

Beate Zlaugotne

RESURSU VĒRTĪBU ĶĒDE LĒMUMU PIENĒMŠANAS SPOGULĪ

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Beate Zlaugotne

Doktora studiju programmas “Vides inženierzinātne” doktorante

RESURSU VĒRTĪBU ĶĒDE LĒMUMU PIEŅEMŠANAS SPOGULĪ

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskās vadītājas
profesore *Dr. sc. ing.*
JELENA PUBULE

profesore *Dr. sc. ing.*
JŪLIJA GUŠČA

RTU Izdevniecība
Rīga 2025

Zlaugotne, B. Resursu vērtību ķēde lēmumu pieņemšanas spogulī. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2025. 52 lpp.

Publicēts saskaņā ar promocijas padomes "RTU P-19" 2025. gada 3. jūnija lēmumu, protokols Nr. 227.

Promocijas darbs izstrādāts ar:

- Eiropas Sociālais fonds darbības programmas "Izaugsme un nodarbinātība" 8.2.2. specifiskā atbalsta mērķa "Stiprināt augstākās izglītības iestāžu akadēmisko personālu stratēģiskās specializācijas jomās" 8.2.2. specifiskā atbalsta mērķa "Stiprināt augstākās izglītības iestāžu akadēmisko personālu stratēģiskās specializācijas jomās" projekta Nr. 8.2.2.0/20/1/008 "Rīgas Tehniskās universitātes un Banku augstskolas doktorantu un akadēmiskā personāla stiprināšana stratēģiskās specializācijas jomās" atbalstu;
- Eiropas Savienības atveseļošanas un noturības fonda projekta Nr. 5.2.1.1.1.i.0/2/24/1/CFLA/003 "Rīgas Tehniskās universitātes, Liepājas Universitātes, Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmijas, Latvijas Jūras akadēmijas un Liepājas Jūrniecības koledžas konsolidācijas un vadības pārmaiņu īstenošana ceļā uz izcilību augstākajā izglītībā, zinātnē un inovācijās" akadēmiskās karjeras doktora granta (ID 1095) atbalstu.



Vāka attēls no www.shutterstock.com.

<https://doi.org/10.7250/9789934372070>
ISBN 978-9934-37-207-0 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2025. gada 2. oktobrī plkst. 14.00 Rīgas Tehniskās universitātes Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultātē, Āzenes ielā 12/1, 607. auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Dr. sc. ing. Francesco Romagnoli,
Rīgas Tehniskā universitāte

Dr. rer. oec. Wolfgang Irrek,
Rūras Rietumu lietišķo zinātņu universitāte, Vācija

Ph. D. Andrea Cappelli,
Romas *La Sapienza* universitāte, Itālija

APSTIPRINĀJUMS

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

Beate Zlaugotne (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts angļu valodā. Tajā ir ievads, trīs nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 32 attēli un 24 tabulas; kopā 260 lappuses ar pielikumiem. Literatūras sarakstā ir 264 avoti.

Saturs

Ievads	6
1. Literatūras apskats	12
2. Metodoloģija.....	14
2.1. Stratēģiskās atbilstības līmenis.....	16
2.2. Ilgtspējas novērtējuma līmenis.....	17
2.2.1 Aprites cikla analīze.....	17
2.2.2 Ekonomiskā aprites cikla analīze	18
2.2.3 Sociālā aprites cikla analīze	18
2.3. Lietderības vērtības līmenis	19
2.3.1 Daudzkritēriju lēmumu analīze	20
3. Rezultāti	21
3.1. Stratēģiskās atbilstības līmenis.....	21
3.1.1 Stratēģiskās atbilstības pieeja valsts enerģētikas nozarei	21
3.2. Ilgtspējas novērtēšanas līmenis	22
3.2.1 Ilgtspējas pieeja veselības aprūpes atkritumu nozarei valsts tvērumā.....	22
3.2.2 Ilgtspējas pieeja valsts atkritumu apsaimniekošanas nozarei.....	27
3.3. Lietderības vērtības pieeja	30
3.3.1 Lietderības vērtības pieeja lauksaimniecības nozarē.....	31
3.3.2 Lietderības vērtības pieeja valsts rūpniecības sektoram	39
3.3.3 Lietderības vērtības pieeja starptautiskajā enerģētikas sektorā.....	41
3.3.4 Lietderības vērtības pieeja pašvaldību enerģijas sektoram.....	42
3.3.5 Lietderības vērtības pieeja lauksaimniecības nozarē.....	43
3.3.6 Lietderības vērtības pieeja starptautiskajā rūpniecības sektorā.....	44
4. Secinājumi	45
Literatūras avoti.....	47

Saīsinājumi

ACA	aprites cikla analīze
AER	atjaunojamie energoresursi
AHP	analītiskās hierarhijas process (angļu val. <i>analytical hierarchy process</i>)
ANO	Apvienoto Nāciju Organizācija
BAU	ierastā prakse uzņēmējdarbībā (angļu val. <i>business as usual</i>)
CSA	centralizētā siltumapgāde
DKLA	daudzkriteriju lēmumu analīze
E-ACA	ekonomiskā aprites cikla analīze
EAF	elektriskā loka krāsns (agļu val. <i>electric arc furnace</i>)
EF	ekoloģiskais nospiedums (angļu val. <i>Environmental Footprint</i>)
ES	Eiropas Savienība
ES27	Eiropas Savienība 27 dalībvalstis
iHCW	infekciozi veselības aprūpes atkritumi (agļu val. <i>infectious healthcare waste</i>)
IKP	iekšzemes kopprodukts
IMP	iekšzemes materiālu patēriņš
ISA	individuālā siltumapgāde
ISO	Starptautiskā standartizācijas organizācija (angļu val. <i>International Organization for Standardization</i>)
NAIK	no atkritumiem iegūst augstas kvalitātes kurināmais
PEFCR	Produkta vides pēdas kategorijas noteikumi (angļu val. <i>Product Environmental Footprint Category Rules</i>)
S-ACA	sociālā aprites cikla analīze
SEG	siltumnīcefekta gāzes
SVID	stiprās puses, vājās puses, iespēju un draudu analīze
TOPSIS	metode priekšrocību noteikšanai pēc līdzības ar ideālo risinājumu (angļu val. <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>)
VS	valorizācijas scenāriji
QSL	<i>Queneau Schuman Luigi</i> process (agļu val. <i>Queneau Schuman Luigi process</i>)

IEVADS

Aktualitāte

Pasaules iedzīvotāju skaita straujais pieaugums rada nopietnas bažas par sociālo labklājību un pieaugošajām grūtībām nodrošināt augošo pieprasījumu pēc resursiem un enerģijas. Lai gan sabiedrība ar savām ikdienas izvēlēm un patēriņa paradumiem var veicināt resursu ilgtspējīgu izmantošanu, pārmērīgs patēriņš turpina radīt būtiskas vides, ekonomiskās un sociālās problēmas [1]. Dabas resursu izsīkšana, ekosistēmu degradācija un pieaugošais piesārņojums ne vien rada spiedienu uz ražošanas resursu pieejamību un paaugstina izmaksas, bet arī padziļina sociālo nevienlīdzību, nesamērīgi ietekmējot visneaizsargātākos sabiedrības slāņus.

Reaģējot uz klimata pārmaiņām, tika sākota Eiropas Zaļā kursa īstenošana kā tālredzīga izaugsmes stratēģija, kuras mērķis ir paaugstināt resursu izmantošanas efektivitāti, veicināt konkurētspējīgu un ilgtspējīgu ekonomiku, kā arī nodrošināt sociālo taisnīgumu. Eiropas Zaļā kursa galvenais mērķis ir līdz 2050. gadam panākt klimatneitralitāti [2]. Lai gan dažas valstis sasniedz labākus rezultātus nekā vidēji 27 Eiropas Savienības (ES-27) dalībvalstīs, citas joprojām atpaliek no noteiktajiem mērķiem. Viena no būtiskākajām prioritātēm ir ilgtspējīga resursu izmantošana, ko veicina atjaunojamās un videi draudzīgās enerģijas piegāde – abi aspekti ir būtiski, lai sekmētu aprites ekonomikas principu ieviešanu.

Lēmumu pieņēmēji starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru līmenī var ietekmēt ilgtspējīgākas resursu vērtību ķēdes risinājumu izvēli. Tomēr šo ķēžu ieviešanas process ir saistīts ar dažādiem izaicinājumiem – tehnoloģiskiem, ekonomiskiem, regulatīviem un stratēģiskiem šķēršļiem, ko bieži rada ieinteresētās puses ar atšķirīgām interesēm. Lai šos šķēršļus pārvarētu, ir nepieciešams rast līdzsvarotus un ilgtspējīgus risinājumus. Sekmīgai ilgtspējīgu resursu piegādes ķēžu attīstībai būtiska ir vienota pieeja, kas balstīta koordinētos centienos, zinātniskos pētījumos un pierādījumos balstītā praksē.

Šajā promocijas darbā ir izstrādāta un apobēta metodoloģija lēmumu pieņēmējiem, kas balstīta pakāpeniskā sarežģītības ietvarā, lai atbalstītu lēmumu pieņemšanu resursu vērtības ķēdē, kur resursi tiek izprasti plašākā nozīmē, ietverot gan materiālos resursus, gan enerģiju. Piedāvātais lēmumu pieņemšanas algoritms vada lēmumu pieņēmējus – neatkarīgi no to pārstāvētā lēmumu pieņemšanas līmeņa vai darbības jomas – strukturētā lēmumu pieņemšanas procesā, kas ir pielāgots konkrētām problēmsituācijām, izvērtējot stratēģisko atbilstību, ilgtspēju un lietderību. Šāda pieeja ļauj veidot informētus un kontekstam atbilstošus lēmumus, tādējādi konsekventi uzlabojot resursu vērtības ķēdes efektivitāti.

Mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt visaptverošu un vienlaikus pielāgojamu daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodoloģisko ietvaru, lai veicinātu ilgtspējīgus risinājumus resursu vērtību ķēdē.

Lai sasniegtu promocijas darba mērķi, tika definēti vairāki uzdevumi.

1. Izpētīt galvenos šķēršļus, kas kavē resursu vērtību ķēžu pāreju uz ilgtspējīgiem risinājumiem.

2. Veikt esošo daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metožu analīzi, izvērtējot to piemērojamību, klasificējot tās pēc sarežģītības pakāpes un iegūto rezultātu rakstura.
3. Izstrādāt daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodoloģiju, balstītu pakāpeniskas sarežģītības ietvarā, lai atbalstītu ilgtspējīgu lēmumu pieņemšanu resursu vērtības ķēdēs.
4. Aprobēt izstrādāto daudzkritēriju metodoloģiju dažādos lēmumu pieņemšanas līmeņos (stratēģiskā atbilstība, ilgtspēja, lietderības vērtība), dažādās resursu vērtības ķēdēs (enerģētika, atkritumi, lauksaimniecība, rūpniecība) un atbilstoši pārvaldības tvērumam (starptautiskais, valsts, pašvaldību, nozaru).

Hipotēze

Daudzkritēriju metodoloģiju, kuras pamatā ir pakāpeniskās sarežģītības ietvars, var izmantot, lai novērtētu lēmumus starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru mērogā enerģētikas, atkritumu, rūpniecības un lauksaimniecības resursu nozarēs, vienlaikus nosakot vispiemērotākos un ilgtspējīgākos lēmumus resursu vērtību ķēdē.

Aizstāvējamās tēzes

1. Pakāpeniskas sarežģītības ietvars uzlabo lēmumu pieņemšanu, virzot lēmuma pieņemējus no vienkāršiem, zema riska lēmumiem uz sarežģītākiem novērtējumiem, uzlabojot pieejamību un praktisko lietojamību starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru mērogā enerģētikas, atkritumu, rūpniecības un lauksaimniecības resursu nozarēs.

2. Kvalitatīvo un kvantitatīvo datu izmantošana sniedz metodoloģijas lietošanas iespēju dažādos lēmumu pieņemšanas kontekstos, nodrošinot efektīvu lietojumu neatkarīgi no pieejamo datu veida un apjoma.

3. Metodoloģijas piemērošana deviņos dažādos gadījumos apstiprina tās pielāgojamību un efektivitāti ilgtspējīgu risinājumu identificēšanu enerģētikas, atkritumu, rūpniecības un lauksaimniecības resursu nozarēs, ļaujot pieņemt informētus, iekļaujošus un ilgtspējībā balstītus lēmumus starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru mērogā, kas atbalsta pret aprites un klimata pārmaiņām noturīgu ekonomiku.

Zinātniskā novitāte

Promocijas darba zinātniskā novitāte ir jaunais lēmumu pieņemšanas metodoloģijas izstrāde, kas balstīta pakāpeniskās sarežģītības ietvarā, atšķirīgi apvienojot trīs būtiskus lēmumu pieņemšanas līmeņus:

- **stratēģiskā atbilstība** – stiprās puses, vājās puses, iespēju un draudu analīze (SVID), indikatoru analīze;
- **ilgtspēja** – aprites cikla analīze (ACA), ekonomiskā aprites cikla analīze (E-ACA), sociāla aprites cikla analīze (S-ACA);
- **lietderības vērtība** – daudzkritēriju lēmumu analīze (DKLA).

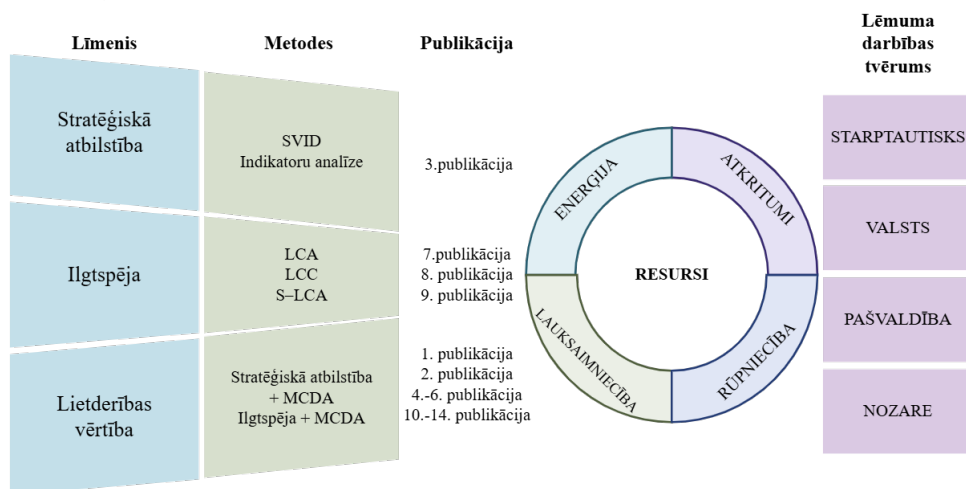
Izstrādātas metodoloģijas priekšrocība, pirmkārt, balstās pakāpeniskās sarežģītības ietvarā, kur lēmumu pieņemšana sākas ar vienkāršiem, zema riska risinājumiem un pakāpeniski iekļauj papildu mainīgos un informāciju, veicinot skaidrākus lēmumu pieņemšanas procesus.

Vienlaikus metodoloģija ir pieejama un efektīva metode lēmumu pieņēmējiem ar atšķirīgu prasmju līmeni, kas ir īpaši nozīmīgi resursu pārvaldības praksē, kur kompetenču daudzveidība ir bieži sastopama.

Otrkārt, metodoloģija ir pielāgojama dažādu lēmumu pieņemšanas tvērumu (starptautisku, nacionālu, pašvaldību, nozaru) un dažādu resursu vērtību ķēžu (enerģija, atkritumi, rūpniecība un lauksaimniecība) vajadzībām. Tādējādi tā veicina daudzdimensionālu un holistisku – tehnoloģisku, regulatīvu, vides, sociālu un ekonomisku – pieeju, kas vienlaikus ir vērsta uz konkrētu mērķu sasniegšanu.

Treškārt, metodoloģija ir adaptējama, lai apvienotu un izmantotu dažāda veida datus – gan kvalitatīvus, gan kvantitatīvus. Tā nodrošina iespēju visaptveroši izvērtēt risinājumus, ņemot vērā gan iekšējos, gan ārējos ietekmējošos faktorus, kā arī stratēģiski nozīmīgus kritērijus.

Visi šie ieguvumi padara izstrādāto metodoloģiju par inovatīvu ieguldījumu resursu vērtības ķēžu novērtēšanā. Tās piemērošana dažādās resursu vērtības ķēdēs, kas atspoguļota promocijas darbā, demonstrē augstu pielāgojamību un nozīmīgu ieguldījumu ilgtspējīgas lēmumu pieņemšanas izpratnes padziļināšanā, īpaši ņemot vērā dažādās sarežģītības pakāpes resursu piegādes ķēdes.



1. att. Promocijas darba pētījuma metodoloģiskais ietvars.

Praktiskā nozīme

Promocijas darbam ir augsta praktiskā nozīme, jo izstrādātā resursu vērtību ķēdes metodoloģija var kalpot kā efektīvs instruments lēmumu pieņēmējiem starptautiskā, nacionālā, pašvaldību un nozaru līmenī, kā arī dažādās nozarēs, nodrošinot sistemātisku risinājumu novērtēšanu resursu vērtības ķēdē. Strukturētā pakāpeniskās sarežģītības pieeja palīdz pārvarēt daudzveidīgus šķēršļus, ar kuriem saskaras lēmumu pieņēmēji un kas bieži kavē ilgtspējīgu attīstību un izaugsmi. Šī daudzpusīga pieeja uzlabo izstrādātās metodoloģijas lietderību, efektīvi pielāgojoties lēmumu pieņēmēju dažādajām vajadzībām visā resursu vērtību ķēdē – no stratēģiskās politikas veidošanas un klimata draudzīgas, ekonomiski pamatotas un sociāli atbildīgas plānošanas līdz finanšu procesiem un ilgtspējas ziņošanai.

Zinātniskā darba aprobācija

1. **Zlaugotne, B.**, Zihare, L., Balode, L., Kalnbalkite, A., Khabdullin, A., & Blumberga, D. (2020). Multi-Criteria Decision Analysis Methods Comparison. *Environmental and Climate Technologies*, 24 (1), 454–471. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0028>.
2. **Zlaugotne, B.**, Ievina, L., Azis, R., Baranenko, D., Blumberga, D. (2020). GHG Performance Evaluation in Green Deal Context. *Environmental and Climate Technologies*, 2020, 24 (1), pp. 431–441. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0026>.
3. **Zlaugotne, B.**, Pakere, I., Gravelins, A. (2021). Spatial energy data acquisition for agricultural sector. Latvia case study. 2021. *Proceedings of the IEEE 62nd International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of the Riga Technical University, RTUCON 2021*. <https://doi.org/10.1109/RTUCON53541.2021.9711689>.
4. **Zlaugotne, B.**, Pubule, J., Gusca, J., Kalnins, S.N. (2022). Quantitative and Qualitative Assessment of Healthcare Waste and Resource Potential Assessment. *Environmental and Climate Technologies*, 2022, 26 (1), pp. 64–74. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0006>.
5. Valtere, M., Kaleja, D., Kudurs, E., Kalnbalkite, A., Terjanika, V., **Zlaugotne, B.**, Pubule, J., Blumberga, D. (2022). The Versatility of the Bioeconomy. Sustainability Aspects of the Use of Bran. *Environmental and Climate Technologies*, 2022, 26 (1), pp. 658–669. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2022-0050>.
6. **Zlaugotne, B.**, Pubule, J., & Blumberga, D. (2022). Advantages and disadvantages of using more sustainable ingredients in fish feed. *Heliyon*, 8 (9), e10527. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10527>.
7. **Zlaugotne, B.**, Sanchez, F. A. D., Pubule, J., & Blumberga, D. (2023). Protein Alternatives for Use in Fish Feed – Life Cycle Assessment of Black Soldier Fly, Yellow Mealworm and Soybean Protein. *Environmental and Climate Technologies*, 27 (1), 581–592. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2023-0043>.
8. **Zlaugotne, B.**, Diaz Sanchez, F., Pubule, J., & Blumberga, D. (2023). Life cycle assessment of fish feed for oil alternatives-environmental impact of microalgae, rapeseed and fish oil. *Agronomy Research*, 21 (3), 1351–1360. <https://doi.org/10.15159/AR.23.074>.
9. **Zlaugotne, B.**, Diaz Sanchez, F. A., Pubule, J., & Blumberga, D. (2023). Life Cycle Impact Assessment of Microalgae and Synthetic Astaxanthin Pigments. *Environmental and Climate Technologies*, 27 (1), 233–242. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2023-0018>.
10. Balode, L., **Zlaugotne, B.**, Gravelins, A., Svedovs, O., Pakare, I., Kirsanovs, V., Blumberga, D. (2023). Carbon Neutrality in Municipalities: Balancing Individual and District Heating Renewable Energy Solutions. *Sustainability*, 2023, 15 (10), 8415. <https://doi.org/10.3390/su15108415>.
11. Terjanika, V., Pubule, J., Mihailova, E., **Zlaugotne, B.** (2024). Analysing Metal Melting Methods for Green Transformation of Scrap Metal: Case Study of Latvia using MCDA and SWOT Analysis. *Environmental and Climate Technologies*, 2024, 28 (1), pp. 1–11. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2024-0001>.
12. **Zlaugotne, B.**, & Pubule, J. (2024). From Cradle to Plate: Analysing the Life Cycle Sustainability of Fish Feed Composition. *Environmental and Climate Technologies*, 28 (1), 686–694. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2024-0053>.
13. **Zlaugotne, B.**, Zandberga, A., Gusca, J., Kalnins, S.N. (2025). Environmental Life Cycle Assessment of Healthcare Waste Valorisation Alternatives. *Environmental and*

Climate Technologies, 2025, 29 (1), pp. 51–67. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2025-0004>.

14. **Zlaugotne, B.**, Pubule, J., Gusca, J. (2025) Fishing net waste management: quantification and valorization. *Frontiers in Marine Science*, 2025, 12:1607436. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1607436>

Citas zinātniskās publikācija

1. Laktuka, K., Pakere, I., Kalnbalkite, A., **Zlaugotne, B.**, Blumberga, D. (2023). Renewable energy project implementation: Will the Baltic States catch up with the Nordic countries? *Utilities Policy*, 2023, 82, 101577. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101577>.

Monogrāfija

1. Blumberga, D., Balode, L., Bumbiere, K., Dzalbs, A., Indzere, Z., Kalnbaļķīte, A., Priedniece, V., Pubule, J., Vamža, I., **Zlaugotne, B.**, Žihare, L. Bioresursi ilgtspējīgai attīstībai. Rīga: RTU Izdevniecība, 2021. 483 lpp. ISBN 978-9934-22-701-1.

Zinātniskā darba aprobācija zinātniskajās konferencēs

1. **Zlaugotne B.**, Žihare L., Blumberga D. Multi-criteria decision analysis methods comparison. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2020*, 13–15 May 2020, Riga, Latvia.
2. **Zlaugotne B.**, Pubule J., Blumberga D. Methodology for composite index for a sustainable assessment for fish feed. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2022*, 11–13 May 2022, Riga, Latvia.
3. **Zlaugotne B.**, Pubule J., Diaz Sanchez F. A., Blumberga D. Assessment of the environmental impact of protein source used in fish feed production using Life Cycle Assessment. *17th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems SDEWES*, 6–10 November 2022, Paphos, Cyprus.
4. **Zlaugotne B.**, Pubule J., Diaz Sanchez F. A., Blumberga D. Life cycle assessment of fish feed for oil alternatives – environmental impact of microalgae, rapeseed and fish oil. *Biosystems Engineering Conference 2023*, 10–12 May, Tartu, Estonia.
5. **Zlaugotne B.**, Diaz Sanchez F. A., Pubule J., Blumberga D. Environmental impact of natural and synthetic Astaxanthin pigments using Life cycle assessment. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2023*, 10–12 May 2023, Riga, Latvia.
6. **Zlaugotne B.**, Diaz Sanchez F. A., Pubule J., Blumberga D. Environmental impact assessment of fish feed proteins from Black Soldier Fly, Yellow Mealworm and soybean using LCA. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2023*, 10–12 May 2023, Riga, Latvia.
7. **Zlaugotne B.**, Pubule J. Bibliometric analysis and literature review on sustainability assessment methods in the bioeconomy. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2023*, 10–12 May 2023, Riga, Latvia.

8. **Zlaugotne B.**, Pubule J. Review of Social Life Cycle Assessment. *18th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems SDEWES*, 24–29 September 2023, Dubrovnik, Croatia.
9. **Zlaugotne B.**, Pubule J. From Cradle to Plate: Analysing the Life Cycle Sustainability of Fish Feed Composition. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2024*, 15–17 May 2024, Riga, Latvia.
10. **Zlaugotne B.**, Bostrom M. L., Larsson M., Lareke A., Mockeviciene I., Gusca J. Challenges, Best Practices and Solutions for Sustainable Local Food Supply Chains in Latvia, Lithuania and Sweden. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2025*, 14–16 May 2025, Riga, Latvia.
11. Milbreta U., **Zlaugotne B.**, Jansone-Vevere D., Kalnins S. N., Gusca J. First insight into the efficiency of Latvia's beverage packaging refund system. *International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies CONECT 2025*, 14–16 May 2025, Riga, Latvia.

1. Literatūras apskats

Eiropas Zaļā kursa izaugsmes stratēģijas mērķis ir padarīt resursu patēriņu efektīvāku un veicināt konkurētspējīgu ekonomiku taisnīgā un iekļaujošā veidā, līdz 2050. gadam sasniedzot klimatneitralitāti [2]. Stratēģija ietver tīras, pieejamas un drošas enerģijas nodrošināšanu, pāreju uz aprites un zemu emisiju rūpniecību, ēku energoefektivitātes un resursu efektivitātes uzlabošanu, ilgtspējīgas un viedās mobilitātes veicināšanu, taisnīgas un videi draudzīgas pārtikas piegādes ķēdes izveidi, ekosistēmu un bioloģiskās daudzveidības atjaunošanu un nulles piesārņojuma sasniegšanu apkārtējā vidē [2]. Lai Eiropa sasniegtu definētos mērķus, ir nepieciešama aktīva līdzdalība visos līmeņos un visās nozarēs, lai kopīgi veicinātu pārliecību par klimata pārmaiņu mazināšanas nozīmi, vienlaikus uzlabojot enerģijas un resursu efektivitāti un racionālu izmantošanu.

Eiropas Savienības (ES) ekonomikas resursu produktivitāte no 2000. līdz 2024. gadam ir pieaugusi par 44 %. Lai gan dažādas krīzes ir nelabvēlīgi ietekmējušas šo rādītāju, tomēr kopējā resursu produktivitāte turpina pieaugt [3]. Resursu produktivitāte mēra iekšzemes kopprodukta (IKP) un iekšzemes materiālu patēriņa (IMP) attiecību kā IKP uz vienu resursu vienību. 2023. gadā 27 Eiropas Savienības dalībvalstis (ES-27) sasniedza resursu produktivitāti 2,7 EUR/kg apmērā, salīdzinot ar 1,9 EUR/kg 2014. gadā [4]. Savukārt Latvijas sniegums bija zemāks, 2023. gadā sasniedzot 1,3 EUR/kg, kas ir nedaudz vairāk nekā 0,9 EUR/kg 2014. gadā [4]. Starp ES-27 valstīm labākie rezultāti ir Luksemburgai un Nīderlandei, kas katru gadu daļa pirmo vietu. Luksemburgas resursu produktivitāte 2014. gadā bija 4,3 EUR/kg un 2023. gadā – 5,6 EUR/kg, savukārt Nīderlandē 2014. gadā tā bija 3,9 EUR/kg, 2023. gadā – 7 EUR/kg [4]. Resursu vai produktu patēriņu ietekmē iedzīvotāju uzvedība, viņu ekonomiskais stāvoklis, kā arī ģeogrāfiskā atrašanās vieta un produktu pieejamība [5–7]. Jāteic, ka labāki ekonomiskie apstākļi parasti veicina lielāku resursu patēriņu, līdz ar to – arī atkritumu apjoma pieaugumu.

Nākotnē jaunu materiālu ieguve, lai arī samazinātā apjomā, tomēr joprojām turpinās ietekmēt vidi [2]. Lai sasniegtu Eiropas Zaļā kursa mērķus, nepieciešams samazināt jaunu resursu patēriņu un nodrošināt izšķērdēto resursu efektīvu izmantošanu, vienlaikus piešķirot resursiem augstāku ekonomisko vērtību. To var panākt, kavējot atkritumu rašanos to izcelsmes vietā, veicinot nekaitīgu materiālu izmantošanu, uzlabojot produktu atkārtotu izmantošanu, izveidojot efektīvu pārstrādātu izejvielu tirgu, risinot atkritumu eksporta problēmu un kopumā optimizējot resursu vērtības ķēdi [8].

Lai līdz 2050. gadam panāktu SEG emisiju samazinājumu par 60 %, salīdzinot ar 1990. gadu, ir nepieciešama tīra un droša enerģija. To iespējams sasniegt, dekarbonizējot energosistēmu un pārejot uz atjaunojamiem energoresursiem, kas Eiropā tiek integrēti viedajā infrastruktūrā, nodrošinot zema oglekļa enerģijas pieejamību par pieņemamām cenām [2]. Šī pāreja ietver fosilā kurināmā aizstāšanu ar atjaunojamo enerģiju, energoefektivitātes un taupīšanas pasākumu ieviešanu, enerģijas importa diversificēšanu, kā arī ieguldījumus enerģētikas sektora attīstībā, vienlaikus nodrošinot enerģētisko drošību [9].

2023. gadā ES saražoja 42 % no savas enerģijas un importēja 58 % [10]. Tajā pašā gadā atjaunojamo energoresursu enerģijas īpatsvars ES-27 bija 25 %, savukārt Latvijā tas sasniedza

43 % [11] No kopējās saražotās elektroenerģijas apjoma 2023. gadā 45 % tika iegūti no atjaunojamiem energoresursiem, 26 % no kopējā enerģijas patēriņa apkurei un dzesēšanai ES nāca no atjaunojamiem avotiem [12]. Latvijā šie rādītāji bija augstāki – 54 % elektroenerģijas un 61 % apkures un dzesēšanas enerģijas tika nodrošināti ar AER [12]. Enerģijas patēriņš uz vienu iedzīvotāju Latvijā 2023. gadā bija 98 GJ, savukārt ES vidējais rādītājs sasniedza 125 GJ uz vienu iedzīvotāju [13]. Lai arī Latvija uzrāda salīdzinoši labus rezultātus vairākos Eiropas Zaļā kursa īstenošanas aspektos, noteiktie mērķi joprojām nav sasniegti, īpaši resursu efektīvas izmantošanas [14], enerģētikas, rūpniecības SEG emisiju [15], kā arī atkritumu pārstrādes jomās [16]. Viens no faktoriem, kas palēnina Latvijas virzību uz mērķu sasniegšanu, ir nepiemērots lēmumu pieņemšanas process [17], ko raksturo nepietiekama saskaņotība starp valsts un pašvaldību līmeņiem, kā arī politiskās gribas trūkums valsts līmenī. Tas vājina vertikālās pārvaldības uzticamību un apgrūtina sistēmisku pāreju uz ilgtspējīgiem risinājumiem. Ir svarīgi atzīt, ka šie izaicinājumi nav unikāli tikai Latvijai – līdzīgas problēmas novērojamas arī citās ES dalībvalstīs [18–20].

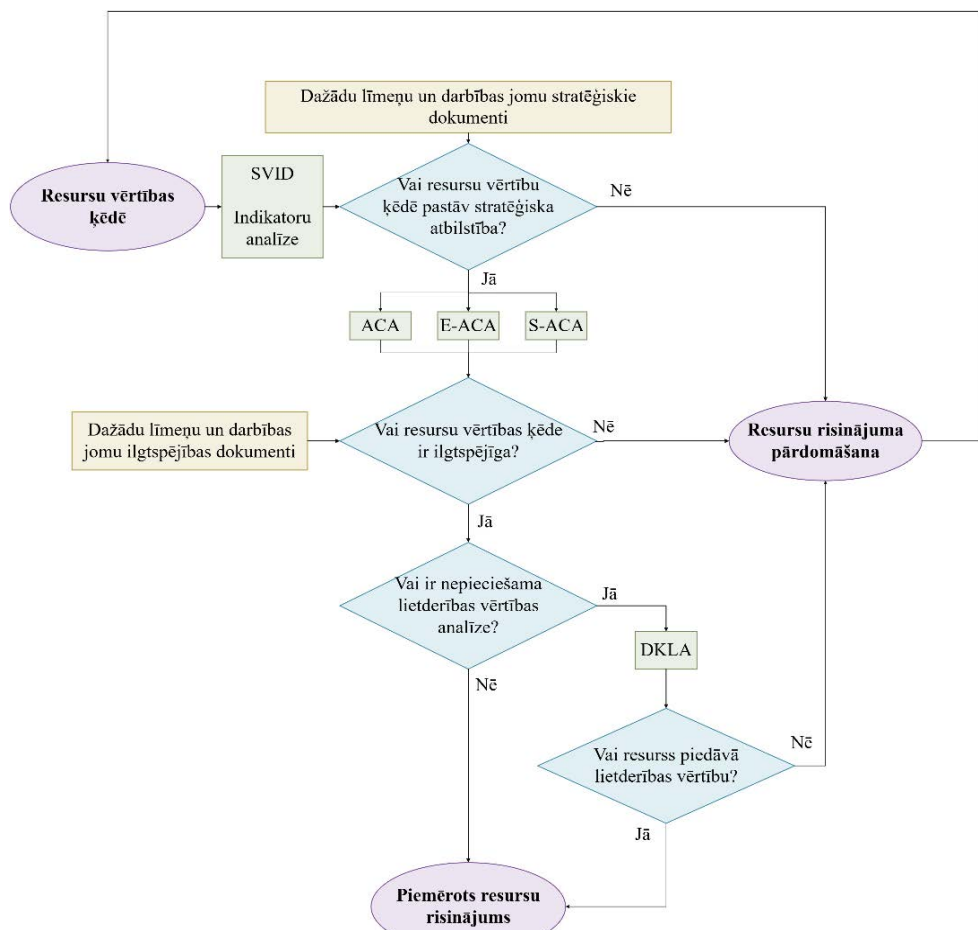
Balstoties promocijas darba izstrādes gaitā veiktajā literatūras analīzē, galvenie šķēršļi, kas kavē lēmumu pieņēmēju īstenošanu ilgtspējīgas prakses resursu piegādes ķēdēs, ir daudzveidīgi un savstarpēji saistīti. Tie ietver ekonomiskus, regulatīvus, tehnoloģiskus, organizatoriskus un stratēģiskus izaicinājumus. Šos šķēršļus vēl vairāk pastiprina piegādes ķēžu struktūras sarežģītība, to starpnozaru raksturs, kā arī iesaistīto ieinteresēto pušu dažādība un atšķirīgās intereses.

Lai pārvarētu iepriekš identificētos šķēršļus, nepietiek ar atsevišķiem, fragmentāriem pasākumiem. Nepieciešama visaptveroša, daudzdimensionāla, tomēr lietotājam draudzīga un elastīga lēmumu pieņemšanas sistēma, kas spēj pielāgoties mainīgajiem apstākļiem un veicināt ilgtspējīgu transformāciju resursu un produktu piegādes jeb resursu vērtības ķēdēs [21]. Šajā promocijas darbā kā centrālais analīzes objekts ir definēta resursu vērtību ķēde – kā resursa (gan izejvielu, gan otrreizējo materiālu, tostarp enerģijas) pārveidošanas process par pievienotās vērtības produktu vai sistēmu. Efektīvas resursu vērtību ķēdes raksturo iekļaujošums, savstarpējā saistība, atbilstība, pragmatisms un pielāgojamība. Šādi principi ļauj nodrošināt ne tikai funkcionālu, bet arī ilgtspējīgu vērtības radīšanu visos resursu aprites posmos. Savstarpēji saistīts skatījums uz lēmumu pieņemšanu sniedz iespēju identificēt būtiskās attiecības vērtību ķēdē un izprast transformācijas potenciālu. Efektivizējot resursu vērtību ķēdes, iespējams sasaistīt resursu izmantošanu un tās ietekmi uz vidi ar ekonomisko un sociālo kontekstu, tādējādi veicinot sistēmas atbilstību ilgtspējas mērķiem [22].

2. Metodoloģija

Promocijas darba metodoloģija balstīta pakāpeniskas sarežģītības ietvarā (angļu val. *incremental complexity framework*), kas paredz lēmumu pieņemšanas pieeju, kuras pamatā ir pakāpeniska virzība no vienkāršākiem uz sarežģītākiem elementiem [23]. Pakāpeniskās sarežģītības ietvara izmantošana uzlabo lēmumu pieņemšanas kvalitāti, jo veicina dažādu informācijas veidu integrāciju un palīdz risināt nenoteiktības problēmas. Šī pieeja stiprina lēmuma pieņēmēja spēju atpazīt, analizēt un apvienot dažādas dimensijas vienotā, saskaņotā lēmumā [24], kas ir īpaši svarīgi paplašinātas resursu vērtības ķēdes gadījumā. Metodoloģija ietver trīs līmeņus – startēģiskā atbilstība, ilgtspēja un lietderības vērtības.

Stratēģiskās atbilstības (angļu val. *strategic fit*) līmenis ļauj veikt pamatotāku un daudzdimensionālāku problēmas novērtējumu, lai lēmumu pieņēmēji varētu novērtēt resursu ķēdi, un kalpo kā kritisks pirmais filtrs lēmumu pieņēmējiem, nodrošinot to, ka novērtējumā tiek ņemtas vērā atbilstoša līmeņa un apjoma stratēģijas un vadlīnijas. Laba stratēģiskā atbilstība norāda, ka pašreizējā situācija uzlabojas un ka tiek stiprināta izaugsme un attīstība. **Ilgspējības** līmenī tiek novērtētas konkrētas problēmas un to risinājumi vides, ekonomiskajā un sociālajā dimensijā, kas nodrošina holistisku pieeju lēmumu pieņemšanai. Labs ilgtspējas risinājums ir tāds, kas samazina negatīvo ietekmi uz vidi, turpina ekonomikas izaugsmi un ir sociāli atbildīgs. **Lietderības vērtības** līmenī tiek noteikta alternatīvu piemērotība problēmas risināšanai, lai apmierinātu vajadzību. Laba lietderības vērtība ņem vērā vairākas dimensijas un veido rezultātu, pamatojoties uz dažādiem faktoriem. 2.1. attēlā redzama lēmumu pieņemšanas metodoloģija resursu vērtības ķēdes novērtēšanai, ievērojot pakāpeniskas sarežģītības lēmumu loģiku.



2.1. att. Resursu vērtības ķēdes lēmumu pieņemšanas metodoloģija, izmantojot pakāpeniskas sarežģītības ietvaru.

Organizāciju teorijā pastāv spoguļošanas hipotēze – pieņēmums, ka organizācijas struktūra mēdz atspoguļot tās izstrādāto produktu modulāro arhitektūru [25]. Promocijas darbā tika izmantota iespēja atdarināt spoguļošanas hipotēzes pieeju arī lēmumu pieņemšanas procesā. Mimicēšanas matrica, kas apkopo to, kā spoguļattēla hipotēzes principi tiek sasaistīti ar lēmumu pieņemšanas procesu, dota 2.1. tabulā.

Lēmumu pieņemšanas procesā hipotēzi atspoguļojošo principu ievērošana

Hipotēzes atspoguļošana struktūrās	organizatoriskajās	Hipotēzes atspoguļošana lēmumu pieņemšanā
Izmaiņu dinamika. Tehnoloģisko pārmaiņu temps un produktu sarežģītība komponentu līmenī prasa elastīgu organizatorisko arhitektūru, lai uzlabotu iekšējo procesu koordinēšanu, samazinātu produkta sarežģītību un uzlabotu tā veiktspēju [26].		Lēmumu pieņemšanas modeļiem jābalstās modulārā vai pakāpeniskās sarežģītības ietvarā, ko raksturo sarežģīti, bet pielāgojami kritēriji. Kritērijos vai indikatoros balstīti modeļi nodrošina lēmumu pieņemšanas modeļu piemērotību lēmumu pieņēmēju mainīgajām prioritātēm.
Stratēģiskās prioritātes un vērtības radīšana. Stratēģiskās prioritātes, piemēram, vērtības radīšana un iegūšana, ietekmē arī produkta un organizatoriskās arhitektūras sakarības [27,28].		Tāpat kā produkta sarežģītība prasa elastīgas arhitektūras, arī mainīgi lēmumu pieņemšanas tvērumi (starptautiskie, valsts, pašvaldību, nozaru) un lēmumu līmeņi (stratēģiskā atbilstība, ilgtspējība, lietderības vērtība) prasa pielāgojamas lēmumu pieņemšanas sistēmas, kas pielāgojas katra lēmumu līmeņa sarežģītībai un prioritātēm.
Nozares un institucionālais konteksts. Arī nozares un institucionālajam kontekstam ir nozīme produktu un organizatorisko arhitektūru attiecību veidošanā [29].		Lai nodrošinātu lēmuma īstenošanu atbilstoši definētajam mērķim vai vērtībām, ir jānosaka atbilstība stratēģiskajiem dokumentiem/ietvariem, izmantojot kritērijus un ietekmes svarus.
Lēmumu pieņemšanas homomorfisms. Produkta tehnisko faktoru un organizatorisko procesu atspoguļošana palīdz efektīvāk risināt problēmas, jo ļauj saglabāt kognitīvos resursus. Reāllaika savstarpējā mijiedarbība prasa koordinēšanu tehnisko ierobežojumu ietvaros, veidojot kognitīvo līdzību (homomorfismu) starp tehniskajiem un organizatoriskajiem tīkliem [25].		Lēmumu pieņemšanas process prasa pastāvīgu mijiedarbību starp definētām prioritātēm (piemēram, vērtībām un politikas mērķiem), izvēlētajiem kritērijiem, dažādu lēmumu pieņēmēju (iesaistīto ieinteresēto personu) viedokļiem un šo viedokļu spēku, kas izteikts, izmantojot svērumu. Tādējādi kumulatīvajam lēmumu pieņemšanas modelim jābūt saskaņotam ar visiem šiem komponentiem.

2.1. Stratēģiskās atbilstības līmenis

Stratēģiskās atbilstības pieeja balstās idejā, ka organizācijām jāpielāgo savas stratēģijas iekšējiem un ārējiem faktoriem, integrējot multifaktoriālos apsvērumus, iesaistot ieinteresētās personas, nodrošinot dinamisku pielāgošanos un snieguma mērīšanu, lai sasniegtu optimālu veiktspēju. Šī saskaņošana ir kritiski svarīga vides aizsardzības kontekstā, kur organizācijām jāņem vērā vides un klimata, sociālie un ekonomiskie faktori.

Stratēģiskā atbilstība darbojas vairākos līmeņos – starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru. Starptautiskā līmenī tā ietver līgumus, protokolus, vienošanās, deklarācijas, saprašanās memorandus, kopīgus paziņojumus, daudzpusējus rīcības plānus un visaptverošus globālus stratēģiskos ietvarus. Valsts līmenī ietilpst stratēģijas, rīcības dokumenti, pamatnostādnes un attīstības plāni, kas atbilst globālajām saistībām [30]. Pašvaldību līmenis ietver kopienas noteikumus un attīstības programmas, kas atbilst valsts stratēģijām [31]. Nozarēm specifiski dokumenti, piemēram, nozares darbības stratēģijas, tematiskie rīcības plāni, produktu noteikumi, garantē rīcību konsekvenci tautsaimniecības nozarēs.

Lai pienācīgi novērtētu stratēģisko atbilstību, ir jāizvēlas atbilstošas metodes, kurās var piemērot kvalitatīvas vai kvantitatīvas datu pieejas vai kombinētas pieejas [32].

Kvalitatīva datu analīze

Viens no atzītākajiem un plaši izmantotajiem stratēģiskās lēmumu pieņemšanas rīkiem ir SVID analīze, ar kuras palīdzību tiek novērtētas stiprās un vājās puses, iespējas un draudi [33]. SVID analīze ir balstīta kvalitatīvu vai daļēji kvalitatīvu datu analīzē, ko ietekmē iekšējie un ārējie faktori [34]. Balstoties analīzes rezultātos, organizācija var noteikt attīstības ceļu, mazināt potenciālo draudu ietekmi, pielāgoties dažādiem faktoriem un noteikt stratēģijas turpmākajam darbam, attīstībai un/vai uzvedībai saistībā ar pieņemamo lēmumu [35]. Turklāt SVID analīze var kalpot kā pieeja situācijas kvalitatīvai novērtēšanai, pārbaudot gan priekšrocības, gan trūkumus pamatota lēmuma pieņemšanai.

Kvantitatīvo datu analīze

Indikatoru analīze kalpo kā izšķirošs kvantitatīvas datu analīzes rīks lēmumu pieņēmējiem, īpaši koncentrējoties uz dažādu dimensiju – tehnoloģisko, vides un klimata, ekonomisko, sociālo un citu – novērtēšanu. Indikators ir laikā mainīgs lielums, kas raksturo konkrēto situāciju vai fenomenu [36]. Indikatoru metode ietver konkrētu rādītāju (indikatoru) sistematisku izvērtēšanu, kas palīdz analizēt konkrētus rezultātus un vadīt lēmumu pieņemšanu dažādās jomās [37].

2.2. Ilgtspējas novērtējuma līmenis

Ilgtspējas novērtējums ietver vides, ekonomiskās un sociālās dimensijas, ko var novērtēt kā atsevišķas dimensijas vai kā kopējo sniegumu ilgtspējas kontekstā [38]. Lai veiktu efektīvu resursu vērtības ķēdes vides, ekonomiskās un sociālās ilgtspējības novērtējumu, ir svarīgi definēt skaidras robežas, pieņēmumus, apkopot atbilstošus datus un izmantot atbilstošas novērtēšanas metodes, lai iegūtu vēlamu datu interpretāciju.

2.2.1. Aprite cikla analīze

Lai novērtētu un salīdzinātu produktus un pakalpojumus, pamatojoties uz ietekmi uz vidi, tiek izmantots aprites cikla novērtējums (ACA). ACA tiek veikts saskaņā ar *ISO 14040* “Vides pārvaldība. Dzīves cikla novērtējums. Principi un ietvars” un *ISO 14044* “Vides pārvaldība. Dzīves cikla novērtējums. Prasības un vadlīnijas” standartiem [39,40].

Promocijas darbā tiek izmantotas divas ietekmes novērtējuma metodes – vides pēdas nospieduma (angļu val. *Environmental Footprint; EF*) 3.0 versija (Eiropas metode) un “*ReCiPe 2016*” (globālā metode). *EF* 3.0 metodi izstrādāja Eiropas Komisija ar mērķi saskaņot ietekmes uz vidi novērtējumus [41]. Šī metode tiek izmantota produkta vides pēdas nospieduma kategoriju novērtējuma noteikumos (angļu val. *product environmental footprint category rules; PEFCR*) [42]. Atjauninātajā ietekmes novērtējuma metodes versijā ir iekļauta toksicitātes ietekme uz cilvēka veselību, ekotoksicitātes un zemes izmantošanas ietekmes kategorijas, kā arī uzlabotas un paplašinātas citas ietekmes kategorijas [42].

“*ReCiPe 2016*” metode ir atjaunināta un paplašināta “*ReCiPe 2008*” versija, kas ietver gan viduspunkta (uz problēmu orientētu) metodi ar 18 ietekmes kategorijām, gan galapunkta (uz bojājumiem orientētu) metodi ar trīs ietekmes kategorijām [42]. Ar šīs metodes palīdzību ir iespējams rēķināt ietekmi, kas izteikta individuālā (I) izteiksmē, pamatojoties uz īstermiņa interesēm, hierarhiskā (H) izteiksmē, pamatojoties uz visizplatītākajiem politikas principiem attiecībā uz laiku un citiem jautājumiem, un egalitārā (E) izteiksmē, kas ir vispiesardzīgākā prognozēšanas perspektīvua [42]. Promocijas darba ietvertajā 14. publikācijā ir sniegtas “*ReCiPe 2016*” viduspunktu (H – hierarhiskās) metodes ietekmes kategorijas. Aprites cikla novērtēšanas jomā hierarhiskā perspektīva apzīmē ietekmes uz vidi novērtēšanas metodoloģiju, kuras pamatā ir sistemātiska lēmumu pieņemšanas sistēma, kas uzsver ilgtermiņa apsvērumu un piesardzības principu nozīmi.

2.2.2. Ekonomiskā aprites cikla analīze

Ir vairākas metodes, kā novērtēt procesu un produktu ekonomisko dimensiju, piemēram, tehniski ekonomiskais novērtējums, izmantojot *CAPEX* un *OPEX* (saukts arī par tradicionālo aprites cikla izmaksu aprēķināšanu), izmaksu un ieguvumu analīze, vides aprites cikla izmaksas un sabiedrības aprites cikla izmaksas [43].

Ekonomiskā aprites cikla analīze (E-ACA) ir daudzpusīga metode, kas ir sadalīta apakšmetodēs ar iezīmēm [43,44]:

- šajā promocijas darbā tiek izmantota tradicionālā E-ACA, kas ietver tiešās izmaksas, piemēram, iegādes un īpašumtiesību izmaksas ar atsaucis vienību uz produktu vai projektu;
- šajā promocijas darbā tiek izmantota vides E-ACA, kas ietver tiešās un ārējās izmaksas, piemēram, vides un dzīves cikla izmaksas ar atsaucis vienības funkcionālo vienību;
- šajā promocijas darbā netiek izmantota sociāla E-ACA, kas ietver tiešās un ārējās izmaksas, tostarp vides un sociālos aspektus ar atsaucis vienības funkcionālo vienību.

Turklāt pastāv metode vides ietekmju netiešo izmaksu aprēķināšanai, kas novērtē vides piesārņojošo vielu un procesu nodarīto kaitējumu, izteiktu monetārās vienībās [45], kas tiek piemērota arī šajā promocijas darbā. Vides ietekmju netiešās izmaksas nav tiešā veidā redzamas, tāpēc tās jāaprēķina, pamatojoties uz aprites cikla analīzes (ACA) vides ietekmju novērtējumiem un ekonomiskām ietekmēm [45]. Vides bojājumu izmaksas tiek periodiski atjauninātas, jaunākā ir 2021. gada versija [45]. Lai iegūtu vides cenas, kas atspoguļo attiecīgo gadu (piemēram, 2025. gads bija atbilstošs šim darbam, 13.–14. publikācija), tiek veikta vides netiešo izmaksu inflācijas korekcija, izmantojot, piemēram, Pasaules Bankas datus un prognozes attiecīgajam gadam [46,47].

2.2.3. Sociālā aprites cikla analīze

Lai analizētu ilgtspējīgas attīstības sociālo dimensiju – vai tā būtu sociālā ietekme, vai sociālais ieguvums – lēmumu pieņemšanas procesos, promocijas darbā tiek izmantota sociālā

aprites cikla analīze (S-ACA) [48]. Jebkura produkta vai pakalpojuma novērtēšanā, kas palielina indivīdu un sabiedrības labklājību, ir svarīgi veicināt sociālos ieguvumus [49]. Sociālo novērtējumu var veikt, izmantojot Apvienoto Nāciju Organizācijas Vides programmas (ANO) vadlīnijas vai kādu no datubāzes novērtēšanas metodēm (piemēram, “*Social hotspot analysis*” datubāzi vai *PSILCA* aprēķinu programmatūru), un šīs metodes tiek regulāri atjauninātas un paplašinātas [50,51]. 2024. gada decembrī ANO sociālās aprites cikla analīzes vadlīnijas tika veiksmīgi paplašinātas un integrētas sociālās ietekmes novērtējuma standartā *ISO 14075:2024* “Vides pārvaldība – Sociālā dzīves cikla novērtējuma principi un sistēma”, kurā izklāstīti pamatprincipi, noteiktas prasības un sniegtas vadlīnijas produkta sociālā dzīves cikla novērtējuma veikšanai [52].

Šajā promocijas darbā tiek izmantotas ANO vadlīnijas sociālās ilgtspējas novērtēšanai [53]. ANO sociālais novērtējums ir iedalīts sešās galvenajās ietekmes kategorijās (darbinieki, vietējās kopienas, vērtību ķēdes dalībniekiem (izņemot patērētājus), patērētāji, sabiedrība, bērni) un 40 apakškategorijās [50]. Vadlīnijās ir iekļauts inventarizācijas rādītājs ar datu avotu piemēriem – datubāzēm, ziņojumiem, intervijām ar iekšējās informācijas sniedzējiem un citiem datu avotiem [50].

Sociālā ietekme var būt gan pozitīvs, gan negatīvs spiediens uz sociālajiem parametriem vai ieinteresēto personu labklājību [54]. Sociālo kategoriju novērtējumu var izteikt kā sociālās atsauces skalu vai sociālā riska novērtējumu [55]. Promocijas darbā S-ACA tika novērtēts skalā no +2 līdz –2 [55].

2.3. Lietderības vērtības līmenis

Lietderības vērtības metode kalpo kā daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas sistēma, kas piešķir skaitliskas vērtības dažādiem rezultātiem, palīdzot izdarīt izvēli, īpaši nenoteiktās situācijās. Šī pieeja ir balstīta lietderības teorijā, kas piedāvā sistemātisku līdzekli alternatīvu novērtēšanai, pamatojoties uz to paredzamajiem rezultātiem un lēmumu pieņēmēju vēlmēm.

Lietderības vērtības metode balstās vairākos principos.

- **Daudzfaktoru lietderības teorijas pamats.** Balstoties šajā teorijā, lēmumu pieņēmēji lietderības vērtības līmenī ir pilnvaroti novērtēt alternatīvas, pamatojoties uz dažādiem, bieži vien pretējiem kritērijiem. Tā organizē izvēles, identificējot būtiskās īpašības (piemēram, vides, ekonomiskos un sociālos faktorus) un piešķirot katrai nozīmīgumu atbilstoši to atbilstībai. Izvēles kopējā lietderība pēc tam tiek aprēķināta kā tās snieguma svērtais apkopojums attiecībā uz šīm īpašībām [56,57].
- **Neenoteiktības pārvaldība.** Lietderības vērtības metode tieši risina nenoteiktību, kas ir vides lēmumu pieņemšanas pamatelements. Tas tiek panākts, izmantojot varbūtības modelēšanu un veicot jutīguma analīzi [58,59].
- **Informācijas analīzes vērtība.** Informācijas analīzes vērtība kvantificē ieguvumu, ko sniedz nenoteiktības novēršana, apkopojot papildu informāciju [56,58].
- **Ieinteresēto personu līdzdalība.** Lietderības vērtības pieeja uzsver ieinteresēto personu preferenču un vērtību iekļaušanas nozīmi. Tas ir īpaši svarīgi vides

lēmumu pieņemšanā, kur dažādām ieinteresētajām personām bieži vien ir pretrunīgi mērķi. Ieinteresēto personu iesaistes kontekstā tādi aspekti kā līdzdalības procesa metodes ir būtiski, lai garantētu pārredzamību un stabilitāti [59–61].

Lietderības vērtības darbojas kā skaitlisks attēlojums tam, cik laba vai slikta ir iespēja, taču problēmu risināšanas un lēmumu pieņemšanas procesā ir svarīgi izmantot strukturētus un pamatotus argumentus, tāpēc daudzkritēriju lēmumu analīze (DKLA) uzlabo lēmumu pieņemšanas kvalitāti [62]. DKLA ir daudzpakāpju process, kas ietver metožu kopumu, lai strukturētu un formalizētu lēmumu pieņemšanas procesus pārredzamā un konsekventā veidā [63].

DKLA ietver dažādas metodoloģijas un kalpo kā mehānisms saistītu un pretrunīgu kritēriju novērtēšanai, lai novērtētu iespējas un noteiktu optimālo risinājumu [64]. Katrai DKLA metodei ir sava aprēķina pieeja alternatīvu ranžēšanai, tāpēc nevar pieņemt, ka vieni un tie paši ievades dati dažādās metodēs sniegs identiskus rezultātus. Lai izprastu DKLA metožu piemērojamību konkrēto šajā darbā aplūkoto gadījumu izpētē, tika veikts visaptverošs pārskats (1. publikācija). DKLA metožu kopsavilkums un to galvenās iezīmes ir sniegtas 1. publikācijā.

2.3.1. Daudzkritēriju lēmumu analīze

Promocijas darbā tika izmantotas divas DKLA metodes – analītiskās hierarhijas process (AHP) [65,66] un kārtības preferences tehnika (*TOPSIS*) [67].

AHP modelis atvieglo dažādu mainīgo organizēšanu dažādos hierarhijas līmeņos un palīdz ekspertiem novērtēt kritērijus [69]. AHP metodes aprēķina soļi un vienādojumi atrodami 1. publikācijā [66].

TOPSIS ietvars sākas ar ievades datu vākšanu, turpinās ar normalizētās matricas un svērtās standarta matricas aprēķināšanu, nākamais solis ir attāluma no ideāliem un neideāliem risinājumiem noteikšana, kā arī katras alternatīvas tuvuma aprēķins ideālajam risinājumam un labākā alternatīva ir ar vislielāko tuvumu [67]. *TOPSIS* metodes vienādojumi atrodami 1. publikācijā [68].

3. Rezultāti

3.1. Stratēģiskās atbilstības līmenis

Promocijas darbā izstrādātā daudzfaktoru lēmumu pieņemšanas metodoloģija ir balstīta pakāpeniskas sarežģītības ietvarā. Šīs metodoloģijas ietvaros stratēģiskās atbilstības novērtējums kalpo kā sākotnējais solis un tiek piemērots gadījuma izpētei, kurā salīdzināta energoresursu izmantošana lauksaimniecības apakšnozarēs dažādos Latvijas reģionos.

3.1.1. Stratēģiskās atbilstības pieeja valsts enerģētikas nozarei

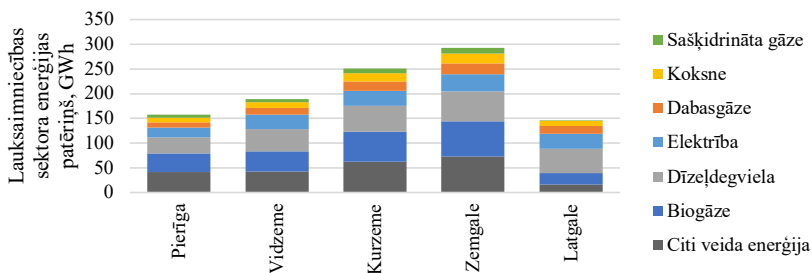
Valsts enerģētikas sektora kontekstā stratēģiskās atbilstības pieeja ir izšķirošs pirmais solis energoresursu novērtēšanā. Tā sniedz pamatizpratni par esošo situāciju un palīdz lēmumu pieņēmējiem noteikt aspektus, kuros nepieciešami uzlabojumi, lai izveidotu efektīvu un saprātīgu resursu ķēdi.

Lauksaimniecība Latvijā ir viena no trim nozarēm, kas rada lielākās SEG emisijas [69]. Lai izprastu stratēģisko atbilstību, lauksaimniecības nozare tika iedalīta apakškategorijās, pamatojoties uz saimniecības lielumu un veidu, un enerģijas patēriņa aplēses tika iegūtas, izmantojot oficiālos Latvijas statistikas datus. Dati tika iegūti no Valsts vides dienesta publiskajiem reģistriem, un piesārņojuma atļaujas sniedza detalizētu informāciju, lai precīzāk novērtētu enerģijas patēriņu dažādās lauksaimniecības apakšnozarēs. Tika apkopoti dati no publiski pieejamās informācijas par lauksaimniecības apakšnozarēm (augkopība, piena lopkopība, cūku un mājputnu audzēšana, kā arī jaukta kultūraugu un lopkopība) pēc enerģijas patēriņa (3. publikācija).

Dati tika iegūti no 46 attiecīgām piesārņojuma atļaujām un izteikti lauksaimnieciskās ražošanas vienībās, kas atspoguļo mājlopu skaitu vai aramzemes platību konkrētās saimniecībās. Tika pieņemts, ka enerģijas patēriņš valsts līmenī dažādiem lauksaimniecības procesiem sakrīt ar analizēto lauksaimniecības uzņēmumu piesārņojuma atļaujās minētiem indikatoriem. 2017. gads ir izmantots kā novērtējuma bāzes gads, un rezultāti ir izteikti pa reģioniem – Pierīga, Vidzeme, Kurzeme, Zemgale un Latgale, jo tiek ņemtas vērā saimniecību atrašanās vietu ģeogrāfiskās atšķirības.

Enerģijas patēriņa dati parāda sadalījumu 2017. gadā – augkopības apakšnozarē vislielākais enerģijas patēriņš bija Zemgalē (143 GWh) un Kurzemē (120 GWh), un galvenie enerģijas avoti bija dīzeļdegviela (167 GWh) un biogāze (95 GWh). Cūkkopības un mājputnu audzēšanas apakšnozarē Zemgale (124 GWh) un Kurzeme (106 GWh) ir vadošās enerģijas patēriņa ziņā. Galvenie enerģijas avoti šajā apakšnozarē ir biogāze (140 GWh).

3.1. attēlā redzams kopējais enerģijas patēriņš Latvijas lauksaimniecības nozarē pa reģioniem. Galvenie enerģijas avoti ir dīzeļdegviela, biogāze, elektroenerģija un degviela, piemēram, tāda, ko izmanto graudu sietos. Kurzemē un Zemgalē ir vislielākais lauksaimniecības enerģijas patēriņš, jo šajos reģionos ir svarīga augkopība un cūkkopība. Aprēķinātais enerģijas patēriņš pa apakšnozarēm tika salīdzināts ar 2017. gada Latvijas enerģijas bilances datiem, apstiprinot kopējā patēriņa atbilstību.



3.1. att. Enerģijas patēriņa reģionālais sadalījums Latvijas lauksaimniecības nozarē.

Latvijas lauksaimniecības enerģijas patēriņa stratēģiskās atbilstības analīze parāda, cik svarīgi ir saskaņot energoresursu plānošanu ar nozaru īpatnībām un reģionālajām realitātēm. Rezultāti liecina par būtiskām atšķirībām starp Latvijas reģioniem un starp lauksaimniecības apakšnozarēm. Tādēļ, lai sasniegtu noteiktos mērķus, ir nepieciešama reģionāli pielāgota stratēģija, jo dažādiem saimniecību veidiem ir kopīgas unikālas pieejas enerģijas risinājumiem. Stratēģiskā atbilstība sniedza skaidrāku un detalizētāku priekšstatu par pašreizējo enerģijas patēriņu nozarē, bet arī parādīja, ka progresa sasniegšanai ir nepieciešams vairāk reģionālo lēmumu pieņemēju.

3.2. Ilgtspējas novērtēšanas līmenis

Ja resursu vērtības ķēdes risinājums atbilst **stratēģiskās atbilstības** līmeņa prasībām, lēmumu pieņēmēji var pāriet uz nākamo, faktoros dziļāku un datu kopu kontekstā sarežģītāku novērtēšanas līmeni – piedāvātā risinājuma ilgtspējas novērtējumu, kas balstīts aprites cikla analīzē. Ilgtspējas novērtējuma pieeja tiek piemērota diviem gadījuma pētījumiem:

- 1) veselības aprūpes atkritumu valorizācijas scenāriju salīdzinošs novērtējums valsts tvērumā;
- 2) ideāla risinājuma izvēle zvejas atkritumu apsaimniekošanas iespējām.

3.2.1. Ilgtspējas pieeja veselības aprūpes atkritumu nozarei valsts tvērumā

Lai atbalstītu lēmumu pieņēmēju atkritumu apsaimniekošanas plānošanā, tika veikta stratēģiskās atbilstības analīze, lai izpētītu potenciālos aprites ekonomikas risinājumus infekciozo veselības aprūpes atkritumu (*iHCW*) jomā un novērtētu pašreizējo un uz aprites ekonomiku orientēto atkritumu apsaimniekošanas sistēmu no vides un ekonomiskās ilgtspējības viedokļa.

Latvijas atkritumu apsaimniekošanas sektora pārskatā tika konstatēts, ka *iHCW* ir pārstrādes potenciāls, bet patlaban tie tiek apglabāti Latvijas poligonos. Stratēģiskās atbilstības labad tika veikta kvalitatīva datu analīze par atkritumu kā resursa potenciālo izmantošanu. Tomēr, lai salīdzinātu pārstrādes iespējas ar pašreizējo atkritumu apglabāšanas situāciju, ir nepieciešams vides un ekonomiskās ilgtspējas novērtēšana. Veselības aprūpes atkritumu apjoms palielinās –

2015. gadā tas bija 1754 tonnas apsaimniekotu *iHCW*, 2023. gadā – 2936 tonnas apsaimniekoto atkritumu [70].

ACA tiek pētīta pašreizējā situācija un potenciālie dezinficēto *iHCW* valorizācijas scenāriji. Šajā pētījumā tiek analizēti kopumā septiņi scenāriji: “ierastā prakse” (*BAU*) scenārijs un septiņi dezinficēto un atkārtotai pārstrādei derīgo *iHCW* valorizācijas scenāriji (*VS*). *BAU* scenārijs atspoguļo lineāras ekonomikas pieeju, kurā apstrādātie *iHCW* tiek apglabāti sadzīves atkritumu poligonos. Pasaules līmenī veselības aprūpes atkritumu noglabāšana un sadedzināšana ir divas no visplašāk izmantotajām metodēm apstrādāto veselības aprūpes atkritumu apsaimniekošanai [71]. *VS1–VS6* (3.1. tab.) pārstāv aprītes ekonomikas pieejas, kurās no apstrādātiem *iHCW* tiek iegūti seši atšķirīgi produkti. Šie produkti tika atlasīti, pamatojoties uz tādiem faktoriem kā to pievienotās vērtības potenciāls, atgūšanas tehnoloģiju gatavības līmenis un šādu tehnoloģiju ieviešanas rūpnieciskās simbiozes potenciāls Latvijas apstākļos. Produktu izstrādē izmantotie materiāli (plastmasa, tekstilizstrādājumi vai visi *iHCW*) un to īpatsvars galaproduktos dažādos scenārijos atšķiras (3.1. tab.). Visos valorizācijas scenārijos tiek piemērota ACA aizstāšanas pieeja, kurā neapstrādātas izejvielas tiek aizstātas ar no *iHCW* atgūtiem materiāliem. Saskaņā ar atkritumu apsaimniekošanas hierarhiju [72], atkritumu pārstrāde ir prioritāra un ierindoja uzreiz pēc atkritumu rašanās novēršanas un atkārtotas izmantošanas, savukārt enerģijas atgūšana tiek uzskatīta par otro sliktāko atkritumu apsaimniekošanas pieeju pēc to noglabāšanas poligonos.

3.1. tabula

Valorizācijas scenāriji un dezinficēto veselības aprūpes atkritumu īpatsvars produktā

Scenārijs	Atkritumu hierarhijas pieeja	Izmantotā <i>iHCW</i> daļa	Izmantotā <i>iHCW</i> atkritumu materiāls
VS1 – stiegrotais asfalts	Pārstrāde	34 %	Plastmasa
VS2 – armētais cements	Pārstrāde	31 %	Tekstils
VS3 – NAIK	Enerģijas reģenerācija	100 %	Visi materiāli
VS4 – sintēzes gāze	Enerģijas reģenerācija	100 %	Visi materiāli
VS5 – akustiskais panelis	Pārstrāde	31 %	Tekstils
VS6 – plastmasas komponenti, ko izmanto hidroponikā	Pārstrāde	34 %	Plastmasa
VS7 – izejvielu kombinācija	Maksimāla pārstrāde, minimāla enerģijas reģenerācija	100 %	Visi materiāli

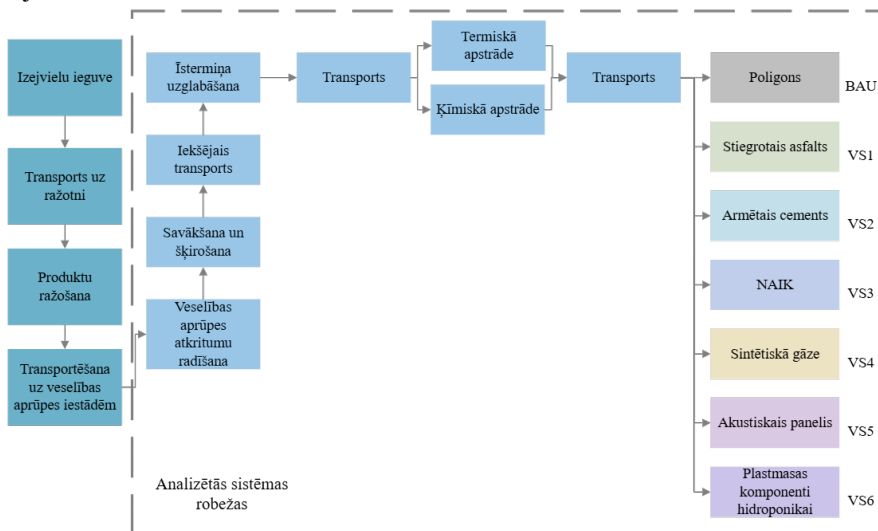
Mērķis un tvērums

Vides ACA mērķis ir aprēķināt ietekmi uz vidi, kas saistīta ar *iHCW* apsaimniekošanu gan lineārās ekonomikas apstākļos (apstrāde un apglabāšana poligonos), gan aprītes ekonomikas apstākļos (*iHCW* apstrāde un to turpmāka izmantošana kā izejviela jaunu produktu izstrādei).

Dati par apstrādātajiem *iHCW* (atkritumu klases – 180103, 180202, 180207) Latvijā no 2015. līdz 2022. gadam liecina par izteiktu mainīgumu gadu griezumos, septiņos gados rodoties vidēji 2209 tonnām apstrādātu atkritumu gadā. Šajā vides ACA par funkcionālo vienību ir izvēlēta 1 tonna apstrādātu *iHCW*.

Sistēmas apraksts

Pašreizējās vides ACA tehnoloģiskās sistēmas robežas ir “no vārtiem līdz vārtiem” – no *iHCW* radīšanas slimnīcās līdz *iHCW* ekspluatācijas laika beigām – apglabāšanai poligonā (definēts kā ierastā prakse (*BAU*) scenārijs) vai vienam no sešiem valorizācijas scenārijiem (3.2. att.). Pašreizējās ACA laika robežas ir no 2022. gada oktobra līdz 2023. gada septembrim – periods, kad tika veikta inventarizācijas datu vākšana. ACA ģeogrāfiskās robežas aptver Latviju.



3.2. att. Analizēto scenāriji un to tehnoloģiskās sistēmas robežas.

Detalizēts valorizācijas scenāriju apraksts sniegts inventarizācijas sadaļā, savukārt LCA piemērotie pieņēmumi un ierobežojumi pieejami 13. publikācijā.

Aprites cikla ietekmes novērtējums

Promocijas darbā tika izmantota aprites cikla novērtēšanas modelēšanas programmatūra *SimaPro v9.5*, un kā ietekmes novērtēšanas metode lietota “*ReCiPe 2016*” (viduspunkta, hierarhiskās perspektīvas metode).

Aprites cikla inventarizācija

iHCW radīšana veselības aprūpes iestādēs un atkritumu transportēšana

Veselības aprūpes iestādēs radīto *iHCW* sastāvs ir atšķirīgs un atkarīgs no tādiem faktoriem kā veselības aprūpes iestādes pakalpojumu profils, konkrētā iestādē piemērotā šķirošanas prakse, kā arī medicīnas personāla rīcība kvalitatīvas šķirošanas nodrošināšanā. Šajā pētījumā inventarizācijas nolūkos tiek izmantots izlīdzināts *iHCW* sastāvs. Sastāva dati tika iegūti, laboratorijā eksperimentāli testējot jauktus *iHCW*, kas savākti no dažādām veselības aprūpes iestādēm visā Latvijā un piegādāti diviem centralizētām *iHCW* apsaimniekošanas uzņēmumiem (detalizēti dati sniegti 13. publikācijā).

***iHCW* apsaimniekošana**

Latvijā *iHCW* apsaimniekošanu veic divi uzņēmumi – uzņēmums, kas izmanto apstrādi ar tvaiku (uzņēmums apstrādā 48 % no Latvijā savāktajiem veselības aprūpes atkritumiem) un ķīmiskās apstrādes uzņēmums (apstrādā 52 % no visiem valsts *iHCW* atkritumiem) [70]. Abos uzņēmumos apstrādātie *iHCW* tiek transportēti uz pārstrādes vietām, izmantojot specializētos transportlīdzekļus (kravnesība – 15 tonnas, *EURO 6* (emisiju robežvērtības atkarībā no transportlīdzekļa kategorijas un dzinēja tipa)).

***iHCW* aprites cikla beigas**

Tradicionālā apstrādāto *iHCW* apsaimniekošanas metode Latvijā ir apglabāšana sadzīves atkritumu poligonos, kas ir piemērojama arī *BAU* scenārijam. Inventarizācijas dati par *BAU* scenāriju abiem Latvijas uzņēmumiem sniegti 13. publikācijā.

Aprites cikla ietekmes novērtējuma rezultāti

3.3. tabulā apkopoti aprites cikla ietekmes novērtējuma rezultāti, izmantojot “*ReCiPe 2016*” viduspunkta (H) metodi, kur scenāriju rezultāti ir norādīti skaitļos (pozitīvs rezultāts liecina, ka sistēma ietekmē konkrēto vides rādītāju, savukārt negatīvs rezultāts nozīmē novērsto ietekmi, tādējādi sniedzot ieguvumu videi). Rezultāti ir arī iezīmēti ar krāsām skalā no ļoti zemas ietekmes uz vidi (spilgti zaļa) līdz ļoti augstai ietekmei uz vidi (oranža). Kā redzams 3.3. tabulā, ietekme uz vidi VS3 un VS4 ir negatīva, jo lielākā daļa *iHCW* tiek pārstrādāti, nevis apglabāti poligonos.

3.3. tabula

“*ReCiPe 2016*” viduspunkta (H) rezultāti *BAU* un VS1–VS6

	BAU	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6
Globālā sasilšana, kg CO ₂ eq	1,51E + 03	1,25E + 03	6,03E + 02	1,95E + 02	2,37E + 02	5,98E + 02	1,18E + 03
Stratosfēras ozona slāņa noārdīšanās, kg CFC11 eq	8,08E-05	8,21E-05	8,89E-05	2,14E-05	1,87E-04	8,73E-05	6,02E-05
Jonizējošais starojums, kBq Co-60 eq	2,77E + 00	2,66E + 00	2,93E + 00	7,60E-01	4,33E + 01	2,58E + 00	1,45E + 00
Ozona veidošanās (cilvēkiem), kg NO _x eq	2,98E-01	1,96E-01	2,19E-01	1,65E-01	5,39E-01	2,07E-01	3,11E-02
Cieto daļiņu veidošanās, kg PM2.5 eq	8,76E-02	7,02E-02	7,71E-02	2,80E-02	2,89E-01	6,96E-02	-4,53E-02
Ozona veidošanās (ekoloģija), kg NO _x eq	3,13E-01	2,11E-01	2,37E-01	1,88E-01	5,71E-01	2,24E-01	4,18E-02

3.3. tabulas turpinājums

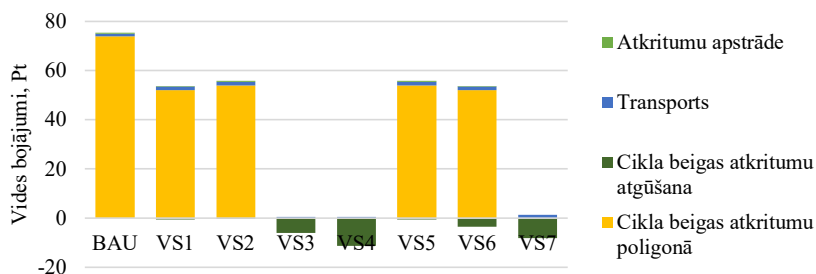
Sauszemes paskābināšanās, kg SO ₂ eq	1,91E-01	1,49E-01	1,64E-01	7,37E-02	5,68E-01	1,51E-01	-2,22E-02
Saldūdens eitrofikācija, kg P eq	9,86E + 00	4,62E + 00	6,56E + 00	-3,33E-03	-4,94E-02	6,55E + 00	4,57E + 00
Jūras eitrofikācija, kg N eq	2,06E + 00	6,10E-01	1,81E + 00	2,35E-03	5,31E-03	1,80E + 00	6,06E-01
Sauszemes ekotoksicitāte, kg 1,4-DCB	9,98E + 02	1,20E + 03	1,30E + 03	4,02E + 02	3,82E + 03	1,27E + 03	9,56E + 02
Saldūdens ekotoksicitāte, kg 1,4-DCB	5,18E + 02	3,58E + 02	4,59E + 02	4,49E-01	6,52E + 00	4,59E + 02	3,51E + 02
Jūras ekotoksicitāte, kg 1,4-DCB	6,87E + 02	4,73E + 02	6,12E + 02	1,16E + 00	1,20E + 01	6,12E + 02	4,63E + 02
Cilvēku kancerogēnā toksicitāte, kg 1,4-DCB	2,04E + 01	1,89E + 01	2,17E + 01	8,87E + 00	3,23E + 01	2,10E + 01	1,10E + 01
Cilvēku nekancerogēnā toksicitāte, kg 1,4-DCB	1,23E + 04	8,07E + 03	1,12E + 04	2,50E + 00	1,22E + 02	1,12E + 04	7,97E + 03
Zemes izmantošana, m ² a raža eq	5,72E + 00	4,81E + 00	4,70E + 00	2,56E-01	2,52E + 01	4,48E + 00	3,68E + 00
Minerālu resursu trūkums, kg Cu eq	1,50E-01	1,57E-01	1,79E-01	1,05E-01	4,58E-01	1,62E-01	5,76E-02
Fosilo resursu trūkums, kg eļļas eq	2,09E + 01	2,09E + 01	2,43E + 01	7,43E + 01	7,48E + 01	2,29E + 01	6,74E + 00
Ūdens patēriņš, m ³	- 5,67E + 00	- 3,11E + 00	- 6,07E + 00	1,58E-01	2,06E + 00	- 6,09E + 00	- 3,35E + 00

Krāsu skala: Ļoti zems Zems Augsts Ļoti augsts

Kopumā zemāki ietekmes uz vidi rezultāti tika sasniegti tajos VS, kur visa *iHCW* plūsma tika pārstrādāta enerģijas atgūšanai (VS3 un VS4), jo šajos scenārijos ir iespēja izmantot visa veida *iHCW* materiālus. Taču VS 3 un VS4 scenāriju īstenošana neatbilst aprites ekonomikas principiem, kur uzmanība jāpievērš atkārtotai izmantošanai, pārstrādei un reģenerācijai. Tika izveidots VS7, tas atspoguļo integrētu pārstrādes un enerģijas atgūšanas procesu – *iHCW* plastmasas un tekstila frakcijas, kas tiek pārstrādātas, un pārējā frakcija (gumija, metāli, koksne

un smalku daļiņu maisījums) tiek novirzīta enerģijas atgūšanai. Balstoties ACA rezultātos (3.3. tab.), tika izvēlēti VS ar mazāko ietekmi: plastmasas atgūšana – VS5, tekstila atgūšana – VS6, atlikušie apstrādātie *iHCW* – VS4.

Lai labāk attēlotu *BAU* un VS rezultātus, 3.3. attēlā redzams scenāriju salīdzinājums ekopunktu (Pt) izteiksmē. Kā redzams, no procesu posmu skatpunkta vislielāko ietekmi rada *iHCW* apglabāšana poligonā, savukārt transportēšanas un *iHCW* apstrādes ietekmei visos scenārijos ir līdzīgas Pt vērtības.



3.3. att. Viena vērtējuma rezultāti *BAU* un VS1–VS7 (“*ReCiPe 2016*” viduspunkta (H)) metodei.

Iegūtie vides ilgtspējas novērtējuma rezultāti par valorizācijas scenāriju salīdzinājumu sniedz informāciju lēmumu pieņēmējiem par scenārijiem ar zemāko vides ietekmi un ietekmju raksturojošām darbībām.

3.2.2. Ilgtspējas pieeja valsts atkritumu apsaimniekošanas nozarei

Iekšzemes un jūras ūdeņu sektors rada specifiskus izaicinājumus vides aizsardzības kontekstā. Izmantojot literatūras apskatu, lai izprastu apsaimniekošanas iespēju stratēģisko atbilstību, tika salīdzinātas alternatīvas, pamatojoties uz vides un ekonomiskās ilgtspējas rezultātiem, kas palīdz lēmumu pieņēmējiem izvēlēties piemērotāko atkritumu apsaimniekošanas alternatīvu.

Izmesto zvejas tīklu apjomu kvantitatīva noteikšana

Metodoloģija balstās trīs datu vākšanas pieejās. Pirmā ir statistisko datu vākšana par zvejas tīklu importu un eksportu, otrā – intervijas ar zvejas tīklu ražotājiem un mazumtirgotājiem, zvejniekiem un zvejnieku asociācijām, ostu pārvaldēm, atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumiem, valsts iestādēm (Valsts vides dienests, Latvijas Republikas Zemkopības ministrijas Zivsaimniecības departaments), trešā – trūkstošo datu ekstrapolācija.

Intervijas ar zvejniekiem atklāja, ka no ūdeņiem izceltie, nevis pazudušie zvejas tīkli, pēc iespējas ilgāk tiek laboti un atkārtoti izmantoti tieši zvejā vai citā veidā, piemēram, lauksaimniecībā, tādējādi izvairoties no to izmešanas. Arī atkritumu apsaimniekotāji apstiprināja, ka zvejas tīkli atkritumu šķirošanas stacijās parādās reti.

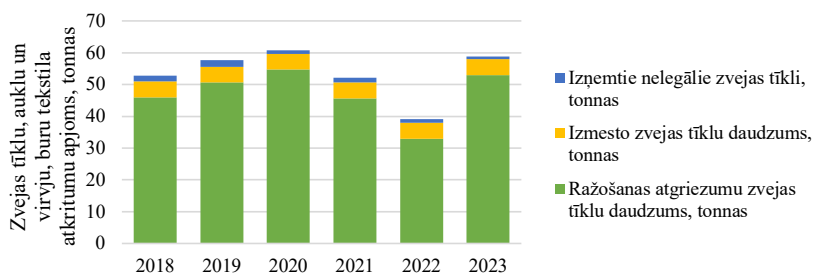
Pazudušo un atstāto tīklu (tā dēvēto “spoku tīklu”) daudzums un materiālais sastāvs joprojām ir neparedzams, un tas tiešā veidā ietekmē izejvielu pieejamību to valorizācijai. Lai nodrošinātu stabilāku izejvielu piegādi, liela nozīme varētu būt zvejas tīklu ražošanas

uzņēmumiem, kas darbojas Latvijā. Šie uzņēmumi rada ražošanas atgriezumus, kas ir labi piemēroti pārstrādei līdzās izmestajiem zvejas tīkliem, jo tie ir izgatavoti no tā paša materiāla.

Ražošanas atgriezumu (pirms patēriņa) un izmestu zvejas tīklu (pēc patēriņa) kvantitatīvās noteikšanas metodoloģija un metodoloģiskie ierobežojumi visiem materiālu veidiem aprakstīti 13. publikācijā.

Izmesto zvejas tīklu un ražošanas atgriezumu daudzums

3.4. attēlā apkopoti aprēķinu rezultāti par kopējo zvejas tīklu atkritumu apjomu, kas ietver gan izmestus zvejas rīkus, gan ražošanas atgriezumus. Kā redzams 3.4. attēlā, atkritumu apjoms gadu gaitā mainās maz, izņemot 2021. un 2022. gadu, kad tika novērots ievērojams zvejas tīklu atkritumu samazinājums. Šis samazinājums, iespējams, ir saistīts ar *Covid-19* pandēmijas sekām, kas traucēja zvejas kuģu un ražošanas uzņēmumu darbību, īpaši apgabalos, kurus bija smagi skāruši nopietni pandēmijas uzliesmojumi.



3.4. att. Zvejas tīklu atkritumu daudzums Latvijā 2018.–2023. gadā.

Ražošanas atgriezumu un izmesto zvejas tīklu atkritumu apjoma aplūkošana sniedz ieskatu nozares atkritumu dinamikā un iespēju novērtēt atkritumu apsaimniekošanas iespējas. Ražošanas atgriezumu apjoms ir svarīgs, jo tie ir zvejas tīklu ražošanas procesu atgriezumi un tāpēc ir tīri atkritumi, ko pēc tam var pārstrādāt augstas vērtības produktā, un tiem nav nepieciešams būtisks atkritumu apstrādes posms. Izmesto zvejas tīklu dati netiek sistemātiski reģistrēti un ir balstīti aplēsēs, taču svarīga ir arī šo atkritumu apsaimniekošana, lai gan to daudzums Latvijā ir mazāks nekā ražošanas atgriezumu daudzums Latvijā. Tomēr Latvijā tiek radītas vidēji 53 tonnas zvejas tīklu atkritumu, kas ir jāapsaimnieko efektīvi.

Pēc zvejas tīklu apsaimniekošanas stratēģiskās atbilstības novērtējuma tiek veikts vides un ekonomiskās ilgtspējības novērtējums.

Mērķis un tvērums

Pētījuma mērķis ir novērtēt un salīdzināt izmesto zvejas tīklu apsaimniekošanas scenāriju ietekmi uz vidi. ACA pētījumam izvēlēta funkcionālā vienība ir 1 tonna izmesto zvejas tīklu pēc pirmapstrādes (t. i., pēc nevajadzīgo frakciju, piemēram, organisko vielu, atdalīšanas no tīkliem). Lai novērtētu dažādu zvejas tīklu atkritumu apsaimniekošanas scenāriju ietekmi uz vidi, tiek izmantota novērstās slodzes pieeja.

Sistēmas robežas

Pētījumā definētās ACA sistēmas robežas ir “no šūpuļa līdz šūpulim” (S1 – neilona ražošana, S2 – asfalta stiegrojums, S3 – sintētiskās gāze) un “no šūpuļa līdz kapam” (S4 –

noglabāšana poligonā), un, piemērojot ACA novērstās ietekmes pieeju. 13. publikācijā sniegta detalizēta informācija par sistēmas robežām, inventarizācijas datiem, pieņēmumiem un modeļa ierobežojumiem.

Aprites cikla inventarizācija

Attiecīgie inventarizācijas dati, tostarp dati par zvejas tīklu ražošanu, neilona un asfalta ražošanu, iegūti no literatūras apskata un “Ecoinvent” datubāzes un iekļauti 14. publikācijā.

Aprites cikla ietekmes novērtējums

Ar “ReCiPe 2016” viduspunktu metodi iegūtie rezultāti apkopoti 3.4. tabulā. Iegūtie negatīvie rezultāti tiek uzskatīti par ieguvumiem videi, iegūtie pozitīvie rezultāti tiek uzskatīti par ietekmi uz vidi, un rezultāti ir iezīmēti ar krāsām skalā no zemas ietekmes uz vidi (spilgti zaļa) līdz ļoti augstai ietekmei uz vidi (oranža).

Rezultāti liecina, ka S1 ir ilgtspējīgākais no zvejas tīklu valorizācijas scenārijiem, taču arī S2 rezultāti norāda, ka tā ir ilgtspējīga alternatīva. S3 rezultāti ir mēreni ilgtspējīgi, taču lielāka ietekme uz vidi rodas S4 valorizācijas scenārijā.

3.4. tabula

ACA ietekmes rezultāti

Ietekmes kategorija	Mērvienība	S1 – neilons	S2 – asfalta stiegrojums	S3 – sintētiskā gāze	S4 – poligons
Klimata pārmaiņas	kg CO ₂ eq	-7847,76	-636,36	156,10	12080,46
Ozona slāņa noārdīšanās	kg CFC-11 eq	0,000003	-0,000048	0,000003	0,000024
Sauszemes paskābināšanās	kg SO ₂ eq	-26,69	-2,06	0,39	28,24
Saldūdens eitrofikācija	kg P eq	-0,39	-0,02	0,02	1,18
Jūras eitrofikācija	kg N eq	-8,95	-0,06	0,02	30,99
Toksicitāte cilvēkiem	kg 1,4-DB eq	-65,14	-38,04	6,37	5105,51
Fotokīmisko oksidantu veidošanās	kg NMVOC	-19,99	-7,95	0,51	29,09
Cieto daļiņu veidošanās	kg PM10 eq	-8,01	-0,66	0,19	9,36
Sauszemes ekotoksicitāte	kg 1,4-DB eq	-0,06	-0,09	0,02	2,54
Saldūdens ekotoksicitāte	kg 1,4-DB eq	-6,97	-1,70	2,09	1481,87
Jūras ekotoksicitāte	kg 1,4-DB eq	-3,92	-1,84	1,85	1193,81
Jonizējošais starojums	kBq U235 eq	43,03	32,07	42,59	128,51
Lauksaimniecības zemes izmantošana	m ² a	60,03	56,39	-443,56	1591,82
Pilsētu zemes izmantošana	m ² a	-0,93	-7,67	-2,56	61,73
Zemes transformācija	m ²	0,02	-0,48	0,01	-2,61
Ūdens resursu noplicināšana	m ³	-228,18	18,07	-0,89	96,98
Metālu resursu noplicināšana	kg Fe eq	1,10	-29,30	5,45	64,55
Fosiliju resursu noplicināšana	kg oil eq	-273,71	-9,18	4,13	322,4
Krāsu skala:		Zema	Vidēja	Ausgta	

Vides ietekmju netiešās izmaksas pa ietekmes kategorijām apkopotas 3.5. tabulā. Visdārgākās vides kaitējuma kategorijas ir ietekmes no cietām daļiņām un ozona slāņa noārdīšanās. Šajā gadījumā ozona slāņa noārdīšanās un cieto daļiņu ietekme ir saistīta ar elektroenerģijas patēriņu un zvejas tīklu ražošanu. Līdzīgi kā ACA rezultāti, daži no vides kaitējuma izmaksu rezultātiem ir negatīvi, tādējādi radot ekonomiskus ieguvumus (ieņēmumus) videi un sabiedrībai.

3.5. tabula

Vides kaitējuma izmaksas zvejas tīklu atkritumu apsaimniekošanas scenārijos, pamatojoties uz 2025. gada monetārajām vērtībām

Ietekmes kategorija	S1 – neilons	S2 – asfalta stieģrojums	S3 – sintētiskā gāze	S4 – poligons
Klimata pārmaiņas	-1255,64	-101,82	24,98	1932,87
Ozona slāņa noārdīšanās	0,00010	-0,00166	0,00011	0,00082
Jonizējošais starojums	0,22	0,17	0,22	0,67
Oksidantu veidošanās, cilvēku veselība un sauszemes ekosistēmas	-65,37	-26,01	1,65	95,14
Cieto daļiņu veidošanās	-977,32	-81,00	23,45	1142,00
Paskābināšanās	-172,66	-13,34	2,55	182,72
Saldūdens eitrofikācija	-1,78	-0,09	0,08	5,44
Jūras eitrofikācija	-156,88	-1,14	0,31	543,29
Sauszemes ekotoksicitāte	-0,00005	-0,00007	0,00001	0,00201
Saldūdens ekotoksicitāte	-0,18	-0,04	0,05	38,08
Jūras ekotoksicitāte	-0,02	-0,01	0,01	4,69
Toksicitāte cilvēkiem, kancerogēna un ne kancerogēna, kancerogēna un ne kancerogēna	-324,85	-189,72	31,78	25462,73
Zemes izmantošana	7,19	5,92	-54,25	201,07
Kopā	-2947	-407	31	29609

Zvejas tīklu atkritumu apsaimniekošanas problēmas stratēģiskās atbilstības novērtējums atspoguļoja kritiskos aspektus attiecībā uz trūkstošo vienoto metodoloģiju atkritumu apjoma potenciāla noteikšanai. Līdz ar to tika izstrādāta metodoloģija apjoma potenciāla noteikšanai, kam sekoja apsaimniekošanas alternatīvu vides un ekonomiskais novērtējums.

ACA un vides kaitējuma izmaksas parādīja ievērojamus ieguvumus videi no zvejas tīklu pārstrādes. Rezultāti apliecina, ka būtiski ir izvairīties no zvejas tīklu apglabāšanas poligonos, dodot priekšroku to pārstrādei jauna neilona (S1) vai asfalta stieģrojuma (S2) ražošanā, lai panāktu maksimālu ieguvumu videi. Lai gan sintētiskās gāzes ražošanai (S3) ir lielāka ietekme nekā neilona un asfalta stieģrojuma aizstājēju ražošanai, tā joprojām ir piemērojama alternatīva, salīdzinot ar noglabāšanu poligonos.

3.3. Lietderības vērtības pieeja

Ja pēc ilgtspējības novērtējuma veikšanas lēmumu pieņēmējiem ir nepieciešama daudzdimensionālu faktoru (piemēram, vides, ekonomisko, sociālo un stratēģisko) integrācija

vienotā vērtēšanas matricā, tiek izmantota lietderības vērtības pieeja. Šī metode piedāvā holistisku pieeju lēmumu pieņemšanai, sniedzot stratēģiskāku un ilgtspējīgāku rezultātu pamatojumu.

Promocijas darba ietvaros lietderības vērtības pieeja tiek piemērota vairākām problēmu risināšanas jomām:

- 1) zivju barībā izmantoto alternatīvo izejvielu daudzkritēriju novērtējums;
- 2) metāla kausēšanas tehnoloģiju vides un tehniskais salīdzinošais novērtējums;
- 3) SEG emisiju raksturojošo indikatoru salīdzinājums astoņām valstīm;
- 4) pašvaldību iespēju analīze izmantot AER tehnoloģijas sabiedrisko un daudzdzīvokļu ēku siltumapgādei;
- 5) lauksaimniecības blakusproduktu labāko izmantošanas iespēju definēšana;
- 6) infekciozo veselības aprūpes atkritumu apsaimniekošanas tehnoloģiju izvēle, integrējot lēmuma pieņemšanā vides, tehniskos un ekonomiskos rādītājus.

3.3.1. Lietderības vērtības pieeja lauksaimniecības nozarē

Stratēģiskās atbilstības ietvaros tika novērtētas zivju barības izejvielu un zivju barību alternatīvas. Lai noteiktu izvēlēto alternatīvu ilgtspējas sniegumu, veikta ACA, EACA, S-ACA. Tālākā darba izstrādes gaitā vides, ekonomiskā, sociālā un tehniskā novērtējuma rezultāti tika integrēti *TOPSIS* metodē, lai varētu pieņemt lēmumu par labāko zivju barību, ņemot vērā četras dimensijas kā lietderības vērtību, kas ir aprakstītā detalizētāk šajā darba apakšnodalā.

Literatūras analīze apstiprina, ka kukaiņu izmantošana zivju barības ražošanā ir viena no ilgtspējīgākajām un ekonomiski dzīvotspējīgākajām pieejām [73]. Turklāt kukaiņu milti ir bagāti ar polinepiesātinātajām taukskābēm (PUFA), kas ir vieni no veselīgajiem taukiem [74]. Zivju barībā būtiska ir gan uzturvērtība un kvalitāte, gan fizikālās īpašības, jo ūdensdzīvniekiem tās ir nozīmīgākas nekā sauszemes dzīvniekiem [75]. Izvēloties jaunas barības sastāvdaļas, jāaplūko, kā tas ietekmē zivju barības tehniskās īpašības.

Aprites cikla analīze

Lai novērtētu zivju barības izejvielu ilgtspējību, izmantojot ACA, tiek izvērtētas esošās un potenciālās olbaltumvielu, eļļas un pigmentu alternatīvas.

Mērķis un tvērums

Mērķis ir novērtēt ietekmes uz vidi novērtējumu olbaltumvielām (melnajai kareivja mušai, dzeltenajam miltu tārpiem un sojas pupiņām), eļļai (mikroaļģu eļļai, rapšu eļļai un zivju eļļai) un pigmentiem (dabiskajiem pigmentiem no mikroaļģēm *Haematococcus Pluvialis* un sintētiskajiem pigmentiem).

ACA sistēmas robežas ietver izejvielas un enerģiju, kas ir nepieciešama ražošanai, savukārt transports, kā arī radītie blakusprodukti un atkritumi netiek ņemti vērā. Definētās funkcionālās vienības pētījuma ietvaros ir šādas:

- analizējot barību alternatīvu izvērtējumam – 1 saražotā tonna dzīvnieku barības;
- barības komponentu (proteīnu, eļļas un pigmentu) alternatīvu izvērtējumam – 1 kg galaprodukta (proteīns, eļļa, pigments).

Sistēmas robežas

Dažādu alternatīvu salīdzināšanai šajā ACA tiek attiecināta “no šūpuļa līdz vārtiem” pieeja. Sistēmas tehnoloģiskās robežas olbaltumvielu alternatīvām norādītas 7. publikācijā, eļļas alternatīvām – 8. publikācijā, pigmentu alternatīvām – 9. publikācijā.

Aprites cikla inventarizācija

ACA inventarizācijas sadaļā ir pilns izejvielu saraksts, lai ražotu vienu funkcionālu vienību visiem produktiem. Ievades dati ir ņemti no literatūras apskata un “Ecoinvent” datubāzes, un apkopotie ievades dati ir izteikti uz 1 kg galaprodukta.

- ACA inventarizācijas dati par olbaltumvielu alternatīvām atrodami 7. publikācijā.
- Mikroaļģu eļļas, rapšu eļļas un zivju eļļas inventarizācijas dati – 8. publikācijā.
- Pigmentu alternatīvu inventarizācijas dati – 9. publikācijā.

Aprites cikla ietekmes novērtējums

Pārtikas ražošanas dzīvnieku barības *PEFCR* nosaka attiecīgās ietekmes novērtējuma kategorijas, un barības alternatīvu novērtēšanas ietekmes novērtējuma rezultātu iegūšanai tika izmantota *EF 3.0* metodoloģija. Pilna ietekmes novērtējuma rezultāti olbaltumvielu alternatīvām sniegti 7. publikācijā, eļļas alternatīvām – 8. publikācijā, pigmentu alternatīvām – 9. publikācijā.

- Pēc klimata pārmaiņu kategorijas vislielākā ietekme ir dzelteno miltu tārpu kāpuru olbaltumvielām (1,7 kg CO₂ ekv.), kam seko sojas pupiņu olbaltumvielas (0,83 kg CO₂ ekv.) un melnās kareivja mušas kāpuru olbaltumvielas (0,1 kg CO₂ ekv.). Melnās kareivja mušas proteīnam ir viszemākā ietekme uz vidi vairumā kategoriju, savukārt dzeltenā miltu tārpa proteīnam ir vislielākā ietekme, jo īpaši zemes izmantošanā, ūdens izmantošanā un eitrofikācijā. Sojas pupiņu proteīns atrodas pa vidu, bet tam parasti ir lielāka ietekme nekā melnās kareivja mušas proteīnam.
- Pēc klimata pārmaiņu kategorijas vislielākā ietekme ir mikroaļģu eļļai (9,4 kg CO₂ ekv.), kam seko rapšu eļļa (1,7 kg CO₂ ekv.) un zivju eļļa (1,4 kg CO₂ ekv.). Mikroaļģu eļļa ir intensīvāka, un tai ir lielāka ietekme uz vidi klimata pārmaiņu, eitrofikācijas un ekotoksicitātes ziņā, salīdzinot ar rapšu eļļu un zivju eļļu.
- Pēc klimata pārmaiņu kategorijas vislielākā ietekme ir mikroaļģu pigmentam (335 kg CO₂ ekv.), kam seko sintētiskais pigments (7,2 kg CO₂ ekv.). Sintētiskie pigmenti parasti ir videi draudzīgāki nekā mikroaļģu pigmenti lielākajā daļā ietekmes kategoriju, tostarp klimata pārmaiņu, cilvēku toksicitātes, eitrofikācijas un resursu izmantošanas ziņā.

Olbaltumvielu, eļļas un pigmentu alternatīvām bija būtiskas atšķirības ietekmes uz vidi ziņā. Tomēr svarīgs aspekts zivju barībā ir tas, kā šīs potenciālās zivju barības izejvielas tiek izmantotas kopējā zivju barības ražošanā, kādas ir to proporcijas un kā zivis uzņem šos jaunus zivju barības veidus. Pēc vairākiem zivju barības izmēģinājumiem tika definēti pieci zivju barības veidi, kas tika analizēti atbilstoši vides, ekonomiskajiem un sociālajiem aspektiem, kā arī tehniskajiem aspektiem.

Mērķis un tvērums

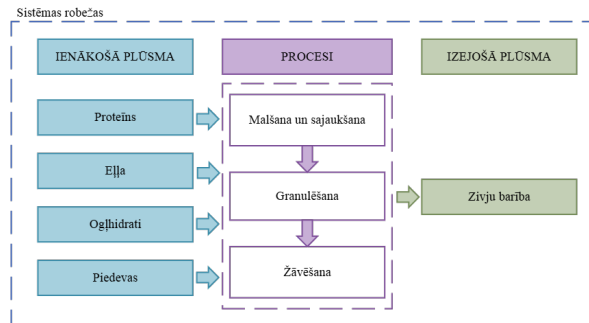
Mērķis ir novērtēt piecu zivju barības veidu ietekmi uz vidi, kur citu zivju barības sastāvdaļu īpatsvars mainās atkarībā no olbaltumvielu avota un ir atspoguļots piecās alternatīvās:

- A1_ tradicionālais proteīns – 100 % zivju milti;
- A2_ tradicionālais proteīns – zivju milti un 5 % tradicionālā proteīna aizstāti ar melnās kareivja mušas kāpuru proteīnu;
- A3_ tradicionālais proteīns – zivju milti un 10 % tradicionālā proteīna aizstāti ar melnās kareivja mušas kāpuru proteīnu;
- A4_ tradicionālais proteīns – zivju milti un 15 % tradicionālā proteīna aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu;
- A5_ tradicionālais proteīns – zivju milti un 30 % tradicionālā proteīna aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu.

Atbilstoši *PEFCR* rekomendācijām attiecībā uz dzīvnieku barības ražošanu [76], par funkcionālo vienību ir izvēlēta 1 tonna dzīvnieku barības.

Sistēmas robežas

Zivju barības aprites cikla analīze ir “no sūpuļa līdz vārtiem”, un sistēmas robežas redzamas 3.5. attēlā.



3.5. att. Sistēmas robežas zivju barībai.

Aprites cikla inventarizācija

3.6. tabulā sniegti piecu zivju barības alternatīvu inventarizācijas dati, sagrupējot tos pēc izmaiņām olbaltumvielu avotos.

3.6. tabula

Zivju barības alternatīvu inventarizācijas dati

Sastāvdaļas	100 % zivju milti	5 % aizstāti ar melnās kareivja muša kāpuru proteīnu	10 % aizstāti ar melnās kareivja muša kāpuru proteīnu	15 % aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu	30 % aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu
Melnās kareivja mušas kāpuru milti	–	5	10	–	–
Dzeltenā miltu tārpa kāpuru milti	–	–	–	15	30
Zivju milti	20	20	20	20	20
Sojas proteīna koncentrāts	20	20,04	19,71	15,3	2
Kviešu lipekļi	14,5	12,9	11,5	9,5	9,6
Augu izcelsmes izejvielas	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
Zivju eļļa	13,3	13,3	13,3	13,4	14,2
Rapšu eļļa	6,2	4,4	2,6	3,6	–
Citi (ieskaitot pigmentu)	7,2	5,6	4,1	4,4	5,4
Itrijs	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Aprites cikla ietekmes novērtējums

Pēc piecu zivju barības veidu definēšanas tika iegūti ACA rezultāti visiem barību veidiem. 3.7. tabulā apkopoti ietekmes uz vidi rezultāti uz 1 tonnu zivju barības. Kopumā barībās, kurās olbaltumvielas daļēji ir aizstātās ar kukaiņu olbaltumvielām, rada samazinātu ietekmi uz vidi, jo īpaši klimata pārmaiņu un eitrofikācijas kategorijās.

3.7. tabula

ACA zivju barības alternatīvu rezultāti

Ietekmes kategorija, mērvienība	100 % zivju milti	5 % aizstāti ar melnās kareivja muša kāpuru proteīnu	10 % aizstāti ar melnās kareivja muša kāpuru proteīnu	15 % aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu	30 % aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīnu
Klimata pārmaiņas, kg CO ₂ eq	2708,11	2331,15	1968,55	2199,53	2346,57
Ozona slāņa noārdīšanās, kg CFC11 eq	0,00027	0,00026	0,00024	0,00025	0,00026
Toksicitāte cilvēkiem, kancerogēna, CTUh	0,000006	0,000005	0,000005	0,000006	0,000007
Toksicitāte cilvēkiem, ne kancerogēna, CTUh	0,000041	0,000035	0,000030	0,000043	0,000045
Cietās daļiņas, slimību skaita pieaugums	0,00021	0,00018	0,00015	0,00018	0,00021
Jonizējošais starojums, kBq U-235 eq	64,56	54,70	45,44	58,63	75,33

3.7. tabulas turpinājums

Fotokīmiskā ozona veidošanās, kg NMVOC eq	8,87	8,08	7,31	8,48	9,46
Paskābināšana, mol H+ eq	14,93	13,18	11,49	15,22	17,44
Eitrofikācija, sauszeme, mol N eq	44,62	38,90	33,32	48,68	56,51
Eitrofikācija, saldūdens, kg P eq	0,53	0,45	0,38	0,44	0,51
Eitrofikācija, jūra, kg N eq	9,30	8,23	7,14	12,31	14,89
Ekotoksicitāte, saldūdens, CTUe	97729,89	88337,57	78714,88	87455,20	79705,46
Zemes izmantošana, Pt	80726,97	75247,93	69653,32	88135,89	93985,75
Ūdens izmantošana, m3 depriv.	1399,08	1251,31	1115,30	1551,14	2112,78
Resursu izmantošana, minerāli un metāli, kg Sb eq	0,007	0,006	0,005	0,007	0,009
Resursu izmantošana, fosilie, MJ	24063,16	19112,91	14466,47	15803,78	19214,63

Krāsu skala Zema Vidēja Augsta

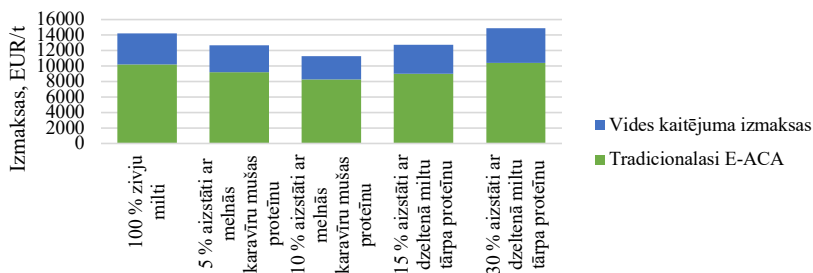
Jūtības analīze

Jūtības analīze tiek veikta, lai noteiktu, kā konkrētas komponentes aizstāšana ietekmē vides sniegumu. Jūtības analīzes rezultāti liecina, ka izmaiņas kukaiņu uzturā (ieviešot kukaiņu kāpuru proteīnu) būtiski ietekmē vides snieguma rezultātus kukaiņu barībasveida ietekmes dēļ. Ir svarīgi ņemt vērā arī izejvielu ražošanā izmantoto enerģiju, jo enerģijas resurss veids ietekmē produkta kopējo vides ietekmi. Detalizēti jutības analīzes rezultāti – 7., 8. un 9. publikācijā.

Ekonomiska aprites cikla ilgtspēja

Lai novērtētu zivju barību no ekonomiskā viedokļa, tika izmantota tradicionālā E-ACA metode. Tika ņemtas vērā katras barības izejvielu attiecību atšķirības, un izmaksas tika aprēķinātas, pamatojoties uz publiski pieejamām izejvielu cenām 2022. gadā. Publiski pieejamie dati bija par dažādiem daudzumiem, tāpēc visi apkopotie izejvielu cenu dati tika konvertēti uz 1 kg izejvielu. Olbaltumvielu avotu izmaksas ir būtisks faktors zivju barības kopējās izmaksās, jo tie veido lielāko daļu barības sastāva.

Izmantojot vides ilgtspējības zivju barības modeļus, zivju barības alternatīvu kaitējuma izmaksu aplēses tika iegūtas, mainot ietekmes novērtējuma kategoriju. 3.10. attēlā redzami kopējie rezultāti zivju barības alternatīvām, ņemot vērā tradicionālās E-ACA rezultātus un vides kaitējuma izmaksu rezultātus.



3.6. att. Tradicionālās E-ACA rezultāti un zivju barības alternatīvas radītā kaitējuma videi izmaksu rezultāti.

Sociāla aprites cikla ilgtspēja

Lai novērtētu olbaltumvielu, kas ir viena no galvenajām zivju barības sastāvdaļām, sociālo ietekmi, tika izmantota ANO vadlīniju metodoloģija. Sociālās dimensijas novērtējumā tika ņemta vērā katras olbaltumvielu alternatīvas ražotājvalsts – melnās kareivja mušas kāpuru proteīns tiek iegūts no Dānijas, dzeltenā miltu tārpa kāpuru proteīns – no Norvēģijas, zivju miltu proteīns – no Peru, sojas pupiņu proteīns – no Brazīlijas (3.9. tab.).

3.9. tabula

S-ACA novērtējum un dati [77–84]

Kategorija	Apakškategorija	Melnās kareivja mušas proteīns	Dzeltenā miltu tārpa proteīns	Zivju miltu proteīns	Sojas pupiņu proteīns
	Godīga alga	Nav noteiktas valsts mēroga minimālās algas; algas tiek noteiktas koplīgumu slēgšanas ceļā.	Minimālā alga tiek noteikta koplīgumu slēgšanas ceļā, nevis valsts līmenī.	Likums nosaka valsts minimālo algu virs nabadzības sliekšņa.	Likums garantē minimālo algu virs nabadzības sliekšņa.
	Vidējais nedēļas stundu skaits uz vienu darbinieku	34,5	33,5	37,3	37,9
	Darbinieku īpatsvars ar 49+ stundām nedēļā	6 %	4 %	31%	12%
Darbinieki	Piespiedu darbs	Likums aizliedz visu piespiedu un bērnu darbu, un tas tiek efektīvi īstenots.	Piespiedu darbs ir kriminalizēts un valdība to stingri īsteno.	Likums aizliedz "vergu darbu", tostarp piespiedu darbu, parādu verdzību, ilgas darba stundas un pazemojošus darba apstākļus.	"Vergu darbs", tostarp piespiedu darbs, parādu verdzība, ilgas darba stundas un vardarbība, ir aizliegts ar likumu.
	Vienlīdzīgas iespējas/diskriminācija	1,3 % strādājošo saskārās ar diskrimināciju, un minoritāšu jauniešu (vecumā no 15 līdz 24 gadiem) vidū pakalpojumu nozarē šis rādītājs pieaug līdz 20 %.	Sievietes nopelnīja par 12 % mazāk; 46 % strādāja nepilnu slodzi. Imigrantu bezdarba līmenis bija augstāks – 7,1 % afrikāņu vidū.	Sievietes nopelnīja 72 % no vīriešu algas; grūtnieces saskārās ar aizspriedumiem, neskatoties uz vienlīdzīgas samaksas likumiem.	Nodarbināti 78 % vīriešu un 56 % sieviešu; NVO ziņo, ka joprojām pastāv neobjektīvā atalgojuma un paaugstināšanas jomā.
	Darba drošība un veselības aizsardzība (darbinieki ar darba veselības apdrošināšanu (%))	88	90	7,4	48,7
	Nodarbinātības koeficients (%)	60 %	63 %	69 %	57 %
Vietējā kopiena	Pieklūve materiālajiem resursiem	Uzņēmums kukaiņu ražošanai izmanto vietējos	Tas piedāvā ilgtspējīgus produktus, kas samazina	Uzņēmums savu produkciju iegūst no aņšovu zvejas.	Tajā tiek izmantota sertificēta progresīva

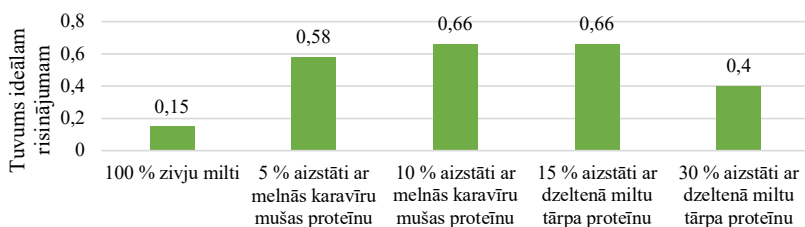
3.9. tabulas turpinājums

		pārtikas atkritumus un organiskos blakusproduktus.	metāna, ūdens un zemes patēriņu.		tehnoloģija drošībai, produktivitātei un ilgtspējībai.
Piekļuve nemateriāliem resursiem		Laba pieejamība	Laba pieejamība	Sarežģīta piekļuve	Sarežģīta piekļuve
Vērtību ķēdes dalībnieki (izņemot patērētājus)	Sociālās atbildības veicināšana/Piegādātāju attiecības	Resursu maksimizēšana, izmantojot vietējos pārtikas atkritumus un organiskos blakusproduktus, izmantojot rūpnieciskās sinerģijas.	Tā prioritāri pievēršas ietekmei uz vidi, ražojot ilgtspējīgus produktus un atkārtoti izmantojot piegādes kastes.	Uzņēmums veido ilgtermiņa partnerības, lai uzlabotu dzīves kvalitāti un atbalstītu darbinieku izaugsmi.	Tā atbalsta vietējās kopienas un motivē darbiniekus ar karjeras izaugsmi un papildu priekšrocībām.
Sabiedrība	Publiskas apņemšanās ilgtspējības jautājumos	77,9	59,3	39,8	43,6
	Ieguldījums ekonomiskajā attīstībā	3,8 %	3,3 %	2,7 %	2,9 %
	Nabadzības mazināšana	1,18 %	1,96 %	4,22 %	6,07 %
Novērtēšanas skala:	+2	+1	0	-1	-2

Rezultāti liecina, ka uz kukaiņu bāzes ražotām olbaltumvielu alternatīvām ir labāki sociālie rezultāti nekā pārējiem diviem olbaltumvielu avotiem. Jo īpaši labāki rezultāti ir saistīti ar ilgtspējas principu ievērošanu, taisnīgu atalgojumu, darba apstākļiem un resursu pieejamību. Zivju miltu olbaltumvielu sociālais novērtējums ir negatīvāks, īpaši attiecībā uz vietējo resursu noplicināšanu, kā arī darba vidi. Līdzīgi, arī sojas olbaltumvielu sociālais novērtējums ir negatīvs, un darba vide rada negatīvu sociālo ietekmi.

Lietderības vērtība

Lietderīgās vērtības mērķis ir atrast labāko zivju barības alternatīvu, ņemot vērā barības ietekmi uz vidi, barības izmaksas, sociālo ietekmi un barības tehniskos parametrus no ACA, E-ACA un S-ACA novērtējumiem. *TOPSIS* un jutīguma analīzes ievades vērtības norādītas 12. publikācijā, 3.7. attēlā redzami *TOPSIS* rezultāti piecām dažāda sastāva zivju barībām. Šajā gadījumā 100 % zivju miltu alternatīvai ir viszemākais vērtējums, un tas ir parastais zivju barības sastāvs. Tomēr labākās alternatīvas ir – 10 % aizstāti ar melnās karavīru mušas proteīnu un 15% aizstāti ar dzeltenā miltu tārpa proteīnu, lai gan tiek izmantotas nedaudz atšķirīgas sastāvdaļu proporcijas un dažādas alternatīvas olbaltumvielu izejvielas, taču iegūts viens un tas pats rezultāts.



3.7. att. Zivju barības sastāva alternatīvu lietderības vērtības salīdzinājums, *TOPSIS* rezultāts.

3.3.2. Lietderības vērtības pieeja valsts rūpniecības sektoram

Lai noskaidrotu esošo un videi draudzīgāko metāla kausēšanas krāšņu tehnoloģiju izmantošanas iespējas Latvijā, tika veikta SVID analīze, lai noskaidrotu stratēģisko piemērotību kā Latvijas metalurģijas uzņēmumu efektivitātes analīzi un noteiktu astoņu kausēšanas krāšņu lietderības vērtību pēc 11 kritērijiem, izmantojot *TOPSIS* metodi.

Lai noteiktu stratēģisko atbilstību, tika veikta literatūras analīze par tehnoloģiskajiem procesiem, kā arī intervijas ar nozares pārstāvjiem [85], [86]– [87]. Metālapstrādes uzņēmumi visā valstī paļaujas uz savu spēku un resursiem, kas saņemti no vietējiem pārdevējiem. Uzņēmumi kā kurināmo izmanto dabasgāzi koksa vietā (vai arī koksa daudzums tiek samazināts līdz minimumam, tāpat kā uzņēmumos “Hidrolats”, “Evan Group” un “Fonekss Metals”).

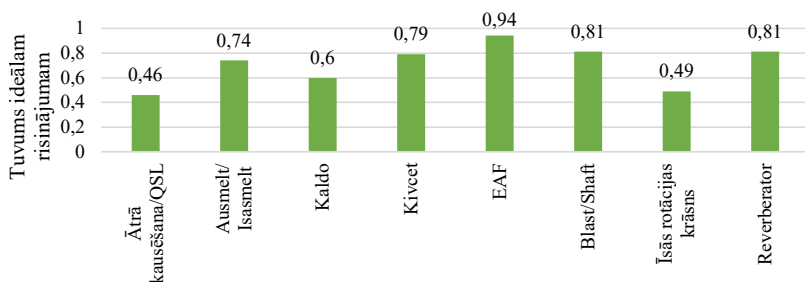
Latvijas metāllūzņu kausēšanas nozares **stiprās puses** ir tās kompakta ģeogrāfiskā atrašanās vieta, kas samazina loģistikas izmaksas. Modernizētas iekārtas palielina efektivitāti un samazina enerģijas patēriņu. Ieinteresēto personu cieša sadarbība un tiešas attiecības ar klientiem palielina uzticamību. Metālu pārstrāde un atkārtota izmantošana atbalsta ilgtspējību, un vairāki savākšanas punkti veicina sabiedrības līdzdalību.

Nozares **vājās puses** ir kvalificētu darbinieku trūkums un novecojušas tehnoloģijas ierobežotā modernizācijas finansējuma dēļ. Tā ir ļoti energoietilpīga, atkarīga no viena enerģijas piegādātāja, tai ir maz ilgtspējīgu alternatīvu. Neliels pārdošanas tirgus un pieaugošās vides prasības palielina finansiālo nestabilitāti un apgrūtina ilgtermiņa plānošanu.

Nozarei ir **iespējas** piesaistīt ārvalstu ekspertus, partnerus un investorus, lai veicinātu tehnoloģisko un ekonomisko izaugsmi. Paplašināšanās ārvalstu tirgos, CO₂ uztveršanas sistēmu ieviešana un pētījumi par alternatīviem enerģijas avotiem var uzlabot ilgtspējību un efektivitāti.

Draudi ietver darbaspēka novecošanos, prasmju trūkumu un pieaugošās izejvielu cenas, kas samazina peļņu un likviditāti. Tirgus un politiskā nestabilitāte, kā arī svārstīgās enerģijas cenas un piegādātāju maiņa palielina finanšu riskus un attur no ieguldījumiem modernās, videi draudzīgās iekārtās.

Lai novērtētu dažādu metāllūžņu kausēšanas tehnoloģiju lietderības vērtību, tika definētas astoņas kausēšanas krāsni, salīdzinot tās atbilstoši 11 tehniskiem un vides kritērijiem, izmantojot MKLA metodi *TOPSIS* (detalizētas ievades datu vērtības sniegtas 11. publikācijā). 3.8. attēlā redzami rezultāti liecina, ka, pamatojoties uz ievades datiem, kā arī pēc *TOPSIS* metodes novērtējuma, visefektīvākā ir elektriskā loka krāsns (*EAF*). Darbā iegūtais rezultāts par Latviju atbilst citu zinātnisko pētījumu atzinumiem par starptautisko praksi.



3.8. att. Metāla kausēšanas krāšņu lietderības vērtības salīdzinājums, *TOPSIS* rezultāts.

Stratēģiskā atbilstība parādīja, ka metāllūžņu kausēšanas vai pārstrādes nozare Latvijā ir izaugsmes vieta, kas ir tieši saistīta ar nozares augsto energointensitāti, un ka ir nepieciešams rast risinājumus videi draudzīgākām tehnoloģijām un atjaunojamo energoresursu izmantošanai, kā arī nozarei ir jāpaplašinās ārpus valsts robežām, lai nodrošinātu finansiālo stabilitāti.

Lietderības vērtības analīze parādīja, ka puse no apskatītajām metāla kausēšanas krāsnīm ir diezgan tuvu ideālajam variantam. *EAF* galvenā priekšrocība ir spēja strādāt ar lielu metāllūžņu daudzumu, kā arī relatīvi zems svina daudzums atkritumos, zemās SO₂ un CO₂ emisijas. Pateicoties spējai izmantot elektrību, šai krāsnij raksturīgs arī zems fosilā kurināmā patēriņš, un, ņemot vērā iespēju izmantot no atjaunojamiem energoresursiem saražoto elektrību, *EAF* var uzskatīt par videi draudzīgāko, salīdzinot ar citām analizētajām metāla kausēšanas krāsnīm.

3.3.3. Lietderības vērtības pieeja starptautiskajā enerģētikas sektorā

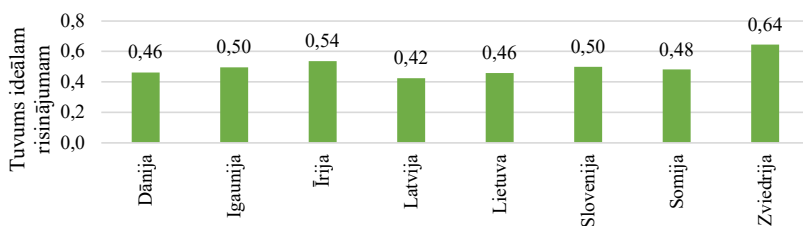
Stratēģiskā atbilstība tika novērtēta, veicot kvantitatīvo un kvalitatīvo datu analīzi izvēlētajām ES valstīm, kas pēc tam tika salīdzinātas, izmantojot *TOPSIS* metodi saskaņā ar definētiem kvantitatīviem kritērijiem, lai noteiktu SEG emisiju rādītājus.

SEG emisiju rādītāju salīdzināšanai tika izvēlētas astoņas ES valstis, nodrošinot to, ka tiek aptverta atšķirīgā valstu vides, ekonomiskā un politiskā vide. Galvenais atskaites punkts valstu izvēlei salīdzināšanai bija enerģijas patēriņa SEG emisiju intensitāte. Latvija tika izvēlēta par galveno analīzes fokusu līdzās Īrijai un Slovēnijai, kas klasificētas kā vidēji intensīvas SEG. Igaunija un Lietuva tika izvēlētas kā valstis ar augstu SEG intensitāti, savukārt Somija, Dānija un Zviedrija tika izvēlētas, lai pārstāvētu valstis ar relatīvi zemu SEG intensitāti. Detalizēta datu analīze sniegta 2. publikācijā.

SEG novērtējumā tika ņemti vērā literatūras apskata rezultāti par kritērijiem, kas izmantojami starpvalstu salīdzinājumiem, kā arī atbilstošie *Eurostat* datubāzes dati par 2005.–2015. gada periodu, kas tika normalizēti, izmantojot *MIN-MAX* metodi, lai nodrošinātu rādītāju salīdzināmību.

Kritēriju svaru noteikšanai tika izmantota AHP metode, kur kritēriji tika salīdzināti pa pāriem skalā no 1 līdz 9, un novērtējumu veica pieci eksperti. Vērtētie kritēriji ir šādi: SEG emisijas uz vienu iedzīvotāju (kā primārais emisiju intensitātes rādītājs); ieņēmumi no vides nodokļiem (atspoguļo vides politikas lomu fiskālajos pasākumos); māsasaimniecību enerģijas patēriņš uz vienu iedzīvotāju (norāda enerģijas pieprasījumu mājokļu līmenī); investīcijas kā daļa no IKP (atspoguļo ekonomisko progresu un ilgtspējību); cietā fosilā kurināmā patēriņš (kā galvenais SEG emisiju avots); atjaunojamās enerģijas patēriņš (norāda pāreju uz tīrākiem enerģijas avotiem).

3.9. attēlā redzami *TOPSIS* rezultāti astoņām ES valstīm, kas sakārtotas pēc to SEG emisijām laika posmā no 2005. līdz 2015. gadam. Iegūtie *TOPSIS* rezultāti ir relatīvi līdzīgi, taču vislabākos rezultātus uzrāda Zviedrija ar zemākām emisijām uz vienu iedzīvotāju un augstu atjaunojamās enerģijas patēriņu. Īrija ieņem otro vietu, galvenokārt pateicoties augstiem vides nodokļu ieņēmumiem un zēmam fosilā kurināmā patēriņam, neskatoties uz to, ka tai ir visaugstākās SEG emisijas uz vienu iedzīvotāju. Latvija savukārt ieņem pēdējo vietu galvenokārt augstā māsasaimniecību enerģijas patēriņa un cietā fosilā kurināmā izmantošanas dēļ.



3.9. att. Lietderīguma vērtību salīdzinājums valstīm atbilstoši SEG rādītājiem, *TOPSIS* rezultāts.

Lai gan valstis tika izvēlētas, pamatojoties uz stratēģisko piemērotību ar atšķirīgo vides, ekonomisko un politisko fonu, iegūtās lietderības vērtības ir relatīvi līdzīgā diapazonā. Tas nozīmē, ka globālo SEG emisiju saistību izpildei ir iespējama un ieteicama starpvalstu pieredzes apmaiņa.

3.3.4. Lietderības vērtības pieeja pašvaldību enerģijas sektoram

Tika noteikta atjaunojamo energoresursu izmantošanas stratēģiskā iespējamība un lietderības vērtība vienā no Latvijas pašvaldībām, salīdzinātas iespējamās AER tehnoloģijas, kā arī centralizētās (CSA) un individuālās (ISA) apkures alternatīvas.

Carnikavas siltumapgādes sistēma ietver sešas savstarpēji savienotas katlumājas un siltumtīklus. Siltumtīklu kopējais garums ir 2837 m, no kuriem 1156 m ir rūpnieciski izolēti. Visās katlumājās ir *Viessmann* dabasgāzes katli ar dažādu jaudu – no 520 kW līdz 1500 kW. Zudumi siltumtīklos svārstās no 15 % līdz 17 %. Zudumu vērtība norāda, ka siltuma pārvades infrastruktūra ir sliktā stāvoklī.

Saskaņā ar 2019. gada datiem pašvaldībā dzīvo vairāk nekā 9500 iedzīvotāju, un tika analizētas sešas pašvaldības ēkas. Pašvaldību ēkas ir ļoti dažādas pēc to funkcionalitātes un ēku īpašībām, tās nav pieslēgtas centralizētās siltumapgādes sistēmai. Pamatojoties uz vidējo mēneša siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņu no 2019. gada līdz 2021. gadam, lielākie enerģijas patērētāji ir pamatskola, pirmsskolas izglītības iestāde un biroju ēka. Vislielākais siltumenerģijas patēriņš ir apkures sezonā, īpaši ziemā. Vasarā siltumenerģijas patēriņš ir karstā ūdens sagatavošanai.

Tika analizētas dažādas AER alternatīvas 28 dzīvojamām, sešām pašvaldības un piecām komerciālas ēkām pašvaldībā, lai veicinātu AER resursu izmantošanu un aizstātu dabasgāzes izmantošanu.

CSA1 Šķeldas katls ar dūmgāzu kondensatoru

CSA 2 Šķeldas katls ar saules paneļiem un siltumsūkni

CSA3 Šķeldas katls ar saules paneļiem un siltumenerģijas akumulāciju

CSA4 Granulu katls

CSA5 Granulu katls, saules paneļi un siltumsūkni

CSA6 Granulu katls, saules kolektori un siltumenerģijas akumulācija

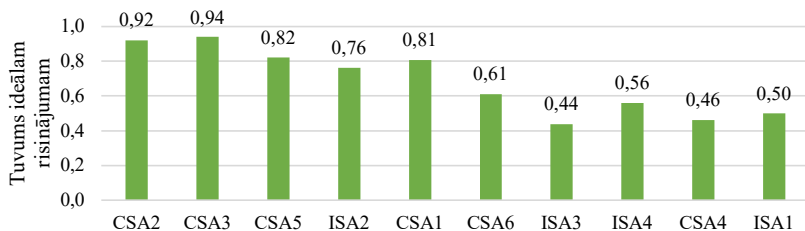
ISA1 Granulu katls

ISA2 Siltumsūkni un saules paneļi

ISA3 Saules kolektori ar siltumenerģijas akumulāciju un dabasgāzes katls

ISA4 Saules kolektori ar siltumenerģijas akumulāciju un granulu katls

Scenāriju lietderības vērtību rezultāti redzami 3.10. attēlā. Labākās CSA alternatīvas ir šķeldas katls ar saules paneļiem un siltumsūkni, kā arī šķeldas katls ar saules paneļiem un siltumenerģijas akumulāciju. Labākie ISA ir siltumsūkni ar saules paneļiem, kā arī saules kolektori ar siltumenerģijas akumulāciju un dabasgāzes katlu.



3.10. att. AER tehnoloģiju lietderības vērtības salīdzinājums siltumapgādē pašvaldību sabiedriskajās un dzīvojamās ēkās, *TOPSIS* rezultāts.

Ņemot vērā gadījuma izpēti un atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanas siltumapgādē stratēģisko nozīmi, kā arī scenāriju izvērtēšanu atbilstoši lietderības vērtībai, kur tika ņemti vērā vides, ekonomiskie un sociālie kritēriji, tika iegūts samērā plašs alternatīvu izvērtējums, kas lēmumu pieņēmējiem palīdzēs saprast, kādā virzienā turpināt un īstenot iesāktu pašvaldību energosektora attīstības plānu.

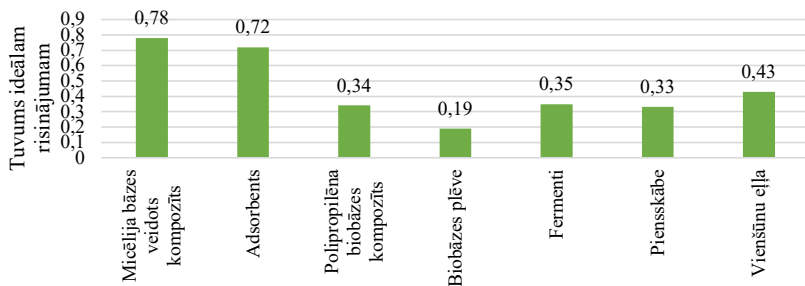
3.3.5. Lietderības vērtības pieeja lauksaimniecības nozarē

Tradicionāli lauksaimniecības kliju blakusprodukti tiek izmantoti kā atkritumi vai pievienoti lopbarībai. Tomēr to lietošanas potenciāls augstas pievienotās vērtības produktu ražošanā var būt lielāks par tradicionālo izmantošanu.

Pārskatot pieejamo zinātnisko literatūru, tika noteikta stratēģiskā atbilstība un iegūti aptuveni 30 produkti, kuros var izmantot kviešu blakusproduktus. Produkti tika iegūti no četriem kviešu blakusproduktiem – klijām, salmiem, sēnalām un malšanas putekļiem. Kvieši ir arī visizplatītākais graudaugu veids Latvijā un pasaulē [88,89]. No šiem blakusproduktiem visplašāk tiek izmantotas klijas, savukārt putekļus izmanto tikai viena produkta – bioloģiskas izcelsmes iepakojuma – ražošanai [90].

Ar *TOPSIS* metodi tika salīdzināti septiņi produkti (kompozīts uz micēlija bāzes, kompozīts uz propilena biobāzes, absorbents, bioplēve, fermenti, pienskābe un viensūnu eļļa), kas tika salīdzināti pēc to komercializācijas potenciāla, pamatojoties uz vides, sociālajiem, ekonomiskajiem un tehniskajiem kritērijiem (5. publikācija). Kritērijus eksperti novērtēja piecu punktu skalā: 1 – neatbilst prasībām; 5 – atbilst prasībām, izņemot produktu cenu salīdzināšanas kritēriju, kas tiek vērtēts procentos.

TOPSIS rezultāti (3.15. att.) liecina, ka ilgtspējīgākā kliju blakusproduktu iespēja ir biokompozītu ražošana, pateicoties labvēlīgajai produktu cenai. Tomēr, ja cena kā kritērijs tiktu izslēgta, visaugstāk tiktu ierindota viensūnu eļļa. Vēl viens labs rezultāts tika sasniegts, ražojot absorbentu no kliju blakusprodukta, pateicoties tā zemākām izmaksām un ietekmei uz vidi, salīdzinot ar parastajiem adsorbentiem.



3.11. att. Klīju blakusproduktu izmantošanas lietderīgās vērtības salīdzinājums, *TOPSIS* rezultāts.

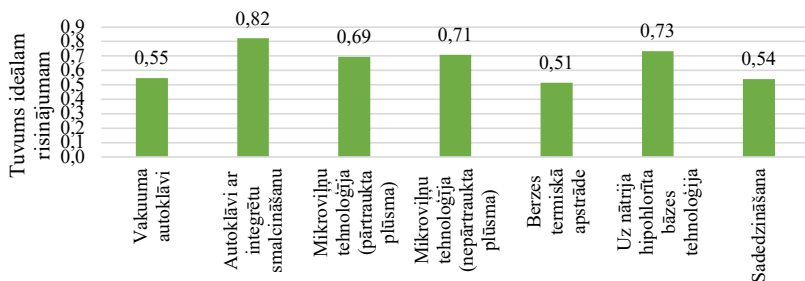
Kā redzams no stratēģiskās piemērotības, ir vairākas nozares, kurās ir iespējams valorizēt lauksaimniecības kviešu blakusproduktus, un šos produktus pēc tam var izmantot dažādās nozarēs. Tomēr, nosakot lietderības vērtību, starp analizētajām iespējām parādās liela atšķirība, kas, protams, atvieglo lēmumu pieņemšanu.

3.3.6. Lietderības vērtības pieeja starptautiskajā rūpniecības sektorā

Infekciozo veselības aprūpes atkritumu daudzuma pieaugums un prasība samazināt atkritumu daudzumu, kas tiek apglabāts poligonos, kā arī pāreja uz aprites ekonomiku rada nepieciešamību pēc efektīvas šāda veida atkritumu apsaimniekošanas. Līdz ar to tika pārbaudīta infekciozo atkritumu apstrādes tehnoloģiju stratēģiskā piemērotība, salīdzinot tās pēc vides, tehniskajiem un sociālajiem kritērijiem un izmantojot izmaksu un ieguvumu pieeju.

Veselības aprūpes atkritumu apstrādes tehnoloģiju salīdzināšanai stratēģijas izstrādei tika izvēlētas septiņas atkritumu apstrādes tehnoloģijas, kuru pilns apraksts sniegts 4. publikācijā.

3.14. attēlā redzami lietderības vērtības rezultāti, kas iegūti, izmantojot MKLA metodi *TOPSIS*, un augstākais novērtējums ir autoklāvam ar integrētu smalcināšanas atkritumu apstrādes tehnoloģiju ar vērtību 0,82, otra labākā tehnoloģija pēc kritērija ir ķīmiskās apstrādes tehnoloģija – nātrija hipohlorīta tehnoloģija ar vērtību 0,73.



3.12. att. Lietderības vērtības salīdzinājums infekciozo veselības aprūpes atkritumu tehnoloģijām, *TOPSIS* rezultāts.

Tehnoloģiju novērtējums ir būtisks pirmais lēmuma pieņemšanas solis, taču stratēģiskā atbilstība no ekonomiskā aspekta var būt viens no noteicošajiem faktoriem tehnoloģiju izvēlē.

4. SECINĀJUMI

Šajā promocijas darbā ir ieviests visaptverošs, bet elastīgs daudzfaktoru lēmumu pieņemšanas metodoloģiskais ietvars, kura mērķis ir uzlabot ilgtspējīgu lēmumu pieņemšanu resursu vērtības ķēdēs. Izstrādātā metodoloģija balstīta pakāpeniskas sarežģītības ietvarā, kas apvieno trīs svarīgus lēmumu pieņemšanas līmeņus – stratēģisko atbilstību, ilgtspējības novērtējumu un lietderības vērtību – un ir aktuāla starptautiskā, valsts, pašvaldību un nozaru līmenī enerģētikas, atkritumu apsaimniekošanas, rūpniecības un lauksaimniecības jomās.

Šī metodoloģija ļauj veikt daudzfaktoru analīzi, izmantojot gan kvalitatīvos, gan kvantitatīvos datus un nodrošinot to, ka lēmumi atbilst vides, ekonomiskajiem un sociālajiem standartiem. Tā atbalsta konsekventus, ilgtspējīgus rezultātus visos pārvaldības līmeņos un ļauj gan neatkarīgi izmantot, gan integrēt starpnozaru datus, sasaistot starptautiskos un vietējos mērķus, nesarežģījot lēmumu pieņemšanu.

Metodoloģija tika pielāgota deviņiem dažādiem pētījumiem, no kuriem katram bija jāidentificē ilgtspējīgākie risinājumi dažādos resursu vērtības ķēdes segmentos. Šie lietojumi apstiprināja promocijas darba hipotēzi: daudzfaktoru metodoloģija, kas balstīta pakāpeniskā sarežģītībā, var veiksmīgi vadīt lēmumu pieņemšanu vairākos pārvaldības līmeņos un resursu sektoros, vienlaikus nosakot vispiemērotākos ilgtspējīgos rezultātus.

Stratēģiskās atbilstības līmenī metodoloģija atvieglo iespējamo risinājumu sākotnējo izvērtēšanu gan kvalitatīvi, gan kvantitatīvi, pamatojoties uz to atbilstību stratēģiskajiem mērķiem. Piemēram, gadījuma izpēte par enerģijas patēriņu Latvijas lauksaimniecības apakšnozārēs uzsvēra nepieciešamību izstrādāt reģionam un nozarei specifiskas attīstības un rīcības stratēģijas ilgtspējības mērķu sasniegšanai.

Ilgspējības novērtējuma līmenis piedāvā padziļinātu vides, ekonomiskās vai sociālās ietekmes analīzi, kas pielāgota konkrētajam kontekstam. Tas tika pielāgots gadījuma izpētei no valsts atkritumu nozares attiecībā uz infekcioziem veselības aprūpes atkritumiem, kā arī tika novērtēts izlietoto zvejas tīklu un zvejas tīklu ražošanas atgriezumam risinājums, izmantojot aprites cikla novērtējumu, vides ietekmju netiešo izmaksu novērtējumu un sociālā aprites cikla novērtējumu, nodrošinot stabilu pamatu uz ilgtspējību orientētai lēmumu pieņemšanai.

Lietderības vērtības līmenis paplašina lēmumu pieņemšanas perspektīvu, atvieglojot viendimensionālu vai daudzdimensionālu novērtējumu veikšanu, kas pielāgota konkrētām kontekstuālām vajadzībām, izmantojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzi. Šī fāze ir ļoti svarīga alternatīvu risinājumu salīdzināšanai un vispusīgu lēmumu nodrošināšanai. Zivju barības gadījuma izpētē tika izmantota pilnīga metodoloģija, sākot ar lauksaimniecības blakusproduktu stratēģisko nozīmi un beidzot ar vides, ekonomiskajiem, sociālajiem novērtējumiem (izmantojot ACA, E-ACA, S-ACA) un tehnisko novērtējumu, kā rezultātā tika iegūts visaptverošs lietderības vērtības spriedums, ka tradicionālās izejvielas nav tik ilgtspējīgas kā alternatīvās izejvielas. Lietderības vērtības novērtējumi tika aprobēti arī citu nozaru gadījuma izpētēs, piemēram, metāllūžņu kausēšanas tehnoloģiju prioritāšu noteikšanā Latvijā, astoņu Eiropas valstu SEG emisiju salīdzinošajā vērtējumā, AER tehnoloģiju ieviešanas potenciāla novērtējumā pašvaldībās, kliju blakusproduktu izmantošanas novērtējumā un globālos infekciozos veselības aprūpes atkritumu apstrādes tehnoloģiju salīdzinājumos. Visās

gadījuma izpētēs tika demonstrēta daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīzes pielāgojamība dažādām resursu vērtības ķēdes problēmām un lēmumu tvērumiem (starptautiskam, valsts, pašvaldību un nozaru).

Kopumā izstrādātā metodoloģija sniedz nozīmīgu ieguldījumu ilgtspējīgas un viedas resursu vērtības ķēdes pārvaldībā. Ieinteresētajām pusēm (politikas veidotājiem, pašvaldību darbiniekiem, uzņēmumu īpašniekiem, investoriem u. c.) tā dod iespēju pieņemt stratēģiskus, uz ilgtspējību un ekspertu definēto vērtību orientētus lēmumus, veicinot resursu vērtību ķēžu sistēmisku pārveidi. Tas izcili saskan ar Eiropas Zaļā kursa mērķiem un veicina šī stratēģiskā dokumenta pamatmērķa sasniegšanu – klimatnoturīgas tautsaimniecības izveidi.

LITERATŪRAS AVOTI

- [1] K. Niemets, K. Kravchenko, Y. Kandyba, P. Kobylin, and C. Morar, World cities in terms of the sustainable development concept, *Geography and Sustainability* (2021).
- [2] European Commission, *The European Green Deal* (2019).
- [3] Eurostat, *Resource Productivity Statistics*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Resource_productivity_statistics.
- [4] Eurostat, *Resource Productivity*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_rp/default/bar?lang=en.
- [5] H. Wang, Y. Wei, Y. Wu, X. Wang, Y. Wang, G. Wang, and Q. Yue, Spatiotemporal dynamics and influencing factors of the global material footprint, *Environmental Science and Pollution Research* **29**, 18213 (2022).
- [6] S. Liang, H. Wang, S. Qu, T. Feng, D. Guan, H. Fang, and M. Xu, Socioeconomic Drivers of Greenhouse Gas Emissions in the United States, *Environ Sci Technol* **50**, 7535 (2016).
- [7] M. L. Ríos-Rodríguez, J. M. Salgado-Cacho, and P. Moreno-Jiménez, What Impacts Socially Responsible Consumption?, *Sustainability* **13**, (2021).
- [8] European Commission, *A New Circular Economy Action Plan* (2020).
- [9] European Commission, *REPowerEU Plan* (2022).
- [10] Eurostat, *Shedding Light on Energy in Europe – 2025 Edition*, https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2025?utm_source=chatgpt.com.
- [11] Eurostat, *Share of Energy from Renewable Sources*, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_ind_ren/default/bar?lang=en.
- [12] Eurostat, *Renewable Energy Statistics*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics.
- [13] Eurostat, *Energy Statistics – an Overview*, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview.
- [14] K. Locmelis, A. Blumberga, U. Bariss, D. Blumberga, and L. Balode, Industrial energy efficiency towards green deal transition. Case of Latvia, *Environmental and Climate Technologies* **25**, 42 (2021).
- [15] V. Viksnina and I. Leibus, *Implementation of Agricultural Innovation to Confirm Climate Neutrality and Related Issues*, in (2022), pp. 60–67.
- [16] L. Melece, *Challenges and Opportunities of Circular Economy and Green Economy*, 2016.
- [17] I. Zepa and V. H. Hoffmann, Policy mixes across vertical levels of governance in the EU: The case of the sustainable energy transition in Latvia, *Environ Innov Soc Transit* **47**, 100699 (2023).
- [18] T. B. Long and V. Blok, Niche level investment challenges for European Green Deal financing in Europe: lessons from and for the agri-food climate transition, *Humanit Soc Sci Commun* **8**, 269 (2021).

- [19] G. Perino, J. Jarke-neuert, F. Schenuit, M. Wickel, and C. Zengerling, Closing the Implementation Gap: Obstacles in Reaching Net-Zero Pledges in the EU and Germany, *Politics and Governance* **10**, 213 (2022).
- [20] A. Sikora, European Green Deal – legal and financial challenges of the climate change, *ERA Forum* **21**, 681 (2021).
- [21] F. Smith, Natural resources and global value chains: What role for the WTO?, *Int J Law Context* **11**, 135 (2015).
- [22] United Nations Environment Programme, *Catalysing Science-Based Policy Action on Sustainable Consumption and Production – The Value-Chain Approach & Its Application to Food, Construction and Textiles*, 2021.
- [23] R. M. Wise, I. Fazey, M. Stafford Smith, S. E. Park, H. C. Eakin, E. R. M. Archer Van Garderen, and B. Campbell, Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response, *Global Environmental Change* **28**, 325 (2014).
- [24] A. M. Castellón-Flores, E. Molina-Perez, I. Molina, P. M. Cortes, F. Sobrino, and L. Serra-Barragan, Integrative and syntactic complexity’s role in decision-making under uncertainty, *Front Psychol* **15**, (2024).
- [25] L. J. Colfer and C. Y. Baldwin, The mirroring hypothesis: Theory, evidence, and exceptions, *Industrial and Corporate Change* **25**, 709 (2016).
- [26] N. Burton and P. Galvin, When do product architectures mirror organisational architectures? The combined role of product complexity and the rate of technological change, *Technol Anal Strateg Manag* **30**, 1057 (2018).
- [27] N. Burton and P. Galvin, Modularity, value and exceptions to the mirroring hypothesis, *J Bus Res* **151**, 635 (2022).
- [28] J. Wei, Y. Yang, and S. Li, Mirror or no mirror? Architectural design of cross-border integration of Chinese multinational enterprises, *Asia Pacific Journal of Management* **38**, 1399 (2021).
- [29] A. Azoulay, ‘Breaking the Mirror’ to Face Digital Convergence: The Role of Selective Mirroring in the Trade-Off between Value Creation and Capture Mechanisms, *Management (France)* **26**, 52 (2023).
- [30] L. De Vito and G. Taffoni, Strategic Foresight and Policy Evaluation: Insights for an Integrated Approach, *European Journal of Risk Regulation* **14**, 800 (2023).
- [31] B. George, Successful Strategic Plan Implementation in Public Organizations: Connecting People, Process, and Plan (3Ps), *Public Adm Rev* **81**, 793 (2021).
- [32] A. C. Edmondson and T. Zuzul, *Quantitative and Qualitative Methods in Organizational Research*, in *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management*, edited by M. Augier and D. J. Teece (Palgrave Macmillan UK, London, 2016), pp. 1–5.
- [33] R. W. Puyt, F. B. Lie, and C. P. M. Wilderom, The origins of SWOT analysis, *Long Range Plann* **56**, 102304 (2023).
- [34] B. Phadernrod, R. M. Crowder, and G. B. Wills, Importance-Performance Analysis based SWOT analysis, *Int J Inf Manage* **44**, 194 (2019).
- [35] M. Hayati, S. Mahdevari, and K. Barani, An improved MADM-based SWOT analysis for strategic planning in dimension stones industry, *Resources Policy* **80**, 103287 (2023).

- [36] J. Matos, C. Martins, C. L. Simões, and R. Simoes, Comparative analysis of micro level indicators for evaluating the progress towards a circular economy, *Sustain Prod Consum* **39**, 521 (2023).
- [37] N. F. Dieckmann, E. Peters, R. Gregory, and M. Tusler, Making sense of uncertainty: advantages and disadvantages of providing an evaluative structure, *J Risk Res* **15**, 717 (2012).
- [38] S. Sala, B. Ciuffo, and P. Nijkamp, A systemic framework for sustainability assessment, *Ecological Economics* **119**, 314 (2015).
- [39] International Organization for Standardization, ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework, (2006).
- [40] International Organization for Standardization, ISO 14044 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines, (2006).
- [41] European Commission, *Life Cycle Assessment & the EF Methods*, https://greenforum.ec.europa.eu/environmental-footprint-methods/life-cycle-assessment-ef-methods_en.
- [42] PRé Sustainability, SimaPro Database Manual. Methods Library, 2022.
- [43] PRé Sustainability, *A Guide to Life Cycle Costing*, <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-costing-in-more-detail/>.
- [44] M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum, and S. I. Olsen, *Life Cycle Assessment*, 2018.
- [45] J. De Vries, S. De Bruyn, S. Boerdijk, D. Juijn, M. Bijleveld, C. Van Der Giesen, M. Korteland, N. Odenhoven, W. Van Santen, and S. Pápai, *Environmental Prices Handbook 2024: EU27 Version*, 2024.
- [46] World Bank, *A Global Database of Inflation*, <https://www.worldbank.org/en/research/brief/inflation-database>.
- [47] Directorate General for Economic and Financial Affairs, *Economic Forecast for the Euro Area*, https://economy-finance.ec.europa.eu/economic-surveillance-eu-economies/economic-forecast-euro-area_en?utm_source=chatgpt.com.
- [48] R. T. Fauzi, P. Lavoie, L. Sorelli, M. D. Heidari, and B. Amor, Exploring the Current Challenges and Opportunities of Life Cycle Sustainability Assessment, *Sustainability* **11**, (2019).
- [49] S. Graumann, *Social Services Ethics, Overview*, in *Encyclopedia of Applied Ethics (Second Edition)*, edited by R. Chadwick (Academic Press, San Diego, 2012), pp. 175–181.
- [50] United Nations Environment Programme, *Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*, 2021.
- [51] D. Su and Y. Wu, *Sustainable Product Development*. (Springer, 2020).
- [52] International Organization for Standardization, ISO 14075:2024 Environmental management — Principles and framework for social life cycle assessment, (2024).
- [53] C. Benoît-Norris, G. Vickery-Niederman, S. Valdivia, J. Franze, M. Traverso, A. Ciroth, and B. Mazijn, Introducing the UNEP/SETAC methodological sheets for subcategories of social LCA, *Int J Life Cycle Assess* **16**, 682 (2011).

- [54] G. Arcese, M. C. Lucchetti, and R. Merli, Social life cycle assessment as a management tool: Methodology for application in tourism, *Sustainability (Switzerland)* **5**, 3275 (2013).
- [55] United Nations Environment Programme, *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organisations*, <https://www.lifecycleinitiative.org/library/guidelines-for-social-life-cycle-assessment-of-products-and-organisations-2020/>.
- [56] F. Haag, A. H. Aubert, and J. Lienert, ValueDecisions, a web app to support decisions with conflicting objectives, multiple stakeholders, and uncertainty, *Environmental Modelling & Software* **150**, 105361 (2022).
- [57] N. Schuwirth, C. Stamm, and P. Reichert, *Incorporation of Uncertainty in Decision Support to Improve Water Quality*, 2012.
- [58] F. Haag and A. Chennu, Assessing whether decisions are more sensitive to preference or prediction uncertainty with a value of information approach, *Omega (Westport)* **121**, 102936 (2023).
- [59] R. A. Estévez, F. H. Alamos, T. Walshe, and S. Gelcich, Accounting for Uncertainty in Value Judgements when Applying Multi-Attribute Value Theory, *Environmental Modeling & Assessment* **23**, 87 (2018).
- [60] R. Mosadeghi, J. Warnken, R. Tomlinson, and H. Mirfenderesk, Uncertainty analysis in the application of multi-criteria decision-making methods in Australian strategic environmental decisions, *Journal of Environmental Planning and Management* **56**, 1097 (2013).
- [61] P. Beutler, T. A. Larsen, M. Maurer, P. Staufer, and J. Lienert, A participatory multi-criteria decision analysis framework reveals transition potential towards non-grid wastewater management, *J Environ Manage* **367**, 121962 (2024).
- [62] P. Thokala et al., Multiple criteria decision analysis for health care decision making – An introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force, *Value in Health* **19**, 1 (2016).
- [63] J. Langemeyer, E. Gómez-baggethun, D. Haase, S. Scheuer, and T. Elmqvist, *Environmental Science & Policy Bridging the gap between ecosystem service assessments and land-use planning through Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA)*, *Environ Sci Policy* **62**, 45 (2016).
- [64] V. Diaby, K. Campbell, and R. Goeree, Multi-criteria decision analysis (MCDA) in health care: A bibliometric analysis, *Oper Res Health Care* **2**, 20 (2013).
- [65] M. Tavana, M. Soltanifar, and F. J. Santos-Arteaga, Analytical hierarchy process: revolution and evolution, *Ann Oper Res* **326**, 879 (2023).
- [66] T. L. Saaty and M. S. Ozdemir, Why the magic number seven plus or minus two, *Math Comput Model* **38**, 233 (2003).
- [67] D. Yu and T. Pan, Tracing knowledge diffusion of TOPSIS: A historical perspective from citation network, *Expert Syst Appl* **168**, 114238 (2021).
- [68] M. Yazdani and A. F. Payam, A comparative study on material selection of microelectromechanical systems electrostatic actuators using Ashby, VIKOR and TOPSIS, *Mater Des* **65**, 328 (2015).

- [69] Latvian Centre for Environmental Geology and Meteorology, Summary of the 2024 Greenhouse Gas Inventory, 2024.
- [70] G. and M. C. Latvian Environment, *Public Access to the State Environmental Protection Statistical Reports “2-Air”, “2-Water” and “3-Waste,”* https://parissrv.lvgmc.lv/#viewType=home_view.
- [71] T. Zikhathile, H. Atagana, J. Bwapwa, and D. Sawtell, A Review of the Impact That Healthcare Risk Waste Treatment Technologies Have on the Environment, *Int J Environ Res Public Health* **19**, (2022).
- [72] European Parliament, Directive 2008/98/EC on waste and repealing certain Directives, Official Journal of the European Union (2008).
- [73] H. J. Fisher, S. A. Collins, C. Hanson, B. Mason, S. M. Colombo, and D. M. Anderson, Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture* **521**, 734978 (2020).
- [74] G. English, G. Wanger, and S. M. Colombo, A review of advancements in black soldier fly (*Hermetia illucens*) production for dietary inclusion in salmonid feeds, *J Agric Food Res* **5**, 100164 (2021).
- [75] The Fish Site, *Principles of Fish Nutrition*, <https://thefishsite.com/articles/principles-of-fish-nutrition>.
- [76] European Feed Manufacturers Federation, PEFCE Feed for Food-Producing Animals, 2018.
- [77] The Department of State, 2022 Country Reports on Human Rights Practices, 2023.
- [78] International Labour Organization, Statistics on Working Time, 2022.
- [79] International Labour Organization, Statistics on Safety and Health at Work, 2022.
- [80] International Labour Organization, Country Profiles, 2022.
- [81] International Labour Organization, Statistics on Employment, 2022.
- [82] S. Block, J. W. Emerson, D. C. Esty, A. de Sherbinin, and Z. A. Wendling, Environmental Performance Index Results, 2022.
- [83] The World bank, GDP Growth (Annual %) , 2022.
- [84] The World bank, Poverty, 2022.
- [85] VVD, *AB Atļaujas*, <https://registri.vvd.gov.lv/izsniegtas-atlajas-un-licences/a-un-b-atlajas/>.
- [86] J. P. George and V. R. Pramod, SWOT Analysis of Steel Re Rolling Mills (A comparative study of international brand with a local brand), *International Journal of Scientific and Research Publications* **3**, (2013).
- [87] ECORYS SCS Group, FWC Sector Competitiveness Studies - Competitiveness of the EU Metalworking and Metal Articles Industries, 268 (2009).
- [88] R. Wohlgemuth, T. Twardowski, and A. Aguilar, Bioeconomy moving forward step by step – A global journey, *N Biotechnol* **61**, 22 (2021).
- [89] Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia, LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBA 2020, 2020.

- [90] E. Comino, L. Dominici, and D. Perozzi, Do-it-yourself approach applied to the valorisation of a wheat milling industry's by-product for producing bio-based material, *J Clean Prod* **318**, 128267 (2021).



Beate Zlaugotne dzimusi 1996. gadā Ērgļos. Rīgas Tehniskajā universitātē (RTU) ieguvusi profesionālo bakalaura grādu apgērbu un tekstila tehnoloģijā (2019), RTU un Viļņas Ģedimīna tehniskajā universitātē (VĢTU) – dubulto maģistra grādu vides zinātnē (RTU; 2021) un vides inženierzinātnē (VĢTU; 2021). Kopš 2020. gada strādā RTU Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūtā (VASSI), kopš 2021. gada ir VASSI pētniece. Zinātniskās intereses saistītas ar ilgtspējības novērtēšanu, dzīves cikla analīzi, kā arī resursu un atkritumu efektīvu izmantošanu un apsaimniekošanu.