



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Uģis Sarma

CENTRALIZĒTĀS SILTUMAPGĀDES TARIFU LĪMEŅATZĪMJU METODE

Promocijas darba kopsavilkums



RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultāte
Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Uģis Sarma

Doktora studiju programmas “Vides inženierija” doktorants

CENTRALIZĒTĀS SILTUMAPGĀDES TARIFU LĪMENĀTZĪMJU METODE

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
profesors *Dr. sc. ing.*
GATIS BAŽBAUERS

RTU Izdevniecība
Rīga 2024

Sarma, U. Centralizētās siltumapgādes tarifu līmeņatzīmju metode. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2024. 51 lpp.

Publicēts saskaņā ar promocijas padomes “RTU P-19” 2024. gada 1. marta lēmumu, protokols Nr. 190.

Vēlos izteikt pateicību visiem RTU mācībspēkiem manu studiju dažādos posmos, jo īpaši profesorei *Dr. habil. sc. ing.* Dagnijai Blumbergai par konsekventām ievirzēm un rosinājumiem. Augstu novērtēju arī siltumapgādes nozares kolēģu, tostarp Regulatorā strādājošo, sniegtos padomus un dalīšanos ar praktisko pieredzi daudzu gadu garumā. Noslēgumā – liela pateicība manai ģimenei par atbalstu un pamudinājumiem. Īpašu atzinību vēlos izteikt mana promocijas darba vadītājam profesoram *Dr. sc. ing.* Gatim Bažbaueram par līdzsvarotu, bet vienlaikus neatlaidīgu manis virzīšanu cauri ieilgušajam doktorantūras procesam.

Vāka attēls no www.shutterstock.com

<https://doi.org/10.7250/9789934371196>
ISBN 978-9934-37-119-6 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2024. gada 14. novembrī plkst. 14 Rīgas Tehniskās universitātes Dabaszinātņu un tehnoloģiju fakultātē, Āzenes ielā 12/1, 607. telpā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesore *Dr. habil. sc. ing.* Dagnija Blumberga,
Rīgas Tehniskā universitāte

Profesors *Dr. sc. (tech.) Peter D. Lund*,
Ålto Universitāte, Somija

Profesore *Dr. sc. ing.* Anna Volkova,
Tallinas Tehnoloģiju universitāte, Igaunija

APSTIPRINĀJUMS

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

Uģis Sarma (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, četras nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 23 attēli, piecas tabulas, četri pielikumi, kopā 195 lappuses, ieskaitot pielikumus. Literatūras sarakstā ir 150 nosaukumi.

SATURS

IEVADS	5
1. METODOLOĢIJA.....	13
1.1. Datu apstrāde.....	13
1.2. Algoritms.....	19
1.3. Parametri un dati līmeņatzīmju aprēķinam.....	22
2. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	32
2.1. Rezultātu raksturojums.....	32
2.2. Rezultātu adekvātuma novērtējums	36
2.3. Līmeņatzīmju modeļa pielāgojums izmantošanai jauktas kurināmā struktūras gadījumā	37
2.4. Siltumenerģijas pārvades un sadales tarifu novērtēšana	40
2.5. Līmeņatzīmju modeļa praktiskās lietošanas pamatprincipi	43
2.6. Līmeņatzīmju modelis kā Regulatora instruments enerģētikas politikas īstenošanai ..	45
3. SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI.....	49

IEVADS

Tēmas aktualitāte

Ar Eiropas Komisijas ambiciozo mērķi līdz 2050. gadam panākt, ka Eiropa ir klimatneitrāls kontinents, un tā sasniegšanai noteiktajiem starprezultātiem, piemēram, *Fit for 55* pakotne, ir definēts grandiozs pārmaiņu process, kurā jāmainās visas ekonomikas un sabiedrības attīstības ciklam no lētos resursos un nepārtraukti augošā patēriņā balstītas attīstības uz resursu apritei un ilgtspējai pakārtotu izaugsmi. Šīs grandiozās sociālekonomisko ciklu maiņas sekmīgai norisei var nepietikt ar politiski noteiktiem mērķiem un šo mērķu sasniegšanai izstrādātām lineārām programmām. Pārmaiņu procesa vadībā jāreķinās ar daudzu procesu norisi vienlaikus, kas skars plašas ieinteresētās puses un radīs asas bijušo un jauno tehnoloģiju, biznesa modeļu, politisko viedokļu un interešu grupu sadursmes.

Iecerētajā grandiozajā transformācijā liela nozīme būs siltumapgādes nozarei, jo rūpniecības un mājojku siltumapgādes vajadzībām, īpaši Eiropas Ziemeļaustrumu daļā, tiek izlietota gandrīz puse no kopējā energoresursu patēriņa apjoma. Tādēļ siltumapgādē ir ļoti nozīmīgs efektivitātes paaugstināšanas, fosilo resursu aizvietošanas un siltumīcefekta gāzu (SEG) emisiju samazināšanas potenciāls.

Taču, neraugoties uz to, centralizētās siltumapgādes (CSA) regulēšanas pilnveidošanā vērojamas samērā niecīgas izmaiņas, pretēji elektrības un gāzes sektoriem, kuros vairākās desmitgadēs ir attīstīts vienots detalizēts un strikts juridiskais ietvars. Iespējamais iemesls ir fakts, ka šis energoapgādes veids klimata specifikas dēļ nav nozīmīgs un plaši attīstīts ES ietekmīgākajās valstīs, izņemot atsevišķas pašas lielākās pilsētas. Turklāt CSA ir ļoti fragmentēta pat vienas valsts ietvaros, acīmredzot arī tādēļ tai nav velēts nozīmīgs Eiropas Kopienas līmeņa tiesiskais regulējums.

Klimatneitralitātes mērķu sasniegšanai nepieciešamā nozaru transformācija prasīs arī adekvāta mēroga investīcijas. Lai arī dažādos pētījumos transformācijai nepieciešamā kopējā investīciju apjoma vērtējumi ir atšķirīgi, ir skaidrs, ka kopējo finansējuma vajadzību dimensija ir triljoni EUR un to nebūs iespējams finansēt tikai ar grantiem un subsīdijām. Tas nozīmē, ka transformējamajām nozarēm, tostarp siltumapgādei, ir jāklūst komerciāli pietiekami atraktīvām, lai trūkstošo finansējumu piesaistītu, balstoties tirgus principos.

Ar tradicionālām metodēm stingri regulētajai CSA tas var izrādīties kritisks izaicinājums, jo, lai arī līdzšinējās regulēšanas metodes investoriem šķietami garantē atdevi, tās nenodrošinās pietiekamas riska prēmijas jaunu tehnoloģiju ienākšanai dinamiskā vidē.

Regulēšanas nepieciešamība parasti pirmām kārtām tiek pamatota ar patērētāju aizsardzību apstākļos, kad ir ļoti ierobežotas iespējas izvēlēties citu pakalpojuma sniedzēju vai atrast aizvietotāju pašam pakalpojumam. Taču, no otras puses, kā regulēšanas galvenie trūkumi tiek kritizēta regulatoru **nespēja** noteikt **mērenu** kapitāla atdeves likmi, novērst nelietderīgu investīciju ieguldīšanu un korekti novērtēt CSA uzņēmumu ražošanas izmaksas, kā arī praksē bieži sastopamā t. s. **pārregulēšana**, kas izpaužas kā regulatora resursu nelietderīga izmantošana mazsvarīgu jautājumu un relatīvi nenozīmīgu izmaksu pamatojumu dziļai analīzei un ilgstošām diskusijām.

Pārspīlēts regulēšanas režīms ar maksimālo fokusējumu uz cenu samazinājumu un **patērētāju aizsardzību** īstermiņā būtiski kavēs vai pat neļaus CSA uzņēmumiem kļūt elastīgākiem un pielāgoties šiem jaunajiem apstākļiem, nereti tostarp pašu **aizsargājamo** patērētāju diktētajiem. Ja CSA efektivitātes paaugstināšanas rezultātā viss iegūtais labums, pazeminot siltumenerģijas tarifu, tiek nekavējoties pārdaļīts par labu patērētājiem, krasi samazinās CSA uzņēmuma spēja investēt nākotnes attīstībā.

Patlaban sabiedrisko pakalpojumu cenu un tarifu noteikšanā vispārējā tendence ir virzīties uz regulēšanas režīma **mīkstināšanu**, kur procesa galējais stāvoklis būtu pilnīga cenu un tarifu deregulācija un pakļaušana konkurences spēkiem. Taču viennozīmīgas atbildes, ciktāl deregulācija ir pamatota un lietderīga, joprojām nav pat Ziemeļvalstīs, kur deregulācijas procesi jau īstenoti pirms vairākām desmitgadēm. Vienlaikus jāatceras, ka vismaz Eiropas ZA daļā siltumapgāde ir eksistenciāls sabiedrības funkcionēšanas jautājums. Tādēļ, pat virzoties uz ļoti liberālu CSA nozares regulējumu, jāvērtē, kā tas ietekmēs šī pakalpojuma pieejamību ilgtermiņā. Tādēļ arī pilnīga atteikšanās no nozares jebkādas pārraudzības nebūtu racionāla.

Tādējādi, līdzīgi kā daudzās jomās, arī CSA regulēšanas praksē nav definējama viena pareizā izvēle – pilnībā deregulēt vai stingri regulēt un, ja regulēt, tad izvēlēties vienu **ideālo** metodi CSA regulēšanai un pārvaldībai. Tādēļ CSA ilgtspējīgai attīstībai, visdrīzāk, būtu jāveido regulēšanas metožu un pieeju kombinācija.

Vienlaikus CSA nozarē ir nobrieduši arī šaurāka tvēruma izaicinājumi, kas vairāk skar tieši iesaistītos nozares dalībniekus – siltumenerģijas patērētājus un CSA uzņēmumus. Siltumapgādes un energoefektivitātes tehnoloģiju attīstības rezultātā ir būtiski mainījušās patērētāju prasības un iespējas. Patērētāji prasa elastīgāku pakalpojumu, pieaug to patērētāju skaits, kas ne tikai daļu tiem nepieciešamās enerģijas var saražot paši, bet arī vēlas pārpalikumu nodot CSA sistēmā, tādējādi kļūstot par **pašražojošajiem** jeb t. s. **aktīvajiem patērētājiem**¹. Pieaug arī jaunu siltumenerģijas ražotāju vēlme ienākt siltumapgādes tirgū gan ar perspektīvām bezemisiju, gan ar tradicionālajām tehnoloģijām, tajā skaitā dažādu industriju vēlme piedāvāt zema potenciāla **atlikumsiltumu**,² kas savukārt CSA uzņēmumiem liks virzīt infrastruktūras pielāgošanu zemākām siltumnesēja temperatūrām, pārejot uz ceturtās paaudzes CSA. Attiecīgi, regulēšanas režīmam ir ne tikai jāsekmē CSA uzņēmumu transformācija un investēšana atbilstoši **Zaļā darījuma** visaptverošajiem izaicinājumiem, bet arī jānodrošina, lai CSA uzņēmumi spēj enerģijas cenošanu īstenot elastīgi un operatīvi.

Elastīgāka un dinamiskāka CSA cenošanas sistēma būtu ieguvums ne tikai CSA uzņēmumiem un siltumenerģijas patērētājiem. Kamēr udeņraža un elektrības efektīvas uzkrāšanas tehnoloģijas vēl nav sasniegušas 8–9 *TRL*³ līmeni, elastīga CSS, kurā integrēti siltumsūkņi, piķa slodžu elektrokatlī, siltuma akumulatori, kā nosacīts liela apjoma enerģijas uzkrājējs un balansētājs varētu būt efektīvs risinājums arī elektroapgādes sistēmu elastības

¹ Angļu val. *prosumers* – patērētājs, kurš pašražoto enerģiju izmanto pašpatēriņam un enerģijas pārpalikumu var nodot vai pārdot tirgotājam vai sistēmas operatoram vai citam patērētājam.

² Siltums, kas kā blakusprodukts nenovēršami radies rūpnieciskās iekārtās, elektrostacijās vai terciārajā sektorā, kas bez CSA sistēmas izmantošanas neizbēgami zustu apkārtējā vidē.

³ Angļu val. *Technology readiness level* – tehnoloģijas attīstības līmenis, mūsdienās pieņemta tehnoloģiju brieduma novērtējumu sistēma.

paaugstināšanai, kas būs izšķirošais faktors elektroapgādes transformēšanai un maksimāli efektīvai svārstīgo un nevadāmo atjaunojamo energoresursu elektrostaciju integrēšanai.

Tādējādi, notiekot fundamentālām transformācijām visā Eiropas enerģētikas sektorā virzībā uz dekarbonizācijas mērķi, arī CSA regulēšanai ir jātransformējas, fokusējoties gan uz CSA uzņēmumu stimulēšanu efektīvām investīcijām, gan uz patērētāju vajadzībām. CSA regulatīvajai videi ir jāpielāgojas šiem jaunajiem apstākļiem un nākotnes izaicinājumiem, jo jau patlaban ilgtermiņa politiskie mērķi, tehnoloģiju attīstība, biznesa modeļi, siltumenerģijas patērētāju prasības un CSA uzņēmumu vajadzības to ir apsteiguši.

Tomēr, neraugoties uz CSA aizvien pieaugošo nozīmīgumu dekarbonizācijas mērķu kontekstā, CSA regulēšanas režīmu liberalizēšanas un līmeņatzīmju izveides un lietošanas jautājumi nav daudz pētīti. Šajā jomā atrodamo pētījumu liela daļa veltīta CSA pilnīgas liberalizācijas analīzei Ziemeļvalstīs. Pēdējā laikā samērā daudz ir modelēta arī elektrības tirgū praksē pārbaudītu metožu (trešās puses pieeja infrastruktūrai, nākamās dienas ikstundas vairumtirgus, izsoles u. tml.) pārvešana uz CSA. Taču vairumā šo pētījumu kā modelēšanas lauks ir izmantotas lielu pilsētu CSA sistēmas (Stokholma, Helsinki, Viļņa). Tādēļ ir aktuāli meklēt risinājumus un metodes CSA regulēšanas un uzraudzības tuvināšanai tirgus principiem, kas būtu piemērotas lietošanai arī vidējās un mazās CSA.

Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis bija izstrādāt regulēšanas metodi, kas CSA regulēšanas režīmu tuvinātu tirgus principiem, lai paaugstinātu CSA nozares spēju iekļauties klimatneitralitātes mērķu sasniegšanas procesā. Lai sasniegtu mērķi, tika risināti šādi uzdevumi:

- 1) analizēt un izvērtēt vispārējās regulēšanas un valsts intervencu teorijas, regulēšanas metodes, CSA pārvaldības un deregulēšanas pieredzes citās valstīs ar attīstītu CSA nozari;
- 2) analizēt Latvijas CSA uzņēmumu reālos darbības un finanšu datus, lai meklētu potenciālas likumsakarības un korelācijas siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju modeļa izveidei;
- 3) izstrādāt algoritmu siltumenerģijas tarifa līmeņatzīmju metodei, kas nodrošinātu regulēšanas režīma būtisku tuvinājumu tirgus principiem, vienlaikus saglabājot CSA nozares pietiekamu uzraudzību;
- 4) izstrādāt priekšlikumus siltumenerģijas tarifa līmeņatzīmju metodes praktiskas lietošanas pamatprincipiem.

Izvirzītā hipotēze

Ir iespējams izveidojot tarifu līmeņatzīmēs balstītu optimālu CSA regulēšanas metodi, kas aizvietotu pārmērīgi stingru *ex ante*⁴ regulēšanu ar investīcijas bezemisiju un efektivitāti

⁴ Latīņu val. – pirms tam. Analīze, vērtējums par dokumenta vai lēmuma sagaidāmo ietekmi un rezultātiem pirms tā pieņemšanas.

paaugstinošās tehnoloģijās stimulējošu *ex post*⁵ uzraudzību, vienlaikus nodrošinot patērētāju pietiekamu aizsardzību.

Promocijas darba zinātniskā novitāte

Promocijas darbā savstarpēji integrētas vairākas zinātniskās pētniecības metodes.

1. Regulēšanas atšķirīgo skolu un pieeju evolūcijas, regulēšanas metožu un deregulēšanas rezultātu izpētei lietotas kvalitatīvās pētniecības satura analīzes un salīdzinošās metodes.
2. CSA uzņēmumu reālo datu analīzei un apstrādei lietotas statistiskās datu apstrādes, analīzes un hipotēžu pārbaudes metodes.
3. Promocijas darba nozīmīgākā zinātniskā novitāte ir siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju metodes izveide, tās pamatā ir siltumapgādes virtuālu tirgus apstākļu ģenerēšana, izmantojot Montekarlo imitācijas modeli, kas savukārt balstīts CSA uzņēmumu reālo datu analīžu rezultātos.
4. Promocijas darbā izstrādātais algoritms un modelis paver arī tālākas pētniecības iespējas, jo to iespējams izmantot ne tikai praktiskai CSA regulēšanai, bet arī tarifu dinamikas pētīšanai dažādu ārējo faktoru izmaiņu ietekmē.
5. Rezultātu adekvātuma novērtējumam un interpretācijai lietotas statistiskās datu apstrādes metodes.

Praktiskā vērtība

Promocijas darbā ir izstrādāta siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju metode un pamatprincipi tās praktiskai lietošanai CSA regulēšanā.

Lietojot piedāvāto regulēšanas metodi, CSA nozari varētu tuvināt tirgus principiem un tās regulēšanu atsaistīt no dažādām īstermiņa interesēm. Tas sekmētu CSA uzņēmumu ilgtspējīgu komercdarbību un iespēju saņemt adekvātu peļņu par efektivitātes paaugstināšanu un gatavību riskēt ar jaunām tehnoloģijām. Vienlaikus metodes lietojums līdzsvarotu šīs uzņēmumu intereses ar patērētāju vajadzībām, nozares transformāciju un virzību uz klimatneitralitāti.

Izstrādātā algoritma un metodes iespējamie lietotāji varētu būt ne tikai Regulatori, bet arī nozares politikas veidotāji un plānotāji. Promocijas darba gaitā izstrādātie CSA regulēšanas pamatprincipi varētu būt lietojami arī citās valstīs, kur energoapgādē nozīmīga loma ir CSA.

Promocijas darba zinātniskā aprobācija

Zinātniskās konferences

1. Zīgurs A., Sarma U., Ivanova P., Implementation of the energy efficiency directive and the impact on district heating regulation: European Energy Market (EEM), 2015 12th International Conference. 2015. gada 19.–22. maijs, Lisabona, Portugāle.

⁵ Latīņu val. – pēc tam. Analīze, vērtējums par dokumenta vai lēmuma īstenošanas rezultātiem pēc tā darbības noteikta perioda.

2. Bažbauers G., Sarma U. District Heating Regulation: Parameters for the Benchmarking Model: International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies” CONECT 2015, 2015. gada 14.–16.oktobris, Rīga, Latvija.
3. Sarma, U., Zigurs, A., Bazbauers, G. Correlation analysis for district heating tariff benchmarking model: 13th International Conference on the European Energy Market (EEM), Portugal, 2016. gada 6.–9.jūnijs, Porto, Portugāle.
4. Sarma, U., Bažbauers, G. District Heating Tariff Component Analysis for Tariff Benchmarking Model: International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”, CONECT 2016, 2016. gada 12.–14. oktobris, Rīga, Latvija.
5. Sarma, U., Bazbauers, G. Algorithm for calculation of district heating tariff benchmark: International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”, CONECT 2017, 2017. gada 10.–12. maijs, Rīga, Latvija.
6. Sarma, U. Towards a new regulatory model and market in district heating sector: The 6th WEC EU Baltic Sea Round Table 2019, 2019. gada 12.–13. augusts Rīga, Latvija.
7. Sarma, U., Bažbauers, District heating production tariff benchmark for energy regulation policy: International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”, CONECT 2022, 2022. gada 11.–13. maijs, Rīga Latvija.

Zinātniskās publikācijas par promocijas darba tēmu

1. Zigurs, A., Sarma, U., Ivanova, P. Implementation of the energy efficiency directive and the impact on district heating regulation International Conference on the European Energy Market, EEM, Lisbon, Portugal, 19.–22.may, 2015, 2015-August, art. no. 7216630, DOI: 10.1109/EEM.2015.7216630 (indeksēts SCOPUS).
2. Sarma, U., Bazbauers, G. District Heating Regulation: Parameters for the Benchmarking Model, Energy Procedia, 2016, Vol. 95, pp. 401–407. ISSN 1876-6102 DOI: 10.1016/j.egypro.2016.09.046 (indeksēts SCOPUS).
3. Sarma, U., Zigurs, A., Bazbauers, G. Correlation analysis for district heating tariff benchmarking model, 2016 13th International Conference on the European Energy Market (EEM), Porto, Portugal, 2016, pp. 1–5, doi: 10.1109/EEM.2016.7521208. (indeksēts SCOPUS).
4. Sarma, U., Bazbauers, G. District Heating Tariff Component Analysis for Tariff Benchmarking Model Energy Procedia, 2017, Vol. 113, pp. 104–110. ISSN 1876-6102 DOI: 10.1016/j.egypro.2017.04.029 (indeksēts SCOPUS).
5. Sarma, U., Bazbauers, G. Algorithm for calculation of district heating tariff benchmark, Energy Procedia, 2017, Vol. 128, pp. 445–452. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.029 (indeksēts SCOPUS).
6. Sarma, U., Karnitis, G., Karnitis, E., Bazbauers, G. Toward solutions for energy efficiency: Modeling of district heating costs. Energy Transformation Towards Sustainability, M.Tvaronavičienė, B.Ślusarczyk red. Amsterdam: Elsevier, 2019. pp. 219–237. ISBN 978-0-12-817688-7. DOI: 10.1016/B978-0-12-817688-7.00011-2 (indeksēts SCOPUS).

7. Karnītis, G., Bicevskis, J., Pukis, M., Sarma, U., Gendelis, S., Eihmanis, A., Virtmanis, A., Karnītis, E. Methodology for Mathematical Determining Key Performance Indicators of Socioeconomic Processes (2023) *Baltic Journal of Modern Computing*, 11 (1), pp. 114–133. DOI: 10.22364/bjmc.2023.11.1.07 (indeksēts SCOPUS).

Citas zinātniskās publikācijas

8. Pūķis, M., Bičevskis, J., Gendelis, S., Karnītis, E., Karnītis, G., Eihmanis, A., Sarma, U. Role of Local Governments in Green Deal Multilevel Governance: The Energy Context (2023) *Energies*, 16 (12), art. no. 4759, . DOI:10.3390/en16124759 (indeksēts SCOPUS).
9. Gendelis, S., Bičevskis, J., Eihmanis, A., Karnītis, E., Karnītis, G., Pūķis, M., Sarma, U. METHODOLOGY OF SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE URBAN HEATING SYSTEM IN CASE OF MASSIVE BUILDING RENOVATION (2023) *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 23 (6.1), pp. 391–398. DOI: 10.5593/sgem2023/6.1/s27.49 (indeksēts SCOPUS).
10. Zīgurs, A., Balodis, M., Ivanova, P., Locmelis, K., Sarma, U. National Energy and Climate Plans: Importance of Synergy, *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2019, 56 (6), pp. 3.–16. DOI:10.2478/lpts-2019-0031 (indeksēts SCOPUS).
11. Kunickis, M., Balodis, M., Sarma, U., Cers, A., Linkevics, O. Efficient Use of Cogeneration and Fuel Diversification (2015) *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 52 (6), pp. 38–48. ISSN 0868-8257 DOI: 10.1515/lpts-2015-0034 (indeksēts SCOPUS).
12. Zīgurs, A., Sarma, U. Implementation of the Energy Efficiency Directive: Opportunities and Challenges (2015) *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 52 (6), pp. 3–12. DOI: 10.1515/lpts-2015-0031 (indeksēts SCOPUS).
13. Vostrikovs, S., Turlajs, D., Kundzina, A., Sarma, U. Energy policy in the combined heat and power (CHP) sector of Latvia (2007) *Proceedings of the 3rd IASTED Asian Conference on Power and Energy Systems, AsiaPES 2007*, pp. 365–368 (indeksēts SCOPUS).
14. Kundziņa, A., Sarma, U. Efficient use of wood resources on the power industry of Latvia [Koksnes resursu efektīva izmantošana Latvijas enerģētikā] (2007) *Environment. Technology. Resources – Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference*, pp. 11–15. DOI:10.17770/etr2007vol1.1726 (indeksēts SCOPUS).
15. Vostrikovs, S., Turlajs, D., Kundzina, A., Sarma, U. Modelling fuel and energy supply for central and regional levels of Latvia (2006) *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 3 (5), pp. 927–933. ISSN 1709-0832 (indeksēts SCOPUS).

16. Sarma, U.; Karnitis, G.; Zuters, J.; Karnitis, E. 2019. District heating networks: enhancement of the efficiency, *Insights into Regional Development* 1 (3): 200–213. DOI: 10.9770/ird.2019.1.3(2).
17. Kuņickis, M., Balodis, M., Sarma, U., Cers, A. Efficient Utilisation of Cogeneration and Fuel Diversification. No: International Symposium, Dedicated to the 150 Anniversary of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering: Scientific Program and Book of Abstracts, Latvija, Rīga, 16.–20. oktobris, 2014. Rīga: RTU, 2014, 35.–36. lpp. ISBN 978998499909-8.
18. Vostrikovs, S., Turlajs, D., Kundziņa, A., Sarma, U. Usage of Renewable Energy Resources for the Combined Heat and Power Generation in Latvia. No: Proceedings of the XIIth International Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy (HTRSE 2008), Polija, Szczecin-Międzyzdroje, 11.–14. septembris, 2008. Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, 2008, 1.–8. lpp. ISBN 978-83-7457-055-8.
19. Sarma, U., Kundziņa, A., Turlajs, D., Vostrikovs, S. Simulation of Energy Development Scenarios in Latvia on Regional Level. No: 6th EUROSIM Congress, Ljubljana. Vol. 1: Book of Abstracts; Vol. 2: DVD Volume with full papers and multimedia files, Slovēnija, Ljubljana, 9.–13. septembris, 2007. Ljubljana: EUROSIM, 2007, 1.–6. lpp.
20. Svetļicka, K., Sarma, U., Blumberga, D. External Costs of Electrical Power Generation from Renewable Resources = Ārējās izmaksas elektroenerģijas ražošanai ar atjaunojamajiem energoresursiem. *Enerģētika un elektrotehnika*. Nr. 21, 2007, 191.–199. lpp. ISSN 1407-7345.
21. Zosāre, I., Sarma, U., Blumberga, D. Vēja un saules elektroenerģijas ražošanas ārējo izmaksu analīze. *Enerģētika un elektrotehnika*. Nr. 17, 2006, 233.–239. lpp. ISSN 1407-7345.
22. Sarma, U., Kundziņa, A., Turlajs, D., Vostrikovs, S. Simulation of Fuel and Energy Supply in Latvia by Using MESAP Programming Model. No: Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modeling and Simulation, Čehija, Prague, 12.–14. marts, 2006. Prague: WSEAS, 2006, 226.–231. lpp.
23. Sarma, U., Kundziņa, A., Turlajs, D., Vostrikovs, S. Biomass Usage Potential in Power Industry of Latvia. No: Heat Transfer and Renewable Sources of Energy: Proceedings of the HTRSE-2006, Polija, Miedzyzdroje, 13.–16. septembris, 2006. Miedzyzdroje: HTRSE-2006, 2006, 141.–146. lpp.
24. Blumberga, A., Sarma, U. Ārējo izmaksu analīze Latvijas elektroenerģijas ražošanas sektorā. *Enerģētika un elektrotehnika*. Nr. 14, 2005, 241.–249. lpp. ISSN 1407-7345.
25. Sarma, U., Kundziņa, A., Turlajs, D., Vostrikovs, S. Planning of Fuel and Energy Supply in Latvia by Using MESAP Programming Model. No: Proceedings of the 45th Conference on Simulation and Modelling (SIMS-2004), Dānija, Copenhagen, 23.–24. septembris, 2004. Copenhagen: SIMS-2004, 2004, 223.–229. lpp.

26. Sarma, U., Kundziņa, A., Turlajs, D., Vostrikovs, S. Optimal Fuel Wood Modelling in Latvia Using MESAP Program. No: Proceedings of the Heat Transfer and Renewable Sources of Energy (HTRSE-2004), Polija, Miedzyzdroje, 8.–11. septembris, 2004. Miedzyzdroje: HTRSE-2004, 2004, 75.–80. lpp.
27. Bažbauers, G., Sarma, U., Kundziņa, A. Tarifu noteikšanas metodes ietekmes uz vidi samazinošam siltuma un elektroenerģijas ražošanas procesam koģenerācijas iekārtās. Enerģētika un elektrotehnika. Nr. 9, 2003, 242.–246. lpp. ISSN 1407-7345.
28. Bažbauers, G., Sarma, U. Bāzes slodzes elektrostaciju ražotās elektroenerģijas ilgtermiņa robežizmaksu prognozes. Enerģētika un elektrotehnika. Nr. 6, 2002, 236.–242. lpp. ISSN 1407-7345.

Promocijas darba struktūra

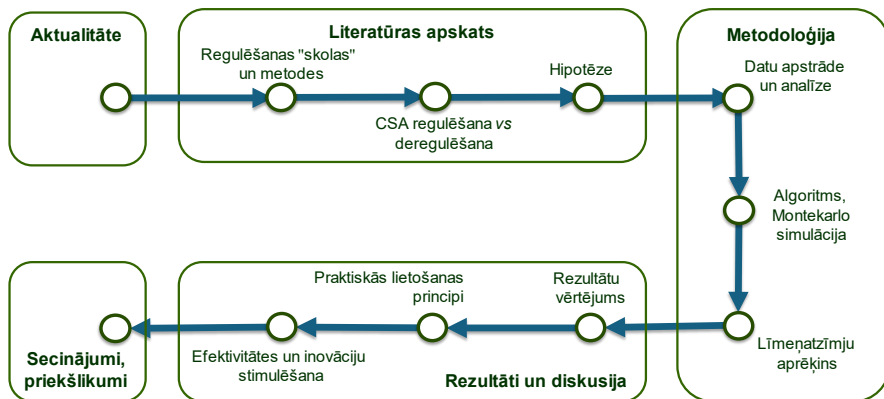
Promocijas darba struktūra veidota atbilstoši plaši izmantotam zinātniskās pētniecības darbu formātam jeb t. s. *IMRaD* struktūrai: ievads; metode; rezultāti; diskusija. Promocijas darbā ir ievads un četras nodaļas – literatūras apskats, metodoloģija, rezultāti un diskusija, secinājumi un priekšlikumi. Promocijas darba struktūra shematiski redzama 1. attēlā, parādot arī pētījumā veikto soļu secību.

Promocijas darba ievadā pamatota darba tēmas un pētāmo problēmu aktualitāte, definēti darba mērķi, uzdevumi un hipotēze, aprakstīta zinātniskā novitāte, praktiskā vērtība un darba aprobācija zinātniskajās konferencēs un publikācijās.

Literatūras apskatā aplūkota vispārīgā regulēšanas un valsts intervenču teorija, detalizētāk pievēršoties dažādām ekonomiskās regulēšanas skolām un metodēm, to priekšrocību un trūkumu salīdzinošai analīzei, jo īpaši attiecībā uz CSA regulatīvo vidi.

Metodoloģijas nodaļā aprakstītas veiktās datu analīzes un to rezultāti, kas ir pamatā tālāk aprakstītajai siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju noteikšanas algoritma izveidei.

Rezultātu un diskusijas nodaļā novērtēti ar izveidoto līmeņatzīmju aprēķina modeli iegūtie rezultāti, analizēta to atbilstība definētajiem mērķiem un izstrādāti principi līmeņatzīmju modeļa praktiskai lietošanai CSA nozares uzraudzībai un politikas veidošanai.



1. att. Promocijas darba struktūra.

1. METODOLOĢIJA

Lai pārbaudītu promocijas darba hipotēzi, tika veikti pētījumi un meklēti risinājumi, kā izveidot algoritmu līmeņatzīmēs balstītai CSA tarifu noteikšanas metodei, kas atbilstu šādām prasībām:

- tarifu veidošanās pamatprincipiem vajadzētu būt tuviem tiem, kas notiktu pietiekami likvīdā konkurējošā tirgū, ja tāds CSA būtu iespējams;
- algoritmam vienlaikus ir jānodrošina, ka Regulatoram ir iespējams pārraudzīt procesus CSA nozarē un nepieciešamības gadījumā tos koriģēt;
- algoritma lietošana nedrīkst radīt vairāk pienākumu ne Regulatoram, ne arī CSA uzņēmumiem, salīdzinot ar patlaban praktizēto stingrās regulēšanas modeli, bet gluži pretēji – procesu slogam būtu jāsamazinās abās pusēs.

1.1. Datu apstrāde

Pētījuma sākotnējās fāzēs tika veiktas datu analīzes dažādos griezumos par Latvijā strādājošiem reāliem regulētajiem CSA uzņēmumiem ar mērķi atrast korelācijas starp siltumenerģijas piegādes galatarifu un CSA sistēmu raksturojošiem parametriem: piegādātās siltumenerģijas apjomi; izmantotais kurināmā veids; siltumenerģijas ražošanas tehnoloģija; siltumtīklu garums. Tika analizētas arī tarifu struktūras un tās veidojošo elementu īpašības un raksturi, kas tālāk varētu tikt izmantotas, veidojot līmeņatzīmju modeli CSA tarifu noteikšanai.

Datu analīzes vajadzībām tika izveidota datu ģenerālkopa (ierobežota, galīga un reāli eksistējoša), kas ietver datus par 97 Latvijā strādājošiem reāliem regulētajiem CSA uzņēmumiem – 57 vertikāli integrētiem CSA uzņēmumiem un 40 neatkarīgajiem ražotājiem⁶. Datu kopā par katru CSA uzņēmumu tika iekļauta informācija par katra uzņēmuma tarifu līmeņiem, nozīmīgākajām izmaksu grupām, tehniskajiem un darbības rādītājiem.

Datu ģenerālkopa tika izveidota, izmantojot publiski pieejamus avotus – Regulatora lēmumus par tarifu apstiprināšanu, informāciju sabiedrībai par tarifu projektu svarīgākajām sastāvdaļām, siltumenerģijas ražotāju, elektroenerģijas ražotāju, siltumapgādes pārvades un sadales operatoru un siltumenerģijas tirgotāju reģistrus, informāciju par enerģijas ražotāju patērēto kurināmo no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra gaisa piesārņojum pārskatu datubāzes “2-Gaiss” u. c. publiski pieejamiem pētījumiem un avotiem, kā arī veiktās Latvijas Siltumapgādes asociācijas biedru brīvprātīgas aptaujas.

Datu sākotnējās apstrādes ietvaros analizējamo datu ģenerālkopa tika sadalīta mazākās kopās, veidojot izlases pēc nozīmīgākajām reālo CSA uzņēmumu faktoriālajām pazīmēm – uzņēmuma lielums, ražošanas tehnoloģijas, izmantotā kurināmā veida. Savukārt kā rezultatīvā pazīme tika izvēlēts siltumenerģijas piegādes galatarifs.

Datu analīze tika sākta, vispirms izmantojot visvienkāršākās datu apstrādes metodes – korelāciju un vienfaktora regresijas analīzes. Ar šīm vienkāršajām datu analīzes metodēm

⁶ Neatkarīgie ražotāji Latvijas siltumapgādes nozares tiesiskā regulējuma izpratnē ir uzņēmumi, kas nodarbojas tikai ar enerģijas ražošanu un saražoto enerģiju pārdod vertikāli integrētam siltumapgādes uzņēmumam vai siltumapgādes sistēmas operatoram.

iegūtie rezultāti liecināja, ka nav nolasāma tendence, kas norādītu izteiktas sakarības starp izmantotā kurināmā dominējošo veidu, izmantoto ražošanas tehnoloģiju, piegādātās enerģijas apjomu, tīklu izmantošanas intensitāti un tarifa līmeni attiecīgajā CSA sistēmā. Neapšaubāmi, katra no aplūkotajām CSA sistēmu raksturojošajām faktoriālajām pazīmēm pati par sevi ietekmē tarifu, taču šī ietekme acīmredzot mazinās uz vienu vai otru pusi vai dzēšas citu faktoru ietekmē.

No minētajiem rezultātiem tika secināts, ka reālie CSA uzņēmumi un sistēmas ir ļoti atšķirīgi – ja arī tie ir sagrupējami kādā kopā pēc viena parametra, tad tajā pašā laikā tie būtiski atšķiras pēc citiem parametriem. Tādēļ līmeņatzīmju modeļa izveidi nevar balsīt tikai empīriski iegūtos regresijas vienādojumos un tarifu noteikšanā nevar izmantot vienkāršotu pieeju, piemēram, mēģinot atrast vienu tarifu griestu līmeņatzīmi, kas izteikta ar absolūto vērtību un uz ko būtu jātiecas visiem CSA uzņēmumiem, vai arī dažas atšķirīgas līmeņatzīmes raksturīgākajām CSA uzņēmumu vai sistēmu grupām.

Tādēļ, veidojot līmeņatzīmju algoritmu, aplūkojams nevis kopējais galatarifs, bet tas jāsadala vismaz trijās to veidojošajās galvenajās komponentēs: ražošanas tarifs – T_{pr} ; pārvades un sadales tarifs – T_{id} ; tirdzniecības tarifs – T_s .

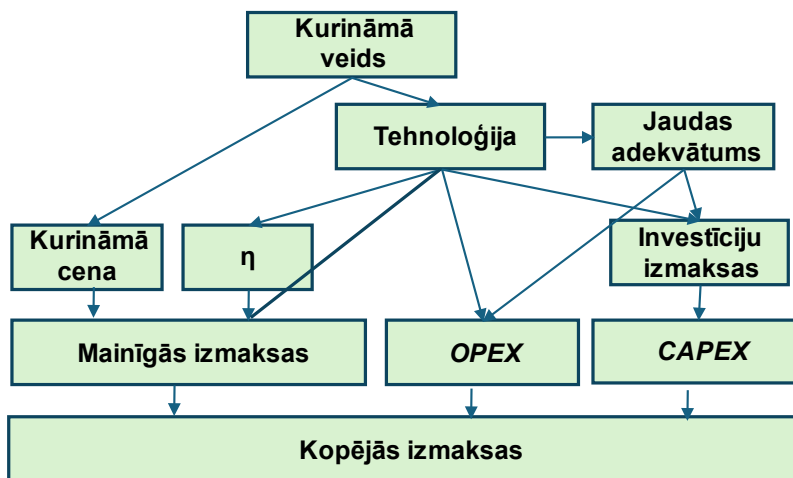
Siltumenerģijas tirdzniecības tarifa T_s īpatsvars galatarifā ir neliels – analizēto CSA uzņēmumu datu ģenerālkopā tas ir robežās no 0,58 % līdz 2,85 %, un galvenokārt tas ir atkarīgs tikai no rēķinu un iekasēšanas vadības organizācijas CSA uzņēmumā. Tas nozīmē, ka T_s ietekme uz galatarifu ir mazāka nekā, piemēram, tarifā iekļautās kurināmā cenas prognozes novirze par 1 %, un tas atzīstams par nenozīmīgu. Tādēļ, veidojot algoritma ietvaru un struktūru CSA tarifu līmeņatzīmju modelim, T_s var neņemt vērā.

Savukārt siltumenerģijas ražošanas tarifs T_{pr} veido aptuveni 60–80 % no kopējām siltumapgādes izmaksām, bet atlikušo daļu – izmaksas siltumenerģijas pārvadei un sadalei. Analizējot siltumenerģijas ražošanas, kā arī pārvades un sadales izmaksu veidošanos un faktorus, kas tās ietekmē, secināts, ka šo abu tehnoloģisko procesu nozīmīgās atšķirības liek tās analizēt atsevišķi un arī veidot atšķirīgus algoritmus līmeņatzīmju noteikšanai.

Reālo CSA uzņēmumu ražošanas tehniskie un izmaksu rādītāji, no vienas puses, ir dažādi pēc mēroga un samērā izklaidēti, bet, no otras puses, kopumā ražošanas izmaksu rezultātiem piemīt tendence grupēties ap noteiktām vērtībām. Turklāt viens kvalitatīvs parametrs – kurināmā veids – faktiski determinē visu ražošanas izmaksu veidošanos. Kurināmā veida izvēle nosaka ražošanas tehnoloģiju. Savukārt izvēlēta tehnoloģija pietiekami viennozīmīgi nosaka ražošanas tehniskos rādītājus – lietderības koeficientu, īpatnējo elektrības patēriņu u. c. Līdz ar to konkrēta kurināmā veida izmantošanas procesā mainīgās izmaksas būs atkarīgs tikai no viena ārējā faktora – kurināmā cenas. Savukārt, ja ražošanas jaudas ir izvēlētas adekvātas pieprasījumam un ekspluatācijas procesu raksturojošie rādītāji ir optimāli, arī darbības izmaksas ($OPEX^7$) un kapitāla izmaksas ($CAPEX^8$) faktiski ir atkarīgas vairs tikai no tehnoloģijas. Siltumenerģijas ražošanas kopējo izmaksu veidošanās un kurināmā veida izvēles noteicošā loma shematiski redzama 1.1. attēlā.

⁷ Angļu val. *Operational costs*.

⁸ Angļu val. *Capital costs*.



1.1. att. Siltumenerģijas ražošanas kopējo izmaksu veidošanās shēma.

Tādējādi kurināmā izmaksas neapšaubāmi ir ražošanas tarifa noteicošais elements, taču pārējās ražošanas tarifu veidojošo izmaksu komponentes, lai arī kopumā ir būtiski mazākas nekā kurināmā komponente un lielā mērā ir determinētas no kurināmā veida izvēles, tās tomēr ir atkarīgas no daudziem ārējiem faktoriem, kas katrā konkrētā gadījumā ietekmē to lielumu un attiecīgi arī ražošanas tarifu ar dažādu intensitāti. Tādēļ šo faktoru ietekmju līdzsvarošanai un konsolidēšanai metodes tālākai attīstīšanai tika izvēlēts risinājums – turpmākām analizēm un modelēšanai ieviest ražošanas tarifu raksturojošu bezdimensionālu rādītāju – reālā siltumenerģijas ražošanas tarifa attiecība pret nosacītu efektīvas siltumenerģijas ražošanas etalonu – kurināmā izmaksu komponenti, kāda varētu tikt iegūta t. s. *BAT*⁹ katlumājā, ko aprēķina pēc 1.1. formulas.

$$R_{ff(i)} = T_{pr(i)} / C_{bp}^f, \quad (1.1.)$$

kur $R_{ff(i)}$ – i -tā CSA uzņēmuma ražošanas tarifu raksturojošais bezdimensiju rādītājs;

$T_{pr(i)}$ – i -tā CSA uzņēmuma ražošanas tarifs, EUR/MWh;

C_{bp}^f – kurināmā izmaksu komponente, kāda tā būtu *BAT* siltumavotā, ko aprēķina pēc 1.15. formulas, EUR/MWh.

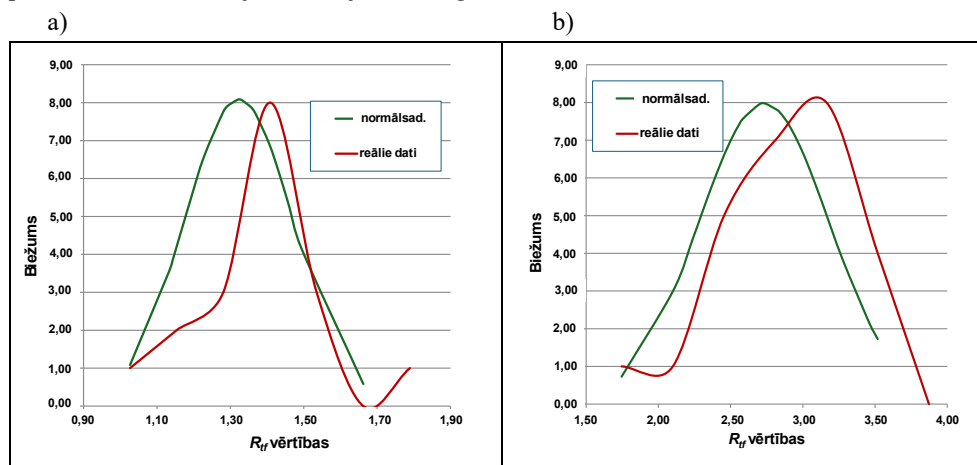
Rezultātā, siltumenerģijas ražošanas tarifa absolūtās vērtības vietā ieviešot bezdimensiālo lielumu, kas raksturo konkrētā ražotāja kopējo ražošanas izmaksu novirzi no vienkārša efektīvas ražošanas etalona, tiek panākts šāds rezultāts:

- vienkārši un pārskatāmi jebkurš ražošanas tarifs ir salīdzināms ar pašu būtiskāko siltumenerģijas ražošanas līmeņatzīmi – *BAT* katlumājas ražošanas efektivitātes rādītāju;
- vienkārši un ērti savstarpēji salīdzināmi dažādu CSA uzņēmumu ražošanas tarifi;

⁹ Angļu val. *Best available technology* – labākā pieejamā tehnoloģija.

- ieviestais siltumenerģijas ražošanas etalons varētu būt ļoti ērts un efektīvs Regulatora instruments CSA uzņēmumu motivācijas virzīšanai efektivitātes paaugstināšanas virzienā.

Turpinot apstrādāt reālo CSA uzņēmumu datus un aprēķinātās R_{Tf} vērtības ar aprakstošās statistikas metodēm, tika novērota būtiska ietekme uz tarifus raksturojošiem rādītājiem atkarībā no siltumenerģijas ražošanā izmantotā kurināmā struktūras (Latvijā siltumapgādē dominē divi kurināmā veidi – biomasa un dabasgāze). Tika secināts, ka tarifus veidojošajiem parametriem novērojama izteikta tendence grupēties noteiktos diapazonos atkarībā no kurināmā struktūras. Savukārt, analizējot robežgadījumus (CSA uzņēmumi, kas izmanto tikai gāzi vai tikai biomasu) atbilstošās datu izlases, tika novērots, ka R_{Tf} biežumu sadalījumiem varētu būt normālā sadalījuma pazīmes. Izmantojot nozīmīgākos aprakstošās statistikas rādītājus (vidējās vērtības, standartnovirzes u. c.), tika uzkonstruētas R_{Tf} biežuma līknes. Lai pirmajā tuvinājumā novērtētu, vai R_{Tf} biežumu sadalījumiem varētu būt novērojamas normālsadalījuma pazīmes, abām izlasēm pie tām pašām standartnovirzēm tika konstruētas biežuma līknes gadījumam, ja R_{Tf} biežumi precīzi sekotu normālajam sadalījumam. Iegūtās līknes redzamas 1.2. attēlā.

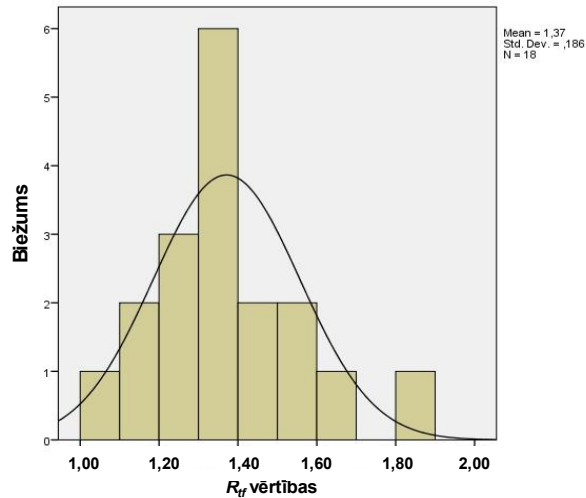


1.2. att. R_{Tf} biežumu sadalījumi divām CSA uzņēmumu grupām, kas atšķiras pēc izmantotā kurināmā veida: a) CSA uzņēmumi, kas izmanto tikai dabasgāzi; b) CSA uzņēmumi, kas izmanto tikai biomasu.

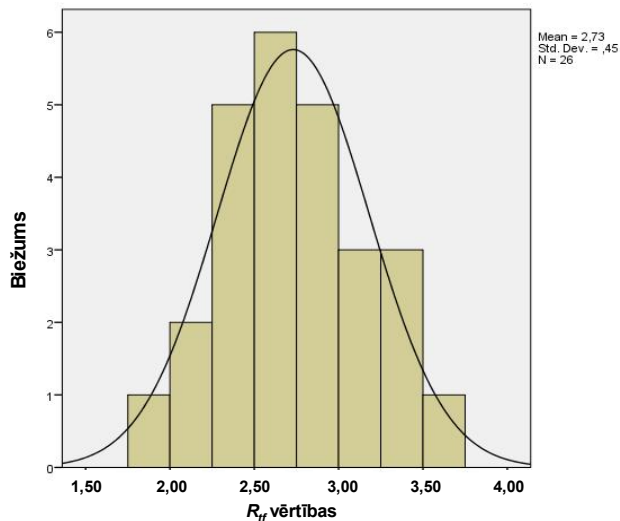
Ar šo vienkāršo pieeju varēja nonākt tikai pie vispārējas hipotēzes par R_{Tf} abu izlašu iespējamo atbilstību normālajam sadalījumam. Tādēļ tālāk tika veikta padziļināta datu analīze, izmantojot *Statistics package "IBM SPSS Statistics for Windows version 23"* (IBM Corp., Armonk, N. Y., USA).

Vispirms, izmantojot Kolmogorova-Smirnova, Šapiro-Vilka un Levina testus, tika pārbaudīts, vai R_{Tf} vērtību, kā arī ievadīto izejas datu vērtību, kas aprēķinātas no Latvijas reālu CSA uzņēmumu datiem, atšķirības starp abām izlasēm ir statistiski nozīmīgas. Veiktie testi pierādīja, ka gan R_{Tf} , gan abu izlašu izejas datu atšķirības ir statistiski nozīmīgas. Tas nozīmē, ka ir pamatoti veidot atsevišķus līmeņatzīmju algoritmus siltumenerģijas ražošanai no biomasas un dabasgāzes.

Tālāk turpinot datu analīzi, statistisko analīžu testi parādīja, ka nevar noraidīt nulles hipotēzi, ka abās izlasēs R_{ff} vērtību empīriskais sadalījums atbilst normālajam sadalījumam. R_{ff} vērtību sadalījumi ražotājiem, kas izmanto gāzi, un ražotājiem, kas izmanto biomasu, aprēķināti, izmantojot reālo CSA uzņēmumu datus, un redzami attiecīgi 1.3. un 1.4. attēlā.

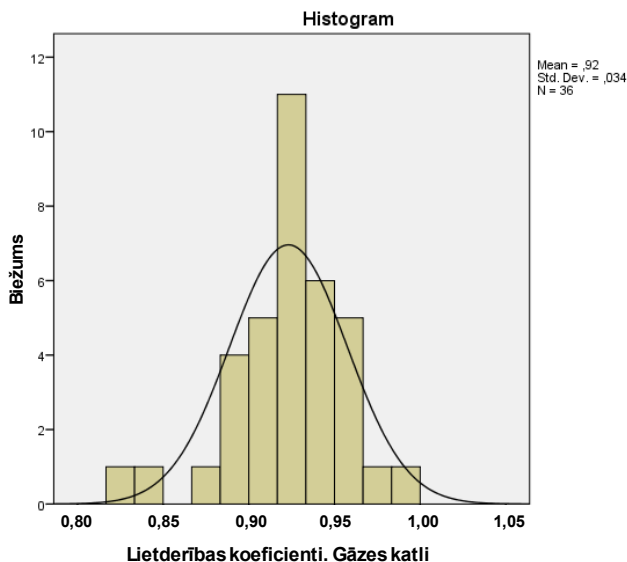


1.3. att. R_{ff} vērtību biežuma histogramma Latvijas CSA uzņēmumiem, kas izmanto dabasgāzi. BAT siltumavota lietderības koeficients pieņemts $\eta_{bp} = 0,92$ (SPSS dati).



1.4. att. R_{ff} vērtību biežuma histogramma Latvijas CSA uzņēmumiem, kas izmanto biomasu. BAT siltumavota lietderības koeficients pieņemts $\eta_{bp} = 0,85$ (SPSS dati).

Arī siltumenerģijas ražošanas nozīmīgāko tehnisko parametru – lietderības koeficientu – un jaudas izmantošanas rādītāja reālo datu analīze un veiktie statistisko analīžu testi liecināja, ka ar 0,95 varbūtību nevar noraidīt, ka šie parametri ir normāli sadalīti. 1.5. attēlā redzams lietderības koeficienta vērtību sadalījums reālām katlumājām, kas izmanto dabasgāzi.



1.5. att. Lietderības koeficientu biežumu histogramma Latvijas CSA uzņēmumiem, kas izmanto dabasgāzi (SPSS dati).

Taču par daļu no parametriem, kas ir nepieciešami siltumenerģijas tarifu aprēķināšanai, ne no Regulatora, ne CSA uzņēmumu publiskotas informācijas nav iespējams iegūt pietiekamu apjomu nepastarpinātu un precīzu datu, lai veiktu pietiekami ticamus aprakstošās statistikas aprēķinus un testus datu sadalījumu hipotēžu pārbaudei. Tas attiecas uz parametriem, kas raksturo cenas par precēm, pakalpojumiem, tehnoloģijām, ko CSA uzņēmumi pērk brīvā tirgū no dažādiem piegādātājiem. Tādēļ informācija par šiem parametriem vispārinātu un apkopotu datu formā tika iegūta no dažādiem publiski pieejamiem avotiem:

- par energoresursu cenām un situāciju tirgū Latvijā un globāli – no Regulatora publiskotajiem gāzes, elektrības un koksnes šķeldas tirgus apskatiem, kokrūpniecības nozares tirgus pārskatiem, Eiropas Enerģijas biržas (*EEX*) datiem un tirgus apskatiem, biomasas tirdzniecības platformas *Baltpool*, Ziemeļvalstu un Baltijas elektroenerģijas vairumtirdzniecības platformas *Nordpool* datiem un brīvi pieejamas ekonomisko un finanšu datu platformas *Trading economics*;
- par siltumenerģijas ražošanas raksturīgiem tehniskajiem parametriem, īpatnējām *OPEX* un *CAPEX* – no Dānijas Enerģētikas aģentūras uzturētā tehnoloģiju datu kataloga; minētais avots uzskatāms par vienu no autoritatīvākajiem datu avotiem šajā jomā, jo ietver plašu, pietiekami detalizētu datu apjomu, ir attīstīts ilgā laika posmā, bet vienlaikus tiek regulāri atjaunināts, sekojot tehnoloģiju attīstībai.

No uzskaitītājiem publiski pieejamajiem avotiem nav iegūstami dati par konkrētu CSA uzņēmumu konkrētiem darījumiem – cenu, par kādu iepirkts kurināmais, konkrētā uzņēmuma faktiskajām darbības un uzturēšanas izmaksu pozīcijām, faktiskajiem investīciju apjomiem ražošanas aktīvu izveidei. Tādēļ nav arī iespējams analītiski nonākt pie secinājumiem par šo datu sadalījuma raksturu. Taču no minētajiem avotiem virknei parametru iespējams iegūt vidējos lielumus un raksturīgākos diapazonus. No minētajiem publiskajiem avotiem tika iegūti arī to parametru lielumi, kas ir vienādi visiem analizējamajiem komersantiem, piemēram, dabasgāzes un elektroenerģijas cenas vairumtirgū.

Ņemot vērā to, ka nav iespējas analītiski novērtēt minēto parametru datu sadalījumu, prezumēts, ka arī šie dati ar augstu ticamību ir normāli sadalīti, pamatojoties uz šādiem spriedumiem:

- vispārīgā gadījumā, ja nekas nebūtu zināms par pētāmā parametra vērtību sadalījuma raksturu, varētu pieņemt hipotēzi par šī parametra vienmērīgu sadalījumu; pētāmais parametrs tādā gadījumā ar vienādu iespējamību varētu pieņemt jebkuru vērtību no intervāla;
- taču, ņemot vērā to, ka lielāko daļu no nezināmajiem datiem determinē dažādas cenas (darbaspēka, materiālu, tehnoloģisko iekārtu), reālā pieredze par cenu veidošanos konkurences apstākļos liecina, ka produkta vai preces cenas tirgū mēdz tiekties uz kādu vidējo visbiežāk sastopamo vērtību un no tās novirzīto vērtību izkliede nav liela – jo tālāk no vidējās vērtības, jo šādi gadījumi sastopami retāk, t. i., cenu vērtību sadalījums tirgū visbiežāk ir tuvs normālajam;
- lielākā daļa dabas un arī cilvēka darbības radīto procesu, kas rezultējas kāda noteikta parametra pietiekami lielā skaitā empīrisku vērtību, visbiežāk ir normāli sadalīti, tādējādi normālajam sadalījumam ir ļoti plašs lietojums; līdz ar to ir maz ticams, ka parametri, kas ietekmē siltumenerģijas tarifu, kam var būt dažādas vērtības tirgus spēku ietekmē, nebūtu pakļauti normālajam sadalījumam.

Ja arī kāda no parametriem faktiskās vērtības nebūtu normāli sadalītas, tās, visticamāk, būtu sadalītas tuvu lognormālajam sadalījumam, kas pamatojams ar to, ka virkne ekonomiska rakstura parametru reālos apstākļos parasti nemēdz iegūt negatīvas vērtības.

Atsevišķu parametru vērtību sadalījumu funkcionālā forma arī neizmainītu tālāk izklāstītās metodes pamatprincipu, jo Regulatoru rīcībā neapšaubāmi ir visi tarifu ietekmējošo parametru faktiskie dati, un, tālāk piedāvāto metodisko pieeju piemērojot praksē, Regulatori var atrast un lietot konkrētā parametra vērtību faktisko sadalījumu.

1.2. Algoritms

Reālo Latvijas CSA uzņēmumu skaits ir galīgs, un tas nozīmē, ka visas reālo datu analīzes tika veiktas, izmantojot galīgas ģenerālkopas, kurās variāciju skaits nepārsniedz dažus desmitus. Šādu salīdzinoši nelielu datu kopu apstrādes rezultātiem parasti novērojamas samērā nozīmīgas nenoteiktības, tādēļ bija nepieciešams risinājums, kā, veidojot tarifu līmeņatzīmju modeli, samazināt aprēķinu rezultātu nenoteiktības. Piemērota metode nenoteiktību apstrādei ir Montekarlo simulācija (*MCs*), ko mēdz lietot, lai analizētu lielu rezultātu kopu īpašības, kurām

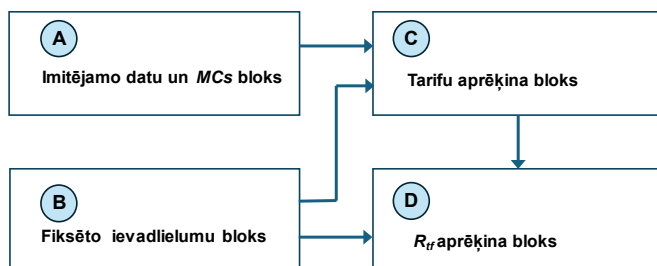
ir grūti vai neiespējami izmantot deterministiskās analīzes. Metodes pamatā ir aprēķināmo lielumu simulēšana atbilstoši uzdotam varbūtības sadalījumam, izmantojot lielu skaitu nejauši ģenerētu skaitļu.

Ņemot vērā to, ka gan reālo siltumenerģijas ražošanas tarifu faktiskos līmeņus raksturojošā bezdimensiju lieluma R_{ef} , gan arī tarifa veidošanai nozīmīgo faktoru vērtību varbūtības ar augstu ticamību ir atzīstamas par normāli sadalītām, var prezumēt, ka, ar *MCs* metodi ģenerējot pietiekami lielu skaitu šo faktoru vērtību un izmantojot tās ražošanas tarifa T_{pr} aprēķiniem, varētu mazināt nenoteiktības un iegūt objektīvāku ainu gan par T_{pr} , gan par R_{ef} iespējamajām variācijām un to biežumu varbūtību sadalījumiem.

Tādēļ tarifu veidojošo parametru, paša ražošanas tarifa T_{pr} un attiecīgi arī bezdimensiju rādītāja R_{ef} vērtību aprēķiniem *MS Excel* programmā tika izveidots siltumenerģijas ražošanas tarifa līmeņatzīmju aprēķina algoritms, iebūvējot tajā *MCs* moduļus. *MCs* metode līdzīgu nosacījumu gadījumos – augstas nenoteiktības, galīgs reālo datu apjoms, bet ar nosakāmiem sadalījuma likuma parametriem, tiek sekmīgi lietota dažādu procesu modelēšanā, tostarp enerģētikas nozarē izmaksu un cenu analīzei un prognozēšanai nenoteiktības apstākļos.

Ņemot vērā secinājumus no reālo datu analīzes par to, ka ir pamatoti veikt atšķirīgus aprēķinus siltumenerģijas ražošanas tarifiem, ja tiek izmantota dabasgāze vai biomasa, aprēķina algoritms ir pielāgots divu atšķirīgu aprēķinu veikšanai, vienlaikus saglabājot nemainīgus aprēķina algoritma pamatprincipus.

Tarifu veidojošo parametru simulācijas un aprēķina algoritma blokshēma redzama 1.6. attēlā, un tā ietver četrus tālāk aprakstītos blokus.



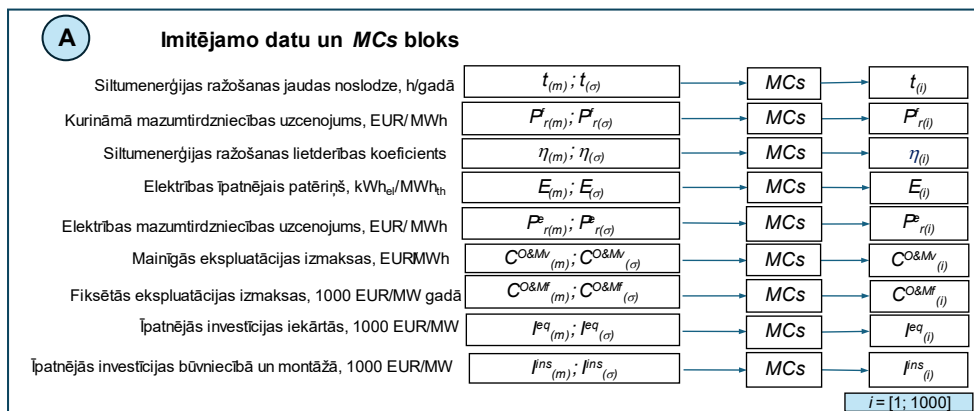
1.6. att. Siltumenerģijas ražošanas tarifu līmeņatzīmju aprēķina algoritma blokshēma.

Imitācijas aprēķinu datu ievades bloks

Šajā blokā iekļauti tie tarifu veidojošie parametri, kas katra atsevišķa CSA uzņēmuma gadījumā var pieņemt unikālu vērtību, tādējādi veidojot ģenerālkopu. Katram no šajā ievades blokā ietvertajiem parametriem tiek ievadīta vidējā vērtība un standartnovirze, kas tālāk tiek izmantota *MCs*, iegūstot simulēto variāciju kopu katram parametram.

Ievadāmie dati iegūti, izpētot veikto reālo CSA uzņēmumu datu analīzes, ja šādi dati bija pieejami, vai arī no iepriekšminētajiem publiskajiem datu avotiem.

Imitējamo parametru datu ievades bloks redzams 1.7. attēlā, tālāk algoritma principu aprakstā sniegts katra parametra raksturojums, datu avoti un interpretēta tā nozīme līmeņatzīmju aprēķina modelī.

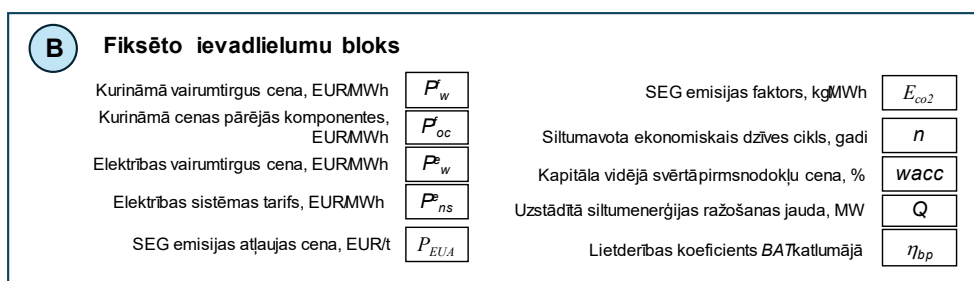


1.7. att. Imitējamo parametru datu ievades un MCs bloks.

Katram no šiem parametriem, veicot aprēķinus ar modeli, tika veikts 1000 simulāciju, iegūstot 1000 vērtību, t. i., $i = [1; 1000]$. Tādējādi šie rezultāti reprezentē 1000 simulētu CSA uzņēmumu datus.

Ievadāmo fiksēto parametru bloks

Šajā blokā ietverti tie līmeņatzīmju aprēķina modelī ievadāmie parametri (1.8. att.), kuru vērtības reālajos apstākļos visiem CSA uzņēmumiem atšķiras ļoti nenozīmīgi un tādēļ modelī var pieņemt, ka visiem CSA uzņēmumiem tās noteiktā laika periodā ir vienādas. Tādējādi šo parametru vērtības, lietojot modeli, tiktu fiksētas kādā noteiktā laika posmā, piemēram, gadā, ja makroekonomiskā situācija ir salīdzinoši līdzsvarota, vai arī uz nenoteiktu laiku, t. i., vērtības tiktu mainītas, notiekot krasām izmaiņām ārējā ekonomiskajā un finanšu vidē, kā tas bija novērojams 2022. gadā.

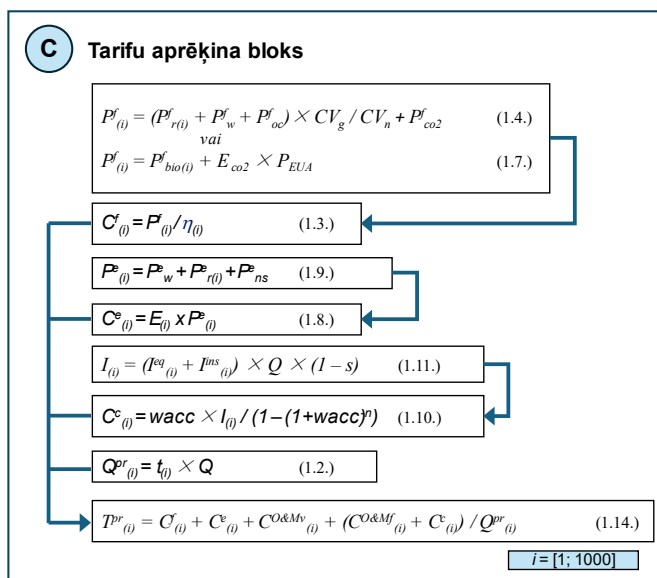


1.8. att. Fiksēto ievadlielumu bloks.

Tarifa aprēķina bloks un R_{ff} aprēķina bloks

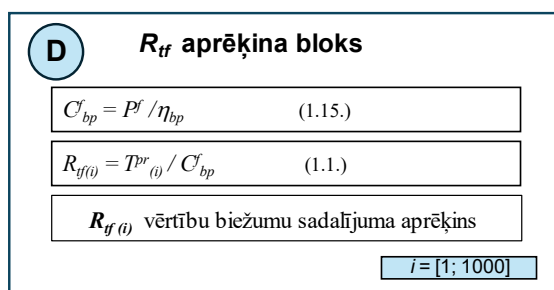
Tarifa aprēķina formulu blokā iekļautas tradicionālās siltumenerģijas ražošanas tarifa aprēķina formulas, kas nepieciešamas, lai, izmantojot fiksētos ievaddatus un parametrus, kuriem modelī tiek ievadītas ar MCs iegūtās datu kopas, aprēķinātu atsevišķus starprezultātus,

siltumenerģijas ražošanas tarifa komponentes, to summu un – rezultātā – R_{tf} datu kopu. Tarifu aprēķina bloka struktūra redzama 1.9. attēlā.



1.9. att. Tarifu aprēķina bloks.

Aprēķins noslēdzas ar R_{tf} aprēķina bloku, kurā tiek aprēķināta kurināmā izmaksu komponente BAT katlumājā C_{bp}^f , R_{tf} vērtības un šo vērtību biežuma sadalījums (1.10. att.).



1.10. att. R_{tf} aprēķina bloks.

Visiem šiem parametriem (izņemot kurināmā komponenti BAT katlumājā) aprēķināto rezultātu kopu lielumi atbilst ar MCs iegūto ievades datu kopu lielumam, t. i., $i = [1; 1000]$.

1.3. Parametri un dati līmeņatzīmju aprēķinam

Siltumenerģijas apjoms, uzstādītā jauda, uzstādītās jaudas noslodze

Siltumenerģijas ražošanas apjoms ir kritiski svarīgs parametrs siltumenerģijas ražošanas tarifa noteikšanai, jo no tā ir tieši atkarīgs fiksēto izmaksu komponentu lielums tarifā. Fiksēto izmaksu īpatsvars siltumenerģijas ražošanas procesā parasti ir no 15–20 % (izmantojot dabasgāzi) līdz 40–60 % (izmantojot biomasu).

Lai izveidotu siltumenerģijas ražošanas tarifu līmeņatzīmju simulācijas modeli, bija jāatsakās no reālo sistēmu absolūtajiem rādītājiem un jāmeklē iespēja vispārināt siltumenerģijas pieprasījuma definēšanu. Ņemot vērā, ka ticami siltumslodžu rādītāji, kas ļautu vispārināti definēt siltumenerģijas apjomus no pieprasījuma puses, nav pieejami, taču no siltumenerģijas ražotāju reģistra bija iegūstama informācija par siltumenerģijas ražošanas uzstādītajām jaudām, katrai analizējamam datu kopā iekļautajai CSA sistēmai tika aprēķināts uzstādītās ražošanas jaudas izmantošanas rādītājs t . Veiktā datu analīze liecināja, ka tā vidējā vērtība analizējamā datu kopā ir 1492 h un šis lielums ar varbūtību 0,95 ir normāli sadalīts. Veicot šī lieluma vērtību MCs , tiek iegūta datu kopa, kas ir pietiekami reprezentatīva un ticami raksturo siltumenerģijas pieprasījumu dažādās CSA sistēmās, jo faktiski ir rezultējošs rādītājs visiem faktoriem (klimatiskajiem, energoefektivitātes, CSA tīklu stāvokļa, patērētāju struktūras un uzvedības u. c.), kas gan palielina, gan samazina siltumenerģijas pieprasījumu reālās CSA sistēmās. Šis rādītājs galvenokārt ir atkarīgs no procesiem siltumenerģijas patēriņa pusē. Var prognozēt, ka reālajās CSA sistēmās dominējošā tendence tam būs pakāpeniski samazināties energoefektivitātes pasākumu, **aktīvo patērētāju** un energokopienų attīstības rezultātā, CSA tīklu efektivitātes uzlabošanas, depopulācijas u. c. faktoru ietekmē. Savukārt, raugoties no siltumenerģijas ražotāja viedokļa, jo augstāks šis rādītājs, jo efektīvāk tiek noslogoti ražošanas aktīvi. Taču ražotājs šo rādītāju nevar kontrolēt un ietekmēt pastāvīgi, bet gan tikai pakāpienveidīgi, pēc samērā gariem aktīvu ekspluatācijas laika posmiem pārskatot un samazinot ražošanas aktīvu sastāvu.

Realitātē nav iedomājama CSA sistēma, kurā uzstādītās ražošanas jaudas izmantošanas rādītājs būtu izteikti zems un sasniegtu tikai dažus simtus h gadā. Turklāt Regulators ar pašreizējo tarifu regulēšanas metodiku stimulē CSA uzņēmumus neuzturēt liekas ražošanas jaudas, nosakot, ka tarifā atļautā rentabilitāte var sasniegt maksimālo vērtību, ja uzstādītās jaudas izmantošanas rādītājs t ir vismaz 1200 h gadā.

No līmeņatzīmju modeļa izveides mērķa – izveidot efektīva siltumapgādes tirgus apstākļu simulācijas modeli, kurā vienlaikus būtu iestrādāti arī ērti rīki Regulatoram šī tirgus procesu mērķtiecīgai virzīšanai, secināms, ka ražošanas aktīvu noslodzes rādītāja vērtībām modelī, no vienas puses, ir jāatspoguļo tirgus realitāte, bet, no otras puses, šis rādītājs ir jāizmanto kā kritiski svarīgs Regulatora instruments aktīvu efektīvas izmantošanas stimulēšanai. Tādēļ, veicot modeļa testēšanu MCs , ievadāmo lielumu izvēlei lietota šāda pieeja:

- kā uzstādītās jaudas izmantošanas rādītāja vidējā vērtība $t_{(m)}$ lietota vidējā vērtība, kas iegūta, analizējot reālu uzņēmumu datus; tādējādi tiek nodrošināta simulēto vērtību kopas sasaiste ar reālajiem apstākļiem;
- savukārt uzstādītās jauda izmantošanas rādītāja standartnovirze $t_{(\sigma)}$ pieņemta kā starpība starp $t_{(m)}$ un Regulatora jau pašlaik noteikto jaudas efektīvas izmantošanas kritēriju; šī izvēle nodrošina gan modeļa sasaisti ar realitāti, jo Regulatora noteiktais kritērijs jau praksē darbojas – CSA uzņēmumiem tas ir zināms un tie ir ieinteresēti to pārsniegt, gan arī nodrošina to, ka Regulators šo lielumu varētu turpināt izmantot kā efektivitāti stimulējošu rīku.

Izmantojot uzstādītās ražošanas jaudas izmantošanas rādītāja ar MCs iegūtās i vērtības, pēc 1.2. formulas modelī tiek aprēķinātas saražotās siltumenerģijas apjoma vērtības.

$$Q^{pr(i)} = t(i) \times Q, \quad (1.2.)$$

kur $Q^{pr(i)}$ – siltumavotā saražotais siltumenerģijas apjoms, MWh;

$t(i)$ – siltumavotā uzstādītās jaudas izmantošanas rādītājs, h;

Q – uzstādītā siltumenerģijas ražošanas jauda, MW.

Vispārīgā gadījumā modelis darbojas ar pieņēmumu, ka uzstādītā ražošanas jauda $Q = 1$ MW, taču fiksēto ievadlielumu blokā iespējams ievadīt jebkādu uzstādītās ražošanas jaudas vērtību, ja modeļa precīzākam lietojumam simulācijas paredzēts veikt dažādiem uzstādītās jaudas diapazoniem, vienlaikus attiecīgi mainot simulējamo ievadlielumu blokā ievadāmās vērtības tiem parametriem, kam praksē novērojams mēroga efekts, piemēram, īpatnējām investīcijām iekārtās I_{ins} vai fiksētajām darbības izmaksām $C^{O\&Mf}$.

Kurināmā izmaksas

Kurināmā izmaksu komponente tiek aprēķināta pēc 1.3. formulas.

$$C^f(i) = P^f(i) / \eta(i), \quad (1.3.)$$

kur $C^f(i)$ – kurināmā izmaksas, EUR/MWh;

$P^f(i)$ – kurināmā cena brīdī, kad tas tiek ievadīts katlā, EUR/MWh;

$\eta(i)$ – siltumenerģijas ražošanas lietderības koeficients.

Siltumenerģijas lietderības koeficienta $\eta(i)$ vērtības tiek iegūtas MCs. Savukārt kurināmā cena $P^f(i)$ reprezentē kurināmā izmaksas brīdī, kad tas tiek ievadīts katlā, t. i., šajā cenā ir iekļautas visas izmaksas kurināmā transportēšanai līdz katlumājai, ar kurināmā izmantošanu saistītie nodokļi u. tml. izmaksas. Tādēļ kurināmā cenai pirms ievadīšanas tarifu aprēķina blokā tiek veikti ievadāmo datu sagatavošanas aprēķini. Ņemot vērā uzņēmumu, kas izmanto dabasgāzi, un uzņēmumu, kas izmanto biomasu, datu ģenerālkopu būtiskās atšķirības, modelī tika izveidoti divi nesaistīti aprēķinu algoritmi – siltumenerģijas ražošanai, izmantojot gāzi vai biomasu. Šis nošķīrums bija nepieciešams ne tikai kurināmā izmaksu aprēķiniem, bet arī lielai daļai citu ievadāmo parametru.

Ja siltumenerģijas ražošanai izmanto dabasgāzi, tad tarifu aprēķina modelī lietojamo kurināmā cenu nosaka, izmantojot 1.4. formulu.

$$P^f(i) = (P^f_{r(i)} + P^f_w + P^f_{oc}) \times CV_g / CV_n + P^f_{co2}, \quad (1.4.)$$

kur $P^f(i)$ – dabasgāzes cena ievadīšanas katlā brīdī, EUR/MWh;

$P^f_{r(i)}$ – dabasgāzes mazumtirdzniecības uzcenojums jeb marža, EUR/MWh;

P^f_w – dabasgāzes vairumtirdzniecības cena, EUR/MWh;

P^f_{oc} – pārējo dabasgāzes cenas komponentu summa, EUR/MWh;

CV_g ; CV_n – dabasgāzes augstākā (*gross*) un zemākā (*net*) sadeģšanas siltumspēja atbilstoši ISO standartam 6976:2016, MWh/1000 m³;

P^f_{co2} – siltumnīcefekta gāzu emisijas atļaujas izmaksu komponente, EUR/MWh.

Tarifu aprēķina modelī kurināmā patēriņa, attiecīgi – arī izmaksu aprēķinu ērtāk ir veikt, izmantojot zemāko dabasgāzes sadegšanas siltumspēju. Savukārt dabasgāzes tirdzniecībā un sistēmas tarifu noteikšanā tiek lietota gāzes augstākā siltumspēja. Tādēļ kopējai dabasgāzes cenai pirms ievadīšanas tarifu modelī tiek veikts pārrēķins no augstākās uz zemāko siltumspēju.

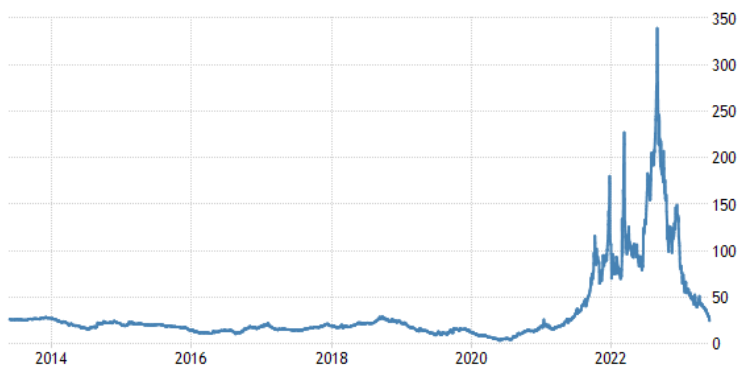
Dabasgāzes mazumtirdzniecības marža $P^{fr}(i)$ ir vienīgais elements gāzes cenas aprēķinā, kuram tiek veikta MCs , jo pieņemts, ka gāzes piegādes līgumos atsevišķas nišes katram atsevišķam komersantam var atšķirties, jo tirgū dabasgāzi piedāvā vairāki savstarpēji samērā asi konkurējoši tirgotāji ar atšķirīgām riska apetītēm, piegādes līgumi ir slēgti atšķirīgos laika brīžos, līgumos var būt pēc dažādiem principiem un uz dažādiem termiņiem fiksētas cenas vai arī brīvi svārstīgas atbilstoši Eiropas gāzes tirgus indeksiem. Tomēr vienlaikus, ņemot vērā publiski pieejamos gāzes tirgus apskatus, var secināt, ka mazumtirdzniecības maržu diapazons nav pārāk plašs un ļoti niecīgi vai arī ļoti augsti uzcenojumi virs gāzes vairumtirdzniecības cenām Eiropas gāzes tirdzniecības platformās sastopami visai reti, vairumā gadījumu maržas tiecas uz kādu vidējo vērtību. Tas izskaidrojams ar labi integrēto kopējo Latvijas, Igaunijas, Somijas tirgus zonu, kurā visiem tirgotājiem ir vienlīdzīga pieeja gan šo trīs valstu vienotās pārvades sistēmas ieejas/izejas punktiem, gan pazemes gāzes krātuvei Latvijā. Ņemot vērā to, ka fiziski dabasgāzes piegādes minētajai vienotajai zonai iespējamas tikai sašķidrinātās dabasgāzes (LNG) formā no Somijas LNG termināļa “*Inkoo*” vai caur Lietuvas/Latvijas robežpunktu no Lietuvas LNG termināļa Klaipeidā, reģionā strādājošie gāzes vairumtirgotāji un mazumtirgotāji darbojas ļoti līdzīgos apstākļos, attiecīgi cenu novirzes no vidējām vērtībām nav lielas.

Baltijas dabasgāzes tirgū vairumā mazumtirdzniecības līgumu kā nozīmīgākais cenu veidojošais elements tiek lietota atsauce uz dabasgāzes vairumtirdzniecības cenu P_w^{fr} kādā no Eiropas gāzes tirdzniecības platformām. Baltijas dabasgāzes tirgū pēdējos gados aizvien vairāk tiek dota priekšroka dabasgāzes cenu indeksiem Nīderlandes dabasgāzes tirdzniecības biržā TTF (*Title Transfer Facility*), kas ir viens no trīs Eiropā nozīmīgākajiem dabasgāzes cenu veidošanās punktiem.

Dabasgāzes vairumtirdzniecības cena ir no tās atsevišķa patērētāja vai pat patērētāju grupas absolūti neatkarīgs un mainīgs ārējais lielums, kas reaģē tikai uz globāliem objektīviem (klimata apstākļi, ekonomiskās izaugsmes rādītāji, enerģētikas politikas izmaiņas, nozīmīgi geopolitiski procesi) vai dažkārt spekulatīviem procesiem. Līdzšinējā pieredze liecina, ka nav identificējamās kādas noteiktas tās veidošanās likumsakarības un vāji piepildās pat visautoritatīvākās prognozes. Piemēram, pēdējo divu trīs gadu laikā gāzes cenas oscilācijas vērojamas milzīgā diapazonā 9–345 EUR/MWh (1.11. att.).

Ja 1.11. attēlā redzami cenas rekordlīmeņi 2022. gadā skaidrojami ar tirgus reakciju uz Krievijas iesākto karu Ukrainā un atsevišķu ierasto piegādes ķēžu sabrukumu, tad 2020.–2021. gadā novērotajai cenas tendencei skaidrojumu rast grūti.

Tādēļ tarifa līmeņatzīmju aprēķina algoritmā pieņemts, ka, modelējot tarifu līmeņus kādam noteiktam laika posmam, gāzes vairumtirdzniecības cena šajā laika posmā ir vienāda visiem CSA uzņēmumiem. Attiecīgi modelī tā ir iebūvēta kā viena atsevišķi ievadāma konstante, kas pēc vajadzības maināma, ja mainās izvēlētais gāzes cenu indekss. Modeļa aprēķina piemēros pieņemts lietot TTF cenu indeksu.



1.11. att. Dabaszgāzes cenu (nākamā mēneša nākotnes līgumu — *Futures*) svārstības TTF tirdzniecības platformā 10 gadu laikā, EUR/MWh (avots: *Trading economics*).

Pārējo dabaszgāzes cenas komponentu summa P_{oc}^f sastāv no vairākiem elementiem, un to aprēķina, veicot datu sagatavošanas aprēķinu pēc 1.5. formulas.

$$P_{oc}^f = P_{sys}^f + P_T^f, \quad (1.5.)$$

kur P_{oc}^f – dabaszgāzes cenas pārējo komponentu summa, EUR/MWh;

P_{sys}^f – dabaszgāzes piegādes sistēmas izmantošanas tarifu summa, kas ietver dabaszgāzes pārvades, uzglabāšanas un sadales tarifus, kas ir regulēti, tādēļ noteiktā laika posmā nemainīgi un vienādi visiem gāzes piegādes sistēmas lietotājiem, EUR/MWh;

P_T^f – akcīzes nodoklis dabaszgāzei, EUR/MWh.

Izmantojot fosilo kurināmo un kopš 2023.gada 1.janvāra arī biomasu, ja enerģijas ražotājam nav iespējams pierādīt tās izcelsmes atbilstību EK AER izmantošanas veicināšanas direktīvā noteiktajām prasībām, ir jāiegūst SEG emisiju atļaujas atbilstoši kurināmā sadedzināšanas procesā emitētajam CO₂ apjomam, t. i., jāpiedalās Eiropas Emisiju tirdzniecības sistēmā (ETS).

Siltumenerģijas ražošanai bija dots samērā ilgs pārejas periods, kad SEG emisiju atļaujas vajadzīgajā apjomā tika saņemtas bez maksas, taču šis bezmaksas apjoms ik gadu tika pakāpeniski samazināts, un pašlaik tas līdz 2030. gadam noteikts 30 % apmērā no nepieciešamā atļauju daudzuma. Attiecīgi pārējais emisijas atļauju apjoms ir jāiegādājas tirgū. Rezultātā nepieciešamo emisijas atļauju iegāde veido papildu izmaksu komponenti, kas jāieskaita kurināmā cenas aprēķinā. Šo komponenti aprēķina pēc 1.6. formulas.

$$P_{co2}^f = E_{co2} \times P_{EUA} \times (1 - k)/1000, \quad (1.6.)$$

kur P_{co2}^f – SEG emisijas atļauju iegādes komponente, EUR/MWh;

E_{co2} – konkrētajam kurināmā veidam raksturīgais emisijas faktors, kg/MWh;

k – bezmaksas emisiju atļauju piešķiruma koeficients atbilstoši EK tiesību aktos par SEG emisiju atļauju tirdzniecību noteiktajam;

P_{EUA} – SEG emisijas atļaujas cena, EUR/t.

Ja emisijas faktoru un bezmaksas atļauju piešķiruma koeficientu var uzskatīt par konstanti, tad P_{EUA} ir mainīgais, kura vērtība veidojas ārējā vidē un ir visai svārstīga, tomēr ar samērā skaidri saredzamu pieauguma tendenci pēdējos gados (1.12. att.).



1.12. att. SEG emisiju atļauju cenas svārstības 10 gadu laikā, EUR/t (avots: *Trading economics*).

SEG emisiju atļaujas cenai nav jēgpilni veikt statistisko analīzi, meklēt sadalījums un likumsakarības. Šī lieluma svārstības un tendences nepakļaujas ne statistiskām likumsakarībām un pat ne stohastiskiem procesiem brīvos tirgos, jo SEG emisiju atļauja ir ar politiskiem lēmumiem veidots finanšu produkts apgrozībai politiski izveidotā kvazitirgū jeb faktiski parafiskāls instruments fosilo energoresursu izmantošanas sadārdzināšanai.

Emisijas atļaujām, līdzīgi kā jebkuram produktam tirgū, ir pieprasījums un piedāvājums, un pirmsšķietami uz tiem darbojas līdzīgi spēki kā brīvā tirgū. Taču faktiski abas puses tiek manipulētas ar leģitīmiem politiskiem instrumentiem:

- pieprasījums ir radīts ar tiesību aktiem, nosakot, ka virknei subjektu šis produkts ir obligāti jāizmanto, t. i., jāiegādājas SEG emisiju atļaujas; pieprasījums pakāpeniski tiek palielināts – gan iekļaujot obligātajā tirgū jaunus dalībniekus, gan pakāpeniski samazinot bezmaksas kvotu piešķirumus;
- piedāvājuma ietekmēšanai ir paredzēta t. s. **stabilizācijas rezerve**, tās mērķis ir izņemt no tirgus kādu apjomu emisiju atļauju, ja klimata politikas veidotāju ieskatā SEG emisijas atļaujas cenas ir pārāk zemas.

Tādējādi paredzams, ka SEG emisiju atļauju cenas pieaugs, taču tās ir grūti prognozēt, tādēļ modeļi ir lietderīgi ievadīt cenu, kas ir modelēšanas brīdi.

Izmantojot biomasu, modeļi ievadāmās kurināmā cenas aprēķina ir formula ir daudz vienkāršāka (1.7. formula).

$$P_{(i)}^f = P_{bio(i)}^f + E_{co2} \times P_{EUA}, \quad (1.7.)$$

kur $P_{(i)}^f$ – kurināmā cena brīdī, kad tas tiek ievadīts katlā, EUR/MWh;

$P_{bio(i)}^f$ – biomasas pārdošanas cena ar piegādi siltumavotā; šim lielumam tiek veikta MCs , kā izejas datus lietojot informāciju par biomasas tirgu, EUR/MWh.

Savukārt saskaitāmais $E_{co2} \times P_{EUA}$ jālieto gadījumā, ja tirgū nav pieejama EK AER izmantošanas direktīvā noteiktajām ilgtspējas prasībām atbilstoša biomasa un siltumenerģijas ražotājam ir jāpērk SEG emisijas atļaujas.

Elektroenerģijas izmaksas

Elektroenerģijas izmaksu komponente tiek aprēķināta pēc 1.8. formulas.

$$C_{(i)}^e = E_{(i)} \times P_{(i)}^e, \quad (1.8.)$$

kur $C_{(i)}^e$ – elektroenerģijas izmaksu komponente, EUR/MWh;

$E_{(i)}$ – elektroenerģijas īpatnējais patēriņš siltumenerģijas ražošanai, kWh_{el} / MWh_{th};

$P_{(i)}^e$ – elektroenerģijas kopējā cena, EUR/MWh_{th}.

Elektroenerģijas īpatnējā patēriņa vērtības tiek iegūtas ar MCs , kurā ievaddatiem lietota Dānijas Enerģētikas aģentūras uzturētā tehnoloģiju datu kataloga informācija. Ja piedāvāto līmeņatzīmju modeli lietotu Regulators, tad ievadāmie dati MCs izgūstami no Regulatora saņemtajām reālo CSA uzņēmumu atskaitēm.

Elektroenerģijas kopējo cenu aprēķina pēc 1.9. formulas.

$$P_{(i)}^e = P_w^e + P_{r(i)}^e + P_{ns}^e, \quad (1.9.)$$

kur $P_{(i)}^e$ – elektroenerģijas kopējā cena, EUR/MWh;

P_w^e – elektroenerģijas vairumtirdzniecības cena, EUR/MWh;

$P_{r(i)}^e$ – elektroenerģijas mazumtirdzniecības uzcenojums, EUR/MWh;

P_{ns}^e – elektroenerģijas piegādes sistēmas izmantošanas tarifu summa, EUR/MWh.

Analogi tam, kā tiek aprēķinātas gāzes cenas, elektroenerģijas vairumtirdzniecības cena ir ļoti nozīmīga elektroenerģijas galacenas sastāvdaļa, un var pieņemt, ka vienā laika periodā un noteiktā ģeogrāfiskā teritorijā tā visiem CSA uzņēmumiem būs vienāda. Tādēļ tā modelī tiek ievadīta kā noteiktā laika periodā nemainīgs lielums, ko pieņem no elektroenerģijas tirdzniecības platformu datiem.

Elektroenerģijas mazumtirdzniecības uzcenojumam, analogi tam, kā tiek aprēķinātas dabasgāzes cenas, tiek veikta MCs , pieņemot, ka CSA uzņēmumiem elektroenerģiju piedāvā dažādi konkurējoši piegādātāji, kas piedāvā nedaudz atšķirīgus elektroenerģijas produktus.

Elektroenerģijas piegādes sistēmas izmantošanas tarifu summu veido elektroenerģijas pārvades un sadales tarifi. Šie tarifi ir regulēti, tādēļ noteiktā laika posmā nemainīgi un vienādi visiem elektroenerģijas piegādes sistēmas lietotājiem.

Kapitāla izmaksas

Kapitāla izmaksas tarifa līmeņatzīmju aprēķina modelī tiek aprēķinātas pēc 1.10. formulas.

$$C_{(i)}^c = wacc \times I_{(i)} / (1 - (1 + wacc)^{-n}), \quad (1.10.)$$

kur $C_{(i)}^c$ – kapitāla izmaksas, EUR;

$wacc$ – kapitāla vidējā svērtā pirmsnodokļu cena, %;

n – siltumavota aktīvu (veikto ieguldījumu) ekonomiskās dzīves cikls, gadi;

$I_{(i)}$ – ieguldījumu apjoms siltumavota aktīvu izveidei, EUR.

Kapitāla vidējā svērtā pirmsnodokļu cena ir plaši lietots parametrs dažādos finanšu analīzes aprēķinos, un tā aprēķinātā vērtība ietver un vienā skaitlī atspoguļo gan finanšu tirgu, gan valstu, gan nozaru, gan uzņēmumu kapitāla struktūras un kapitalizācijas rādītājus:

- bezriskā ieguldījumu atdeves rādītājus;
- dažādu risku (valstu, nozaru, uzņēmumu lieluma u. c.) prēmijas;
- dažādas kredītlīkmu sastāvdaļas;
- nozaru vai uzņēmumus atdeves korelācijas rādītājus ar vērtspapīru tirgus atdevēm (t. s. β koeficients).

Samērā plaši ir izplatīta prakse, kad regulēšanas vajadzībām Regulators nosaka vienādu $wacc$ noteiktām regulējamo uzņēmumu grupām vai pat nozarēm. Ņemot vērā to, ka piedāvātajā tarifu līmeņatzīmju noteikšanas modelī $wacc$ likmi paredzēts ievadīt kā vienu konstanti, tās noteikšana saglabāsies kā Regulatora kompetence un pietiekami nozīmīgs regulēšanas rīks.

Siltumavota aktīvu (veikto ieguldījumu) ekonomiskās dzīves cikls aprēķinu modelī tiek lietots kā konstants lielums. Aprēķina piemērā lietots lielums – 15 gadi, kas vidēji atbilst mūsdienīga siltumavota tehniskajam un ekonomiskajam dzīves ciklam. Ieguldījumu apjomu siltumavota aktīvu izveidei aprēķina pēc 1.11. formulas.

$$I_{(i)} = (I_{(i)}^{eq} + I_{(i)}^{ins}) \times Q \times (1 - s), \quad (1.11.)$$

kur $I_{(i)}$ – ieguldījumu apjoms siltumavota aktīvu izveidei, EUR;

s – līdzfinansējuma atbalsta intensitātes koeficients;

$I_{(i)}^{eq}$ – īpatnējās investīcijas iekārtās, 1000 EUR/MW;

$I_{(i)}^{ins}$ – īpatnējās investīcijas būvniecībā un montāžā, 1000 EUR/MW.

1.11. formulā iekļauts līdzfinansējuma atbalsta intensitātes koeficients, jo CSA uzņēmumiem Latvijā un arī citās Austrumeiropas valstīs samērā brīvi bija pieejams atbalsta līdzfinansējums enerģijas ražošanas pārejai no fosilajiem uz atjaunojamajiem energoresursiem. Regulēšanas praksē par līdzsvarotu pieeju atzīst neatmaksājama līdzfinansējuma izslēgšanu no tarifā iekļaujamo kapitāla izmaksām. Aprēķina piemērā siltumavotiem, kas izmanto dabasgāzi, šim parametram pieņemta vērtība 0,00, siltumavotiem, kas izmanto biomasu – 0,30.

Īpatnējo investīciju iekārtās vērtībām tiek veikta MCs , jo pieņemts, ka siltumavotu iekārtu izmaksas katrā konkrētā gadījumā ir atšķirīgas, taču tehnoloģiskie risinājumi un iekārtu sastāvi ir samērā homogēni, tādēļ reālo projektu izmaksām būtu jātiecas uz kādu vidējo vērtību. Kā izejas dati MCs veikšanai nepieciešamie lielumi pieņemti no Dānijas Enerģētikas aģentūras tehnoloģiju datu kataloga, mūsdienīgām siltumenerģijas ražošanas tehnoloģijām pastāv plašs vienots Eiropas tirgus, tādēļ tehnoloģiju izmaksas bez īpašas pielāgošanas var pārņest

izmantošanai aprēķiniem citas valsts apstākļos. Savukārt gadījumā, ja aprakstīto metodi un līmeņatzīmju modeli lietoju Regulators, tad tā ievaddatus varētu izveidot no Regulatora uzkrātajām reālo uzņēmumu atskaišu datu kopām.

Arī īpatnējo investīciju būvniecībā un montāžā vērtībām tiek veikta *MCs*, un ievadāmajiem lielumiem kā pirmavots izmantots Dānijas Enerģētikas aģentūras tehnoloģiju datu katalogs. Taču šajā gadījumā kataloga dati tiek pielāgoti Latvijas apstākļiem, jo nav šaubu, ka tehnoloģisko iekārtu izmaksas un būvdarbu un montāžas izmaksas Dānijā un Latvijā būtiski atšķiras. Tam pamatā ir ļoti atšķirīgie darbaspēka atalgojuma līmeņi un darbaspēka izmaksu nozīmīgais īpatsvars būvniecības un montāžas izmaksās. Dānijas datu pielāgošanai Latvijas apstākļiem lietota vides ekonomikas aprēķinos plaši lietotās **ieguvuma jeb vērtības pārvešanas** metodes¹⁰ vienkāršākais variants, kur kāda naudā izteikta lieluma vērtība, kas noteikta vienā valstī, tiek pārnesta uz citu valsti, koriģējot to ar iekšzemes kopproduktu attiecību (1.12. vienādojums). Aprēķinam tiek lietotas abu valstu kopproduktu uz 1 iedzīvotāju pirktspējas paritātes (*PPS*) indeksu¹¹ vērtības no *Eurostat* datubāzes.

$$I^{ins} = I^{ins}_{DK} \times (GDP_{LV} / GDP_{DK}), \quad (1.12.)$$

kur I^{ins} – īpatnējo investīciju būvniecībā vērtība Latvijas apstākļos, 1000 EUR/MW;

I^{ins}_{DK} – no Dānijas Enerģētikas aģentūras uzturētā tehnoloģiju datu kataloga izgūtā īpatnējo investīciju būvniecībā vērtība, 1000 EUR/MW;

GDP_{LV} – Latvijas iekšzemes kopprodukta *PPS* indekss;

GDP_{DK} – Dānijas iekšzemes kopprodukta *PPS* indekss.

Mainīgās un fiksētās darbības izmaksas

Gan darbības mainīgo izmaksu komponentes $C^{O\&Mv}_{(i)}$, gan darbības fiksēto izmaksu $C^{O\&Mf}_{(i)}$ vērtības tiek iegūtas ar *MCs* metodi, kā izejas datus izmantojot Dānijas Enerģētikas aģentūras tehnoloģiju datu katalogu.

Darbības fiksēto izmaksu nozīmīgākās sastāvdaļas ir gan operatīvā, gan vadības personāla izmaksas, ietverot nodokļus, maksu par pakalpojumu līgumiem, īpašuma apsaimniekošanas izdevumus un nodokļus. Šo izmaksu pozīciju lielumu būtiski ietekmē cenu, darba samaksas un nodokļu līmeņi konkrētajā jurisdikcijā, kur notiek siltumenerģijas ražošana. Tādēļ analogi tam, kā tas ir īpatnējām investīcijām būvniecībā, arī fiksēto darbības izmaksu Dānijas dati tiek pielāgoti Latvijas apstākļiem ar vērtības pārvešanas metodi pēc 1.13. formulas.

$$C^{O\&Mf} = C^{O\&Mf}_{DK} \times (GDP_{LV} / GDP_{DK}), \quad (1.13.)$$

kur $C^{O\&Mf}$ – darbības fiksēto izmaksu vērtība Latvijas apstākļos, 1000 EUR/MW;

$C^{O\&Mf}_{DK}$ – no Dānijas Enerģētikas aģentūras uzturētā tehnoloģiju datu kataloga izgūtā darbības fiksēto izmaksu vērtība, 1000 EUR/MW;

GDP_{LV} – Latvijas iekšzemes kopprodukta *PPS* indekss;

GDP_{DK} – Dānijas iekšzemes kopprodukta *PPS* indekss.

Ja regulēšanas iestāde izvēlētos piedāvāto līmeņatzīmju aprēķināšanas metodi lietot praksē, tad ekspluatācijas izmaksu simulācijai ievadāmo vērtību atbilstību varēs jūtami pilnveidot. Ja

¹⁰ Angļu val. *Benefit transfer*.

¹¹ Angļu val. *Purchasing power standards*.

Regulatora rīcībā būs uzkrāts pietiekams apjoms savstarpēji salīdzināmu datu no reālo uzņēmumu atskaitēm, tad MCs ievaddatiem varēs izmantot šo reālo datu kopu vidējās vērtības un standartnovirzes.

Tarifu un R_f vērtību aprēķins

Siltumenerģijas ražošanas tarifa aprēķinam līmeņatzīmju modelī tiek lietota 1.14. formula.

$$T^{pr}_{(i)} = C^f_{(i)} + C^e_{(i)} + C^{O\&Mv}_{(i)} + (C^{O\&Mf}_{(i)} + C^c_{(i)}) / Q^{pr}_{(i)}, \quad (1.14.)$$

kur $T^{pr}_{(i)}$ – siltumenerģijas ražošanas tarifs, EUR/MWh;

$C^f_{(i)}$ – kurināmā izmaksu komponente (aprēķināta pēc 1.3. formulas), EUR/MWh;

$C^e_{(i)}$ – elektroenerģijas izmaksu komponente (aprēķināta pēc 1.8. formulas), EUR/MWh;

$C^{O\&Mv}_{(i)}$ – ekspluatācijas mainīgo izmaksu komponente, EUR/MWh;

$C^{O\&Mf}_{(i)}$ – ekspluatācijas fiksētās izmaksas (aprēķinātas pēc 1.13. formulas), EUR;

$C^c_{(i)}$ – kapitāla izmaksas (aprēķinātas pēc 1.10. formulas), EUR;

$Q^{pr}_{(i)}$ – siltumenerģijas ražošanas apjoms (aprēķināts pēc 1.2. formulas), MWh.

Visi 1.14. formulā iekļautie tarifa aprēķinam nepieciešamie lielumi ir atkarīgi no veiktajām MCs , attiecīgi aprēķina piemērā kataram no tiem $i = [1; 1000]$ vērtības. Tādējādi aprēķina piemērā arī siltumenerģijas ražošanas tarifam tiek iegūtas 1000 vērtības.

Siltumenerģijas ražošanas tarifu līmeņatzīmju aprēķins noslēdzas ar siltumenerģijas ražošanas tarifus raksturojošā bezdimensionālā rādītāja R_f aprēķinu, ko veic pēc 1.1. formulas.

1.1. formulā ievadāmo efektīvas siltumenerģijas ražošanas etalonu – kurināmā izmaksu komponenti BAT katlumājā – aprēķina pēc 1.15. formulas.

$$C^f_{bp} = P^f / \eta_{bp}, \quad (1.15.)$$

kur C^f_{bp} – kurināmā izmaksu komponente BAT katlumājā, EUR/MWh;

P^f – kurināmā cena pirms tā ievadīšanas kurtuvē, EUR/MWh;

η_{bp} – kurināmā izmantošanas lietderības koeficients BAT katlumājā.

Aprēķinot efektīvas siltumenerģijas ražošanas etalonu kā kurināmā cenu P^f , tiek izmantots lielums, kas ietver tikai tās kurināmā galacenu veidojošās komponentes, ko CSA uzņēmums nespēj ietekmēt, t. i., netiek iekļautas komponentes, kuru lielums var būt atkarīgs ne tikai no tirgus situācijas, bet arī komersanta prasmēm un vēlmēm atrast tirgū izdevīgākos piedāvājumus, piemēram, mazumtirdzniecības marža un SEG emisijas atļaujas cena.

Savukārt lietderības koeficients BAT katlumājā ir viens no līmeņatzīmju modelī paredzētajiem instrumentiem, ko Regulators var lietot noteiktai nozares politikas veidošanai, brīvi izvēloties šī parametra lielumu. Ja politika paredz agresīvu efektivitātes stimulēšanu, tad jāizvēlas lielums, kas tuvs attiecīgajā brīdī pieejamo BAT rādītājam vai pat vienāds ar to. Savukārt, ja izvēlēta pakāpeniska efektivitātes stimulēšanas politika, šī parametra lielums jāizvēlas ar rezervi pret BAT rādītāju, vienlaikus nosakot šī rādītāja pakāpeniskas paaugstināšanas trajektoriju.

2. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Atbilstoši 1. nodaļā izklāstītajam algoritmam tika veikti siltumenerģijas ražošanas tarifu raksturojošā rādītāja R_{f} aprēķini trīs scenārijos:

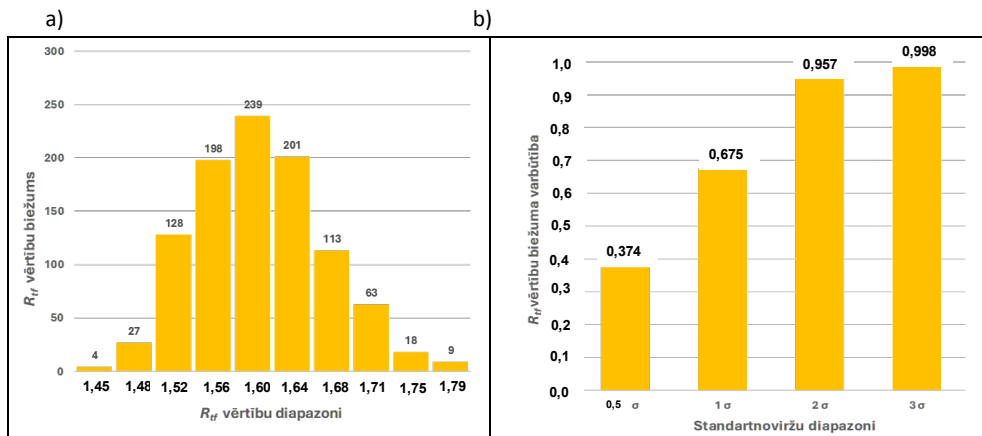
- 1) siltumenerģijas ražošana, izmantojot biomasu;
- 2) siltumenerģijas ražošana, izmantojot dabasgāzi – mērenu cenu scenārijs;
- 3) siltumenerģijas ražošana, izmantojot dabasgāzi – augstu cenu scenārijs.

Trešais scenārijs tika izveidots, jo pēc 2022. gadā februārī Krievijas iesāktā kara Ukrainā novērotais ekstremāli straujais cenu pieaugums un cenas stabilizēšanās visai augstā līmenī 2022./2023. gada ziemas sezonā lika apsvērt hipotēzi, ka līdzšinējo ierasto dabasgāzes piegādes ķēžu sagraušana var saglabāt šādu augstu cenu līmeni (100–150 EUR/MWh) arī pietiekami ilgi.

Attiecīgi bija jāpārlicinās, vai izveidotā modeļa algoritms nodrošinās pirmsšķietami ticamus rezultātus arī ļoti plašā kurināmā cenu diapazonā. Īpaši būtiski tas ir dabasgāzes izmantošanas gadījumā, jo reālo uzņēmumu datu analīze liecināja (1. nod.), ka, izmantojot dabasgāzi **mēreno cenu** periodā, kurināmā izmaksu komponente siltumenerģijas ražošanas tarifā veidoja 80–85 %, savukārt procesi dabasgāzes vairumtirgū pierādīja, ka divu gadu laikā dabasgāzes cena var svārstīties pat 9–345 EUR/MWh robežās.

2.1. Rezultātu raksturojums

Visiem trīs scenārijiem tika aprēķinātas rezultātu izlases R_{f}^{gbase} , R_{f}^{ghigh} un R_{f}^{bio} . Katra no šīm izlasēm ietver 1000 aprēķinātas R_{f} vērtības. No šīm rezultātu izlasēm tika aprēķināti katram scenārijam atbilstošo R_{f} vērtību nozīmīgākie aprakstošās statistikas rādītāju vidējais lielums, standartnovirze, vērtību biežuma sadalījums 10 diapazonos, kā arī novērtējums šo biežumu varbūtībām.



2.1. att. Aprēķina rezultāti dabasgāzes mērenu cenu scenārijam: a) R_{f} biežuma sadalījums; b) R_{f} biežuma varbūtību sadalījums standartnoviržu diapazonos.

No R_{f}^{base} rezultātu ilustrācijas (2.1. att.) nolasāms, ka aptuveni 67 % no R_{f} vērtībām atradīsies ± 1 standartnovirzes diapazonā no izlases vidējās vērtības, bet ± 2 standartnoviržu diapazonā – jau 96 % no vērtībām.

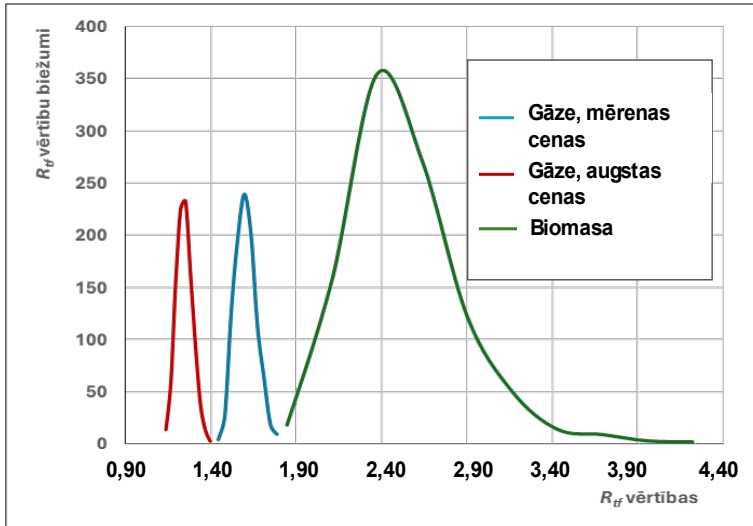
Tādējādi, ņemot vērā, ka visu aprēķinā lietoto mainīgo vērtību MCs bija uzdots veikt atbilstoši normālajam sadalījumam, R_{f} biežumu sadalījums atbilstoši gaidītajam arī ir tuvs normālā sadalījuma likumsakarībām, tāpat – pietiekami atbilstošs noteiktajam mērķim.

Visos trīs aprēķina scenārijos iegūtie rezultāti grafiskā formā redzami 2.2. attēlā. Rezultātu apkopojums parādīts divos veidos.

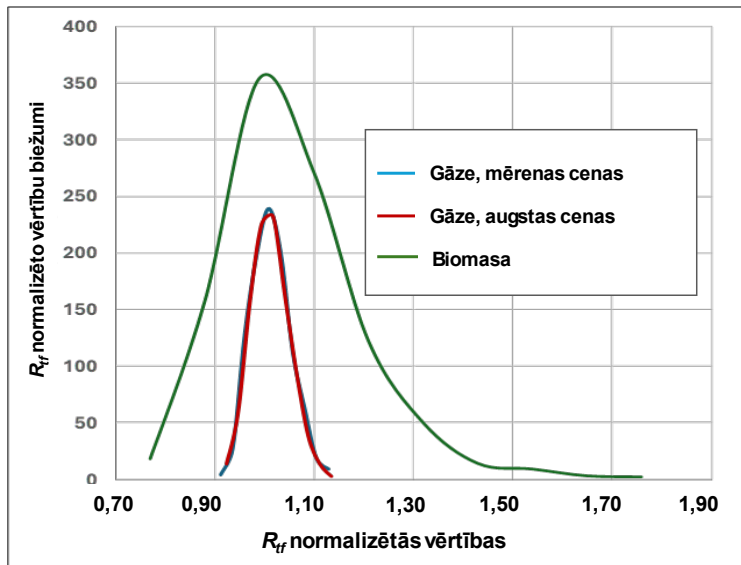
1. **R_{f} absolūto vērtību biežuma sadalījums** (2.2. a) att.). R_{f} absolūto vērtību grafikus var novērtēt kā pietiekami atbilstošus pirmsšķietami gaidītajiem rezultātiem, jo tie labi iekļaujas loģiskos raksturojumos. Izmantojot biomasu, siltumenerģijas ražošanas tarifa bezdimensijas raksturotāja R_{f} vērtības ir 1,9–3,9 diapazonā, bet visbiežāk ir sastopamas ap vidējo vērtību 2,4. Šīs vērtības ir ievērojami lielākas nekā dabasgāzes izmantošanas bāzes cenu scenārijā: attiecīgi 1,5–1,7 un 1,6 un vēl jo vairāk dabasgāzes ekstrēmi augsto cenu scenārijā, attiecīgi 1,2–1,4 un 1,3. Šie vērtību diapazoni ir ļoti vienkārši izskaidrojami, ja aplūko reālu uzņēmumu faktisko tarifu struktūru. Izmantojot biomasu, siltumenerģijas ražošanas struktūrā kapitāla un darbības izmaksu īpatsvars visbiežāk ir 30–50 % robežās, bet ir gadījumi, kur pārsniedz pat pusi. Savukārt, izmantojot dabasgāzi, pie samērīgām dabasgāzes un emisijas atļauju cenām kapitāla un darbības izmaksu īpatsvars visbiežāk nepārsniedz 20 %. Savukārt pie ļoti augstām kurināmā cenām šis īpatsvars vēl vairāk sarūk. Attiecīgi iegūtās R_{f} vērtības pietiekami labi atspoguļo tarifu struktūras, ņemot vērā dažādu kurināmā veidu izmantošanu un dažādu cenu līmeni. Jo augstāka kurināmā cena un tarifā mazāks kapitāla un darbības izmaksu īpatsvars, jo zemākas R_{f} vērtības.
2. **R_{f} normalizēto vērtību biežuma sadalījums** (2.2. b) att.). Labākai iegūto rezultātu interpretācijai ir lietderīgi aplūkot arī R_{f} normalizētās vērtības. Normalizētās vērtības ir aprēķinātas, katru reālo vērtību attiecinot pret rezultātu izlases vidējo vērtību, un to sadalījuma grafiki labi raksturo vērtību izkliedi dažādos scenārijos. Secināms, ka – jo zemāka kurināmā cena un izmaksu struktūrā lielāks īpatsvars kapitāla un darbības izmaksām, jo lielāka R_{f} vērtību biežuma izkliede. Augsto dabasgāzes cenu scenārijā visas 1000 R_{f} vērtības iekļaujas 0,9–1,15 diapazonā no izlases vidējās vērtības, savukārt biomasas scenārijā – 0,75–1,58 no izlases vidējās vērtības. Šo izkliežu lielo atšķirību var pamatot ar izmaksu struktūras atšķirībām modelētajos scenārijos. Izmantojot dabasgāzi, uz siltumenerģijas ražošanas tarifu, attiecīgi arī R_{f} vērtībām noteicošā ietekme ir dabasgāzes pilnajai cenai. Savukārt pilnās cenas veidošanā noteicošais parametrs ir dabasgāzes cena vairumtirgū, kas ir vienāda visos MCs 1000 aprēķinos. Vienlaikus tik pat liela ietekme uz R_{f} vērtībām ir kurināmā izmaksu komponentei siltumavotā ar t. s. *BAT*, kas atkal ir tieši atkarīga no dabasgāzes cenas vairumtirgū. Savukārt visu pārējo izmaksu pozīciju vērtības rezultātus ietekmē daudz mazāk, neraugoties uz to, ka to veidojošajiem parametriem ar MCs iegūtas 1000 vērtības un katra parametra vērtībām piemīt noteikta izkliede.

Tādējādi augsts kurināmā izmaksu īpatsvars un salīdzinoši neliela darbības un kapitāla izmaksu ietekme uz tarifa vērtībām rezultējas arī nelielā R_{if} vērtību izkliedē (standartnovirzes vērtība ir maza). Savukārt, izmantojot biomasu, ir gluži pretēji – izmaksu pozīcijas, kurām tika veikta MCs, veido aptuveni pusi no ražošanas tarifa. Attiecīgi šo izmaksu pozīciju izkļiedes būtiski izkļiedē arī R_{if} vērtības (standartnovirzes vērtība ir liela).

a)



b)



2.2. att. Trīs scenāriju aprēķina rezultātu grafisks apkopojums: a) R_{if} absolūto vērtību biežuma sadalījumi; b) R_{if} normalizēto vērtību sadalījumi.

No R_{tf} aprēķinu rezultātu grafiskajiem attēlojumiem (2.2. att.) pietiekami skaidri nolasāma grafiku zināma pozitīvā asimetrija – rezultātu izlasēs ir redzamas arī tādas R_{tf} vērtības, kas ir lielākas par vidējo vērtību vairāk nekā par divām standartnovirzēm (rezultātu sadalījuma grafiku labais zars), savukārt simetriski mazākas R_{tf} vērtības – nav novērojamas (rezultātu sadalījuma grafiku kreisais zars). Šī asimetrija novērojama visu trīs scenāriju rezultātiem, un pirmsšķietami R_{tf} rezultātu sadalījumi atgādina logaritmiski normālā sadalījuma funkciju. Analizējot reālus ekonomiskos procesus, samērā bieži empīriski sadalījumi ir asimetriski un logaritmiski normāli sadalīti, jo reālajā ekonomikā var būt dažādi izlašu ierobežojumi. Parasti tie ir noteikti administratīvi – valstu valdības mēdz ar tiesību aktiem noteikti minimālās algas līmeņus, vai gluži pretēji – kādas maksimālās vērtības, piemēram, cenu griestus u. tml.

Ja šāds asimetrisks datu sadalījums būtu iegūts apstrādājot empīriskos datus, atbilstoši datu statistikas datu apstrādes teorijai acīmredzot būtu jālieto kādas empīriskā sadalījuma izlīdzināšanas metodes – logaritmiskā, kvadrātsaknes u. tml. Taču tarifu aprēķina modeļa rezultāti veidojas no parametru vērtībām, kas iegūtas MCs .

Vispārīgā gadījumā MCs gadījumskaitļu ģenerators var ģenerēt jebkuru racionālo skaitli. Atkarībā no ievadāmo datu rakstura – attiecīgā parametra vidējās vērtības un standartnovirzes – MCs var ģenerēt arī negatīvas vērtības. Taču virknei parametru (cenas¹², izmaksas, patēriņi) reālos apstākļos negatīvas vērtības nav iespējamās. Tādēļ aprēķina modelī šo parametru MCs rezultātiem iebūvēta ierobežojoša atlase – negatīvās vērtības netiek ņemtas vērā. Vērtējot šī ierobežojuma iespējamo ietekmi, tika konstatēts, ka daļai parametru negatīvo vērtību skaits svārstās no 0 līdz 20. Ja ar MCs tiek ģenerētas 1000 vērtības, tad šī ierobežojuma rezultātā veidojas 0,5–1,5 % vērtību iztrūkums R_{tf} zemo vērtību zarā tālāk par divām standartnovirzēm no vidējās vērtības, bet tas būtiski neietekmē vērtību biežumu sadalījumu līdz divām standartnovirzēm no vidējās vērtības.

Iegūtā rezultātu izlase ar R_{tf} ļoti zemo vērtību iztrūkumu vienlaikus labi atspoguļo R_{tf} ekonomisko būtību. No R_{tf} aprēķina (1.1. formula) izriet, ka $R_{tf} = 1,0$ gadījumā, ja siltumenerģija tiktu pārdota par cenu, kas atbilst kurināmā izmaksu komponentei BAT katlumājā. Tas nozīmētu, ka visas parējās izmaksas (darbības, kapitāla u. c.) ir vienādas ar nulli. Šo varētu uzskatīt par robežgadījumu, kas praksē varētu būt sastopams tikai atsevišķos īpašos gadījumos, sakrītot virknei faktoru, kad aktīvi ir pilnībā noamortizēti, bet to ekspluatācija turpinās, kurināmo ir izdevies iegādāties par īpaši izdevīgu cenu, katlu lietderības koeficients ir augstāks nekā BAT katlumājā. Vēl zemākas vērtības ($R_{tf} < 1$) jau jāuzskata par reālos apstākļos praktiski neiespējamiem gadījumiem, kas nozīmētu, ka komersants savu produktu pārdod par cenu, kas zemāka nekā galvenās izejvielas izmaksu komponente. Tomēr šādi ekstrēmi gadījumi varētu būt novērojami, ja regulējamais komersants tiek **pārregulēts** līdz situācijai, kad ar regulēto tarifu vairs nespēj atgūt ražošanas pilnās ekonomiskās izmaksas. Šādu ekstrēmu gadījumu cēlonis ir regulēšanas pakārtošana īstermiņa politiskiem vai pat populistiskiem mērķiem, kas ilgtermiņā neizbēgami izraisītu regulējamā pakalpojuma

¹² Praksē ir sastopami izņēmumi. Piemēram, elektrības vairumtirdzniecības platformās dažkārt atsevišķas stundās novērojams negatīvas *spot* cenas. Taču tarifa aprēķina modelī tiek lietotas ilgākā periodā novērojamas vidējās cenas, kurā īstermiņa svārstības ir izlīdzinātas.

kvalitātes un piegādes drošuma pazemināšanos un pat pakalpojuma sniedzēja nespēju turpināt darbību.

2.2. Rezultātu adekvātuma novērtējums

Novērtējot simulācijā iegūtos rezultātus, ir būtiski pārliecināties, vai tie ir pietiekami adekvāti, lai tos pieņemtu kā faktisko situāciju raksturojošus.

Sākotnēji tika pieņemts, ka, katram parametram veicot 1000 simulācijas, šāds skaits varētu būt pietiekams, lai nodrošinātu to, ka simulāciju rezultātā iegūtā izlase nebūtu būtiski novirzījies no ģenerālkopas. Lai novērtētu, vai pieņēmums ir bijis pietiekams, modelēšanas rezultātu izlasēm R_{f}^{gbase} , R_{f}^{ghigh} un R_{f}^{bio} tika veikts izlases nepieciešamā apjoma aprēķins.

Tika pieņemts būtiskuma līmenis $\alpha = 0,05$, un šādā gadījumā varbūtība, ka izlases vidējais neatšķirsies no ģenerālkopas vidējā vairāk nekā par robežklūdu $\Delta_{\bar{x}}$ ir $P = 1 - \alpha = 0,95$. Pie $P = 0,95$ standartizēta normālā sadalījuma kritiskā vērtība $z_{\alpha} = 1,96$. Tika pieņemts, ka pieļaujamajai robežklūdai $\Delta_{\bar{x}}$ relatīvā izteiksmē jābūt ne lielākai nekā 1,0 % no izlases vidējās vērtības. Standartklūda raksturo izlases vidējo izkliedi ap ģenerālkopas vidējo jeb to, cik liela klūda tiek pieļauta, ģenerālkopu aizstājot ar izlasi, kas šajā gadījumā nozīmē reālo parametru aizstāšanu ar MC s iegūtiem parametriem. Nepieciešamo izlases apjomu, ja ir spēkā minētie pieņēmumi, aprēķina pēc 2.1. formulas.

$$n = \frac{z_{\alpha}^2 \times \sigma^2}{\Delta_{\bar{x}}^2}, \quad (2.1.)$$

kur n – nepieciešamais izlases apjoms;

z_{α} – standartizēta normālā sadalījuma kritiskā vērtība, ja varbūtība $P = 0,95$;

$\Delta_{\bar{x}}$ – robežklūda;

σ – izlases standartnovirze.

Visu trīs scenāriju R_{f} rezultātu izlasēm tika veikts arī apgriezts pārbaudes aprēķins, lai noteiktu robežklūdu lielumu, ja izlases apjoms ir 1000 simulācijas. 2.1. tabulā apkopotie rezultāti liecina, ka 1000 MC s iegūtie rezultāti ir pietiekami adekvāti, jo simulēto vērtību kopas vidējā lieluma novirze no ģenerālkopas vidējā lieluma relatīvā izteiksmē ar varbūtību 0,95 ir mazāka par 1,0 %.

2.1. tabula

Rezultātu adekvātuma novērtējums

Scenārijs	Izlases nepieciešamā apjoma aprēķins, ņemot vērā definēto robežklūdu			Robežklūdas aprēķins, ņemot vērā veikto simulāciju skaitu		
	Pieļaujamā robežklūda relatīvā izteiksmē	Pieļaujamā robežklūda	Nepieciešamais simulāciju skaits	Veikto MC simulāciju skaits	Faktiskā robežklūda	Faktiskā robežklūda relatīvā izteiksmē
R_{f}^{ghigh}	1,00 %	0,0123	57	1000	0,0030	0,24 %
R_{f}^{gbase}	1,00 %	0,0159	60	1000	0,0039	0,25 %
R_{f}^{bio}	1,00 %	0,0242	734	1000	0,0208	0,86 %

2.3. Līmeņatzīmju modeļa pielāgojums izmantošanai jauktas kurināmā struktūras gadījumā

Līmeņatzīmju modeļa algoritms sākotnēji tika izveidots gadījumiem, kad siltumenerģijas ražošanai izmantojamā kurināmā struktūra ir homogēna.

Taču praksē tādu CSA uzņēmumu skaits, kas siltumenerģijas ražošanai izmanto tikai vienu kurināmā veidu, nav liels. Latvijā visbiežāk CSA uzņēmumu izmantotā kurināmā struktūru veido abi iepriekš aplūkoti kurināmā veidi – gan biomasa, gan dabasgāze. Parasti nozīmīgāko apjomu izmantotā kurināmā struktūrā veido biomasa, ko parasti izmanto konkrētas CSA sistēmas nozīmīgāko siltumavotu darbināšanai, kas nodrošina lielāko daļu no sistēmas bāzes slodzes. Savukārt dabasgāze tiek izmantota pīķa slodžu segšanai, mazākas jaudas pilnībā automatizētās bezpersonāla katlumājās, kur tehnisku un teritoriālu ierobežojumu dēļ nav iespējams racionāli izbūvēt biomasas loģistikas sistēmu. Sastopami arī gadījumi, kad gāzi plieto tās izmantošanas izcilās elastības dēļ, piemēram, paralēlam darbam ar saules kolektoru sistēmu vasaras siltumslodzes segšanai.

Attiecīgi Latvijā lielākā daļa CSA uzņēmumu, kas izmanto abus kurināmā veidus, praksē ir izveidojuši kurināmā struktūru, kurā 50–85 % siltumenerģijas tiek saražota no biomasas. Tādēļ, lai izveidoto līmeņatzīmju algoritmu būtu iespējams lietot praksē, nepieciešams izveidot pielāgojumu tā izmantošanai arī jauktas kurināmā struktūras gadījumos.

Kā jau secināts 1.1. apakšnodaļā, siltumenerģijas ražošanai izvēlētais kurināmā veids determinē visus siltumenerģijas ražošanas parametrus – gan tehnoloģiskos, gan finansiālos. Turklāt visas siltumenerģijas ražošanas izmaksu aprēķināšanas sakarības ir lineāras. Tādēļ līmeņatzīmju noteikšanas algoritma pielāgošanas pamatprincipam definēts pieņēmums, ka ir pietiekami adekvāti, ja algoritmu jauktas kurināmā struktūras gadījumam balstītu no dažādiem kurināmā veidiem saražotās enerģijas apjomu proporcijās. Šāda pieeja atbilst arī Latvijā lietotajai Regulatora siltumenerģijas ražošanas tarifa aprēķināšanas metodikai.

Atbilstoši šai pieejai algoritma pielāgošanas aprēķiniem tika izvēlēts vienkāršs nosacīts robežgadījums. Tika pieņemts, ka CSA uzņēmumam ir tikai divi siltumavoti, vienā no tiem tiek izmantota biomasa, otrā – dabasgāze. Attiecīgi šajā robežgadījumā vienam siltumavotam tiek izmantots siltumenerģijas ražošanas tarifa līmeņatzīmju simulācijas algoritms tādām siltumavotam, kas izmanto dabasgāzi, savukārt otram – tādām siltumavotam, kas izmanto biomasu.

Atbilstoši 1.2. apakšnodaļā aprakstītajam algoritmam *MCs* rezultātā tiek iegūtas divas siltumenerģijas ražošanas tarifu vērtību kopas, kur katrā ir *i* skaits¹³ atšķirīgu ražošanas tarifu vērtību. Izmantojot abu kopu elementus un lietojot analogu pieeju tādai, kas lietota siltumenerģijas ražošanas tarifa aprēķināšanas metodikā, tiek aprēķināts *i* skaits vidējā svērtā siltumenerģijas ražošanas tarifa vērtību pēc 2.2. formulas.

$$T^{Pr}_{mix(i)} = T^{Pr}_{bio(i)} \times q_{bio} + T^{Pr}_{gas(i)} \times (1 - q_{bio}), \quad (2.2.)$$

kur $T^{Pr}_{mix(i)}$ – vidējais svērtais siltumenerģijas ražošanas tarifs, EUR/MWh;

¹³ Atbilstoši 2.2. apakšnodaļā secinātajam pietiekami adekvātu rezultātu iegūšanai līmeņatzīmju modeli veikto *MCs* skaits pieņemts $i = 1000$.

$T^{Pr}_{bio(i)}$ – no biomasas saražotās siltumenerģijas ražošanas tarifs, EUR/MWh;
 $T^{Pr}_{gas(i)}$ – no dabasgāzes saražotās siltumenerģijas ražošanas tarifs, EUR/MWh;
 q_{bio} – no biomasas saražotās siltumenerģijas īpatsvars, ko aprēķina atbilstoši siltumenerģijas ražošanas struktūrai pēc 2.3. formulas.

$$q_{bio} = Q_{bio} / (Q_{bio} + Q_{gas}), \quad (2.3.)$$

kur Q_{bio} – no biomasas saražotās siltumenerģijas apjoms, MWh;
 Q_{gas} – no dabasgāzes saražotās siltumenerģijas apjoms, MWh.

Savukārt, lai atbilstoši šai pieejai noteiktu līmeņatzīmes un varētu veikt siltumenerģijas tarifu novērtējumu, ir jāaprēķina arī tarifu raksturojošā bezdimensiju lieluma R_{if} vērtības jauktas kurināmā struktūras gadījumam pēc 1.1. formulas, attiecinot siltumenerģijas ražošanas tarifa vērtības pret jauktas struktūras kurināmā izmaksu komponenti siltumavotā ar labākajām pieejamajām tehnoloģijām. Attiecīgās BAT kurināmā komponentes siltumavotiem, kas izmanto tikai dabasgāzi, un siltumavotiem, kas izmanto tikai biomasu, jau ir aprēķinātas atsevišķi. Izmantojot šos lielumus un konkrēta CSA uzņēmuma izmantotā kurināmā struktūras raksturojošo rādītāju, pēc 2.4. formulas aprēķināma kurināmā izmaksu komponente siltumavotā ar labākajām pieejamajām tehnoloģijām jauktas kurināmā struktūras gadījumā.

$$C_{bpmix}^{f} = C_{bpbio}^{f} \times q_{bio} + C_{bpgas}^{f} \times (1 - q_{bio}), \quad (2.4.)$$

kur C_{bpmix}^{f} – kurināmā komponente BAT siltumavotā, ņemot vērā konkrēta CSA uzņēmuma biomasas īpatsvaru kurināmā struktūrā, EUR/MWh;
 C_{bpbio}^{f} – kurināmā komponente BAT siltumavotā, kas izmanto tikai biomasu, EUR/MWh;
 C_{bpgas}^{f} – kurināmā komponente BAT siltumavotā, kas izmanto tikai dabasgāzi, EUR/MWh.

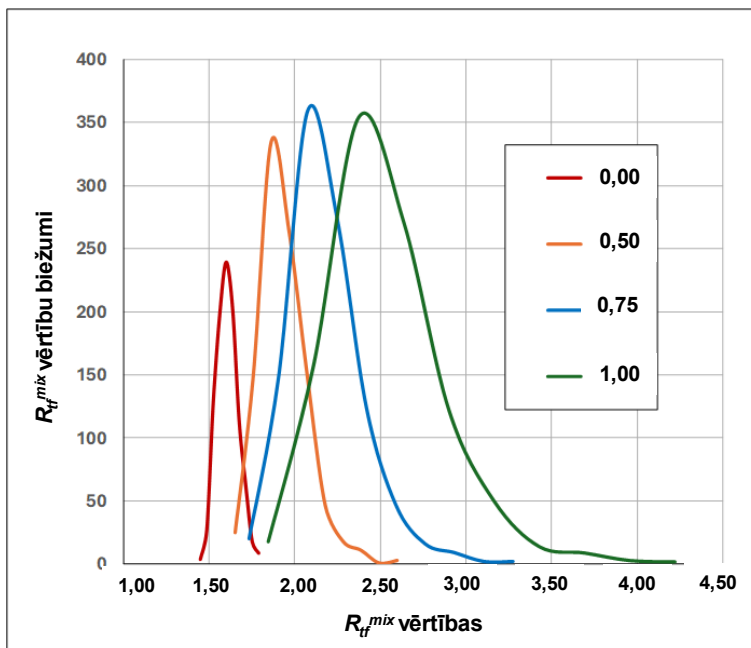
Līmeņatzīmju aprēķinu jauktas kurināmā struktūras gadījumā – tāpat kā tas ir, izmantojot viena veida kurināmo, – noslēdz R_{if}^{mix} i skaita vērtību kopas aprēķins, ko veic pēc 1.1. formulas.

Ilustrācijai 2.3. attēlā parādīti iegūtie R_{if} absolūto vērtību biežuma sadalījumi jauktas kurināmā struktūras gadījumam, ņemot vērā dažādu biomasas īpatsvaru, salīdzinot ar R_{if} vērtību biežuma sadalījumiem, ja siltumenerģijas ražošanai tiek izmantota tikai dabasgāze vai tikai biomasas. Visām četrām R_{if} rezultātu kopām aprēķināti arī galvenie šīs kopas raksturojošie parametri, kas apkopoti 2.2. tabulā.

2.2. tabula

R_{if} rezultātu kopas raksturojošie parametri

	R_{if}^{base}	$R_{if}^{mix}, q_{bio} = 0,50$	$R_{if}^{mix}, q_{bio} = 0,75$	R_{if}^{bio}
Vidējā vērtība	1,588	1,875	2,090	2,389
Standartnovirze	0,062	0,126	0,198	0,305
Min ÷ Max	1,409 ÷ 1,860	1,603 ÷ 2,500	1,642 ÷ 3,114	1,692 ÷ 3,969
Ekscesa koeficients	0,157	1,831	1,958	1,904
Asimetrijas koeficients	0,208	0,916	0,999	1,000



2.3. att. R_{tf}^{mix} absolūto vērtību biežumu grafisks salīdzinājums ar R_{tf}^{gbase} ($q_{bio} = 0,00$) un R_{tf}^{bio} ($q_{bio} = 1,00$), ja biomasas īpatsvars kurināmā struktūrā ir $q_{bio} = 0,50$ un $q_{bio} = 0,75$.

Rezultātu kopu parametru skaitliskās vērtības liecina, ka jauktai kurināmā struktūrai modelētie R_{tf} absolūto vērtību biežuma sadalījumi un šo sadalījumu raksturs atspoguļo loģiski skaidrojamu atkarību no kurināmā struktūras raksturojošā rādītāja q_{bio} .

1. Ja R_{tf}^{gbase} un R_{tf}^{bio} pieņem par robežgadījumiem, tad gan R_{tf}^{mix} vērtību biežuma sadalījuma grafiki, gan rezultātu kopu parametri novietojas starp R_{tf}^{gbase} un R_{tf}^{bio} attiecīgajiem parametriem. Turklāt, pieaugot q_{bio} vērtībai, gan grafiki, gan minētās vērtības pārvietojas R_{tf}^{bio} virzienā.
2. Asimetrijas koeficients (*skewness*), kas raksturo vērtību sadalījuma simetriju, visos gadījumos ir pozitīvs. Tas nozīmē, ka grafikiem ir izstiepts labais zars, savukārt kreisais – aprauts. Šādu raksturu R_{tf} rezultātu sadalījumi ir ieguvuši līmeņatzīmju algoritmā ieviesto ierobežojumu, kas skaidroti 1.2. apakšnodaļā, dēļ. Pieaugot q_{bio} vērtībai, nedaudz pieaug arī asimetrijas koeficients. Šo tendenci var skaidrot ar vērtību lielāku izkliedi, pieaugot q_{bio} , ko apliecina arī standartnovirzes un ekscesa koeficienta izmaiņu tendence.
3. Ekscesa koeficients (*kurtosis*) visos scenārijos ir pozitīvs, kas nozīmē, ka grafiki ir stāvāki, salīdzinot ar ideālu normālo sadalījumu, taču pieņemamās robežās (nepārsniedz 2).

2.4. Siltumenerģijas pārvades un sadales tarifu novērtēšana

Lietojot siltumenerģijas ražošanas tarifu līmeņatzīmju modeli, regulēšanas vienkāršošana skartu vismaz 70–80 % no siltumapgādes kopējā tarifa. Atlikušos 30–20 % no kopējā tarifa veido siltumenerģijas pārvades un sadales tarifs, kas ir nozīmīga sastāvdaļa, tādēļ apsverams, vai un kā varētu vienkāršot arī šī tarifa regulēšanu.

Veicot CSA sistēmu pārvades un sadales tīkla izmaksu modelēšanu un pētījumus, secināts, ka siltumenerģijas ražošanas tehnoloģiskajam un ekonomiskajam procesam ir būtiskas atšķirības no siltumenerģijas pārvades un sadales procesiem, kas raksturotas 2.3. tabulā.

2.3. tabula

Siltumapgādes procesu salīdzinājums

Ražošana	Pārvade un sadale
Novērojami konkurences elementi, lielās sistēmās var tuvināties tirgus principiem	Lai arī lokāls, bet dabīgs monopols
Dinamiska biznesa vide, investīcijas ienāk strauji	Biznesa vide samērā nemainīga ilgākā laikā
Tehnoloģiju ekonomiskais dzīves cikls 10–15 gadi	Tehnoloģiju ekonomiskais dzīves cikls 30–40 gadi
Ļoti plašs jaudu un tehnoloģiju diapazons, bet faktiski tehnoloģijas iedalāmas lielās nosacītās grupās pēc kurināmā veida	Katra konkrētā sistēma ir unikāla pēc konfigurācijas, bet vienlaikus sistēmas ir homogēnas un precīzi aprakstāmas ar ģeometriskiem parametriem (cauruļvadu garumi un diametri)
Visas izmaksu grupas ir pakārtotas kurināmā veida izvēlei	Visas izmaksu grupas ir pakārtotas ģeometriskiem parametriem
Viens tehniskais rādītājs – lietderības koeficients – ietekmē 60–85 % no ražošanas tarifa izmaksām	Nav viena rādītāja ar tik lielu un izteiktu ietekmi uz tarifu. Lietderības koeficientam analogs tehniskais rādītājs – īpatnējie zudumi – ietekmē līdz 30 % no pārvades un sadales tarifa izmaksām
Analīzei un modelēšanai ir pietiekami lietot vienkāršus matemātiskos rīkus	Analīzei un modelēšanai jālieto komplicētas matemātiskās metodes

Ņemot vērā minētās būtiskās atšķirības, secināts, ka siltumenerģijas ražošanai pietiekami adekvātais risinājums ar bezdimensiju rādītāju R_g nav piemērots siltumenerģijas pārvades un sadales sistēmu izmaksu analīzei un modelēšanai. Tādēļ sakarību meklēšanai starp siltumtīklus raksturojošiem parametriem un pārvades un sadales izmaksām kā rīks tika izmantota R programmēšanas vide un t. s. *black box*¹⁴ modelēšanas pieeja. Rezultātā tika atrastas sakarības siltumenerģijas pārvades un sadales kopējo izmaksu noteikšanai gan lineārā, gan nelineārā formā (2.5. un 2.6. formula), izmantojot tikai divus ievadparametrus.

¹⁴ Pieeja procesu un sistēmu modelēšanai, kad tiek meklētas sakarības starp zināmiem ievadparametriem (šajā gadījumā – siltumtīklu tehniskajiem un darbības rādītājiem) un zināmiem izejas parametriem (šajā gadījumā – siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksām), nepētot un neaprašot pētāmās sistēmas iekšējos aspektus un sakarības.

$$C_{TOT} = -176,71 + 2304 \times L + 0,99 \times D_{max}, \quad (2.5.)$$

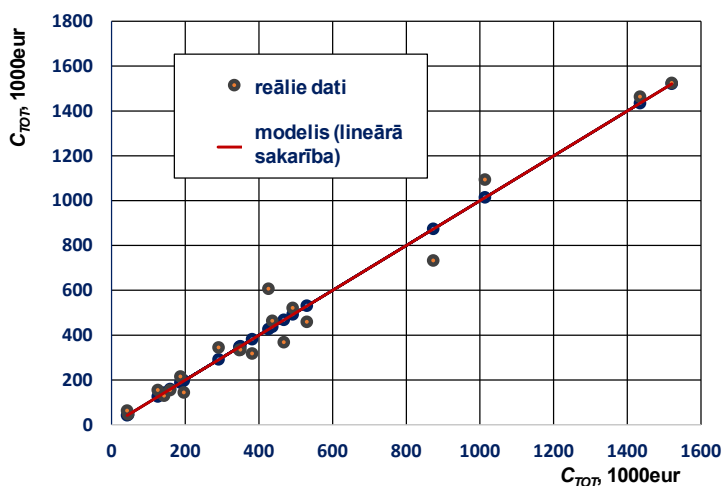
$$C_{TOT} = 25,41 + 22,99 \times L + 5,77 \times 10^{-9} \times D_{max}^4, \quad (2.6.)$$

kur C_{TOT} – siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksas, 1000 EUR gadā;

L – siltumtīklu sistēmas kopējais garums, m;

D_{max} – siltumtīklu sistēmā sastopamais lielākais cauruļvadu diametrs, mm.

Iegūtie rezultāti redzami 2.4. attēlā, attēlojot sakarību starp konkrētu CSA uzņēmumu faktiskajām kopējām siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksām (atspoguļo punkti) un ar iegūtajām sakarībām aprēķinātajām (grafikā līnija atspoguļo ar lineāro sakarību iegūtos rezultātus).



2.4. att. Siltumenerģijas pārvades un sadales kopējo izmaksu modelēšanas rezultāti.

Neraugoties uz to, ka šajās sakarībās kā ievadlielumi tiek izmantoti tikai divi parametri, 2.4. tabulā parādītie abas sakarības raksturojošie rādītāji liecina ne tikai to, ka atrastās sakarības starp modelētajām un faktiskajām mērķa rādītāja vērtībām ir ļoti stingras, bet arī to, ka abiem ievadlielumiem ir izšķirīga ietekme uz rezultātiem.

2.4. tabula

Siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksu modelēšanas sakarību raksturojums

Sakarības veids	R^2	P vērtība
Lineārā regresija	0,9636	$5,9 \times 10^{-13}$
Nelineārā regresija	0,9747	$7,9 \times 10^{-16}$

Tādējādi adekvātus modelēšanas rezultātus var iegūt, izmantojot nelielu ievadparametru skaitu, ja vien tiem ir būtiska ietekme. Attiecīgi siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksu un tarifu modelēšana un līmeņatzīmju noteikšana ir iespējama, turklāt to varētu balstīt nelielā skaitā pašu būtiskāko parametru. Šo pieeju varētu attīstīt tālāk, tiecoties pēc vēl augstākas

precizitātes, ja siltumenerģijas pārvades un sadales tarifu aplūko kā tā nozīmīgāko komponentu summu. Vispārīgā gadījumā siltumenerģijas pārvades un sadales tarifu var iedalīt trīs galvenajās komponentēs.

$$T^{td} = (C^{hl} + C^{O\&M}_{nw} + C^c_{nw}) / Q^{ec}, \quad (2.7.)$$

kur T^{td} – siltumenerģijas pārvades un sadales tarifs, EUR/MWh;

Q^{ec} – gala lietotājiem piegādātais siltumenerģijas apjoms, MWh;

$C^{O\&M}_{nw}$ – siltumtīklu sistēmas ekspluatācijas izmaksas, EUR;

C^c_{nw} – siltumtīklu sistēmas kapitāla izmaksas, EUR;

C^{hl} – siltumenerģijas zudumu izmaksas, EUR, ko aprēķina pēc 2.8. formulas.

$$C^{hl} = Q^{hl} \times T^{pr}, \quad (2.8.)$$

kur Q^{hl} – siltumenerģijas zudumi tīklos, MWh;

T^{pr} – siltumenerģijas ražošanas tarifs, EUR/MWh.

Šādā tuvinājumā var pieņemt, ka siltumenerģijas zudumu komponente reprezentēs siltumenerģijas pārvades un sadales mainīgās izmaksas, savukārt siltumtīklu sistēmas darbības un kapitāla izmaksas var atzīt par fiksētām.

No siltumtīklu izmaksu modelēšanas pētījumu un siltumapgādes faktisko tarifu struktūras analīzēm izriet, ka siltumenerģijas zudumu izmaksas parasti veido ap 25–45 % no kopējām siltumenerģijas pārvades un sadales izmaksām. Savukārt no 2.8. formulas, ka šo lielumu vienlīdzīgi nosaka siltumenerģijas ražošanas tarifs un siltumenerģijas zudumi tīklos. Zudumus tīklos praksē ierasts raksturot ar relatīvo rādītāju q_{hl} , kas parāda, cik % no sistēmā ievadītās siltumenerģijas tiek zaudēta tīklos. Mūsdienīgās CSA sistēmās relatīvie zudumi tīklos blīvas apbūves rajonos nepārsniedz 5–8 %, savukārt rajonos ar zemu slodzes blīvumu var sasniegt 15–25 %. Sistēmās, kas aptver dažāda blīvuma teritorijas, tie parasti ir 9–10 %. Galvenie faktori, kas nosaka šo lielumu, ir siltumtīklu tehniskais stāvoklis un noslodze. Tādējādi, līdzīgi kā siltumenerģijas ražošanā siltumavota lietderības koeficients, tā siltumenerģijas pārvadē un sadalē relatīvie zudumi varētu būt nozīmīgākais pašas tehnoloģijas un tās izmantošanas efektivitāti raksturojošais rādītājs. Analogi kā siltumenerģijas ražošanas lietderības koeficientam, Regulators varētu noteikt adekvātu šī rādītāja atsauces lielumu, kas kombinācijā ar siltumenerģijas ražošanas līmeņatzīmi faktiski ļautu nonākt pie siltumenerģijas pārvades un sadales mainīgo izmaksu līmeņatzīmes.

Tādējādi var prezumēt, ka, ja ar siltumenerģijas ražošanas tarifu līmeņatzīmju modeli tiek atvieglota regulēšana 70–80 % no kopējā tarifa, tad, tiešā veidā šo pieeju paplašinot uz siltumenerģijas pārvades un sadales mainīgajām izmaksām, atvieglotās regulēšanas tvērums nosegtu jau līdz 85–95 % no siltumapgādes kopējā tarifa.

Attiecībā uz atlikušo tarifa daļu – siltumenerģijas pārvades un sadales fiksētajām izmaksām – Regulators varētu izmantot šajā nodaļā minētajos siltumtīklu parametru modelēšanas pētījumos secināto par pietiekami adekvātu rezultātu iegūšanu, izmantojot nelielu skaitu, bet izšķirīgi nozīmīgu parametru. Turklāt Regulatora priekšrocība ir pilna informācija par visām

regulējamajām siltumtīklu sistēmām¹⁵, savukārt šajā nodaļā minētajai analīzei tika izmantota Latvijas Siltumapgādes uzņēmumu asociācijas atsaucīgāko biedru brīvprātīga dalība aptaujā, kas rezultējās ar datiem par 21 CSA pārvades un sadales sistēmu.

2.5. Līmeņatzīmju modeļa praktiskās lietošanas pamatprincipi

Tarifu līmeņatzīmju modeļa praktiskās lietošanas pamatprincipu definēšanai tika definēti divi pieņēmumi.

1. Regulators turpina veikt CSA uzņēmumu uzraudzības funkciju un saņemt ikgadējās visu enerģētikas nozares komersantu darbības rādītāju atskaites, kas ietver gan tehniskos, gan finanšu datus. Tādējādi Regulatora rīcībā nonāk precīzi dati par visu siltumenerģijas tarifa noteikšanai nepieciešamo parametru reālajām vērtībām vienā un tajā pašā pārskata periodā no visiem regulējamajiem komersantiem, tostarp ne tikai visu CSA uzņēmumu reālie dati, bet arī to parametru, kas raksturo CSA nozīmīgāko ārējo resursu (dabasgāze, biomasas, elektrība) cenu veidošanos, faktiskās vērtības.
2. Tiek saglabāts nosacījums, ka siltumapgādes ražošanas tarifa aprēķins ir konsekventi jāveic pēc noteiktas metodikas. Šīs metodikas algoritma formulas ir iebūvētas līmeņatzīmju modelī. Arī siltumapgādes komersantu ikgadējo atskaišu formāts atbilst tarifu aprēķina metodikai.

Līmeņatzīmju modeļa praktiskai lietošanai Regulatoram būtu jāveic vairākas aktivitātes.

1. Izmantojot CSA uzņēmumu atskaitēs ietvertu informāciju, Regulators izveido un uztur siltumenerģijas ražošanas izmaksu aprēķināšanai nepieciešamo parametru datubāzi.
2. Datubāzē uzkrātajām parametru reālo vērtību kopām ar vienkāršām aprakstošās statistikas analīzes metodēm aprēķina šo kopu raksturojošos rādītājus (vidējā vērtība, standartnovirze), kas tālāk tiek izmantoti kā ievadlielumi šo parametru *MCs*, lai iegūtu, piemēram, 1000 vērtību variācijas, kas, kā secināts 2.2. apakšnodaļā, ir pilnīgi pietiekami, lai atzītu, ka iegūtais vērtību sadalījums ir adekvāts atspoguļojums reālam tirgum tuviem apstākļiem.
3. Atbilstoši 1.2. apakšnodaļā aprakstītajām formulām aprēķina siltumenerģijas ražošanas tarifa rezultātu kopas.
4. Regulators izvēlas siltumenerģijas ražošanas lietderības koeficientus *BAT* siltumavotiem, kas izmanto dabasgāzi, un *BAT* siltumavotiem, kas izmanto biomasu, un aprēķina siltumenerģijas ražošanas tarifa raksturojošā bezdimensijas rādītāja R_{tf} rezultātu kopas un šo rezultātu varbūtības sadalījumu. Apsvērumi un ieteicamā pieeja *BAT* lietderības koeficientu izvēlei izklāstīta 2.6. apakšnodaļā.

Rezultātā Regulators ar *MCs* ir ieguvusi reālajos datos balstītu ainu, kas pietiekami adekvāti atspoguļo situāciju, kāda izveidotos tirgū, ja 1000 uzņēmumi ražotu siltumenerģiju no

¹⁵ Latvijā vairāk nekā 60.

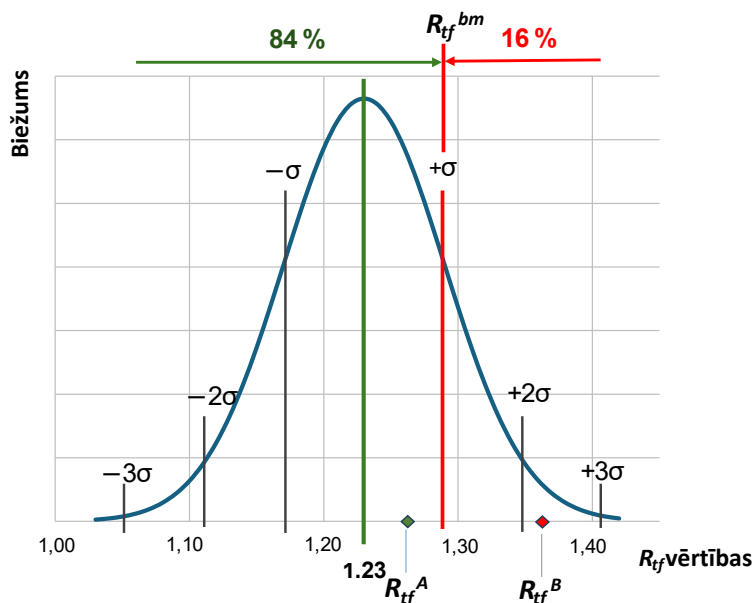
dabasgāzes vai biomasas un savas izmaksas uzskaitītu un aprēķinātu pēc vienotiem principiem. Katra komersanta reālie dati nav izšķiroši, taču tie ietekmē kopējo datu kopu un veido tendences līdzīgi tam, kā tas būtu noticis reālā tirgū.

Tālāk Regulators izvēlas un nosaka R_{tf} vērtību biežuma varbūtību sadalījumam līmeņatzīmi R_{tf}^{bm} . Šī izvēlēta līmeņatzīme faktiski būtu rezultējošais Regulatora lēmums, jo noteiktu robežšķirtni, līdz kurai Regulators konkrēta komersanta tarifu raksturojošo rādītāju R_{tf} atzītu par atbilstošu situācijai tirgū, bet kuras pārsniegšanas gadījumā Regulatoram būtu jāaktivizējas intervencei.

CSA komersanta rīcība un pienākumi, ja tiek lietots piedāvātais regulēšanas modelis

1. Komersanti siltumenerģijas ražošanas izmaksas strukturē un uzskaita atbilstoši Regulatora noteiktai metodikai un noteiktajos termiņos iesniedz Regulatoram savas darbības rādītāju atskaiti atbilstoši noteiktai formai.
2. Saražotās siltumenerģijas tarifu (pārdošanas cenu) komersanti nosaka paši, aprēķinot to atbilstoši Regulatora noteiktajai metodikai.
3. Savu noteikto tarifu un faktisko izmantotā kurināmā struktūras rādītāju q_{bio} komersanti iesniedz Regulatoram.

Tālāk Regulators veic komersantu iesniegto tarifu pārbaudi attiecībā pret noteikto līmeņatzīmi. Tarifu novērtēšana pret noteikto līmeņatzīmi shematiski redzama 2.5. attēlā.



2.5. att. Konkrētu komersantu tarifu novērtēšana attiecībā pret līmeņatzīmi.

Ja konkrētais komersants izmanto jauktu kurināmā struktūru, tad Regulators vispirms no R_{tf}^{gas} un R_{tf}^{bio} datu kopām aprēķina konkrētā komersanta faktiskajam kurināmā struktūras rādītājam q_{bio} atbilstošu R_{tf}^{mix} datu kopu pēc 2.3. apakšnodaļā piedāvātajiem principiem. No

konkrētā komersanta (piemēram, komersanta A) noteiktā tarifa Regulators aprēķina tam atbilstošo R_{tf}^A un salīdzina ar R_{tf}^{bm} .

Tarifu novērtēšanas shematiskajā ilustrācijā (2.5. att.) redzama divu CSA uzņēmumu (komersanti A un B) tarifiem atbilstošās R_{tf} vērtības attiecībā pret visas R_{tf} vērtību kopas biežumu varbūtību sadalījumu un līmeņatzīmi R_{tf}^{bm} :

- ja $R_{tf} \leq R_{tf}^{bm}$ (2.5. att. komersanta A tarifam), tad Regulators secina, ka konkrētā komersanta siltumenerģijas ražošanas tarifs atbilst situācijai tirgū, komersanta darbība ir pietiekami efektīva un peļņa saprātīga;
- ja $R_{tf} > R_{tf}^{bm}$ (2.5. att. komersanta B tarifam), tad Regulators secina, ka konkrētais gadījums neiekļaujas optimālai darbībai atbilstošā ietvarā un nepieciešama Regulatora iejaukšanās.

2.6. Līmeņatzīmju modelis kā Regulatora instruments enerģētikas politikas īstenošanai

Izveidojot un lietojot siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju modeli, būtu iespējams principiāli mainīt regulēšanas režīmu – atteikties no skrupulozas *ex ante* regulēšanas un Regulatora darbību fokusēt uz CSA uzņēmumu uzraudzību un efektivitātes stimulēšanu. Piedāvātā līmeņatzīmju noteikšanas algoritma lietošana arī krasi vienkāršotu un paātrinātu regulēšanas procedūru, jo, izmantojot piedāvāto pieeju, Regulatoram vairs nebūtu skrupulozi jāpārbauda katra CSA uzņēmuma tarifu projektu detalizētie aprēķini un liels pamatojošo dokumentu apjoms, kas atbrīvotu gan CSA uzņēmumu, gan Regulatora resursus nozīmīgāku jautājumu risināšanai.

Regulators kā enerģētikas politikas īstenoātājs līmeņatzīmju modeli varētu lietot motivējošās regulēšanas nodrošināšanai, jo modeļa algoritmos iebūvētie mehānismi sniedz Regulatoram instrumentus virzīt CSA uzņēmumus uz efektivitātes paaugstināšanu.

Nosakot atsevišķus līmeņatzīmju aprēķinam nepieciešamos robežlielumus atbilstoši **labās prakses** rādītājiem, kā arī pieļaujamās novirzes no ar modeli iegūtajiem rezultātiem, Regulators var panākt, no vienas puses, efektivitāti stimulējošas, bet, no otras puses, reāli sasniedzamas līmeņatzīmes. Turklāt, sekojot tehnoloģiju attīstībai, Regulators pakāpeniski tās var mainīt, tā stimulējot CSA uzņēmumu tuvināšanos **labās prakses** piemēriem.

Izmantojot piedāvāto līmeņatzīmju modeli, Regulatoram pieejami četri rīki vai aktivitātes motivējošās regulēšanas īstenošanai.

1. **MCs nepieciešamo ievaddatu atjaunināšana** atbilstoši reālo CSA uzņēmumu darbības rādītāju paaugstināšanās tendencēm. Regulatoram ar noteiktu regularitāti būtu jāatjauno *MC* simulācijai izmantotie dati un jāveic līmeņatzīmju pārrēķini, tostarp Regulators atsevišķu parametru vērtības lietot kā specifisku stimulējošu instrumentu (piemēram, iepriekšminēto uzstādītās jauda izmantošanas rādītāja standartnovirzi $t_{(\sigma)}$). Tādējādi tiktu nodrošināts, ka līmeņatzīmju modelis vienmēr ir aktuāls un adekvāti atspoguļo nozarē notiekošās tendences. Praisē šo procesu būtu lietderīgi pieskaņot regulējamo uzņēmumu iesniedzamo atskaišu periodiskumam.

2. **Jaunu siltumenerģijas ražošanas tehnoloģiju iekļaušana līmeņatzīmju modelī.** Līmeņatzīmju noteikšanas algoritma modeļa veidošana tika balstīta reālo datu analizē. Tādēļ modelī detalizēti ir izstrādāta siltumenerģijas ražošanas izmaksu veidošanās, ja tiek izmantoti Latvijas siltumapgādē dominējošie enerģijas resursi – dabasgāze vai biomasas. Vienlaikus strauji attīstās jaunas siltumenerģijas ražošanas tehnoloģijas, kurām, visdrīzāk, būs izšķirošs ieguldījums CSA konversijai uz klimatneitrāliem risinājumiem. Attiecīgi, izmantojot jauktas kurināmā struktūras gadījumiem paredzēto algoritmu, līmeņatzīmju modeli var papildināt ar jauniem aprēķinu moduļiem, kas simulēs jauno siltumenerģijas ražošanas tehnoloģiju izmantošanu.
3. **Enerģijas ražošanas efektivitātes rādītājs *BAT* siltumavotā.** Regulatoram ir jāseko nozares tehnoloģiskās attīstības tendencēm un, ja nepieciešams, jāatjaunina līmeņatzīmju modelī lietotie *BAT* siltumavotu efektivitātes rādītāji.
4. **Līmeņatzīmes R_f^{bm} definēšana.** Šis lielums ir izšķirošais un apkopojošais motivējošās regulācijas instruments. Tas ir atkarīgs no visiem līmeņatzīmju modelī ievadītajiem datiem un apkopo trīs iepriekšējo instrumentu ietekmi. No otras puses, šī lieluma vērtības definēšana ir Regulatora kā nozares politikas īstenošanas viedokļa visaptverošs formulējums par siltumenerģijas ražošanas efektivitāti.

No šo regulēšanas instrumentu raksturojuma secināms, ka, lietojot līmeņatzīmju modeli, Regulatora izšķirošās izvēles ir par *BAT* efektivitātes rādītāju un R_f^{bm} definēšanu. Abi šie lielumi nav definējami eksakti, bet faktiski ar tiem Regulatoram būtu jāimitē **tirgus spēku rīcība**.

Absolūti konkurējošā tirgū, kas gan ir tikai teorētiska konstrukcija, visu uzņēmumu tarifus raksturojošās R_f vērtības tiekotas uz vienu R_f vērtību – 2.5. attēlā attēlotajā grafikā tā būtu R_f sadalījuma vidējā vērtība. Taču reālā tirgū pastāv samērā liela dažādība. Tajā savstarpēji konkurē gan kurināmā, gan tehnoloģiju, gan citu CSA uzņēmumiem nepieciešamo preču un pakalpojumu piegādātāji. Tādējādi tirgū pastāv gan piegādātāju, gan pircēju spēki, kas savstarpēji mijiedarbojas, kā arī tirgu ietekmē daudzi citi mainīgi faktori (patērētāju uzvedība un paradumi, vispārējie komercdarbības regulējumi, nozares politika, valsts un pašvaldību nodokļi un nodevas utt.). Tādēļ arī reālajā tirgū tarifus raksturojošam rādītājam veidotos sadalījums līdzīgi tam, kāds ir iegūts līmeņatzīmju modelī.

Reālā konkurējošā tirgū būtu **jāizdzīvo** spēcīgākajiem un efektīvākajiem tā dalībniekiem, jo arī **tirgus spēki nosacīti vilktu līmeņatzīmes līniju**. Realitātē, protams, nepastāv šāda viena līmeņatzīmes līnija, bet efektīvākie tirgū esošie dalībnieki vai jaunienācēji cenšas izspiest no tirgus mazāk efektīvos. Ar līmeņatzīmju modeli iegūtajā R_f sadalījuma grafikā (2.5. att.), visdrīzāk, tos reprezentētu grafika labais zars tālāk par 1–1,5 standartnovirzi no sadalījuma vidējās vērtības, t. i., 9–16 % neefektīvākie uzņēmumi no to kopējā skaita.

Analoģiski, Regulatoram imitējot **tirgus spēkus**, spiediens kļūt efektīvākiem būtu jāizdara uz tie šī diapazona CSA uzņēmumiem. Novelkot R_f^{bm} vienas standartnovirzes attālumā, Regulators faktiski būtu nolēmis, ka aptuveni 84 % no CSA uzņēmumu tarifiem tiktu atzīti par atbilstošiem, un Regulators varētu dot atļauju tos lietot bez skrupulozas pārbaudes. Taču, lai

stimulētu efektivitātes paaugstināšanu, Regulators šī diapazona robežas var pakāpeniski mērķtiecīgi pārvirzīt.

Regulatoram izmantojot līmeņatzīmju modeļa piedāvātos instrumentus, būtu jārikojas līdzsvaroti gan attiecībā uz efektivitātes paaugstināšanu jau izmantojamām tehnoloģijām, gan jaunu inovatīvu risinājumu ieviešanu.

Attiecībā uz jau aprobētu un plaši lietotu tehnoloģiju efektivitātes paaugstināšanu motivējošā regulēšana darbotos samērā vienkārši. Regulāri atjauninot līmeņatzīmju aprēķina algoritmā ievadāmos datus, algoritmā pakāpeniski iekļausies gan jaunākie aktuālie tehnoloģiju darbības rādītāji, gan tirgus situācijai atbilstošas investīciju un ekspluatācijas izmaksas. Attiecīgi līmeņatzīmju modelis sekotu nozares reālajiem attīstības procesiem un simulētās vērtības iekļautu gan tehnoloģiju attīstības, gan cenu indeksu izmaiņu ietekmi.

Komplicētākais jautājums CSA uzņēmumu motivēšana jaunāku efektīvu tehnoloģiju ieviešanai ir, kā līdzsvarot efektivitātes prasības ar uzņēmumu spēju atpelnīt šo tehnoloģiju ieviešanā ieguldītās investīcijas un kā simulēt apstākļus, kādos brīvā tirgū strādājošs uzņēmums pieņemtu lēmumus par investīcijām un inovācijām.

Savukārt pārregulētā komercdarbībā, kāda novērojama siltumapgādes regulēšanā Latvijā, nav sagaidāma komersantu patiesa iniciatīva inovēt un meklēt efektivitātes risinājumus. Pārregulēta vide rada stacionāru, reaktīvu un sevi atkārtjošu ekonomisko procesu, kas faktiski nodrošina tikai esošo aktīvu atražošanu ar ļoti ierobežotu atdeves likmi, kas nereti nenosedz pat patiesās finansēšanas izmaksas.

Tādēļ motivējošajai regulēšanai būtu jānodrošina, ka tie uzņēmumi, kas pirmie investē jaunā efektīvā tehnoloģijā, līdz ar to vienlaikus uzņemoties jaunas kapitālizmaksas, iegūtu priekšrocības pietiekami ātri atgūt ieguldījumus un arī gūt pamatotu peļņu kā adekvātu atalgojumu par ieguldījumiem inovācijās un riska uzņemšanos. To varētu panākt, ja jaunu tehnoloģiju līmeņatzīmju moduli vai arī krasu tradicionālas tehnoloģijas efektivitātes paaugstināšanas rādītāju neiekļautu līmeņatzīmju modelī, tiklīdz ir iegūti un uzkrāti dati par tiem, bet – ar zināmu laika nobīdi.

Līdzīgs process dabīgi norit konkurējošos tirgos. Pirmie inovāciju ieviesēji zināmu laiku var sasniegt ievērojamus peļņas rādītājus, līdz pamazām šo tehnoloģiju pārņem arī konkurenti, un to spiediena rezultātā cenas un arī pirmā ieviesēja peļņa samazinās.

Attiecīgi, lietojot līmeņatzīmju modeli, jaunās tehnoloģijas kā jauns aprēķina modulis algoritmā jāiekļauj tad, kad to lietojums un izplatība jau kļūst plašāka. No tā brīža līmeņatzīmju modelī simulētie tarifi raksturojošie rādītāji jau atspoguļos arī jaunās tehnoloģijas ietekmi, kā rezultātā CSA uzņēmumiem sava produkta cenas pakāpeniski būs jāmazina, kas faktiski nozīmēs, ka ieguvumi no jaunās tehnoloģijas sāks pārdalīties par labu arī patērētājiem.

Lai arī piedāvātā līmeņatzīmju modeļa metode būtībā nav sarežģīta, no praktiskā lietojuma viedokļa tā prasa darbu ar lieliem datu masīviem. Pirmsšķietami tas varētu pretrunā ar vienu no sākotnēji definētajām prasībām iecerētajam regulēšanas modelim – Regulatora resursu patēriņa samazinājumu. Taču, no otras puses, tad, kad līmeņatzīmju algoritms ir izveidots, tālākie datu apstrādes procesi ir sadalāmi vienkāršās daudzkārt atkārtojamās procedūrās. Līdz ar to praksē gan datu iegūšana no CSA uzņēmumiem, gan to apstrāde būtu pilnībā jānodrošina ar mūsdienīgiem informāciju tehnoloģiju risinājumiem. Turklāt var prezumēt, ka datu apstrāde,

simulācijas, R_{Tf} aprēķini un Regulatora lēmumiem nepieciešamās analīzes būtu jāuztic mākslīgā intelekta rīkiem.

Savukārt Regulatora radošā ekspertīze, kompetence, pieredze būtu jāizmanto pašas līmeņatzīmes izvēlei un tālāk iezīmētajiem lēmumiem par rīcību attiecībā uz tiem CSA uzņēmumiem, kas pārsniedz līmeņatzīmi.

Gadījumos, kad konkrēta CSA uzņēmuma lietotais tarifs neizturētu līmeņatzīmes algoritmos iebūvēto testu, Regulators secina, ka ar šādu tarifu konkrētais uzņēmums ir guvis tirgus situācijai nepamatotus ienākumus, un uzdod samazināt tarifu, kas ne tikai izpildītu līmeņatzīmes testu, bet arī kompensētu iepriekšējā periodā gūto ienākumu pārsniegumu.

Tālākā rīcība varētu būt divējāda – vai nu CSA uzņēmums piekrīt pārskatīt savu tarifu, atrast iespējas to samazināt un iesniegt atkārtotam testam, vai arī iesniedz Regulatoram pilnu tarifa aprēķinu skrupulozai pārbaudei, kas tiek veikta pēc pilnās tarifa pārbaudes procedūras. Izskatot pilno tarifa projektu, Regulatora lēmumi varētu būt trīs veidu.

1. Regulators pārliecinās, ka konkrētais CSA uzņēmums šobrīd nespēj nodrošināt siltumapgādi par līmeņatzīmēm atbilstošu tarifu, bet vienlaikus secina, ka zināmā laika posmā ir iespējams veikt uzlabojumus un panākt tarifa atbilstību. Šādā gadījumā var apstiprināt terminētu tarifu, norādot pārejas periodu atbilstības sasniegšanai.
2. Regulators pārliecinās, ka konkrētajam CSA uzņēmumam pastāv objektīvi un ārpus uzņēmuma kontroles esoši apstākļi, kādēļ tam nav iespējams nodrošināt siltumapgādi par līmeņatzīmēm atbilstošu tarifu, un apstiprina tarifu.
3. Trešais varētu būt galējais gadījums, kad Regulators secina, ka konkrētajā vietā CSA sistēmas saglabāšanai nav ekonomiska pamata (piemēram, CSA sistēmas ar kritiski zemiem noslodzes rādītājiem mazās apdzīvotās vietās ar izteiktu depopulācijas tendenci). Šādos gadījumos Regulatoram būtu jāsniedz drastiska rekomendācija – veikt plānveidīgu CSA sistēmas decentralizāciju un lokālo siltumavotu izbūvi.

Noslēgumā jāatzīmē, ka Regulatoram ir jāpievērš pienācīga uzmanība arī tiem gadījumiem, kad tarifu raksturojošais rādītājs R_{Tf} ir galēji novirzīts uz R_{Tf} sadalījuma grafika kreiso zaru. Šādi gadījumi var liecināt par risku, ka konkrētais uzņēmums kaut kādu apstākļu dēļ nespēj atgūt visas nepieciešamās izmaksas ilgtspējīgai siltumapgādes nodrošināšanai. Ņemot vērā to, ka Regulators ir atbildīgs ne tikai par patērētāju aizsardzību, bet arī pakalpojumu sniedzēju komercdarbības ilgtspēju un attīstību, Regulatoram jāveic arī šo situāciju cēloņu analīze un savas kompetences ietvaros, ja nepieciešams, jāsniedz uzņēmumam un tā īpašniekam rekomendācijas kritiskās situācijas novēršanai.

3. SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

Secinājumi

1. Apstākļos, kad visā Eiropas enerģētikas sektorā norit fundamentāla transformācija virzībā uz dekarbonizācijas mērķi, arī CSA regulēšanai ir jātransformējas un pēc iespējas jātuvinās tirgus principiem, lai ne tikai stimulētu CSA uzņēmumus paaugstināt darbības efektivitāti, bet arī virzītu tos investēšanai klimatneitralitātes sasniegšanai nozīmīgās tehnoloģijās, vienlaikus pielāgojoties patērētāju jaunajām prasībām.
2. No regulēšanas teoriju, metožu un prakšu analīzes izriet secinājums, ka nav definējama ideālā pieeja regulēšanai un atrodama universāla un ideāla cenu un tarifu regulēšanas metode. Gan pilnīgi liberalizētam siltumapgādes tirgum, gan arī stingrai siltumapgādes nozares regulācijai ir daudz trūkumu. Tādēļ ir jāmeklē optimāls vidusceļš starp šīm divām alternatīvām, pieeju regulēšanas režīmam pakārtojot noteiktiem mērķiem.
3. Promocijas darba gaitā izstrādātā CSA tarifu līmeņatzīmju metode, kuras pamatā ir virtuālu CSA tirgus apstākļu imitēšana, izmantojot Montekarlo imitācijas modeli, tiek piedāvāta kā optimāls kompromiss starp CSA nozares **pārregulēšanu** un pilnīgu liberalizāciju.
4. No tarifu līmeņatzīmju modeļa izveidei veikto reālo CSA uzņēmumu datu analīžu rezultātiem tika secināts, ka:
 - līmeņatzīmju modeļa izveidi nevar balstīt tikai empīriski iegūtajos regresijas vienādojumos un tarifu noteikšanā nevar lietot vienkāršotu pieeju, piemēram, mēģinot atrast vienu tarifu griestu līmeņatzīmi, kas izteikta ar absolūto vērtību un uz ko būtu jātiecas visiem CSA uzņēmumiem, vai arī dažas atšķirīgas līmeņatzīmes raksturīgākajām CSA uzņēmumu vai sistēmu grupām;
 - reālo uzņēmumu datu apstrāde ar komplicētākiem statistiskās analīzes testiem pierāda, ka gan tarifa vērtību, gan nozīmīgāko to aprēķina elementu vērtību izlasēm, kas veidotas pēc izmantotā kurināmā veida pazīmes, ir statistiski nozīmīgas atšķirības, kā arī to, ka šo vērtību empīriskais sadalījums ar augstu ticamību atbilst normālajam sadalījumam. Tādēļ līmeņatzīmju noteikšanai aprēķinu moduļi *MCs* veikšanai jāveido atsevišķi katram izmantojamā kurināmā veidam.
5. Tarifu līmeņatzīmju modeļa galvenais elements ir bezdimensiju lielums R_{fj} , kas raksturo noteikta CSA uzņēmuma siltumenerģijas ražošanas tarifa attiecību pret efektīvas siltumenerģijas ražošanas etalonu – kurināmā izmaksu komponenti *BAT* siltumavotā. Ar *MCs* ģenerēto R_{fj} vērtību biežumu sadalījums imitē situāciju, kāda veidotos nosacītā CSA tirgū konkurences apstākļos.
6. Iegūto rezultātu novērtējums ļauj secināt, ka tie ir pietiekami adekvāti:
 - rezultātu robežklūdas novērtējums liecina, ka visos aprēķina variantos tā ir mazāka par 1 %, tādējādi ar *MCs* ģenerētos rezultātus var pieņemt kā adekvāti raksturojošus reālos apstākļus;
 - dažādajos aprēķinu scenārijos iegūto rezultātu izlases raksturojošo rādītāju vērtības korekti atspoguļo siltumenerģijas ražošanas izmaksu veidošanās specifiku atkarībā no izmantoto kurināmo veidu struktūras. Jo augstāks īpatsvars siltumenerģijas ražošanas izmaksās ir kurināmā izmaksām, jo šaurāks ir R_{fj} vērtību diapazons un mazāka

standartnovirze. Izmantojot tikai dabasgāzi, mērenu cenu scenārijā R_{tf} vidējā vērtība ir 1,875, savukārt standartnovirze 0,126. Pieaugot biomasas īpatsvaram kurināmā struktūrā, pakāpeniski pieaug arī gan R_{tf} vidējā vērtība, gan šo vērtību izkliede līdz, izmantojot tikai biomasu, R_{tf} vidējā vērtība sasniedz 2,389, savukārt standartnovirze 0,305. Šī tendence atspoguļo realitāti, jo, siltumenerģijas ražošanai izmantojot biomasu, pieaug darbības un kapitāla izmaksu ietekme, un tā rezultātā siltumenerģijas tarifu vērtības vairāk izklidējas.

7. Promocijas darba gaitā izveidotais siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju modelis nav komplicēts, un tā lietošanai ir pietiekami ar ikdienā plaši pieejamiem IT risinājumiem. Tādējādi modeli nav sarežģīti papildināt ar lietotājiem ērtiem saskarnes risinājumiem un ieviest lietošanai praksē. Lietojot līmeņatzīmju modeli praksē, Regulators to varētu vienkārši kalibrēt līdz augstākai precizitātes pakāpei, jo Regulatoram ir pieejami visu regulējamo uzņēmumu visi reālie dati, kas izmantojami *MCs* ievadāmo lielumu noteikšanai.
8. Kopumā secināms, ka izveidotais līmeņatzīmju modelis, tā īpašības un lietojuma iespējas liecina, ka izpildās promocijas darba hipotēze, darba mērķis ir sasniegts un uzdevumi izpildīti.

Priekšlikumi

1. Piedāvātā siltumenerģijas tarifu līmeņatzīmju noteikšanas algoritma izveide un lietošana krasi vienkāršotu un paātrinātu regulēšanas procedūru. Regulatoram būtu iespējams principiāli mainīt regulēšanas režīmu – atteikties no skrupulozas *ex ante* regulēšanas un katra CSA uzņēmuma tarifu projekta detalizēto aprēķinu pārbaudes. Tas atbrīvotu gan CSA uzņēmumu, gan Regulatora resursus nozīmīgāku jautājumu risināšanai.
2. Regulators kā enerģētikas politikas īstenotājs līmeņatzīmju modeli varētu lietot motivējošās regulēšanas nodrošināšanai, jo līmeņatzīmju modeļa algoritmos iebūvētie mehānismi sniedz Regulatoram instrumentus virzīt CSA uzņēmumus uz efektivitātes paaugstināšanu. Nosakot atsevišķus līmeņatzīmju aprēķinam nepieciešamos robežlielumus atbilstoši **labās prakses** rādītājiem, kā arī pieļaujāmās novirzes no ar modeli iegūtajiem rezultātiem, Regulators var panākt, no vienas puses, efektivitāti stimulējošas, no otras puses, reāli sasniedzamas līmeņatzīmes. Turklāt, sekojot tehnoloģiju attīstībai, Regulators pakāpeniski tās var samazināt, tā stimulējot CSA uzņēmumu tuvināšanos labas prakses piemēriem.
3. Savukārt CSA uzņēmumiem tirgus apstākļus imitējošas CSA regulēšanas metodes ieviešana:
 - uzlabotu komercdarbības plānošanu ilgtermiņam;
 - paaugstinātu motivāciju uz komerciāliem principiem investēt efektivitātes paaugstināšanas un emisiju mazināšanas tehnoloģijās, piemēram, siltumsūkņi, zema potenciāla **atlikumsiltuma** izmantošana;
 - radītu priekšnoteikumus elastīgas sava pakalpojuma cenošanas un tarifu struktūras veidošanai, lai pielāgotos patērētāju jaunajām prasībām un **aktīvo patērētāju** integrācijai CSA sistēmās;

- sekmētu CSA sistēmu kā apjomīga un vadāma enerģijas uzkrāšanas elementa sagatavošanu sinerģijai ar elektroapgādes sistēmu tās elastības paaugstināšanai, kas būs izšķirošais faktors elektroapgādes transformēšanai un maksimāli efektīvai svārstīgo un nevadāmo AER ģenerācijas avotu integrēšanai.
4. Promocijas darbā izstrādātais algoritms un modelis paver arī tālākas pētniecības iespējas, jo to iespējams izmantot ne tikai praktiskai CSA regulēšanai, bet arī tarifu dinamikas pētīšanai dažādu ārējo faktoru izmaiņu ietekmē.



Uģis Sarma dzimis 1965. gadā Rīgā. Rīgas Tehniskajā universitātē ieguvis inženiera diplomu (1990) un maģistra grādu vides zinātnē (2005). Banku augstskolā ieguvis ekonomista diplomu (2003). Vairāk nekā 30 gadu strādā enerģētikas nozarē. Sākotnējā pieredze gūta enerģētikas konsultāciju uzņēmumā. No 2001. līdz 2009. gadam vadījis Ekonomikas ministrijas Enerģētikas departamentu. No 2010. līdz 2013. gadam strādājis Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijā, kur bijis atbildīgs par siltumapgādes un koģenerācijas regulēšanas jomu. Kopš 2013. gada strādā ar "Latvenergo" koncerna stratēģijas jautājumiem, ieņemot AS "Latvenergo" korporatīvās stratēģijas direktora amatu. Zinātniskās intereses saistītas ar enerģētikas sociālekonomiskajiem aspektiem.