējīgas lauksaimniecības aspektus, tostarp klimata mērķus
Bioresursu klasifikācija		Ar semināru, apmācību un konsultāciju palīdzību ieteikt labākos bioresursus, ko audzēt/izmantot biogāzei no ilgtspējīgas lauksaimniecības perspektīvas	Noteikt labākos bioresursus, ko audzēt/izmantot biogāzei valsts līmenī, ņemot vērā ilgtspējīgas lauksaimniecības aspektus, tostarp klimata mērķus
SEG emisiju samazināšanas modelis		Konsultēt lauksaimniekus par darbībām, kas jāizmanto mērķa/rādītāja sasniegšanai KLP ietvaros	Izveidot īpašus rādītājus SEG emisiju samazināšanas novērtēšanai, izmantojot tiesību aktus, lai novērtētu progresu virzībā uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimatneitralitāti
Klimata politikas un SEG emisiju samazināšanas pasākumu ranžējums un lēmumu pieņemšanas instruments			Analizēt SEG samazināšanas pasākumus likumdošanā, izmantojot <i>MCDA</i> un <i>Delphi</i> pieeju atbilstoši ekonomiskajiem, tehniskajiem, vides/klimata un sociālajiem kritērijiem

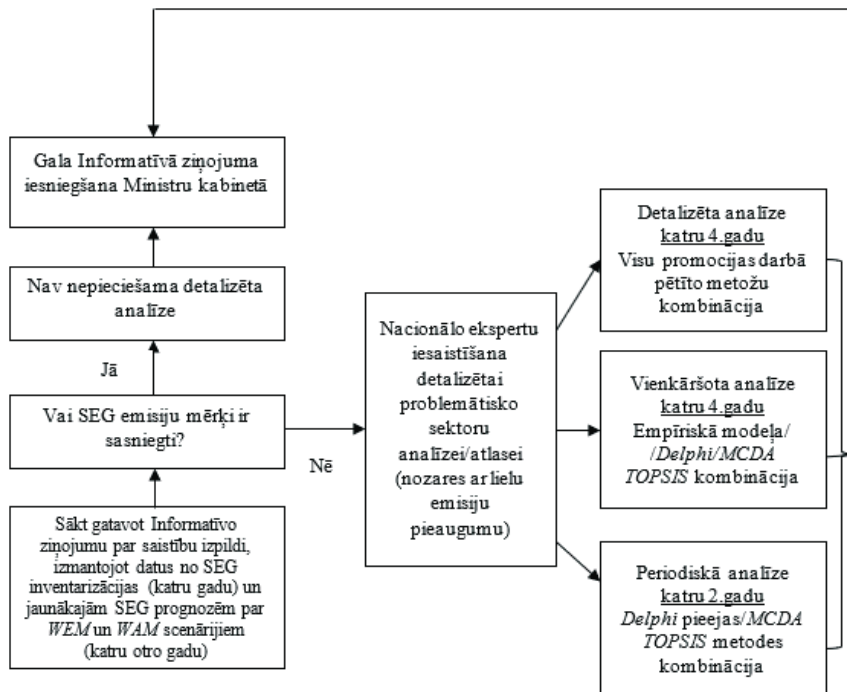
Lai uzraudzītu lauksaimniecības politikas efektivitāti saistībā ar tās virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecību un klimata mērķu sasniegšanu, vienlaikus panākot caurskatāmību visā procesā, informatīvā ziņojuma par SEG samazināšanas un samazināšanas saistību izpildi sagatavošanā jāiesaista eksperti, kas ir iesaistīti valsts SEG prognožu sagatavošanā (Informatīvais ziņojums).

Ja konstatēta tāda nepieciešamība, jau šobrīd Informatīvajā ziņojumā jāiekļauj priekšlikumus par papildu pasākumiem SEG emisiju samazināšanai un CO₂ piesaistes palielināšanai, taču nav izveidota sistēma šī uzdevuma izpildes nodrošināšanai. Tāpēc, lai

iegūtu kvantitatīvu rezultātu, promocijas darbā ieteikts ieviest integratīvo lēmumu pieņemšanas metodiku SEG emisiju samazināšanas pasākumu izvērtēšanai lauksaimniecības sektorā, tādējādi virzoties uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru un klimatneitralitāti. Tiek piedāvāti vairāki veidi, kā izmantot promocijas darbā apskatītās metodoloģijas Informatīvā ziņojuma sagatavošanai, ņemot vērā svarīguma pakāpi (emisiju pieaugumu).

- Detalizēta analīze – katru ceturto gadu: visu promocijas darbā pētīto metožu kombinācija samazināšanas pasākumu *ex-ante* novērtējumam.
- Vienkāršotā analīze – katru ceturto gadu: empīriskā ekofektivitātes novērtēšanas modeļa kombinācija ar *Delphi* un *MCDA TOPSIS* metodēm varētu būt ļoti noderīga pieeja SEG samazināšanas pasākumu ekofektivitātes novērtēšanai lauksaimniecības sektorā.
- Periodiska analīze, kas veikta reizi divos gados: lai novērtētu efektīvākos klimata pārmaiņu samazināšanas pasākumus, tiek izmantota *Delphi* un *MCDA TOPSIS* metožu kombinācija.

Ieteiktā nacionālā sistēma pašnovērtējuma procesam nacionālo vai starptautisko SEG emisiju samazinājuma saistību izpildei vai zinātnē bāzētam novērtējumam redzama 3.8. attēlā. Lai novērtētu, kāda veida analīze ir nepieciešama, nacionālie eksperti analizē galvenos SEG emisiju virzītājspēkus, saikni starp mērķi un emisijām: jo lielākas emisijas, jo detalizētāka analīze ir nepieciešama.



3.8. att. Nacionālā kārtība saistību izpildes pašnovērtējuma procesam.

Šāda sistēma un novērtējums ir īpaši būtisks, ja valstij rodas grūtības virzībā uz noteikto mērķu sasniegšanu un klimatneitralitāti. Šo metožu reālas izmantošanas nodrošināšanai nepieciešama reglamentēšana, tās ietverot attiecīgajos tiesību aktos.

Turpmākiem pētījumiem varētu apsvērt šādus ieteikumus:

- lauksaimniecības sektors ir saistīts ar citiem SEG inventarizācijas sektoriem, piemēram, ZIZIMM sektoru, tāpēc pārejai uz rezultātos balstītu lauksaimniecību, virzoties uz klimata mērķu sasniegšanu, ir jāapvieno šīs abas nozares un nepieciešami turpmāki pētījumi oglekļa saistīgas lauksaimniecības izstrādei;
- nepieciešams veikt detalizētāku biogāzes dzīves cikla izpēti SEG inventarizācijā iekļautajiem sektoriem;
- lai analizētu lauksaimniecības sektora ekofektivitāti nākotnē, jāveic detalizētāka darbības datu izpēte, lai izprastu emisiju samazināšanas potenciālu saimniecību līmenī, tādējādi iegūstot informāciju, izmantojot augšupvērstu pieeju;
- nepieciešami turpmāki pētījumi, lai novērtētu SEG samazināšanas pasākumu ietekmes kvantitatīvo vērtību un secinātu, vai, izmantojot piedāvāto integratīvo lēmumu pieņemšanas metodoloģiju, politika veidojas mērķtiecīgāka un rezultātos balstīta;
- promocijas darbā analizētās politikas plānošanas metodes lēmumu pieņemšanas analīzei ieteicams iekļaut normatīvajā regulējumā.

SECINĀJUMI

Promocijas darba gaitā iegūtās galvenās atziņas

- Eiropas Vides aģentūras starptautiskais novērtējuma ziņojums par prognozētajām SEG emisijām Latvijas lauksaimniecības sektorā liecina, ka, neskatoties uz lielo SEG samazināšanas pasākumu skaitu (aptuveni 20), tiem nav būtiskas samazināšanas ietekmes, jo SEG emisiju prognozes liecina par pieaugošu tendenci līdz 2050. gadam. Šādi novērtējumi liecina, ka esošā sistēma SEG samazināšanas pasākumu izvēlē ir jāuzlabo, tādējādi sniedzot ieguldījumu virzībā uz klimata mērķu sasniegšanu.
- Noteikti aspekti, kas izriet no ES nesenajām iniciatīvām un kam ir jābūt spēkā, lai fundamentāli pārietu uz rezultātos balstītu lauksaimniecības sektoru saistībā ar klimata mērķu sasniegšanu. Tie ietver praktiskos SEG samazināšanas pasākumus, ko nosaka sasniedzamie rādītāji, sociāli ekonomiskā un finanšu pārstrukturēšana un nozīmīga pētniecības un attīstības potenciāla izmantošana.
- Nepieciešama sistemātiska pieeja, kas apvieno ekspertu analīzi un dod iespēju plašāk un padziļināti novērtēt lauksaimniecības sektora virzību uz klimata mērķu sasniegšanu, kā arī potenciālās sekas un ieguvumus sistēmas līmenī. Šis promocijas darbs ir pirmais solis, lai liktu pamatus šādai sistēmai.
- Empīriskais modelis var palīdzēt novērtēt lauksaimniecības sektora ekoeftektivitāti, tādējādi palīdzot novērtēt, vai ir nepieciešami papildu pasākumi.
- Piedāvātais SEG emisiju samazināšanas modelis/rīks, kas balstīts uz noteiktiem agrovides rādītājiem, ieinteresētajām pusēm var palīdzēt pieņemt lēmumus par produktu ražošanu ar augstu pievienoto vērtību, ņemot vērā SEG emisiju samazināšanas iespējas.
- Biogāzes ražošanā no kukurūzas oglekļa bilances analīze pierāda un nosaka iespējamo ietekmi uz vidi SEG emisiju izteiksmē.
- Bioresursu ranžēšana, izmantojot daudzkritēriju lēmumu analīzi un *TOPSIS* metodoloģiju, ir nozīmīga pieeja resursu ilgtspējīgai izmantošanai biogāzes ražošanā un biogāzes izmantošanai tehnoloģiskā līmenī.
- *Delphi* pieejas un *MCDA TOPSIS* metodes kombinācijas izmantošana varētu atbalstīt politikas lēmumu pieņemējus, nodrošinot labākus datus politikas plānošanai, izmantojot iepriekš noteiktus SEG emisiju mazināšanas pasākumus.
- Promocijas darbā piedāvāta vispārēja teorētiskā shēma integratīvas metodoloģijas praktiskai izmantošanai politikas plānošanā, kā arī, ieteikts shēmas ieviešanu noteikt ar Klimata likumu.
- Integrējošas metodoloģijas ieviešana, kas ietver nozaru indikatorus, oglekļa bilances novērtējumu un lēmumu pieņemšanas analīzes rīku SEG emisiju samazināšanas pasākumiem, var sekmēt virzību uz rezultātos balstītu lauksaimniecības nozari un klimatneitralitāti.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Gancone, A., et al. Latvia's National GHG Inventory report 1990–2019 to the UNFCCC. Riga: VARAM, 2021.
- [2] Latvia's National Energy and Climate plan 2021.–2030. Riga: Cabinet of Ministers, 2020.
- [3] COM (2021) 555, Proposal for a Regulation amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement. [Online] Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2021%3A555%3AFIN> [Accessed: 22.02.2022].
- [4] COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL Sustainable Carbon Cycles. COM (2021) 800 final [Online] Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0800&qid=1640000660456> [Accessed: 22.02.2022].
- [5] Dimbiere, A., Gancone, A., et al. Latvia's 2021 report on policies, measures and GHG projections to EC. Riga. 2021.
- [6] ETC/CME Eionet Report/6/2021, Agricultural climate mitigation policies and measures.
- [7] Janus, H., Holzapfel, S., 2016. Results-based approaches in agriculture: what is the potential?
- [8] Janus, H., 2014. Real innovation or second-best solution? First experiences from results-based aid for fiscal decentralisation in Ghana and Tanzania (Discussion Paper 3/2014). Bonn: German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE).; Pearson, M. (2011). Results based aid and results based financing: What are they? Have they delivered results? London, UK: HLSP Institute.
- [9] COWI, Ecologic Institute and IEEP. Technical Guidance Handbook – setting up and implementing result-based carbon farming mechanisms in the EU Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract No. CLIMA/C.3/ETU/2018/007. COWI, Kongens Lyngby, 2021.
- [10] COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Sustainable carbon cycles – Carbon farming. SWD(2021) 450 final [Online] Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52021SC0450> [Accessed: 02.03.2022].
- [11] COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Sustainable carbon cycles for a 2050 climate-neutral EU Technical Assessment Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council Sustainable Carbon Cycles. SWD(2021) 451 final [Online] Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d86883c0-5d8e-11ec-9c6c-01aa75ed71a1/language-en> [Accessed: 02.03.2022].
- [12] Koskela, M. Measuring eco-efficiency in the Finnish forest industry using public data. *Journal of Cleaner Production* 2015; 98:316–327.
- [13] IPCC. National Greenhouse Gas Inventories. 2006. [Online]. Available: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> [Accessed: 02.01.2021].
- [14] Crafts-Brandner, S. J., Salvucci, M.E. 2002. Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Psychology* 129, 1773–1780.
- [15] Kārklīš, A., Līpenīte, I. 2018. Aprēķinu metodes un normatīvi augsnes iekultivēšanai un mēslošanas līdzekļu lietošanai. Jelgava: LLU.
- [16] Liu, Z., Gao, J., Gao, F., Liu, P., Zhao, B. & Zhang, J. 2019. Late harvest improves yield and nitrogen utilization efficiency of summer maize. *Field Crops Research* 232, 88–94.

- [17] TOPSIS method algorithm. Download Scientific Diagram [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/TOPSIS-methodalgorithm_fig4_253953426 [Accessed: 29.02.2020].
- [18] Berglund Odhner, P., Sárvári Horváth, I., H. Mohseni Kabir, M., Schabbauer, A. Biogas from lignocellulosic biomass, 2012. [Online]. [Accessed 15.05.2019]. <http://www.sgc.se/ckfinder/userfiles/files/SGC247.pdf>.
- [19] Tong, H., Tong, Y. W., Peng, Y. H. A comparative life cycle assessment on mono- and co-digestion of food waste and sewage sludge. *Energy Procedia* 2019:158:4166–4171.
- [20] FCCC/CP/2013/10/Add.3. UNFCCC Decision 24/CP.19. [Online]. Available <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>: [Accessed: 07.06.2020].
- [21] Dick, S., et al. The Delphi Method Research Strategy in Studies of Information Systems. *Communications of the Association for Information Systems* 2015:37:31–63.
- [22] Gancone, A., et al. Latvia's forth Biennial Report to the UNFCCC. Riga: VARAM, 2019.
- [23] Duchene, O., Celette, F., Ryan, R. M., DeHaan, R. L., Crews, E. T., Davida, C. 2019. Integrating multipurpose perennial grains crops in Western European farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- [24] Hayes, R. C., Newell, M. T., DeHaan, L. R., Murphy, K. M., Crane, S., Norton, M. R., Wade, L. J., Newberry, M., Fahim, M., Jones, S. S., Cox T. S., Larkin, P. J. 2012. Perennial cereal crops: An initial evaluation of wheat derivatives. *Field Crops Research*, pp. 68–89.
- [25] Marti, A., Bock E., J., Pagani, A., M., Ismail, B., Seetharaman, K. 2016. Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) flour. *Food Chemistry*, pp. 994–1002.
- [26] Gancone, A., et al. Latvia's National GHG Inventory report 1990–2014 to the UNFCCC. Riga: VARAM, 2016.
- [27] LEGMC database. [Online] Available: http://parissrv.lv/gmc.lv/#viewType=home_view [Accessed: 02.09.2016].
- [28] European Commission. Development of agri-environmental indicators for monitoring the integration of environmental concerns into the common agricultural policy; 2006. [Online] Available: <http://www.eea.europa.eu/policy-documents/development-of-agri-environmental-indicators>. [Accessed: 15.05.2016].



Agita Gancone dzimusi 1971. gadā Liepājā. Latvijas Lauksaimniecības universitātē ieguvusi inženiera kvalifikāciju vides saimniecībā (1998), bakalaura grādu vides zinātnē (1999), Latvijas Universitātē – maģistra grādu dabas zinātnēs (2002). Strādājusi Latvijas vides aģentūrā un VSIA "Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs". Kopš 2012. gada strādā Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas Klimata pārmaiņu departamentā, ieņemot vecākā eksperta amatu. Zinātniskās intereses saistītas ar SEG emisiju aprēķināšanu un samazināšanu dažādos sektoros.