



VPP

Valsts pētījumu
programma

Enerģētika

Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti, VPP-EM-2018/NEKP_0001

***MODEĻU UZTURĒŠANA UN
PARAMETRU AKTUALIZĒŠANA.
DATU PIEEJAMĪBAS ANALĪZE***

**Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, projekts
“Enerģētikas un klimata modelēšana virzībā uz oglekļa neitralitāti”, projekta
Nr. VPP-EM-2018/NEKP_0001**

MODEĻU UZTURĒŠANA UN PARAMETRU AKTUALIZĒŠANA. DATU PIEEJAMĪBAS ANALĪZE, 2020. gads, 60 lpp.,

Izstrādāja

Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Latvijas Universitātes Biznesa, vadības un ekonomikas fakultāte

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Meža fakultāte un Vides un ūdenssaimniecības katedra

Autori

Andra Blumberga, Dr.sc.ing., profesore

Gatis Bažbauers, Dr.sc.ing., profesors

Dagnija Blumberga, Dr.habil.sc.ing., profesore

Dzintars Jaunzems, Dr.sc.ing., vadošais pētnieks

Dzintra Slišāne, M.sc.ing., pētnieks

Linda Ieviņa, M.sc.env., zinātniskais asistents

Pauls Asaris, zinātniskais asistents

Jurģis Plankājs, zinātniskais asistents

Ieva Delvere, zinātniskais asistents

Zane Feodorova, zinātniskais asistents

Luis Alens Balodis zin. Asistents

Gundars Bērziņš, Dr.oec.

Edgars Brēķis, Dr.oec.

Jānis Priede, Dr. oec.

Rīta Freimane, Mg.math.

Līga Leitāne, Mg.oec.,Mg.iur.

Dagnis Dubrovskis, Dr.silv., profesors

Salvis Daģis, M.sc.ing., pētnieks

Ainis Lagzdiņš, Dr.sc.ing., profesors, vadošais pētnieks

Ritvars Sudārs, Dr.sc.ing., profesors, vadošais pētnieks



RTU
VASSI



SATURS

Saturs	4
levads	6
1. TIMES modelis – aktualizēšana un datu pieejamība	7
1.1. Rūpniecības sektors	7
1.2. Komerccsektors	9
1.3. Mājsaimniecību sektors	14
1.4. Lauksaimniecības sektors	16
1.5. Enerģijas pārveides sektors	17
1.6. Transporta sektors	18
1.7. Energoresursu piedāvājums	22
1.8. ETS un ne-ETS dalījums	22
1.9. Gala procesu pieprasījums	22
2. TIMES scenāriji un rezultāti	24
2.1. TIMES scenāriju apraksts	24
2.1.1. References scenārijs	24
2.1.2. Bāzes scenārijs	24
2.1.3. NEKP scenārijs	25
2.1.4. Bāzes scenārijs ar kumulatīvā enerģijas galapatēriņa ietaupījuma mērķi. 25	
2.1.5. NEKP scenārijs ar kumulatīvā enerģijas galapatēriņa ietaupījuma mērķi. 26	
2.1.6. Attīstības scenāriju korigēšana un papildināšana	26
2.2. Scenāriju rezultāti	26
2.2.1. References scenārija rezultāti	26
2.2.2. Bāzes scenārija rezultāti	27
2.2.3. NEKP2030 politiku scenārijs	28
2.2.4. NEKP2030 mērķa scenārijs	30
2.2.5. Bāzes mērķa scenārijs	32
2.2.6. Scenāriju salīdzinājums	33
3. Sistēmdinamikas modeļa aktualizēšana un papildināšana	35
3.1. Pāreja no modelēšanas rīka “Powersim” uz “Stella Architect”	35
3.2. Internetā bāzēta lietotāja saskarne	36
3.3. Modeļa papildināšana ar papildus moduļiem	37
3.4. Enerģētikas kopienas apakšmodelis	38
3.5. Energoefektivitātes pienākumu shēma	45
3.6. Atlikumu siltuma izmantošana centralizētajā siltumapgādes sistēmā	48
3.7. Secinājumi	49

4.	Modeļu sasaistes īstenošana	50
4.1.	EnergyPLAN un TIMES.....	50
4.2.	Sistēmdinamikas modelis un TIMES modelis.....	52
4.4.	Meža eksperts, Sistēmdinamikas modelis un TIMES modelis	56
5.	Lauksaimniecības sektora vides piesārņojuma indikatori un darbības dati lauksaimniecībā	59
	Literatūras un avotu saraksts	60

IEVADS

Enerģētikas sistēmā jau šobrīd notiek ievērojamas pārmaiņas, ko vēl vairāk pastiprinās 2019. gada nogalē apstiprinātā Eiropas Savienības (ES) attīstības stratēģija “Eiropas Zaļais kurss” un tajā ietverto visaptverošo pasākumu kopums, ar ilgtermiņa mērķi panākt ES klimata neitralitāti līdz 2050. gadam.

Eiropas Savienība ir pasaules līdere enerģijas un klimata politikas nākotnes izaicinājumu kontekstā – gan ar savu aktīvo dialogu par šiem jautājumiem, gan ar ambicioziem mērķiem (Eiropas Zaļais Kurss un klimatneitralitātes mērķis 2050. gadā), gan ar plānoto visas tautsaimniecības transformāciju ilgtspējības virzienā. Ir skaidrs, ka arī Latviju sagaida šie izaicinājumi un mums jau šobrīd ir jāspēj pārorientēties un atrast mūsu situācijai optimālāko rīcības virzienu un pasākumu kombināciju, kas aptver visus tautsaimniecības sektorus un to savstarpējās ietekmes.

Lai raisītu plašāku diskusiju par modelēšanas iespējām enerģijas un klimata politikas kontekstā, ir jāspēj rast atbildes uz sekojošiem jautājumiem – kur Latvija šobrīd atrodas un ko tas mums dod? Kur mēs vēlamies un varam nokļūt 2030. gadā? Un kur 2050. gadā? Kādi varētu būt šie attīstības scenāriji? Kā transformēties no īstermiņa ieguvumu vīlinājuma uz rīcību, kam rezultāti ir ilgtermiņā? Vai vajag inovatīvas politikas, vai tomēr pietiks tikai ar inovatīvām tehnoloģijām?

Šobrīd projekta ietvaros tiek veidota Latvijas enerģētikas ilgtermiņa modelēšanas sistēma, ņemot vērā gan Latvijas Enerģijas un klimata plāna 2030, gan saistošās gan vidēja, gan ilgtermiņa ES stratēģijas un normatīvo aktu prasības.

1. TIMES MODELIS – AKTUALIZĒŠANA UN DATU PIEEJAMĪBA

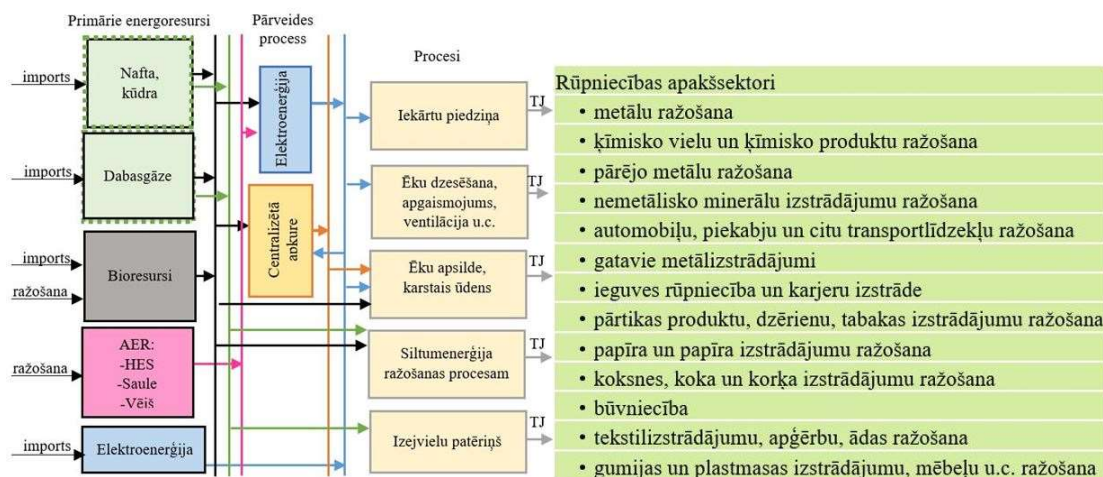
TIMES modelis ir attīstīts un pilnveidots, lai pēc iespējas korektāk aprakstītu esošos tautsaimniecības sektorus un apakšsektorus, tur notiekošos procesus un apakšprocesus. TIMES modeļa struktūra tika pielāgota esošajai situācijai.

Ņemot vērā faktu, ka nav pieejami dažādi specifiski enerģijas patēriņa dati dažādos sektoros un apakšsektoros, kā arī tur notiekošajos procesos un apakšprocesos, ir veikta padziļināta izpēte un analītiskie pētījumi, lai šīs datu nepilnības novērstu.

Veiktās darbības ir būtiski uzlabojušas TIMES modeļa precizitāti un ļaus atbilstošāk pielietot scenārijos iekļautās politikas un politikas instrumentus.

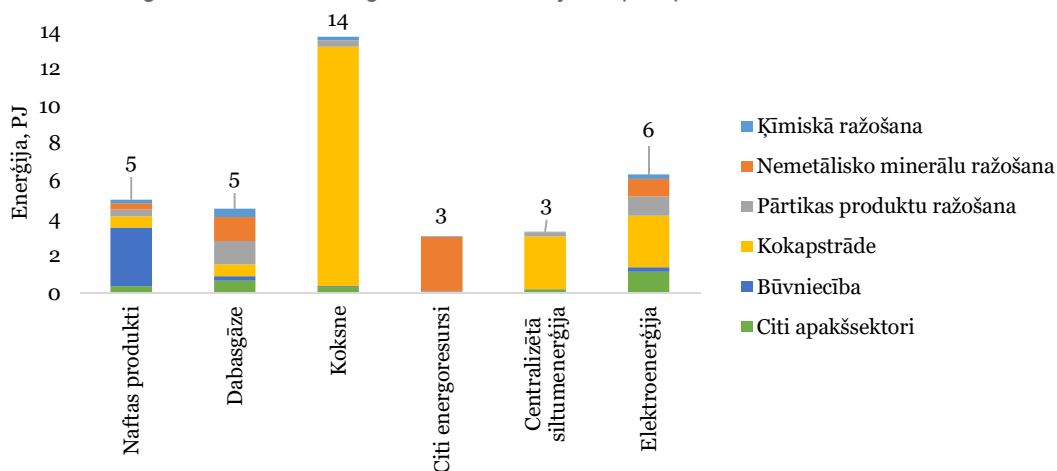
1.1. Rūpniecības sektors

Rūpniecības sektors ir trešais lielākais enerģijas patērētājs Latvijā, sastādot 21% no visas 2017. gadā patērētās enerģijas. Rūpniecības sektoru Latvijā veido 13 apakšnozares. Lai analizētu rūpniecības sektora attīstību, modeļa struktūra sagatavota atbilstoši energobilancē izdalītajām rūpniecības nozarēm (skat.1.1.att.).



1.1. Energoresursu sadalījums rūpniecības sektora apakšsektoros

Rūpniecības sektorā 38% sastādīja koksnes biomasa, 18% elektrība, 14% naftas produkti un 13% dabasgāze. Primāro energoresursu sadalījums pa apakšnozarēm redzams 1.2.attēlā.



1.2. Energoresursu sadalījums rūpniecības sektora apakšsektoros

Otra lielākā resursu daļa ir elektroenerģija no tīkla, kas veido 6,3 PJ jeb 18% no visiem rūpniecības sektorā izmantotajiem enerģijas resursiem. Elektroenerģiju galvenokārt izmanto koksnes un koka izstrādājumu ražošanā, kas veido 2,7 TJ jeb 43% no kopējās rūpniecībā patērētās elektroenerģijas. Trešo lielāko daļu veido naftas produktu patēriņš, kas vienāds ar 5 PJ jeb 14% no visa enerģijas resursu galapatēriņa. Rūpniecības sektorā tiek plaši izmantota arī dabasgāze, veidojot 4,5 PJ jeb 13% no visiem rūpniecībā patērētajiem enerģijas resursiem 2017. gadā. Dabasgāzi galvenokārt izmanto nemetālisko minerālu izstrādājumu ražošanā, kā arī pārtikas un tabakas apakšnozarē.

Rūpniecības nozarē ir analizēti pieci dažādi gala procesi- izejvielas, elektroenerģijas patēriņš ražošanas iekārtu darbināšanai un citiem procesiem (apgaismojumam, ventilācijas iekārtu, dzesēšanas sistēmu u.c. iekārtu darbināšanai), siltumenerģijas patēriņš ražošanas procesiem un ēku apkurei un karstā ūdens sagatavošanai (skat. 1.1. tabulu).

1.1.tabula

Rūpniecības sektora analizēto gala procesu sadalījums

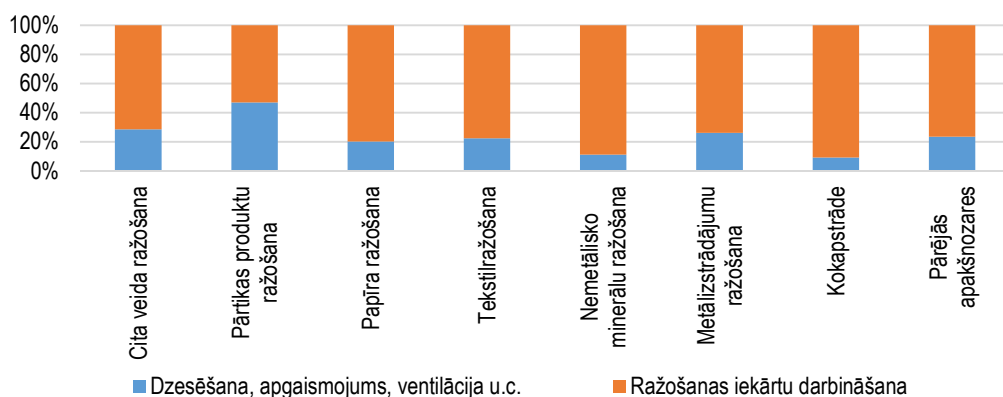
	Gala procesa apzīmējums						Gala procesa apzīmējums				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Metālu ražošana		v	v	v	v	leguves rūpniecība ETS			v	v	
Metālu ražošana ETS				v	v	Papīra ražošana			v	v	v
Ķīmiskā ražošana	v	v	v	v	v	Kokapstrāde	v	v	v	v	v
Ķīmiskā ražošana ETS				v	v	Kokapstrāde ETS				v	v
Pārējo metālu ražošana			v	v	v	Pārtikas produktu ražošana	v	v	v	v	v
Nemetālisko minerālu ražošana			v	v	v	Pārtikas produktu ražošana ETS				v	v
Nemetālisko minerālu ražošana ETS				v	v	Būvniecība	v	v	v	v	v
Transportlīdzekļu ražošana	v	v	v	v	v	Būvniecība ETS				v	v
Transportlīdzekļu ražošana ETS				v		Tekstilražošana			v	v	v
Metālizstrādājumu ražošana			v	v	v	Tekstilražošana ETS				v	v
leguves rūpniecība			v	v	v	Cita veida ražošana	v	v	v	v	v

1 – izejvielas, 2 – ražošana elektroiekārtu darbināšanai, 3 – siltumenerģija ražošanas procesiem, 4 – siltumenerģija apkurei un karstajam ūdenim, 5 – dzesēšana, ventilācija, apgaisojums u.c. procesi

Dažās nozarēs tika analizēti visi procesi (ķīmiskā ražošana; transportlīdzekļu ražošana), bet nozarēs, kas iekļautas ETS sektorā, tiek izdalīti tikai divi gala procesi (siltumenerģija ražošanas procesiem un siltumenerģija ēku apkurei un karstajam ūdenim).

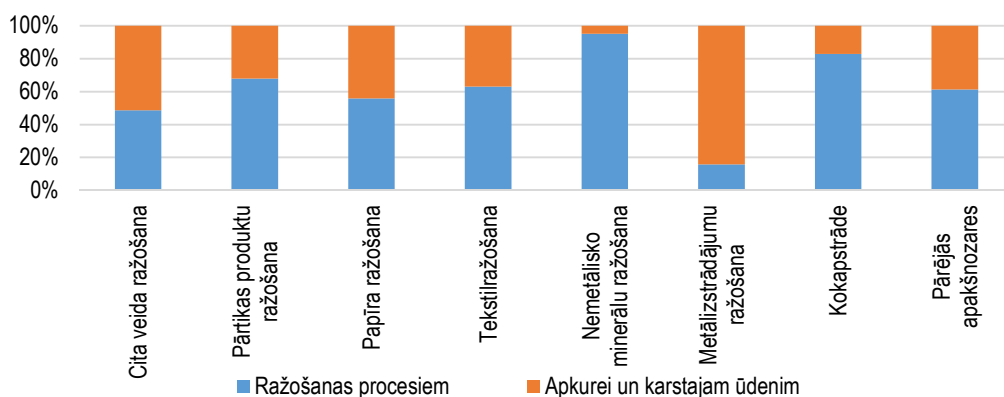
Lai noteiktu katram procesam izmantoto enerģijas avotu īpatsvaru, autori izmantoja datus no rūpnieciskajiem energoaudita, kas veikti laika posmā no 2016. līdz 2018.gadā un apkopoti projekta Ceļvedis uz energoefektīvu Latvijas nākotni (EnergyPath) [1] ietvaros. Lai noteiktu dažādu enerģijas avotu sadalījumu, tika analizēta 122 dažādu uzņēmumu enerģijas bilance.

Elektroenerģijas patēriņš rūpniecības sektorā ir sadalīts divās lielās daļās - elektrība, kas tiek izmantota ražošanas iekārtu darbināšanai, lai nodrošinātu ražošanas procesus, un elektroenerģija palīgprocesiem - dzesēšanai, apgaisojumam, ventilācijai un citiem līdzīgiem ar tiešo ražošanu nesaistītajiem procesiem. Lielākajā daļā rūpniecības apakšnozaru ražošanas iekārtu darbināšanai tiek izmantoti aptuveni 77% līdz 81% no kopējās elektroenerģijas (skat.1.3.att.). Lielāks elektroenerģijas patēriņš mašīnu piedziņai ir nemetālisko minerālu un kokapstrādes rūpniecības apakšsektorā. Turpretī zemāks elektroenerģijas īpatsvars mašīnu vadīšanai ir pārtikas un tabakas ražošanā - tikai 54%.



1.3.att. Elektroenerģijas patēriņa sadalījums ražošanas apakšsektoros

Siltumenerģijas un kurināmo patēriņš modelī sadalīts siltumenerģijā, kas tiek izmantota telpu apkurei un karstā ūdens sagatavošanai, un siltumenerģijā priekš ražošanas procesiem (karsēšana, žāvēšana, sildīšana u.c.). Siltumenerģijas patēriņa sadalījumā apakšnozarēs ir būtiskākas atšķirības, salīdzinot ar elektroenerģijas sadalījumu (skat.1.4.att.). Dažās apakšnozarēs ražošanas procesam nepieciešamā siltumenerģija sastāda mazāk nekā pusi no kopējā siltumenerģijas patēriņa. Tomēr ir apakšnozares, kurās pat vairāk nekā 90% siltuma tiek izmantoti ražošanas procesā, piemēram nemetālisko minerālu ražošanā.



1.4.att. Siltumenerģijas un kurināmo patēriņa sadalījums ražošanas apakšsektoros

Modelī tiek pieņemts, ka visiem izmantotajiem energoresursiem noteiktais sadalījums gala patēriņam ir vienāds. Apkopotās energoauditu bilances neaptvēra daļu no analizētajām apakšnozarēm. Ķīmiskās ražošanas, pārējo metālu ražošanā, ieguves rūpniecībā, būvniecībā, metālu ražošanā un transportlīdzekļu ražošanā elektroenerģijas un siltumenerģijas patēriņa sadalījums noteikts kā vidējā vērtība starp pārējiem sektoriem.

1.2. Komerccsektors

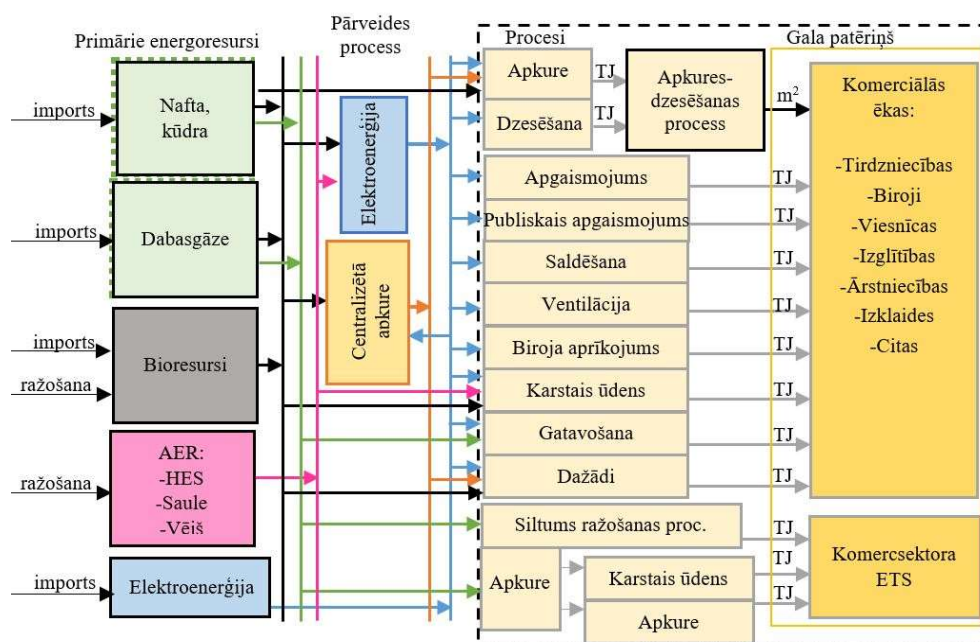
Komerccsektorā 2017. gadā tika patērēti 15% no kopējā galapatēriņa, kas ir vienāda ar 25 PJ. Elektroenerģija ir galvenais komerccsektorā izmantotais resurss, sasniedzot gandrīz 10 PJ jeb 43% no kopējās 2017. gadā patērētās elektroenerģijas. Komerccsektorā tika izmantoti aptuveni 6 PJ centralizētās siltumenerģijas jeb 24% no kopējā galapatēriņa, kā arī 27% no kopējā dabasgāzes patēriņa (3,7 PJ).

Komerčiālais un sabiedriskais sektors ietver gan privāto, gan valsts pakalpojumu sektoru. Šajā sektorā ietilpst dažādas ēkas ar atšķirīgiem enerģijas patēriņa līmeņiem, tādēļ šis sektors tiek sīkāk sadalīts septiņos apakšsektoros, balstoties uz galvenajiem ēku izmantošanas veidiem un to platībām, kas apkopotas Ekonomikas Ministrijas ziņojumā “Ēku atjaunošanas ilgtermiņa stratēģija”[2] (skat. 1.2.tabulu).

1.2.tabula

Apakšsektors	Kopējais enerģijas patēriņš 2017.gadā		Kopējā platība 2017.gadā	
	TJ	%	m ²	%
Vairumtirdzniecības un mazumtirdzniecības ēkas (Tirdzniecība)	4085	16.04	4920	15.90
Biroju ēkas	4893	19.21	6510	21.03
Viesnīcu ēkas	2511	9.86	2310	7.46
Skolas, universitātes un zinātniskās pētniecības ēkas (Izglītības iestādes)	5144	20.20	6940	22.42
Ārstniecības vai veselības aprūpes iestāžu ēkas (Ārstniecības iestādes)	2281	8.96	2020	6.53
Plašizklaides pasākumu ēkas, sporta ēkas, muzeji un bibliotēkas, kulta ēkas, kultūrvēsturiskie objekti (Izklaides ēkas)	2506	9.84	3320	10.73
Citas ēkas (garāžas, sakaru centri, termināļi)	3344	13.13	4930	15.93
Komerccsektora ETS	704	2.76	-	-
Kopā	25468	100.00	30950	100.00

Resursu patēriņš gandrīz visās komerciālajās apakšnozarēs ir sadalīts desmit procesos - apkure, dzesēšana, ēdiena gatavošana, apgaismojums, sabiedriskais apgaismojums, saldēšana, ventilācija, karstā ūdens sagatavošana, biroja tehnika un citi. Tika izveidots jauns apkures un dzesēšanas pieprasījuma starpprocess – pieprasījums pēc apkures un dzesēšanas platības (m²), lai precīzāk iestrādātu politikas pasākumus attiecībā uz ēku energoefektivitāti (skat.1.5.att.). Pieprasījumu pēc apkures un dzesēšanas platības (m²) ietekmē tādi pieprasījuma virzītāji kā IKP pieaugums un elastība ar IKP.



1.5.att. Komerccsektora procesu shēma

Komerccsektorā kā ETS dalībnieki iekļauti atsevišķi uzņēmumi, kas galvenokārt nodrošina dažādus ražošanas procesus. TIMES modelī tie ir sadalīti atsevišķi un procesi tiek piemēroti

līdzīgi rūpniecības nozarei – siltumenerģija ražošanas procesiem un siltumenerģija ēkas apkurei un karstajam ūdenim.

Pieejamie statistikas dati pieejami tikai par kopējo primāro enerģijas avotu, siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņu visā komerciālajā un sabiedriskajā sektorā. Šis kopējais enerģijas patēriņš pa apakšsektoriem, kas redzams 1.2.tabulā, sadalīts balstoties uz dažādiem īpatnējā patēriņa rādītāju pieņēmumiem un aprēķiniem.

Galvenie aprēķinu ievaddati ir dažādu veidu ēku platība –tirdzniecības, biroju ēku, viesnīcu ēku, izglītības iestāžu, ārstniecības iestāžu, izklaides ēku un citu ēku. 1.3. tabulā ir apkopoti galvenie pieņēmumi, kas saistīti ar enerģijas patēriņa sadalījumu.

Siltumenerģijas patēriņš ēku apkurei tika aprēķināts, pieņemot dažādus ēkas efektivitātes līmeņus (īpatnējais siltumenerģijas patēriņš apkurei) saskaņā ar publicētajiem pārskatiem par dažādu ēku īpatnējā patēriņa rādītājiem [2]–[4] . Atjaunotās un jaunuzceltās ēkas ir izdalītas, pieņemot, ka to efektivitātes līmenis atbilst noteiktajām prasībām bāzes gadā [5]. Tā kā visās ēkās nav nepieciešams uzturēt noteiktu iekštelpu temperatūru, autori izdarījuši pieņēmumu, ka tiek apsildīta tikai daļa no kopējās ēku platības.

1.3.tabulā redzams, ka īpatnējais karstā ūdens patēriņš augstākās viesnīcās un slimnīcās, jo tiek piemēroti augsti mazgāšanas un tīrīšanas standarti [6]. Daļa ēku tiek mehāniski vēdināta, lai nodrošinātu nepieciešamo gaisa apmaiņu. Ņemot vērā ēku vecuma struktūru un vēsturiskās būvniecības prasības, tiek pieņemts, ka mehāniskā ventilācija ir plašāk izplatīta jaunajās un atjaunotajās ēkās nekā esošajās ēkās. Siltumenerģijas patēriņš ventilācijai ir aprēķināts līdzīgi kā apkures patēriņš, pieņemot mehāniski ventilējamās platības daļu un vidējo ventilācijas elektroenerģijas patēriņu [7]. Medicīnas un izklaides ēkām tiek pieņemtas augstākas vērtības, jo ir augstākas prasības attiecībā uz gaisa apmaiņas ātrumu.

1.3.tabula

Pieņēmumi enerģijas patēriņa sadalījumam pa apakšsektoriem

Parametrs	Tirdzniecības ēkas						
	Biroji	Veikali	Izglītības	Ārstniecības	Izklaides	Citas ēkas	
Apkūrināmās platības īpatsvars	85%	80%	75%	80%	80%	70%	30%
Īpatnējais siltumenerģijas patēriņš apkurei, kWh/m²							
esošās ēkas	130	140	135	160	160	150	120
atjaunotas ēkas				110			
jaunuzceltās ēkas				100			
Īpatnējais siltumenerģijas patēriņš karstā ūdens sagatavošanai, kWh/m²	10	10	35	21	24	10	5
Mehāniski ventilējamās telpas daļa							
esošās ēkas	60%	50%	50%	30%	50%	30%	30%
atjaunotas ēkas	70%	70%	70%	50%	70%	60%	40%
jaunuzceltās ēkas	80%	80%	80%	60%	80%	70%	50%
Elektroenerģijas patēriņš ventilācijai, kWh/m²	20	20	20	20	30	30	20
Ēkas platības daļa ar telpas dzesēšanu							
esošās ēkas	40%	50%	60%	40%	40%	20%	5%
atjaunotas ēkas	60%	70%	70%	50%	70%	60%	5%
jaunuzceltās ēkas	80%	80%	80%	60%	80%	70%	20%
Īpatnējais dzesēšanas patēriņš, kWh/m²	53	53	40	40	53	40	20
Vidējais minimālais apgaismojuma līmenis, luks	369	383	314	352	457	325	291
Īpatnējais apgaismojuma enerģijas patēriņš, kWh/m²	29	14	12	10	34	13	20

Elektroenerģijas patēriņš telpas dzesēšanai ir noteikts pēc iepriekš veiktajos pētījumos piedāvātās metodikas[8]. Līdzīgi, kā iepriekšējos aprēķinos, autori pieņem kopējās platības daļu, kurās tiek uzturēta pazemināta temperatūra siltākajos periodos, un konkrētā tipa ēkas īpatnējo

dzesēšanas patēriņu. Augstākas dzesēšanas prasības tiek pieņemtas mazumtirdzniecības, biroju un medicīnas ēkās[9].

Apgaismojumam patērētās elektroenerģijas daudzums noteikts balstoties uz minimālā apgaismojuma līmeņa prasībām dažādu veidu ēkās [10].

$$SPC_{apg} = \sum \frac{I_i \beta_{i,j}}{\eta_j} \quad (1)$$

kur

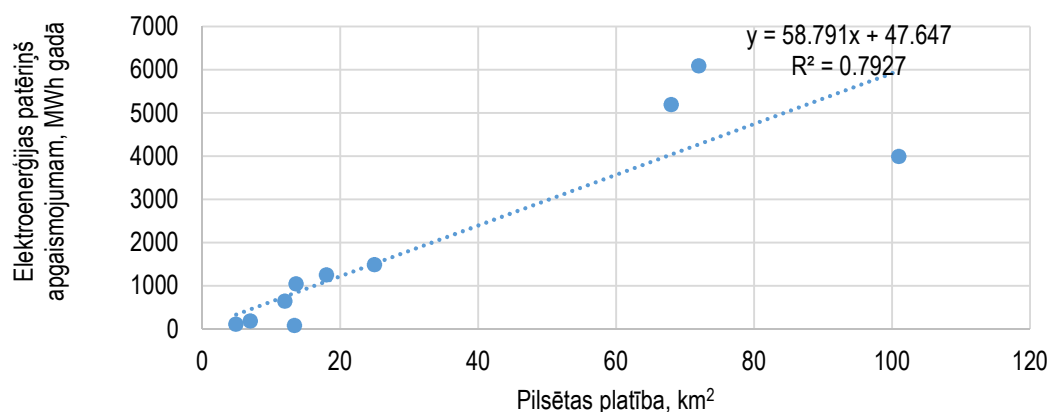
I_i – apgaismojuma līmeņa prasības i ēku veidā, lm/m^2 ;

$\beta_{i,j}$ –spuldžu j izmantošana ēkās i ;

η_j - spuldžu j efektivitāte, lm/W .

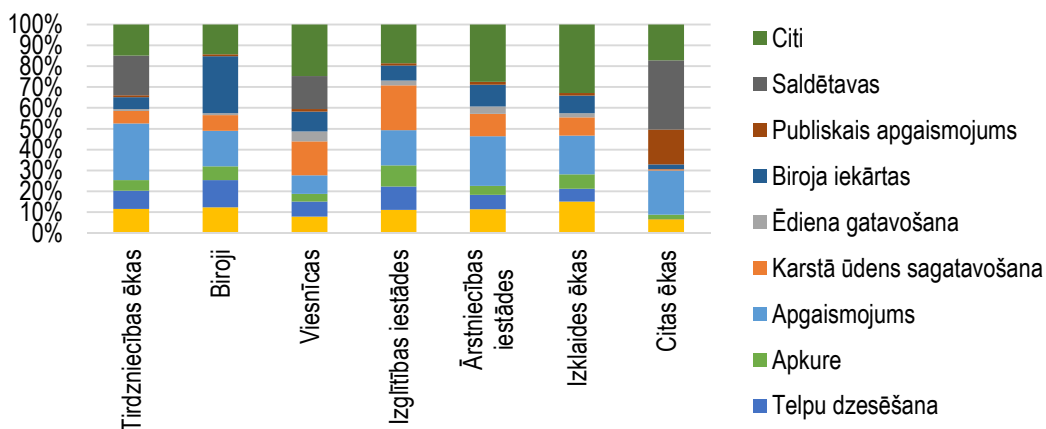
Autori pieņem, ka komercsektora ēkās tiek izmantoti trīs dažādu veidu gaismekļi - LED apgaismojums (vidējais īpatsvars 44%; vidējā efektivitāte 100 lm/W), energoefektīvie gaismekļi, ieskaitot luminiscējošās un halogēnās spuldzes (vidējais īpatsvars 43%; vidējā efektivitāte 56 lm/W) un neefektīvie gaismekļi (vidējais īpatsvars 13%; vidējā efektivitāte 15 lm/W [11]).

Lai noteiktu enerģijas patēriņa daudzumu, kas nepieciešams ielu apgaismošanai un publiskajam apgaismojumam, autori ir identificējuši elektroenerģijas patēriņu sabiedriskā apgaismojuma nodrošināšanai vairākās pilsētās, galvenokārt balstoties uz pašvaldību ilgtermiņīgās enerģijas rīcības plāniem. Izmantojot regresijas analīzes metodi tika noteikts aptuvenais elektroenerģijas patēriņš atkarībā no apdzīvotās vietas platības (skat.1.6. att.). Regresijas vienādojuma izmantošana ļauj novērtēt kopējo publiskā apgaismojuma elektroenerģijas patēriņu visās apdzīvotajās vietās Latvijā un iekļaut to kopējā komercsektora enerģijas bilancē.



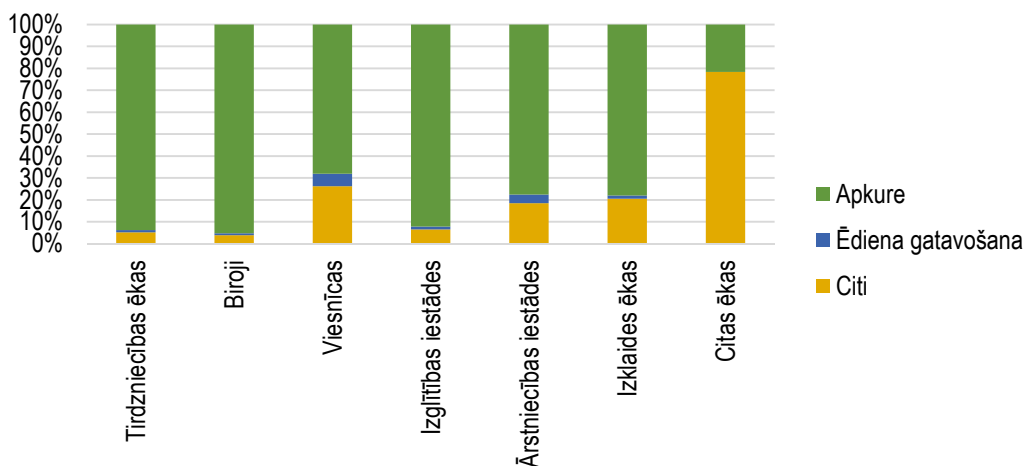
1.6.att. Regresijas analīze elektroenerģijas patēriņa publiskajam apgaismojumam un pilsētas platības korelācijas noteikšanai.

Noteiktā elektroenerģijas patēriņa struktūra dažādos apakšsektoros redzama 1.7. attēlā. Tirdzniecības ēkās, kā arī ārstniecības iestāžu un izklaides ēkās lielākā daļa elektrības tiek tērēta apgaismojumam. Biroju ēkās biroja aprīkojums patērē visvairāk enerģijas, bet viesnīcu un izglītības ēkās lielāka daļa tiek izmantota ūdens sildīšanai.



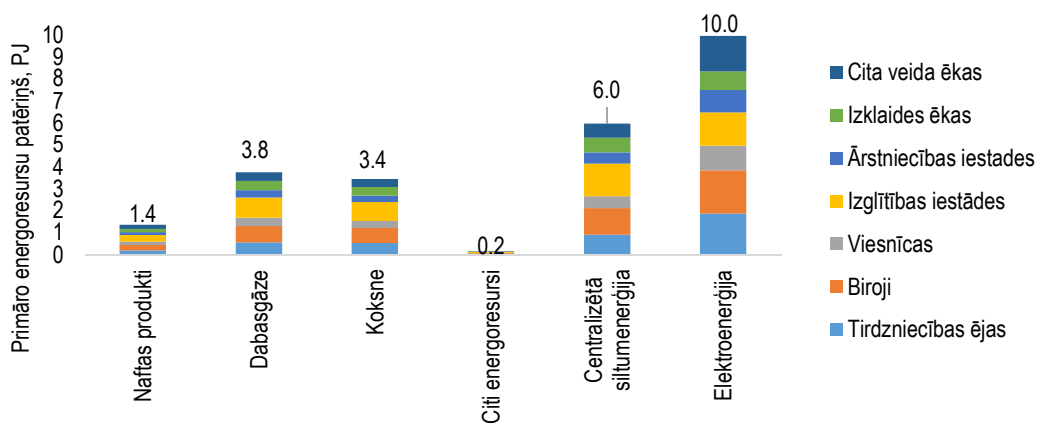
1.7.att. Elektroenerģijas patēriņa sadalījums

Siltumenerģija no centralizētās siltumapgādes un primārie energoresursi komercsektorā tiek izmantoti trim procesiem - ūdens sildīšanai, telpas sildīšanai un citiem procesiem, piemēram, ēdiena gatavošanai, dažādu iekārtu darbināšanai u.tml.



1.8.att. Siltumenerģijas patēriņa un energoresursu sadalījums komercsektora apakšsektoros

Gandrīz visās komercsektora apakšnozarēs siltumenerģija un primārie energoresursi galvenokārt tiek izmantoti telpu apkurei un tikai neliela daļa ūdens sildīšanai (skat. 1.8. att.).



1.9.att. Primāro energoresursu sadalījums komercsektora apakšsektoros

1.9.attēlā redzams komercsektorā patērēto primāro energoresursu sadalījums 2017.gadā, kas noteikts atbilstoši augstāk aprakstītajai metodikai un pieņēmumiem.

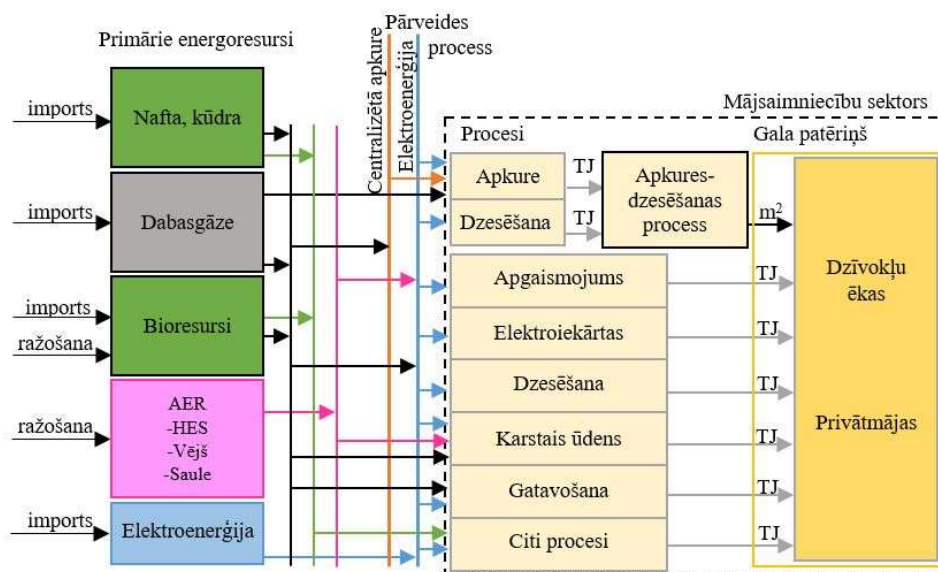
1.3. Mājsaimniecību sektors

Otra lielākā galapatēriņa daļa tiek patērēta mājsaimniecību sektorā, sasniedzot 29% no kopējā gala patēriņa. Lielāko daļu no tā veido koksnes biomasas patēriņš, kas vienāds ar 21 PJ. 2017. gadā mājsaimniecību sektorā tika izmantoti gandrīz 6 PJ elektroenerģijas jeb 26% no kopējā elektroenerģijas patēriņa. Lai gan dabasgāze sastāda tikai 9% no kopējā galapatēriņa mājsaimniecību sektorā, tā veido 34% no visas Latvijā izmantotās dabasgāzes.

Mājsaimniecību sektors tika sadalīts divās galvenajās patērētāju grupās- viengimeņu mājas un daudzdzīvokļu ēkas, jo abas izmanto dažādus enerģijas resursus un to patēriņš ir atšķirīgs. Tiek pieņemts, ka viengimeņu mājas nav pieslēgtas centralizētajiem siltumapgādes tīklam, bet daļa daudzdzīvokļu māju ir pieslēgtas centralizētajai siltumapgādei.

TIMES modelī analizētie procesi mājsaimniecības sektorā ir apkure, dzesēšana, karstā ūdens sagatavošana, telpu dzesēšana, apgaismojums, ēdiena gatavošana, elektriskās ierīces un citi lietojumi (skat.1.10.att.).

Dzīvojamo māju sektorā, tāpat kā komerciālajā sektorā, tiek radīts jauns process – pieprasījums pēc apkures un dzesēšanas platības (m²), lai precīzāk iekļautu politikas pasākumus, kas saistīti ar ēku energoefektivitāti.



1.10.att. Mājsaimniecības sektora procesu shēma

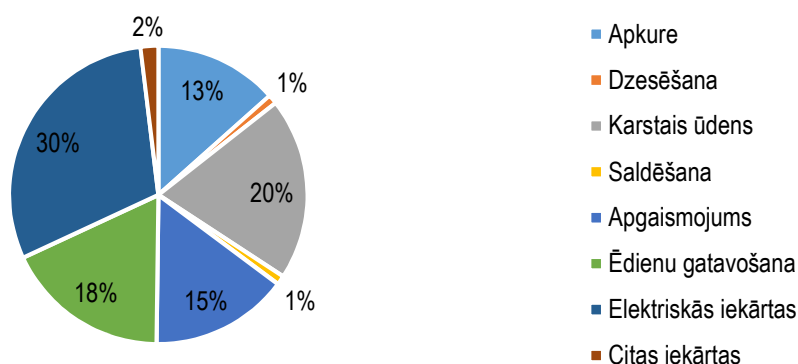
Apkures un dzesēšanas procesi ir definēti kā primārie procesi, turpretī pārējie procesi, piemēram, ēdiena gatavošana, apgaismojums un citi, tiek atzīmēti kā galīgais pieprasījums, un tie tiks analizēti dažādos scenārijos. Ir arī pētījumi, kur dzīvojamo ēku platība ir noteikta kā pieprasījuma virzītājspēks apkurei mājsaimniecību sektorā [12].

Enerģijas patēriņa sadalīšanā izmantota pieejamā informācija par viengimeņu māju un daudzdzīvokļu ēku platībām [2], kā arī centralizētajai siltumapgādei pieslēgto ēku kopējo platību [13]. Siltumenerģijas patēriņš ēku apkurei tika aprēķināts, pieņemot dažādus ēkas efektivitātes līmeņus jaunās, renovētas un esošajās ēkās. Atjaunotās un jaunuzceltās ēkas ir izdalītas, pieņemot, ka to efektivitātes līmenis atbilst noteiktajām prasībām bāzes gadā [5]. Tā

kā visās ēkās nav nepieciešams uzturēt noteiktu iekštelpu temperatūru, autori izdarījuši pieņēmumu, ka tiek apsildīta tikai daļa no kopējās ēku platības Latvijā.

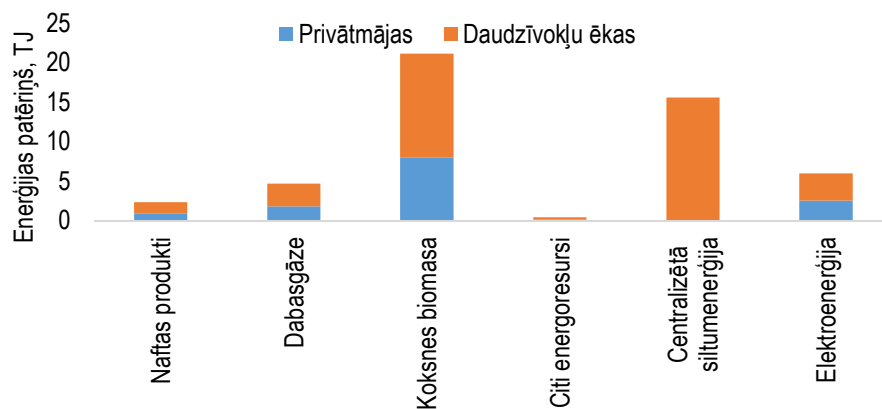
Lai noteiktu ēku vidējo patēriņu apkurei, apkopoti autoru pieejamie dati par vairāk nekā 300 centralizētajai siltumapgādei pieslēgto ēku īpatnējo siltumenerģijas patēriņu. Iegūtais vidējais īpatnējais siltumenerģijas patēriņš apkurei ir 132 kWh/m² gadā.

Daļai no analizēto mājtsaimniecības sektora ēku ir uzstādīti saules kolektori galvenokārt karstā ūdens sagatavošanai vasaras periodā. Šobrīd informācija par šo tehnoloģiju uzstādītajām jaudām vai saražoto siltumenerģijas daudzumu netiek apkopota un nav iekļauta kopējā Latvijas energobilancē. Lai vispusīgi atspoguļotu esošos situāciju Latvijas enerģētikas sektorā, autori Times modelī ir iekļāvuši saules tehnoloģijas karstā ūdens sagatavošanā bāzes gadā, balstoties uz KPFI projektu ietvaros realizētajiem projektiem un uzstādītajām tehnoloģijām 2011. un 2012.gadā. Autori ir apkopājuši publiski pieejamo informāciju par vairāk kā 600 atbalstītajiem projektiem, kas tika realizēti programmā "Atjaunojamo energoresursu izmantošana mājtsaimniecību sektorā", nosakot kopējo uzstādītās saules kolektoru jaudas. Tika noteikts, ka šīs programmas ietvaros tika uzstādīts vidēji 1.6 MW saules kolektoru jaudas katrā no īstenotajā programmas kārtām, ar nosacījumu, ka visi pieteiktie projekti tika realizēti un visas iekārtas darbojas. Pieņemot, ka bez līdzfinansējuma, katru gadu tiek uzstādīts par 50% mazāk saules siltumenerģijas tehnoloģiju jaudas, tika noteikts, ka aptuvenais ar sauli saražotais siltumenerģijas daudzums mājtsaimniecībās ir aptuveni 20 TJ gadā.



1.11.att. Elektroenerģijas patēriņa sadalījums mājtsaimniecību sektorā

Elektroenerģijas patēriņa sadalījums ir līdzīgs viengimeņu mājās un daudzdzīvokļu ēkās, jo patērētāja izturēšanās nav atkarīga no ēkas veida. Lielākā daļa elektrības - 30% tiek patērēta dažādām elektroierīcēm (TV, radio, mobilā uzlāde utt.), 20% tiek izmantoti ūdens sildīšanai, 18% ēdiena gatavošanai, 15% apgaisojumam un 13% apkurei (skat.1.11 att.). Procentuālais energoresursu un elektroenerģijas izlietojuma sadalījums iegūts, izmantojot Odyssee [14] un Eurostat [15] datu bāzi.



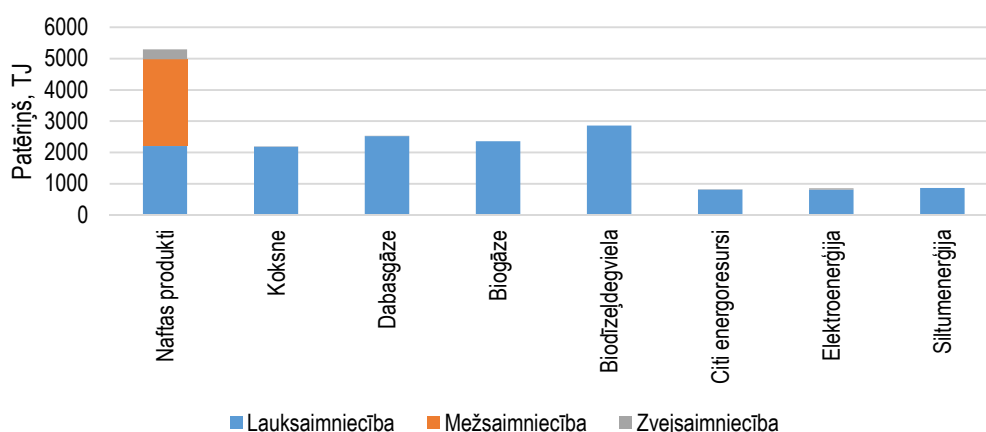
1.12.att. Primāro energoresursu sadalījums mājsaimniecību sektorā 2017.gadā

1.12.attēlā redzams primāro energoresursu sadalījums mājsaimniecības sektorā. Redzams, ka 38% no kopējā koksnes patēriņa tika izmantoti viengimeņu mājās un 62% daudzdzīvokļu ēkās. Daudzdzīvokļu mājās 2017. gadā tika izmantots gandrīz 16 PJ centralizētās siltumapgādes siltumenerģijas.

1.4. Lauksaimniecības sektors

TIMES modeļa lauksaimniecības sektors tiek iedalīts trīs apakšsektoros – lauksaimniecība, mežsaimniecība un zvejsaimniecība. Zvejsaimniecības apakšsektorā patērētais kurināmais noteikts saskaņā ar pieejamajiem CSP datiem. Mežsaimniecības apakšsektorā tiek pieņemts, ka tiek patērēta tikai dīzeļdegviela koksnes ieguvei un apstrādei, kas noteikta balstoties uz īpatnējo rādītāju viena m³ izstrādātā meža[16] (skat.1.13. att.).

Galvenie galapatērētāji lauksaimniecības sektorā ir dažāda veida traktortehnika (machinery) un citi patērētāji (dažādas elektriskās iekārtas, apkure, karstā ūdens sagatavošana u.c.).



1.13.att. Energoresursu patēriņa sadalījums lauksaimniecības sektorā

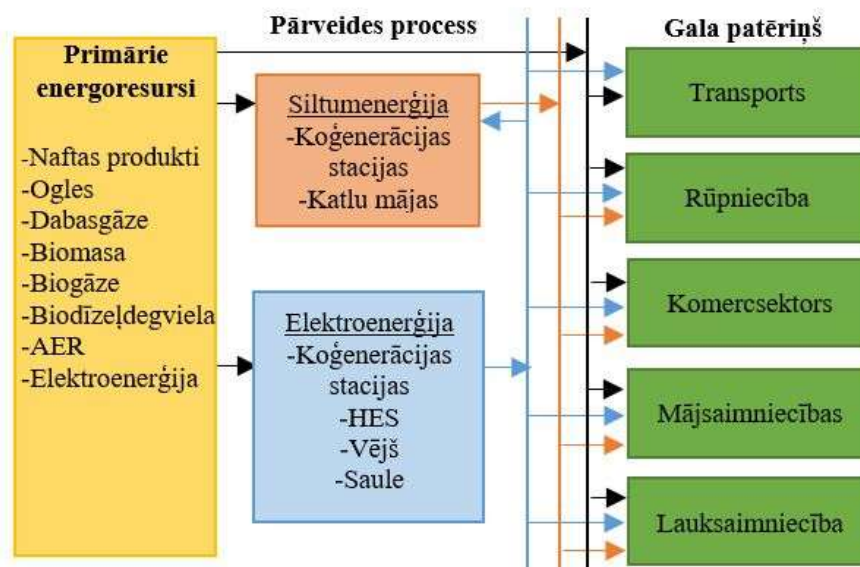
No lauksaimniecības sektorā pieejamajām izejvielām tiek saražota biogāze. Pieejamo izejvielu daudzums noteikts, izmantojot biogāzes sektora sistēmdinamikas modeļa prognozes, kas balstījās uz Latvijas Zemkopības ministrijas prognozēm[17]¹.

¹ Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības rādītāju un SEG emisiju no lauksaimniecības sektora prognoze 2020., 2030. un 2050. gadiem ar papildus pasākumiem emisiju samazināšanai. [Tiešsaistē] Pieejams : https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/Lauksaimniecibas_prognozes_2050_gads.pdf [Pieķūts: 29.05.2020]

Biogāzes pielietošanai transporta sektorā, to ir nepieciešams attīrīt. Biometāna iegūšanas izmaksas tika ņemtas no BIOSURF pētījuma "Technical-economic analysis for determining the feasibility threshold for tradable biomethane certificates"[18]². Turpmākai biometāna transportēšanai tika apskatītas divas tehnoloģijas – pieslēgšana pie gāzes vada un transportēšana saspiešanas gāzes tvertnē. Pieslēgšanās izmaksas pie gāzesvada pieņemtas atbilstoši AS "GASO" noteiktiem tarifiem[19]³, savukārt saspiešanas gāzes tvertnes transportēšanai izmaksas no zinātniskā raksta "Biomethane in the transport sector—An appraisal of the forgotten option"[20]⁴.

1.5. Enerģijas pārveides sektors

Enerģijas pārveides (enerģētikas) sektors ietver centralizēto elektrības un siltuma ražošanu (skat.1.14. att.). Lai precīzāk modelētu energosektora attīstības tendences, pārveidošanas sektors sadalīts divos apakšsektoros – Rīgā un pārējā Latvijā. Lai sadalītu primāro energoresursu patēriņu un saražotās siltumenerģijas daudzumu, izmantota pieejamā no iesniegtajiem pārskatiem par gaisa aizsardzību ("2-Gaiss" datubāze [21]), publiski pieejamie gada pārskati [22], [23]. Katlu māju uzstādītās jaudas, hidroelektrostaciju, vēja staciju, koģenerācijas staciju uzstādītās jaudas ņemtas no CSP statistikas un SEG atļaujām[24].



1.14.att. Pārveidošanas sektora procesu shēma

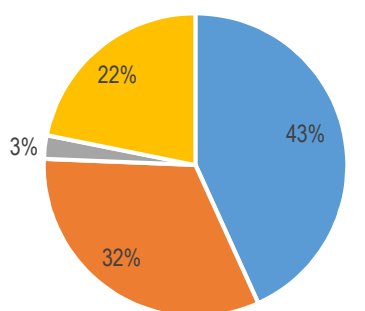
Kopējās saražotās siltumenerģijas un elektroenerģijas daudzuma sadalījums redzams 1.15. attēlā. papildus daļījumu veido ETS un ne-ETS apakšsektori.

² Bernhard Stürmer, Franz Kirchmeyr, Kornel Kovacs, Frank Hofmann, David Collins, Claire Ingremau, Jan Stambasky. 2016, Technical-economic analysis for determining the feasibility threshold for tradable biomethane certificates.

³ Izmaksas. [Tiešsaistē] Pieejams: <https://www.gaso.lv/izmaksas> [Piekļūts: 29.05.2020]

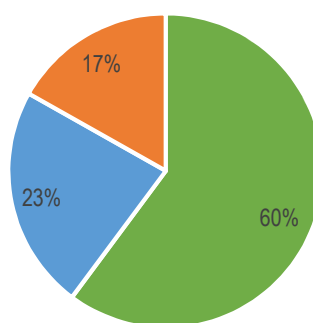
⁴ Max Ahman. 2010. Biomethane in the transport sector—An appraisal of the forgotten option. *Energy Policy*. 38(1), 208-217

Saražotās siltumenerģijas sadalījums



- Koģenerācijas stacijas, Rīga
- Koģenerācijas stacijas, Latvija
- Katlu mājas, Rīga
- Katlu mājas, Latvija

Saražotās elektroenerģijas sadalījums



- Elektrostacijas
- Koģenerācijas stacijas, Rīga
- Koģenerācijas stacijas, Latvija

1.15.att. Saražotās siltumenerģijas un elektroenerģijas sadalījums

Lai gan 2017.gadā Latvijas energobilancē netiek uzrādīts ar saules enerģiju saražotais elektroenerģijas daudzums, saules elektrostacijas tiek izmantotas gan mājsaimniecību, gan komercsektorā, gan rūpniecības sektorā galvenokārt pašpatēriņa segšanai. Līdz ar to, autori Times modelī pārveidošanas sektorā iekļāvuši noteiktu saražotās elektroenerģijas daļu, kas tiek ražota ar saules paneļiem. Tā kā nav pieejami dati par saules elektroenerģiju, kas netiek nodota elektrotīklā, autori izmantojuši pieejamo informāciju par Ekonomikas Ministrijas izsniegtajām atļaujām jaunu elektroenerģijas ražošanas iekārtu ieviešanai [25]. Tika noteikts, ka kopējais dažādos sektoros saražotās saules elektroenerģijas daudzums ir aptuveni 5,65 TJ 2017.gadā.

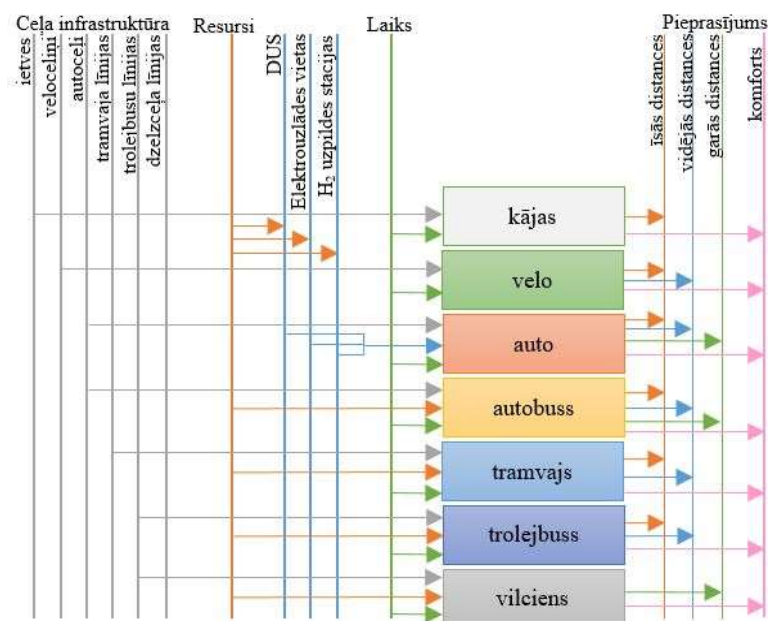
1.6. Transporta sektors

Modeļa struktūrā kravu pārvadājumiem un pasažieru pārvadājumiem ar kuģiem un gaisa transportu ir izdalīti 7 transporta veidi:

- Vieglie kravas auto;
- Smagie kravas auto;
- Dzelzceļš;
- Vietējie aviopārvadājumi;
- Starptautiskie aviopārvadājumi;
- Kuģi;
- Cauruļvadi.

Pasažieru pārvadājumiem pa sauszemi ir ieviesti būtiski uzlabojumi modeļa struktūrā – distances, laika parametrs, komforta līmenis, ceļa infrastruktūra un uzpildes staciju infrastruktūra, kas turpmāk aprakstīti detalizētāk.

Lai nodrošinātu konkurenci starp dažādiem transportlīdzekļiem, ir ieviestas 3 distances, kurās pārvietošanos spēj nodrošināt atšķirīgi transportlīdzekļi (skat.1.16. att.):



1.16.att. Transporta sektora struktūra pasažieru pārvadājumiem pa sauszemi

Pasažieru sauszemes pārvadājumu distancēs, to garumi un transportlīdzekļi, kas nodrošina pārvietošanos šajās distancēs ir sekojošas:

- Īsās distancēs līdz 5km – kājāmiešana, velosipēdi, vieglie automobiļi, pilsētu autobusi, tramvaji, trolejbusi
- Vidējās distancēs no 5 līdz 25 km – velosipēdi, vieglie automobiļi, pilsētu autobusi, tramvaji, trolejbusi
- Garās distancēs virs 25km – vieglie automobiļi, starppilsētu autobusi un vilcieni.

1.4.tabula

Pieņēmumi iedzīvotāju pārvietošanās paradumiem

Pārvietošanās veids	īsās distancēs (<5km)	vidējās distancēs (5-25km)	garās distancēs (>25km)
Pārvietošanās kājām	100%	0%	0%
Velosipēds	58%	42%	0%
Vieglais auto	6%	30%	64%
Autobuss	19%	56%	25%
Trolejbuss	20%	80%	0%
Tramvajs	20%	80%	0%
Vilciens	0%	0%	100%

Pārvietošanās paradumu sadales pieņēmumi pa distancēm tika balstīti uz Dānijā veiktu pētījumu, pielāgojot Latvijas situācijai. Tā piemēram, tika pieņemts, ka pārvietojoties ar velosipēdu, 58% gadījumu tiek veiktas distancēs līdz 5km, bet 42% gadījumu pārvietošanās reizē tiek nobraukti 5km un vairāk. Savukārt ar vieglo auto 6% gadījumu tiek veiktas distancēs līdz 5km, 30% gadījumu tiek veiktas distancēs no 5 līdz 25km, bet 64% tiek veikti vairāk par 25 km (skat. 1.4.tab.).

Papildus tiek ieviests arī *laika parametrs*. Šis parametrs nodrošina to, ka modelis nepārslēgsies tikai uz ekonomiski izdevīgāko, kas, piemēram, īsajās distancēs būtu kājāmiešana, bet ņem vērā arī to, ka ir laika ierobežojums.

1.5.tabula.

Pieņēmumi transportlīdzekļu ātrumam (km/h) katrā no distancēm			
Transporta veids	īsās distancēs (<5km)	vidējās distancēs (5-25km)	garās distancēs (>25km)
Pārvietošanās kājām	3		
Velosipēds	12	12	
Vieglais auto	26	42	63
Autobuss	21	21	52
Trolejbuss	16	16	
Tramvajs	16	16	
Vilciens			36

Lai ieviestu laika parametru, nepieciešami dati par transportlīdzekļu pārvietošanās ātrumu katrā no distancēm. Tika iegūts, ka vidējais kājāmiešanas ātrums ir aptuveni 3km/h, kas ir lēnākais pārvietošanās veids. Savukārt ātrākais pārvietošanās veids jebkurā distancē ir vieglā automašīna, kur īsajās distancēs vidējais ātrums sasniedz 26km/h, vidējās distancēs 42km/h, savukārt garajās distancēs virs 25km automašīnas vidējais ātrums sasniedz 63km/h (skat.1.5.tab.).

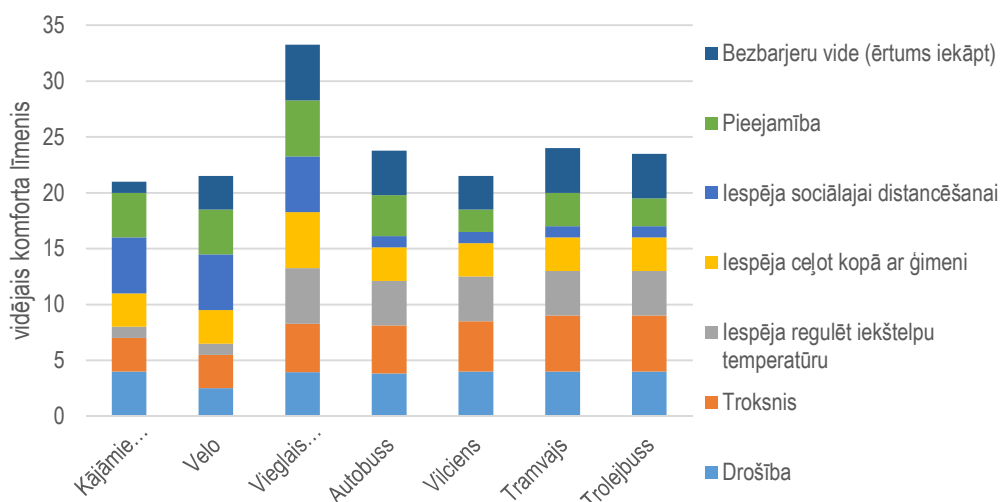
Papildus ir ieviests arī jauns parametrs *komforta līmenis*, lai nodrošinātu to, ka modeļa optimizācijā tiek iekļauts kritērijs, kas neļauj visu transporta plūsmu pārslēgt tikai uz ekonomiski izdevīgāko. Komforta līmeņa parametrs pieprasa nodrošināt noteiktu kopējā komforta līmeni un tā attīstības prognoze ir piesaistīta iedzīvotāju skaitam. Turklāt šis jauninājums ļauj labāk iestrādāt politikas pasākumus, kas vērsti uz sabiedriskā transporta izmantošanas veicināšanu, pagarinot un optimizējot maršrutus, atbalstot zemās grīdas transportlīdzekļu iegādi u.tml.

1.6.tabula.

Komforta parametra veidojošo elementu vērtējuma apraksts		
Nr.p.k.	Komforta elements	Vērtējuma apraksts
1.	Drošība	1-nedroši; 5-oti droši
2.	Troksnis	1-liels troksnis; 5- nav pilnīgi nekāda trokšņa
3.	Iespēja regulēt iekštelpu temperatūru	1- nevar regulēt (āra gaisa temperatūra); 5-var pilnīgi regulēt
4.	Iespēja ceļot kopā ar ģimeni	1-var ceļot tikai viens; 5- var ceļot kopā ar bērniem (savā sēdvietā)
5.	Iespēja sociāli distancēties	1-vari ceļoti tikai ar daudziem svešiem cilvēkiem; 5-ir iespēja pārvietoties atsevišķi (vienam)
6.	Pieejamība	1-ilgi jāgaida, jāpielāgojas sarakstam; 5-jebkurā brīdī
7.	Bezbarjeru vide (ērtums iekāpt)	1-nav iespējams pārvietoties ar ratiem, ratiņkrēslā u.c.; 5-var ērti pārvietoties ratiņkrēslā (zemās grīdas u.c.)

Modelī komforta līmeņa noteikšanai tika izmantota multikritēriju analīze, izvērtējot 7 dažādus elementus, katru no to vērtējot 5 punktu skalā (skat.1.6.tab.). Katra transportlīdzekļa kopējais maksimālais komforta līmenis ir 35 punkti (7elementi x 5 punkti). Bāzes scenārija komforta līmeņa vidējais vērtējums visaugstākais ir vieglajam auto, veidojot aptuveni 33 punktus,

savukārt zemākais kopējais vidējais vērtējums ir kājāmiešanai, kas sastāda 21 punktu (skat.1.17.att.).



1.17.att. Kopējais vidējais komforta līmeņa pieņēmums dažādiem transportlīdzekļa veidiem.

Papildus tiek ieviesta arī ceļa infrastruktūra, kas nodrošina to, ka transporta plūsma nevar pārslēgties uz transportlīdzekļiem, ja nav nepieciešamā infrastruktūra. Piemēram, tramvajiem, kuru tramvaja sliežu infrastruktūra ir salīdzinoši ierobežota.

Līdzīgā veidā vieglajiem auto tiek ieviesta arī uzpildes staciju infrastruktūra, kas nosaka, ka bez pietiekama skaita uzpildes stacijām, nav iespējams attīstīt atsevišķu vieglo transportlīdzekļu veidu, piemēram elektrotransportu.

Kopējais pārvietošanās laika patēriņš bāzes gadam, transportlīdzekļu pārvietošanās ātrums distancēs un iedzīvotāju pārvietošanās sadalījums distancēs tika aprēķināts balstoties uz datiem par Latvijas iedzīvotāju mobilitāti 2017.gadā [26] un pieņēmumiem no Dānijā veiktās transporta sektora attīstības modelēšanas [27], kā arī Rīgas satiksmes datiem [28].

Dati par vieglo transportlīdzekļu skaitu pēc patērētās degvielas veida tika iegūti no Centrālās statistikas pārvaldes datu bāzes [29] un CSDD datiem [30].

Dati par citu transportlīdzekļu skaitu tika iegūti no Centrālās statistikas pārvaldes datu bāzes [31], VAS Latvijas dzelzceļš datiem [32].

Jauno transportlīdzekļu cenas atkarībā no to degvielu veida tika pieņemtas atsaucoties uz ASV pētījumu “Comparing resale prices and total cost of ownership for gasoline, hybrid and diesel passenger cars and trucks” [33]. Cita sabiedriskā transporta (trolejbusu un tramvaju) cenas noteiktas izpētot Latvijas pašvaldību veiktos iepirkumus. Vilcienu cenas noteiktas pielāgojot 2015.gada ASV Transporta departamenta Federālās dzelzceļa administrācijas pētījumu “Cost-Benefit Analysis of Rail Electrification for Next Generation Freight and Passenger Rail Transportation” [34].

Ceļu garumu noteikšanai tika izmantota CSP statistika, savukārt veloceļu garumu noteikšanai tika izmantots “Velo satiksmes attīstības plāns 2018. – 2020.gadam” [35].

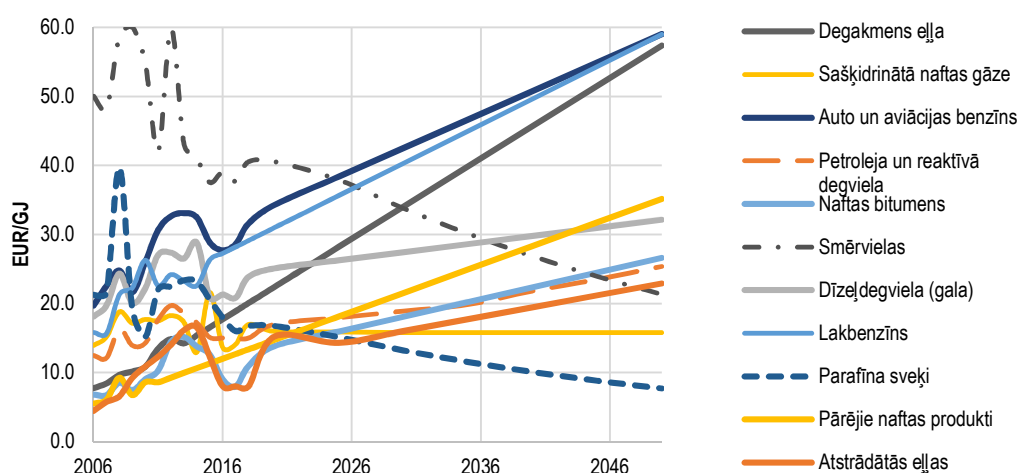
Jaunas infrastruktūras būvniecības izmaksas tika noteiktas balstoties uz Latvijas pašvaldību iepirkumiem, kā arī uz citu valstu pieredzi. Pieņēmumi par veloceļu izmaksām tika balstīti uz pieejamo informāciju par Rīgas, Jūrmalas, Liepājas un Ventpils pašvaldību veloceļu būvniecības iepirkumiem. Arī tramvaju un trolejbusu līniju, kā arī ietvju būvniecības izmaksas tika pieņemtas balstoties uz dažādu pašvaldību iepirkumiem. Autoceļu būvniecības izmaksas ir balstītas uz Latvijas Autoceļu uzturētāja 2018.gada būvdarbu sezonas formulas, kur viens miljons eiro ir viens kilometrs ceļa [36]. Dzelzceļa sliežu būvniecības izmaksas noteiktas,

izmantojot lielākos Latvijā plānoto dzelzceļa projektu ("Latvijas dzelzceļa tīkla elektrifikācija" un "Rail Baltica") izmaksas [37].

Degvielu uzpildes staciju būvniecības izmaksas noteiktas, balstoties uz pieejamo informāciju par degvielas uzpildes staciju būvniecību Latvijā, kā arī balstoties uz citu valstu pieredzi.

1.7. Energoresursu piedāvājums

SUP faila sadaļā *SupplyData* tiek norādītas cenas importētajiem, vietējiem un eksportam paredzētajiem energoresursiem. Dati par importēto ogļu, dabasgāzes un jēlnaftas cenām izmantoti atbilstoši Ekonomikas ministrijas datiem. Informācija par bioetanola, biodīzeļa un ūdeņraža bāzes gada un nākotnes cenām iegūta, balstoties uz iepriekš veiktajiem pētījumiem [38], [39]. Pārējās energoresursu cenas iegūtas no CSP datubāzes [40]. Dati par energoresursu patēriņu tiek ņemti no CSP datubāzē pieejamās 2017. gada energobalances [41].



1.18. att. Naftas produktu cenu prognozes

Lai noteiktu nākotnes cenu prognozes (skat.1.1.18.att.) un eksportēto/importēto energoresursu apjomus, veikta vēsturisko datu analīze par pieejamo periodu (sākot ar 2006.gadu). katram no energoresursiem.

1.8. ETS un ne-ETS dalījums

Modelī tiek izmantota energobalance, kurā ir iekļauts sadalījums starp ETS un ne-ETS sektoriem, kuru veidošanai tika izmantoti dati no CSP [42], [43]. ETS un ne-ETS sektori izdalīti rūpniecības, komercsektorā un pārveidošanas sektorā. Lai precīzāk noteiktu kurināmo patēriņu šajos apakšsektoros, izmantoti pieejamie dati par izsniegtajām SEG atļaujām un iekļautajām iekārtām [24].

1.9. Gala procesu pieprasījums

Vieni no svarīgākajiem ievaddatiem TIMES modelī ir galaprocetu pieprasījums modelēšanas periodā. Šis pieprasījums tiek prognozēts līdz 2050.gadam un atkarīgs no vairākiem faktoriem jeb pieprasījuma stimuliem (*demand drivers*).

Galvenie ietekmējošie faktori TIMES modelī ir IKP pieauguma temps un iedzīvotāju skaita izmaiņas, kas aprēķinātas balstoties uz Ekonomikas ministrijas izstrādātajām prognozēm. Tāpat

vairāku sektoru gala patēriņu procesu pieprasījumam izmantotas Eiropas references scenārija 2016 sektoru pievienotās vērtības prognozes [44].

Šīs vērtības izmantotas transporta sektorā, industrijas sektorā, komercsektorā, lauksaimniecības sektorā, kā arī enerģētikas sektora pašpatēriņa prognozēšanā, kas nodrošina pārveidošanas sektora darbību.

TIMES modelī vairs netiek prognozēts apjoms pēc siltumenerģijas un telpu dzesēšanas, jo šie procesi ir iestrādāti kā starpprocesi, kas nepieciešami, lai nodrošinātu mājsaimniecību un komercsektora ēku platības. Nepieciešamā dzīvojamā platība mājsaimniecību sektorā tiek prognozēta baltoties uz IKP uz iedzīvotāju savukārt platības tirdzniecības, biroju, izglītības, medicīnas, kultūras un citām ēkām tiek prognozētas izmantojot trendu metodi iekļaujot iedzīvotāju skaita prognozi.

2. TIMES SCENĀRIJI UN REZULTĀTI

2.1. TIMES scenāriju apraksts

Nemot vērā NEKP2030 struktūru un tā ietvarā ieplānoto pasākumu un rīcības virzienu, kā arī šobrīd iezīmēto iespējamo finansējumu, kā arī plānotos nodokļu izmaiņas un saistīto likmju tendences, tika veikta scenāriju izveide.

Lielākā nenoteiktība ir tieši saistībā ar nodokļu likmēm un to paredzētajām izmaiņām, kas ir viens no spēcīgākajiem politikas instrumentiem, lai veicinātu visas energosistēmas pārkārtošanos klimatneitralitātes virzienā.

Modelī tiek izveidoti 4 pamata scenāriji – bāzes scenārijs, bāzes scenārijs ar NEKP2030 kumulatīvo galapatēriņa mērķi, NEKP scenārijs ar Nacionālā enerģētikas un klimata plāna rīcības politikām un NEKP scenārijs ar kumulatīvo galapatēriņa ietaupījuma mērķi (skat. 2.1. att.). Tāpat izveidots references scenārijs, kurā nav iekļauti esošie nodokļi.

Lai vieglāk varētu aprakstīt scenārijus un to savstarpējo saikni, tika izveidota scenāriju matrica.

	Bez NEKP2030 gala patēriņa mērķiem	Ar NEKP2030 gala patēriņa mērķiem
Bez NEKP2030 pasākumiem	1. scenārijs <i>Bāzes scenārijs</i>	3. scenārijs
Ar NEKP2030 pasākumiem un paredzēto finansējumu	2. scenārijs	4. scenārijs

+

Klimatneitralitāte 2050. gadā

2.1.attēls. Scenāriju matrica

2.1.1. References scenārijs

References scenārijā netiek iekļauti esošie nodokļi, kā CO₂ un DRN, kā arī netiek iekļauta prasība no 2020.g. palielināt biodegvielu piejaukumu dīzeļdegvielai un benzīnam. References scenārijā biodegvielu piejaukums tiek piemērots 2017.g. līmenī un tiek saglabāts nemainīgs visu modelēšanas periodu.

References scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT_RSD, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE_UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, NoFloShar_TNR_REF

2.1.2. Bāzes scenārijs

Bāzes scenārijā iekļauti esoši nodokļi, kā DRN, CO₂ nodoklis, akcīzes nodoklis fosilajiem resursiem un diversificēts akcīzes nodoklis dabasgāzei industrijas sektoram un transporta sektoram, tāpat iestrādāts transportlīdzekļu ekspluatācijas nodoklis. Kā arī sākot ar 2020.gadu iekļauta obligātā piejaukuma daļa biodegvielai – 10% benzīnam un 7% dīzeļdegvielai. Bāzes scenārijā iekļauts arī daudzīvokļu ēku siltināšanas apjoms, kas norisinās ar ES fondu nodrošināto grantu ēku siltināšanai 156 miljonu apmērā. Siltināšanas apjomi m² iegūti no Sistēmdinamikas modeļa un iekļauti kā ieejas dati TIMES modelī.

Bāzes scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT_RSD, NT-AGR, NT-TRN_BASE, M2_BASE, UC-TRN, bound_TRN_BASE, bound_RES_BASE, CO2TAX, DRN_BASE, TRN_EkspINod.

2.1.3. NEKP scenārijs

NEKP scenārijā ir iekļauti Nacionālā enerģētikas un klimata plāna 4.pielikuma īstenošanas pasākumi, kas ir definēti ar konkrētu finansējuma apjomu. Tāpat iestrādāti arī nefinansiāli pasākumi, kā piemēram, komforta koeficienta pacelšana sabiedriskajam transportam (sabiedriskā transporta pilnveidošanas iespēju paaugstināšanas efekts), ierobežojumi uzstādīt cieto vai šķidro fosilo kurināmo iekārtas siltumapgādē u.c.

Tiešā un netiešā veidā iestrādātie pasākumi ir:

- Biogāzes un biometāna ražošanas un biometāna izmantošanas veicināšana;
- Valsts un pašvaldību publisko ēku energoefektivitātes uzlabošanas veicināšana;
- AER izmantošanas un energoefektivitātes uzlabošana lokālajā siltumapgādē un individuālā siltumapgādē veicināšana;
- Saules enerģijas izmantošana elektroenerģijas ražošanā veicināšana;
- AER izmantošanas un energoefektivitātes uzlabošanas rūpniecības un komercsektorā veicināšana;
- AER izmantošanas un energoefektivitātes uzlabošanas centralizētajā siltumapgādē veicināšana;
- Ierobežojumu uzstādīt jaunas tikai cieto vai šķidro fosilo kurināmo sadedzināšanas iekārtas noteikšana;
- Atkrastes vēja parka izbūve;
- Energoefektivitātes uzlabošana dzīvojamās ēkās veicināšana;
- Ilgtspējīgas infrastruktūras izveides atbalstīšana;
- Mazemisiju transportlīdzekļu un bezemisiju transportlīdzekļu iegāde privātpersonām vai komersantiem veicināšana;
- Dzelzceļa kā mūsdienīga un videi draudzīga sabiedriskā transporta sistēmas mugurkaula izmantošanas veicināšana;
- Velosatiksmes, velo infrastruktūras un gājēju infrastruktūras uzlabošanas veicināšana.

NEKP scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas sekojoši faili: SysSettings, BASE, NT-COM, NT-IND, NT-RSD, NT-PWR, NT_RSD, NT-AGR, NT-TRN_NEKP, UC-TRN, bound_TRN_NEKP, bound_RES_NEKP, CO2TAX, DRN_NEKP, TRN_EkspINod un visi faili, kuru nosaukumā ir 1NEKP.

2.1.4. Bāzes scenārijs ar kumulatīvā enerģijas galapatēriņa ietaupījuma mērķi.

Šis scenārijs iekļauj visus bāzes scenārija nosacījumus un galapatēriņa mērķa ietaupījumu, kas aprēķināts par pamatu ņemot 2018.g. energobilances galapatēriņa vērtību. No šīs vērtības nākamajos gados līdz 2030.g. atskaitīti 1,34 PJ. Pēc 2030.gada kumulatīvais ietaupījums netiek noteikts par mērķi TIMES modelī.

Bāzes-mērķa scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas faili no scenārija BĀZE un fails TARGET.

2.1.5. NEKP scenārijs ar kumulatīvā enerģijas galapatēriņa ietaupījuma mērķi.

Šis scenārijs iekļauj visus NEKP scenārija nosacījumus un kumulatīvo galapatēriņa mērķi, kas aprēķināts par pamatu ņemot 2018.g. energobilances galapatēriņa vērtību. No šīs vērtības nākamajos gados līdz 2030.g. atskaitīti 1,34 PJ. Pēc 2030.gada kumulatīvais ietaupījums netiek noteikts par mērķi TIMES modelī.

NEKP-mērķa scenārija izpildei CASE Manager rīkā jāizvēlas faili, kas scenārijam NEKP un fails TARGET.

2.1.6. Attīstības scenāriju koriģēšana un papildināšana

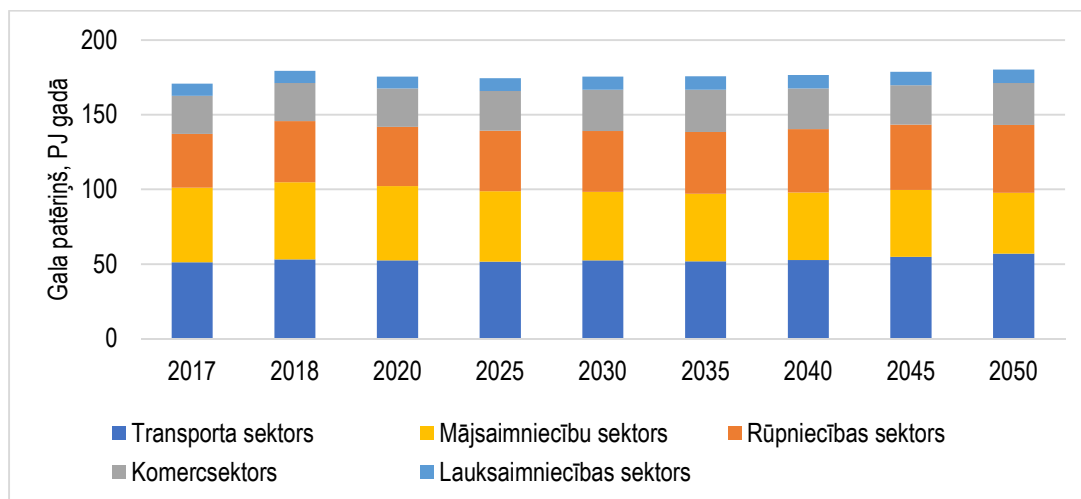
Ņemot vērā plašo modeļa ievades datus un rezultātus ietekmējošo faktoru daudzumu, kā arī pietiekoši lielu nenoteiktību ar nodokļu likmēm un šobrīd nezināmo COVID-19 ietekmi, kā arī Eiropas Zaļā kursa praktiskās aprises, esošos scenārijus plānots papildināt vai pielāgot.

Pielāgošanas vai papildināšanas raksturs un galvenie virzieni būs atkarīgi, pirmkārt, no pieejamās informācijas, otrkārt – no ietekmējošo attīstības politikas dokumentu izstrādes un apstiprināšanas ātruma un citiem faktoriem, piem., makroekonomiskajiem rādītājiem.

2.2. Scenāriju rezultāti

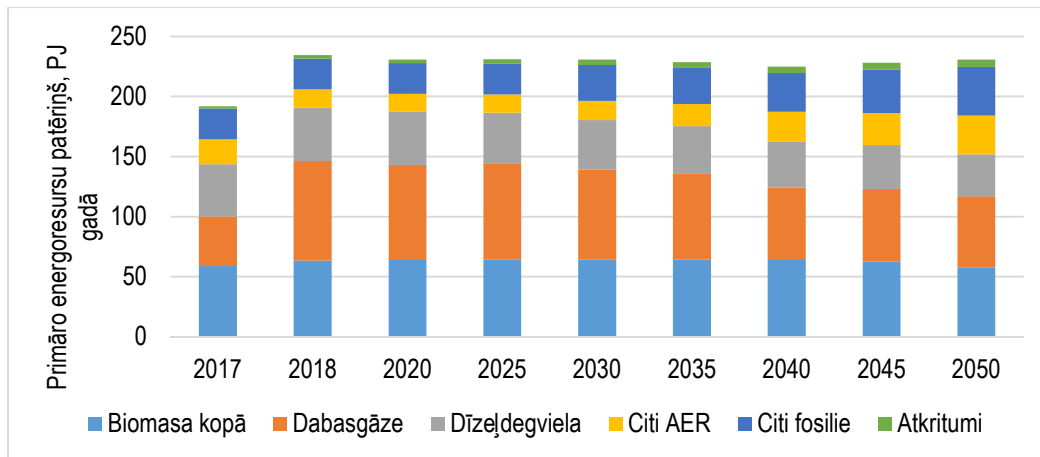
2.2.1. References scenārija rezultāti

Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem References scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.1. attēlā. Rezultāti rāda, ka kopējais gala patēriņš līdz 2050. gadam pieaug līdz 180 PJ. 2030. gadā kopējais gala patēriņš ir 176 PJ. Augoša tendence novērojama gandrīz visos gala patērētāju sektoros, patēriņš pavisam nedaudz samazinās mājāsaimniecību sektorā.



2.2.1. att. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem references scenārijā

Galveno primero energoresursu patēriņš pa energoresursu veidiem references scenārijā 2017.-2050.gadā parādīts 2.2.2. attēlā.

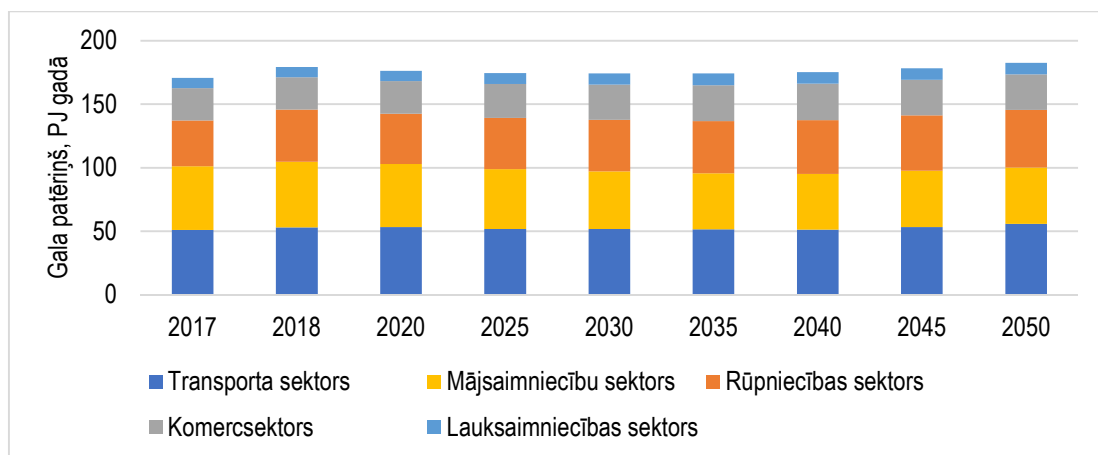


2.2.2.att. Galveno primāro energoresursu patēriņš references scenārijā

Apskatot gala patēriņu energoresursu griezumā, redzams, ka līdz 2050. gadam pieaug modeļa prognozētā citu fosilo energoresursu izmantošana, kas saistīta ar plašāku ogļu izmantošanu mājsaimniecību un komercsektorā, kam par pamatu ir resursu cenas mazais pieauguma temps, kā arī nemainīgas nodokļu (piem., īpaši CO₂ komponentes) likmes.

2.2.2. Bāzes scenārija rezultāti

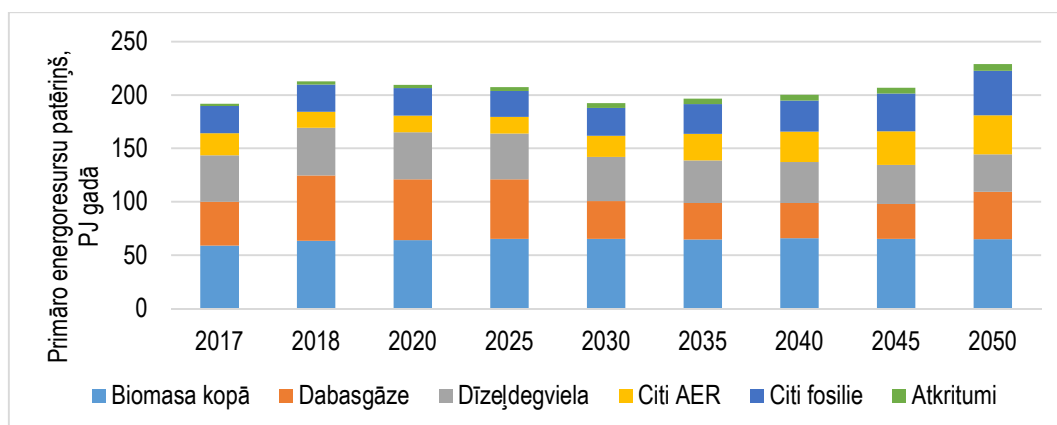
Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem bāzes scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 1.3.3. attēlā. Rezultāti rāda, ka 2030. gadā kopējais gala patēriņš ir 174 PJ, bet 2050. gadā tas pieaugs līdz 182 PJ. Augoša tendence novērojama rūpniecības, komercsektorā un lauksaimniecības sektorā, bet patēriņš pavisam nedaudz samazinās mājsaimniecību sektorā.



2.2.3.att. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem bāzes scenārijā

Resursu patēriņš pa energoresursu veidiem bāzes scenārijā 2017.-2050.gadā parādīts 1.3.4. attēlā. Apskatot gala patēriņu energoresursu griezumā, redzams, ka līdz 2030. gadam samazinājums vērojams dabasgāzes un dīzeļdegvielas izmantošanā. Pēc 2030. gada pieaug modeļa prognozētā AER energoresursu izmantošana, kas saistīta ar vēja un saules enerģijas izmantošanu pārveidošanas sektorā. Taču šajā scenārijā pieaug arī fosilo energoresursu izmantošana, plašākas ogļu izmantošanas dēļ Rūpniecības sektorā un

sašķīdrinātās naftas gāzes izmantošanu Transporta sektorā. Par pamatu šādai situācijai ir resursu cenas mazais pieauguma temps, kā arī nemainīgas nodokļu (piem., īpaši CO₂ komponentes) likmes.

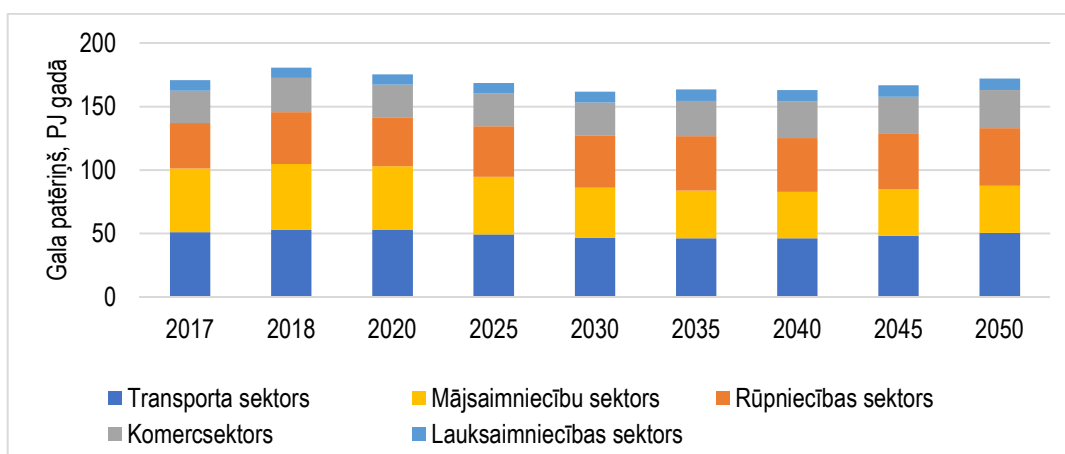


2.2.4.att. Galveno primāro energoresursu patēriņš bāzes scenārijā

Pārveidošanas sektorā bāzes scenārijā pieaug saules un vēja enerģijas izmantošana siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai. Dabaszgāzes izmantošana Pārveidošanas sektorā pieaug un pēc tam samazinās sākot ar 2030. gadu. Koksnes izmantošana Pārveidošanas sektorā Bāzes scenārijā nedaudz samazinās.

2.2.3. NEKP2030 politiku scenārijs

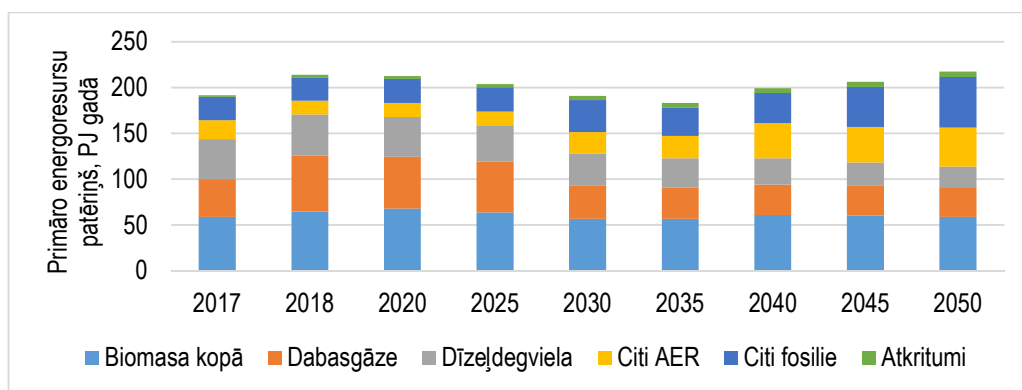
Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem NEKP2030 politiku scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.5. attēlā. Rezultāti rāda, ka, 2030. gadā kopējais gala patēriņš ir 171 PJ, bet 2050. gadā tas ir 172 PJ, kas ir būtisks samazinājums pret bāzes scenāriju. Salīdzinot ar Bāzes scenāriju, sektoru patēriņš NEKP2030 politiku scenārijā 2030.gadā samazinās par 4 PJ, bet 2050.gadā par 11 PJ. Kumulatīvais ietaupījums salīdzinot NEKP2030 scenāriju un Bāzes scenāriju līdz 2050.gadam ir 22 PJ. Joprojām augoša tendence novērojama rūpniecības, lauksaimniecības un komercsektoriem, kamēr būtisks patēriņa samazinājums vērojams mājsaimniecību un transporta sektorā, kas pieaug pēc 2040.gada.



2.2.5.att. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem NEKP2030 politiku scenārijā

Enerģijas gala patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 politiku scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.6. attēlā. NEKP2030 politiku scenārijā, atšķirībā no bāzes

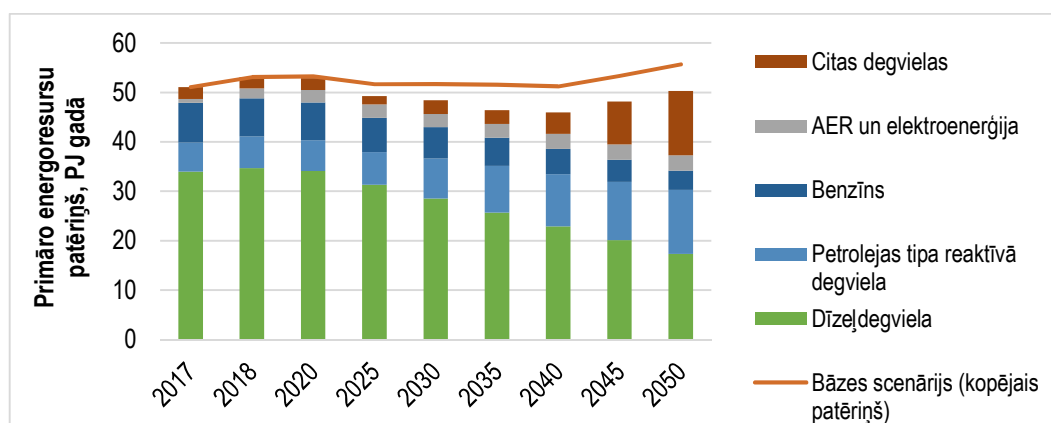
scenārijiem, vērojams būtisks dīzeļdegvielas un dabasgāzes izmantošanas samazinājums. Naftas resursu samazinājums skaidrojams ar elektrotransporta attīstību, kas aizstāj līdzšinējos auto ar iekšdedzes dzinējiem, samazinot pieprasījumu pēc fosilās degvielas. Būtiskākās atšķirības starp Bāzes scenārija un NEKP2030 politiku scenārija rezultātiem redzamas Transporta un Mājsaimniecību sektorā.



2.2.6.att. Primāro energoresursu patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 politiku scenārijā

Kā redzams 2.2.6. attēlā, NEKP2030 politiku scenārijā straujāk pieaug AER patēriņš un AER īpatsvars, ko veicina, piem., saules un vēja enerģijas plašāku izmantošanu gan mikroģenerācijas līmenī (piem., saules paneļi un saules kolektori mājsaimniecībās), gan lielas jaudas līmenī (piem., saules kolektoru izmantošana centralizētajās siltumapgādes sistēmās, saules paneļi pašpatēriņam un vēja enerģijas parki).

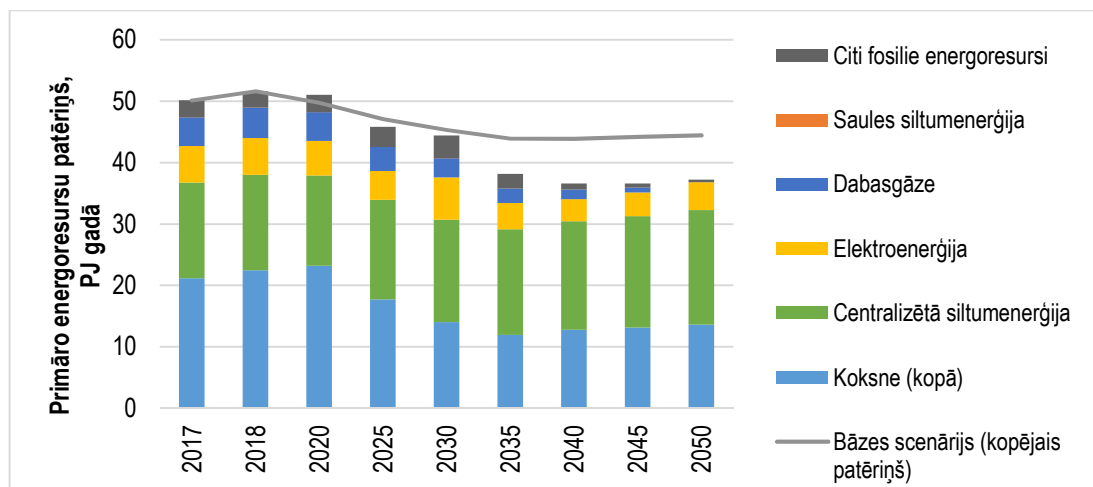
2.2.7. attēlā redzams, ka Transporta sektorā būtiski samazinās dīzeļdegvielas un benzīna patēriņš un nedaudz pieaug AER bioetanola un elektroenerģijas izmantošana. Biodīzeļdegvielas un moderno biodegvielu izmantošanai netiek prognozēts straujš pieaugums, jo samazinās kopējais patērētās dīzeļdegvielas apjoms. Tomēr transporta sektorā salīdzinoši augstu īpatsvaru saglabā petrolejas tipa reaktīvo degvielu izmantošana aviācijā, kas līdz 2050. gadam būtiski pieaug, jo netiek plānoti politiskie pasākumi šīs degvielas aizstāšanai. Pēc 2040. gada pieaug sašķidrinātās naftas gāzes izmantošana.



2.2.7.att. Gala patēriņš pa energoresursu veidiem Transporta sektorā NEKP2030 politiku scenārijā

Salīdzinot ar Bāzes scenāriju, NEKP2030 scenārija gadījumā Transporta sektora kopējais gala patēriņš 2030.gadā samazinās par 4 PJ, bet 2050.gadā par 6 PJ. Iemesls ir gan transportlīdzekļu efektivitātes palielināšanās, pāreja uz transportlīdzekļiem ar mazākām emisijām, transporta mobilitātes īstenošana un ekonomiskās aktivitātes maiņas (piem., iespēja strādāt attālināti utt.).

Mājsaimniecību sektorā NEKP2030 politiku scenārijā būtisku ieguldījumu uz gala patēriņa samazināšanos sniedz atbalsts ēku renovācijai (sk. 2.2.8.att.).

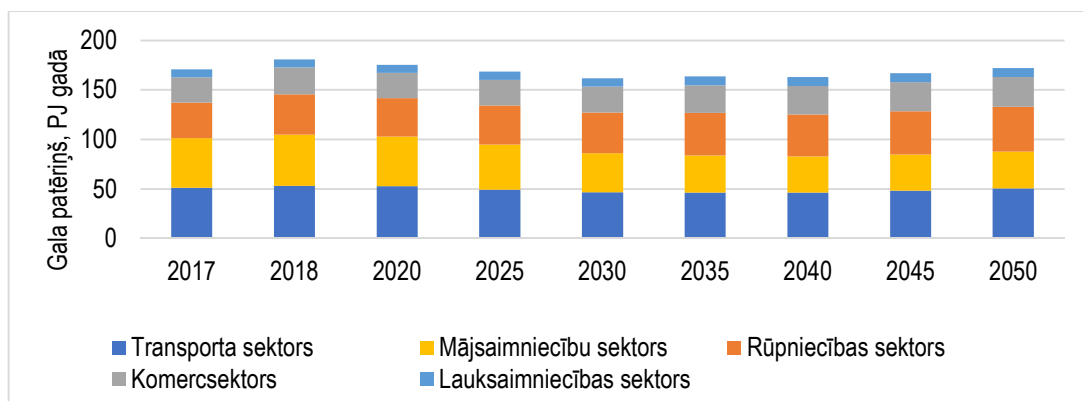


2.2.8.att. Gala patēriņš pa energoresursu veidiem Mājsaimniecību sektorā NEKP2030 politiku scenārijā

Salīdzinot ar Bāzes scenāriju, NEKP2030 politiku scenārija gadījumā Mājsaimniecību sektora kopējais gala patēriņš 2030.gadā samazinās par 1 PJ, bet 2050.gadā samazinās par 7 PJ. Modelētie rezultāti liecina, ka pieaug centralizētās siltumenerģijas patēriņš mājsaimniecību sektorā un samazinās koksnes izmantošana. Līdz 2050.gadam būtiski tiek samazināts dabaszgāzes patēriņš.

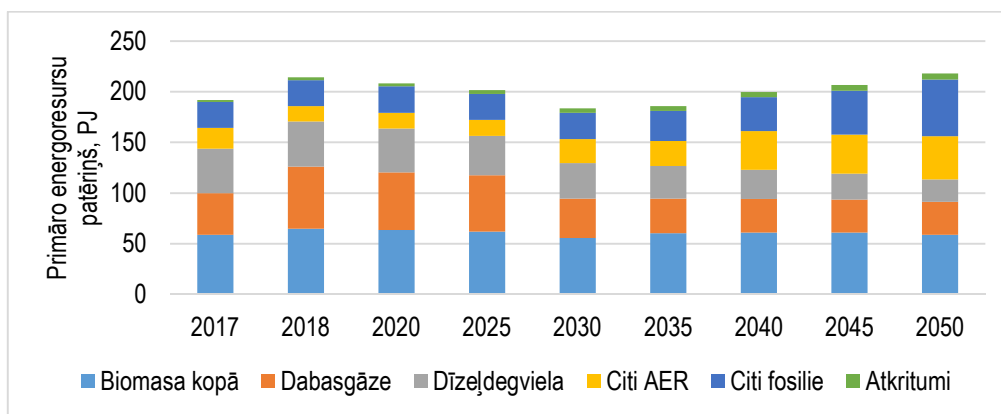
2.2.4. NEKP2030 mērķa scenārijs

Definējot sasniedzamo kumulatīvo gala patēriņa ietaupījuma mērķi 2030.gadam, tika iegūti NEKP2030 mērķa scenārija rezultāti. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem NEKP2030 mērķa scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.9. attēlā. Rezultāti rāda, ka 2030. gadā kopējais gala patēriņš ir 162 PJ, bet 2050. gadā tas ir 172 PJ. Salīdzinot ar Bāzes scenāriju, sektoru patēriņš NEKP2030 mērķa scenārijā 2030.gadā samazinās par 12 PJ, bet 2050.gadā par 10 PJ. Salīdzinot ar NEKP2030 politiku scenāriju, daudz straujāks gala patēriņa samazinājums vērojams Mājsaimniecību sektorā 2030.gadā.



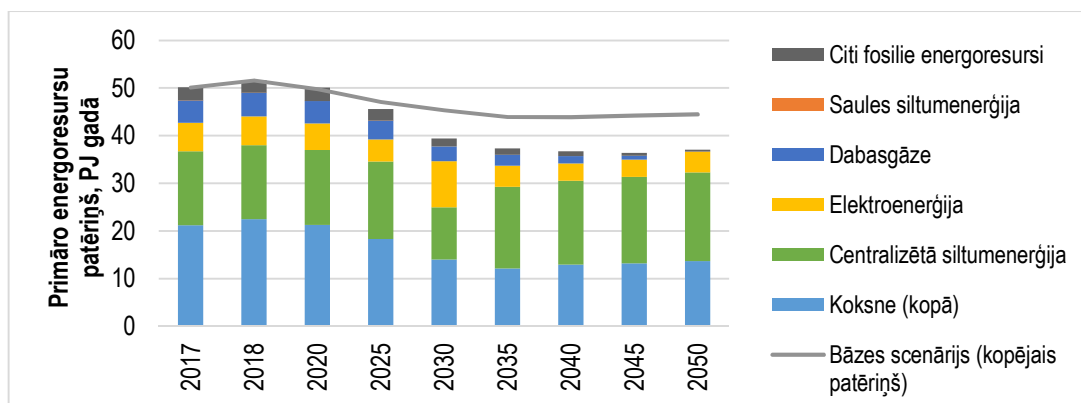
2.2.9. att. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem NEKP2030 mērķa scenārijā

Enerģijas gala patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 mērķa scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.10. attēlā. Salīdzinot ar NEKP2030 politiku scenāriju, vērojams neliels dabasgāzes patēriņa pieaugums, taču par 5 PJ samazinās citu fosilo energoresursu patēriņš 2030.gadā.



2.2.10.att. Primāro energoresursu patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 mērķa scenārijā

Mājsaimniecību sektorā NEKP2030 mērķa scenārijā būtisku ieguldījumu uz gala patēriņa samazināšanos sniedz atbalsts ēku renovācijai un plašāka elektroenerģijas izmantošana (sk. 2.2.11.att.).

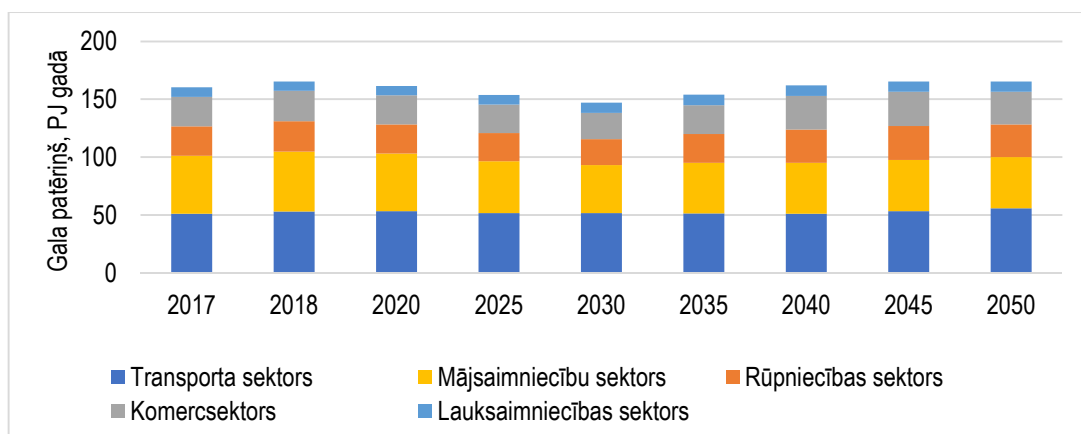


2.2.11.att. Gala patēriņš pa energoresursu veidiem Mājsaimniecību sektorā NEKP2030 mērķa scenārijā

Salīdzinot NEKP2030 politiku un NEKP2030 mērķa scenārijus Mājsaimniecību sektora kopējais gala patēriņš 2030.gadā samazinās par 5 PJ, bet 2050.gadā tas ir vienāds abos scenārijos. Modelētie rezultāti liecina, ka līdz 2030.gadam būtiski tiek paaugstināta elektroenerģijas izmantošana un samazinās centralizētās siltumenerģijas izmantošana un citu fosilo energoresursu izmantošana, salīdzinot ar NEKP2030 politiku scenāriju.

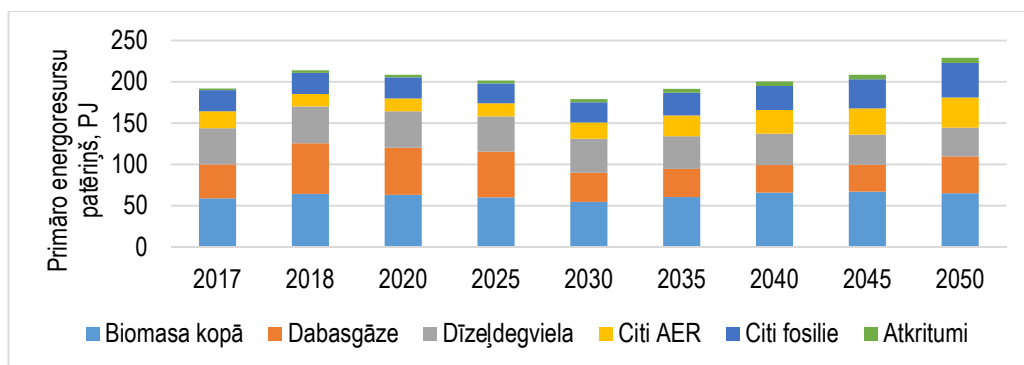
2.2.5. Bāzes mērķa scenārijs

Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem Bāzes mērķa scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.12. attēlā. Rezultāti rāda, ka 2030. gadā kopējais gala patēriņš ir 162 PJ, bet 2050. gadā tas ir 182 PJ. Salīdzinot ar Bāzes scenāriju, sektoru patēriņš NEKP2030 mērķa scenārijā 2030.gadā samazinās par 12 PJ, bet 2050.gadā abu scenāriju gala patēriņš ir vienāds. Salīdzinot ar NEKP2030 mērķu scenāriju, 2030.gadā daudz straujāks gala patēriņa samazinājums vērojams Rūpniecības, Komerccsektorā un Mājsaimniecību sektorā, bet augstāks gala patēriņš ir Transporta sektorā.



2.2.12. att. Enerģijas gala patēriņš pa sektoriem Bāzes mērķa scenārijā

Enerģijas gala patēriņš pa energoresursu veidiem Bāzes mērķa scenārijā 2017.-2050.gadam parādīts 2.2.13. attēlā.

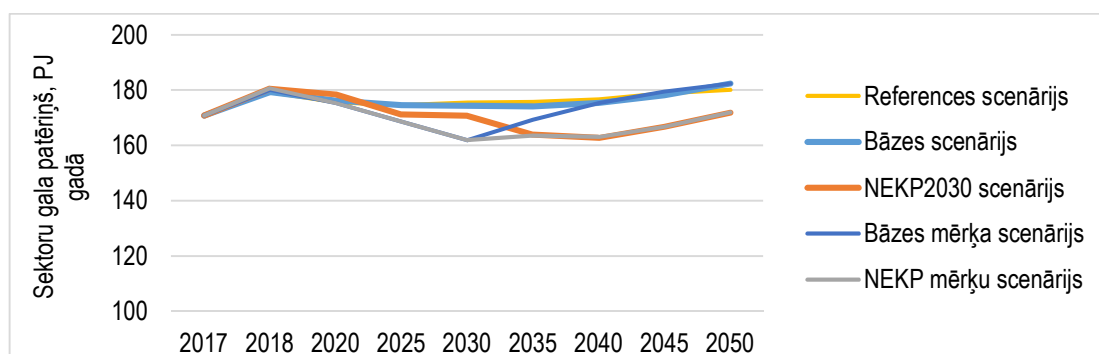


2.2.13.att. Primāro energoresursu patēriņš pa energoresursu veidiem NEKP2030 mērķa scenārijā

Salīdzinot ar NEKP2030 mērķu scenāriju, 2030.gadā vērojams dīzeļdegvielas patēriņa pieaugums par 6PJ, taču samazinās dabaszgāzes patēriņš. Bāzes mērķa scenārijā ir arī zemāks biomasas un citu AER patēriņš, salīdzinot ar NEKP2030 mērķa scenāriju.

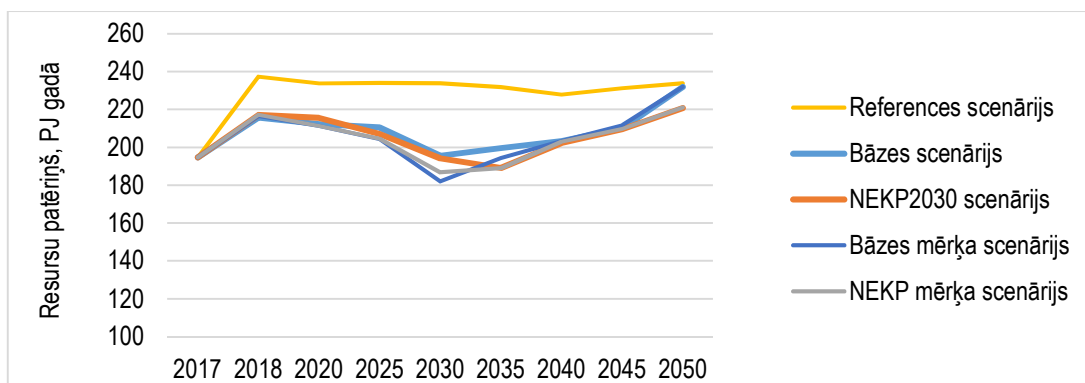
2.2.6. Scenāriju salīdzinājums

Attēlā zemāk redzams visu analizēto scenāriju kopējais sektoru gala patēriņa salīdzinājums no 2017.gada līdz 2050.gadam. Redzams, ka NEKP un Bāzes mērķu scenārijā gala patēriņš pēc 2020.gada samazinās straujāk nekā NEKP2030 politiku scenārijā. Tomēr visos scenārijos vērojams gala patēriņa pieaugums pēc 2030.gada (Bāzes mērķa scenārijā) vai 2040.gada (NEKP2030 politiku un NEKP mērķa scenārijā), kas liecina par nepieciešamību noteikt ilgtermiņa mērķus līdz 2050.gadam.



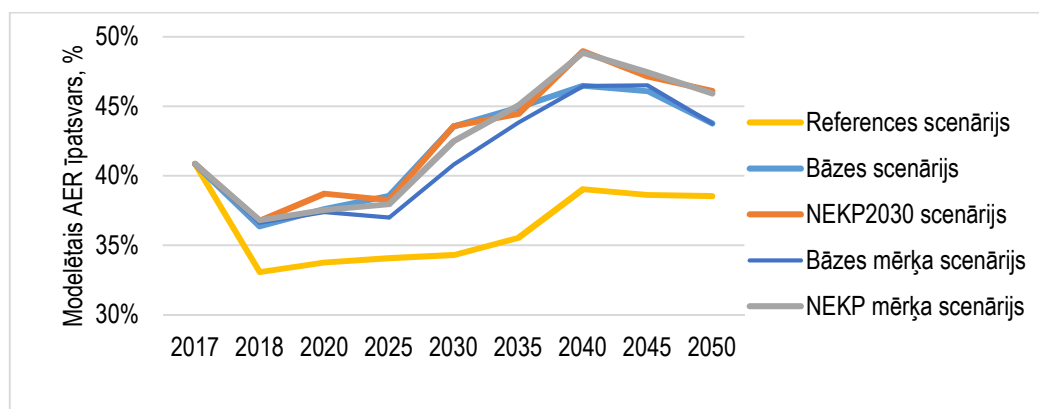
2.2.14.att. Sektoru gala patēriņš dažādos analizētajos scenārijos

Kopējais primāro resursu patēriņš dažādos analizētajos scenārijos redzams 2.2.15. attēlā. Visos scenārijos vērojama tendence patēriņa samazinājumam līdz 2030.gadam, bet patēriņš pieaug līdz 2050.gadam. Straujāks primāro resursu patēriņa pieaugums 2050.gadā vērojams Bāzes un Bāzes mērķa scenārijā.



2.2.15.att. Primāro resursu patēriņš dažādos analizētajos scenārijos

Modelētais AER īpatsvars kopējā resursu patēriņā redzams 2.2.16.attēlā. Redzams, ka 2030.gadā visaugstākais sasniegtais AER īpatsvars ir Bāzes un NEKP2030 politiku scenārijā (44%), bet zemāks –noteiktā gala patēriņa ietaupījuma mērķa scenārijos (41-42%). Bāzes scenārijos 2050.gadā sasniegtais AER īpatsvars ir 44%, bet NEKP scenārijos 46% kopējā primāro resursu patēriņā.



2.2.16.att. Modelētais AER īpatsvars dažādos analizētajos scenārijos

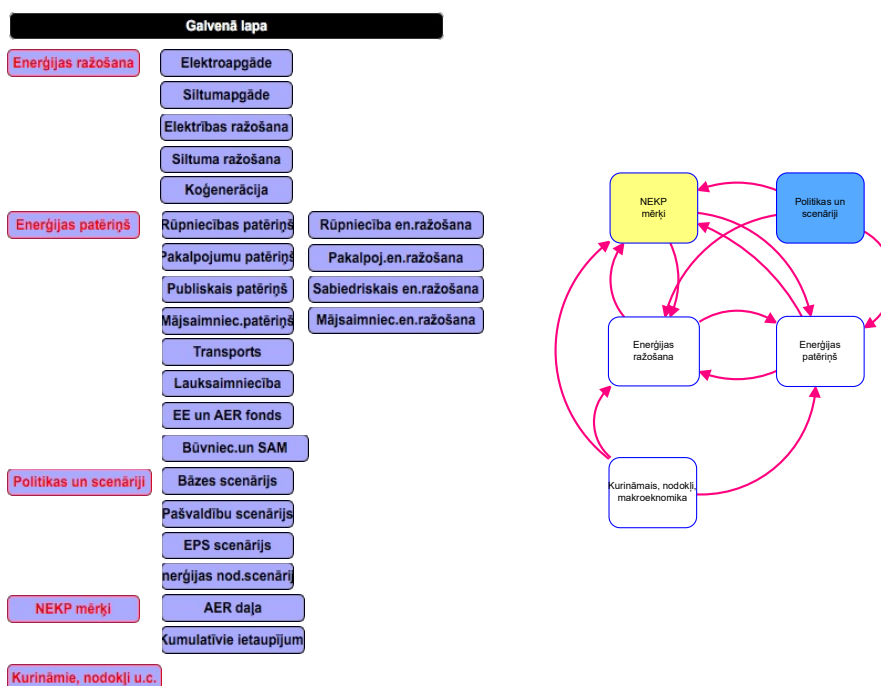
Iegūtie scenāriju rezultāti liecina, ka NEKP iekļautie politiskie pasākumi ļauj sasniegt resursu patēriņa ietaupījumus un augstāku AER īpatsvaru, taču nepieciešams jau šobrīd ir izvirzīt ilgtermiņa mērķus līdz 2050.gadam, lai veiksmīgāk īstenotu energosistēmas pārkārtošanos un virzītos uz klimatneitralitātes mērķu sasniegšanu.

3. SISTĒMDINAMIKAS MODEĻA AKTUALIZĒŠANA UN PĀILDINĀŠANA

Projekta pirmajā gadā izstrādātais Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plāna (NEKP) sistēmdinamikas modelis ir papildināts ar vairākiem moduļiem, kas izstrādāti citos VPP projektos, kā arī veikta manuāla pāreja no modelēšanas rīka “Powersim” uz “Stella Architect” un izstrādāta lietotājam draudzīga internetā balstīta modeļa saskarne.

3.1. Pāreja no modelēšanas rīka “Powersim” uz “Stella Architect”

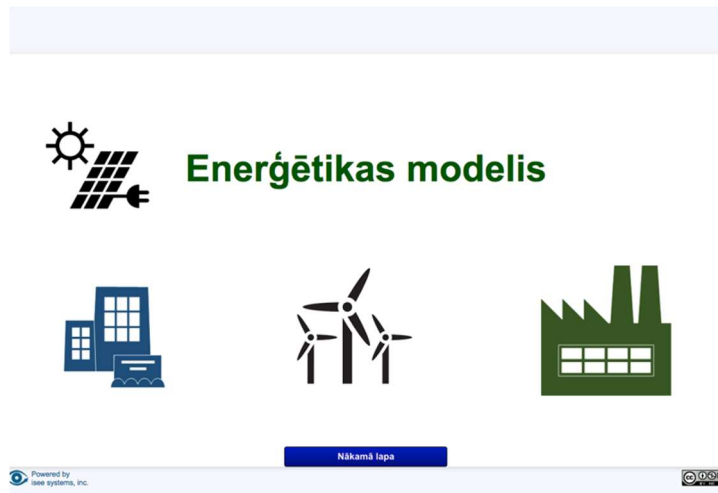
Projekta pirmajā gadā sistēmdinamikas modelis tika veidots modelēšanas rīkā “Powersim”, taču tā iespējas izmantot modeli lietotājam draudzīgā veidā bija ierobežotas, tāpēc modelis tika manuāli pārcelts uz modelēšana rīku “Stella Architect”, kuram ir pieejams plašs rīku arsenāls, kas nodrošina modeļa prezentēšanu un lietošanu lietotājam draudzīgā formā. 2.1.att. parādīts uz “Stella Architect” pārceltā sistēmdinamikas modeļa sākuma lapas ekrānšāviņš. Tajā redzamas modeļa pogas, kuras ved uz dažādiem modeļa apakšsektoriem, t. sk. enerģijas ražošanu (elektroenerģijas ražošanu un siltumenerģijas ražošanu dažādos avotos), enerģijas patēriņš (rūpniecības sektors, pakalpojumu sektors, publiskais sektors, mājsaimniecību sektors, transporta sektors, lauksaimniecības sektors), enerģijas ražošanas sadalījums pa patēriņa sektoriem, būvniecības sektors ēku siltināšanai, politikas pasākumi (energoefektivitātes un AER atbalsta fonds, soda-apbalvojuma mehānisms, nodokļi, informācija u. c.) un politikas scenāriji (bāzes scenārijs, pašvaldību atbildības scenārijs, EPS scenārijs, enerģijas nod. scenārijs) un rezultāti (AER daļa un kumulatīvie ietaupījumi).



2.1.att. . Uz rīku “Stella Architect” pārceltā sistēmdinamikas modeļa sākuma lapas ekrānšāviņš

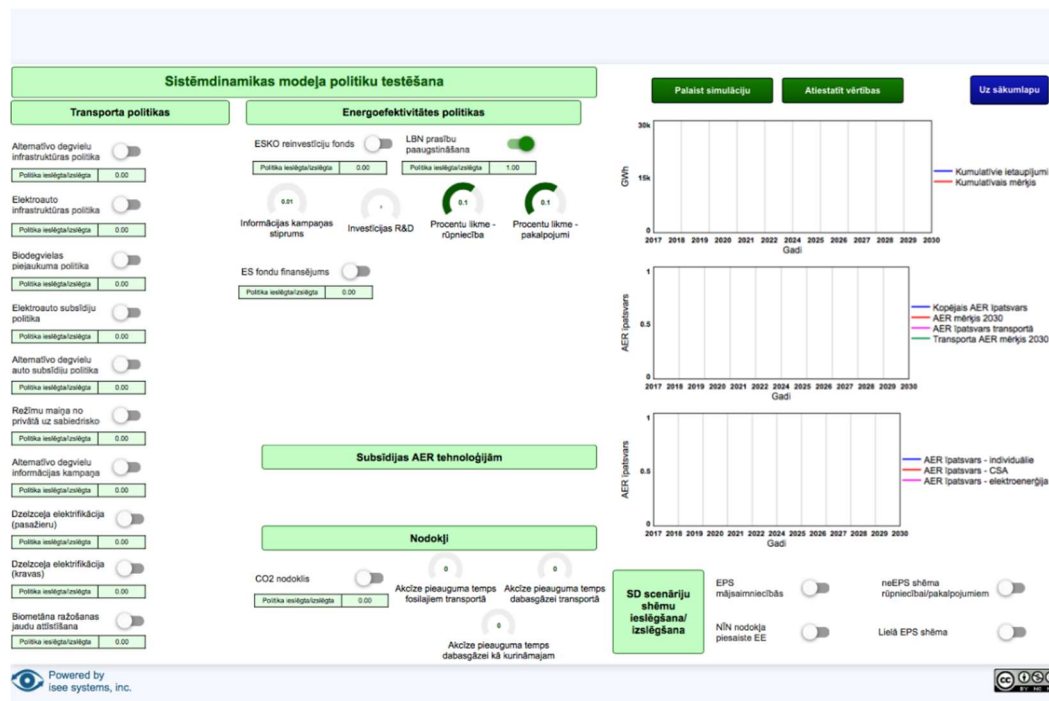
3.2. Internetā bāzēta lietotāja saskarne

Pēc sistēmdinamikas modeļa pārceļšanās no simulēšana rīka "Powersim" uz "Stella Architect", tika izveidota modeļa internetā bāzēta lietotāja saskarne, kura ir pieejama ikvienam interesentam. 2.2.att. parādīta modeļa Internetā bāzēta lietotāja saskarnes sākuma lapa, kura pieejama ikvienam, kurš atver modeļa interneta lapu.



2.2.att. Modeļa Internetā bāzēta lietotāja saskarnes sākuma lapa

2.3.att. parādīta lietotāja saskarnes lapa, kurā iespējams izvēlēties dažādus politikas instrumentus, un mainot to vērtības, var vērot to ietekmi uz kumulatīvajiem ietaupījumiem un AER īpatsvaru. Saskarnē ir pieejami politikas pasākumi, kurus var ieslēgt un izslēgt, un ir parametri, kuru vērtības var mainīt noteiktās robežās.



2.3.att. Modeļa lietotāja saskarnes lapa, kurā iespējams izvēlēties dažādus politikas instrumentus

2.4.att. parādīta lietotāja saskarnes lapa, kurā redzami izvēlēto politikas instrumentu rezultatīvie grafiki. Saskaņā ir pieejamas vadības pogas, ar kuru palīdzību simulācijas laikā ("live" režīms), mainot to vērtības, var vērot to ietekmi uz kumulatīvajiem ietaupījumiem un AER īpatsvaru.

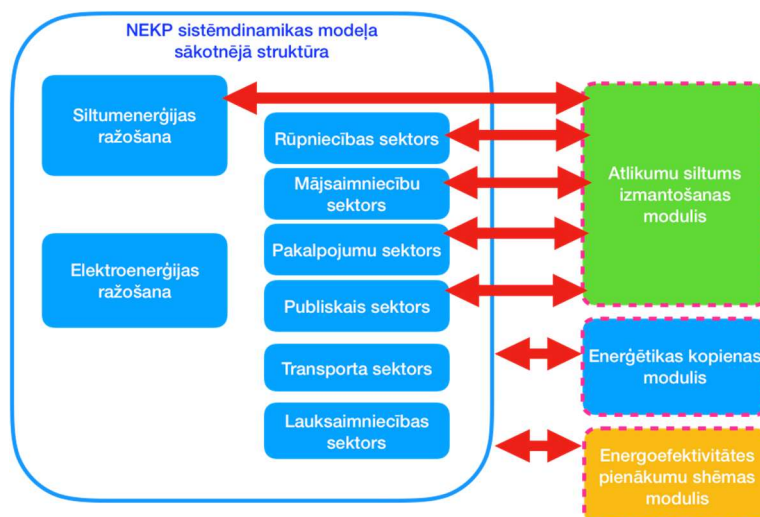


2.4.att. Modeļa lietotāja saskarnes lapa ar simulācijas rezultātiem dažādiem politikas instrumentiem

3.3. Modeļa papildināšana ar papildus moduļiem

Projekta pirmajā gadā izstrādātais Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plāna (NEKP) sistēmdinamikas modelis ir papildināts ar vairākiem moduļiem, kas izstrādāti citos VPP projektos: enerģētikas kopiena (izstrādāts VPP projektā "Ēku energoefektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana"), energoefektivitātes pienākumu shēma (izstrādāts VPP projektā "Energoefektivitātes rīcībpolitikas novērtējums un analīze"), pārpalikuma siltuma izmantošana centralizētajā siltumapgādes sistēmā (izstrādāts VPP projektā "Latvijas siltumapgādes un dzesēšanas sistēmu attīstība"). Tie ir integrēti dažādās modeļa apakšstrukturās, jo ir saistīti ar dažādiem sektoriem. 2.5.att. parādīta konceptuālā NEKP sistēmdinamikas sākotnējā modeļa shēma un tās papildinājumi ar jauniem moduļiem. Atlikuma siltuma izmantošanas modulis tiek integrēts gan siltumenerģijas ražošanas sektorā, gan rūpniecības, gan mājāsaimniecību, gan pakalpojumu, gan publiskajā sektorā. Enerģētikas kopienas modulis tiek integrēts visos sektoros, jo tajā ir ietverta gan enerģijas ražošana, gan enerģijas patēriņa samazināšana. EPS modulis ir integrēts ar visiem sektoriem, jo NEKP paredz EPS ieviešanu visos sektoros.

Līdz šim veikta moduļu strukturālā integrēšana, un turpinās darbs pie modeļa jaunās versijas validācijas. Simulāciju rezultāti tiek plānoti nākamajā atskaites periodā.

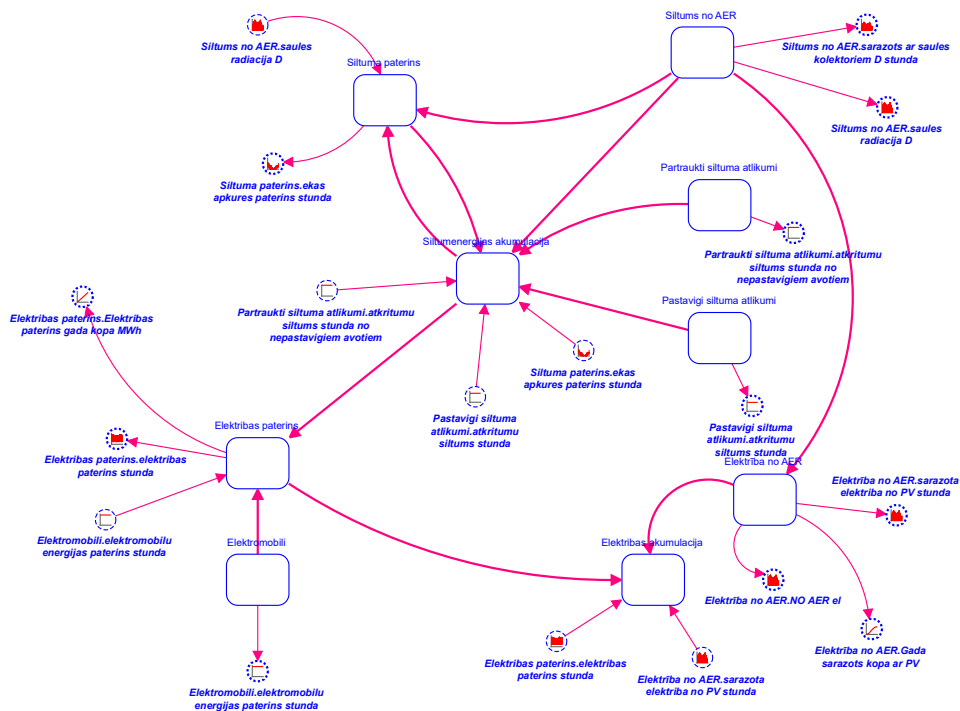


2.5.att. Konceptuālā NEKP sistēmdinamikas modeļa shēma un tās papildinājumi ar jauniem moduļiem

3.4. Energētiskas kopienas apakšmodelis

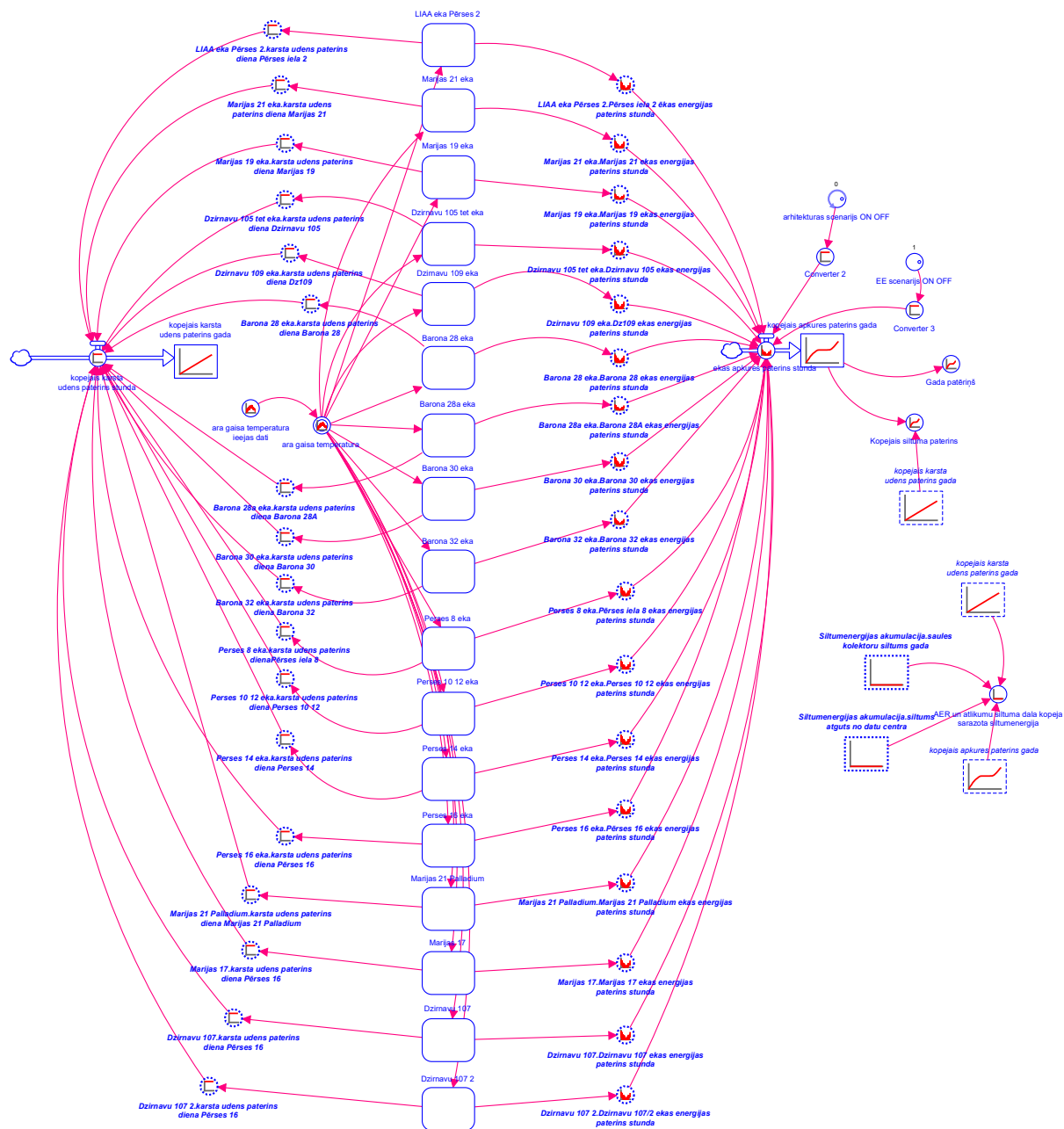
Projekta ietvarā pirmajā gadā izstrādātajā NEKP modelī tiek integrēts enerģētiskas kopienas apakšmodelis, kura struktūra ir izstrādāta VPP projekta “Ēku energieffektivitātes tehnoloģisko risinājumu uzlabošana”, lai analizētu vēsturiskā kvartāla pāreju uz pozitīvas enerģijas bilances kvartālu. Tas ir pieprasījuma un piegādes enerģijas plūsmu modelis. Esošajā sistēmdinamikas modelī tas tiek integrēts gan enerģijas patēriņa, gan enerģijas ražošanas apakšmodeļos kā enerģijas patērētājs, kas patērē un ražo enerģiju (*prosumer*). Apakšmodeļa struktūras galvenie moduļi ir parādīti 2.6. attēlā, un tie ir:

- Siltumenerģijas pieprasījums;
- Elektroenerģijas pieprasījums;
- Siltuma atlikumi;
- Siltumapgāde no atjaunojamiem energoresursiem;
- Elektroenerģijas piegāde no atjaunojamiem energoresursiem;
- Sezonālā siltumenerģijas uzkrāšana;
- Elektroenerģijas uzkrāšana.



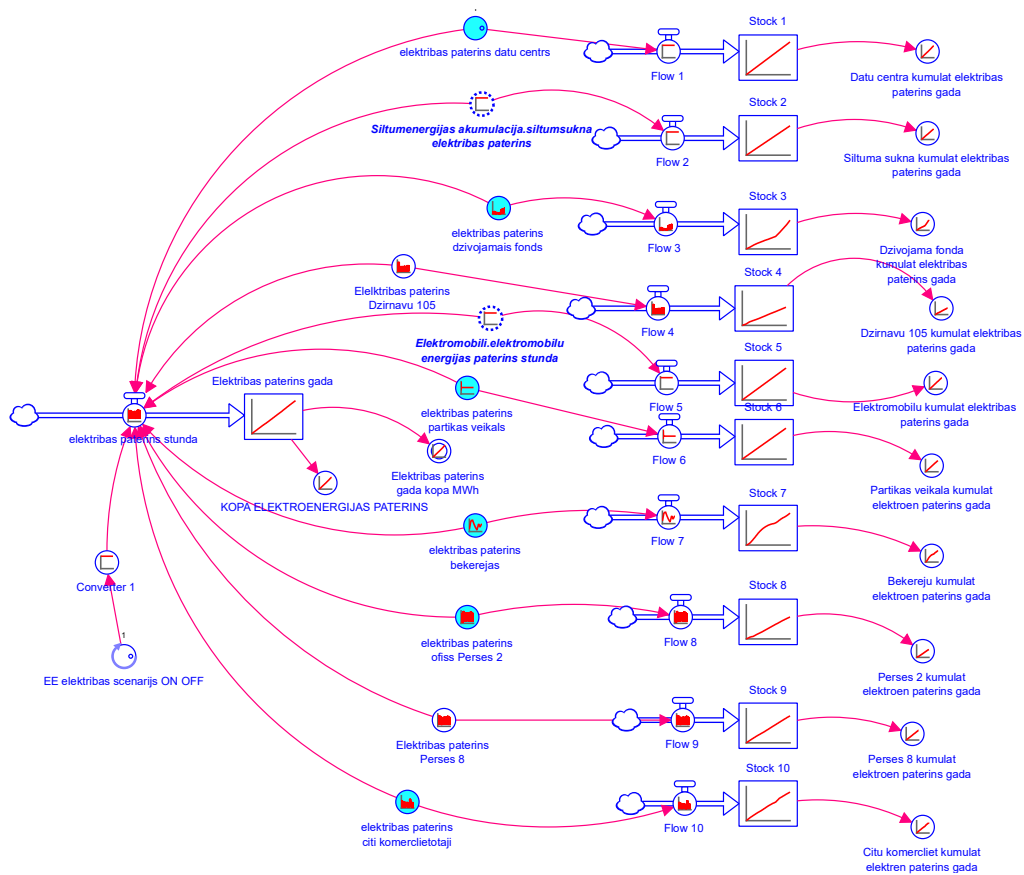
2.6. att. Pieprasījuma un piegādes apakšmodeļa moduļu struktūra

Siltumenerģijas pieprasījuma modulī tiek aprēķināts kopējais ik stundas siltumenerģijas pieprasījums, kurš sadalīts apkures un siltā ūdens sagatavošanai nepieciešamās enerģijas plūsmās. Siltumenerģijas pieprasījuma modulī (skat. 2.7.att.) redzamas galvenās savstarpējas saites starp ēkām un to patēriņiem, kā rezultātā tiek aprēķināts kopējais siltumenerģijas patēriņa apjoms kvartālā.



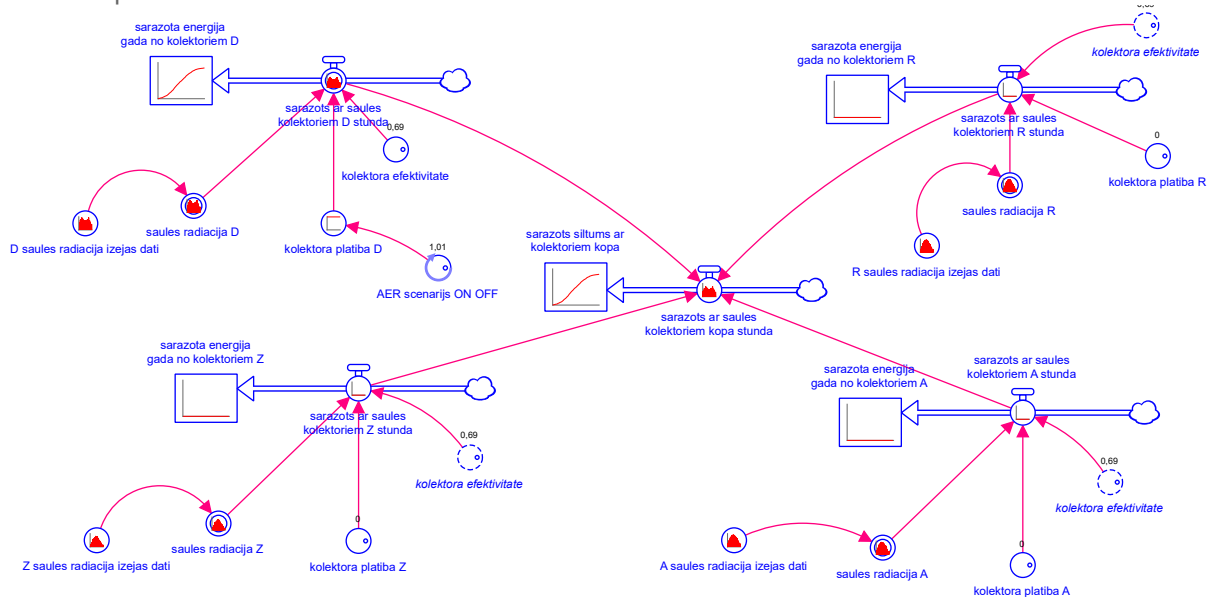
2.7. att. Siltumenerģijas pieprasījuma modulis

Modulī ir iekļauti aprēķini par visām kvartāla ēkām. Katras ēkas siltumenerģijas patēriņš tiek aprēķināts, balstoties uz ievades datiem par ēku norobežojošajām konstrukcijām, ventilācijas un inženierkomunikāciju sistēmām, iekšējās uzstādīto temperatūru apkures sezonā, āra gaisa temperatūru un siltā ūdens patēriņu. 2.8. att. parādīta vienas ēkas siltumenerģijas aprēķina apakšmoduļa struktūra.



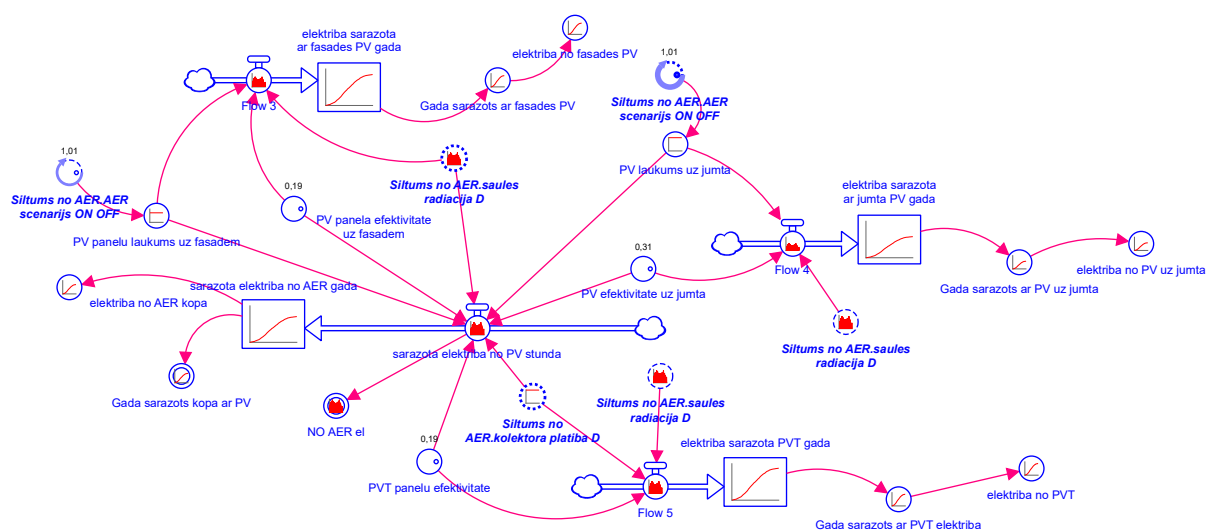
2.9.att. Elektroenerģijas patēriņa moduļa struktūra

Siltuma ražošana no AER notiek ar kombinētajiem saules kolektoriem un baterijām (PVT). 2.10. att. parādītajā moduļa struktūrā redzams, ka siltumenerģijas apjoms ir atkarīgs no paneļu novietojuma pret debespūsēm, to platības, efektivitātes un ik stundas saules radiācijas atkarībā no debespuses.



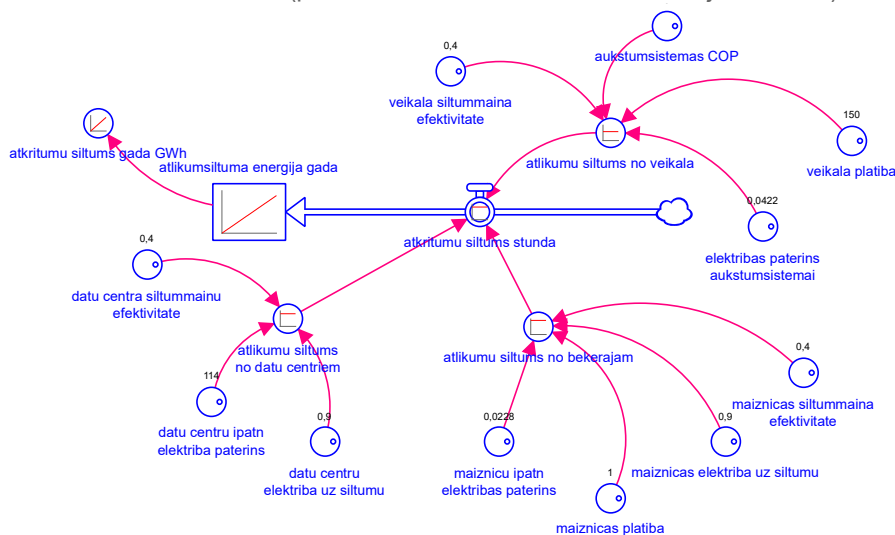
2.10. att. Siltumenerģijas ražošana no atjaunojamiem energoresursiem

Elektroenerģijas piegādes no AER modulī tiek izmantoti saules paneļi uz jumta (PVT) un uz sienām (PV). Aprēķinos izmantotie parametri redzami 2.11.att.



2.11. att. Elektroenerģijas ražošana no atjaunojamiem energoresursiem

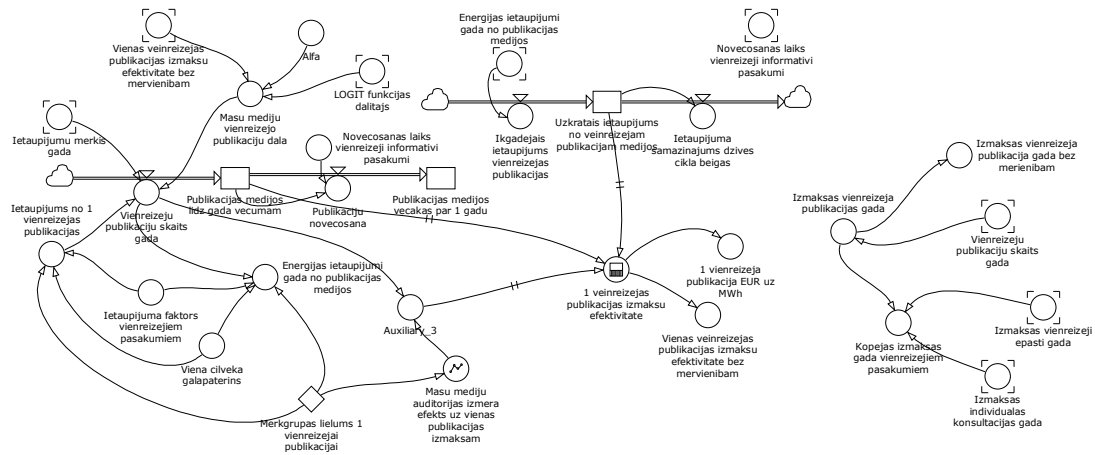
Siltuma atlikumu izmantošanas modulī (skat.2.12.att.) iekļauti visi tie enerģijas patērētāji, kuriem siltums ir kā atkritums, kas rodas tehnoloģisko procesu rezultātā un ko ir iespējams atgūt. Modelī ir iekļauti konstantie siltuma atlikuma avoti (datu centri, pārtikas ražošana utt.) un pārtrauktie siltuma atlikuma avoti (pazemes autostāvvietas, kanalizācijas siltums).



2.12.att. Siltuma atlikumu atgūšanas modulis

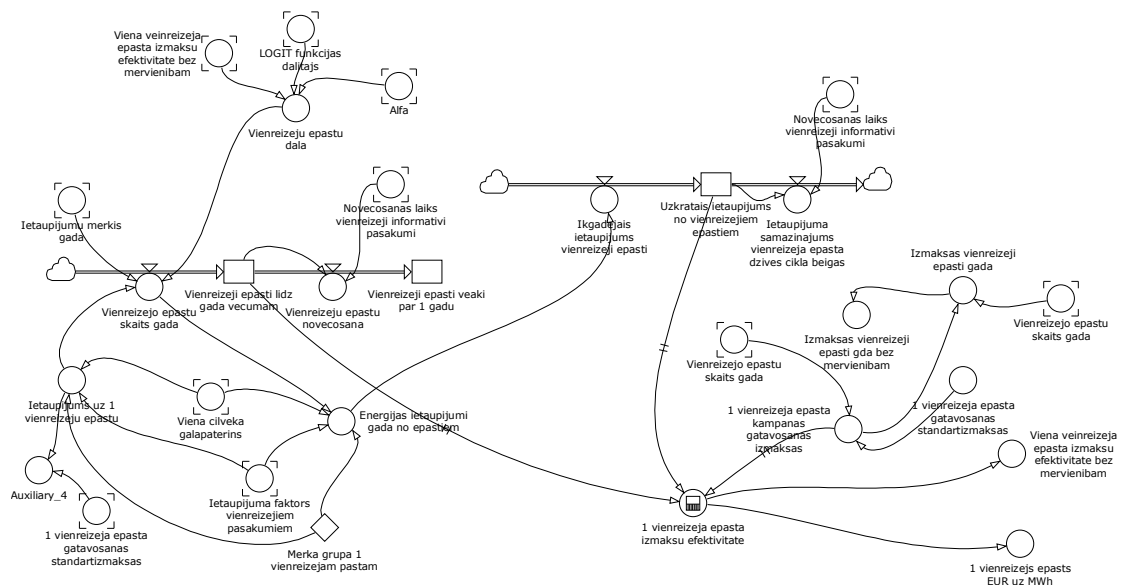
Siltumenerģijas akumulācijas moduļa struktūrā ir parametri, kas nepieciešami siltumenerģijas pieprasījuma un piegādes simulācijas veikšanai. No AER saražotā siltumenerģija tiek ņemta no moduļa, kurā tiek aprēķināts šis enerģijas apjoms. Siltumapgāde tiek sadalīta trīs akumulētās siltumenerģijas temperatūras līmeņos atkarībā no siltumnesēja temperatūras: zem 40 °C, 40–70 °C un virs 70 °C. Akumulētās temperatūras līmenī līdz 40 °C tiek uzkrāta siltumenerģija no PVT paneļiem un atlikumu siltums no pastāvīgajiem un nepastāvīgajiem avotiem. Šo siltumenerģiju ir iespējams izmantot 4. paudzes siltumapgādes sistēmā. Enerģijas

2.16. att. parādīta vienreizējas publikācijas plašsaziņas līdzekļos moduļa struktūra. Tajā iekļauti vienreizējas publikācijas ietaupījums, izmaksas, mērķauditorijas izmērs, tā ietekme uz izmaksām, pasākuma ietekme uz kopējo ietaupījumu mērķi, pasākuma daļu no kopējā mērķa.



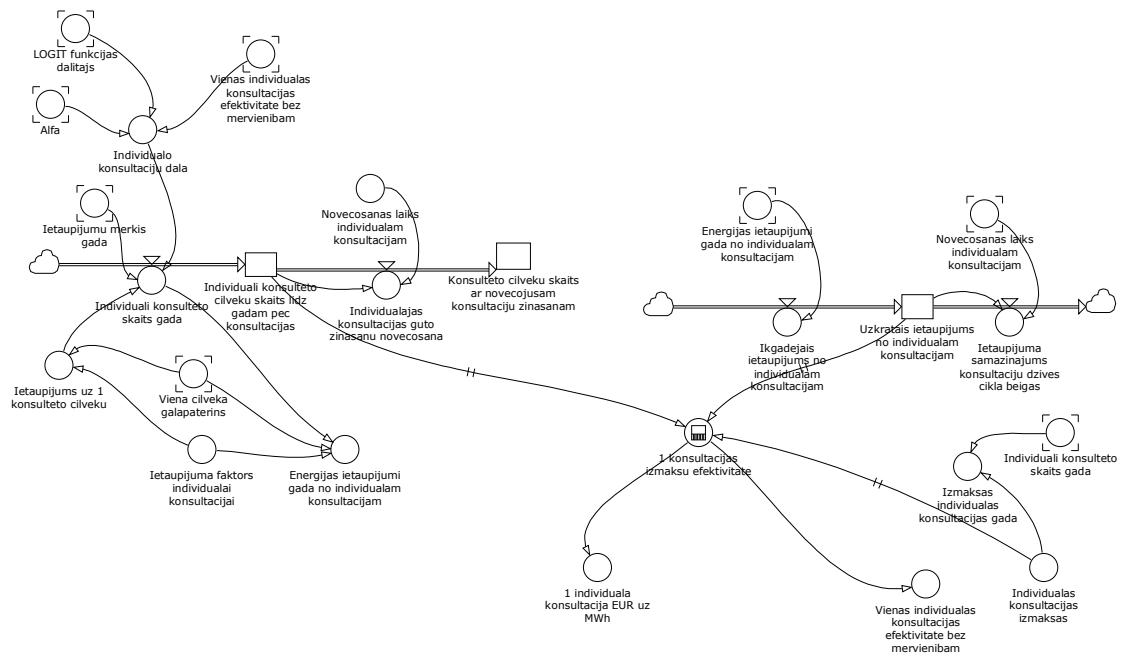
2.16.att. Vienreizējas publikācijas masu medijos

2.17.att. parādīta vienreizējas elektroniskas vēstules moduļa struktūra. Tajā iekļauti vienreizējas elektroniskās vēstules ietaupījums, izmaksas, mērķauditorijas izmērs, tā ietekme uz izmaksām, pasākuma ietekme uz kopējo ietaupījumu mērķi, pasākuma daļu no kopējā mērķa.



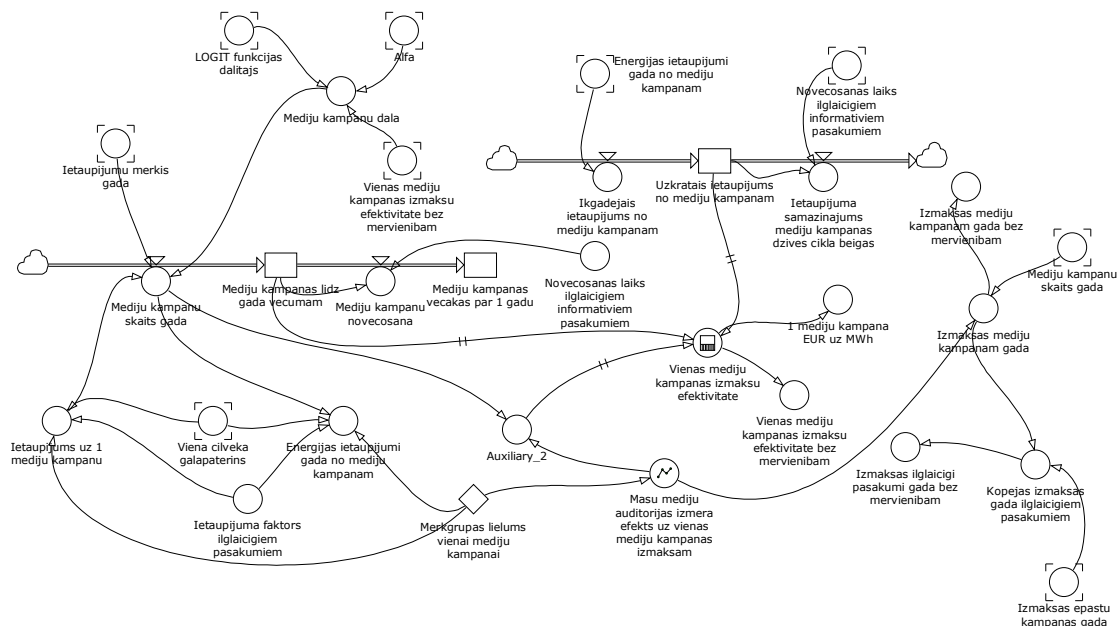
2.17.att. Vienreizējas informatīvas elektroniskās vēstules

2.18.att. parādīta individuālas konsultācijas moduļa struktūra. Tajā iekļauti konsultācijas ietaupījums, izmaksas, pasākuma ietekme uz kopējo ietaupījumu mērķi, pasākuma daļu no kopējā mērķa.



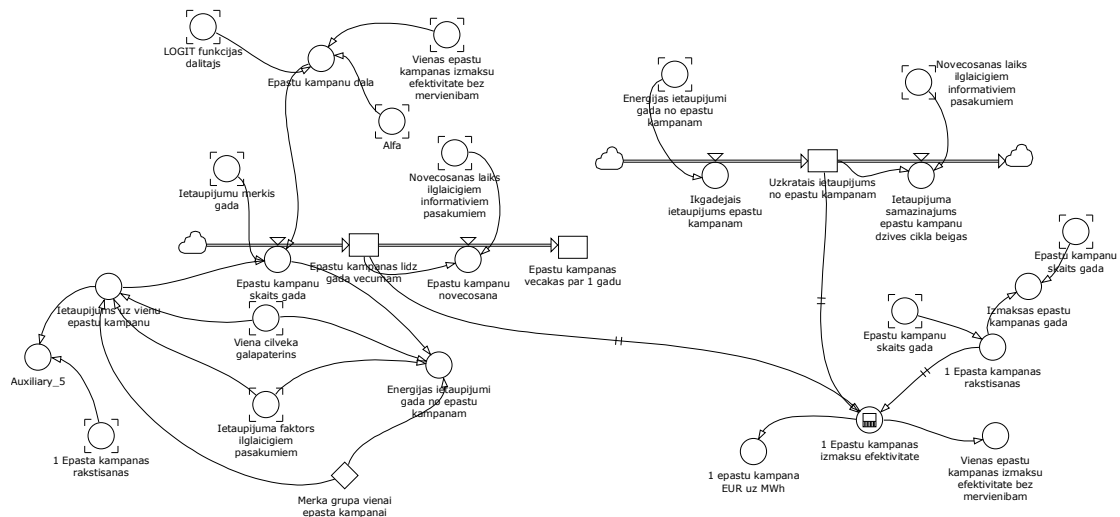
2.18.att. Individuālas konsultācijas

2.19. att. parādīta masu mediju kampaņas moduļa struktūra. Tajā iekļauti kampaņas ietaupījums, izmaksas, mērķauditorijas izmērs, tā ietekme uz izmaksām, pasākuma ietekme uz kopējo ietaupījumu mērķi, pasākuma daļu no kopējā mērķa.



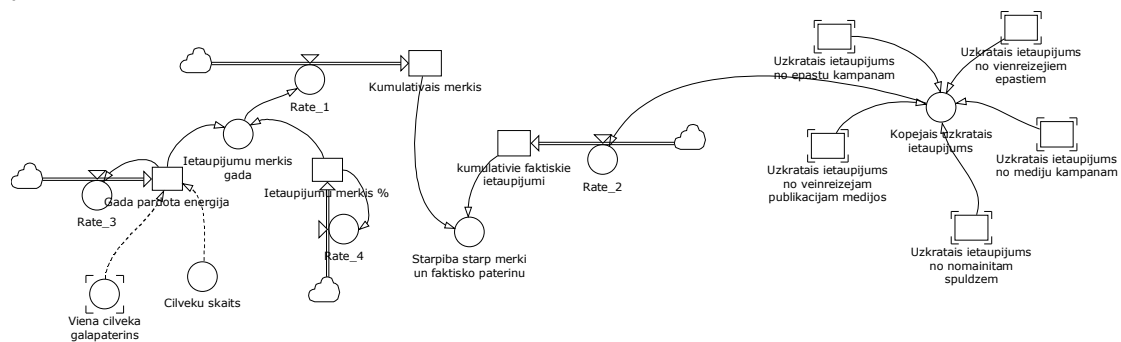
2.19.att. Masu mediju kampaņas

2.20. att. parādīta elektronisko vēstuļu kampaņa moduļa struktūra. Tajā iekļauti kampaņas ietaupījums, izmaksas, mērķauditorijas izmērs, tā ietekme uz izmaksām, pasākuma ietekme uz kopējo ietaupījumu mērķi, pasākuma daļu no kopējā mērķa.



2.20.att. Elektronisko vēstuļu kampaņas

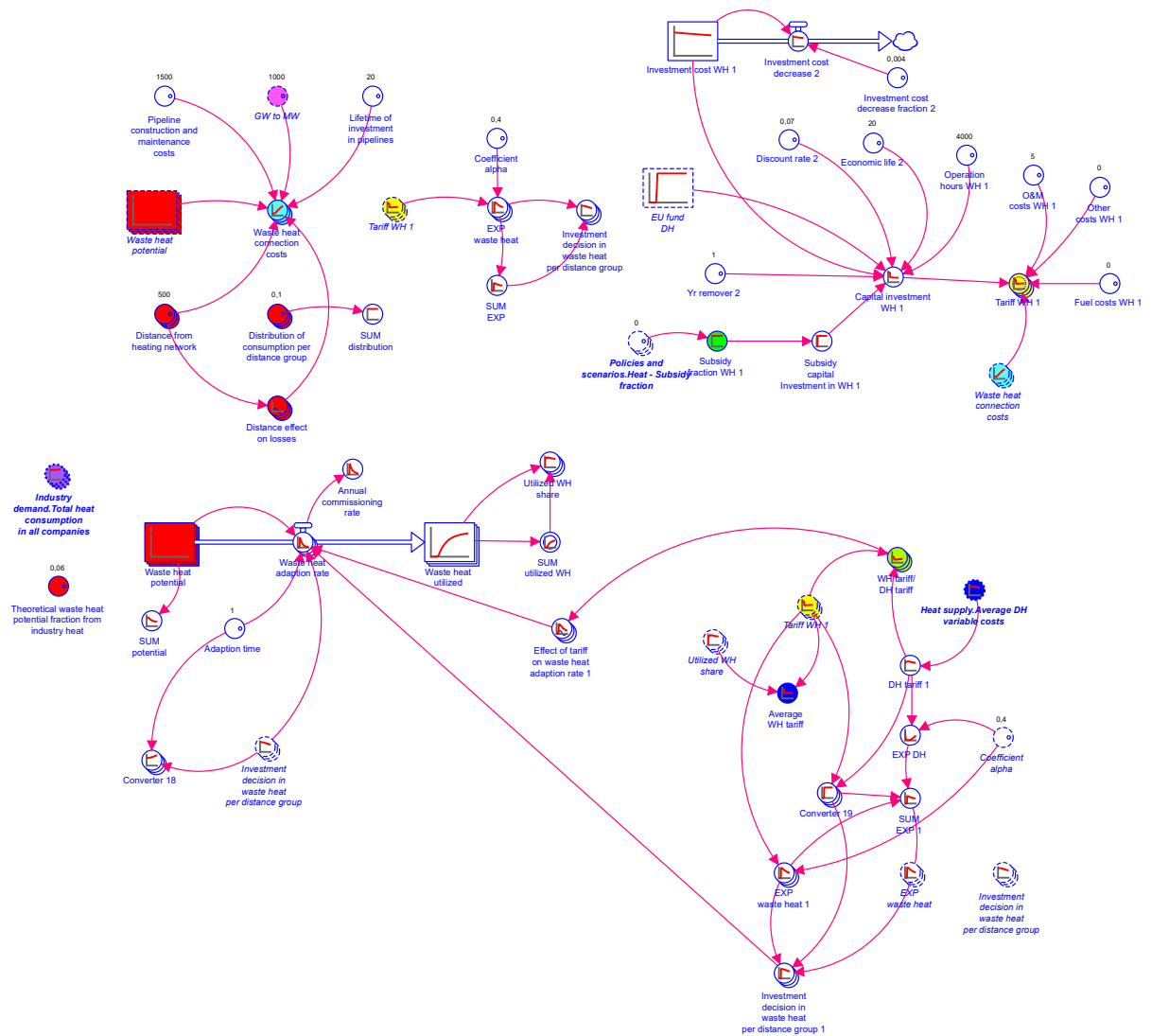
2.21. att. parādīts ietaupījumu moduļa struktūra, kurā ietilpst valsts noteiktais mērķis, kas ir atkarīgs no pārdotā enerģijas daudzuma, kumulatīvais faktiskais mērķis un starpība starp šie parametriem.



2.21.att. EPS ietaupījumu moduļa struktūra

3.6. Atlikumu siltuma izmantošana centralizētajā siltumapgādes sistēmā

Iepriekš izstrādātais NEKP sistēmdinamikas modelis ir papildināts ar atlikumu siltuma izmantošanas moduli centralizētajā siltumapgādes sistēmā. 2.22. att. parādītā struktūra ļauj simulēt lēmumu pieņemšanas procesu par to, vai un kad pieslēgties esošajai centralizētajai siltumapgādes sistēmai ar atlikumu siltumu. Modelī ir iekļauta pieejamā atlikuma siltuma daudzuma aprēķina struktūra, tā ietekme uz kapitālizmaksām, kas rodas no pieslēguma izveidošanas tehniskajiem parametriem (diametra, garuma, temperatūras), siltuma zudumiem, pieejamā valsts atbalsta un tā ietekmes uz siltumenerģijas tarifu. Būtisks faktors lēmuma pieņemšanā ir nosiltināto ēku skaits, kas ir pieslēgts centralizētajai siltumapgādes sistēmai. Modelī centralizētās apgādes sistēmas un iespējas tām pieslēgties ir modelētas atsevišķi Rīgai, lielajām pilsētām un pārējām sistēmām.



2.22.att. Modulis ar atlikumu siltuma izmantošanu centralizētajā siltumapgādes sistēmā

3.7. Secinājumi

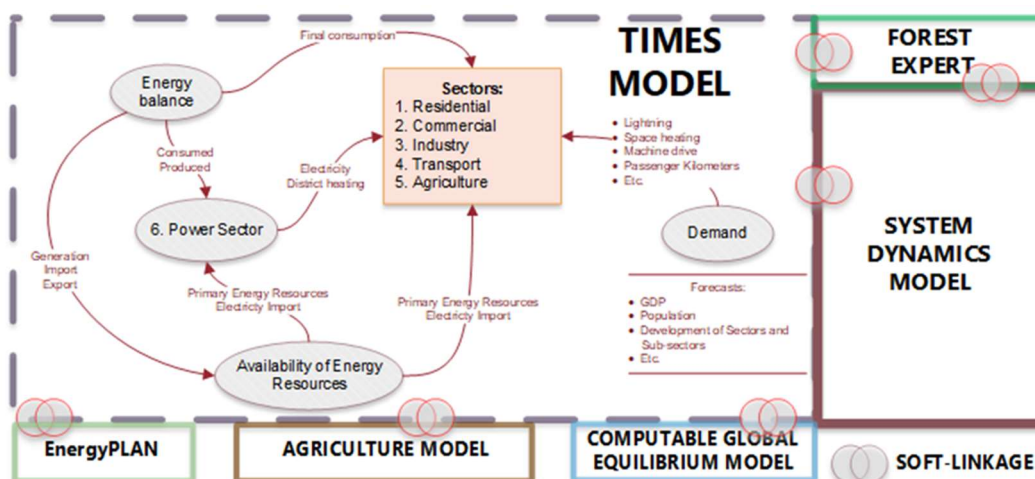
Projekta pirmajā gadā izstrādātais Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plāna (NEKP) sistēmdinamikas modelis ir veiksmīgi:

- papildināts ar vairākiem moduļiem, kas izstrādāti citos VPP projektos, t. sk. energoefektivitātes pienākuma shēma, siltuma pārpalikumu izmantošana centralizētajā siltumapgādes sistēmā, enerģētiskās kopiena;
- veikta manuāla pāreja no modelēšanas rīka “Powersim” uz “Stella Architect”;
- izstrādāta lietotājam draudzīga internetā balstīta modeļa saskarne.

4. MODEĻU SASAISTES ĪSTENOŠANA

Lai pilnveidotu izmantoto modeļu sistēmu, ir izveidotas t.s. *soft-linkage* jeb vieglās saistes starp dažādiem modeļiem un modelēšanas rīkiem, ar mērķi papildināt esošos modeļus (piem., TIMES vai Sistēmdinamikas) un paaugstināt to precizitāti un pielietojumu.

Kopējā modeļu saistes shēma ir parādīta 3.1. attēlā.

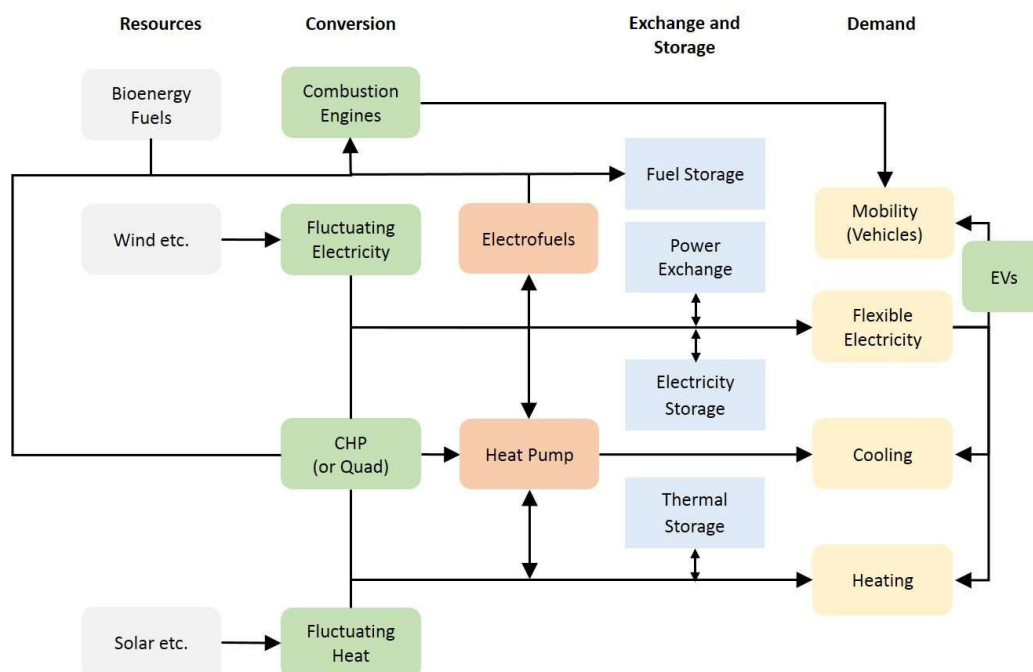


3.2. attēls. Kopējā modeļu saistes shēma

4.1. EnergyPLAN un TIMES

EnergyPLAN ir ievades/izvades modelis kompleksu energosistēmu analīzei. Modelis ir deterministisks (t.i. noteikta ievade dod noteiktu izvades rezultātu, pretēji stohastiskiem modeļiem, kuros iegūst varbūtību sadalījumu). Modeļa mērķis ir noteikt optimālu energosistēmas darbības risinājumu, veicot imitācijas aprēķinus stundu griezumā viena gada garumā. Optimizācija iespējama no tehniskā viedokļa, atrodot risinājumu ar minimālu primāro energoresursu patēriņu, un no ekonomiskā viedokļa, kad tiek atrasts risinājums ar minimālām izmaksām.

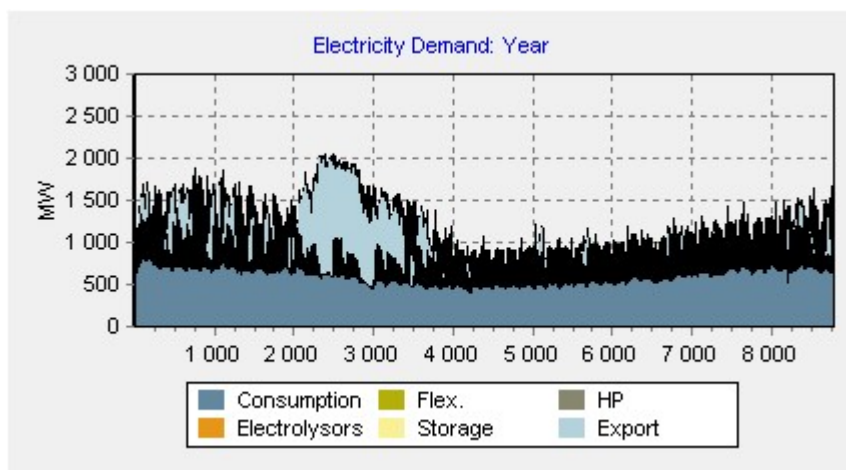
Modelis ļauj analizēt ļoti kompleksas energoapgādes sistēmas, kas ietver elektroapgādes, siltumapgādes (lokālās un centralizētās), kurināmā apgādes, transporta u.c. sektorus (skat. 3.3. att.).



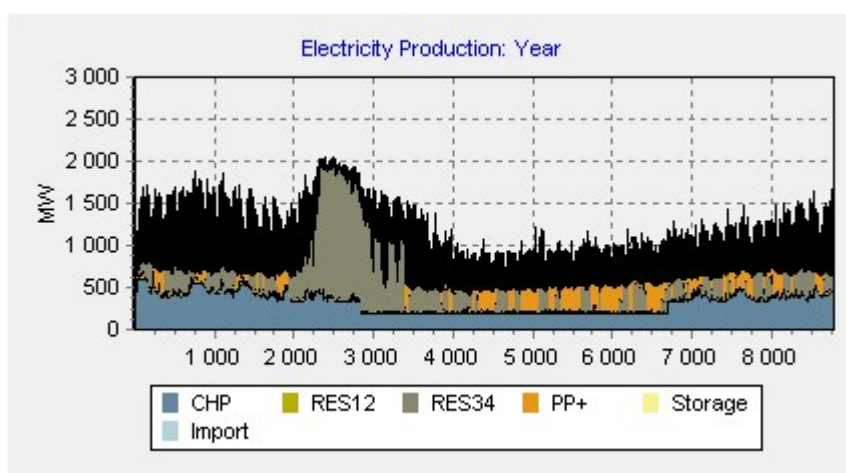
3.3. attēls. EnergyPLAN struktūras vienkārša shēma (avots: www.energyplan.eu)

Programma ir izstrādāta Aalborgas universitātē Dānija 1999. gadā un kopš izveides brīža tā tiek pastāvīgi attīstīta un uzlabota un šobrīd ir pieejama jau 15. versija. Programmas priekšrocība ir tā, ka tā ļauj analizēt t.s. “viedo energoapgādes sistēmu” (*angl. smart energy system*), kurā ir liels atjaunīgos energoresursus izmantojošu tehnoloģiju īpatsvars, notiek sektoru sinerģētiska apvienošana (*angl. sector coupling*), un ietvertas enerģijas uzkrāšanas tehnoloģijas. Turklāt imitācijas aprēķinus var veikt ar pietiekami detalizētu laika soli, jeb izšķirtspēju, t.i. stundu griezumā. Tas ir svarīgs priekšnosacījums, lai modelētu energosistēmu, kurās ir liels svārstīgas izstrādes (*angl. intermittent*) jaudu īpatsvars, kā piemēram, vēja elektrostacijas un saules fotoelementu iekārtas. EnergyPLAN modelēšanas rīks ir izmantots daudzos zinātniskos pētījumos, kas saistīti ar kompleksu energosistēmu analīzi, un šeit var norādīt tikai dažas publikācijas, kurās ir atspoguļoti rezultāti [44]–[49].

EnergyPLAN ir izmantots modelēšanā ar TIMES, validējot elektrību ģenerējošo jaudu sadalījumu gada griezumā, kas ir ievadīti TIMES modelī. Tas ļauj pārliecināties, ka elektroenerģijas izstrāde ir korekta ne tikai gada griezumā kopumā, bet arī noteiktos laika periodos. Tā, piemēram, tika validēti hidroelektrostaciju un vēja elektrostaciju jaudu sadalījums gada griezumā 2017. gadā (pieņemts kā bāzes gads). Attēlos zemāk ir redzami ar EnergyPLAN iegūtie rezultāti, kas parāda elektroenerģijas pieprasījuma (slodzes), elektroenerģijas piegādes (ģenerējošo jaudu) sadalījumu stundu griezumā 2017. gadā, ja tiek veikta tehniskā optimizācija (minimizēts primāro energoresursu patēriņš sistēmā).



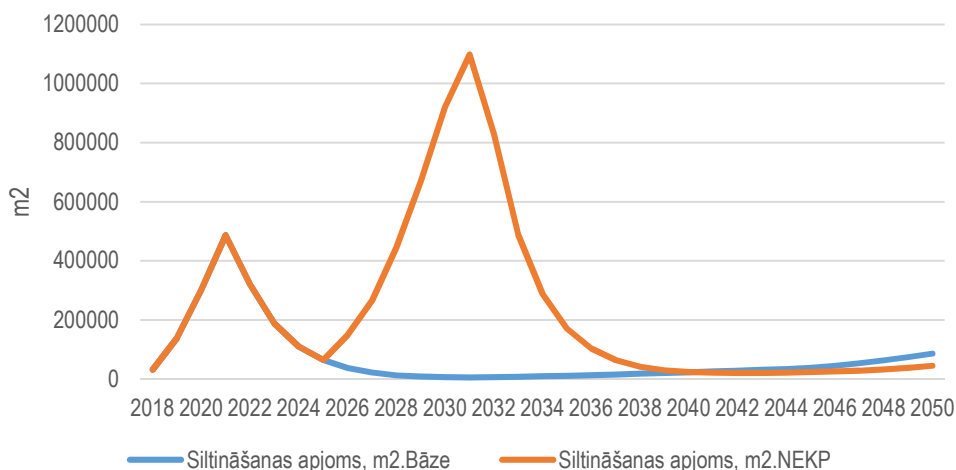
3.4.att. Elektroenerģijas pieprasījums (slodzes) un eksports stundu griezumā Latvijā 2017.g. (EnergyPLAN dati)



3.5.att. Elektroenerģijas piegāde (ģenerējošās jaudas) stundu griezumā Latvijā 2017.g. (EnergyPLAN dati); RES34 – HES, VES; CHP – koģenerācijas stacijas

4.2. Sistēmdinamikas modelis un TIMES modelis

Sistēmdinamikas modeļa izejas dati par dzīvojamo un publisko ēku siltināšanas temperiem un siltināšanas izmaksām ir izmantoti kā ieejas dati TIMES modelī. Lai šo sasaisti veiksmīgāk veiktu, TIMES modeļa komercsektorā un mājsaimniecību sektoros ir ieviesti papildus starprocesi – pieprasījums pēc apkurināmajiem m², kas detalizētāk aprakstītas 1.2.un 1.3. nodaļās.



3.6.att. Sistēmdinamikas modeļa izejas dati un TIMES ieejas dati par nosiltināto m² apjomu daudzīvokļu ēkās

Kā piemērs apskatāms 3.6.att., kur attēloti Sistēmdinamikas izejas dati, kas ir izmantoti kā ieejas dati TIMES modelī par daudzīvokļu ēku siltināšanas apjomu. Ir izmantoti divi scenāriji – bāzes scenārijs, kurā jauni atbalsta pasākumi netiek plānoti, un NEKP scenārijs, kurā ir iestrādāts paredzētais atbalsts daudzdzīvokļu ēku siltināšanai. Līdzīgā veidā sasaiste ir iestrādāta arī par publisko ēku siltināšanas apjomiem.

4.3. TIMES modelis un Vispārējā līdzsvara aprēķina modelis

Iedalījumu nozarēs jeb modeļa detalizācijas pakāpi nosaka nepieciešamība sasaistīt divus atšķirīga veida modeļus – vispārējā līdzsvara aprēķina (VLA) modeli ar daļējā līdzsvara modeli TIMES. Sākotnēji izvēlētais iedalījums 35 nozarēs nebija veiksmīgs, jo radās problēmas ar atšķirīgas struktūras modeļu savietošānu pat "mīkstajā sasaistē" (*soft-linkage*). Rezultātā izvēlēts izmantot tautsaimniecības iedalījumu 20 nozarēs.

Latvijai jau ir bijušas dažas ORANI tipa modeļa adaptācijas, tomēr šajā reizē izaicinājums ir ne tikai vispārējā līdzsvara modeļa izstrāde, bet arī tā sasaiste ar TIMES modeli, nodrošinot kopējo pētījuma mērķu sasniegšanu.

Apkopojot Labāko pieredzi tika secināts, ka veiksmīgākie, politiskiem lēmumiem piemērotākie rezultāti nav balstīti tikai viena – VLA vai TIMES modeļa lietojumā. Tomēr šādas saites dibināšana un uzturēšana ir milzīgs izaicinājums pētniekiem.

Viens no pamatjautājumiem ir – kā identificēt saskares punktus starp abiem modeļiem? Saite veidojas, ja viena modeļa endogēns (mainīgais) tiek ielikts otrā modelī kā eksogēns (fiksēts). VLA modelī ir iespēja mainīt viena mainīgā statusu no endogēna un eksogēnu un otrādi, ja vien saglabājas identifikācijas nosacījumi (pietiekams vienādojumu skaits priekš nezināmo lielumu novērtēšanas). No otras puses, VLA ir top-down modelis un tā pielāgošanas iespējas citam modelim nav bezgalīgas. Ņemot vērā zviedru vai portugāļu pieredzes, notika rēķināšanās ar to, ka būs nepieciešams veikt iegūtās informācijas pārveidojumu formātā, kas nepieciešams otram modelim, darbojoties Excel vidē. Turpinājumā īsumā aprakstīta pašreizējā sasaistes versija, kā arī konstatētās problēmas, kuras vēl prasa risinājumu.

Tiek izveidota atbilstības matrica (A) starp Times-gala-patēriņa 3.līmeni un Ielaides-Izlaides tabulas nozarēm (NACE2 red.) pēc produkta (CPA*64) izlietojuma 2 kategorijās – 'Kokss un naftas pārstrādes produkti' (V19) un 'Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana' (VD).

Atbilstības matrica (A) tiek papildināta ar mainīgo 'Nozaru grupa', atbilstoši GCE modeļa pieņēmumiem.

Tālākie aprēķini tiek veikti 'Nozaru grupu' līmenī.

1. solis: Pēc Times-gala-patēriņa datiem tiek aprēķināti 'Nozaru grupas' enerģijas pieprasījuma scenārija vidējie pieprasījumi pieauguma koeficienti gadā.

$$dTCn = (TC2050/TCto)^{(2050-to)} - 1$$

kur

to – bāzes gads

dTCn - enerģijas pieprasījuma vidējais pieaugums gadā dotajā periodā

TC2050 – enerģijas pieprasījuma prognoze 2050.gadā

TCto – enerģijas pieprasījums bāzes gadā

Enerģijas pieprasījuma vidējais pieaugums gadā tiek pieņemts kā enerģijas pieprasījuma šoks, kuru pievienot GCE modelim, atbilstoši TIMES scenārijiem.

2. solis:

Izlietojuma – izlaides 2016. gada tabulas tiek izmantotas, lai aprēķinātu izlaides/izlietojuma attiecības nozaru griezumā.

Izlaides/izlietojuma attiecības izlaides pusē netiek ietverta izlaide, kas attiecināma uz Kokss un naftas pārstrādes produkti un Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana, citiem vārdiem, enerģija kā blakusprodukts.

Izlaides/izlietojuma koeficients papildus tiek sadalīts 2 komponentēs pēc izlietojuma produkta: izlaides/izlietojuma koeficienta komponente 'Kokss un naftas pārstrādes produkti un Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana', un izlaides/izlietojuma koeficienta komponente 'Pārējie produkti'.

$$\text{Izlaides-izlietojuma koeficients} = (\text{Izlaide bāzes cenās} - R19 - RD) / \text{Izlietojums kopā}$$

kur

R19 - Kokss un naftas pārstrādes produkti

RD - Elektroenerģija, gāze, ūdens, tvaiks un gaisa kondicionēšana

$$\text{Izlaides-izlietojuma koeficients} = (\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} - 1) + (\text{Izlaides-izlietojuma koeficients OTH} - 1) + 1$$

kur

EN – attiecas uz enerģijas produktu ieguldījuma daļu izlaides-izlietojuma koeficientā

OTH – attiecas uz ne-enerģijas produktu ieguldījuma daļu izlaides-izlietojuma koeficientā

Enerģijas pieprasījuma šoks tiek realizēts caur pirmo komponenti Izlaides-izlietojuma koeficients EN, pieņemot, ka īstermiņā ne-enerģijas komponente, (Izlaides-izlietojuma koeficients OTH, ir fiksēta.

3. solis

Lai enerģijas pieprasījuma šoku pārveidotu saprotamu GCE, to ir jāpārveido kā 'Nozaru grupas' GDP izmaiņas. To iegūst aprēķinot Izlaides-izlietojuma koeficienta relatīvos pieaugumu: ja tik piemērots enerģijas pieprasījuma šoks pret koeficientu bez šoka.

Nozaru grupas izlaides (GDP) pieaugums =

$$((\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} - 1) * (1 + dTCn) + (\text{Izlaides-izlietojuma koeficients OTH} - 1) + 1) / ((\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} - 1) + (\text{Izlaides-izlietojuma koeficients OTH} - 1) + 1) - 1,$$

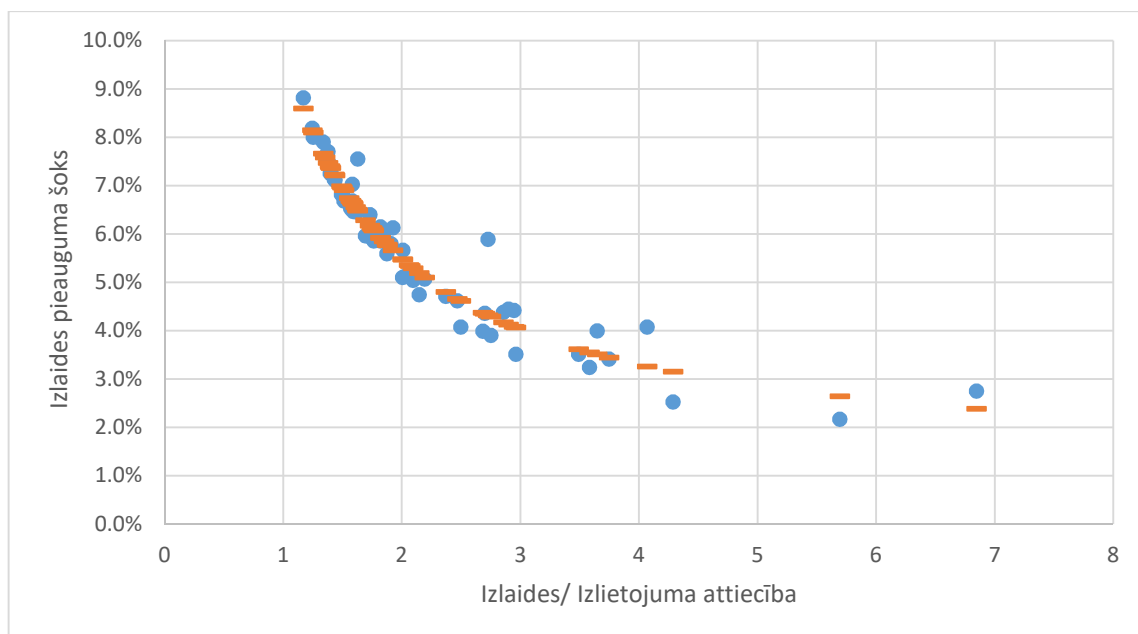
jeb

Nozaru grupas izlaides (GDP) pieaugums =

$$\text{Izlaides-izlietojuma koeficients EN} * dTCn / \text{Izlaides-izlietojuma koeficients}$$

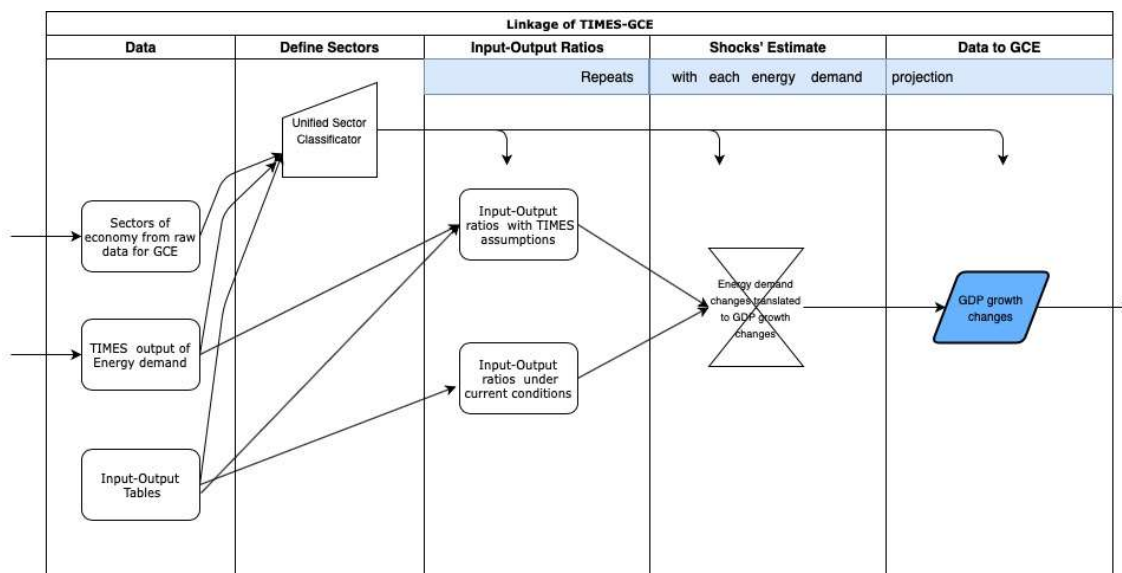
Minētie pieņēmumi nodrošina to, ka sakarība starp nozaru izlaides pieauguma šokiem un izlaides-izlietojuma koeficientu ir apgriezti proporcionāla, bet variācijas pie tuviem izlaides-

izlietojuma koeficientiem atkarīgas no nozares energoatkarības. Uzskatāmāk šī pāreja parādīta 3.6. attēlā.



3.7. att. Izlaides pieauguma šoki tautsaimniecības nozarēs pie vienāda enerģijas pieprasījuma izmaiņām (10%)

Kā redzams, Nozaru grupas izlaides (GDP) pieauguma šoks ir tieši atkarīgs no enerģijas izlietojuma īpatsvara nozarē, un tikai loģiski, ka enerģijas pieprasījuma šoka efekts ir lielāks nozarēs ar lielāku enerģijas izlietojumu. 3.6



3.6.att. VLA un TIMES modeļu mīkstās sasaistes shēma

3.6. attēlā parādīts abu modeļu sasaistes vienas iterācijas viens posms. Veidojot VLA un TIMES modeļu mīksto sasaisti, nepieciešamie aprēķini tiek veikti Excel failā (skat. pielikumā). Lēmumi par izmaiņu lielumu, pārejot no viena modeļa uz otru ir pašu pētnieku ziņā, tāpat arī lēmums par to, ka modeļu sasaiste ir sasniegusi konverģenci, iegūstot interpretējamu rezultātu.

Praksē tas nozīmē nepieciešamību izstrādāt kritērijus, kas ļautu modelēšanas ekspertiem pieņemt lēmumu, ka iterāciju process ir noslēdzies.

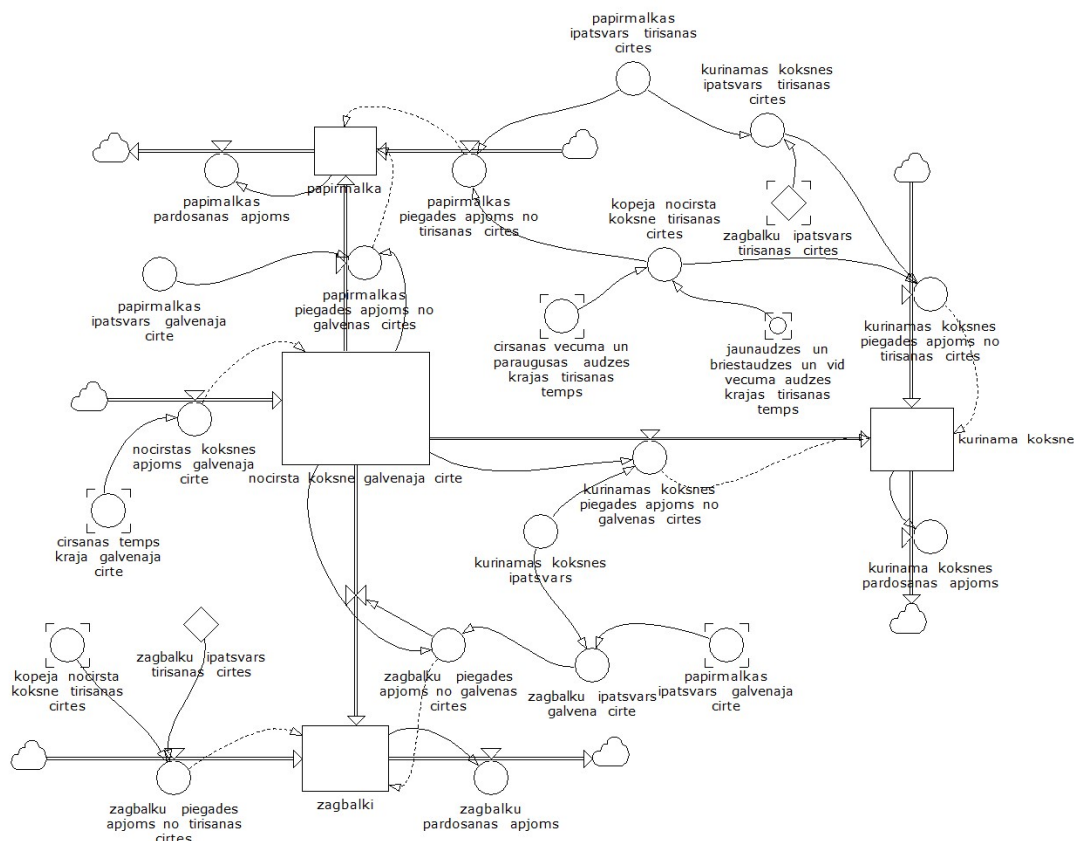
Pilnu atskaites saturu skatīt Latvijas Universitātes Biznesa, vadības un ekonomikas fakultātes izstrādātajā progresa ziņojumā.

4.4. Meža eksperts, Sistēmdinamikas modelis un TIMES modelis

Datu apstrādes programma "Meža eksperts" aprēķināto rezultātu integrēšana un sasaiste ar sistēmdinamikas un TIMES modeli balstīta uz sekojošām datu grupām:

- **Kapitālvērtība.** Raksturo bioloģisko aktīvu vērtību, peļņu, ražošanas ienākumus un izmaksas;
- **Prognozētā koksnes kopkrājas dinamika.** Raksturo kopējo augošu koku krāju, kopējos ciršanas apjomus un platību;
- **Prognozētie ciršanas apjomi pa sugām.** Raksturo augošu koku krāju, ciršanas apjomus un platību;
- **Apājo kokmateriālu ciršanas apjomu iznākuma prognozes.** Raksturo kokmateriālu dimensijas, apjomu, vērtību un potenciālo pieejamību tirgū;
- **Biomasa.** Raksturo kopējo biomasu un biomasas pieejamību enerģētikā;
- **CO₂ piesaiste.** Raksturo kopējo emisiju piesaistes un radīto izmešu apjomu;
- **Nodarbinātība.** Raksturo nodarbinātību (pilna darba laika ekvivalentā) dažādos darbos, atalgojumu, nodokļus;
- **Aizsargājamās platības.** Aizsargājamo platību struktūra, saimnieciskās darbības ierobežojumi, platība, krāja;
- **Ainavas raksts.** Raksturo meža ainavas koku sugu un vecuma struktūru;
- **Koku sugu sastāvs (sugu skaits)** Raksturo audžu struktūru un bioloģiskās daudzveidības struktūru;

Rezultāti ir izmantojami turpmākā sistēmdinamikas modelēšanas procesā. Lai uzlabotu rezultātu ticamību un ievērotu izstrādāto matemātisko modeļu spēju pēc iespējas precīzāk atdarināt procesus, ieteikts papildināt līdzšinējo sistēmdinamikas modeli koksnes meža resursu modelēšanai.

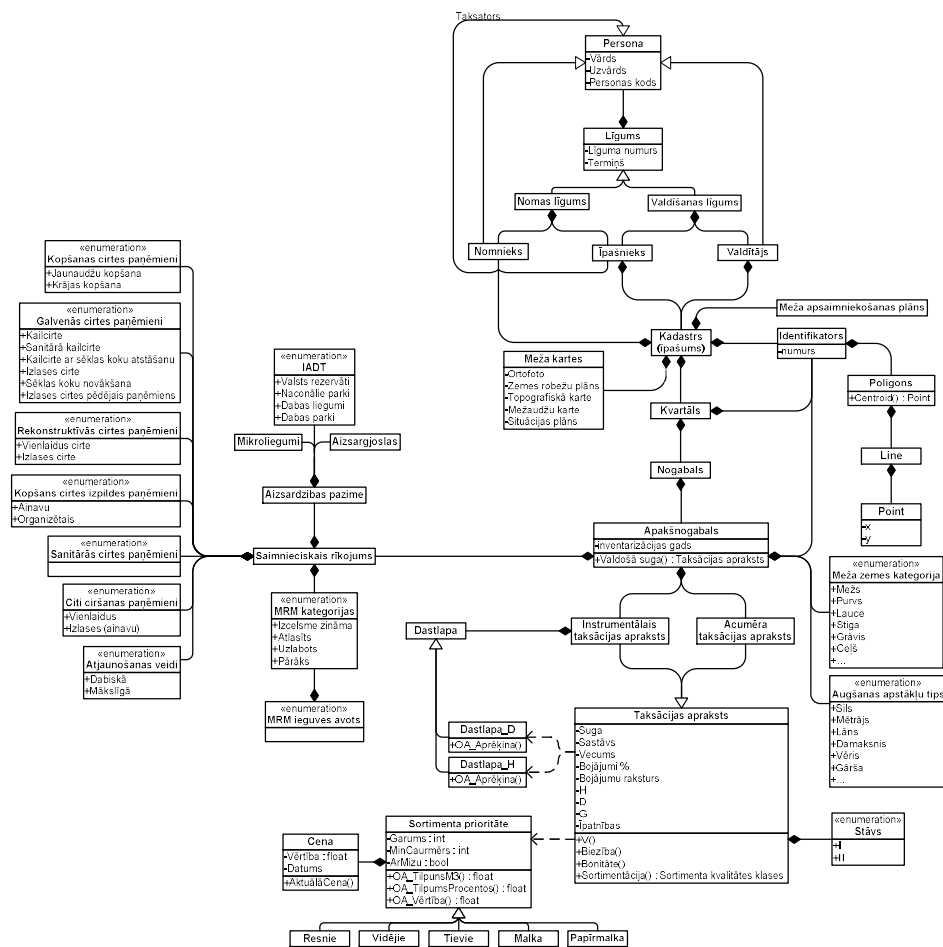


3.7. attēls. Sistēmdinamikas modelis koksnes meža resursu modelēšanai

Esošajā sistēmdinamikas modelī (3.7. attēls) integrētos meža resursu vienādojumus var aizstāt ar precīzākiem aprēķinu rezultātiem, kas tiek iegūti ar datu apstrādes programmu “Meža eksperts”, nodrošinot iespēju rezultātus izmantot turpmākajos sistēmdinamikas modeļu risinājumos. Augstāka precizitāte tiks nodrošināta ar šo datorprogrammu galvenokārt ar to, ka atšķirībā no esošā sistēmdinamikas meža resursu modeļa:

- Tiek analizēti reāli pieejamie meža resursi pilnā nogabalu detalizācijā no VMD datubāzes;
- Tiek izmantoti koku augšanas gaitas modeļi;
- Tiek ievēroti MK normatīvi kokmateriālu iznākumu prognozēšanai;
- Tiek izmantoti koku stumbru veidules un sortimentu prognozēšanas algoritmi;
- Iespējams modelēt meža apsaimniekošanas mērķus, mainīt nosacījumus un veikt rezultātu salīdzināšanu.

Datu apstrādes programmas “Meža eksperts” meža apsaimniekošanas klašu modelis parādīts 3.8. attēlā.



3.8. attēls. Meža apsaimniekošanas klašu modelis

Analizējot sistēmdinamikas, kā arī TIMES modeli un Meža eksperta risinājumus par ērtāko datu apmaiņas formātu, tika izvēlēts Microsoft Excel datu formāts. Šajā datnē katram ar Meža ekspertu aprēķinātajam scenārijam tiks atvēlēta viena darba lapa. No šīs darba lapas sistēmdinamikas modelis paņems nepieciešamos datu laukus.

Šī uzdevuma izpildei Meža eksperta aprēķinu rezultāti tiks apkopoti tabulas datu struktūrās, sistēmdinamikas modelim 3.1. tabula un TIMES modelim 3.2. tabula. Malka un papīrmalka var tikt novērtēti kā enerģētiskās koksne atbilstoši turpmāko aprēķinu veikšanas uzdevumiem.

3.1.tabula

Sistēmdinamikas modeļa datu apmaiņas datu struktūras apraksts

Datu lauka nosaukums	Datu tips	Mērvienība
Gads	Vesels skaitlis	-
Suga	Teksts	-
Resnie apaļkoki	Vesels skaitlis	m ³
Vidējie apaļkoki	Vesels skaitlis	m ³
Tievie apaļkoki	Vesels skaitlis	m ³
Malka	Vesels skaitlis	m ³
Papīrmalka	Vesels skaitlis	m ³
Ciršanas atliekas	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no sausajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no zaļajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no skuļām	Vesels skaitlis	m ³

TIMES modeļa datu apmaiņas datu struktūras apraksts

Datu lauka nosaukums	Datu tips	Mērvienība
Gads	Vesels skaitlis	-
Malka	Vesels skaitlis	m ³
Papīrmalka	Vesels skaitlis	m ³
Ciršanas atliekas	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no sausajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³
Biomasa no zaļajiem zariem	Vesels skaitlis	m ³

Pilnu atskaites saturu skatīt Latvijas Lauksaimniecības universitātes izstrādātajā progresa ziņojumā.

5. LAUKSAIMNIECĪBAS SEKTORA VIDES PIESĀRŅOJUMA INDIKATORI UN DARBĪBAS DATI LAUKSAIMNIECĪBĀ

Darbības dati lauksaimniecībā iegūti, izmantojot Latvijas lauksaimniecības sektoranalīzes modeli (LASAM), kurš veidots kā ekonometrisks modelis un pielietojams lauksaimniecības nozares attīstības rādītāju prognozēšanai, periodiski aktualizējot esošo modeli un palielinot modeļa detalizācijas pakāpi. Modelis nodrošina iespēju novērtēt lauksaimniecības politikas esošo situāciju un izmaiņu ietekmi uz atsevišķiem lauksaimniecības sektoriem.

Modelī ir iekļautas prognozes par sekojošiem lauksaimniecības sektoriem:

- lopkopības (piensaimniecība, liellopu gaļas ražošana, aitkopība, kazkopība, cūkkopība, putnkopība, zirgkopība);
- augkopības (graudkopība, rapšu, pākšaugu, kukurūzas audzēšana, dārzenkopība un ilggadīgie stādījumi) sektoriem;
- prognozes par lauksaimniecībā izmantojamās zemes (LIZ) izmantošanu un emisiju prognozes lauksaimniecībā, izlaide, pievienotā vērtība un nodarbinātība.

Papildus LASAM modelī iekļautas prognozes saimniecību grupu dalījumā nozīmīgākajos lauksaimniecības sektoros, t.sk., piensaimniecība, graudkopība, cūkkopība. Atsevišķi no pārējiem lopkopības sektoriem, liellopu gadījumā tiek prognozēts kūtsmēslu daudzums. Ievades dati modeļa izveidei un modelēšanas procesa nodrošināšanai iegūti no atsevišķām datu bāzēm, t.sk., Latvijas lauku saimniecību uzskaites datu tīkls (SUDAT) un Centrālā statistikas pārvalde (CSP). Papildus atsevišķu rādītāju izmaiņu prognozēm tiek izmantotas Eiropas Komisijas Lauksaimniecības ģenerāldirektorāta (AGRI ĢD) izstrādātās prognozes, kuras modelī iekļautas kā eksogēni mainīgie. Bāzes scenārijā lauksaimniecības preču cenas ir balstītas uz AGRI ĢD sagatavotajām prognozēm līdz 2030. gadam.

Pilnu atskaites saturu skatīt Latvijas Lauksaimniecības universitātes Vides un ūdenssaimniecības katedras izstrādātajā progresa ziņojumā.

LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

- [1] "Projekts 'Ceļvedis uz energoefektīvu Latvijas nākotni (EnergyPath)', projekta Nr. VPP-EM-EE-2018/1-0006."
- [2] Ekonomikas Ministrija, "Ēku atjaunošanas ilgtermiņa stratēģija," 2017. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/lv_building_renov_2017_lv.pdf.
- [3] Būvniecības valsts kontroles birojs, "Vidējais apkures patēriņš ēkās," 2018. [Online]. Available: <https://bvkb.gov.lv/lv/content/vidējais-ipatņejais-apkures-paterins-2>. [Accessed: 05-Feb-2020].
- [4] Ekonomikas Ministrija, "Valsts institūciju īpašumā, valdījumā un lietošanā esošās ēkas ar kopējo platību virs 250 m²," 2019. [Online]. Available: https://www.em.gov.lv/files/attachments/Saraksts_23.12.2019.xlsx.
- [5] Ministru kabinets, "Noteikumi par ēku energosertifikāciju," *Latvijas Vēstnesis*, 2013.
- [6] E. Fuentes, L. Arce, and J. Salom, "A review of domestic hot water consumption profiles for application in systems and buildings energy performance analysis," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. February 2017, pp. 1530–1547, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.229.
- [7] K. W. Roth, J. Dieckmann, S. D. Hamilton, and W. Goetzler, "Energy Consumption Characteristics of Commercial Building HVAC Systems Volume III : Energy Savings Potential," *Build. Technol. Progr.*, vol. III, no. 68370, 2002.
- [8] S. Werner, "European space cooling demands," *Energy*, vol. 110, pp. 148–156, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2015.11.028.
- [9] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy Build.*, vol. 40, no. 3, pp. 394–398, 2008, doi: 10.1016/j.enbuild.2007.03.007.
- [10] Ministru kabinets, "Darba aizsardzības prasības darba vietās," *Latvijas Vēstnesis*, 2009.
- [11] M. M. Aman, G. B. Jasmon, H. Mokhlis, and A. H. A. Bakar, "Analysis of the performance of domestic lighting lamps," *Energy Policy*, vol. 52, pp. 482–500, 2013, doi: 10.1016/j.enpol.2012.09.068.
- [12] A. Kerimray, B. Suleimenov, R. De Miglio, L. Rojas-Solórzano, M. Amouei Torkmahalleh, and B. P. Ó Gallachóir, "Investigating the energy transition to a coal free residential sector in Kazakhstan using a regionally disaggregated energy systems model," *J. Clean. Prod.*, vol. 196, pp. 1532–1548, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.158.
- [13] Centrālā statistikas pārvalde, "EPM180. Apkurināmā platība un mājokļu skaits, kas saņem siltumu no ārējā piegādātāja," 2015. [Online]. Available: http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__energ_pat/EPM180.px/.
- [14] ODYSEE, "Indikatoru datu bāze," 2018. [Online]. Available: <http://www.odyssee-mure.eu/project.html>.
- [15] Eurostat, "Enerģijas patēriņš māsaimniecībās." [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_consumption_in_households#Energy_consumption_in_households_by_type_of_end-use. [Accessed: 19-Mar-2020].
- [16] M. Maesano, R. Picchio, A. Lo Monaco, F. Neri, B. Lasserre, and M. Marchetti, "Productivity and energy consumption in logging operation in a Cameroonian tropical forest," *Ecol. Eng.*, vol. 57, pp. 149–153, 2013, doi: 10.1016/j.ecoleng.2013.04.013.
- [17] Latvijas Republikas Zemkopības ministrija; Latvijas Lauksaimniecības universitāte, "Lauksaimniecības rādītāju un SEG emisiju no lauksaimniecības sektora prognoze 2020., 2030. un 2050. gadiem ar papildus pasākumiem emisiju samazināšanai," 2015. [Online]. Available: https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/Lauksaimniecibas_prognozes_2050_gads.pdf.

- [18] B. S. Akb *et al.*, "Determining the Feasibility Threshold for Tradable Biomethane Certificates," no. 2016, pp. 1–24, 2020.
- [19] AS „Gaso”, "Dabaszgāzes pieslēguma izmaksas." [Online]. Available: <https://www.gaso.lv/izmaksas>.
- [20] M. Åhman, "Biomethane in the transport sector-An appraisal of the forgotten option," *Energy Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 208–217, 2010, doi: 10.1016/j.enpol.2009.09.007.
- [21] "Valsts statistisko pārskatu 2-Gaiss datu bāze." [Online]. Available: <https://www.meteo.lv/lapas/vide/parskatu-ievadisana/parskatu-ievadisana?id=1039&nid=376>.
- [22] AS Rīgas Siltums, "Gada pārskats 2017," 2017. [Online]. Available: https://www.rs.lv/sites/default/files/page_file/rs_gada_parskats_2017.pdf.
- [23] AS Latvenergo, "Latvenergo koncerna konsolidētais un AS Latvenergo 2017. gada pārskats." [Online]. Available: https://latvenergo.lv/storage/app/media/investoriem/parskati/2017/Parskats_finanses_LV_2017g.pdf.
- [24] Valsts vides dienests, "SEG atļaujas." [Online]. Available: http://www.vvd.gov.lv/izsniegtas-atlaujas-un-licences/seg-atlaujas/?company_name=Olaines&org_id=&perm_date_from=&perm_date_to=&s=1.
- [25] Ekonomikas Ministrija, "Atļaujas jaunu elektroenerģijas ražošanas iekārtu ieviešanai." [Online]. Available: https://www.em.gov.lv/lv/nozares_politika/atjaunojama_energija_un_kogeneracija/atlaujas_jaunu_elektroenerģijas_razosanas_iekartu_ieviesanai/.
- [26] Centrālā statistikas pārvalde, "Apsekojuma 'Latvijas iedzīvotāju mobilitāte 2017. gadā' rezultāti." [Online]. Available: <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/transports-turisms/transports/meklet-tema/357-apsekojuma-latvijas-iedzivotaju-mobilitate>.
- [27] J. Tattini, M. Gargiulo, and K. Karlsson, "Reaching carbon neutral transport sector in Denmark – Evidence from the incorporation of modal shift into the TIMES energy system modeling framework," *Energy Policy*, vol. 113, no. November 2017, pp. 571–583, 2018, doi: 10.1016/j.enpol.2017.11.013.
- [28] Rīgas satiksme, "2017.g.pāravadāto pasažieru skaits." [Online]. Available: <https://www.rigassatiksme.lv/lv/aktualitates/infografika-2017-gada-parvadati-142-656-899-pasazieri/>.
- [29] Centrālā statistikas pārvalde, "TRG110. Reģistrēto automobiļu sadalījums pēc vecuma un degvielas veida gada beigās." [Online]. Available: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/transp_tur/transp_tur__transp__auto_celi__ikgad/TRG110.px/.
- [30] CSDD, "Reģistrēto transportlīdzekļu skaits." [Online]. Available: <https://www.csdd.lv/transportlidzekli/registreto-transportlidzeklu-skait>.
- [31] Centrālā statistikas pārvalde, "TRG040. Transporta līdzekļu skaits gada beigās." [Online]. Available: https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/transp_tur/transp_tur__transp__auto_celi__ikgad/TRG040.px/.
- [32] VAS Latvijas dzelzceļš, "Galvenie darba rādītāji." [Online]. Available: <https://www.ldz.lv/sites/default/files/LDZ-raditaji-2019-LV-web.pdf>.
- [33] E. A. Gilmore and L. B. Lave, "Comparing resale prices and total cost of ownership for gasoline, hybrid and diesel passenger cars and trucks," *Transp. Policy*, vol. 27, pp. 200–208, 2013, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.12.007.
- [34] U.S. Department of Transportation, "Cost-Benefit Analysis of Rail Electrification for Next Generation Freight and Passenger Rail Transportation," 2015. [Online]. Available:

- [https://cms8.fra.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/19061/Cost Benefit Analysis of Rail Electrification.pdf](https://cms8.fra.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/19061/Cost%20Benefit%20Analysis%20of%20Rail%20Electrification.pdf).
- [35] "Velosatiksmes attīstības plāns 2018.-2020.gadam projekts," 2017. [Online]. Available: http://veloplans.lv/wp-content/uploads/2017/08/VELOSATIKSMES-ATTISTIBAS-PLANS-2018_2020-GADAM-projekts.pdf.
- [36] NRA.Lv Redakcija, "Ceļu būvei vairs nav Eiropas Savienības naudas." [Online]. Available: <http://dienaszinas.lv/2019/11/20/celu-buvei-vairs-nav-eiropas-savienibas-naudas/>.
- [37] "Rail Baltica Global Project CostBenefit Analysis Final Report," 2017. [Online]. Available: https://www.railbaltica.org/wp-content/uploads/2017/04/RB_CBA_FINAL_REPORT_0405.pdf.
- [38] S. Achinas, J. Horjus, V. Achinas, and G. J. W. Euverink, "A PESTLE analysis of biofuels energy industry in Europe," *Sustain.*, vol. 11, no. 21, pp. 1–24, 2019, doi: 10.3390/su11215981.
- [39] S. Mojtaba Lajevardi, J. Axsen, and C. Crawford, "Comparing alternative heavy-duty drivetrains based on GHG emissions, ownership and abatement costs: Simulations of freight routes in British Columbia," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 76, no. September, pp. 19–55, 2019, doi: 10.1016/j.trd.2019.08.031.
- [40] Centrālā statistikas pārvalde, "ENG190. Energoresursu vidējās cenas gala patērētājiem (bez PVN)." [Online]. Available: http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG190.px/.
- [41] Centrālā statistikas pārvalde, "ENG020. Energobilance, TJ, tūkst.toe (NACE 2. red.)." [Online]. Available: http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG020.px/.
- [42] Centrālā statistikas pārvalde, "ENG030. ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmas (ETS) operatoru energobilance, teradžoulos (NACE 2.red.)." [Online]. Available: http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG030.px/.
- [43] Centrālā statistikas pārvalde, "ENG040. ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmā neiekļauto uzņēmumu (ne-ETS) energobilance, teradžoulos (NACE 2.red.)." [Online]. Available: http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG040.px/.
- [44] P. Capros, *EU Reference Scenario 2016*. 2016.
- [45] A. Bonati, G. De Luca, S. Fabozzi, N. Massarotti, and L. Vanoli, "The integration of exergy criterion in energy planning analysis for 100% renewable system," *Energy*, vol. 174, pp. 749–767, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.02.089.
- [46] K. Hansen, B. V. Mathiesen, and I. R. Skov, "Full energy system transition towards 100% renewable energy in Germany in 2050," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 102, no. November 2018, pp. 1–13, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2018.11.038.
- [47] K. Askeland, K. N. Bozhkova, and P. Sorknæs, "Balancing Europe: Can district heating affect the flexibility potential of Norwegian hydropower resources?," *Renew. Energy*, vol. 141, no. 2019, pp. 646–656, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.03.137.
- [48] P. Cabrera, H. Lund, J. Z. Thellufsen, and P. Sorknæs, "The MATLAB Toolbox for EnergyPLAN: A tool to extend energy planning studies," *Sci. Comput. Program.*, vol. 191, p. 102405, 2020, doi: 10.1016/j.scico.2020.102405.
- [49] J. Z. Thellufsen *et al.*, "Smart Energy Cities in a 100% Renewable Energy Context," *Proc. 14th Conf. Sustain. Dev. Energy, Water Environ. Syst.*, vol. 129, no. November 2019, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2020.109922.
- [50] K. Hansen, C. Breyer, and H. Lund, "Status and perspectives on 100% renewable energy systems," *Energy*, vol. 175, pp. 471–480, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.03.092.