



VPP

Valsts pētījumu
programma

LATVIJAS SILTUMAPGĀDES UN
DZESĒŠANAS SISTĒMU ATTĪSTĪBA
VPP-EM-EE-2018/1-0002



RTU
VASSI



DEVELOPMENT OF HEAT SUPPLY
AND COOLING SYSTEMS IN LATVIA
LATVIJAS SILTUMAPGĀDES UN
DZESĒŠANAS SISTĒMU ATTĪSTĪBA

ENERĢĒTIKA

Projekta Nr.: VPP-EM-EE-2018/1-0002

Līguma Nr.: 03000-3.1.2-e/165

Autori:

Dr.habil.sc. ing. Dagnija Blumberga

Dr.habil.sc.ing. Ivars Veidenbergs

Dr.sc.ing. Dace Lauka

Dr.sc.ing. Vladimirs Kirsanovs

PhD Ieva Pakere

PhD Armands Grāvelsiņš

M. geogr. Līga Sniega

M. sc. ing. Ilze Luksta

M.sc. ing. Zane Kušnere

M.sc. ing. Beate Zlaugotne

B. sc. Dāvis Alans Timofejevs

B. sc. Inga Pamovska

Pētījums tiek īstenots Valsts pētījumu programmas “Enerģētika” projekta ietvaros.

Rīgas Tehniskā universitāte, Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte, Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Ievads

Lai novērtētu dažādas centralizētās siltumapgādes un aukstumapgādes attīstības iespējas, izmantota sistēmdinamikas modelēšanas pieeja, kas ļauj ietvert dažādus dinamiskus un sociālus attīstības faktorus. Sistēmdinamikas modelī iekļauta individuālā un centralizētā siltumapgāde, kā arī modelis savienots ar citiem sektoriem, lai pilnvērtīgi prognozētu nākotnes attīstības tendences.

Sistēmdinamikas modelī iekļauti trīs dažādi regulācijas režīma scenāriji, analizējot iespēju aizliegt jauno fosilo siltumenerģijas ražošanas jaudu uzstādīšanu, vai ieviešot obligātu rūpniecisko siltuma pārpalikumu integrēšanu, ja tam ir ekonomisks pamatojums. Papildus ietverts scenārijs, kurā tiek kombinēti minētie politikas instrumenti un sniegts atbalsts siltumsūkņu integrēšanai, ka arī palielināti fosilie nodokļi.

Nodevuma "Centralizētās siltumapgādes sistēmas attīstības potenciāla noteikšanas metodikas izstrāde un siltuma un aukstuma tirgus regulācijas režīma novērtējums, izmantojot sistēmdinamikas modeli" pirmajā nodaļā sniegts vispārīgs ieskats par centralizētās siltumapgādes sistēmu attīstības perspektīvām, kā arī aprakstīta izveidotā sistēmdinamikas modeļa struktūra. Veikta sistēmdinamikas modeļa verifikācija, salīdzinot modelētos rezultātus ar pieejamajiem vēsturiskajiem siltumenerģijas ražošanas datiem.

Otrajā nodaļā detalizēti analizēti iegūtie sistēmdinamikas modeļa rezultāti, nosakot tādus būtiskus parametrus, kā sasniegtais atjaunojamo energoresursu īpatsvars, nepieciešamās investīcijas, vidējais siltumenerģijas ražošanas tarifs un kopējās nodokļu izmaksas.

Nodevuma noslēgumā sniegtas rekomendācijas tālākai siltumapgādes sistēmas attīstībai nacionālā līmenī. Iegūtie sistēmdinamikas modeļa rezultāti rāda, ka jaunu fosilo siltumenerģijas ražošanas jaudu uzstādīšanas ierobežojums CSA neietekmē pāreju uz plašāku AER tehnoloģiju izmantošanu, jo turpina darboties uzstādītās dabasgāzes iekārtas, bet jaunu iekārtu uzstādīšana nav ekonomiski pamatota. Līdz ar to, nepieciešams koncentrēties uz citiem politikas instrumentiem, kas veicinātu esošo fosilo iekārtu pakāpenisku nomaiņu.

2. NODAĻA

CENTRALIZĒTĀS SILTUMAPGĀDES SISTĒMAS ATTĪSTĪBAS POTENCIĀLA NOTEIKŠANAS METODIKAS IZSTRĀDE UN SILTUMA UN AUKSTUMA TIRGUS REGULĀCIJAS REŽĪMA NOVĒRTĒJUMS, IZMANTOJOT SISTĒMDINAMIKAS MODELI

Saturs

1.	Centralizētās siltumapgādes sistēmdinamikas modelis regulācijas režīmu modelēšanai	6
1.1.	Sistēmdinamikas modeļa problēmas formulēšana	7
1.2.	Sistēmdinamikas modeļa dinamiskās hipotēzes izstrādāšana	7
1.3.	Sistēmdinamikas modeļa formulēšana un simulēšana	7
1.3.1.	Enerģijas ražošanas modelēšana	8
1.3.2.	Siltuma pārpalikumu integrēšanas sistēmdinamikas modelēšana	11
1.4.	Modeļa verifikācija	14
1.5.	Politiku veidošana un testēšana	15
1.5.1.	Bāzes scenārijs- esošais siltumapgādes un aukstumapgādes regulējums	15
1.5.2.	Jaunu fosilo kurināmo siltumenerģijas ražošanas jaudu limitēšanā un fosilo nodokļu palielināšana	15
1.5.3.	Obligāta ekonomiski pamatotu siltuma pārpalikumu (SP) izmantošana un atbalsts siltumsūkņiem	16
1.5.4.	Kombinētais ierobežojumu un politikas instrumentu scenārijs	18
2.	Regulācijas režīmu rezultātu novērtējums	19
3.	Rekomendācijas	24
	Izmantotā literatūra	25

1. CENTRALIZĒTĀS SILTUMAPGĀDES SISTĒMDINAMIKAS MODELIS REGULĀCIJAS REŽĪMU MODELĒŠANAI

Pāreja uz atjaunojamo enerģiju centralizētajā siltumapgādē (CSA) ir ļoti svarīga, lai sasniegtu oglekļa neitralitāti. Pastāv daudz un dažādi iespējamie atbalsta pasākumi atjaunojamās enerģijas īpatsvara palielināšanai, tai skaitā CO₂ nodoklis, akcīzes nodoklis, atbalsts kapitālieguldījumiem, siltuma pārpalikumu integrācija, tarifu metodikas pilnveidošana, zaļie sertifikāti, pienākums investēt atjaunojamajos energoresursos (AER), siltumenerģijas tarifa etalons u.c. [1]. Vērtējot, kādi politikas instrumenti var stimulēt CSA attīstīšanu, uzturēšanu un pārveidi, piemēram, atbalsts jaunu tehnoloģiju iegādei vai "piesārņotājs maksā" principu ieviešana, jāņem vērā, ka ir politikas, kas ietekmē CSA, lai gan to galvenais mērķis ir veicināt AER izmantošanu. Tāpat politikas instrumenti ir saistīti ar risinājumiem CO₂ emisiju samazināšanai, tostarp energoresursu maiņu. Ir dažādi faktori, kas ietekmē CSA sistēmas attīstību. CSA sistēmas izvietojanas un uzturēšanas ideoloģiskais ietvars ir ilgtspējīgu energosistēmu attīstība, samazinot fosilo energoresursu patēriņu enerģijas ražošanā un samazinot enerģijas patēriņu, īstenojot energoefektivitātes pasākumus gan piegādes, gan patēriņa pusē. Pāreja no tehnoloģijām, kas izmanto fosilo enerģiju uz AER izmantošanu siltuma ražošanā ir veids, kā samazināt siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas [2].

Atteikšanos no fosilā kurināmā par labu AER tehnoloģijām ietekmē ne tikai dažādu politikas instrumentu kombinācijas, bet vispārējs politiskais ietvars, kas vērsts uz ilgtspējīgas sistēmas attīstību.

Pētnieki ir izmantojuši dažādas modelēšanas metodes, lai prognozētu un salīdzinātu CSA sistēmas attīstības iespējas. Konkrētu CSA sistēmu tehnoloģisko risinājumu veiktspēju izvērtēšanai, autori izmantojuši tehnisko aprēķinu rīkus. Daži pētījumi ir īpaši saistīti ar CSA tīklu darbību, izvērtējot dažādus energoefektivitāti paaugstinošus un siltuma zudumu samazināšanu ietekmējošus faktoros [3], [4]. Abdurafikovs u.c. [5] izmantojuši dinamiskās simulācijas programmatūru APROS, lai novērtētu, kā palielināt zemes siltumsūkņu, saules kolektoru un dažādu siltuma patērētāju īpatsvaru tipiskā CSA zonā, ko varētu atkārtot citur. Buchele u.c. [6] ir modelējuši iespējamo alternatīvo piegādi, degvielas izmantošanu, CSA ražošanas izmaksas un CO₂ emisijas CSA sistēmas nākotnei EnergyPRO, pamatojoties uz optimālu piegādes portfeļa nosūtīšanu.

Sistēmdinamikas modelēšana ir izmantota vairākos pētījumos, analizējot politikas pasākumu īstenošanu enerģētikā [7] un CSA. Romagnoli u.c. [8] pēta dažādus atbalsta instrumentus koksnes biomasas īpatsvara palielināšanai CSA Latvijā. Analizētie politikas instrumenti ietvēra valsts subsīdijas, informatīvās kampaņas, pētījumu un dizaina stratēģiju ieviešanu. Līdzīgi politikas instrumenti izmantoti arī Ziemeles u.c. pētījumos [9], kurā analizēta iespēja Latvijā ieviest 4. paaudzes CSA. Taču iespēja samazināt siltumnesēja temperatūru nav tieši sasaistāma ar energoefektivitātes paaugstināšanu ēku sektorā.

Lai noteiktu CSA attīstības potenciālu un veiktu siltuma un dzesēšanas tirgus regulācijas režīma novērtējumu, tika izmantota sistēmas dinamiskā modelēšana. Sistēmdinamikas modeļa veidošana iekļauj piecus galvenos posmus: (1) problēmas formulēšana, (2) dinamiskās hipotēzes izstrādāšana, (3) modeļa formulēšana un simulēšana, (4) modeļa testēšana un (5) politiku veidošana un testēšana. Modeļa izveidei tika izmantota datorprogramma *StellaArhitect*. Iegūtie rezultāti no sistēmdinamikas modeļa un izveidotie politikas attīstības scenāriji, tika izmantoti, lai identificētu politikas rekomendācijas siltumapgādes un dzesēšanas efektivitātes uzlabošanai, un augstas efektivitātes koģenerācijas attīstībai.

1.1. Sistēmdinamikas modeļa problēmas formulēšana

Sistēmdinamikas modelēšana sākas ar pētāmās problēmas formulēšanu, kur izmantojot informāciju par pieejamo sistēmu, kas izrāda problemātisku uzvedību, tiek izveidots laika grafiks, ko sauc par bāzes uzvedības scenāriju. Definējot pētāmo, problēmu ir jāspēj atbildēt uz jautājumiem, kas ir saistīti ar plānotā modeļa mērķi, tā lomu un kāda ir pētāmās problēmas daba. Sistēmdinamikas modeli var uzskatīt par rīku, ar kura palīdzību tiek rasts risinājums kādai problēmai. Problēma modelī tiek formulēta divos soļos: (1) problēmas identificēšana un (2) problēmas definēšana. Pēc problēmas formulēšanas tiek veidoti galvenie krājumi un plūsmas, kas sasaistās ar izveidoto bāzes scenāriju. Tiek doti apzīmējumi un izteiktas prognozes, kā plūsmas ietekmēs krājumu izmaiņas.

Modelis pielietots Latvijas siltumapgādei kā gadījuma izpēte. CSA Latvijā pārsvarā nodrošina koka biomasu, dabasgāzi un biogāzi. Pateicoties dabasgāzes cenas pieaugumam un dažādiem īstenotajiem politikas pasākumiem investīciju atbalsta veidā, esošie dabasgāzes katli ir tikuši pakāpeniski aizstāti ar biomasas katliem [10]. Pēdējo 10 gadu laikā ir būtiski pieaudzis koģenerācijas stacijās saražotās siltumenerģijas īpatsvars, kas 2018. gadā veidoja 71%. Siltuma zudumu īpatsvars Latvijas CSA sistēmās svārstās no 10% līdz vairāk nekā 30% no siltumenerģijas ražošanas apjoma. Kopējie siltuma zudumi no 2007. līdz 2018. gadam ir samazinājušies par aptuveni 5%, galvenokārt saistībā ar siltumtīklu modernizāciju un optimizāciju. Latvijā darbojas gan pašvaldības, gan privātie CSA, kā arī individuālie siltumenerģijas ražotāji, kas pārdod siltumu CSA sistēmām. Siltumenerģijas tarifs tiek noteikts saskaņā ar normatīvajos dokumentos noteiktu aprēķina metodiku un apstiprināts Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijā

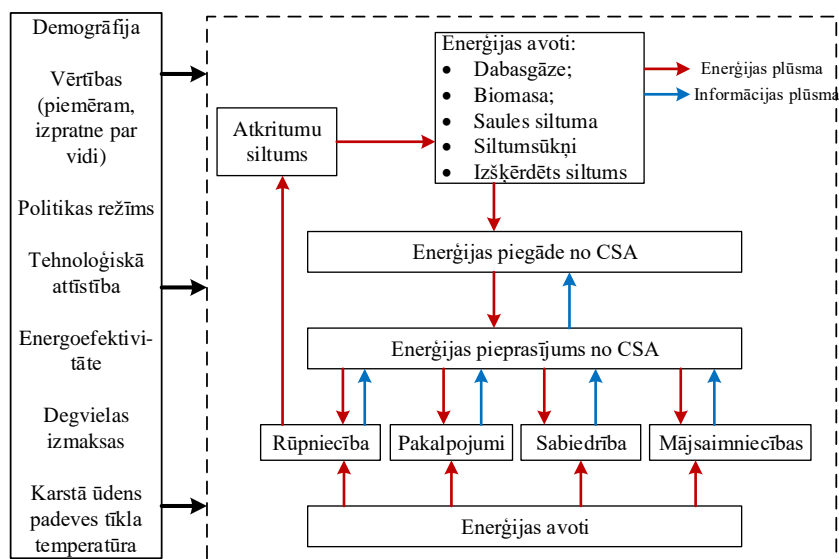
Runājot par individuālo apkuri, lielākā daļa no māsaimniecībās patērētajiem energoresursiem ir biomasu (pārsvarā malka) un siltumenerģija no CSA. Kopējais patērētās siltumenerģijas apjoms rūpniecības sektorā ir strauji pieaudzis gandrīz 4 reizes, salīdzinot ar 2014. gadu ar 2018. gadu. Galvenā rūpniecības nozare ir kokapstrāde, nemetālisko minerālu ražošana, būvniecība un pārtikas rūpniecība, kas veido 79% no kopējā enerģijas patēriņa gadā. [11].

1.2. Sistēmdinamikas modeļa dinamiskās hipotēzes izstrādāšana

Tiek izteikta hipotēze par to, kas izraisa plūsmu izmaiņas, un to, kā krājumu un plūsmu struktūra var radīt sākotnēji izveidoto sistēmas bāzes scenārija uzvedības struktūru. Sakarība starp krājumiem un plūsmām tiek sasaistīta ar cēloniskām cilpām, kas palīdz izskaidrot dinamiskās hipotēzes un mainīgo savstarpējo mijiedarbību. Izmantojot datorprogrammu *StellaArhitect*, **dinamiskā hipotēze** tiek pārveidota datormodelī, kas var simulēt problemātisko reālās sistēmas uzvedību.

1.3. Sistēmdinamikas modeļa formulēšana un simulēšana

Dinamiskā problēma šajā pētījumā ir sekojoša: tā kā Eiropas Savienība, izmantojot Eiropas Zaļo kursu, nosaka vērienīgus mērķus 2030. gadam atjaunojamās enerģijas jomā, un Eiropa mērķtiecīgi virzās uz oglekļa neitralitāti 2050. gadā, ir svarīga katra individuālā sektora attīstība. Lai atspoguļotu sistēmu precīzāk, nepietiek tikai ar tehnisko un kvantitatīvo parametru iekļaušanu (piemēram, tehnoloģiju izmaksas, energoefektivitātes līmeni, kurināmā izmaksas, siltumenerģijas turpgaitas temperatūras režīmu, u.c.), bet jāiekļauj arī sociālie un kvalitatīvie parametri (piemēram, vides apziņa, lēmumu pieņemšana, informācijas uztveršana, u.c.). Tādēļ sistēmdinamikas modelēšanas pieeja uzskatāma par piemērotu izpētes metodi centralizēto un individuālo siltumenerģijas sistēmu analīzei.



1.1. att. Galvenie siltumapgādes sistēmas bloki

Siltumapgādes sistēma, kas modelēta pētījuma ietvaros sastāv no divām galvenajām daļām – siltumenerģijas pieprasījuma un siltumenerģijas piedāvājuma (skatīt 1.1. att.). Vietējām un individuālām siltumapgādes sistēmām siltumenerģijas patērētājs pats ir atbildīgs par kurināmā sagādāšanu, lai nodrošinātu komforta temperatūru iekštelpās visa gada garumā. Savukārt CSA operatori jābūt gataviem nodrošināt pieprasījumu no lielāka patērētāju skaita un šeit informācija par pieprasījumu ir būtiska, lai nodrošinātu, ka patērētājiem piegādāts pietiekams siltumenerģijas daudzums.

Siltumenerģiju var ražot, izmantojot dažādas tehnoloģijas un kurināmā veidus, tomēr, ņemot vērā Eiropas Savienības mērķi virzīties uz oglekļa neitralitāti, pieaugs pieprasījums pēc tehnoloģijām, kas izmanto AER un kurināmā, un AER būs būtiska loma nākotnes enerģijas sistēmā. Vēl vairāk, siltumenerģijas pārpalikumu atgūšana no rūpnieciskajiem procesiem un šīs siltumenerģijas izmantošana centralizētajā siltumapgādē ir viena no nākotnes prioritātēm, lai nodrošinātu efektīvu resursu izmantošanu.

Sistēmdinamikas modelēšana ir izvēlēta kā izpētes metode, jo tā ļauj modelēt gan kvantitatīvus (piemēram, izmaksas, tehnoloģiju efektivitātes, u.c.), gan kvalitatīvus parametrus (piemēram, vides apziņu, lēmumu pieņemšanas procesu, u.c.), tā ņem vērā nelinearitātes, aizkavējumus, cēloņsakarības un atgriezeniskās saites sistēmā.

1.3.1. Enerģijas ražošanas modelēšana

Sistēmdinamikas modelis aptver enerģijas ražošanu un enerģijas patēriņu, lai precīzāk aprakstītu visu energoapgādes sistēmu. Šajā projektā uzsvars ir uz centralizēto, lokālo un individuālo siltumapgādi. 1.2. attēls atspoguļo trīs galvenās cilpas, kas apraksta enerģijas pieprasījuma apmierināšanu, kā arī izvēles izdarīšanu par labu AER vai fosilajiem resursiem. Uz šo cilpu pamata tiek būvēta sistēmdinamikas modeļa struktūra. Negatīvās cilpas B1 un B2, kas apzīmētas ar – zīmi, apraksta enerģijas iztrūkuma mazināšanu. Ja kopējais saražotais enerģijas apjoms ir mazāks par enerģijas pieprasījumu, veidojas enerģijas iztrūkums, kas nozīmē nepieciešamību pēc jaunu jaudu uzstādīšanas. Enerģijas iztrūkumu var nosegt gan ar atjaunojamiem (cilpa B1), gan fosilajiem resursiem (cilpa B2). Resursu, kurš tiks izmantots, nosaka enerģijas ražošanas izmaksu salīdzinājums starp dažādām tehnoloģijām. Lai gan cēlonisko cilpu diagrammā vienkāršības labad parādīta tikai

konkurence starp fosilajām un atjaunojamām tehnoloģijām, atjaunojamo resursu tehnoloģijas konkurē arī savā starpā, tāpat kā fosilo resursu tehnoloģijas konkurē savstarpēji. *Logit* funkciju izmanto, lai noteiktu tehnoloģiju, kas tiks izmantota:

$$I_1 = \frac{e^{-\alpha T_1}}{e^{-\alpha T_1} + e^{-\alpha T_2} + \dots + e^{-\alpha T_n}}, \quad (1.1)$$

kur $I_{1\dots n}$ – lēmums par ieguldījumiem konkrētajai tehnoloģijai; $T_{1\dots 2}$ – siltumenerģijas tarifs konkrētajai tehnoloģijai (EUR/MWh); α – elastības koeficients, kas raksturo lēmumu pieņēmēju lēmumu pieņemšanas veidu.

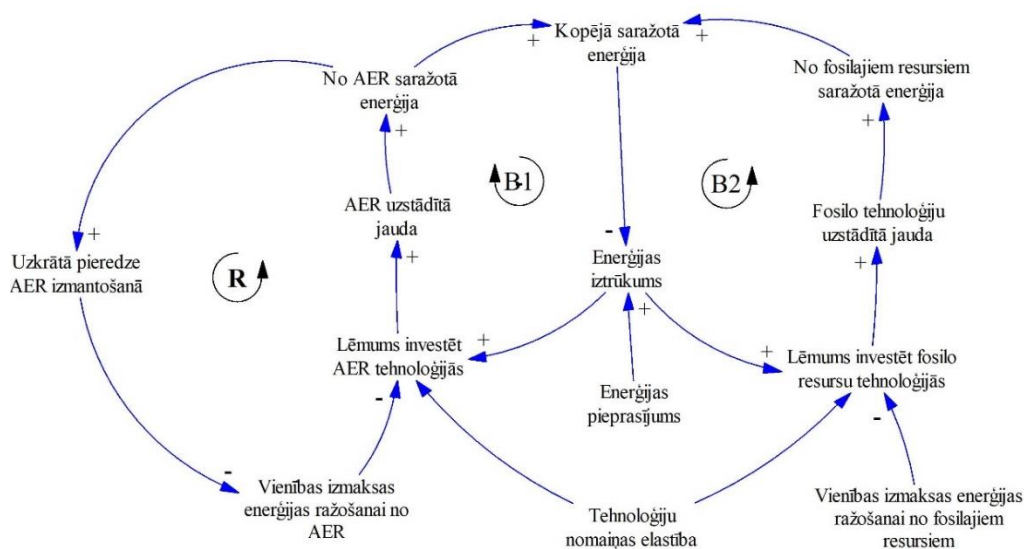
Siltumenerģijas tarifs katrai no tehnoloģijām aprēķināts, izmantojot sekojošo vienādojumu:

$$T = \frac{C_I}{LT \cdot FLH} + \frac{C_{FX}}{FLH} + C_V + C_F + C_{TX} + C_O, \quad (1.2)$$

kur C_I – ieguldījumu izmaksas uz vienu jaudas vienību (EUR/MW); LT – tehnoloģiju kalpošanas ilgums (gadi); FLH – pilnas jaudas stundas (h/gadā); C_{FX} – fiksētās darbināšanas un uzturēšanas izmaksas (EUR/MW/gadā); C_V – mainīgās darbināšanas un uzturēšanas izmaksas (EUR/MWh); C_F – kurināmā izmaksas (EUR/MWh); C_{TX} – nodokļi (EUR/MWh); C_O – citas izmaksas, kas saistītas ar siltumenerģijas ražošanu (EUR/MWh).

Vienādojums (2) apraksta galvenās siltumenerģijas tarifa aprēķina daļas, bet, atkarībā no tehnoloģijas, dažas daļas var atšķirties. Piemēram, fosilā kurināmā tehnoloģijām jāņem vērā ar emisijām saistīti nodokļi un kurināmā izmaksas, kamēr dažām atjaunojamās enerģijas tehnoloģijām (piemēram, saules kolektoriem) nav kurināmā izmaksu un emisiju nodokļu.

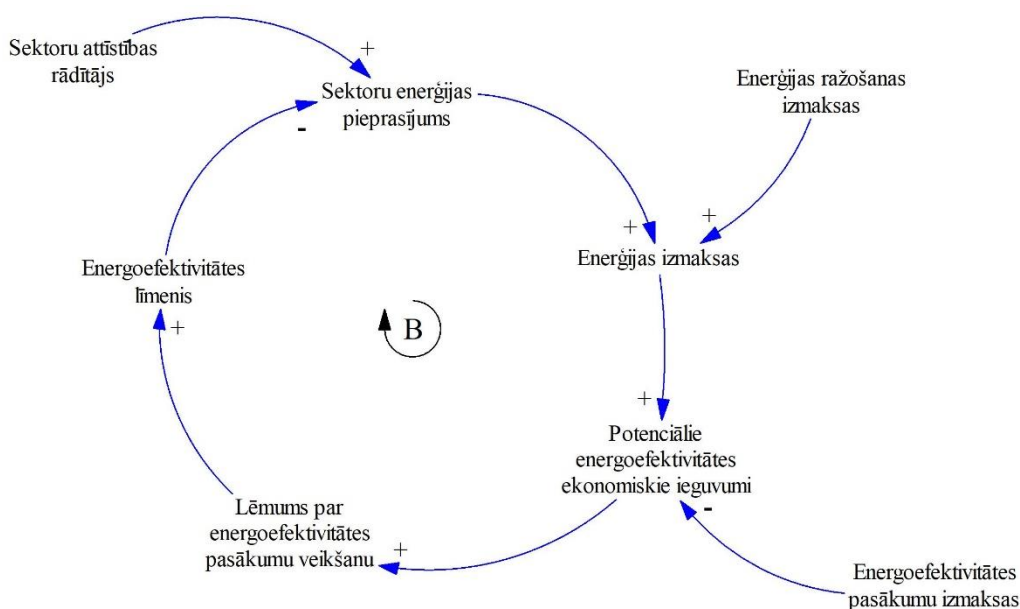
Balstoties uz augstāk minētajiem vienādojumiem, tiek uzstādītas jaunas tehnoloģiju jaudas un veidojas jauna enerģijas bilance. Gadījuma, ja uzstādītās jaudas ir pietiekamas, lai nodrošinātu enerģijas pieprasījumu un nav enerģijas iztrūkuma, jaunas jaudas netiek uzstādītas, bet darbojas esošās jaudas tehnoloģijas.



1.2.att. Cēloniskās cilpas galvenajā enerģijas ražošanas daļā

Positīvā cilpa (R), kas apzīmēta ar +, apraksta atjaunojamo resursu pievilcības veidošanos un izmaksu samazināšanos pieredzes uzkrāšanas rezultātā (1.2. att.). Kad ir iegūta lielāka pieredze, izmantojot atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas, AER kļūst pievilcīgāki. Uzkrātā pieredze palīdz samazināt ražošanas izmaksas, jo pieredzes laikā

Iegūtās zināšanas palīdz uzlabot tehnoloģiju darbības parametrus, tādējādi paaugstinot kopējo efektivitāti. Pieņemts, ka fosilo resursu tehnoloģiju izmantošanā jau ir uzkrāta pietiekama pieredze, un tās tiek darbinātas optimāli, kas nozīmē maz iespēju samazināt izmaksas. Daļa AER tehnoloģiju līdz šim ir maz izmantotas, tāpēc palielinot to uzstādītās jaudas un saražoto enerģijas apjomu, iespējams uzkrāt pieredzi, un samazināt ražošanas izmaksas, atrodot optimālākos risinājumus. Šajā gadījumā netiek runāts par tehnoloģiju izmaksu pazemināšanu un efektivitātes uzlabošanu tehnoloģiju attīstības rezultātā, jo tiek pieņemts, ka Latvijas siltumapgādes sistēmai ir nebūtiska ietekme uz globālo AER tehnoloģiju attīstību, tāpēc atjaunojamās enerģijas ražošana Latvijā un globālā tehnoloģiju attīstība, kas nosaka pieejamo tehnoloģiju parametrus nākotnē, neveido noslēgtu cilpu. Atjaunojamo tehnoloģiju kapitālizmaksu un efektivitātes prognozes tiek ņemtas no ārzemju literatūras – galvenokārt no Dāņu tehnoloģiju kataloga [12]. 1.2. attēlā aprakstītās cilpas darbojas gan pieņemot lēmumus CSA attīstībā, gan lokālās un individuālās siltumapgādes attīstībā.



1.3.att. Enerģijas patēriņa daļas galvenā cēloniskā cilpa

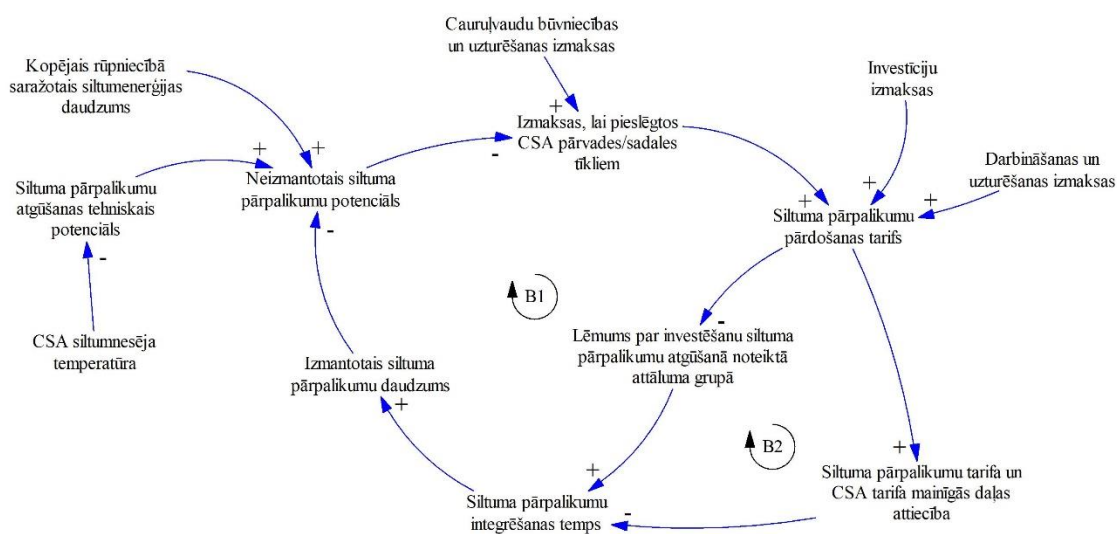
Modeļa galvenais fokuss ir uz siltumapgādi – galvenokārt enerģijas ražošanu un izmantotajiem resursiem, tomēr būtiska daļa ir arī enerģijas pieprasījums, kas nosaka cik daudz enerģijas nepieciešams saražot tagad, un cik daudz tā būs nepieciešama nākotnē. Eiropas Savienība ir noteikusi enerģoefektivitātes mērķus katrai dalībvalstij, tādēļ, modelējot siltumapgādes attīstību, būtiski ir saprast kā enerģoefektivitātes uzlabošana ietekmēs pieprasījumu pēc enerģijas. 1.3. attēlā parādītā cilpa apraksta enerģijas pieprasījuma izmaiņas enerģoefektivitātes līmeņa izmaiņu rezultātā. Balansējošā cilpa B apraksta atjaunošanas izmaksu un enerģijas izmaksu ietekmi uz gatavību veikt renovāciju un paaugstināt enerģoefektivitāti. Ja enerģoefektivitātes līmenis ir zems un enerģijas patēriņš ir augsts, tad novērojams acīmredzams ekonomiskais ieguvums no enerģoefektivitātes pasākumu īstenošanas. Tomēr, jo vairāk enerģoefektivitātes pasākumu tiek īstenoti un siltumenerģijas patēriņš un enerģijas izmaksas samazinās, jo mazāk ekonomiski izdevīgi kļūst uzlabot enerģoefektivitāti turpmāk. Balansējošā cilpa apraksta kā motivācija ieviest enerģoefektivitātes pasākumus samazinās, kad kopējais enerģoefektivitātes līmenis pieaug.

1.3.2. Siltuma pārpalikumu integrēšanas sistēmdinamikas modelēšana

Ēku renovācija, jaunu patērētāju pieslēgšana un izmaiņas tīklu siltuma zudumos nosaka kā nākotnē mainīsies kopējais siltumenerģijas pieprasījums. Siltumenerģijas pieprasījums ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka rūpniecības siltuma pārpalikumu tehnisko potenciālu. Ja kopējais siltuma pārpalikumu potenciāls ir atkarīgs no tā, cik siltumenerģijas no rūpniecības uzņēmumiem fiziski iespējams atgūt, tad siltumenerģijas pieprasījums nosaka rūpniecības siltumenerģijas izmantošanas robežas, balstoties uz attiecīgajā reģionā nepieciešamo siltumenerģijas daudzumu. Lai būtu vērts atgūt siltuma pārpalikumus no rūpniecības procesiem, ir nepieciešami arī patērētāji, kas šo enerģiju patērēs. Ietekme uz siltuma pārpalikumu tehnisko potenciālu ir arī CSA tīklu temperatūrai. Jo zemāka temperatūra tīklos, jo augstāks siltuma pārpalikumu atgūšanas potenciāls, jo vairs nav jākoncentrējas tikai uz augstas kvalitātes siltumenerģiju, bet iespējams izmantot arī zemas kvalitātes siltumenerģiju.

Ekonomiskais potenciāls ir atkarīgs no siltuma pārpalikumu atgūšanas izmaksām, un CSA mainīgajām izmaksām. CSA operatori būs ieinteresēti siltuma pārpalikumu izmantošanā tikai gadījumā, ja tos būs iespējams iegūt lētāk nekā ražot siltumenerģiju ar CSA sistēmā uzstādītajām tehnoloģijām. Cilpas B1 un B2 (skatīt 1.4. att.), apraksta kā mainās ekonomiskais potenciāls atkarībā no tā, cik daudz siltuma pārpalikumu jau ir integrēts CSA sistēmā. Jo vairāk siltuma pārpalikumu jau ir izmantots, jo dārgāk paliek atgūt un izmantot atlikušo daudzumu, jo uzņēmumi vai nu atrodas salīdzinoši tālu no CSA tīkliem vai avota, vai arī viegli atgūstamais enerģijas apjoms jau ir izmantots, un atlikušā apjoma atgūšanai nepieciešamas daudz lielākas investīcijas. Tas veicina atgūšanas izmaksu paaugstināšanos un ekonomiskā potenciāla samazināšanos.

Siltuma pārpalikumu integrēšanas ekonomiskais potenciāls CSA sistēmā ir atkarīgs ne tikai no atgūšanas izmaksām, bet arī no CSA operatoru ieinteresētības. Tas daļēji saistīts ar informācijas trūkumu par to, kur un cik daudz siltuma pārpalikumu ir pieejams, tāpēc veicot pētījumus, un apzinot pieejamo siltuma pārpalikumu potenciālu, kā arī nododot šo informāciju CSA operatoriem, iespējams veicināt siltuma pārpalikumu izmantošanu CSA sistēmā. Papildu veicinošs apstākļi noteikti būtu arī atbalsta pieejamība CSA operatoriem siltuma pārpalikumu integrēšanai to sistēmās.



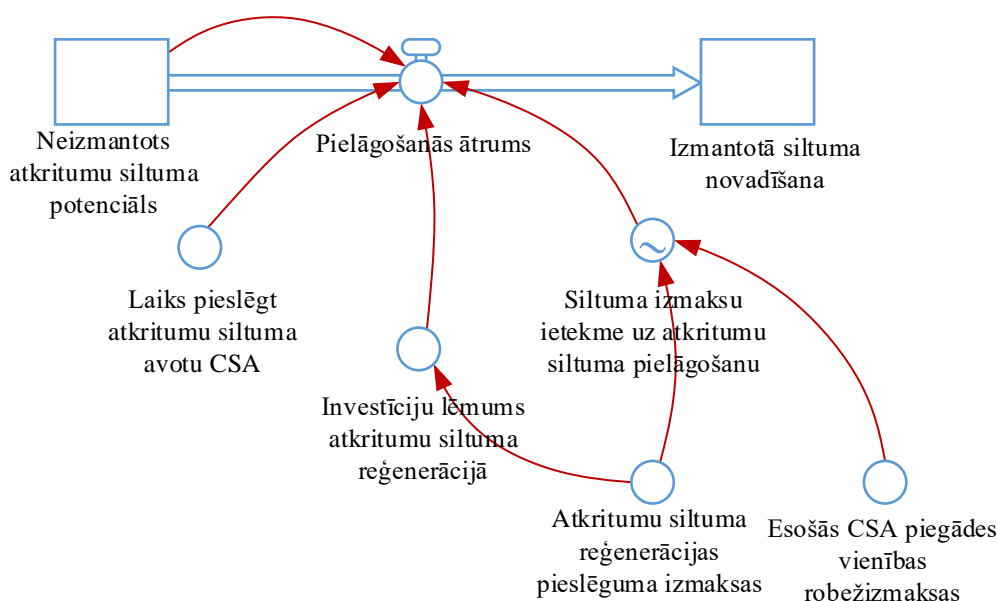
1.4. att. Cēlonisko cilpu diagramma

Sistēmdinamikas modelis ir veidots vispirms aplūkojot savienojumus un cēloniskās cilpas sistēmā. Siltuma pārpalikumu ieviešanai modelī ir noteiktas divas galvenās balansējošās cilpas (skatīt 1.4. att.).

Balansējošā cilpa (B1) aprakstīta turpinājumā. Sistēmas centrā ir siltuma pārpalikumu potenciāls, kas vēl nav izmantots. Augsts potenciāls nozīmē, ka pastāv daudzi rūpniecības uzņēmumi ar lielu potenciālu siltuma pārpalikumu atgūšanai. Lielākiem uzņēmumiem ar lielu daudzumu siltuma pārpalikumu, savienošanas izmaksas uz enerģijas vienību ir zemākas. Tas nozīmē, ka sākotnēji izmaksu ziņā ir relatīvi izdevīgi savienot un izmantot siltuma pārpalikumus no lielākiem rūpniecības uzņēmumiem, bet noplicinot potenciālu, saglabāsies tikai mazāki un tālāki rūpniecības uzņēmumi, tādējādi palielinot savienošanas izmaksas uz enerģijas vienību. Zemākas savienošanas izmaksas rezultējas zemākās kopējās izmaksās par siltuma pārpalikumu atgūšanu un integrēšanu CSA tīklā. Kad tiek lemts, kuru siltuma pārpalikumu avotu savienot pirmo, tiek salīdzinātas visu avotu izmaksas dažādos attālumos no CSA tīkla, un vispirms apsvērtas izdevīgākās iespējas. Ieguldījumu lēmumi ietekmē siltuma pārpalikumu integrēšanas ātrumu – jo zemākas izmaksas un augstāka pievilcība, jo vairāk nolemts investēt siltuma pārpalikumu atgūšanā un augstāks siltuma pārpalikumu integrācijas ātrums CSA. Protams, pastāv robeža, līdz kurai iespējams atgūt siltuma pārpalikumus, tādēļ, jo augstāks integrēšanas ātrums, jo vairāk siltumenerģijas izmanto, rezultātā veidojot mazāk neizmantotā potenciāla.

Balansējošā cilpa 2 (B2) ir līdzīga balansējošai cilpai 1. Potenciālie siltuma pārpalikumu avoti un to attālums no CSA tīkliem ietekmē siltuma pārpalikumu atgūšanas izmaksas un integrēšanu tīklā. Atšķirība ir, ka, lai CSA sistēmu operatori būtu ieinteresēti atgūto siltuma pārpalikumu izmantošanā, ir svarīgi, lai siltuma pārpalikumu atgūšanas un savienošanas izmaksas ir zemākas nekā ražošanas robežizmaksas esošajām siltumenerģijas ražošanas iekārtām CSA sistēmās. Jo vairāk siltuma pārpalikumu iespējams atgūt ar zemākām izmaksām nekā esošās siltumenerģijas iekārtas spēj nodrošināt, jo augstāka būs siltuma pārpalikumu integrēšana CSA sistēmā. Tas rezultēsies augstākā siltuma pārpalikumu izmantošanā un saglabāsies mazāks neizmantotais potenciāls.

Tomēr siltuma pārpalikumu potenciāls nākotnē var mainīties (t.i., palielināties vai samazināties) atkarībā no nozares attīstības nākotnē, energoefektivitātes pasākumu īstenošanas, kā arī temperatūras režīma siltuma sadalē.



1.5. att. Vienkārša modeļa struktūra siltuma pārpalikumu ieviešanai

Siltuma pārpalikumu ieviešana ir uzskatīta par difūzijas modeli, kurā siltuma pārpalikumi pāriet no neizmantotā siltuma pārpalikumu krājuma uz izmantoto siltuma pārpalikumu krājumu (skatīt 1.5. att.). Siltuma pārpalikumu potenciāls noteikts dažādām pieejamajām siltuma pārpalikumu grupām, balstoties uz attālumu no CSA tīkla, un katrai no šīm grupām siltuma pārpalikumu izmantošana ir aprēķināta atsevišķi. Krājumus aprēķina, balstoties uz sekojošo vienādojumu:

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [inflow(t) - outflow(t)]dt + Stock(t_0) \quad (1.3)$$

Ieviešanas ātrums ir atkarīgs no neizmantotā siltuma pārpalikumu potenciāla, kas vēl ir saglabājies krājumā laikā, kas nepieciešams, lai uzstādītu siltumenerģijas atgūšanas iekārtas un savienotu siltuma pārpalikumu avotu ar CSA tīklu. Tas arī ir atkarīgs no ieguldījumu lēmuma, kas veidojas starp pieejamo siltuma pārpalikumu apjomu dažādos attālumos no tīkla, un no ietekmes, ko rada izmaksu atšķirība starp siltuma pārpalikumu atgūšanu un esošo CSA enerģijas vienības izmaksas uz ieviešanas ātrumu.

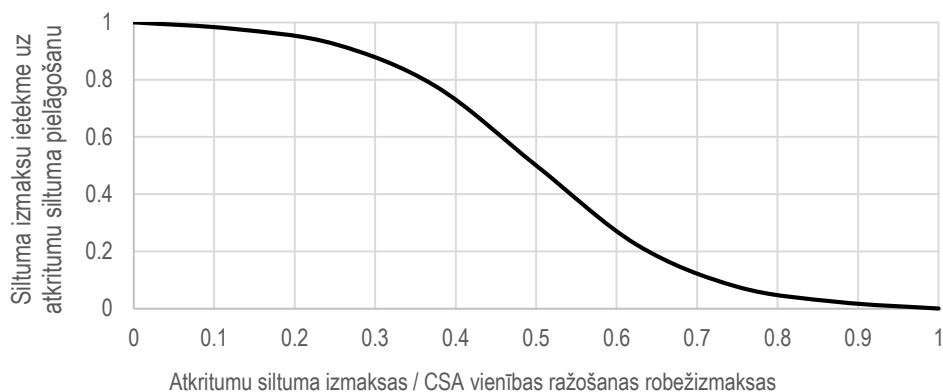
$$AR = \frac{WH_P \cdot I \cdot Eff}{T} \quad (1.4)$$

kur: AR – ieviešanas ātrums (GWh/gadā/gadā); WH_P – neizmantotais siltuma pārpalikumu potenciāls (GWh/gadā); I – ieguldījumu lēmums siltuma pārpalikumu atgūšanai noteiktā attālumā; Eff – siltumenerģijas izmaksu ietekme uz siltuma pārpalikumu ieviešanu; T – laiks, kas nepieciešams, lai savienotu siltuma pārpalikumus ar CSA (gadi).

Logit funkcija izmantota, lai salīdzinātu siltuma pārpalikumu atgūšanas un savienošanas izmaksas siltuma pārpalikumu avotiem dažādos attālumos, tādējādi nodrošinot, ka pirmie ņemti vērā un ieviesti izmaksu ziņā izdevīgākie varianti.

$$I_1 = \frac{e^{-\alpha \cdot C_1}}{e^{-\alpha \cdot C_1} + e^{-\alpha \cdot C_2} + \dots + e^{-\alpha \cdot C_n}} \quad (1.5)$$

kur: $C_{1...n}$ – siltumenerģijas atgūšanas un savienošanas izmaksas siltuma pārpalikumu avotiem dažādos attālumos no CSA tīkla (EUR/MWh); α – elastības koeficients, kas raksturo lēmumu pieņēmēju lēmumu pieņemšanas veidu.

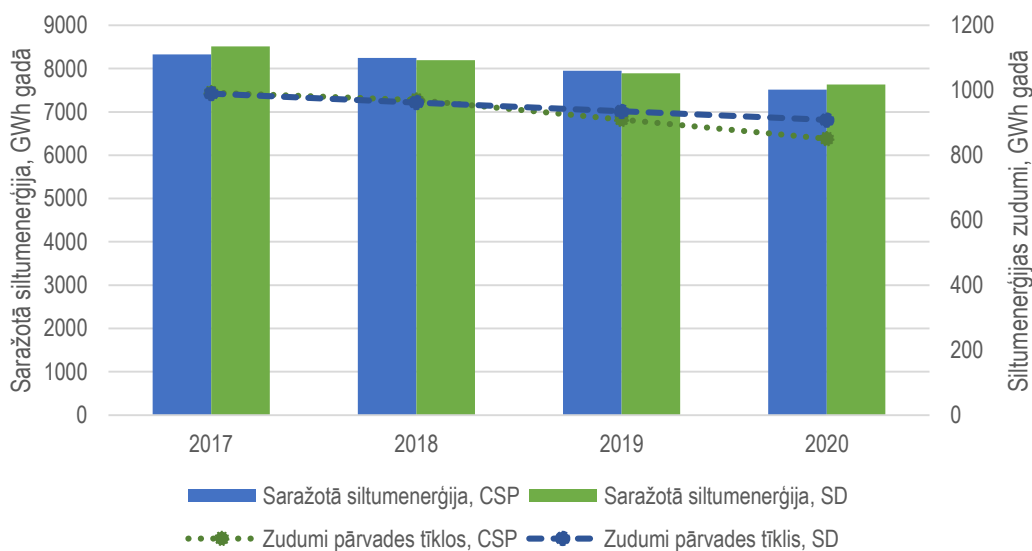


1.6. att. Siltumenerģijas izmaksu ietekme uz siltuma pārpalikumu ieviešanu

Pieņemts, ka CSA operatori būs ieinteresēti siltuma pārpalikumu integrēšanā CSA tīklā tikai, ja siltuma pārpalikumu izmaksas būs zemākas nekā esošo CSA iekārtu enerģijas ražošanas robežizmaksas. Jo siltuma pārpalikumu atgūšanas un savienošanas izmaksas ir tuvākas esošajām CSA iekārtu enerģijas robežizmaksām, jo mazāk ieinteresēti siltuma pārpalikumu integrēšanā CSA sistēmā būs CSA operatori. Attiecības starp izmaksu salīdzinājumu un siltumenerģijas izmaksu ietekmi uz siltuma pārpalikumu ieviešanu ir atspoguļotas 1.6. attēlā.

1.4. Modeļa verifikācija

Lai noteiktu, vai sistēmdinamikas modeļa struktūra ir derīga un iegūtie rezultāti ir precīzi, nepieciešama modeļa verifikācija jeb apstiprināšana. Verifikācijas ietvaros tiek analizēts, vai modeļa uzvedība precīzi ataino reālo uzvedību. Lai veiktu verifikāciju, vispirms tiek pārbaudīts struktūras derīgums un pēc tam testēta uzvedības precizitāte.



1.7.att. SD modeļa rezultātu verificēšana, salīdzinot ar pieejamajiem statistikas datiem

1.7.attēlā redzama modelēto SD rezultātu salīdzināšana ar reālajiem pieejamajiem datiem no Centrālās Statistikas Pārvaldes (CSP) [13]. Redzams, ka modelētie rezultāti

nebūtiski atšķiras no reālajiem siltumenerģijas ražošanas un pārvades zudumu radītājiem laika periodā no 2017.līdz 2020.gadam.

1.5. Politiku veidošana un testēšana

Sistēmdinamikas modeļa pielietojanas pēdējais posms ir politiku veidošana, kas ir plūsmu regulējošo lēmumu pieņemšana noteikumu izmainīšanai. Veidojot politiku tiek meklēti spēka pielikšanas punkti – parametri, kurus izmainot mainās plūsma, kas ietekmē krājumus.

Ar sistēmdinamikas modeli tiek analizēti dažādi siltumapgādes un dzesēšanas sektora tirgus regulēšanas režīmi. Zemāk aprakstīti dažādi sistēmdinamikas modelī iekļautie scenāriji.

1.5.1. Bāzes scenārijs- esošais siltumapgādes un aukstumapgādes regulējums

Šis scenārijs apraksta esošo siltumapgādes un aukstumapgādes sektoru ar pastāvošajiem regulēšanas mehānismiem – siltumenerģijas tarifa noteikšanu atbilstoši izmaksām, kas radušās un siltumenerģijas ražošanas tehnoloģiju izvēli, balstoties uz ekonomiski izdevīgāko risinājumu.

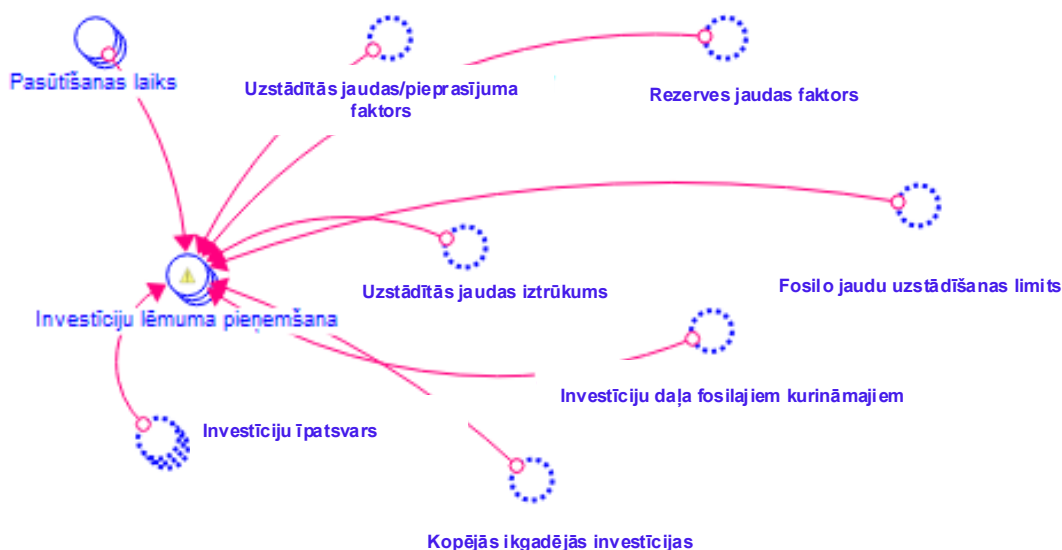
Bāzes scenārijā iekļauta esošā nodokļu politika un piešķirtais finansējums siltumapgādes uzņēmumu energoefektivitātes paaugstināšanai un pārejai uz AER.

Bāzes scenārijā ir izvērtēta apkures sistēmas attīstība, neizmantojot politikas instrumentus. Akcīzes nodoklis tiek saglabāts 2017.gada līmenī, jo likumdošana šobrīd neparedz un neapstiprina akcīzes nodokļa palielināšanu. Dabas resursu nodoklis (DRN) par emitētajām CO₂ emisijām līdz 2022. gadam tiek palielināts atbilstoši likumdošanā apstiprinātajām vērtībām, un pēc 2022. gada tas vairs netiek paaugstināts. Energoefektivitātes veicināšanai piešķirtā un līdz 2020.gadam apstiprinātā atbalsta summa tiks piešķirta un izlietota līdz 2023.gadam. Pēc līdzšinējo līdzekļu izmantošanas jauns finansējums energoefektivitātes veicināšanai netiks piešķirts. Netiek piešķirts finansiāls atbalsts AER integrācijai, CSA sistēmu tīklu nomaīnai un pārejai uz zemas temperatūras apkuri.

1.5.2. Jaunu fosilo kurināmo siltumenerģijas ražošanas jaudu limitēšanā un fosilo nodokļu palielināšana

Šajā scenārijā tiek paredzēts ierobežojums jaunu fosilo kurināmo siltumenerģijas ražošanas jaudu uzstādīšanai, kas tiek modelēts ieviešot uzstādīšanas limitu. 1.8. attēlā redzams investīciju lēmumu pieņemšanas apakšmodelis sistēmdinamikas modelī. Lēmumu par investīciju jaunās siltumenerģijas ražošanas iekārtās ietekmē dažādi faktori - uzstādītās jaudas iztrūkums, uzstādītās jaudas un rezerves jaudas, jaudas un pieprasījuma attiecība, pasūtīšanas laiks, kopējās ikgadējās investīcijas un investīciju īpatsvars.

Analizētajā scenārijā tiek ieviests papildus faktors, kas limitē jaunu fosilo jaudu uzstādīšanu no 2023.gada.



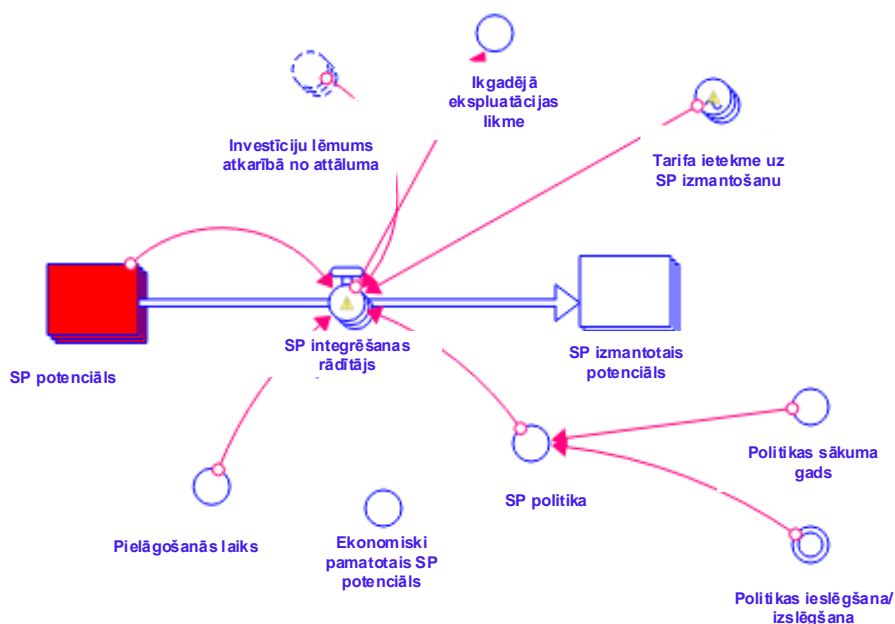
1.8.att. Lēmuma pieņemšanas apakšmodelis investīcijām jaunu jaudu uzstādīšanai

Papildus jaudu ierobežojumam tiek noteiktas arī paaugstinātas nodokļu likmes. Tiek paaugstināts DRN CO₂ emisijām un ETS kvotas cena, sasniedzot aptuveni 30 EUR/tonnu 2030.gadā un 70 EUR/tonnu 2050.gadā. Papildus arī dabasgāzes akcīzes nodoklis no 2023. gada tiek paaugstināts par 8 % gadā.

1.5.3. Obligāta ekonomiski pamatotu siltuma pārpalikumu (SP) izmantošana un atbalsts siltumsūkņiem

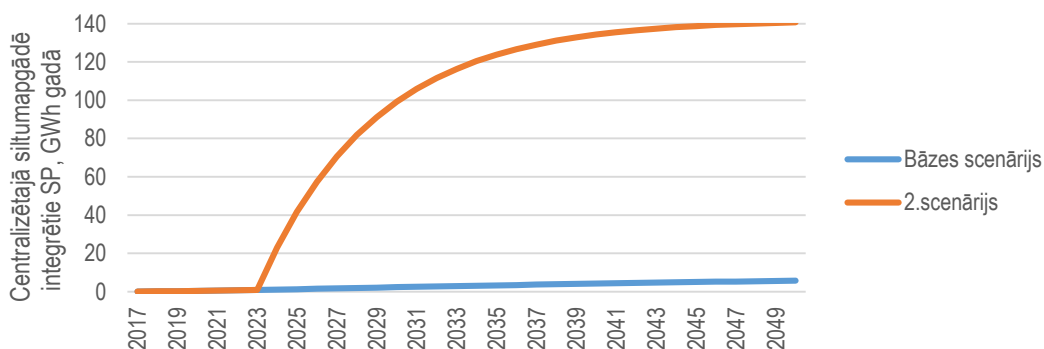
Šis scenārijs paredz noteikt par obligātu to siltuma pārpalikumu izmantošanu, kuru integrēšana ir ekonomiski pamatota. Iepriekš veiktajos pētījumos [14] noteikts, ka aptuveni 35% no teorētiski pieejamā SP daudzuma rūpniecības uzņēmumos būtu ekonomiski pamatoti izmantojami, jo to integrēšanas īpatnējās izmaksas sastāda mazāk kā 5 EUR/MWh pievadītās siltumenerģijas, ņemot vērā jaunas siltumtrases izbūves un tiešās siltuma atgūšanas tehnoloģiju izmaksas. Šobrīd sistēmdinamikas modelī analizēta tikai SP integrēšana no rūpniecības sektora, tomēr nākotnē iespējams analizēt arī komerciālā un pakalpojumu sektora SP potenciālu.

SP integrēšanas politika paredz, ka siltumapgādes sistēmās obligāti jāintegrē 35% no pieejamā siltuma pārpalikumu daudzuma.



1.9.att. SP integrēšanas apakšmodelis, iekļaujot SP politiku

1.9.attēlā redzams SP integrēšanas apakšmodelis, kurā galvenais krājums ir SP potenciāls no rūpniecības sektora, kas pakāpeniski pāriet SP izmantotajā potenciālā. SP integrēšanas politika paredz, ka siltumapgādes sistēmās obligāti jāintegrē 35% no pieejamā siltuma pārpalikumu daudzuma. Sistēmdinamikas modelī šī politika pastiprina SP integrēšanas rādītāju, kas atkarīgs arī no citiem faktoriem- pielāgošanās laika, SP ikgadējās ekspluatācijas izmaksu likmes, alternatīvo tehnoloģiju siltumenerģijas ražošanas izmaksām, investīciju lēmuma, kas atkarīgs no integrējamo siltuma pārpalikumu attāluma līdz siltumapgādes sistēmai.



1.10.att. SD modeļa rezultāti SP integrēšanai centralizētājā siltumapgādē Bāzes scenārijā un 2.scenārijā ar SP politiku

1.10. attēlā redzams, ka 2.scenārijā, kad SD modelī tiek iekļauta obligāta SP integrēšanas prasība, būtiski pieaug izmantoto siltuma pārpalikumu daudzumu, sasniedzot gandrīz 100 GWh 2030.gadā, bet 140 GWh 2050.gadā.

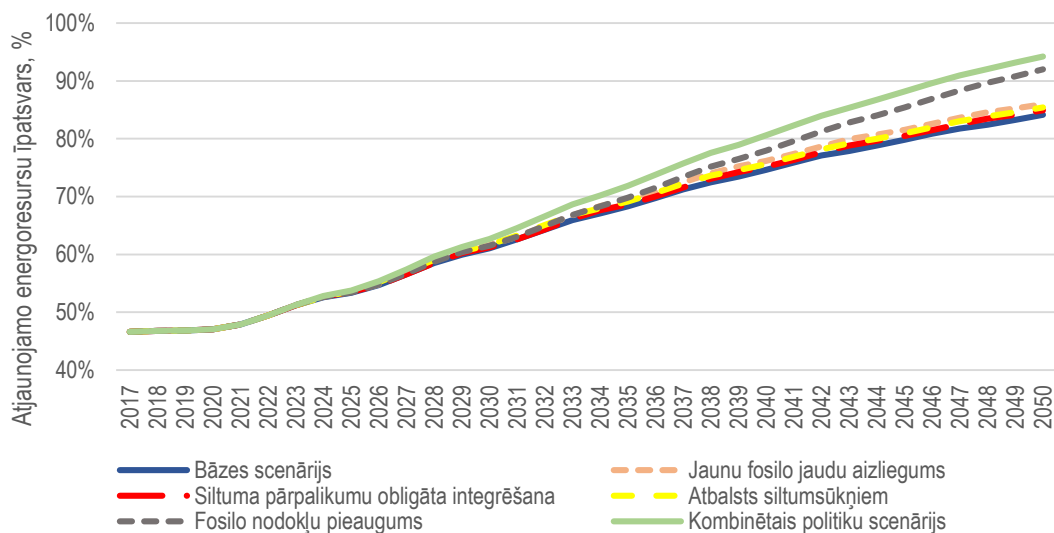
Lai veiksmīgāk integrētu atjaunojamo elektroenerģiju un siltuma pārpalikumus, papildus tiek piešķirtas subsīdijas siltumsūkņu uzstādīšanai ar atbalsta intensitāti 20 % no kopējām investīciju izmaksām.

1.5.4. Kombinētais ierobežojumu un politikas instrumentu scenārijs

Šajā scenārijā tiek modelēti visi iepriekš minētajos scenārijos norādītie regulācijas mehānismi, lai palielinātu AER īpatsvaru un samazinātu primāro energoresursu patēriņu siltumapgādes un aukstumapgādes sektoros. Šajā scenārijā tiek iekļauti gan ierobežojumi jaunu fosilo jaudu uzstādīšanai, gan noteikts par obligātu integrēt siltuma pārpalikumus ar ekonomisko potenciālu, kā arī sniegts finansiāls atbalsts siltumsūkņu integrēšanai un palielināti fosilo resursu nodokļi.

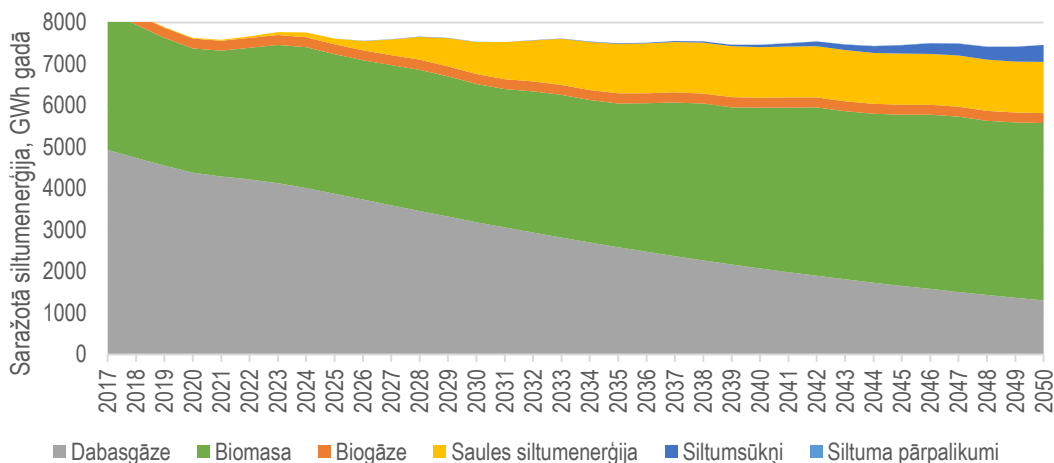
2. REGULĀCIJAS REŽĪMU REZULTĀTU NOVĒRTĒJUMS

Kā redzams 2.1.attēlā, visu politikas instrumentu ieviešana palielina AER (tajā skaitā siltuma pārpalikumu) īpatsvaru centralizētās siltumapgādes sektorā. Bāzes scenārijā AER īpatsvars 2030.gadā sasniedz 61%, bet 2050.gadā 84% no centralizētajā siltumapgādē saražotās siltumenerģijas. Kombinēto politiku scenārijā AER īpatsvars 2030.gadā ir līdzīgs, kā Bāzes scenārijā un sasniedz 62%, bet 2050.gadā sasniedz 94% no centralizētajai siltumapgādei nepieciešamās enerģijas. Lielāko pieaugumu sniedz tieši fosilo nodokļu palielināšana.

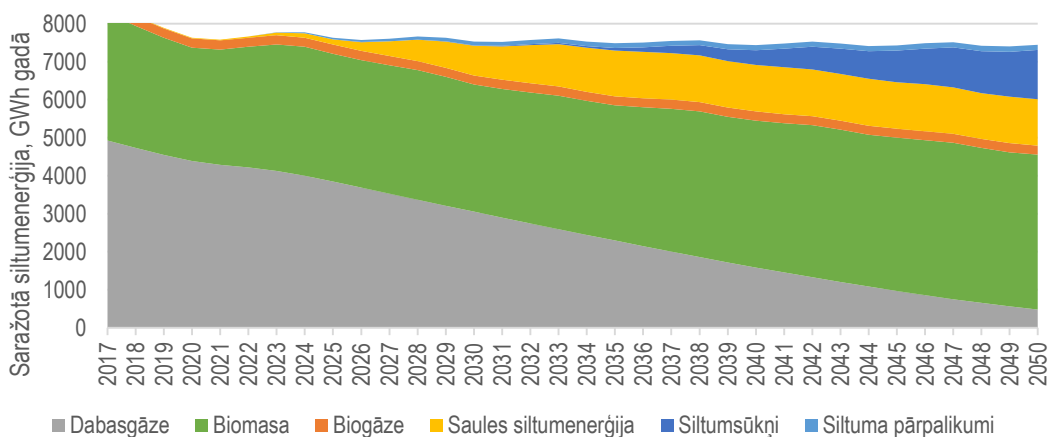


2.1.att. AER īpatsvars pie dažādiem politikas instrumentu scenārijiem

Kā redzams 2.2. un 2.3.attēlā, gan Bāzes scenārijā, gan Kombinēto politiku scenārijā līdz 2050.gadam būtiski samazinās dabasgāzes patēriņš un pieaug siltumenerģija, kas saražota, izmantojot siltumsūkņus. Savukārt izmantoto siltumenerģijas avotu sadalījums 2030.gadā abos scenārijos ir līdzīgs. Kombinēto politiku scenārijā 2050.gadā ar saules siltumenerģiju saražotā enerģija sasniedz 1220 GWh jeb 16% no centralizētās siltumenerģijas, savukārt integrēto siltuma pārpalikumu daudzums pieaug līdz 140 MWh, nosedzot 2% no centralizētās siltumenerģijas. Biomasas īpatsvars Bāzes scenārijā 2050.gadā centralizētajā siltumapgādē sastāda 57 %, saražojot 4275 GWh. Savukārt Kombinēto politiku scenārijā biomasas īpatsvars 2050. gadā ir nedaudz zemāks un sasniedz 55%. Visos scenārijos biogāzes saražotā siltumenerģija ir nemainīga, pieņemot, ka esošās biogāzes stacijas trupina darbību esošajā režīmā, savukārt jaunas biogāzes stacijas tiek galvenokārt izmantotas biometāna ražošanai transporta sektoram.

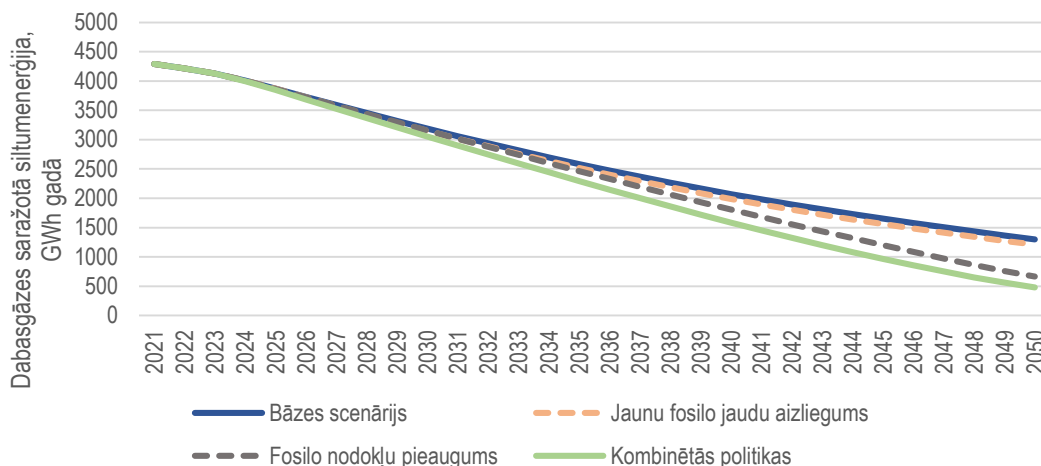


2.2.att. Saražotās siltumenerģijas energobalance Bāzes scenārijā



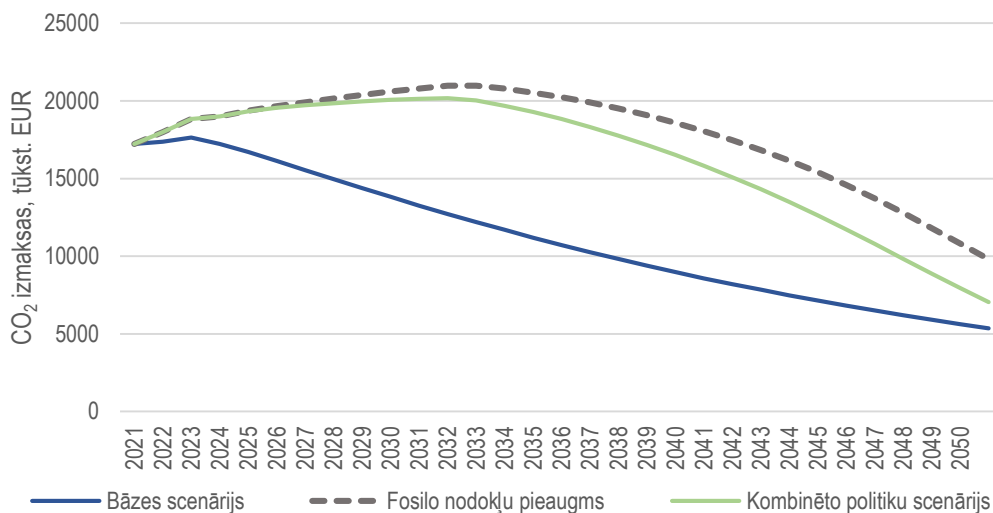
2.3.att. Saražotās siltumenerģijas energobalance Kombinētajā politiku scenārijā

Detalizēts dabaszgāzes patēriņa samazinājums parādīts 2.4. attēlā. Bāzes scenārijā 2030.gadā dabaszgāze nosedz 41% no centralizētā siltumenerģijas daudzuma, bet 2050.gadā dabaszgāzes īpatsvars samazinās līdz 17%. Kombinēto politiku scenārijā dabaszgāzes īpatsvaru 2050.gadā izdodas samazināt līdz 7%. Kā redzams attēlā zemāk, lielāku pienesumu dabaszgāzes īpatsvara samazināšanā sniedz fosilo nodokļu paaugstināšana, savukārt jaunu fosilo jaudu aizliegums sniedz nelielu efektu, jo turpina darboties uzstādītās dabaszgāzes koģenerācijas stacijas un katlu mājas.

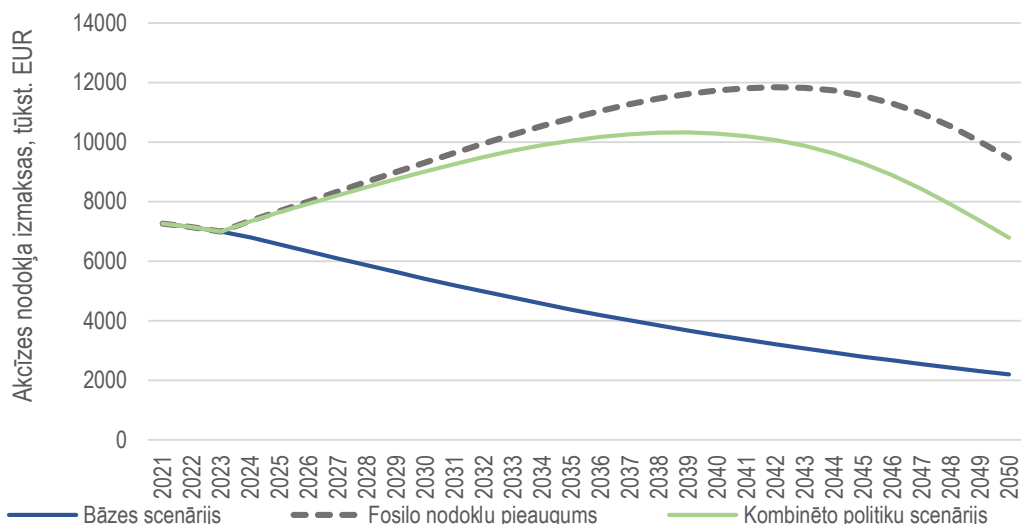


2.4.att. Dabaszgāzes saražotā siltumenerģija dažādos scenārijos

Fosilo nodokļu palielināšana sniedz būtisku izmaksu pieaugumu siltumenerģijas ražošanai. 2.5. un 2.6.attēlā salīdzināts CO₂ emisiju izmaksas un akcīzes nodokļa izmaksas dažādos scenārijos. CO₂ izmaksas iekļauj gan DRN, gan CO₂ emisiju kvotu izmaksas ETS sistēmas operatoriem. Bāzes scenārijā vērojams gan CO₂ izmaksu, gan akcīzes nodokļa izmaksu samazinājums. Fosilo nodokļu scenārijā DRN CO₂ emisijām pieaug no 15 EUR/tonnu 2022.gadā līdz 72 EUR/tonnu 2050.gadā, savukārt CO₂ emisiju kvotu cena pieaug no 22 EUR/tonnu 2022.gadā līdz 72 EUR/tonnu 2050.gadā. Pakāpeniski palielinot CO₂ DRN un CO₂ emisiju kvotu cenu, CO₂ emisiju izmaksas pieaug līdz gandrīz 21 miljoniem eiro 2033.gadā un turpina samazināties līdz 9,8 miljoniem eiro 2050.gadā. Kombinēto politiku scenārijā CO₂ izmaksu pieaugums pēc 2030.gada samazinās straujāk, jo būtiski pieaug siltumsūkņu izmantošanas īpatsvars.



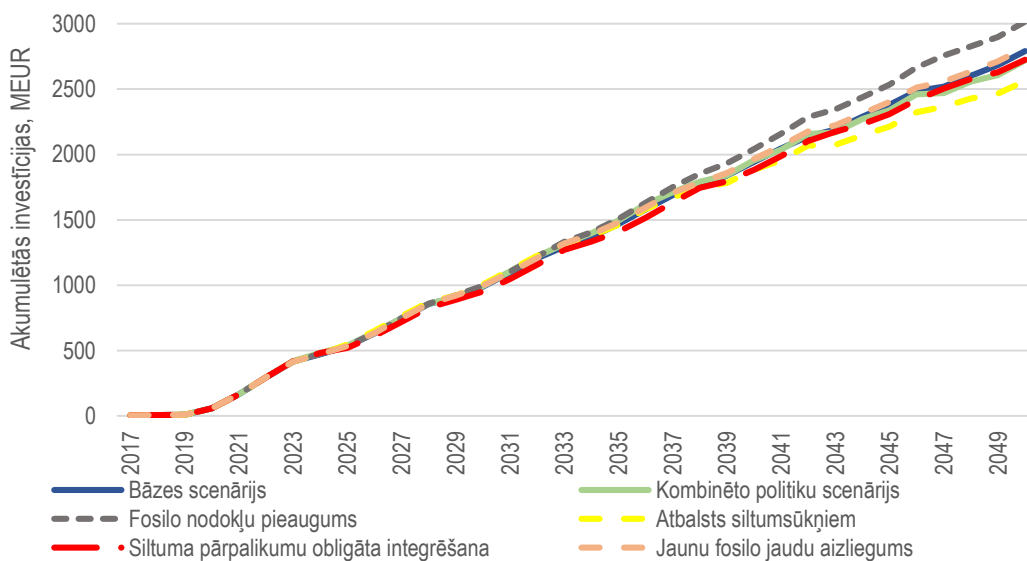
2.5.att. CO₂ izmaksas dažādos scenārijos



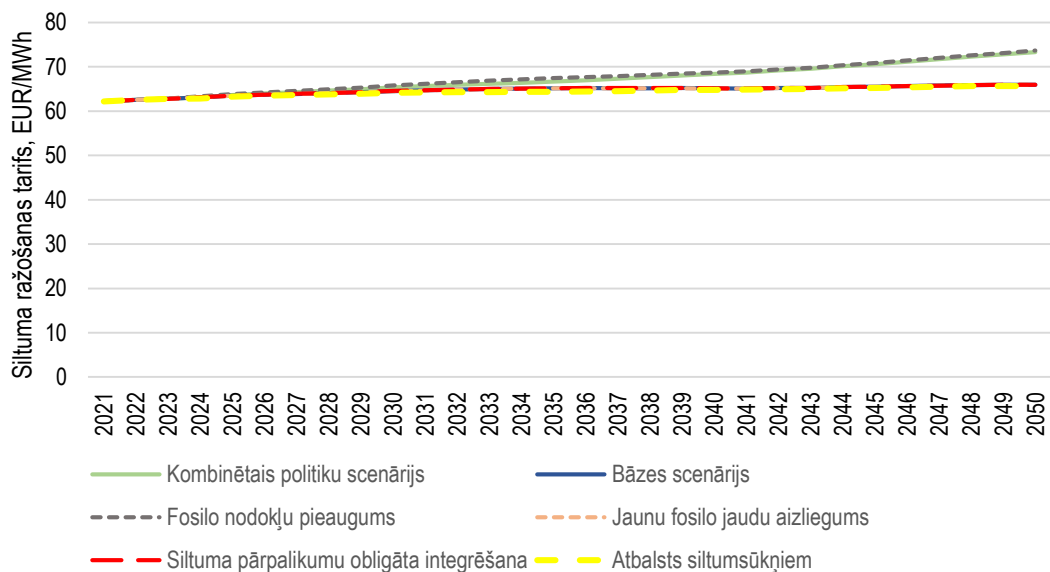
2.6.att. Akcižu nodokļu izmaksas dažādos scenārijos

Fosilo nodokļu paaugstināšanas simulācijā akcižu nodoklis pieaug par 8% no 2023.gadā. 2.6.attēlā redzams, ka kopējās akcižu nodokļa izmaksas šajā scenārijā pieaug līdz 2042.gadam un sasniedz 11,8 miljonus eiro gadā, bet līdz 2050.gadam samazinās līdz 9.4 miljoniem eiro. Savukārt kombinēto politiku simulācijā kopējās akcižu nodokļa izmaksas dabasgāzei ir par 12% mazākas.

Jaunu tehnoloģiju uzstādīšana rada nepieciešamību pēc papildus investīcijām. Modelī lēmums par investīcijām jaunu jaudu uzstādīšanai balstīts uz esošo iekārtu novecošanos vai zemu ekonomisko atdevi salīdzinot ar alternatīvām tehnoloģijām. 2.7.attēlā redzams, ka lielākas akumulētas investīcijas nepieciešamas fosilo nodokļu pieauguma scenārijā, jo tiek integrētas jaunas AER tehnoloģijas. Zemākās investīcijas ir siltumsūkņu atbalsta scenārijā, jo daļa no investīcijām tiek nosegtas kā līdzmaksājums no valsts vai ES fondu līdzekļiem, kas kombinētās politikas scenārijā sastāda 90 miljonus eiro.



2.7.att. Akumulētās investīcijas dažādos scenārijos



2.8.att. Vidējais siltuma ražošanas tarifs

Lai noteiktu politikas instrumentu ieviešanas ekonomisko ietekmi, noteikts vidējais siltumenerģijas ražošanas tarifs katrā no scenārijiem. 2.8.attēlā redzamas, ka būtiskākās atšķirības uz siltumenerģijas tarifu rada fosilo nodokļu palielināšana, un šajā scenārijā siltumenerģijas ražošanas tarifs pieaug par 2% salīdzinot ar Bāzes scenāriju. Pārējie politikas instrumenti rada minimālu ietekmi uz vidējo siltumenerģijas tarifu.

3. REKOMENDĀCIJAS

Nodevumā izmantota sistēmdinamikas modelēšanas metode un izveidots detalizēts CSA simulācijas modelis, kas ļauj novērtēt dažādu CSA regulācijas režīmu ietekmi uz galvenajiem siltumenerģijas ražošanas rādītājiem. Modelī integrēti tādi inovatīvi risinājumi, kā siltumtīklu temperatūras pazemināšana, siltumsūkņu izmantošana, utilizējot atjaunojamās elektroenerģijas pārpalikumus, kā arī rūpniecības sektora siltuma pārpalikumu izmantošana.

Nodevumā analizēti vairāki CSA sistēmas regulācijas režīmi un politikas instrumenti. Tiek novērtēts aizliegums uzstādīt jaunas fosilo energoresursu sadedzināšanas iekārtas un obligāta ekonomiski pamatota siltumenerģijas pārpalikumu integrēšana. Lai pastiprinātu šo regulācijas režīmu ietekmi, papildus tiek simulēts fosilo nodokļu pieaugums un atbalsts siltumsūkņu investīcijām, lai veiksmīgāk integrētu siltuma pārpalikumus un izmantotu atjaunojamo elektroenerģiju.

Simulācijas rezultāti rāda, ka DRN palielināšana CO₂ emisijām, CO₂ emisiju kvotu cenas paaugstināšana, kā arī akcīzes nodokļa paaugstināšana dabasgāzei sniedz vislielāko piesešumu AER īpatsvara palielināšanai CSA, samazinot dabasgāzes patēriņu siltumenerģijas ražošanai. Tomēr nodokļu paaugstināšana papildus rada 11 milj. eiro lielas izmaksas, salīdzinot ar Bāzes scenāriju un par 2% paaugstina vidējo siltumenerģijas tarifu. Lai mazinātu nodokļu paaugstināšanas negatīvo ietekmi, nepieciešams sniegt papildus atbalstu AER tehnoloģijām un siltuma pārpalikumu integrēšanai.

Iegūtie sistēmdinamikas modeļa rezultāti rāda, ka jaunu fosilo siltumenerģijas ražošanas jaudu uzstādīšanas ierobežojums CSA neietekmē pāreju uz plašāku AER tehnoloģiju izmantošanu, jo turpina darboties uzstādītās dabasgāzes iekārtas, bet jaunu iekārtu uzstādīšana nav ekonomiski pamatota. Līdz ar to, nepieciešams koncentrēties uz citiem politikas instrumentiem, kas veicinātu esošo fosilo iekārtu pakāpenisku nomaiņu.

Simulācijas rezultāti liecina, ka obligāta siltuma pārpalikumu integrēšana CSA sniegtu nelielu ieguldījumu primāro resursu samazināšanā, jo noteiktais tehniski ekonomiski pamatoto siltuma pārpalikumu potenciāls no rūpniecības uzņēmumiem ir neliels. Tomēr Latvijā kā valstī ar attīstītu pakalpojumu sektoru var tikt identificēts papildus siltuma pārpalikumu daudzums no datu centriem un komercsektora ēkām, kas varētu palielināt siltuma pārpalikumu īpatsvaru CSA. Līdz ar to, tiek rekomendēts veikt papildus siltuma pārpalikumu identificēšanu nacionālā un lokālā līmenī.

Noteiktie siltumapgādes sektora attīstības scenāriji rāda, ka, kombinējot vairākus politikas instrumentus, iespējams sasniegt līdz pat 94% AER īpatsvaru CSA, būtiski nepalielinot siltumenerģijas ražošanas izmaksas. Līdz ar to, tiek rekomendēts noteikt ambiciozus mērķus CSA, lai 2050.gadā sasniegtu klimatneitrālu, energoefektīvu un ekonomiski pamatotu siltumapgādi. Papildus nepieciešams izvērtēt politikas instrumentus individuālajā siltumapgādē, lai nemazinātu CSA konkurētspēju ar individuālajiem siltumavotiem.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- [1] I. Pakere, D. Lauka, and D. Blumberga, "Does the Balance Exist between Cost Efficiency of Different Energy Efficiency Measures? DH Systems Case," *Energies*, vol. 13, no. 19, 2020, doi: 10.3390/en13195151.
- [2] K. Difs, "National energy policies: Obstructing the reduction of global CO2 emissions? An analysis of Swedish energy policies for the district heating sector," *Energy Policy*, vol. 38, no. 12, pp. 7775–7782, 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.037>.
- [3] P. Jie, Z. Tian, S. Yuan, and N. Zhu, "Modeling the dynamic characteristics of a district heating network," *Energy*, vol. 39, no. 1, pp. 126–134, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.01.055>.
- [4] I. Gabrielaitiene, B. Bøhm, and B. Sunden, "Modelling temperature dynamics of a district heating system in Naestved, Denmark—A case study," *Energy Convers. Manag.*, vol. 48, no. 1, pp. 78–86, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.05.011>.
- [5] R. Abdurafikov *et al.*, "An analysis of heating energy scenarios of a Finnish case district," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 32, pp. 56–66, 2017, doi: 10.1016/j.scs.2017.03.015.
- [6] R. Büchele, L. Kranzl, and M. Hummel, "What is the impact of the policy framework on the future of district heating in Eastern European countries? The case of Brasov," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 19, pp. 72–75, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.12.003>.
- [7] M. Mutingi, C. Mbohwa, and V. P. Kommula, "System dynamics approaches to energy policy modelling and simulation," *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 532–539, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.071>.
- [8] F. Romagnoli, A. Barisa, I. Dzene, A. Blumberga, and D. Blumberga, "Implementation of different policy strategies promoting the use of wood fuel in the Latvian district heating system: Impact evaluation through a system dynamic model," *Energy*, vol. 76, pp. 210–222, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.046>.
- [9] J. Ziemele, A. Gravelsins, A. Blumberga, G. Vigants, and D. Blumberga, "System dynamics model analysis of pathway to 4th generation district heating in Latvia," *Energy*, vol. 110, pp. 85–94, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.073>.
- [10] A. Kamenders, L. Vilcane, Z. Indzere, and D. Blumberga, "Heat Demand and Energy Resources Balance Change in Latvia," *Energy Procedia*, vol. 113, pp. 411–416, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.04.025.
- [11] D. Blumberga, I. Veidenbergs, D. Lauka, and V. Kirsanovs, "Report on heat supply in Latvia (in Latvian)," 2018, [Online]. Available: https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2021/02/DHCS_lv_1_nodevums_g_c.pdf.
- [12] Energistyrelsen, "Technology Data." <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data> (accessed Dec. 14, 2021).
- [13] Centrālās Statistikas Pārvalde, "Siltumenerģijas bilance reģionos." https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START_NOZ_EN_ENB/ENB150/table/tableViewLayout1/ (accessed Dec. 14, 2021).
- [14] I. Pakere, A. Gravelsins, D. Lauka, and D. Blumberga, "Will there be the waste heat and boiler house competition in Latvia? Assessment of industrial waste heat," *Smart Energy*, vol. 3, p. 100023, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100023>.