

Kaspars Kļavenieks

METODIKAS EFEKTĪVAI ATKRITUMU APSAIMNIEKOŠANAS SEKTORA PĀRVALDĪBAI

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Kaspars Kļavenieks

Doktora studiju programmas “Vides zinātne” doktorants

**METODIKAS EFEKTĪVAI ATKRITUMU
APSAIMNIEKOŠANAS SEKTORA
PĀRVALDĪBAI**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskā vadītāja
profesore *Dr. habil. sc. ing.*
DAGNIJA BLUMBERGA

Zinātniskā līdzvadītāja
Dr. sc. ing.
ANNA KUBULE

RTU Izdevniecība
Rīga 2019

Kļavenieks, K. Metodikas efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldībai. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2019. 36 lpp.

Iespiests saskaņā ar EEF Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta 2019. gada 17. jūnija lēmumu, protokols Nr. 105.

ISBN 978-9934-22-411-9 (print)
978-9934-22-412-6 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2019. gada ____ . _____ Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Āzenes ielā 12 k-1, ____ . auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesore *Dr. geogr.* Agrita Briede,
Latvijas Universitāte, Latvija

Asociētais profesors *Dr. sc. ing.* Raimondas Grubliauskas,
Viļņas Ģedimina tehniskā universitāte, Lietuva

Docents *Dr. sc. ing.* Dzintars Jaunzems,
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Kaspars Kļavenieks (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, trīs nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 27 attēli, sešas tabulas, pielikumi, kopā 123 lappuses. Literatūras sarakstā ir 64 nosaukumi.

SATURS

1. IEVADS	5
1.1. Tēmas aktualitāte	5
1.2. Pētījuma mērķis un uzdevumi	6
1.3. Hipotēze	6
1.4. Pētījuma struktūra	6
1.5. Zinātniskā novitāte	7
1.6. Praktiskā novitāte	7
1.7. Pētījuma rezultātu aprobācija	8
2. EFEKTĪVA ATKRITUMU APSAIMNIEKOŠANAS SEKTORA PĀRVALDĪBA	10
3. PĒTĪJUMA METODES	15
3.1. Datu ieguve	15
3.1.1. Statistikas datu avoti	15
3.1.2. Empīriskie dati par nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu Latvijā	15
3.2. Politikas instrumentu, tehnoloģisko risinājumu novērtējums, indikatoru aprēķini	16
3.2.1. Politikas instrumentu un tehnoloģisko risinājumu novērtējums	16
3.2.2. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas novērtējums, izmantojot integrēta indikatora aprēķinu metodiku	16
3.3. Alternatīvu analīze	17
3.3.1. Atkritumu prognozēšanas metodikas izstrāde	17
3.3.2. Alternatīvo attīstības scenāriju izstrāde un to ieviešanas potenciālo rezultātu novērtējums	17
4. REZULTĀTI UN ANALĪZE	19
4.1. Atkritumu sastāva noteikšana	19
4.1.1. Atkritumu sastāva novērtējuma rezultāti	19
4.1.2. Atkritumu sastāva novērtējuma rezultāti pa pilsētu grupām	22
4.2. Indikatori atkritumu apsaimniekošanas sistēmas efektivitātes novērtēšanai	23
4.3. Atbalsta rīki lēmumu pieņemšanas procesam	25
4.3.1. Atkritumu radīšanas dinamikas prognozēšana	25
4.3.2. Tehnoloģisko risinājumu un politikas instrumentu lietošanas ietekme	27
4.3.3. Alternatīvo scenāriju izstrāde un analīze	30
SECINĀJUMI	33
LITERATŪRAS SARAKSTS	35

1. IEVADS

Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbības mērķis ir atkritumu un atkritumu apsaimniekošanas procesa radītās ietekmes samazināšana, kas tiek panākta, samazinot radīto atkritumu apjomu, drošā veidā apstrādājot un reģenerējot atkritumus vai arī atkritumus atgriežot saimnieciskajā apritē [1]. Pēdējo gadu laikā ir būtiski aktualizēta atkritumu kā resursa izmantošana. Tas atbilst gan 2008. gadā noteiktajai Eiropas Savienības atkritumu apsaimniekošanas hierarhijai [1], gan 2015. gada Eiropas Savienības rīcības plānam pārejai uz aprites ekonomiku [2]. Atkritumi kļūst par resursu, ja tiek panākta to beigu statusa iestāšanās vai arī tie ir pienācīgi sagatavoti reģenerācijai. Atkritumu beigu statuss tiek sasniegts, ja vielu vai priekšmetu var lietot konkrētiem nolūkiem, pastāv tirgus vai pieprasījums pēc šādas vielas vai priekšmeta, viela vai priekšmets atbilst konkrētajos nolūkos noteiktajām tehniskajām prasībām un vielas vai priekšmeta lietošanai nebūs nelabvēlīgas ietekmes uz vidi un cilvēku veselību [1].

Pretstatā agrāk lietotajai atkritumu apsaimniekošanas praksei, kuras galvenais mērķis bija panākt, lai atkritumu utilizācija radītu pēc iespējas mazāku kaitējumu videi, šobrīd atkritumu apsaimniekošanas sistēmas mērķis attiecībā uz jau radītiem atkritumiem ir nodrošināt, lai atkritumi tiktu atgriezti tautsaimniecības apritē kā resurss. Šāda paradigmas maiņa nosaka atkritumu apsaimniekošanas sektora ietverto jomu paplašināšanos – tas lielākā mērā nekā līdz šim skar citus tautsaimniecības sektorus, līdz ar to atkritumu apsaimniekošanu ietekmējošo un saistīto faktoru lokā iekļaujas virkne ekonomisku aspektu, kas sniedzas tālāk par pašas atkritumu apsaimniekošanas izdevumu-ieguvumu analīzes rezultātiem. Tas savukārt norāda uz nepieciešamību pēc jaunām metodikām, lai nodrošinātu efektīvu un modernu atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldību. Turklāt, pētot atkritumu apsaimniekošanas sistēmu, jāvērtē ne tikai vides un sociālie, bet arī ekonomiskie aspekti – šāda pieeja ļaus visprecīzāk novērtēt esošo situāciju, identificēt problēmjautājumus un izstrādāt risinājumus atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbības pilnveidošanai – noteiktā mērķa sasniegšanai.

1.1. Tēmas aktualitāte

2018. gada maijā Eiropas Parlamentā tika apstiprināta Aprites ekonomikas pakotne, t. sk. grozījumi galvenajās ar atkritumu apsaimniekošanu saistītajās Eiropas Savienības direktīvās, kas nosaka atkritumu apsaimniekošanas sektorā sasniedzamos mērķus. Šie grozījumi paredz daudz augstākus mērķus attiecībā uz atkritumu pārstrādes apjomiem, paplašina to atkritumu veidu loku, ko jāsavāc dalītā veidā, kā arī būtiski ierobežo atkritumu utilizācijas metodes lietojumu atkritumu apglabāšanas poligonā. Turklāt papildu izaicinājums ir termiņi, kādos mērķi jāasniedz – pirmais atkritumu pārstrādes apjomu palielinājuma sliekšnis ir sagaidāms jau 2025. gadā, kas nozīmē, ka lēmumu pieņemšana ir jāveic nekavējoties. Otrs izaicinājums saistīts ar aizliegumu atkritumu apglabāšanai poligonos – ne visus atkritumu veidus ir iespējams pārstrādāt ekonomiski pamatotā veidā, neradot papildu slodzi vidē. Šobrīd šie atkritumi tiek apglabāti atkritumu poligonos, līdz ar to līdz apglabāšanas aizlieguma brīdim ir

nepieciešams nodrošināt labākās pieejamās alternatīvas šo atkritumu veidu utilizācijai. Lai sasniegtu definētos mērķus un praksē īstenotu aprites ekonomikas principus, ir nepieciešams īstenot savlaicīgu un efektīvu lēmumu pieņemšanas procesu, kas balstīts uz sistemātisku atkritumu apsaimniekošanas sektora izpēti, analīzi un alternatīvo scenāriju īstenošanas ietekmju novērtējumu.

1.2. Pētījuma mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt metodikas efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldībai, kas sekmētu lēmumu pieņemšanas procesu, tādējādi veicinot aprites ekonomikas principu īstenošanu atkritumu apsaimniekošanas sektorā. Esošās situācijas analīze liecina, ka nereti definētie mērķi netiek sasniegti vai tiek sasniegti daļējā apmērā novēlota vai nesekmīga lēmumu pieņemšanas procesa dēļ. Identificētie iemesli, kas kavē lēmumu pieņemšanu, ir esošās situācijas raksturojošo datu trūkums, limitēta datu apstrādes metožu izmantošana un zināšanu trūkums alternatīvo attīstības scenāriju novērtēšanā, ko kopumā var raksturot kā ierobežotu un fragmentētu informācijas plūsmu. Lai veicinātu šo problēmu risināšanu, mērķa sasniegšanai promocijas darbā tika veikti šādi galvenie uzdevumi:

- 1) atkritumu apsaimniekošanas sektoru raksturojošo datu avotu apzināšana un to kvalitātes novērtēšana, esošās situācijas analīze, empīriski pētījumi sadzīves atkritumu raksturojuma iegūšanai;
- 2) konstatēto problēmu risināšanai piemērotu politikas instrumentu un tehnoloģisko risinājumu atlase, to atbilstības novērtējums un lietojuma pieredzes analīze;
- 3) alternatīvo atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstības risinājumu novērtējums, alternatīvo scenāriju īstenošanas ietekmju novērtējums un to ieguldījums mērķu sasniegšanā.

1.3. Hipotēze

Pētījumam izvirzītā hipotēze ietver pieņēmumu, ka, virzoties uz aprites ekonomikas mērķu sasniegšanu, atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldību iespējams pilnveidot, veicinot tās efektivitāti. To iespējams izdarīt, izmantojot atkritumu apsaimniekošanas sektoru raksturojošos statistikas datus un eksperimentāli iegūtus datus, kā arī pilnveidojot datu apstrādes metodikas un empīriskus modeļus.

1.4. Pētījuma struktūra

Promocijas darbs ir balstīts uz piecām tematiski saistītām zinātniskām publikācijām, kas ir publicētas starptautiski indeksētos zinātniskajos žurnālos un ir pieejamas zinātnisko publikāciju datubāzēs. Sagatavoto publikāciju mērķis ir pētījumā izstrādāto metožu un iegūto rezultātu aprobēšana. Gan izstrādātās metodikas, gan analīzes rezultātā iegūtie secinājumi ir

izmantojami lēmumpieņemšanas procesā, tādējādi sekmējot atkritumu apsaimniekošanas sektora attīstību.

Promocijas darbs ir izstrādāts latviešu valodā. Tam ir ievads un trīs nodaļas.

1. Efektīva atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldība.
2. Pētījumā izmantotās metodes.
3. Rezultāti un iegūto rezultātu novērtējums.

Promocijas darba ievadā definēts pētījuma mērķis un noteikti mērķa sasniegšanai veicamie uzdevumi, pamatota tēmas aktualitāte, aprakstītas pētījuma metodes, kā arī sniegts apkopojums par pētījuma rezultātu aprobāciju zinātniskajās konferencēs un uzskaitītas autora publikācijas. Promocijas darba pirmajā nodaļā sniegts pētāmo jautājumu loku apskats, identificētas galvenās problēmas un ieskicēti iespējamie risinājumu ceļi. Otrajā nodaļā aprakstītas pētījumā lietotās metodikas datu ieguvei un apstrādei alternatīvu analīzei. Promocijas darba trešajā nodaļā atspoguļoti pētījuma rezultāti, darba nobeigumā sniegti galvenie secinājumi.

1.5. Zinātniskā novitāte

Saskaņā ar pētījuma mērķi – sniegt atbalstu lēmumu pieņemšanas procesā, tādējādi sekmējot aprites ekonomikas principu ieviešanu, – ir analizēti atkritumu apsaimniekošanas sistēmas posmi, kas tieši saistīti ar atkritumu reģenerācijas un pārstrādes apjomu palielinājumu, un lēmumu pieņemšanas procesu ietekmējošie faktori. Pētījuma gaitā secināts, ka atsevišķas pētījuma metodes, datu ieguves, apstrādes un analīzes etapi kopumā ir aplūkojami un definējami kā informācijas plūsma, kuras uzdevums ir sasaitīt atsevišķus atkritumu apsaimniekošanas sistēmas funkcionālos elementus. Ievērojot šo informācijas plūsmas konceptu, pētījuma gaitā ir izstrādātas metodikas situācijas analīzei un lēmumu pieņemšanas atbalstam, sākot no datu ieguves, apstrādes un analīzes, līdz alternatīvo scenāriju ietekmes novērtēšanai.

1.6. Praktiskā novitāte

Promocijas darba izstrādē sagatavotās metodikas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pārvaldībai sniedz iespēju iesaistītajam pusēm īstenot pierādījumos balstītu lēmumu pieņemšanu, tādējādi sekmējot efektīvu atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbību. Izstrādātās metodikas ietver kompleksu pieeju, piedāvājot risinājumus esošās situācijas novērtējuma veikšanai, alternatīvo attīstības scenāriju izstrādei un scenāriju īstenošanas novērtējumam. Piedāvātie risinājumi ļauj analizēt un plānot sistēmas darbību kopumā, metodika ir lietojama gan reģionu, gan valsts mērogā. Atsevišķi metodikas elementi ir ieviesti praksē – promocijas darba izstrādē sagatavotā metode nešķirotu sadzīves atkritumu sastāva noteikšanai ir izmantota par pamatu, sagatavojot normatīvo aktu prasības par regulāru sadzīves atkritumu sastāva monitoringu sadzīves atkritumu apglabāšanas poligonos. Priekšlikums par mājsaimniecību radīto iepakojuma atkritumu apjomu iekļaušanu sadzīvē

radīto atkritumu apjomu noteikšanā tiek izmantots, sagatavojot valsts statistiskā pārskata “Nr. 3 – Pārskats par atkritumiem” ikgadējos datu apkopojumus.

1.7. Pētījuma rezultātu aprobācija

Rezultātu prezentēšana zinātniskajās konferencēs

1. Klavenieks K., Kubule A., Vesere R., Blumberga D. Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition // International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, CONECT 2019, May 2019, Riga, Latvia.
2. Kavals E., Klavenieks K., Gusca J., Blumberga D. Indicator analysis of integrated municipal waste management system. Case study of Latvia // International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies – CONECT 2018, May 2018, Riga, Latvia.
3. Klavenieks K., Dzene K. P., Blumberga D. Optimal strategies for Municipal solid waste treatment – environmental and socio-economic criteria assessment // International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies – CONECT 2017, May 2017, Riga, Latvia.
4. Klavenieks K., Blumberga D. Common and Distinctive in Municipal Solid Waste Management in Baltic States // International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies – CONECT 2016, October 2016, Riga, Latvia.
5. Klavenieks K., Blumberga D. Forecast of Waste Generation Dynamics in Latvia // International Scientific Conference Environmental and Climate technologies – CONECT 2015, October, 2015, Riga, Latvia.
6. Klavenieks K., Feofilovs M., Blumberga D. Solar energy use in landfill // International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies – CONECT 2014, October 2014, Riga, Latvia.
7. Timma L., Vilgerts J., Vanaga R., Klavenieks K., Blumberga D. Decomposition analysis based on IPAT and Kaya identity for assessment of hazardous waste flow within enterprise // 27th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy systems, June 2014, Turku, Finland.

Zinātniskās publikācijas

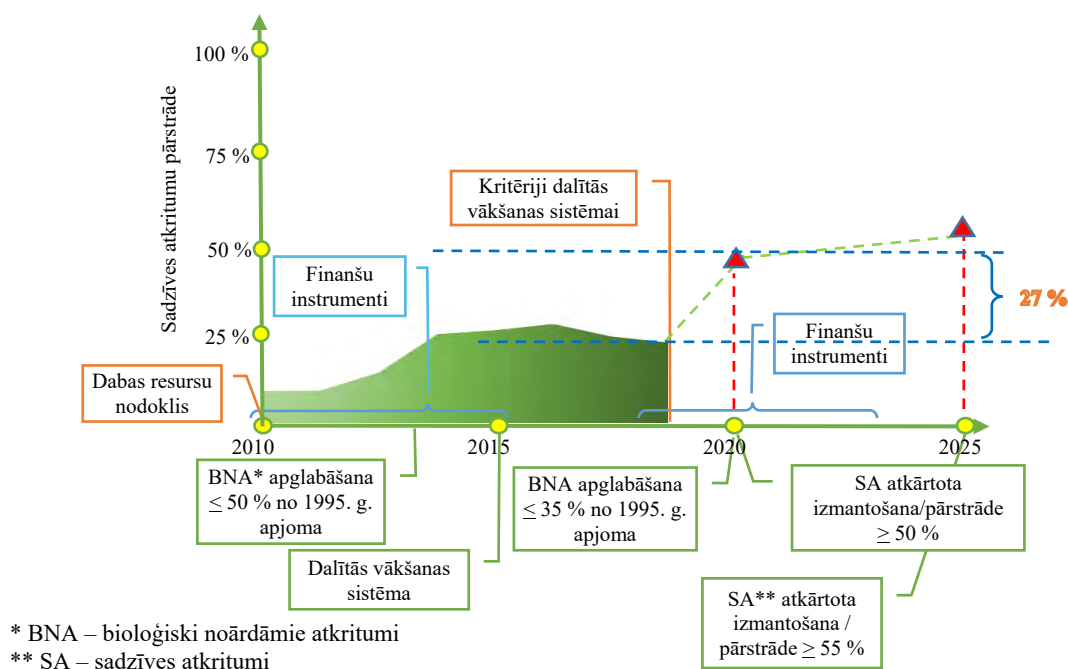
1. Klavenieks K., Kubule A., Vesere R., Blumberga D. Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition // *Energy Procedia* (ISSN: *nodots iespiešanai*).
2. Kavals, E., Kļavenieks, K., Gušča, J., Blumberga, D. Indicator Analysis of Integrated Municipal Waste Management System. Case Study of Latvia. *Energy Procedia*, 2018, Vol. 147, pp. 227–234. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2018.07.086.
3. Kļavenieks, K., Dzene, K., Blumberga, D. Optimal Strategies for Municipal Solid Waste Treatment – Environmental and Socio-Economic Criteria Assessment. *Energy Procedia*, 2017, Vol. 128, pp. 512–519. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.071.
4. Kļavenieks, K., Blumberga, D. Common and Distinctive in Municipal Solid Waste Management in Baltic States. *Energy Procedia*, 2017, Vol. 113, pp. 319–326. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2017.04.072.
5. Kļavenieks, K., Blumberga, D. Forecast of Waste Generation Dynamics in Latvia. *Energy Procedia*, 2016, Vol. 95, pp. 200–207. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.049.
6. Timma L, Vilgerts J., Vanaga R., Kļavenieks K., Blumberga D. Decomposition analysis based on IPAT and Kaya identity for assessment of hazardous waste flow within enterprise // 27th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2014. doi: 10.13140/RG.2.1.4450.0888.

Raksti konferenču tēžu krājumos

1. Āriņa D., Kļavenieks K., Burlakovs J. The Cost-estimation of Mechanical Pre-treatment Lines of Municipal Solid Waste in Latvia // *Proc. Latv. Univ. Agr.*, 2014, 32 (327). doi: 10.2478/plua-2014-0009.
2. Kļavenieks, K., Feofilovs, M., Blumberga, D. Solar Energy Use in Landfill. In: *Abstracts of 55th International Scientific Conference: Subsection: Environmental and Climate Technologies*, Latvia, Rīga, 14–15 October, 2014. Riga: RTU Press, 2014, pp. 42–43. ISBN 978-9934-10-612-5.

2. EFEKTĪVA ATKRITUMU APSAIMNIEKOŠANAS SEKTORA PĀRVALDĪBA

Atkritumu atkārtotas izmantošanas, pārstrādes un reģenerācijas mērķi ir noteikti Eiropas Savienības direktīvā “Par atkritumiem un par dažu direktīvu atcelšanu” (2008/98/EK) [1], ierobežojumi bioloģiski noārdāmo atkritumu apglabāšanai ir noteikti direktīvā “Par atkritumu poligoniem” (1999/31/EK) [3]. Direktīvas ir spēkā vairāk nekā 10 gadu, tomēr tajās noteikto mērķu izpildē Latvija būtiski atpaliek no sasniedzamā rezultāta. Shematiski līdzšinējā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstības gaita Latvijā un sasniegtie rezultāti ir attēloti 2.1. attēlā. Laika posmā no 2010. līdz 2017. gadam atkritumu pārstrādes apjomi ir pieauguši no ~10 % līdz 23 % [4]. Jāatzīmē, ka pēdējos trīs gados saskaņā ar statistikas datiem pat ir vērojams atkritumu pārstrādes samazinājums.



2.1. att. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstība Latvijā, 2010.–2017. gads.

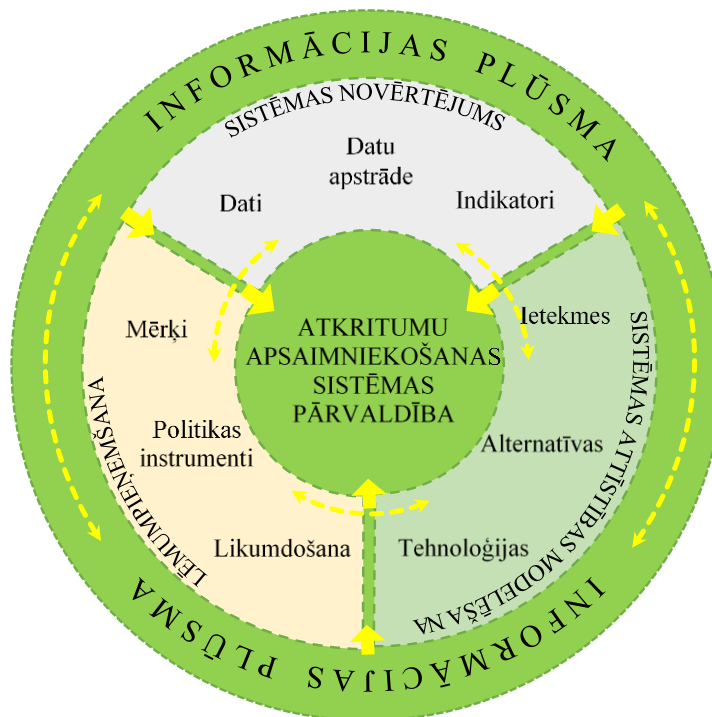
Analizējot pasākumus, kas vērsti uz atkritumu pārstrādes apjomu palielināšanu un atkritumu apglabāšanas samazināšanu, konstatēts, ka ir izmantoti finanšu atbalsta mehānismi administratīvie instrumenti, tomēr sasniegtie rezultāti ir neapmierinoši, kas liecina, ka īstenotā pārvaldība ir neefektīva. Detalizētāk analizējot īstenoto pārvaldību, izkristalizējas vairāki problēmjautājumi: pirmkārt, ir konstatēti novēlojumi nepieciešamajās darbībās, piemēram, finanšu instrumenti jeb Eiropas Savienības fondu atbalsts infrastruktūras attīstībai ir bijis pieejams divus līdz trīs gadus vēlāk nekā tas būtu nepieciešams savlaicīgai infrastruktūras attīstībai. Otrkārt, netiek veikta savlaicīga prasību definēšana, piemēram, attiecībā uz dalītās vākšanas infrastruktūras izveidi normatīvajos aktos minimālie kritēriji, kas jāizpilda, ieviešot sistēmu ir noteikti tikai divus gadus vēlāk pēc prasības par obligātas dalītās vākšanas sistēmas izveidi. Analizējot bioloģiski noārdāmo atkritumu apglabāšanas samazināšanas pasākumus,

konstatēts, ka vēl šobrīd nav noteikti kritēriji bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādes gala statusam. Treškārt, atsevišķos gadījumos, īstenojot politiku, ir noteikti tādi ierobežojumi, kas ir pretrunā ar vispārpieņemto praksi, piemēram, Eiropas Savienības Kohēzijas fonda 2007.–2013. gada finanšu plānošanas periodā finanšu atbalsts infrastruktūras attīstībai bija pieejams tikai tādiem projektiem, kur bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādes rezultātā netika ražota biogāze, tādējādi ierobežojot tādu plaši izmantotu pārstrādes tehnoloģiju kā anaerobā fermentācija attīstīšanu un neveicinot apglabāto bioloģiski noārdāmo atkritumu samazināšanu.

Analizējot iespējamās iemeslus, kas ir rezultējušies šā brīža situācijā, tiek pieņemts, ka problēmas cēlonis ir meklējams ierobežotā informācijas plūsmā, nepietiekamā zināšanu apjomā un ilgtermiņa skatījuma trūkumā. Var arī pieļaut, ka lēmumu pieņemšanu kavē detalizētas analīzes rezultātā iegūtu secinājumu un rekomendāciju atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pilnveidošanai nepietiekamība, kas ierobežo lēmumu pieņēmēju iespējas pieņemt pamatotus, faktos balstītus lēmumus. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pilnveidošanas process ietver virkni secīgu soļu, sākot no esošās situācijas analīzes līdz lēmumu pieņemšanas procesā pieņemto lēmumu īstenošanai praksē. Šī promocijas darba mērķis ir izstrādāt metodikas efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldībai, lai atkritumu apsaimniekošanas sektorā attīstītu aprītes ekonomikas principu īstenošanu. Attiecīgi darba uzdevums ir soli pa solim demonstrēt nepieciešamās darbības, kuru kopums rezultējas aprobētās rekomendācijās. Sistēmas nākotnes attīstības plānošanai ir nepieciešams veikt esošās situācijas novērtējumu attiecībā uz radīto atkritumu apjomu un sastāvu, esošajām tehnoloģijām un izmantotajiem politikas instrumentiem. Sistēmas novērtējums ietver datu ievākšanu, apstrādi un indikatoru aprēķinus. Nākamais solis ir nākotnes attīstības scenāriju sagatavošana un novērtēšana, kas ietver gan prognožu sagatavošanu par potenciāli apsaimniekojamajām atkritumu plūsmām, gan alternatīvo scenāriju sagatavošanu tehnoloģisko risinājumu lietojumam un to ietekmi uz definēto mērķu sasniegšanu. Sistēmas funkcionālie posmi un to mijiedarbība redzama 2.2. attēlā.

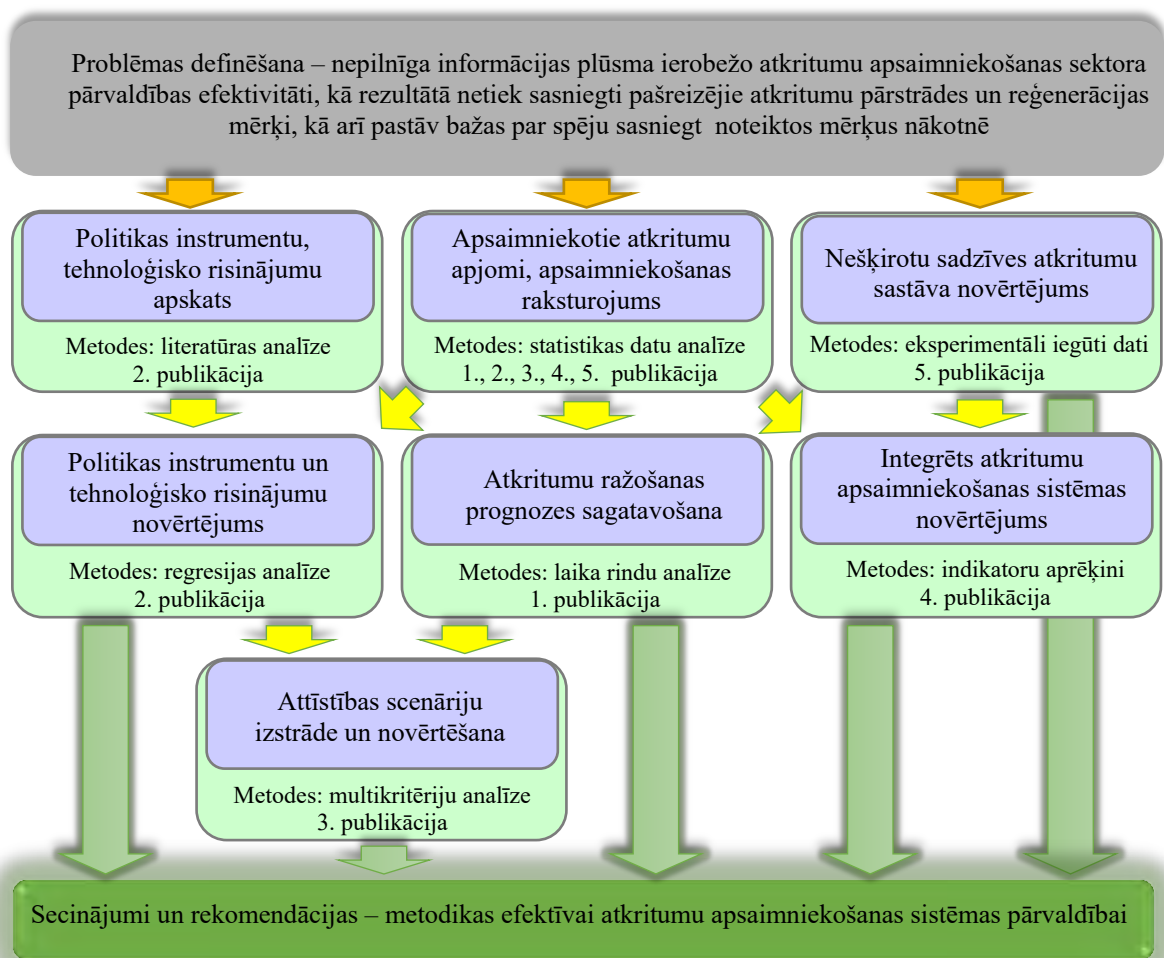
Būtisks elements efektīvas pārvaldības nodrošināšanā ir informācijas plūsma starp sistēmas funkcionālajiem posmiem. Lai nodrošinātu sekmīgu atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbību un sasniegtu noteiktos mērķus, ir nepieciešams izmantot atbilstošus risinājumus. Savukārt, lai piedāvātu atbilstošākos risinājumus, ir nepieciešama informācija, kas raksturo esošo situāciju, kā arī analīze par esošās sistēmas priekšrocībām un trūkumiem. Informācijas plūsmai jānodrošina, ka lēmumu pieņemšana un sistēmas pārvaldība ir pierādījumos balstīta, tādējādi sekmējot tās efektivitāti. Jāņem vērā, ka atkritumu apsaimniekošanas sistēma ir komplekss pasākumu kopums ar specifiskām attiecīgai teritorijai un laika ietvaram raksturīgām iezīmēm, piemēram, radīto un apsaimniekojamo atkritumu daudzums gan kvantitatīvā, gan kvalitatīvā griezumā, atkritumu plūsmās ietilpstošo atkritumu veidu īpatsvars, radīto atkritumu daudzums un veidi teritoriālā griezumā u. c. Tāpat sistēmas funkcionēšanu un attīstības ceļu nākotnē ietekmē funkciju īstenošanai pieejamie resursi, kā arī ārējie faktori, t. sk. ekonomiskie un sociālie aspekti. Šie apsvērumi apstiprina pieņēmumu, ka iecerēto rezultātu sasniegšanai ir nepieciešams konkrētajai situācijai izstrādāts risinājumu kopums, jo universālos risinājumos var nebūt ietverti visi specifiskie faktori, kas nosaka pasākumu kopumu noteikto mērķu sasniegšanai. Kā norāda *Mohammadi et al.* [5], atkritumu

apsaimniekošanas sistēma ir sarežģīta sistēma, kas ietver daudzas atkritumu plūsmas, savākšanas shēmas un apstrādes procesus; visi šie posmi ir jāņem vērā, lai ieviestu integrētu atkritumu apsaimniekošanas sistēmu. Savukārt *Cobo et al.* [6] uzsvēr nepieciešamību pirms atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pilnveidošanas izstrādes veikt alternatīvu sākotnējo analīzi.



2.2. att. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas funkcionālie posmi un to savstarpējā sasaiste.

Promocijas darba izstrādes galvenie posmi, to savstarpējā saturiskā saistība un galvenās izmantotās pētījuma metodes shematiski attēlotas 2.3. attēlā. Atbilstoši promocijas darba mērķim – izstrādāt metodikas efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldībai – tika strukturēta pētījuma gaita, kas ietvēra secīgus, savstarpēji papildinošus posmus. Sākotnējais solis promocijas darba izstrādes gaitā bija esošās situācijas novērtējums attiecībā uz pašreizējo sistēmas darbības efektivitāti. Šis pētījuma etaps ir nepieciešams, lai novērtētu esošo situāciju un identificētu ierobežojumus noteikto mērķu sasniegšanā. Pētījuma posmā tika apzināti pieejamie datu avoti un lietotas datu apstrādes metodes, t. sk. indikatoru aprēķini kompleksam sistēmas darbības novērtējumam. Paralēli tika veikta sistēmas novērtējumam un nākotnes attīstības plānošanai trūkstošo datu ieguve – dati, kas raksturo nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu, nebija pieejami, tāpēc tika veikts atkritumu sastāva novērtējuma pētījums, tādējādi nodrošinot nepieciešamo informāciju sistēmas attīstībai nepieciešamo tehnoloģisko risinājumu un jaudu novērtējumam. Papildus esošās situācijas novērtējumam tika analizēta citu valstu pieredze atkritumu apsaimniekošanā, tādējādi identificējot tos faktorus, t. sk. lietotos politikas instrumentus un tehnoloģiskos risinājumus, kas veicina sekmīgu atkritumu apsaimniekošanas sektora virzību uz aprites ekonomikas principu īstenošanu praksē. Veiktās analīzes rezultātā tika atlasīti potenciāli izmantojamie risinājumi atkritumu apsaimniekošanas sistēmas pilnveidošanai.



2.3. att. Promocijas darba izstrādes posmi un to saturiskā saistība.

Būtisks faktors sistēmas attīstības plānošanā ir apsaimniekojamo atkritumu apjomu novērtējums. Lai novērtētu nākotnē apsaimniekojamās atkritumu apjomus un attiecīgi nepieciešamās atkritumu apsaimniekošanas infrastruktūras jaudas, tika izstrādāta atkritumu ražošanas prognozēšanas metodika.

Metodiku izstrādes noslēdzošais posms ir nākotnes scenāriju izstrāde un optimālā scenārija atlase noteikto mērķu sasniegšanai. Šis posms tika īstenots, balstoties uz esošās situācijas analīzes rezultātiem, likumdošanas aktos noteiktajiem mērķiem un potenciāli izmantojamiem tehnoloģiskajiem risinājumiem. Atlasītie risinājumi tika apvienoti atšķirīgos scenārijos, katrs scenārijs tika novērtēts attiecībā uz tehniskiem, vides, ekonomiskiem un sociāliem faktoriem. Ideālajam scenārijam tuvākais scenārijs tika noteikts, izmantojot multikritēriju analīzes metodi.

Katra promocijas darba posma rezultātā tika iegūti secinājumi, kas izmantojami atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldības pilnveidošanai, kā arī iegūts metodoloģiskais ietvars līdzīgu problēmu risināšanai nākotnē. Galvenās publikācijas, uz kurām turpmāk dotas atsauces tekstā, ir uzskaitītas 2.1. tabulā.

Promocijas darba izstrādes laikā publicētās publikācijas

Publikācija p. k.	Publikācijas nosaukums
1.	Kļavenieks, K., Blumberga, D. Forecast of Waste Generation Dynamics in Latvia. <i>Energy Procedia</i> , 2016, Vol. 95, pp. 200–207. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2016.09.049
2.	Kļavenieks, K., Blumberga, D. Common and Distinctive in Municipal Solid Waste Management in Baltic States. <i>Energy Procedia</i> , 2017, Vol. 113, pp. 319–326. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2017.04.072
3.	Kļavenieks, K., Dzene, K. P., Blumberga, D. Optimal Strategies for Municipal Solid Waste Treatment – Environmental and Socio-Economic Criteria Assessment. <i>Energy Procedia</i> , 2017, Vol. 128, pp. 512–519. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.071
4.	Kavals, E., Kļavenieks, K., Gušča, J., Blumberga, D. Indicator Analysis of Integrated Municipal Waste Management System. Case Study of Latvia. <i>Energy Procedia</i> , 2018, Vol. 147, pp. 227–234. ISSN 1876-6102. Available from: doi: 10.1016/j.egypro.2018.07.086
5.	Kļavenieks K., Kubule A., Vesere R., Blumberga D. Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition // <i>Energy Procedia</i> (ISSN: <i>nodots iespiešanai</i>)

3. PĒTĪJUMA METODES

3.1. Datu ieguve

3.1.1. Statistikas datu avoti

Apsaimniekoto atkritumu apjomus raksturojošo datu iegūšanai Latvijā tika izmantota valsts sabiedrības ar ierobežotu atbildību “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” uzturētā datubāze valsts statistikas pārskats “3-Atkritumi” [7]. Valsts statistikas pārskatā pieejamie dati izmantoti 1., 2., 3., 4., un 5. publikācijas sagatavošanā. Datubāzē informācija ir pieejama gada griezumā, detalizācijas līmenis atbilst atkritumu klasifikatora detalizācijas līmenim, kas ir atbilstošs atkritumu Eiropas Savienībā lietotajam klasifikatoram (*list of waste*) [9]. Atsevišķi uzskaitītās atkritumu apsaimniekošanas darbības ir šādas: radītie, savāktie, pārstrādātie, apglabātie, eksportētie un importētie atkritumu daudzumi, pārstrādes un apglabāšanas darbības ir klasificētas pēc to veidiem atbilstoši atkritumu ietvardirektīvā [1] noteiktajai klasifikācijai.

Eiropas Savienības mēroga atkritumu apsaimniekošanas statistikas datu iegūšanai tika izmantotas *EUROSTAT* datubāzes [4]. 2. publikācijā papildu informācijas iegūšanai par atkritumu apsaimniekošanas sistēmu darbību Lietuvā un Igaunijā tika izmantotas valsts statistikas pārskatam “3-Atkritumi” analogas šo valstu datubāzes [10], [11]. Vispārējo demogrāfisko un sociāli ekonomisko rādītāju raksturojošo datu ieguvei Latvijā tika izmantotas Centrālās statistikas pārvaldes datubāzes [12].

3.1.2. Empīriskie dati par nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu Latvijā

Darba izstrādē tika veikts eksperimentāls pētījums par nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu Latvijas pilsētās. Pētījumā tika iekļautas 32 Latvijas pilsētas dažādos Latvijas reģionos. Pētījuma metodika galvenokārt tika balstīta uz “*Nordtest*” izstrādāto “*NT ENVIR 001*” [13] atkritumu sastāva noteikšanas metodi. Pētījuma mērķis bija noteikt nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu. Šķirojamo atkritumu frakcijas dalījums pamatā tika noteikts, ņemot vērā standartā LVS EN 15440:2011 “Kurināmā ražošana no cietiem atkritumiem. Biomasas satura noteikšanas metodes” noteikto dalījumu. Šāda pieeja tika izmantota, jo minētais standarts tiek plaši lietots, līdz ar to atkritumu frakciju dalījums ir zināms un saprotams. Lai iegūtu detalizētu rezultātu, kā arī atsevišķi noteiktu specifisku atkritumu grupu īpatsvaru, pamatdalījums tika papildināts ar vairākām atsevišķām atkritumu frakcijām. Pirmkārt, visiem materiālu veidiem, kas tiek izmantoti iepakojuma ražošanā (plastmasa, papīrs, metāls utt.), tika noteikta atsevišķa frakcija, kas raksturo attiecīgā veida iepakojumu. Atsevišķa uzskaitē tika veikta arī dzērienu kartona iepakojumam un citiem kompozītmateriālu iepakojumiem (kafijas, čipsu pakas u. c.). Attiecībā uz plastmasas atkritumiem kā atsevišķa kategorija tika izdalīti plastmasas maisiņi. Kopumā tika analizētas 27 atsevišķas atkritumu frakcijas.

3.2. Politikas instrumentu, tehnoloģisko risinājumu novērtējums, indikatoru aprēķini

3.2.1. Politikas instrumentu un tehnoloģisko risinājumu novērtējums

Pētījuma etaps ietvēra šādu pamatuzdevumu izpildi: aplūkojamo politikas instrumentu un tehnoloģisko risinājumu atlasī, atkritumu apsaimniekošanas sistēmu raksturojošo datu atlasī, politikas instrumentu izmantošanas efektivitātes novērtējumu, balstoties uz vēsturiskajiem sistēmas darbību raksturojošiem datiem, atsevišķu valstu – Latvijas, Igaunijas un Lietuvas – rezultātu salīdzinājumu. Pētījuma procesa algoritms atspoguļots 3.1. attēlā.



3.1. att. Pētījuma procesa algoritms.

Aplūkojamo politikas instrumentu atlase balstīta literatūras analīzes rezultātos. Informācija par katrā no trīs Baltijas valstīm lietotajiem politikas instrumentiem iegūta no pētījuma, kas veikts Eiropas Komisijas uzdevumā [14]–[16].

Paralēli politikas instrumentiem tika vērtētas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas tehnoloģiskās iespējas jeb pieejamās atkritumu apglabāšanas kā atkritumu utilizācijas metodes alternatīvas – atkritumu sadedzināšana un atkritumu pārstrāde.

3.2.2. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas novērtējums, izmantojot integrēta indikatora aprēķinu metodiku

Lai veiktu atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbības efektivitātes novērtējumu, Latvijas situācijai tika adaptēta *Rigamonti et al.* [8] izstrādātā metodika, kas ietver kombinētu indikatora aprēķinu. Metodika ietver divus savstarpēji savienotus moduļus: atkritumos esošu materiālu atguves analīzes modulis un izmaksu novērtējuma modelis atbilstoši *Rigamonti et al.* piedāvātajai metodikai [8]. Bāzes scenārijs ietver esošās situācijas Latvijā analīzi, t. sk. statistikas datu apkopojumu un datu kvalitātes analīzi, kas balstīta uz aptuveni 500 datu kopu novērtējumu. Indikatoru analīze ietver materiālu pārstrādes, enerģijas reģenerācijas un izmaksu rādītāju aprēķinus 10 atkritumu apsaimniekošanas reģioniem Latvijā un Rīgas pilsētai, kopumā izmantojot 1354 datu kopas. Indikatoru analīze ietver trīs indikatorus – materiālu atguves indikators, enerģijas atguves indikators un izmaksu indikators.

Materiālu atguves indikators raksturo pārstrādāto atkritumu daudzumu attiecībā pret kopējo majsaimniecību atkritumu daudzumu. Enerģijas reģenerācijas indikators raksturo, cik daudz sadzīves atkritumu tiek izmantots enerģijas atgūšanai. Izmaksu indikators ir

nepieciešams, lai salīdzinātu vienas tonnas atkritumu apsaimniekošanas izmaksas un novērtētu atkritumu reģenerācijas apjomus attiecībā pret izmaksu līmeni.

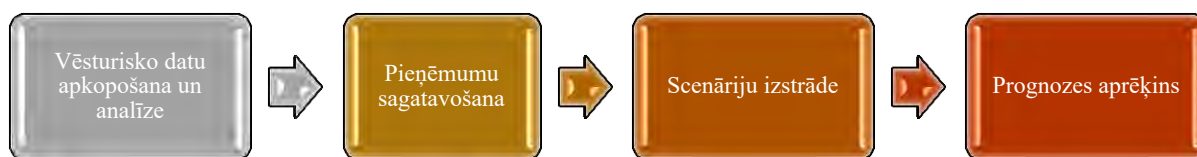
Apvienojot materiālu un enerģijas atguves parametrus vienā indikatorā, ir iespējams novērtēt kopējo atkritumu apsaimniekošanas sistēmas efektivitāti attiecībā uz atkritumu kā resursa izmantošanu.

3.3. Alternatīvu analīze

3.3.1. Atkritumu prognozēšanas metodikas izstrāde

Attiecībā uz atkritumu radīšanas prognožu sagatavošanu vienotas vadlīnijas vai standarti nav noteikti, tomēr vairumā gadījumu aprēķini par sagaidāmo atkritumu radīšanas dinamiku ir balstīti IKP vērtībās, kā arī indikatorom, kas raksturo resursu un vai preču patēriņu [17], piemēram, pirkstspējas novērtējums [18].

Metodikas izstrādes procesa algoritms parādīts 3.2. attēlā. Metodikas izstrādes sākotnējais uzdevums ir tādu ietekmējošo faktoru atlase, kas ilustrē vēsturiskās atkritumu rašanās izmaiņas un to saistību ar labklājības līmeņa izmaiņām. Indikatori – savāktais sadzīves atkritumu apjoms un savāktais iepakojuma atkritumu apjoms – tika atlasīti vēsturiski radītā atkritumu apjoma raksturošanai. IKP salīdzināmās cenās tik atlasīts kā indikators, kas raksturo labklājības līmeņa izmaiņas.



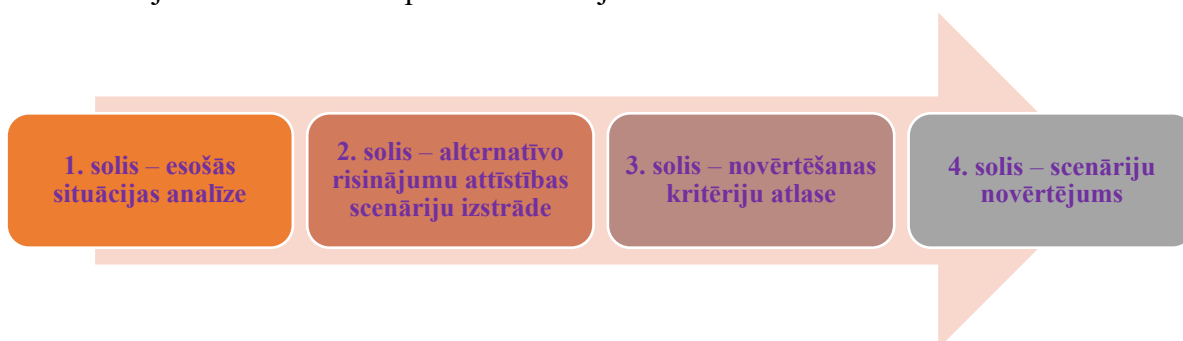
3.2. att. Atkritumu ražošanas prognozes sagatavošanas metodikas izstrādes algoritms.

Nākamais solis metodikas lietošanā ir izvēlēto raksturlielumu un rādītāju analīze vēsturiskā skatījumā, kā rezultātā tiek izstrādāti pieņēmumi attiecībā uz sadzīves atkritumu plūsmas prognozē iekļaujamajiem atkritumu veidiem un radīto atkritumu daudzuma un ekonomisko attīstību raksturojošo indikatoru svārstību attiecība. Tālākajā posmā vēsturisko vērtību svārstību analīzes rezultāti tiek izmantoti atkritumu radīšanas prognožu sagatavošanā.

3.3.2. Alternatīvo attīstības scenāriju izstrāde un to ieviešanas potenciālo rezultātu novērtējums

Alternatīvo scenāriju izstrāde un to ieviešanas potenciālo rezultātu novērtējums no metodoloģiskā viedokļa ietvēra četrus galvenos soļus. Metodoloģijas algoritms ir redzams 3.3. attēlā. Pirmais solis bija esošās situācijas novērtējums attiecībā uz radīto atkritumu raksturojumu, pieejamajām atkritumu apstrādes tehnoloģijām, tehnoloģisko iekārtu kapacitāti un apstrādes rezultātā sasniegtajiem rezultātiem. Otrais solis bija alternatīvo risinājumu atlase un to apvienošana atšķirīgos potenciālajos attīstības scenārijos. Trešais solis ietvēra kritēriju

atlasī alternatīvo scenāriju novērtēšanai un savstarpējai salīdzināšanai. Noslēdzošais solis ietvēra scenāriju novērtēšanu un optimālā scenārija atlasī.



3.3. att. Alternatīvo scenāriju izstrādes un novērtējuma procesa metodoloģijas algoritms.

Scenāriju novērtēšana un savstarpējā salīdzināšana tika veikta, izmantojot multikritēriju analīzes metodi. Multikritēriju analīzes metode tika izvēlēta kā atbilstošākā konkrētā uzdevuma izpildei, jo metode ļauj novērtēt atšķirīgus, savstarpēji grūti salīdzināmi faktoros, ko nav iespējams korekti novērtēt, piemēram, izmantojot izmaksu un ieguvumu analīzes metodi. Scenāriju analīzes kritēriju kopums tika izstrādāts, ņemot vērā aspektus, kas ir būtiski veiksmīgai scenāriju ieviešanai, piemēram, tehnoloģiskā vai finansiālā īstenošanas iespējamība, vides aspekti. Vērtēšanas kritēriju vērtības un nozīmīgums tika noteikti, pamatojoties uz konsultācijām ar atkritumu apsaimniekošanas ekspertiem, tehnoloģiju piegādātājiem un veicot literatūras analīzi.

4. REZULTĀTI UN ANALĪZE

4.1. Atkritumu sastāva noteikšana

Pētījumā tika savākti un sašķiroti 160 nešķirotu sadzīves atkritumu paraugi – pieci paraugi katrai no 32 pētījumā iekļautajām pilsētām. Rezultāti raksturo nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu, kas savākts esošajā atkritumu apsaimniekošanas sistēmā pirms pirmapstrādes un tādējādi ļauj novērtēt esošās atkritumu apsaimniekošanas sistēmas efektivitāti attiecībā uz pārstrādei derīgu materiālu nodalīšanu no kopējās atkritumu plūsmas. Interpretējot rezultātus, jāņem vērā, ka atkritumu masa ir noteikta dabīgi mitriem atkritumiem, attiecīgi – dažādu veidu atkritumu frakciju mitruma absorbcijas spēja ietekmē rezultātus, un iegūtos rezultātus nedrīkst interpretēt kā materiālu īpatsvaru sausai masai.

4.1.1. Atkritumu sastāva novērtējuma rezultāti

Kopumā rezultāti liecina par diezgan būtisku atkritumu sastāva mērījumu rezultātu izkliedi. To var skaidrot ar nešķirotu sadzīves atkritumu nehomogēno sastāvu, kā arī ar patērētāju ieradumu atšķirībām dažādos reģionos. Vērtējot katras pilsētas vidējo vērtību, kas aprēķināta no pieciem individuāliem mērījumiem, minimālo un maksimālo vērtību izkliede izlīdzinās (skat. 4.1. tab.).

Papildus eksperimentāli noteiktajam atkritumu sastāvam tika apkopoti statistikas dati par kopējo Latvijas pilsētās radīto atkritumu apjomu un iedzīvotāju skaitu tajās. Izmantojot apkopotos datus, tika aprēķināts īpatnējais atkritumu daudzums tonnās uz vienu iedzīvotāju. Dati tālāk tika analizēti, izmantojot *Spearman* korelācijas testu (angļu val. *Spearman's correlation test*). Balstoties uz secinājumu, ka pastāv cieša saikne starp atkritumu daudzumu un iedzīvotāju skaitu, turpinot analīzi, tika izveidots papildu rādītājs – īpatnējais atkritumu daudzums (sadzīves atkritumi, tonnas uz iedz.).

Šajā novērtējumā atsevišķās atkritumu frakcijas ir sagrupētas, balstoties uz to apsaimniekošanas iespējām vai specifiskām prasībām, kas izvirzītas to apsaimniekošanai. Iegūtais sadalījums ļauj novērtēt dažādu atkritumu plūsmu apjomus un salīdzināt atkritumu veidu īpatsvaru atšķirīgās pilsētu grupās. Veicot analīzi, tika izmantotas šādas grupas:

- 1) bioloģiski noārdāmie atkritumi – ieskaitot bioloģiski noārdāmo atkritumu daļu un pusi no smalksnes frakcijas;
- 2) papīrs, ieskaitot papīru, kartonu un to iepakojumu;
- 3) plastmasa – visas plastmasas frakcijas, ieskaitot iepakojumu, maisīnus, mīksto un blīvo plastmasu;
- 4) stikls – ieskaitot stiklu un stikla iepakojumu;
- 5) metāls – ieskaitot melnos un krāsainos metālus un to iepakojumu;
- 6) iepakojums – ieskaitot visas iepakojuma frakcijas, arī kompozītmateriālus, dzērienu iepakojumu, koka iepakojumu;
- 7) inerti atkritumi – inerti materiāli, keramika, augsne, akmeņi, smiltis u. c.;
- 8) smalksnes – smalkā frakcija, daļiņu izmērs < 40 mm;

- 9) bīstamie atkritumi – ieskaitot visas trīs bīstamo atkritumu grupas;
 10) citi – ieskaitot atlikušās frakcijas, t. sk. koku, higiēnas atkritumus, tekstilizstrādājumus, ādu, gumiju, paklājus.

4.1. tabula

Atkritumu frakciju īpatsvars kopējā nešķirotu atkritumu plūsmā Latvijas pilsētās

Atkritumu frakcija	Vid.	Standart- novirze	Variācijas koeficients	Mediāna	Min.	Maks.	Standart- asimetrija	Standart- ekssciss
Bioloģiski noārdāmie atkritumi	29,22	5,39	18,43 %	28,96	14,14	37,47	-1,48	0,29
Papīrs, kartons	4,65	1,47	31,63 %	4,72	1,99	7,87	0,43	-0,17
Papīrs, kartons iepakojums	3,44	1,17	33,90 %	3,38	1,88	6,32	2,58	1,42
Dzērienu iepakojums	1,37	0,52	38,23 %	1,26	0,76	2,97	3,52	2,74
Koksne	0,56	0,45	78,30 %	0,46	0	1,74	3,15	1,60
Koksne (iekpojums)	0,16	0,22	142,66 %	0,08	0	1,01	5,29	7,16
Higiēnas atkritumi	6,30	2,46	39,05 %	5,94	2,27	14,65	3,24	3,71
Tekstils	5,04	1,37	27,18 %	4,71	2,50	8,96	2,37	1,93
Āda, gumija	0,76	0,62	81,78 %	0,62	0	1,82	1,06	-1,42
Stikls	1,14	0,63	55,43 %	1,03	0,31	3,05	2,75	1,73
Stikls (iekpojums)	8,00	2,11	26,32 %	8,26	2,37	11,41	-1,10	0,01
Inertie atkritumi	2,08	2,01	96,52 %	1,28	0,30	10,11	5,25	8,23
Mīkstā plastmasa	1,41	0,72	51,00 %	1,26	0,24	3,84	2,81	3,16
Mīkstā plastmasa (iekpojums)	1,58	0,56	35,52 %	1,55	0,72	2,75	0,68	-1,01
Mīkstā plastmasa (iepirkumu maisiņi)	3,73	1,47	39,26 %	3,82	1,50	6,87	0,81	-0,63
Blīvā plastmasa	0,82	0,37	44,47 %	0,75	0,33	1,98	2,89	2,20
Blīvā plastmasa (iekpojums)	4,48	3,20	71,44 %	3,16	1,65	12,93	3,96	1,70
Paklāji	0,48	0,37	76,03 %	0,53	0	1,24	0,65	-1,08
Melnie metāli	0,62	0,39	63,20 %	0,53	0,15	1,70	3,36	2,25
Melnie metāli (iekpojums)	1,39	0,58	41,94 %	1,23	0,72	3,10	3,25	2,23
Krāsnetāli	0,21	0,29	139,00 %	0,10	0	1,14	4,30	3,40
Krāsnetāli (iekpojums)	0,76	0,30	39,50 %	0,66	0,29	1,34	1,12	-1,12
Kompozītmateriālu iekpojums	0,64	0,41	63,72 %	0,49	0,19	1,95	3,91	3,41
Smalksnes	19,23	3,30	17,18 %	19,51	12,70	25,81	0,13	-0,75
SBA (baterijas un akumulatori)	0,23	0,22	95,37 %	0,17	0,01	0,93	4,03	3,99
SBA (EEIA)	0,54	0,45	84,30 %	0,37	0,08	2,08	4,16	4,06
SBA (Sadzīves ķīmija)	1,16	0,52	44,83 %	0,97	0,59	2,70	3,26	1,77

Spearman korelācijas dažādām atkritumu sastāvā esošām frakcijām

	Bioloģiski noārdāmi atkritumi	Papīrs	Plastmasa	Stikls	Metāli	Iepakojums	Inertie atkritumi	Bīstamie atkritumi	Citi	Smalksnes	Nodarbināto iedzīvotāju īpatsv.	Strādājošo vidējā darba samaksa	Nešķīrotie sadzīves atkritumi	Iedzīvotāju skaits
Papīrs	0,23													
Plastmasa	-0,68**	-0,51**												
Stikls	-0,45*	-0,02	0,24											
Metāli	-0,50**	-0,10	0,28	0,32										
Iepakojums	-0,24	0,36*	-0,18	0,10	0,19									
Inertie atkritumi	-0,55**	-0,18	0,60**	0,15	0,29	-0,32								
Bīstamie atkritumi	-0,56**	-0,40*	0,35*	0,06	0,55**	-0,00	0,28							
Citi	-0,69**	-0,64**	0,52**	0,21	0,54**	-0,09	0,30	0,72**						
Smalksnes	0,36*	0,35	-0,36*	-0,36*	-0,60**	0,19	-0,24	-0,42*	-0,67**					
Nodarbināto iedzīvotāju īpatsvars	0,09	0,22	-0,35	-0,12	-0,02	0,34	-0,52**	-0,01	-0,09	0,09				
Strādājošo vidējā darba samaksa	0,07	0,11	0,05	-0,20	-0,24	0,12	-0,01	-0,36*	-0,17	0,12	0,01			
Nešķīrotie sadzīves atkritumi	0,17	0,33	-0,33	-0,13	-0,16	0,37*	-0,26	-0,14	-0,34	0,30	0,19	0,34		
Iedzīvotāju skaits	0,20	0,33	-0,34	-0,19	-0,21	0,33	-0,26	-0,19	-0,38*	0,34	0,16	0,35*	0,99**	
Īpatnējais atkritumu daudzums, t uz iedz.	0,10	0,16	-0,24	0,01	-0,07	0,32	-0,26	-0,04	-0,21	0,13	0,26	0,26	0,86**	0,81**

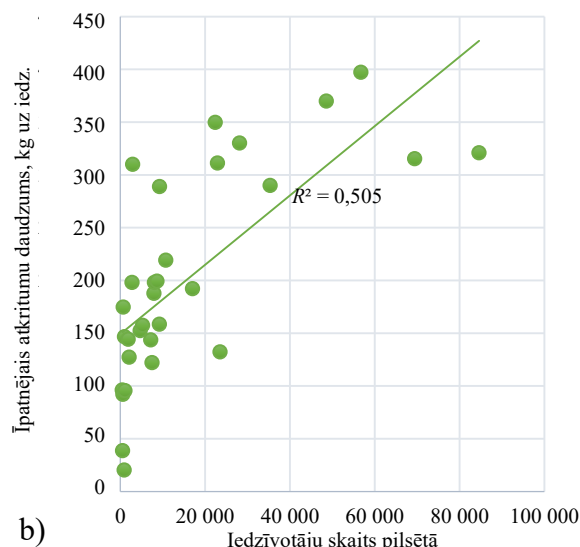
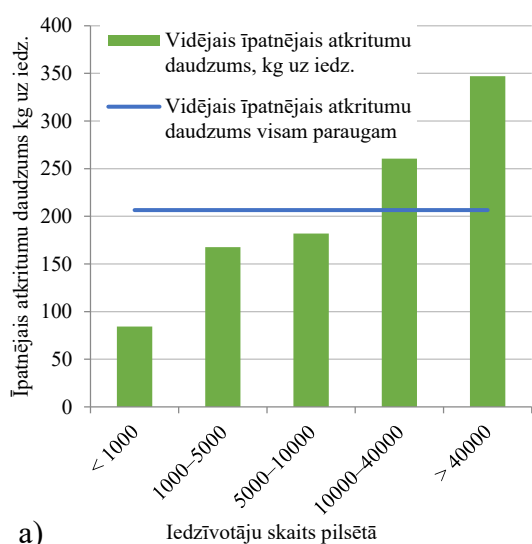
** Augsta nozīmīguma varbūtība 0,001 un 0,01.

* Vidēja nozīmīguma varbūtība 0,01 un 0,05.

Korelācijas testa rezultāti (skat. 4.2. tab.) norāda, ka starp atkritumu frakciju mainīgajiem pastāv noteiktas sakarības. Cieša sakarība noteikta starp “bioloģiski noārdāmiem atkritumiem” un “plastmasas atkritumiem”, starp „citu atkritumu frakciju” un “bīstamajiem”, “papīra”, “bioloģiski noārdāmajiem atkritumiem” un “smalksnes frakciju”. Vājāka negatīva, tomēr nozīmīga korelācija konstatēta starp “darbspējīgā vecuma iedzīvotāju skaitu” un “inertu atkritumu frakciju”, kā arī starp mainīgajiem “bīstamie atkritumi” un “strādājošo vidējā darba samaksa”. Jāatzīmē, ka tikai “izlietotā iepakojuma frakcija” korelēja ar “kopējo nešķīroto atkritumu daudzumu”, tomēr starp “īpatnējo atkritumu daudzumu” un noteiktajām atkritumu frakcijām nav konstatēta būtiska korelācija.

4.1.2. Atkritumu sastāva novērtējuma rezultāti pa pilsētu grupām

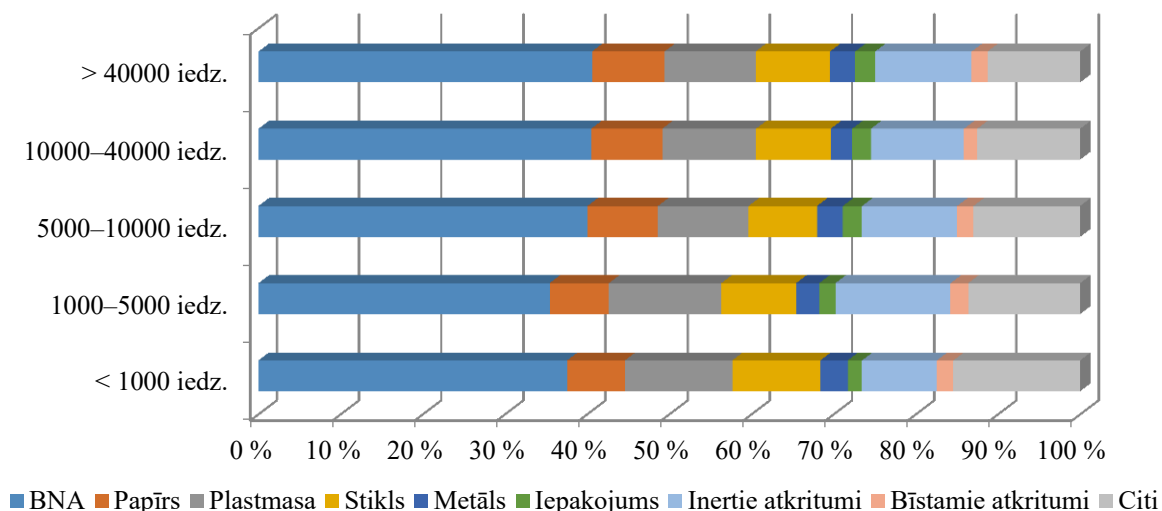
Lai sīkāk analizētu iegūtos datus un atrastu iespējamās sakarības, kas raksturo esošo atkritumu apsaimniekošanas sistēmu, tika veikta atkritumu sastāva analīze pa pilsētu grupām. 4.1. a attēlā atspoguļoti izpētes rezultāti par nešķirotiem sadzīves atkritumu apjomiem uz vienu iedzīvotāju piecās pilsētu grupās, kas klasificētas pēc iedzīvotāju skaita. Rezultāti norāda, ka lielāks īpatnējais atkritumu daudzums ir pilsētās ar lielāku iedzīvotāju skaitu, savukārt mazākajās pilsētās īpatnējais atkritumu daudzums ir tikai aptuveni puse no vidējā daudzuma.



4.1. att. Īpatnējais nešķirotu sadzīves atkritumu daudzums analizētajās pilsētās.

4.1. b attēlā tendence tiek raksturota, izmantojot lineāro regresiju, r^2 ir 0,505, kas liecina par vidēju korelāciju un apliecina, ka pastāv zināmas sakarības starp pilsētas lielumu un atkritumu radītāju paradumiem (no aprēķiniem būtiski lielāka iedzīvotāju skaita dēļ ir izslēgta Rīga).

Nešķirotu sadzīves atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti pa pilsētu grupām grafiski ir redzami 4.2. attēlā.



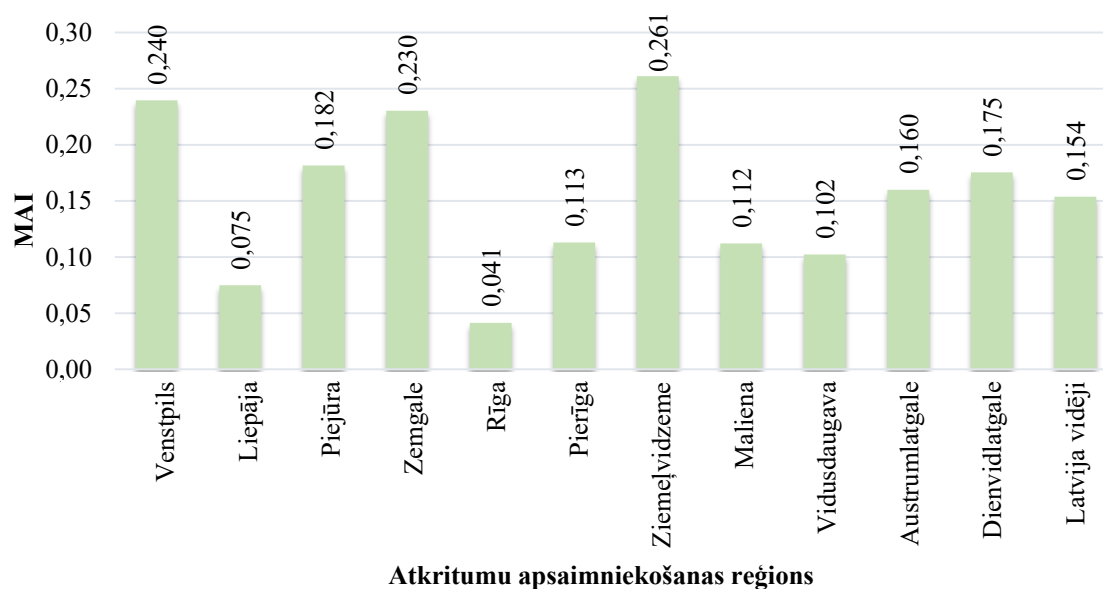
4.2. att. Atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti pa pilsētu grupām.

Bioloģiski noārdāmo atkritumu grupa veido lielāko daļu no visām atkritumu frakcijām visu pilsētu paraugos. Lielākais bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvars ir pilsētās ar iedzīvotāju skaitu 10–40 tūkstošiem iedzīvotāju, savukārt vismazākais – pilsētās ar iedzīvotāju skaitu 1–5 tūkstoši. Starpība starp minimālo un maksimālo papīra atkritumu īpatsvaru attiecīgajās pilsētu grupās ir 1,8 %, lielāks papīra atkritumu īpatsvars ir raksturīgs lielākajām pilsētām. Līdzīgi kā papīra atkritumiem, arī plastmasas atkritumiem rezultāti norāda, ka pastāv nozīmīga saistība ar pilsētu lielumu, tikai šajā gadījumā lielāks īpatsvars tiek konstatēts mazākajās pilsētās.

4.2. Indikatori atkritumu apsaimniekošanas sistēmas efektivitātes novērtēšanai

Analīzes ietvaros katram atkritumu apsaimniekošanas reģionam tika aprēķināts materiālu atguves indikators (MAI), enerģijas atguves indikators (EAI), kombinētais indikators (KI) un izmaksu indikators (IzMI).

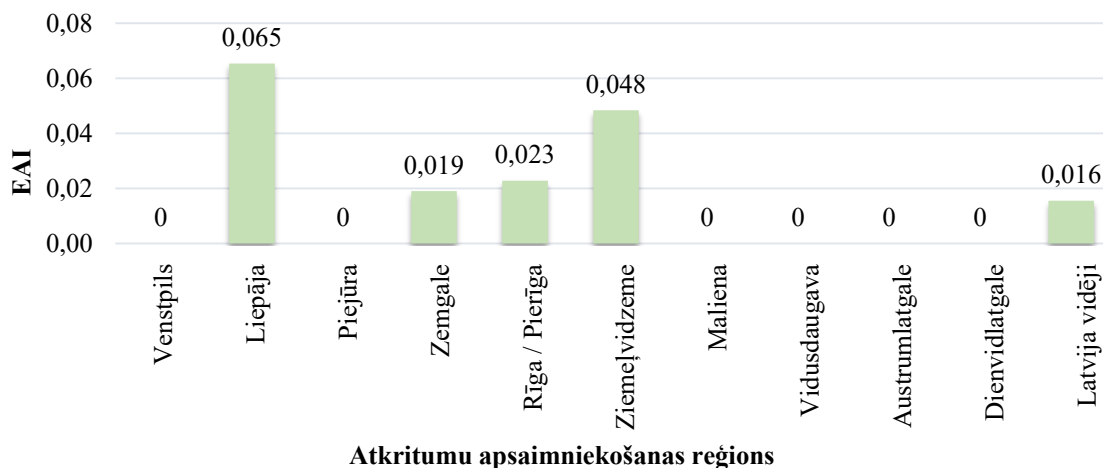
2016. gadā Latvijas vidējais MAI, ņemot vērā visus atkritumu apsaimniekošanas reģionus un Rīgas pilsētu, bija 0,154. MAI aprēķinu rezultāti atsevišķiem reģioniem rāda, ka augstākais materiālu reģenerācijas līmenis bija Ziemeļvidzemes atkritumu apsaimniekošanas reģionam – 0,26 (jeb 26 % no savākto sadzīves atkritumu daudzuma), Ventspils atkritumu apsaimniekošanas reģionam – 0,24, Zemgales atkritumu apsaimniekošanas reģionam – 0,23. Pārējiem atkritumu apsaimniekošanas reģioniem MAI rādītājs ir mazāks par 0,2 (skat. 4.3. att.).



4.3. att. Materiālu atguves indikatora aprēķinu rezultāti 2016. gadam.

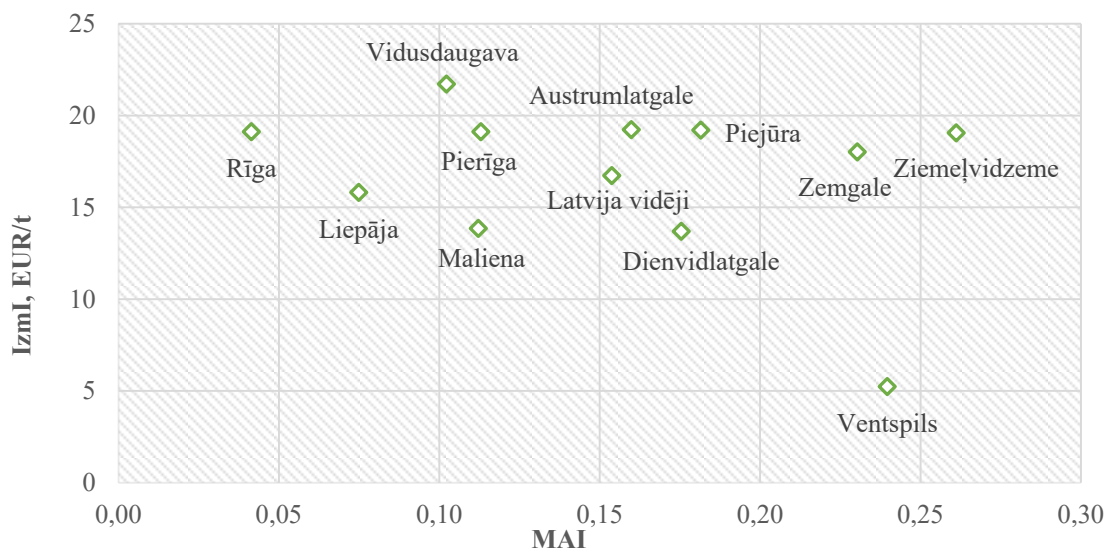
EAI aprēķinu rezultāti ir atspoguļoti 4.4. attēlā. Ventspils, Piejūras, Malienas, Vidusdaugavas, Austrumlatgales un Dienvidlatgales atkritumu apsaimniekošanas reģionu sadzīves atkritumu apglabāšanas poligonos nenotiek enerģijas ražošana no poligonu gāzes, tāpēc šiem reģioniem EAI vērtība ir 0. Augstākais ERI rādītājs ir Liepājas atkritumu

apsaimniekošanas reģionam, kur EAI vērtība ir 0,065 jeb 6,5 %, tam seko Ziemeļvidzemes atkritumu apsaimniekošanas reģions, kur EAI vērtība ir 0,048 jeb 4,8 %. Latvijā EAI vidējā vērtība tika aprēķināta kā visu atkritumu apsaimniekošanas reģionu EAI vidējā vērtība, 2016. gadā tā bija 0,016 jeb 1,6 %.



4.4. att. Enerģijas atguves indikatora aprēķina rezultāti 2016. gadam.

Izml un MAI indikatoru aprēķinu rezultāti ir atspoguļoti 4.5. attēlā.



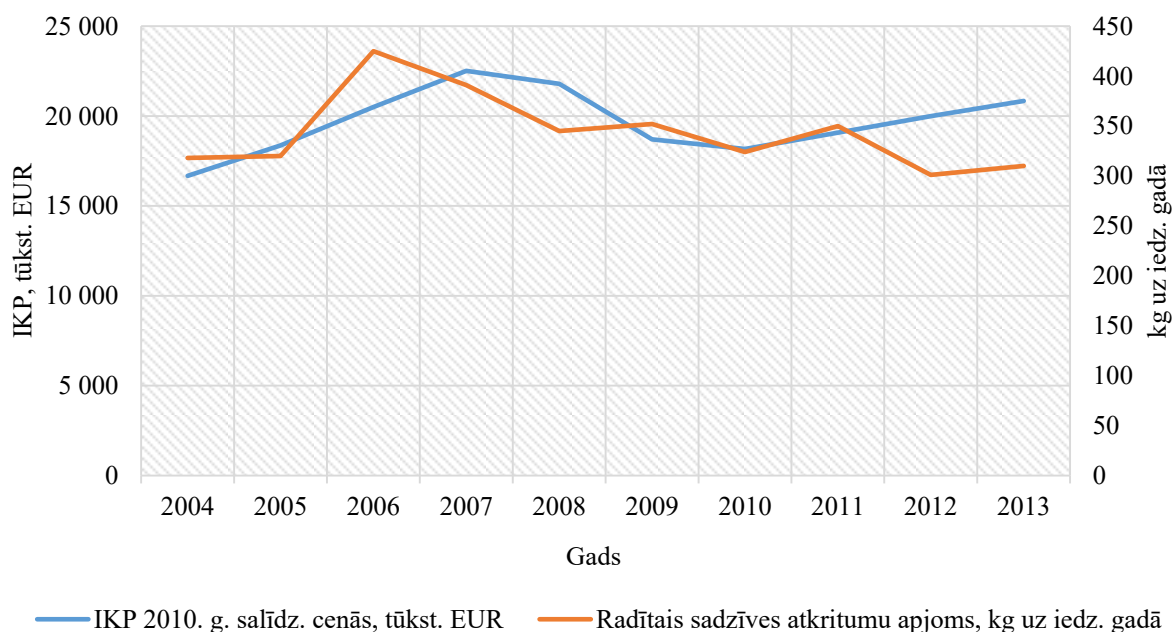
4.5. att. Izmaksu indikators attiecībā pret materiālu atguves indikatoru.

Analīze liecina, ka, palielinoties Izml vērtībai, MAI vērtība pieaug. Šāds rezultāts ir likumsakarīgs, jo, palielinot investīcijas sistēmas attīstībā (uzlabojot atkritumu apsaimniekošanas sistēmu, piemēram, jaunākas, efektīvākas šķirošanas un pārstrādes tehnoloģijas), palielinās arī vides ieguvumi, kas šajā gadījumā nozīmē materiālu pārstrādes pieaugumu.

4.3. Atbalsta rīki lēmumu pieņemšanas procesam

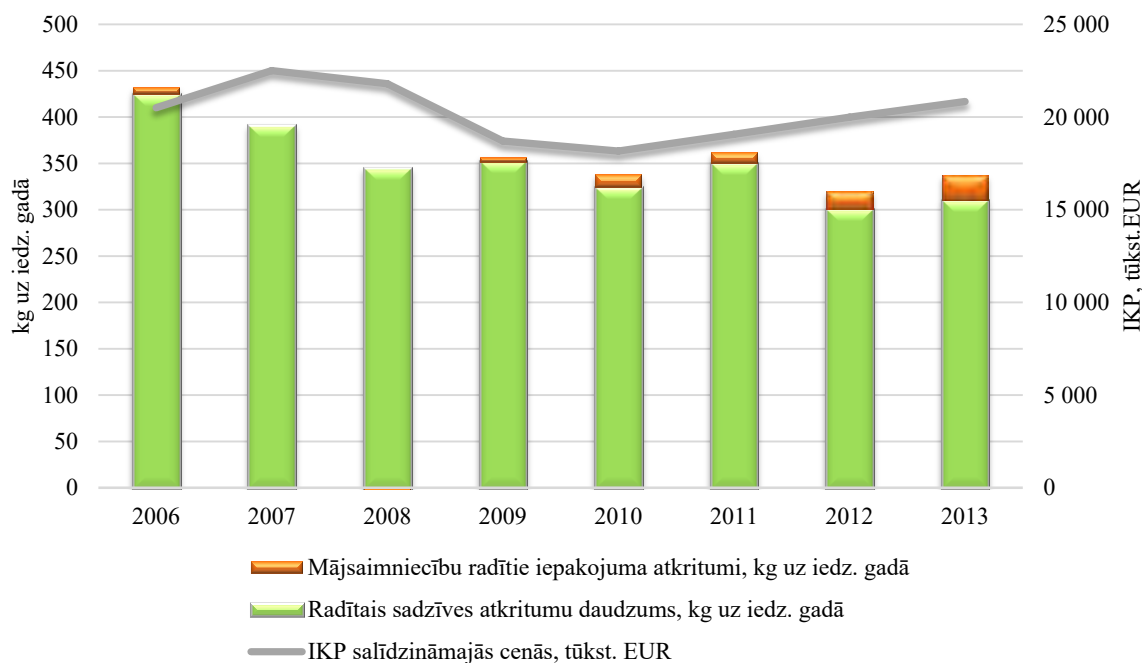
4.3.1. Atkritumu radīšanas dinamikas prognozēšana

Saskaņā ar izstrādāto metodoloģisko pieeju, izmantojot laikrindu metodi un identificējot saistītos indikatorus, tika veikta vēsturisko atkritumu ražošanu raksturojošo datu analīze. Lai novērtētu iespējamo saistību starp labklājības izmaiņām un saražoto atkritumu daudzumu, raksturlielumu salīdzinājums tika veikts 10 gadu periodā. Rādītāju vēsturiskās vērtības parādītas 4.6. attēlā.



4.6. att. Radītā atkritumu apjoma un IKP dinamika 2004.–2013. gadā.

Papildu aspekts attiecībā uz saražoto atkritumu daudzumu vēsturiskajiem rādītājiem ir saistīts ar atkritumu veidiem, kas iekļauti sadzīves atkritumu plūsmas aprēķinā. Pamata pieeja ietver pieņēmumu, ka, lai gan atkritumu rašanās avots ir mājsaimniecības, sadzīves atkritumu daudzumos netiek ieskaitīts izlietotais iepakojums. Lai identificētu iespējamo saistību starp savākto sadzīves atkritumu daudzumu, savākto izlietoto iepakojumu un IKP rādītāju dinamiku, tiek veikts aprēķinu metodes salīdzinājums scenārijiem “ar” un “bez” mājsaimniecību radītā izlietotā iepakojuma atkritumu apjomu iekļaušanas kopējā daudzumā. Rezultāti ir atspoguļoti 4.7. attēlā.

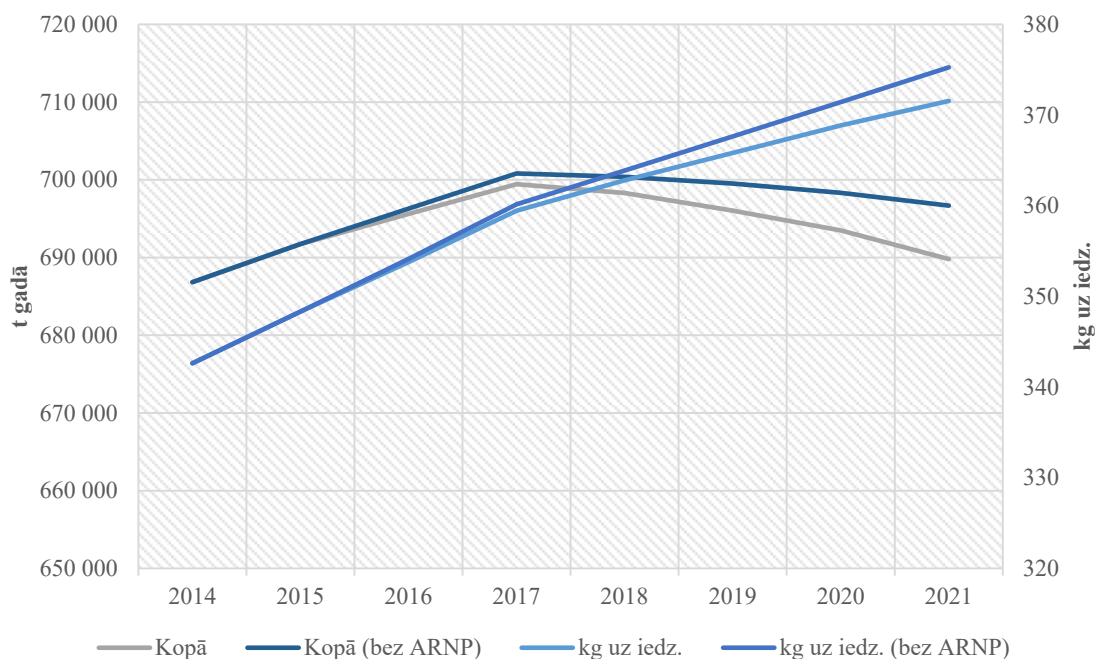


4.7. att. Sadzīves atkritumu un mājsaimniecību radīto izlietotā iepakojuma atkritumu daudzumu salīdzinājums ar IKP 2006.–2013. gadā.

Salīdzinot scenārijus “ar” un “bez” izlietotā iepakojuma iekļaušanas kopējā saražoto sadzīves atkritumu daudzumā, scenārijs “ar” iekļautajiem izlietotā iepakojuma apjomiem vairāk tuvojās IKP vērtību svārstībām aplūkotajā periodā, attiecīgi var secināt, ka šāda pieeja precīzāk varētu raksturot faktiskos saražoto sadzīves atkritumu daudzumus. Attiecībā uz saistību starp IKP dinamiku un saražoto atkritumu daudzumu ir jānorāda, ka šīs attiecības nav tieši proporcionālas. Salīdzinot atkritumu apjomu izmaiņas un IKP vērtības izmaiņas, var secināt, ka atkritumu apjoma izmaiņas ir aptuveni 1/3 no IKP vērtības izmaiņām.

Izvērtējot atkritumu rašanās samazināšanas pasākumu ietekmi uz iespējamajiem atkritumu daudzumiem, aprēķinos tiek pieņemts, ka preventīvo profilakses darbību rezultātā radīto atkritumu daudzums samazināsies ar pieaugošu tendenci – 2015. gadā par aptuveni 0,1 %, savukārt 2020. gadā par 1,0 %.

Balstoties uz veiktās analīzes rezultātā iegūtajiem secinājumiem, ir sagatavots sadzīves atkritumu radīšanas prognožu modelis Latvijai laika posmam 2015.–2021. gads, kas ir atspoguļots 4.8. attēlā.



4.8. att. Sadzīves atkritumu ražošanas prognoze Latvijai 2015.–2021. gads

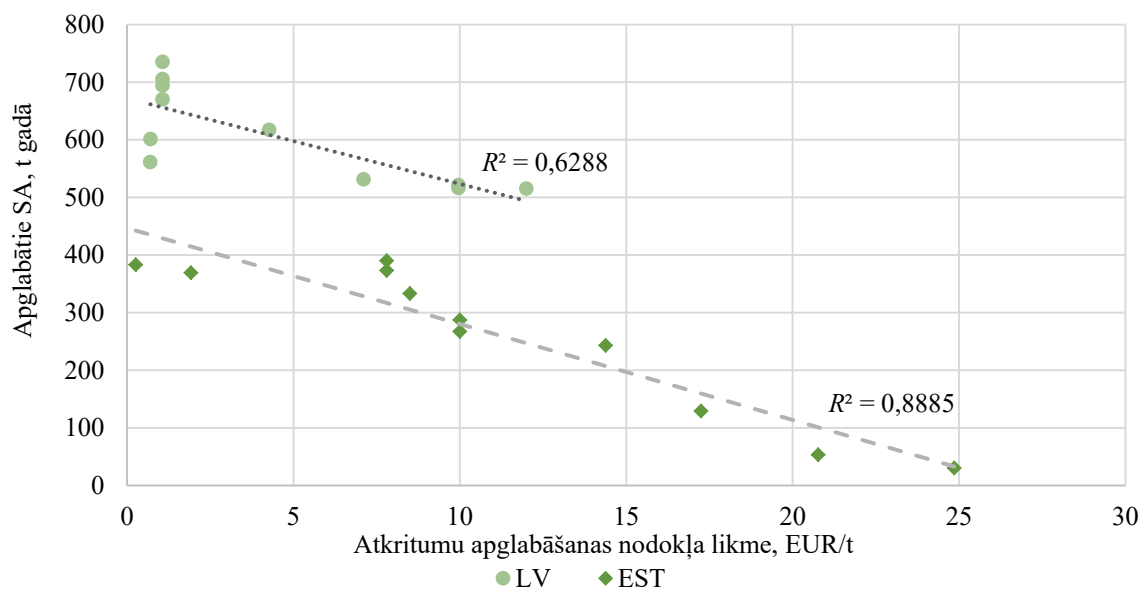
Izveidotā prognoze paredz pastāvīgu radītā atkritumu apjoma uz vienu iedzīvotāju pieaugumu aplūkotajā laika periodā, ko nodrošina pozitīvi IKP rādītāji. Attiecībā uz kopējo radīto atkritumu apjomu tiek prognozēts pieaugums laika posmā līdz 2017. gadam, pēc 2017. gada tiek prognozēts samazinājums, ko nosaka demogrāfisko rādītāju un IKP rādītāju attiecība – iedzīvotāju skaita samazinājums pārsniedz IKP izraisīto radītā atkritumu apjoma pieaugumu.

4.3.2. Tehnoloģisko risinājumu un politikas instrumentu lietošanas ietekme

Tehnoloģisko risinājumu un politikas instrumentu lietošanas ietekmes novērtējums balstīts uz instrumentu lietošanas novērtējumu laika griezumā kontekstā ar izmaiņām atkritumu apsaimniekošanas darbībās. Veicot analīzi, salīdzinātas Latvijas, Lietuvas un Igaunijas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas 2004.–2014. gadā

4.3.2.1. Atkritumu apglabāšanas nodokļa efektivitāte

Atkritumu apglabāšanas nodokļa ietekme uz atkritumu apglabāšanu Latvijā un Igaunijā ir analizēta, salīdzinot nodokļa likmes lielumu ar apglabāto atkritumu apjomu. Lietuvā šāda analīze nav veikta, jo pārskata periodā Lietuvā atkritumu apglabāšanas nodoklis nebija ieviests. Atkritumu apglabāšanas nodokļa likmes apmērs Latvijā laika posmā no 2004. līdz 2014. gadam ir pieaudzis no 0,70 EUR līdz 12,00 EUR par apglabāto atkritumu tonnu [20]. Igaunijā atkritumu apglabāšanas nodokļa likme aplūkotajā periodā ir pieaugusi no 0,30 EUR līdz 24,90 EUR par apglabāto atkritumu tonnu [21], [22], tātad 2014. gadā nodokļa likme Igaunijā bija vairāk nekā divas reizes lielāka nekā Latvijā. Atkritumu apglabāšanas nodokļa attiecība pret apglabāto sadzīves atkritumu apjomu [4], [11] pie noteiktas nodokļa likmes Latvijā un Igaunijā ir redzama 4.9. attēlā.

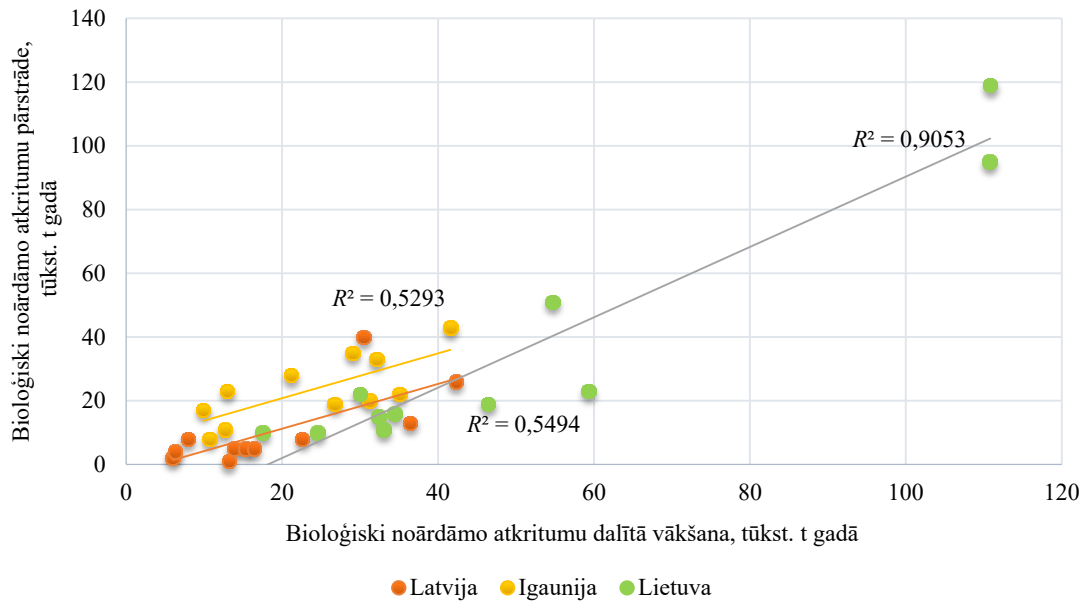


4.9. att. Atkritumu apglabāšanas nodokļa likmes un apglabātā atkritumu apjoma attiecība.

Analīzes rezultāti liecina par augstu korelāciju starp atkritumu apglabāšanas nodokļa likmes pieaugumu un apglabāto atkritumu apjomu samazinājumu, kas ļauj secināt, ka šis instruments arī Latvijā un Igaunijā sniedz pozitīvu efektu atkritumu apsaimniekošanas mērķu sasniegšanas nodrošināšanā.

4.3.2.2. Bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādes apjomu attiecība pret dalīti savākto apjomu

Atkritumu dalītā vākšana tiek uzsvērtā kā galvenais priekšnosacījums sekmīgai pārstrādes apjomu palielināšanai, jo dalīti savāktie atkritumi ir augstvērtīgāks materiāls (mazāk citu materiālu veidu piemaisījumu) ar plašākām pārstrādes iespējām nekā mehāniski šķīrotie atkritumi. Lai novērtētu sakarību starp dalīti savākto atkritumu apjomu un pārstrādes apjomiem Baltijas valstīs, ir analizēts dalīti savākto bioloģiski noārdāmo atkritumu plūsmas un bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādes apjoms, izmantojot bioloģiskās apstrādes tehnoloģijas. Pārstrādāto atkritumu apjoms attiecībā pret dalīti savākto bioloģiski noārdāmo atkritumu apjomu Latvijā, Igaunijā un Lietuvā ir redzams 4.10. attēlā.

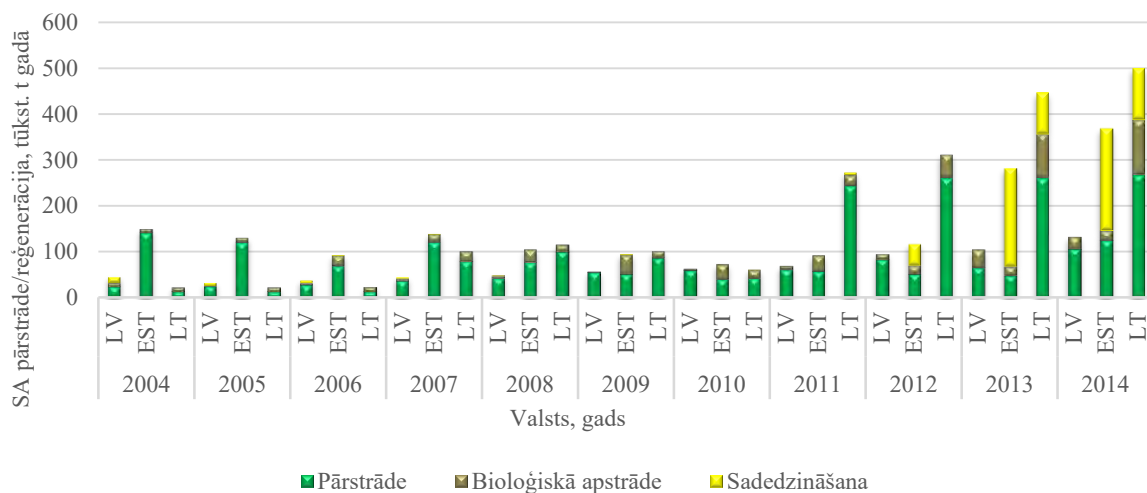


4.10. att. Dalīti savākto bioloģiski noārdāmo atkritumu apjoms attiecībā pret pārstrādes apjomiem.

Veiktā analīze norāda uz ciešu korelāciju starp dalīti savākto bioloģiski noārdāmo atkritumu un pārstrādāto bioloģiski noārdāmo atkritumu apjomu Lietuvā, savukārt Latvijā un Igaunijā saikne ir vājāka.

4.3.2.3. Sadržes atkritumu reģenerācijas alternatīvas

Latvijas, Igaunijas un Lietuvas atkritumu apsaimniekošanas sistēmu darbību iespējams salīdzināt, izmantojot atkritumu reģenerācijas apjomus pa dažādiem reģenerācijas veidiem, t. sk. bioloģiskā apstrāde, materiālu pārstrāde, un sadedzināšana. Sadržes atkritumu reģenerācijas apjomi pa reģenerācijas veidiem Latvijā, Igaunijā un Lietuvā laika posmā no 2004.–2014. gadam redzami 4.11. attēlā.



4.11. att. Pārstrādātie/reģenerētie sadzīves atkritumu apjomi 2004.–2014. gadā.

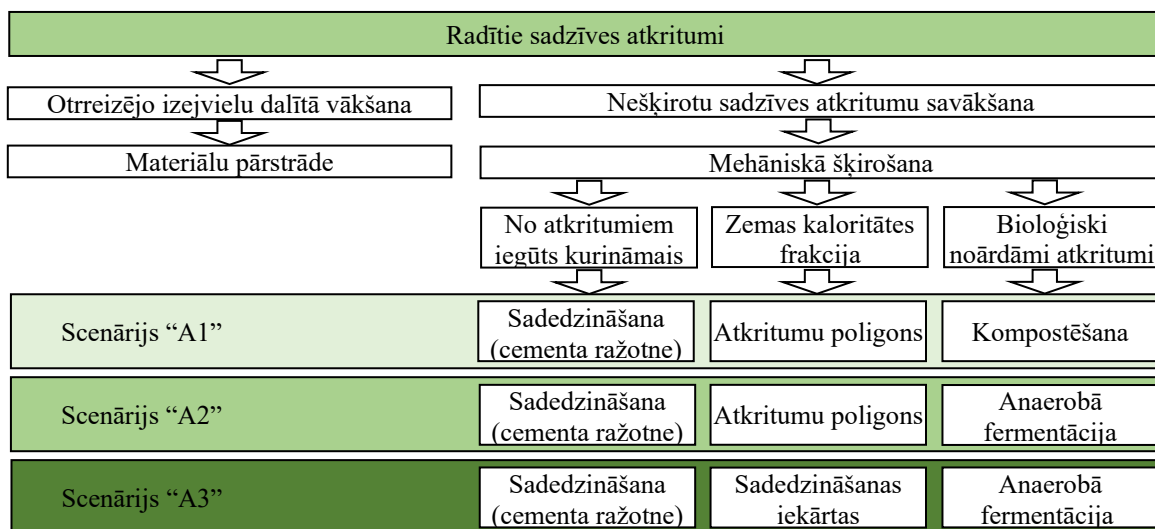
Apkopotie Latvijas situāciju raksturojošie dati iezīmē stabili pieaugošu kopējo sadzīves atkritumu reģenerācijas tendenci, sākot no 2005. gada. 2014. gadā tiek sasniegts reģenerācijas maksimums, kas ir 21 % no radītā sadzīves atkritumu apjoma.

Igaunijā laika posmā 2004.–2012. gads kopējie reģenerācijas apjomi dažādos gados svārstās 17–25 % robežās no kopējā radīto sadzīves atkritumu apjoma. Būtisks reģenerācijas palielinājums sākās no 2013. gada, kad reģenerācijas īpatsvars sasniedza 73 %. Secināms, ka 2013. un 2014. gadā būtisku pieaugumu sniedz sadedzināšana – attiecīgi 55 % un 47 % no radītā sadzīves atkritumu apjoma.

Lietuvas piemēra analīze uzrāda ļoti nelielu reģenerācijas īpatsvaru laika posmā 2004.–2010. gads – kopējie reģenerācijas apjomi dažādos gados svārstās 2–9 % robežās no kopējā radīto sadzīves atkritumu apjoma. 2011. gadā ir vērojams būtisks materiālu pārstrādes pieaugums – līdz 20 % no kopējā radītā sadzīves atkritumu apjoma. Papildu ieguldījumu reģenerācijas apjomu palielināšanā sniedz sadedzināšana – 2014. gadā 9 %, tādējādi sasniedzot kopējo reģenerācijas apjomu 39 % no radītā sadzīves atkritumu apjoma.

4.3.3. Alternatīvo scenāriju izstrāde un analīze

Alternatīvo scenāriju izstrāde ietver esošās situācijas analīzē konstatēto problēmu risināšanai piemērotu risinājumu atlasīšanu un šo risinājumu apvienošanu alternatīvajos scenārijos (skat. 4.12. att.).



4.12. att. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstības scenāriji.

Viens no scenārijiem ir bāzes vai inerces scenārijs, kas ļauj novērtēt esošās sistēmas potenciālu mērķu sasniegšanā, pārējie divi ir attīstības scenāriji, kas ietver atšķirīgus tehnoloģiskos risinājumus. Scenāriji tika vērtēti no tehniskajiem, ekonomiskajiem, vides un sociālajiem aspektiem. Tehnisko aspektu novērtējumā tika vērtēts tehnoloģiju aprobācijas līmenis un apstrādājamo atkritumu daudzumu atbilstība tehnoloģisko iekārtu optimālajai jaudai. Ekonomisko faktoru novērtējumā ir ietverts investīciju izmaksu, ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksu salīdzinājums, atkritumu radītāju spējas norēķināties par pakalpojumu

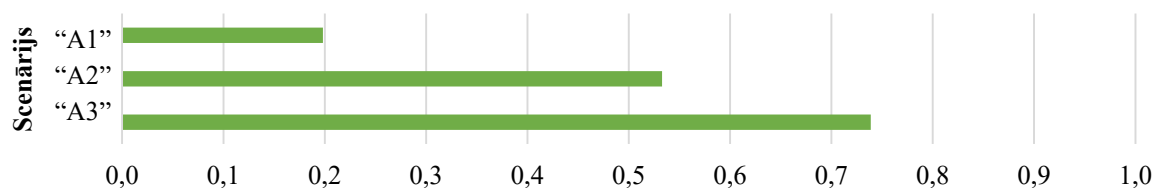
novērtējums un tehnoloģiju enerģijas bilance. Vides faktoru kontekstā tika vērtēta scenāriju īstenošanas ietekme uz vidi, scenāriju spēja nodrošināt atkritumu apsaimniekošanas sektora mērķu sasniegšanu, kā arī atkritumu pārstrādes un reģenerācijas rezultātā iegūto gala produktu turpmākas izmantošanas iespēju. Sociālo faktoru kontekstā tika vērtēta sabiedrības iesaistīšanās un atbalsta nozīme scenāriju īstenošanā.

Scenāriju īstenošanas iespējamība un optimālā scenārija izvēle ir balstīta multikritēriju analīzes rezultātos. Izvērtētie kritēriji, kritēriju svāri un vērtības uzskaitītas 4.3. tabulā.

4.3. tabula

Kritēriju svāri un vērtības				
Kritērijs	Svārs	Scenārijs "A1"	Scenārijs "A2"	Scenārijs "A3"
Tehniskie kritēriji	0,3	3	5	4
Ekonomiskie kritēriji	0,4	2	3	4
Vides kritēriji	0,2	2	3	5
Sociālie kritēriji	0,1	5	3	2

Multikritēriju analīzes rezultāti (skat. 4.13. att.) norāda, ka scenārijs "A3" uzrāda labāku sniegumu, salīdzinot ar citiem scenārijiem. Scenārija "A3" rezultātu galvenokārt veicina labais sniegums vides un ekonomiskajā kritērijā. Scenārijs "A1" nenodrošina iespēju sasniegt atkritumu reģenerācijas mērķus, kā arī šim scenārijam nav priekšrocību no ekonomisko aspektu viedokļa, jo zemās investīciju izmaksas nav pietiekamas, lai kompensētu būtiski lielāko dabas resursu nodokļa izmaksu apjomu, kas saistīts ar zemajiem atkritumu reģenerācijas rādītājiem. Lai arī "A2" ir ieguvis zemāku punktu skaitu nekā "A3", šis scenārijs ir piemērotāks nekā "A1". Gadījumā, ja pastāv būtiski šķēršļi, kas ierobežo "A3" ieviešanu, "A2" ir īstenošanai piemērota alternatīva.



4.13. att. Multikritēriju analīzes rezultāti.

Analīzes rezultāti liecina, ka prakse ar bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādi, izmantojot anaerobo fermentāciju un pārstrādei nederīgo materiālu sadedzināšanu ar enerģijas atguvi, ļauj sasniegt nepieciešamos rezultātus atkritumos esošu resursu atgūšanā un ka vienkāršas atkritumu apstrādes tehnoloģijas, piemēram, bioloģiski noārdāmo atkritumu kompostēšana un pārstrādei nederīgu atkritumu plūsmu apglabāšana nav optimālais risinājums.

Ierobežojošie faktori, kas kavē atkritumu energoreģenerācijas stratēģijas īstenošanu, vairumā gadījumu ir saistīti ar bažām par investīciju izmaksu apmēru un potenciāli negatīvo ietekmi uz vidi. Analīzes rezultāti liecina, ka ievērojamos ieguldījumus kompensē ieņēmumi no saražotās siltumenerģijas un enerģijas pārdošanas. Enerģijas bilances novērtējums norāda,

ka "A3" scenārijs nodrošina visaugstāko enerģijas ražošanas/patēriņa attiecību, kas ir pozitīvs aspekts arī no ekonomiskā viedokļa.

Iespējamie "A3" scenārija īstenošanas ierobežojošie faktori ir saražotās enerģijas realizācijas nodrošinājums un zināmā mērā atbilstība atkritumu politikas prioritārajiem mērķiem nākotnē. Attiecībā uz "A3" jānorāda, ka kritisks faktors tā īstenošanā ir siltumenerģijas tirdzniecības iespējas, jo šī scenārija ekonomiskie rādītāji ir atkarīgi no ieņēmumiem no siltumenerģijas piegādes centralizētajai siltumapgādes sistēmai vai rūpnieciskiem mērķiem. Turklāt no vides ieguvumu viedokļa tikai efektīva saražotās enerģijas izmantošana nodrošina priekšrocības, salīdzinot ar citiem scenārijiem.

Saistībā ar atkritumu apsaimniekošanas nozares prioritārajiem mērķiem jāatzīmē, ka atkritumu sadedzināšana atkritumu apsaimniekošanas hierarhijā ir tikai vienu soli augstāk par atkritumu apglabāšanu un šī scenārija īstenošana nerisina tādus jautājumus kā atkritumu rašanās novēršana un atkārtota izmantošana. Faktiski varētu būt zināmas bažas, ka atkritumu sadedzināšanas iespēju pieejamība var radīt nevēlamu ietekmi uz atkritumu pārstrādi, jo sadedzināšanas pieejamība var mazināt stimulu attīstīt pārstrādes iespējas. Lai izvairītos no šādām sekām, politikas veidotājiem būtu jāseko līdzi atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbībai un vēlamu rezultātu sasniegšanai jālieto politikas instrumenti.

SECINĀJUMI

1. Promocijas darba definētais mērķis ir izstrādāt metodikas efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldībai, kas sekmētu lēmumu pieņemšanas procesu, tādējādi veicinot aprites ekonomikas principu īstenošanu atkritumu apsaimniekošanas sektorā. Šāds mērķis tika izvirzīts, balstoties uz esošās situācijas analīzes rezultātiem, kas liecina, ka sadzīves atkritumu pārstrādes un reģenerācijas rezultāti, neskatoties uz lietotajiem politikas instrumentiem un finansiālo atbalstu atkritumu apsaimniekošanas sektoram, ir neapmierinoši.
2. Pētījumam izvirzītā hipotēze ietver pieņēmumu, ka, virzoties uz aprites ekonomikas mērķu sasniegšanu, atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldību iespējams pilnveidot, veicinot tās efektivitāti. To iespējams izdarīt, izmantojot atkritumu apsaimniekošanas sektoru raksturojošos statistikas datus un eksperimentāli iegūtus datus, kā arī pilnveidojot datu apstrādes metodikas un empīriskus modeļus. Pētījuma rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi – pētījuma izstrādes gaitā ir pierādīts, ka, izmantojot pieejamos datus, empīrisku pētījumu rezultātā iegūtus datus un lietojot atbilstošas datu apstrādes metodes, kā arī atbilstošus nākotnes attīstības scenāriju modelēšanas un novērtēšanas rīkus, ir iespējama lēmumu pieņemšanas un attiecīgi atkritumu apsaimniekošanas sektora darbības pilnveidošana.
3. Lai īstenotu pierādījumos balstītu atkritumu apsaimniekošanas sektora pārvaldību, ir nepieciešami dati, kas raksturo radīto sadzīves atkritumu sastāvu un apjomu. Šādi dati ļauj novērtēt gan esošās sistēmas darbības efektivitāti, gan plānot sistēmas attīstību. Promocijas darba izstrādes laikā eksperimentāli iegūtie dati par sadzīves atkritumu sastāvu Latvijā liecina, ka nešķirotu sadzīves atkritumu plūsmu līdz 32,9 % apmērā veido pārstrādājami materiāli, 29,2 % – bioloģiski noārdāmi atkritumi. Tas nozīmē, ka vismaz 60 % no nešķirotu sadzīves atkritumu apjoma ir potenciāli pārstrādājami, ja tiek ieviestas atbilstošas apsaimniekošanas sistēmas.
4. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbības efektivitātes raksturošanai tiek izmantoti indikatori, piemēram, “kopējais apglabāto sadzīves atkritumu daudzums”, “kopējais pārstrādātais sadzīves atkritumu daudzums”. Promocijas darba izstrādes gaitā ir veikta atkritumu apsaimniekošanas sistēmas Latvijā novērtēšana ar kombinētā indikatora metodiku. Veicot pētījumu, tika konstatēts, ka metodika ir sekmīgi adaptējama Latvijas situācijai un indikatora aprēķinus iespējams veikt, izmantojot publiski pieejamos datus. Kombinētā indikatora izmantošanas priekšrocība ir iespēja ar vienu indikatoru raksturot atkritumu apsaimniekošanas sistēmas darbības summāro rezultātu, t. i., gan atkritumu pārstrādes, gan atkritumu reģenerācijas apjomus. Šāda pieeja ir īpaši nepieciešama situācijās, kad ir jānovērtē un jāsalīdzina atkritumu apsaimniekošanas sistēmas, kurām ir vienots mērķis – samazināt apglabāto atkritumu apjomu, bet mērķa sasniegšanai tiek izmantotas atšķirīgas stratēģijas, t. i., pārstrādes stratēģija vai reģenerācijas stratēģija.
5. Lēmumpieņemšanas procesā būtiska nozīme ir radīto atkritumu plūsmu nākotnes prognožu sagatavošanai, jo tieši tas, kāda apjoma un veida atkritumi būs

jāapsaimnieko, nosaka, kādi risinājumi būs nepieciešami. Pētījuma rezultāti liecina, ka radītajam atkritumu apjomam ir saikne ar labklājības līmeni un labklājības līmeņa pieaugums veicina radītā atkritumu apjoma pieaugumu. Vienlaikus, sagatavojot atkritumu radīšanas prognozes pēc piedāvātās metodikas, jāņem vērā, ka tās precizitāti tiešā veidā nosaka demogrāfisko un makroekonomisko rādītāju prognožu ticamība. Faktors, kura ietekmi uz radīto atkritumu apjomu ir sarežģīti novērtēt, ir atkritumu rašanās samazināšanas pasākumu efektivitāte, jo kopējā tirgū atkritumu rašanās dinamiku ietekmē ne tikai valsts mērogā lietotie politikas instrumenti, bet arī pārrobežu preču plūsma.

6. Analizējot faktoros, kas sekmē atkritumu apglabāšanas samazināšanu, secināts, ka politikas instrumentiem – “atkritumu apglabāšanas nodoklis” un “atkritumu apglabāšanas aizliegums” – ir tieša saistība ar apglabāto atkritumu apjomu samazināšanos. Tajā pat laikā “atkritumu apglabāšanas nodoklis” būs efektīvs tikai pie pietiekami augstām nodokļa likmēm; apglabāšanas aizliegums būs efektīvs tikai tādā gadījumā, kad būs definēti precīzi kritēriji apglabāšanas aizliegumam. No lietoto tehnoloģiju skatupunkta atkritumu sadedzināšanas ar enerģijas atguvi veicina poligonā apglabāto atkritumu apjomu samazināšanos; vienlaikus analīzes rezultāti neizslēdz faktu, ka sadedzināšanas tehnoloģijas ieviešana varētu samazināt atkritumu pārstrādes apjomus, līdz ar to lēmumpieņēmējiem, ieviešot atkritumu sadedzināšanu, jāparedz preventīvi pasākumi, lai izvairītos no pārstrādei derīgu atkritumu nonākšanas reģenerācijas iekārtās.
7. Promocijas darba izstrādes gaitā ir veikta atkritumu apsaimniekošanas sektora attīstības scenāriju sagatavošana un novērtēšana. Scenāriju īstenošanu ietekmē tehniskie, ekonomiskie, vides un sociālie faktori, attiecīgi, izvēloties optimālo scenāriju, nepieciešams izmantot metodiku, kas ļauj novērtēt visus minētos faktoros – šāda pieeja sniedz būtisku atbalstu lēmumpieņēmējiem un veicina lēmumu pieņemšanu situācijās, kad vairākas iesaistītās puses pārstāv savas intereses. Pētījumā, novērtējot sagatavotos scenārijus ar multikritēriju analīzes metodi, tika konstatēts, ka vislielākais sagaidāmais ieguvums, neskatoties uz ierobežojošajiem ekonomiskajiem faktoriem, ir scenārijam ar vislielākajām izmaksām un jaunu atkritumu pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģiju – bioloģiski noārdāmo atkritumu anaerobās fermentācijas un atkritumu sadedzināšanas ar enerģijas atguvi – īstenošanai.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2008/98/EK (2008. gada 19. novembris) par atkritumiem un par dažu direktīvu atcelšanu.
- [2] KOMISIJAS PAZIŅOJUMS EIROPAS PARLAMENTAM, PADOMEI, EIROPAS EKONOMIKAS UN SOCIĀLO LIETU KOMITEJAI UN REĢIONU KOMITEJAI Noslēgt aprites loku – ES rīcības plāns pārejai uz aprites ekonomiku, COM(2015) 614 final, EIROPAS KOMISIJA, Briselē, 2.12.2015.
- [3] Padomes Direktīva 1999/31/EK (1999. gada 26. aprīlis) par atkritumu poligoniem.
- [4] EUROSTAT Municipal waste generation and treatment, by type of treatment method. Pieejams:
http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasmun&lang=en.
- [5] Mohammadi M., Jämsä-Jounela S. L., Harjunoski I. “Optimal planning of municipal solid waste management systems in an integrated supply chain network”. *Computers & Chemical Engineering* 2019:123:155-169.
- [6] Cobo S., Dominguez-Ramos A., Irabien A. “From linear to circular integrated waste management systems: A review of methodological approaches.” *Resources, Conservation and Recycling* 2018:135:279-295.
- [7] Valsts statistikas pārskats “Nr. 3 – Atkritumi. Pārskats par atkritumiem” Valsts SIA “Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs”, Pieejams:
<http://parissrv.lv/gmc.lv/#viewType=wasteReports&incrementCounter=1>.
- [8] Rigamonti L., Sterpi I., Grosso M. “Integrated municipal waste management systems: An indicator to assess their environmental and economic sustainability.” *Ecol Indic* 2016;60:1–7.
- [9] KOMISIJAS LĒMUMS 2000/532/EK, ar ko aizstāj lēmumu 94/3/EK, ar kuru izveidots atkritumu saraksts saskaņā ar 1. panta a) punktu Padomes Direktīvā 75/442/EEK par atkritumiem, un Padomes lēmumu 94/904/EK, ar kuru izveidots bīstamo atkritumu saraksts saskaņā ar 1. panta 4. punktu Padomes Direktīvā 91/689/EEK par bīstamajiem atkritumiem (2000. gada 3. maijs).
- [10] The Environmental Protection Agency (Lithuania) Waste statistics. Pieejams:
<http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=01f545a1-ebed-4f2d-b05a-2b1bf5e7494b>.
- [11] The Estonian Environment Agency Waste statistics. Pieejams:
<https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?page=content&content=summary>.
- [12] Centrālā statistikas pārvalde. Datu bāzes. Pieejams:
<https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/db>.

- [13] Nordtest, 1995. Municipal Solid Waste: Sampling and Characterisation (No. NT ENVIR 001), Nordtest Method. Espoo, Finland. 12p. <http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/solid-waste-municipal-sampling-and-characterisation-nt-envir-001.html>.
- [14] BiPRO (2012): Support to Member States in improving waste management based on assessment of Member States' performance. Report prepared for the European Commission, DG ENV, July 2012. Country factsheet for Latvia, Pieejams: http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/LV%20factsheet_FINAL.pdf.
- [15] BiPRO (2012): Support to Member States in improving waste management based on assessment of Member States' performance. Report prepared for the European Commission, DG ENV, July 2012. Country factsheet for Estonia, Pieejams: http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/EE%20factsheet_FINAL.pdf.
- [16] BiPRO (2012): Support to Member States in improving waste management based on assessment of Member States' performance. Report prepared for the European Commission, DG ENV, July 2012. Country factsheet for Lithuania, Pieejams: http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/LT%20factsheet_FINAL.pdf.
- [17] Annegrete B., Karin I. "Future waste generation forecasts on the basis of a macroeconomic model", Resources Conservation and Recycling 02/1997; 19(2):137–149.
- [18] Purcell M., Magette W.L., "Prediction of household and commercial BMW generation according to socio-economic and other factors for the Dublin region", Waste Management 29 (2009) 123–1250.
- [19] EUROSTAT Population projections. pieejams: http://ec.europa.eu/eurostat/data/database?node_code=proj.
- [20] Dabas resursu nodokļa likums, spēkā no 01.01.2006., pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=124707>.
- [21] Estonian Environmental Charges Act, Passed 07.12.2005. pieejams: <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/513012014001/consolide>.
- [22] Estonian Environmental Charges Act, Passed 10.02.1999. pieejams: <https://www.riigiteataja.ee/akt/186684>.