

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte

Enerģētikas institūts

Jānis REĶIS

Enerģētikas un elektrotehnikas doktora programmas doktorants

(doktor.apl.Nr 881110504)

**LATVIJAS ENERĢĒTIKAS ATTĪSTĪBAS
SCENĀRIJU IZSTRĀDE UN IZPĒTE,
IEVĒROJOT VIDES FAKTORU**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs

Dr.sc.ing., asoc.prof.

Edvīns VANZOVIČS

Rīga-2004

Saturs

DARBA KOPĒJAIS APRAKSTS	5
Uzdevuma aktualitāte	5
Darba mērķi un uzdevumi.....	5
Pētījumu metodes un līdzekļi.....	6
Zinātniskā novitāte	6
Darba rezultātu praktiskais lietojums	6
Autora publikāciju saraksts	7
Darba struktūra un saturs.....	8
1. ENERĢĒTIKAS UN VIDES SISTĒMAS ANALĪZE	8
2. LATVIJAS ENERĢĒTIKA UN VIDE	11
3. LATVIJAS MARKĀL UN SCENĀRIJU VISPĀRĒJIE PIENĒMUMI.....	13
4. PROBLĒMSITUĀCIJU ANALĪZE	14
4.1. Emisiju samazināšana enerģētikas sektorā	14
4.2. CO ₂ izmešu samazināšanas potenciāla un izmaksu novērtējums	16
4.3. RES-E mērķis.....	17
4.4. Biomasas plašāka izmantošana enerģijas ražošanā	17
4.5. Emisiju tirdzniecība	19
4.6. Stohastiskā analīze	20
5. SLĒDZIENS.....	22

DARBA KOPĒJAIS APRAKSTS

Uzdevuma aktualitāte

Latvijā kopš 1990.gada enerģijas patēriņa līmenis ievērojami samazinājās. Pašlaik tas stabilizējas, un pēdējos pāris gados tam ir tendence pat pieaugt. Līdzīgi ir ar emisiju daudzumu, tāpēc aktuāla problēma gan globālā, gan arī lokālā mērogā ir enerģētikas turpmākā attīstība un ar to saistītā vides kvalitātes saglabāšanas prasību ievērošana, kā arī vidi piesārņojošo emisiju ierobežošana un samazināšana.

Latvija, lai risinātu minētās vides problēmas, ir pieņēmusi virkni vides likumdošanas aktu un uzņēmusies pildīt starptautiskās saistības globālo klimata pārmaiņu novēršanai, parakstot 1992.gadā Riodežaneiro "ANO Vispārējo konvenciju par klimata pārmaiņām", kas LR Saeimā ratificēta 1995.gadā, un 1998.gadā "Kioto protokolu", kas LR Saeimā ratificēts 2002.gada 30.maijā. Tādējādi Latvija ir uzņēmusies saistības individuāli vai kopīgā rīcībā ar citām valstīm panākt, ka antropogēnās tiešās siltumnīcefekta gāzu (SEG) (t.i., CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC un SF₆)¹ emisijas, izteiktas kopējā formā, laika posmā no 2008.-2012.gadam būs 8% zem 1990.gada izmešu līmeņa. Viena no Latvijas vides politikas prioritātēm ir pārrobežu gaisa piesārņojuma ierobežošana. Latvija ir pievienojusies ANO EEK konvencijai "Par pārrobežu gaisa piesārņojuma samazināšanu" un tās protokoliem, kuru prasību nodrošināšanai Latvijā tiek veikts gaisa piesārņojuma monitorings un piesārņojuma novēršanas pasākumi, samazinot galveno gaisu piesārņojošo vielu (SO₂, NO_x, CO, gaistošie organiskie savienojumi - GOS, smagie metāli) emisijas. Ministru kabinets ar 2003.gadā apstiprinātajiem noteikumiem Nr.507 „Noteikumi par kopējo valstī maksimāli pieļaujamo emisiju gaisā” ir noteicis pieļaujamās SO₂, NO_x, GOS, NH₃ emisiju līmeņus valstī, sākot ar 2010.gadu.

Vides kvalitātes uzlabošanu var panākt gan ar speciāliem pasākumiem, kas parasti ir visai dārgi, gan ieviešot modernas tehnoloģijas pašā enerģētikā, kura ir viena no lielākajiem vides piesārņotājiem. Nosakot "kad" un "kādi" pasākumi jāveic vai tehnoloģijas jāievieš, lai nodrošinātu visstraujāko ekonomikas attīstību, ievērojot vides faktoru, nepieciešama attīstības ilgtermiņa optimizācija, jo enerģētikas attīstība ir ilgstošs process. Atrodot optimālo ilgtermiņa attīstības stratēģiju, ko nosaka minimālās kopējās izmaksas, vienlaicīgi tiek definēti veicamie pasākumi un ieviešamās tehnoloģijas katrā atsevišķā posmā no apskatāmā laika intervāla, ievērojot pieļaujamās emisijas. Šie pasākumi un tehnoloģijas nodrošina līdzsvarotu, sabalansētu attīstību sasniedzot optimālo ekonomisko efektu. Šādas optimizācijas veikšanai jāapstrādā apjomīga informācija un jāizstrādā ekonomiskais un matemātiskais instrumentārijs.

Darba mērķi un uzdevumi

Šī darba mērķis ir izstrādāt un pētīt enerģētikas plānošanas un attīstības optimālās stratēģijas (iespējamās attīstības scenārijus), ņemot vērā vides faktoru, lai varētu tās izmantot konstruktīvu lēmumu pieņemšanā saistībā ar enerģētikas un vides jautājumiem.

Lai šo mērķi īstenotu, tika izvirzīts uzdevums izveidot enerģētikas un vides sistēmas analīzes instrumentāriju, balstoties uz Latvijas enerģētikas struktūru, iespējamām nākotnes tehnoloģijām un emisiju samazināšanas iespējām, un enerģētikas attīstības scenārijus, ievērojot:

- vides faktoru - NO_x, SO₂, GOS, SEG emisiju ierobežojumus;

¹- oglekļa dioksīds, metāns, vienvērtīgā slāpekļa oksīds, fluorogļūdeņražui, perfluorogļūdeņražui, sēra heksafluorīds

- reģeneratīvo un vietējo resursu plašāku izmantošanu - lielāka RES-E² daļa valsts kopējā elektroenerģijas pieprasījumā; plašāka koksnes izmantošana centralizētā siltuma ražošanā;
- emisiju samazināšanas iespējas, veicot energoefektivitātes pasākumu; apgādes drošumu valsts apgādē ar elektroenerģiju - elektroenerģijas imports;
- reģionālās tirdzniecības iespējas elektroenerģijas un emisijas tirgus;
- emisiju samazināšanas mērķu nenoteiktības faktoru.

Pētījumu metodes un līdzekļi

Enerģētikas attīstības scenāriju izstrādē un izpētē izmantotas šādas metodes un līdzekļi:

- energoresursu bilance;
- matemātiskās statistikas metodes (regresiju analīze enerģijas patēriņa, enerģijas nesēju un tehnoloģiju tehniski ekonomisko ieejas datu apstrādes un izvērtēšanas procesā); lietderīgā enerģijas patēriņa sasaiste ar makroekonomisko rādītāju prognozi;
- enerģētikas references sistēma (Latvijas enerģētikas un vides sistēmas aprakstošā mērķfunkcija un ierobežojumi);
- sistēmu analīze (enerģētikas tin vides sistēma veido daudzfaktoru mainīgo sistēmu);
- simpleksa matemātiskās optimizācijas metode lineārās programmēšanas uzdevumam (programma sarakstīta GAMS programmēšanas valodā, un tās optimālā atrisinājumu meklēšanā izmantots simpleksa algoritms);
- jutības analīze (izstrādāts bāzes attīstības scenārijs, izveidotas scenāriju kopas, veikta scenāriju salīdzināšana);
- stohastiskā analīze pēc Laplasa kritērija (ievērojot kāda notikuma nākotnes nenoteiktību);
- modeļa datubāzes integrēšana reģionālos modeļos (analizējot Baltijas reģiona enerģijas un emisiju tirdzniecības efektus, sasaistīti vairāku valstu modeļi).

Zinātniskā novitāte

Aizstāvamā darba zinātniskā novitāte ir saistīta ar konkrētām vides aizsardzības stratēģijām atbilstošām problēmsituācijām, kas varētu rasties Latvijas enerģētikas perspektīvajā attīstībā. Problēmsituāciju analīzei izmantots Latvijas apstākļiem adaptētais un modificētais MARKAL modelis, kurš ir piemērojams plaša jautājumu loka risināšanai - kas ir svarīgi Latvijas politikas formulēšanā vides un enerģētikas jomās, un ir lietojams dažādos lēmuma pieņemšanas līmeņos. Iegūtie rezultāti ir izmantoti valsts institūciju izstrādātajos Latvijas vides politikas un enerģētikas attīstības veidošanas dokumentos.

Darba rezultātu praktiskais lietojums

Enerģētikas un vides sistēmas analīzes modelis MARKAL sadarbībā ar dažādām institūcijām ir izmantots vairākos pētījumos, kuru atsevišķi rezultāti ir aprobēti dažādu politisko dokumentu izstrādē.

- "Nacionālās stratēģijas izstrādes nosacījumu izpēte un stratēģijas izstrāde biomasas un citu reģeneratīvo energoresursu izmantošanai Latvijas pašvaldību siltumapgādes sistēmās" (2004.gads, sadarbībā ar BO VSIA "Vides projekti").
- Pasākumu novērtējums nacionālo emisiju samazināšanai enerģētikā laika posmā līdz 2010.gadam. Rīcības programmas "Valsts kopējo emisiju samazināšana" ietvaros (2003.gads, sadarbībā ar LR Vides ministriju).

² - Renewable Energy Source - Electricity

- RES-E atbalsta shēmu modelēšana un izpēte (2003.gads, sadarbībā ar Ekonomikas ministriju).
- Latvijas elektroenerģijas apgādes sistēmas drošuma un ekonomiskais novērtējums laika posmam līdz 2006.gadam (2001.gads, sadarbībā ar LR Ekonomikas ministriju).
- Attiecīgi 1998. un 2001.gadā, izmantojot modeli izstrādātas enerģijas patēriņa prognozes Latvijas Republikas otrajam un trešajam nacionālam ziņojumam ANO vispārējās konvencijas "Par klimata pārmaiņām" ietvaros (sadarbībā ar LR Vides ministriju).
- Emisiju atļauju tirdzniecība starp Ziemeļu un Baltijas valstīm, (sadarbībā ar Tallinas Tehnisko universitāti un Institutu For Energiteknikk).
- CO2 izmešu samazināšanas potenciāla novērtējums, realizējot energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumus ēkās, izmantojot enerģētikas sistēmu optimizācijas modeli MARK.AL (2000.gads, sadarbībā ar LR Ekonomikas ministrijas Būvniecības departamentu).
- Latvijas enerģētikas sektora ekonomikas vērtējums klimata pārmaiņu kontekstā (2000.gads, sadarbībā ar International Resources Group, Ltd. un LR Vides ministriju).
- Pētījumam "Dažu politisko līdzekļu un pasākumu novērtējums enerģētikas un mežsaimniecības sektoros" tika izstrādāti attīstības scenāriji enerģētikas sektoram (1998.gads, sadarbībā ar LR Vides ministriju).
- CO2 emisijas Latvijā (1998.gads, sadarbībā ar Institūtu For Energiteknikk).
- SOx izmešu prognoze Latvijai līdz 2010.gadam (1996.gads, sadarbībā ar LR Vides ministriju).

Autora publikāciju saraksts

1. Reķis J. Outlook for Latvia. Presented to the EEA workshop Energy, greenhouse gas emissions and climate change scenarios, Copenhagen, Denmark, 29-30 June 2004. air-climate.eionet.eu.int/docs/meetings/040629_En_GHGEm_CC_Scen_WS/meeting040629.html.
2. Реķис Я.М., Ванзович Э.П. Оценка мероприятий по снижению национальных эмиссий в энергетике до 2010 года. *Conference proceedings 'Power engineering and technologies'* Kaunas University of Technology, Lithuania, April 22-23, 2004. 38-44c.
3. Reķis J., Vanzovičs E. Sagaidāmo emisiju prognoze un to samazināšanas izdevumi Latvijas enerģētikā. *Starptautiskā zinātniskā konference „Modernas tehnoloģijas enerģijas ieguvei un efektīvai izmantošanai”* Jelgava, 2004.gada 28., 29.jūnijā. 21.-26.lpp.
4. Streimikiene D., Reķis J. Achievements of Lithuania and Latvia Regarding the implementation of Kyoto commitments. *Management of Organizations: System Research*. Kaunas: Vytautas Magnus University, 2003. N26, 249-261p.
5. Greķis A., Reķis J., Pinkis A. Development of of Registries in Latvia. *Support of the Implementation of the Kyoto Protocol in Countries with Economies in Transition*. REC, 2003. 30p. www.rec.org.
6. Reķis J., Vanzovičs E. Electricity production from renewable energy sources in Latvia - status and perspective. *RTU zinātniskie raksti. Enerģētika un elektrotehnika*. Rīga, 2003. N9, 84-90p.
7. Streimikiene D., Reķis J. GHG emissions and challenges of Kyoto commitments in Latvia and Lithuania. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2003. N1, 3-15 p.
8. Reķis J., Vanzovičs E. RES-E in Latvia Status and Perspective. Conference proceedings "Power engineering and technologies" Kaunas University of Technology, Lithuania, 2003. 24-25p.
9. Реķис Я.М., Ванзович Э.П., Махнитко А.Е. Адаптация модели МАРКАЛ при прогнозировании развития энергетики Латвии. *Материалы II международной научно-практической конференции. Моделирование. Теория, Методы и Средства*. Новочеркасск, 2002. N4, 12-20c.
10. Reķis J., Vanzovičs E. BASREC emisiju tirdzniecības galvenie rezultāti. *RTU zinātniskie raksti. Enerģētika un elektrotehnika*. Rīga, 2002. N6(4), 251.-258.lpp.
11. Reķis J. Energoapgāde un enerģijas taupība Japānā. *Enerģija un Pasaule*. 2002. N 1, 20.-23.lpp.
12. Ozoliņš J., Reķis J. Kvalificēto elektroenerģijas lietotāju rokasgrāmata. Latvijas Ekonomikas ministrija, Pasaules Banka. Rīga, 2001. 21 lpp
13. Алм Л.А., Реķис М.Я., Ванзович Э.П., Махнитко А.Е. Моделирование возможных сценариев развития энергетического рынка между странами севера и балтии. *Энергетика: Экономика, Технология, Экология*. Киев, 2001. N4, 28-33c.

14. Reķis J., Vanzovičs E., Alm L. Izmešu kvotu tirdzniecība starp ziemeļu un Baltijas valstīm. *RTU zinātniskie raksti. Enerģētika un elektrotehnika*. Rīga, 2001. N3(4), 155.-165.lpp.
15. Greķis A., Reķis J. Evaluation of CO2 Emissions Reduction Potential in Building Sector in Latvia. *Conference proceedings "7th REHVA world congress Clima 2000"*, Napoli, 15-18 September 2001. 15-18p.
16. Reķis J., Vanzovičs E. Izmešu kvotu ietekme uz Ziemeļu un Baltijas valstu enerģijas tirgu. *42. RTU SZTK materiāli*. Rīga, 2001. 5 lpp.
17. *Latvijas Republikas trešais nacionālais ziņojums ANO Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām ietvaros*. Aut. kol. Red. Blinkena A. Rīga: Latvijas Republikas Vides Aizsardzības un Reģionālās Attīstības Ministrija, 2001. 172 lpp.
18. Alm A., Liik O., and Reķis J. Electricity and emission permits trade among the Nordic and Baltic countries. *Proceedings of International Energy Agency Energy Technology' Systems Analyses Programme Annex VII workshop*. Paris, France, 18 May 2000.
19. Greķis A., Reķis J. Possibilities to reducē CO2 emissions in Latvia via energy efficiency measures in the building. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2000. N6, 3-22p.
20. Reķis J., Vanzovičs E. Kūdras izmantošanas iespēju analīze ar Markai modeli. *40. RTU SZTK materiāli.III Elektrozinības, matemātika, datorzinības*. Rīga, 1999. 9.-10.lpp.
21. *Latvijas Republikas otrais nacionālais ziņojums Apvienoto Nāciju Vispārējās konvencijas "Par klimata pārmaiņām" ietvaros*. Aut. kol. Āboliņa L., Aizpurc G-, Aleksejeva S., Reķis J. u.c. Red. Kļaviņa Z. Rīga: Latvijas Republikas Vides Aizsardzības un Reģionālās Attīstības Ministrija, 1998. 96 lpp.
22. How to mitigate climate change. Study on the assessment of policy and technology options in energy and lbrestry sectors in Latvia. Summary. Aizpute G., Apene I., Birgelis J., Reķis J. a.o. Riga: Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia, 1998. 40p.
23. Reķis J. *CO2 emissions in Latvia*. Rīga: Latvian Development agency Department of Energy, 1998. 56p.
24. Šipkovs P., Reķis J., Kaškārova G. MARKAL modeļa izmantošana enerģētikas politikas un stratēģijas izstrādāšanai. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 1996. N6, 21.-31.lpp.
25. Shipkovs P., Kashkarova G., Reķis J. a.o. The performance evaluation of the efficiency of the TW 600 wind power converter in Latvia. *International Journal of Energy Environment Economics*. 1996. N4(2/3), 99-109p.
26. Reķis J. MARKAL applications in Latvia. Status and plāns. Proceedings of International Energy Agency Energy Technology Systems Analyses Programmē Annex VI 2nd workshop. Laxenburg, Austria, 1996. 20p.
27. Shipkovs P., Kashkarova G., Reķis J. a.o. Energy situation and problems in Latvia. *International Journal of Energy Environment Economics*. 1996. N4(1). 39-65p.
28. Bezrukov V., Domburs L., Reķis J. a.o. The performance evaluation of the efficiency of the TW 600 wind power converter in the Ainaži region. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 1995. N2, 35-45p.
29. Šipkovs P., Kaškārova G., Reķis J. u.c. Latvijas Enerģētikas attīstības koncepcija. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 1994. N6, 38.-55.lpp.

Darba struktūra un saturs

Darbs sastāv no ievada, četrām nodaļām un slēdzieniem. Ērtākai lietošanai darbā izmantotā matemātiskā modeļa apraksts dots pielikumā. Pirmajā nodaļā izvērtētas dažādas pieejas un līdzekļi, kurus var izmantot lēmumu pieņemšanā enerģētikas un vides sistēmas optimālai attīstībai. Otrajā nodaļā apskatīts pašreizējais stāvoklis Latvijas enerģētikas nozarē un tās korelācija ar ekonomisko attīstību. Trešajā nodaļā, balstoties uz patreizējo enerģētikas struktūras tehnisko un ekonomisko analīzi un iespējamo attīstību nākotnē, aplūkots izveidotais Latvijas MARKAL modelis enerģētikas un vides sistēmas analīzei. Ceturtajā nodaļā parādīti attīstības scenāriji dažādu problēmu (ierobežojumu) risinājumiem.

1. Enerģētikas un vides sistēmas analīze

Apskats

Darbā veikts esošo enerģētikas un vides sistēmas modeļu apskats. Modeļus izšķir pēc to izmantošanas mērķa, struktūras un ārējiem pieņēmumiem, modelēšanas metodoloģijas u.c. pazīmēm. Ekonomikas modeļos centrālais objekts ir ekonomikas attīstība, bet enerģētikas modeļos

enerģētikas sistēma. Abi modeļu tipi apskata gan tehnoloģijas, gan arī tehnoloģisko progresu, bet enerģētikas modeļos ir daudz detalizētāk aprakstītas tehnoloģijas un tehnoloģiskā progresa process.

Izmantojot enerģētikas un vides sistēmas modeļus, var rast atbildes uz šādiem vai līdzīgiem jautājumiem:

- kā jāattīsta enerģētika, lai nodrošinātu drošu un izmaksu efektīvu enerģijas apgādi;
- kādi būs emisiju līmeņi, ja stāsies spēkā jauna vides likumdošana;
- kādi pasākumi jāveic, lai varētu izpildīt vides nosacījumus, un kā tic ietekmēs enerģijas piegādes struktūru, un kādas būs emisiju samazināšanas izmaksas;
- cik stratēģijas un to izmaksas ir atkarīgas no pieņēmumiem (enerģijas cena, ekonomiskā izaugsme, enerģijas pieprasījums utt).

Pasaulē enerģētikas un vides sistēmas pētījumos plaši tiek izmantots MARKAL modelis. Tas tapis un tiek attīstīts starptautiskas sadarbības rezultātā, kas ir liela priekšrocība, salīdzinot ar modeļiem, kuri izstrādāti vienas institūcijas ietvaros. MARKAL modeli ir piemērojušas un lieto IEA³ un ASV EIA⁴ savu pēdējo pārskatu veidošanā par enerģijas patēriņa nākotnes scenārijiem pasaulē.

Izmantotais modelis

Darbā kā piemērotākais uzstādīto mērķu sasniegšanai izvēlēts enerģētikas un vides sistēmas modelis MARKAL, kas pielāgots Latvijas enerģētikas un vides sistēmai - energoapgādes un patēriņa analīzei.

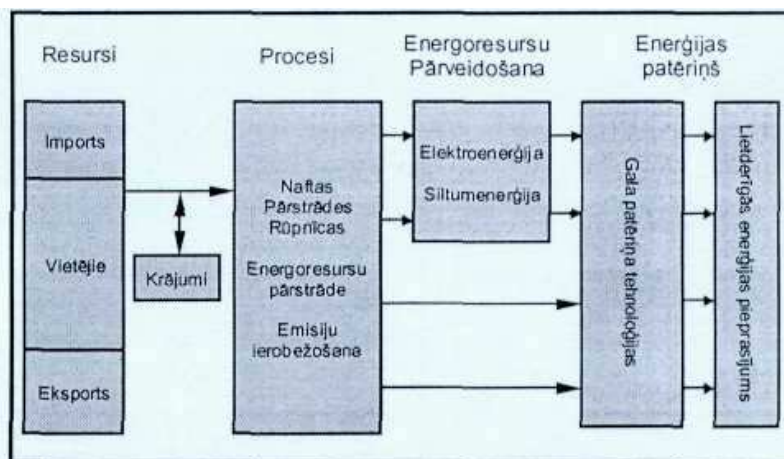
MARKAL modeļa pamatā ir specifiskas enerģijas un izmešu tehnoloģijas, kuras ir raksturotas kvantitatīvi ar tehniskiem un ekonomiskiem parametriem. Pašreizējās un nākotnes tehnoloģijas ir ieejas informācija modelī. Abas puses - gan apgādes, gan arī lietotāju - ir integrētas modelī, tāpēc viena puse reaģē uz izmaiņām otrā pusē. Modelis izvēlas tehnoloģiju kombināciju, minimizējot kopējās izmaksas, un MARKAL meklē atrisinājumu:

- nosakot visām tehnoloģijām pilnās dzīves cikla izmaksas, ietverot vides izmaksas;
- identificējot un sarindojot tehnoloģijas pēc to iespaida uz sistēmas kopējām izmaksām;
- pārbaudot, vai ievēroti visi ierobežojumi;
- nosakot, kad vislabāk sākt rīkoties, lai ievērotu ierobežojumus nākotnē;
- nepārtraukti pārlicinoties vai identificētās tehnoloģijas ir joprojām labākās.

Modelī izmantots

enerģētikas sistēmas references koncepcija, kas sasaista enerģijas pieprasījumu, resursus, tehnoloģijas un tirgus preces (enerģijas nesēji, emisijas). Enerģijas nesēju plūsma caur enerģētikas sistēmu parādīta 1.1 .att.

Dažādi enerģijas resursu piegādātāji, procesi un patēriņa tehnoloģijas konkurē gala enerģijas patērētāju tirgū, lai nodrošinātu lietderīgās enerģijas pieprasījumu. MARKAL izvēlas optimālāko



1.1.att. Enerģijas plūsmas caur referenes enerģētikas sistēmu

³ - International Energy Agency (Starptautiskā enerģētikas aģentūra)

⁴ - Energy Information Administration (Enerģētikas informācijas administrācija)

enerģētikas sistēmas struktūru katram laika posmam, minimizējot izmaksas, ņemot vērā dažādus ierobežojumus.

MARKAL galvenie elementi

MARKAL modeļa struktūra ir formulēta ar mainīgajiem lielumiem, vienādībām un nevienādībām, kuras nosaka ar ieejas parametriem. Viss šīs informācijas kopums ir matemātisks enerģētiskās references sistēmas attēlojums. Optimizācijas uzdevuma formulējums sastāv no triju objektu grupām: *mērķfunkcija* (izsaka lielumu, kurš ir jāminimizē vai jāmaksimizē), *mainīgie locekļi* (nezināmie) un *ierobežojumi* (nevienādības, kuras ir jāievēro).

MARKAL modeļa mērķfunkcija ir aplūkotās sistēmas katra laika perioda kopējo izmaksu (visos reģionos r , visām tehnoloģijām k , visām emisijām p un enerģijas nesējiem f) diskontētā summa. Vienkāršotā veidā tā ir parādīta 1.1. izteiksmes veidā.

$$\sum_r \left[\begin{aligned} & \text{Invcost}(k,t,r) * \text{INV}(k,t,r) + \\ & + \text{Fixom}(k,t,r) * \text{CAP}(k,t,r) + \\ & + \text{Varom}(k,t,r) * \sum_s \text{ACT}(k,t,r,s) + \\ & + \text{Delivcost}(f,k,t,r) * \text{Input}(f,k,t,r) * \sum_s \text{ACT}(k,t,r,s) + \\ & + \text{Miningcost}(c,r,l,t) * \text{Mining}(c,r,l,t) + \\ & + \text{Tradecost}(c,r,t) * \text{TRADE}(c,r,r',t) + \\ & + \text{Importprice}(c,r,l,t) * \text{Import}(c,r,l,t) - \\ & - \text{Exportprice}(c,r,l,t) * \text{Export}(c,r,l,t) + \\ & + \text{Tax}(p,t,r) * \text{ENV}(p,t,r) \end{aligned} \right] (1+d)^{-(t-1)*5}, 1-1$$

kur

$\text{Invcost}(k,t,r)$, $\text{Fixom}(k,t,r)$, - tehnoloģijas k vienības investīciju, mainīgās un pastāvīgās izmaksas reģionā r laika periodā t ;

$\text{Varom}(k,t,r)$ - enerģijas nesēja f vienības piegādes izmaksas tehnoloģijai A reģionā r laika periodā t ;

$\text{Delivcost}(f,k,t,r)$ - enerģijas nesēja f daudzums, lai darbinātu tehnoloģijas k vienu vienību reģionā r laika periodā t ;

$\text{Input}(f,k,t,r)$ - enerģijas nesēja f daudzums, lai darbinātu tehnoloģijas k vienu vienību reģionā r laika periodā t ;

$\text{Miningcost}(c,r,l,t)$ - preces c ieguves izmaksas ar cenu līmeni l reģionā r laika periodā t ;

$\text{Tradecost}(c,r,t)$ - transporta vai darījuma izmaksas precei c reģionā r laika periodā t ;

$\text{Importprice}(c,r,l,t)$, - importa un eksporta cena precei c reģionā r laika periodā t ;

$\text{Exportprice}(c,r,l,t)$

$\text{Tax}(p,t,r)$ - nodoklis par emisiju p reģionā r laika periodā t ;

d - diskonta likme.

Mainīgo locekļu vērtības izvēlas modelis, piemēram:

$\text{INV}(k,t,r)$ - jaunu jaudu ievēšanas lielums tehnoloģijai k laika perioda t un reģionā r . Pieņem, ka investīcijas jaunās jaudās tiek veiktas perioda t sākumā;

$\text{CAP}(k,t,r)$ - tehnoloģijas k uzstādītā jauda periodā t un reģionā r ;

$\text{ACT}(k,t,r,s)$ - tehnoloģijas k izmantošana laika periodā t reģionā r diennakts laikā s ;

$\text{TRADE}(c,t,r,r')$ - preces c daudzums, kuru pārdod reģions r reģionam r' laika periodā t . Šis mainīgais attēlo tirdzniecību starp reģioniem endogēni;

$\text{IMPORT}(c,t,r,l)$, - preces c daudzums reģionā r ar cenu līmeni l , kas tiek eksportēta vai importēta

$\text{EXPORT}(c,t,r,l)$ reģionā r laika periodā t . līdziņš TRADE mainīgajam, bet nav noteikta importa

eksporta izcelsme;

MINING(c,t,r,l) - iegūtās preces c daudzums reģionā r ar cenu līmeni l laika periodā t ;

ENV(p,t,r) - emisijas p laika periodā t reģionā r .

MARKAL modeļa **ierobežojumos** ir izteiktas loģiskas sakarības, kuras modelim ir jāievēro, piemēram, lietderīgās enerģijas pieprasījumu nodrošināšana, enerģijas bilance, rezerves ierobežojums elektroenerģijas patēriņam maksimumā, emisiju ierobežojumi u.c. Ja kaut viens ierobežojums nav ievērots, tad uzdevumam nav atrisinājuma.

2. Latvijas enerģētika un vide

Valsts politika enerģētikā ir vērsta uz konkurences veicināšanu, energoapgādes drošuma paaugstināšanu, reģeneratīvo un vietējo energoresursu izmantošanas veicināšanu un apkārtējās vides aizsardzību. Galvenais mērķis - veicināt enerģētikas nozares attīstību atbilstoši tautsaimniecības sabalansētai un ilgtspējīgai izaugsmei.

Latvijas enerģētikas sektorā tiek izmantoti gan vietējie (koksne, kūdra, hidroresursi), gan arī importētie energoresursi (naftas produkti, dabas gāze, akmeņogles). Būtiski ir izmainījusies primāro energoresursu struktūra (sk. 2.1.att). 90.-to gadu sākumā plaši izmantotie tādi kurināmā veidi kā mazuts un ogles ir aizvietoti ar gāzi un koksni.

Latvijas teritorijā esošās elektrostacijas nodrošina aptuveni 65% no valstī nepieciešamā elektroenerģijas daudzuma – hidroelektrostacijas ap 43,4%, koģenerācijas stacijas

ap 19,3%, decentralizēta ģenerācija ap 1,9% un imports ap 35,4%. Laika perioda no 1996.-2002.gadam, pastāvot krītošam pieprasījumam pēc centralizētās siltumapgādes, katlu mājās un koģenerācijas stacijās dabas gāzes patēriņa īpatsvars ir mainījies no 29%-69%, naftas produktiem no 53%-9%, koksnei no 10%-21%.

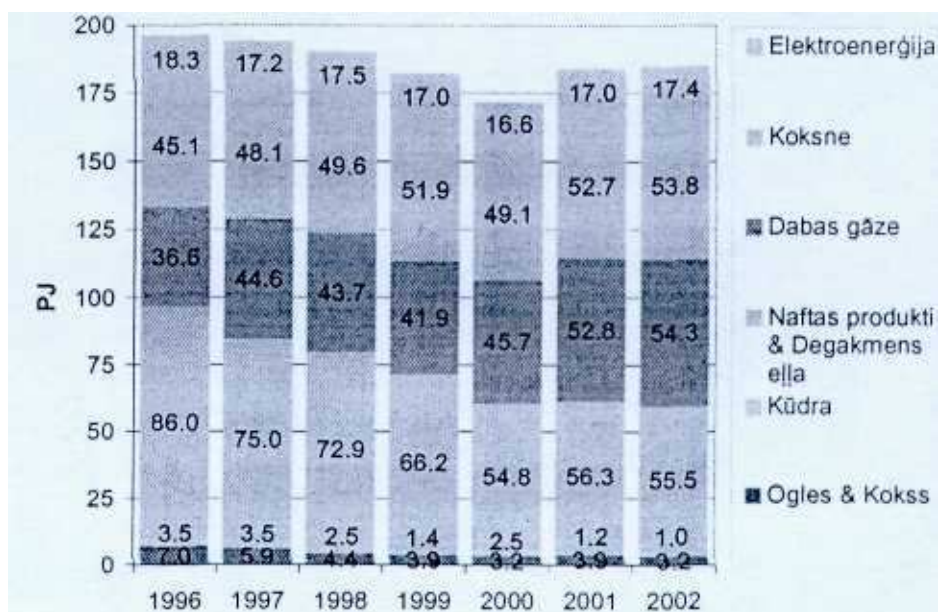
Enerģijas gala patēriņa struktūrā dominē naftas produkti (viena trešdaļa), tad seko koksne, centralizēti piegādātā siltumenerģija, elektroenerģija, dabas gāze, ogles un kūdra. Gala patēriņa struktūras galvenās izmaiņas ir centralizēti piegādātās siltumenerģijas īpatsvara samazināšanās un koksnes patēriņa palielināšanās.

Galvenie RES ir koksne un hidroresursi, bez tam tiek izmantota arī vēja enerģija un biogāze. RES daļa primāro energoresursu bilancē ir pieaugusi no 26% (1996) līdz 34% (2002). Daudz lielāku daļu RES ieņem elektroenerģijas ražošanā. Decentralizētās RES-E ģenerācijas devums ir niecīgs 2002.gadā 0,7%.

Nosakot Latvijas enerģētikas attīstības vēlamās tendences, jāievēro šādi faktori:

- apmēram 70% energoresursu tiek importēti, kas apdraud valsts energoapgādes drošumu un negatīvi ietekmē valsts maksājumu bilanci;

⁵ - vidēji laika posmā 1990. - 2002.gads



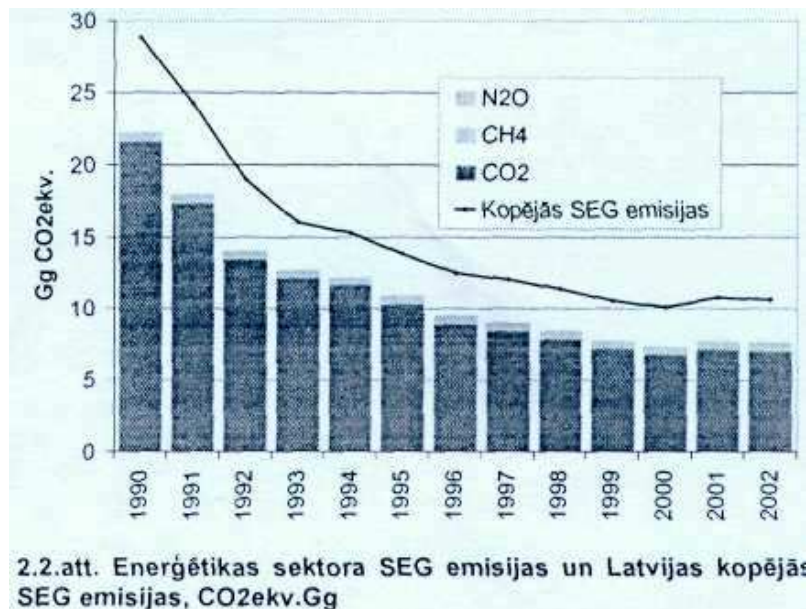
2.1.att. Primāro energoresursu patēriņa struktūra, 1996.-2002.gadā, PJ

- dabas gāze ir galvenais kurināmais lielajām rūpniecības un centralizētās siltumapgādes katlu mājām, kā arī koģenerācijas stacijām. Taču dabas gāzei ir tikai viens piegādes reģions; koksne Latvijas primāro energoresursu bilancē ieņem nozīmīgu vietu, tomēr šis resurss ir jāizmanto daudz efektīvāk;
- kūdras un ogļu resursu loma patreiz ir maznozīmīga, bet tiem ir ievērojams nākotnes potenciāls attiecībā uz izmantošanu vidēja un liela izmēra enerģētikas iekārtās, tādējādi diversificējot energoresursu bilanci;
- analizējot pēdējo gadu energoresursu patēriņu, var secināt, ka tuvākajos 5 gados nav sagaidāms būtisks pieaugums. Patēriņa pieaugumu kompensēs energoefektivitātes pasākumi. Energoresursu patēriņa būtisku pieaugumu var sagaidīt tikai tad, ja tiks realizēti lieli rūpniecības projekti;
- elektroenerģijas importa cenas faktiski atspoguļo tikai pašreizējās izmaksas. Tas apgrūtina lēmuma pieņemšanu par lielu elektrostaciju celtniecību;
- tiek plānota Ignalīnas atomelektrostacija pakāpeniska slēgšana. Narvas degakmens staciju atjaunošanai nepieciešami lieli kapitālieguldījumi. Arī Krievijas energosistēmas attīstības prognozes nedod iemeslu rēķināties ar lēta importa iespējām no šīs valsts nākotnē. Baltkrievijā jaudas rezervju nav, tā pati importē elektrību no Lietuvas. Tāpat Latvijai nav savienojumu ar citu Baltijas jūras valstu energosistēmām;
- enerģijas drošuma problēmas risinājumā vēlamajā virzienā zināmu ieguldījumu var dot decentralizētā ģenerācija. 1994.gadā tās īpatsvars Latvijas elektroenerģijas piegādes struktūrā bija 0,6%, bet 2002.gadā jau 4,9%;
- Latvijas klimatiskajiem apstākļiem atbilstošā apkures siltuma slodze ir labvēlīgs priekšnoteikums elektroenerģijas ražošanai ar koģenerācijas tehnoloģiju.
- RES izmantošana enerģijas iegūšanai vairumā gadījumu ir ekonomiski neizdevīgāka un brīvā enerģijas tirgū šodien vēl nespēj konkurēt ar konvencionāliem fosiliem energoresursiem, taču RES izmantošana paaugstina enerģijas apgādes drošumu, diversificē enerģijas bilanci, risina sociālas un ekonomiskas problēmas, samazina SEG emisijas.

Kopējās un enerģētikas sektora SEG emisijas CO2 ekvivalentos parādītas 2.2.att. Kopš 1990.gada tās ir samazinājušās par 63%, bet no enerģētikas sektora - par 66%. Lielāko daļu SEG emisijas no enerģētikas sektora veido CO2 (92%), tad seko CH4 (6%) un N2O (2%). Kopējo NOx un SO2 emisiju daudzumu galvenokārt veido enerģētika (98%-99%), bet GOS emisijas tas sastāda 66%.

Taču, neskatoties uz emisiju samazinājumu, lai sasniegtu ilgtspējīgu attīstību, ir nepieciešams ierobežot fosilo enerģijas resursu izmantošanu un izstrādāt atbilstošu enerģētikas un emisiju ierobežošanas stratēģiju.

Izvēloties attīstības stratēģiju, aktualizējas jautājums, kāds emisiju līmenis ir jāsamazina vai cik daudz emisiju apjoms ir jāsamazina.



3. Latvijas MARKAL un scenāriju vispārējie pieņēmumi

Modeļa sagatavošana enerģētikas un vides sistēmas analīzēm ir ļoti svarīga un laukietilpīga, jo modelī jāattēlo enerģētikas nozare ar tās elementiem pietiekoši detalizētā līmenī, izmantojot dažādus tehniskos un ekonomiskos parametrus tehnoloģiju un enerģijas nesēju aprakstam - tehnoloģiju investīciju un ekspluatācijas izmaksas, tehnoloģiju tehniskie un vides parametri, kurināmā cenas un piegādes izmaksas utt. Primāro enerģijas nesēju cenas ir ļoti svarīgs faktors enerģijas patēriņa un apgādes veidošanā.

Latvijas modelī ir apmēram 7500 mainīgo lielumu, bet, risinot stohastisko problēmu, šis skaitlis ievērojami palielinās. Izveidotajā Latvijas modeļa datubāzē ir ietvertas šādas Latvijas enerģētikas enerģijas resursu izmantošanas sfēras:

- enerģijas resursu piegāde, pārveidošana un pārstrāde citā enerģijas veidā - elektroenerģijas, centralizētā siltumenerģijas, biodīzeļdegvielas ražošana utt.;
- gala enerģijas patērētāji - iedzīvotāju, pakalpojumu, rūpniecības, lauksaimniecības un transporta sektori;
- kā arī dažādi enerģijas resursu avoti, enerģijas nesēji un tehnoloģijas.

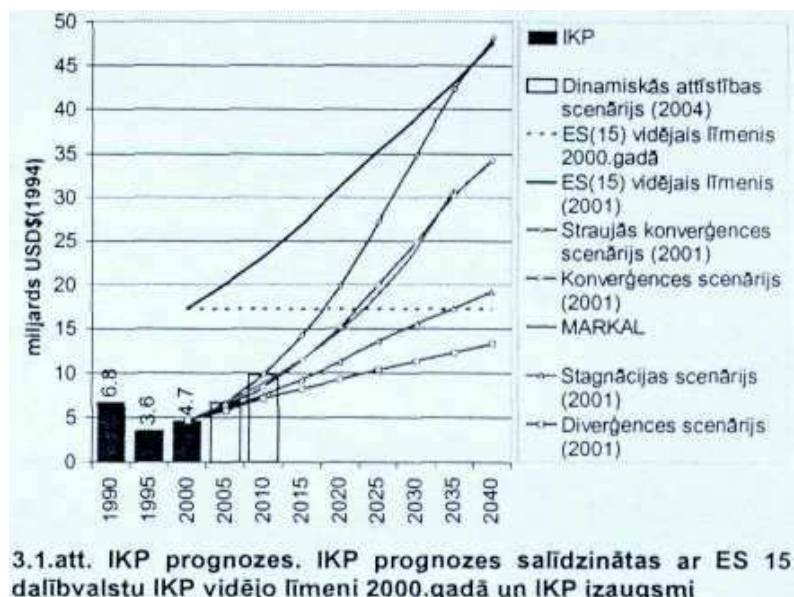
Latvijas modelī papildus ir iestrādāta virkne iespēju, lai varētu modelēt:

- RES-E mērķi;
- tiešo un netiešo SEG emisiju ierobežojumus un nodokļus;
- enerģijas resursu akcīzes nodokli u.c.

Analīžu pamatā ir bāzes scenārijs, kurā ir iestrādāti dažādi pieņēmumi par makroekonomisko attīstību (3.1.att.), iedzīvotāju skaita izmaiņām, enerģijas resursu cenām, valdības politiku enerģētikā un vides aizsardzībā, pieejamām tehnoloģijām un to cenām. Enerģijas resursu cenu trajektorijas ir pieņemtas augošas un vienmērīgas, bet tas nenozīmē, ka tās interpretē kā stabilu cenu prognozi, drīzāk kā ilgtermiņa trajektorijas, ap kurām cenas var svārstīties.

Izveidotais Latvijas MARKAL vienlaicīgi optimizē visu enerģētikas nozari deviņiem 5 gadu gariem laika periodiem. Pirmais laika periods ir centrēts uz 1994.gadu (modeļa bāzes gads) un ilgst no 1992.-1996.gadam. Pēdējais laika periods ir centrēts uz 2034.gadu. Pirmais modeļa periods ir pagātne, kur mainīgie lielumi ir kalibrēti pēc to vēsturiskām vērtībām (piem., tehnoloģiju jauda un izmantošana, enerģijas resursu ieguve, imports un eksports). Sākuma perioda kalibrēšana ir viens no svarīgākajiem uzdevumiem MARKAL datubāzes izveidošanā, jo tas var ietekmēt modeļa pieņemtos lēmumus nākotnes periodos.

Būtiski ir izstrādāt nozaru lietderīgās enerģijas pieprasījumu prognozi, kura atbilstu prognozētai valsts makroekonomiskai attīstībai. Enerģijas pieprasījuma prognozi padara neskaidru apstākļi, ka joprojām turpinās strukturālās izmaiņas ekonomikā, kā arī nav skaidra augsto tehnoloģiju pieaugošā ietekme uz enerģijas pieprasījumu. Pētījumos par pamatu lietderīgās enerģijas patēriņa pieauguma prognozei ir ņemta ilgtermiņa makroekonomiskā prognoze laika posmam 2000.-2035.gadam, kurā IKP vidējais ikgadējais pieaugums ir ņemts 5,6% laika posmā 1999.-2014.gadam. 3-1.tabulā ir



redzams MARK.AL modelēto sektoru kopējā lietderīgā enerģijas pieprasījuma pieauguma tempi, ka arī citi parametri.

3-1 .tabula

Makroekonomiskā prognoze bāzes scenārijam

	1999	2004	2009	2014	2019	2024	2029	2034
IKP ikgadējais pieaugums, %	3,7	5,7	5,2	5,8	5,5	5,1	4,7	4,3
Lietderīgās enerģijas pieprasījuma ikgadējais pieaugums, %	-5,9	1,4	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5
<i>Lauksaimniecība</i>	-17,3	0,8	1,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1
<i>Pakalpojumi</i>	-10,1	1,9	2,2	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7
<i>Iedzīvotāji</i>	-3,8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
<i>Rūpniecība</i>	-3,6	2,3	1,8	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
<i>Transports</i>	-0,5	1,8	2,6	2,6	2,7	2,1	1,9	1,9
Elastība (% patēriņa pieaugums / % IKP pieaugums)	-1,59	0,25	0,28	0,30	0,30	0,30	0,31	0,34

Modelī par naudas vienību izmantoti 1994.gada ASV dolāri⁶.

4. Problēmsituāciju analīze

4.1. Emisiju samazināšana enerģētikas sektorā

Pētījumā apskatīta situācija enerģētikā, ņemot vērā kritērijus, kurus nosaka gaisa aizsardzības likumdošanas akti par sēra saturu kurināmā, maksimāli pieļaujamo emisiju līmeni valstī. MARKAL modeļa struktūra pielāgota tā, lai emisijas varētu rēķināt ne tikai pēc kurināmā veida, bet arī pēc sektora un tam atbilstošo tehnoloģiju veida, kas ir būtiski GOS un NO_x aprēķiniem.

Modelī aplūkota enerģētika, tāpēc par NO_x un SO₂ ierobežojumiem attiecīgi lietota 61Gg un 101Gg, bet GOS emisiju ierobežojums ir 89,8 Gg, kas ir 66% no 136Gg. Ierobežojumi jāievēro sākot ar 2010.gadu.

Pētījumā apskatīti četri scenāriji ar dažādiem attīstības tempiem un elektrības patēriņa pieaugumu. Lietderīgās enerģijas pieprasījuma vidējais ikgadējais pieaugums laika periodam 1999.-2019.gadam ir intervālā 1-2,9%, bet elektrības patēriņam - 1-6%.

Scenārijiem (DM1, DM2, DM4 un DM6) ar dažādiem izaugsmes tempiem atbilstošās emisijas laika posmam 2000.-2019.gadam enerģētikas sektorā ir attēlotas 4.1 .att.

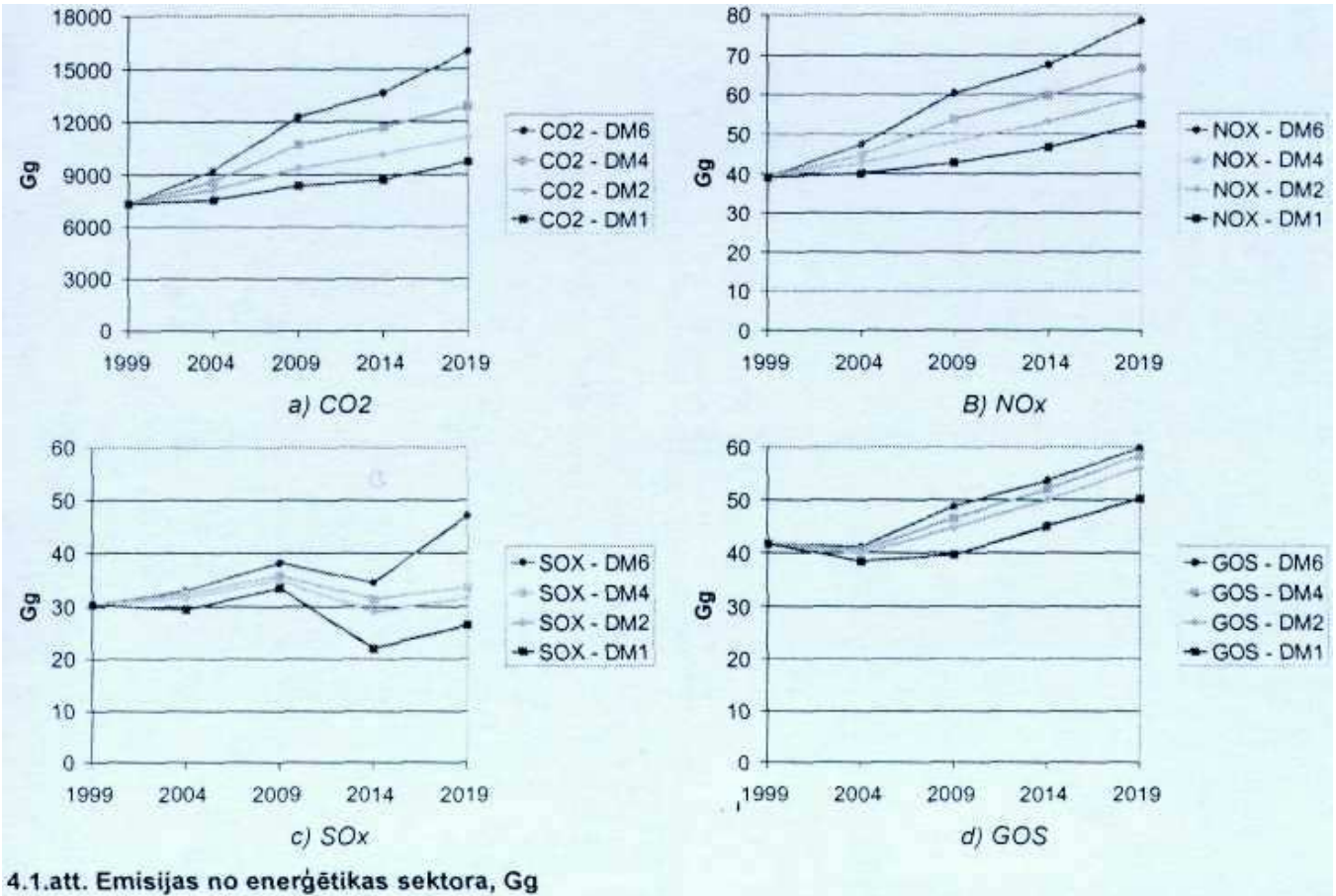
Visos scenārijos apskatāmajā laika posmā CO₂, SO₂ un GOS emisiju apjomi nepārsniedz pieļaujamās emisiju līmeņus. Savukārt NO_x līmenis DM2, DM4 un DM6 scenārijos pārsniedz noteikto līmeni 61Gg/gadā attiecīgi pēc 2019., 2014. un 2009.gada. Tas galvenokārt ir transporta sektora straujās attīstības dēļ. Transporta sektorā NO_x emisiju samazināšanas iespējas ir dārgas. Tāpēc, ierobežojot NO_x emisijas, lielākā daļa no nepieciešamā NO_x emisiju samazinājuma notiek enerģijas pārveidošanas sektorā.

Tālāk sīkāk analizēts DM2 scenārijs ar elektroenerģijas un lietderīgās enerģijas patēriņa pieauguma tempiem attiecīgi 2% un 1.6% gadā (bāzes scenārijs). Scenāriji, kuros ievēroti dažādi emisiju samazināšanas pasākumi - kurināmā ar mazāku sēra saturu izmantošana, kurināmo resursu un tehnoloģiju aizvietošana, emisiju samazināšanas tehnoloģijas utt. - salīdzināti ar bāzes scenāriju, kas dod iespēju aprēķināt emisiju samazināšanas izmaksas. 4-1.tabulā parādīti CO₂, SO₂, NO_x un GOS emisiju samazinājumi, kas iegūti salīdzinot dažādus emisiju ierobežošanas scenārijus ar bāzes scenāriju.

Scenārijā, kurā ir izmantots kurināmais ar zemu sēra saturu, SO₂ emisiju samazinājums 259.2Gg laika posmā 1999.-2019.gadam vidēji izmaksāja 1194US\$(1994) par samazināto tonnu SO₂.

⁶ - 1USD(1994)=0.7LS(2000)

Scenārijā ar SO2 emisiju ierobežojumu, kura lielums vienāds ar iepriekšējā scenārija SO2 emisiju līmeni, optimizācijas gaitā modelis līdztekus sēru mazāk saturošam kurināmajam var izvēlēties citas SO2 samazināšanas iespējas. Izvēloties šādu stratēģiju, SO2 emisiju samazināšana vidēji izmaksāja 268US\$(1994) par samazināto tonnu SO2.



4.1.att. Emisijas no enerģētikas sektora, Gg

Viens no dārgākiem pasākumiem ir dūmgāzu atsērošana, kas ir tīri vides aizsardzības pasākums un nedod nekādu ekonomisko efektu. Ja šādu pasākumu ir nepieciešams realizēt, tad ir vērts meklēt citu alternatīvu - mainīt kurināmo.

Samazinot konkrētas emisijas, iegūtais efekts ir lielāks, jo samazinās arī citas emisijas. Piemēram, samazinot NOx emisijas, mainās enerģētikas nozares struktūra un līdz ar to samazinās GOS, CO2 un SO2 emisijas.

4-1.tabula

Scenāriju raksturojums					
Raksturojums	Emisiju ierobežojumi	Emisijas, Gg			
		CO2	SO2	NOx	GOS
Bāzes scenārijs ar lietderīgās enerģijas patēriņa ikgadējo pieaugumu 1.6% laika posmā 1999.–2019.g.	Nav	230357.3	789.0	1211.2	1162.5
		Kopējais emisiju samazinājums pret bāzes scenāriju (1999.-2019.g.)			
Scenārijs, kurā ir piespiests izmantot kurināmo ar zemu sēra saturu	Nav	3994.9	259.2	11.1	-23.2
Scenārijs, kurā SO2 emisiju ierobežojuma lielums vienāds ar iepriekšējā scenārija SO2 emisiju līmeni	SO2	9098.8	259.2	22.6	20.6
Scenārijs, kurā SO2 emisiju ierobežojuma lielums ir 99%	SO2	162.0	6.4	0.7	0.2

līmenī no bāzes scenārija SO2 emisiju līmeņa					
Scenārijs, kurā NOx un GOS emisiju ierobežojuma lielums ir valsts kopējā pieļaujamā maksimālā emisiju līmenī	NOx un GOS	873.0	11.8	58.6	0.8
Iepriekšējais scenārijs, kurā papildus ierobežotas NOx emisijas transporta sektorā 60% līmenī no pieļaujamā maksimālā NOx emisiju līmeņa valstī	NOx un GOS, NOx transporta sektorā	227.8	-5.4	63.4	1.3
Scenārijs, kurā NOx un GOS emisiju ierobežojuma lielums ir 99% līmenī no bāzes scenārija NOx un GOS emisiju līmeņa	NOx un GOS	2290.8	56.8	10.1	12.8

4.2. CO2 izmešu samazināšanas potenciāla un izmaksu novērtējums

Pētījumā līdzās citiem emisiju samazināšanas pasākumiem ir izvērtēti trīs kompleksi energoefektivitātes pasākumi sabiedriskās ēkās, daudzdzīvokļu un savrupmājās un to ietekme uz CO2 emisijām Latvijā. Energoefektivitātes pasākumu kompleksi atšķiras pēc izmaksām un pēc potenciālā enerģijas ietaupījuma. Relatīvais potenciālais enerģijas ietaupījums pēc attiecīgā energoefektivitātes pasākumu kompleksa veikšanas ir pieņemts attiecīgi 40%, 50% un 60% visām ēku grupām.

Šajos energoefektivitātes pasākumu kompleksos ietilpst tādi pasākumi, kā:

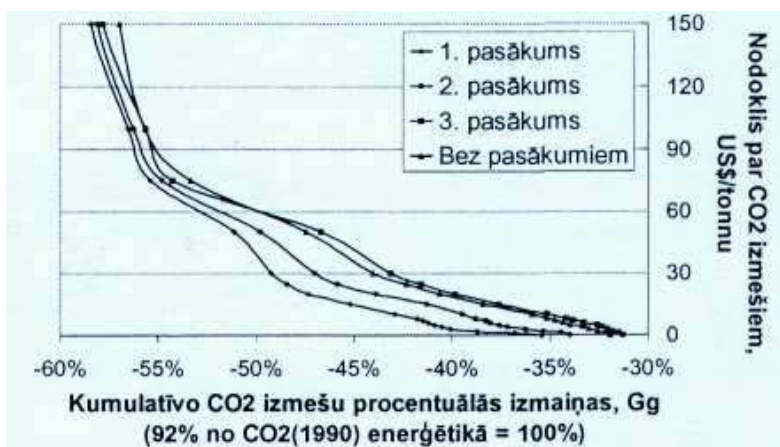
- ēku konstrukciju siltumpretestības uzlabošana;
- iekšējās apkures un karstā ūdens sistēmas uzlabošana;
- ventilācijas uzlabošana.

Pētījumā tiek apskatītas četras scenāriju kopas: bez energoefektivitātes pasākumiem, kur energoefektivitātes pasākumiem mājsaimniecības un pakalpojumu sektorā ir atļauts sasniegt 10% no to kopējā potenciāla, un trīs kopas ar attiecīgiem energoefektivitātes pasākumiem.

Scenāriju kopu ietvaros par bāzes scenārijiem tiek pieņemti scenāriji bez CO2 nodokļa. Palielinot CO2 nodokli, samazinās CO2, kas saistīts ar izmaiņām kurināmā un tehnoloģiju struktūrā piegādātāju un patērētāju pusēs - vairāk tiek izmantota dabasgāze un koksne, lielāku daļu no sava potenciāla sasniedz energoefektivitātes pasākumi.

Salīdzinot pasākumus, jāsecina, ka lētākais energoefektivitātes pasākumu komplekss ir jārealizē jau patreizējā attīstības scenārijā (bāzes scenārijs). Tas tāpēc, ka scenārijā ar lētāko energoefektivitātes pasākumu kompleksu CO2 izmeši un sistēmas izmaksas ir zemākas kā bāzes scenārijā, kurā pieņemts, ka energoefektivitātes pasākumi mājsaimniecības un pakalpojumu sektorā var sasniegt 10% no relatīvā enerģijas ietaupījuma potenciāla. Daudzdzīvokļu mājām 2. un 3.pasākums parādās scenārijos ar CO2 nodokli attiecīgi 75 un 300 US\$/tonnu. Savrupmājām 2.pasākums parādās 75US\$/tonnu scenārijā. Pakalpojumu sektorā 2. un 3.pasākums attiecīgi parādās scenārijos ar CO2 nodokli attiecīgi 0 un 75 US\$/tonnu. Paaugstinoties CO2 nodoklim, palielinās pasākuma izmantošana.

Kumulatīvo kopējo CO2 izmešu izmaiņu līknes scenāriju kopām atkarībā no nodokļa ir parādītas 4.2.att. Izmešu samazināšanas ziņā scenāriju kopas ar 1. un 2.pasākumu ir izdevīgākas par bāzes scenāriju kopu.



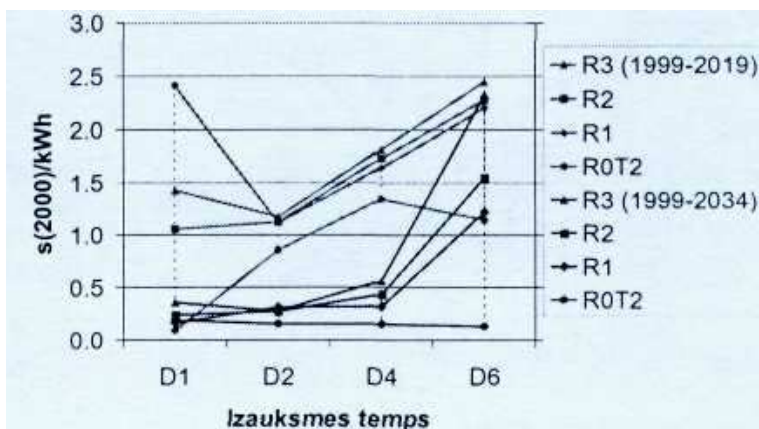
4.2.att. Scenāriju kopu kumulatīvie CO2 izmeši atkarībā no CO2 nodokļa

4.3. RES-E mērķis

Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvā "Par lādas elektrības pielietojuma veicināšanu iekšējā elektrības tirgū, kas ražota, izmantojot neizsīkstošos enerģijas avotus, noteikts nacionālais mērķis katrai dalībvalstij. Latvija ir apņēmusies, ka ar RES saražotās elektroenerģijas apjoms 2010.gadā veidos 49,3% no elektroenerģijas patēriņa.

Pētījumā apskatīti divi faktori, no kuru kombinācijām izveidotas scenāriju kopas, t.i., dažādi pieauguma tempi (1, 2, 4, 6% elektroenerģijas patēriņa pieaugums gadā) un RES-E īpatsvara lielums jeb, cik daudz elektroenerģijai no RES ir jābūt elektroenerģijas bilancē sākot ar 2010.gadu. Papildus šiem scenārijiem ir aplūkoti scenāriji ar CO2 nodokli un scenārijs ar subsīdiju RES-E elektrostacijās.

Salīdzinot izmaksas scenārijiem (ar vienādiem elektroenerģijas patēriņa pieauguma tempiem) ar ierobežojumiem un bāzes scenāriju bez ierobežojumiem var iegūt informāciju par to, cik papildus ir jāmaksā par RES-E saražoto elektroenerģiju. Vidējā papildmaksa par RES-E elektroenerģiju laika periodiem 1999.-2019.gadam un 1999.-2034.gadam ir parādīta 4.3.att. Papildzīmās, palielinoties elektroenerģijas patēriņam vai RES-E mērķa lielumam, vispārējā tendence ir pieaugt, turklāt papildu izmaksas ir zemākas visam modelēšanas periodam.



4.3.att. RES-E elektroenerģijas papildus vidējās izmaksas laikā posmā 1999.-2019.gadam un 1999.-2034.gadam scenāriju grupām (R0, R1, R2, R3 - attiecīgi RES-E mērķis - 0, 45, 49,3, 55%, T2 - subsīdija RES-E avotiem 2,8 USD/GJ, D1, D2, D4, D6 - attiecīgi elektroenerģija patēriņa pieauguma tempi - 1, 2, 4, 6% gadā)

Vidējās enerģētikas nozares papildus izmaksas laika periodam no 1999.-2024.gadam ir dotas 4-2.tabulā. Šīs izmaksas, lai sasniegtu RES-E 49,3% ar nosacījumu, ka elektroenerģijas pieprasījums pieaugs par 2% gadā, ir 0,07% no IKP.

Pieaugot RES-E īpatsvaram vai subsidējot RES-E, pieprasījums pēc elektroenerģijas nedaudz samazinās, jo elektroenerģija kļūst dārgāka. Turpretī, ieviešot CO2 nodokli (20USD/tonnu CO2), pieprasījums pēc elektroenerģijas ievērojami pieaug, jo tās ražošana nav tik ļoti CO2 ietilpīga.

4-2.tabula

Vidējās papildus enerģētikas nozares izmaksas, % no IKP

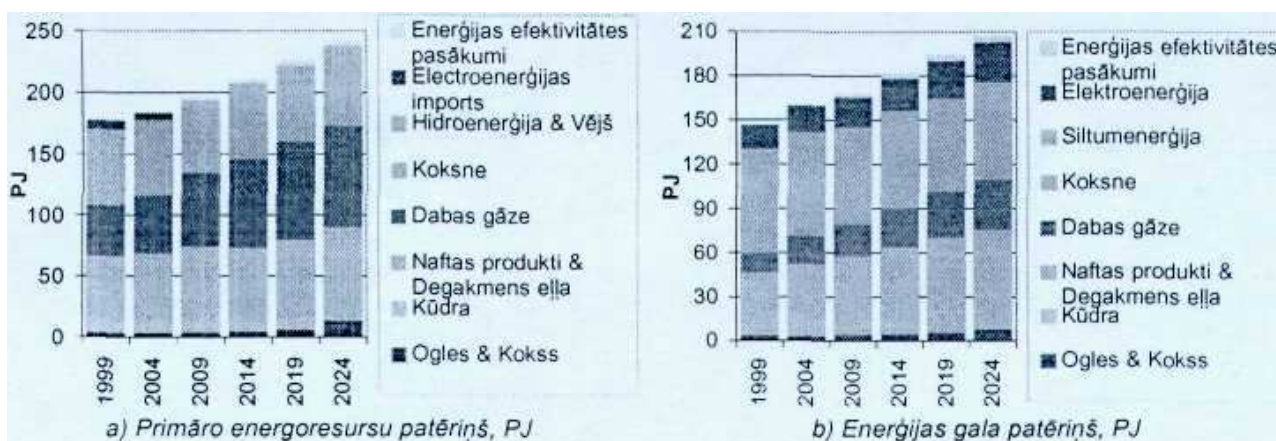
	D1	D2	D4	D6
R3	0,07%	0,10%	0,27%	1,22%
R2	0,04%	0,07%	0,23%	0,89%
R1	0,03%	0,04%	0,15%	0,55%
T2R0	0,02%	0,04%	0,06%	0,06%

4.4. Biomasas plašāka izmantošana enerģijas ražošanā

Latvijā enerģētikā izmantojamie koksnes resursi ir pietiekami. Šobrīd noris kokapstrādes uzņēmumu konsolidācija, kas ļauj pazemināt enerģētiskās koksnes izmaksas, modernizējot ražošanas iekārtas, un racionālāk izmantot resursus, kā arī ražot enerģētisko koksnī šķeldu, briķešu un granulu veidā.

Pētījumā ir analizēti vairāki scenāriji, kuri atšķiras ar no koksnes iegūtās siltumenerģijas daļu kopējā centralizētā siltumapgādē. Bāzes scenārijā koksnes izmantošana palielinās:

- primāro energoresursu patēriņā (sk. 4.4. att. a). visstraujāk pieaug pieprasījums pēc dabas gāzes un naftas produktiem (transporta sektorā). Nedaudz pieaug arī koksnes patēriņš;
- pieprasījums pēc koksnes pieaug pārveidošanas sektorā (katlu mājas un koģenerācija), izspiežot naftas produktus, jo stājas spēkā likumdošana, kas praktiski aizliedz mazuta ar sēra saturu virs 1% izmantošanu. Dabas gāzes īpatsvars saglabājas aptuveni līdzšinējais;
- gala enerģijas patēriņā (sk. 4.4. att. b). palielinās dabas gāzes, naftas produktu (galvenokārt transporta sektorā) un elektroenerģijas daļas, bet samazinās koksnes un centralizēti saražotā siltumenerģija. Pieprasījums pēc centralizēti saražotās siltumenerģijas kopējā gala enerģijas patēriņā samazinās no 19% 1999.gadā līdz 12% 2024.gadā.



4.4. att. Bāzes scenārija rezultāti 1999.-2024.gadam

Gala enerģijas patēriņa lielums, kā arī patērētās siltumenerģijas daudzums un attiecīgās siltumenerģijas daudzums, kas iegūts no koksnes, ir parādīts 4-3.tabulā. Tā kā pieprasījums pēc siltumenerģijas krīt, tad arī kurināmā izmantošana kopumā samazinās. Scenārijā, kur no koksnes iegūtās siltumenerģijas daļa kopējā centralizētā siltumapgādē ir 15% (BIO_15), koksne pārveidošanas sektorā ir aizstāta galvenokārt ar naftas produktiem, bet scenārijā, kur no koksnes iegūtās siltumenerģijas daļa kopējā centralizētā siltumapgādē ir 45% (BIO_45), koksne izspiež naftas produktus un dabas gāzi.

4-3.tabula

Patērētā siltumenerģija

Scenārijs	1999	2004	2009	2014	2019	2024	1999	2004	2009	2014	2019	2024
Enerģijas gala patēriņš, PJ												
BASE	146,4	159,9	168,3	181,1	194,2	207,2						
BIO_15	146,4	159,9	168,7	181,7	194,7	208,2						
BIO_45	146,4	159,9	167,3	179,6	194,1	206,9						
t.sk. patērētā siltumenerģija, PJ							t.sk. siltumenerģija no koksnes, PJ					
BASE	28,1	27,6	26,2	26,1	25,8	25,8	4,51	6,80	7,73	10,76	12,31	13,68
BIO_15	28,1	27,6	27,1	25,9	25,7	25,8	4,51	6,80	5,26	4,51	4,47	4,49
BIO_45	28,1	27,6	25,8	25,6	25,8	25,8	4,51	6,80	13,57	13,36	13,48	13,47
Patērētā siltumenerģija enerģijas gala patēriņā, %							Siltumenerģija no koksnes siltumenerģijas patēriņā, %					
BASE	19,2%	17,3%	15,5%	14,4%	13,3%	12,4%	12,4%	19,3%	24,4%	35,6%	41,1%	45,7%
BIO_15	19,2%	17,3%	16,1%	14,3%	13,2%	12,4%	12,4%	19,3%	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%
BIO_45	19,2%	17,3%	15,4%	14,3%	13,3%	12,5%	12,4%	19,3%	45,0%	45,0%	45,0%	45,0%

Augstākie emisiju līmeņi (CO₂, SO_x, NO_x un GOS) ir scenārijā, kur no koksnes iegūtās siltumenerģijas daļa kopējā centralizētā siltumapgādē ir 15%, jo koksne ir aizstāta galvenokārt ar naftas produktiem. Scenārijos, kur vairāk izmantota koksne, ir zemāki emisiju līmeņi.

Scenārijs, kur no koksnes iegūtās siltumenerģijas daļai kopējā centralizētā siltumapgādē ir 45%, laika posmā 1999.-2024.gads ir par 232 miljoni US\$1994 dārgāks kā bāzes scenārijs, bet dod 3514Gg CO2 emisiju samazinājumu. CO2 emisiju samazināšanas vidējās izmaksas ir 66US\$1994 par tonnu, ja sistēmas izmaksu pieaugumu attiecina uz CO2 samazinājumu.

4.5. Emisiju tirdzniecība

Emisiju tirdzniecība ir vienas puses spēja tirgot, mainīt, pirkt, pārdot savu iespēju radīt emisijas citai pusei, lai īstenotu kopējo mērķi - samazinātu emisijas ar viszemākajām izmaksām. Emisiju tirdzniecība atļauj emisiju avotiem (piem., ģeneratoriem) samazināt emisijas zem atļautā līmeņa (bāzes scenārijs) un pārdot šo samazinājumu citiem, kuriem ir dārgākas vai ierobežotas iespējas samazināt savas emisijas.

B pielikuma valstīm SEG emisijas laika periodā 2008.-2012.gadam ir jāsamazina pa 5,2%. Cena par emisiju samazinājuma tonnu CO2 ekvivalentā tiek prognozēta no 3US\$ līdz pat vairākiem simtiem.

Izmešu kvotu un elektroenerģijas tirdzniecība starp Ziemeļu un Baltijas valstīm

Analīze izmešu kvotu un elektroenerģijas tirdzniecībai starp Ziemeļu un Baltijas valstīm veikta, savienojot četras atsevišķas MARKAL modeļa datubāzes: trīs Baltijas valstu atsevišķus datubāzes un vienu Ziemeļvalstu apvienoto datubāzi. Bāzes scenārijs nav uzlikti ierobežojumi SEG emisijām. Otrs scenārijs ir balstīts uz Kioto protokolu un ar papildus 5% emisijas samazinājumu (t.i., 5% no 1990.gada emisijas) dekādē pēc 2010.gada (pastiprinātais Kioto protokols).

Scenārijā ar emisiju un elektroenerģijas tirdzniecību lielākā neto elektroenerģijas eksportētājvalsts ir Norvēģija, jo tai joprojām ir iespējas attīstīt lētu hidroenerģētiku un gāzes elektrostacijas. Turklāt gāzes elektrostacijas ir nedaudz lētākas Norvēģijā nekā citās Ziemeļvalstīs, jo Norvēģija atrodas tuvāk resursiem. Tas arī paver iespēju CO2 uzglabāšanai zem ūdens nesējslāņos Ziemeļjūrā. Zviedrijas kodolenerģija tiek aizvietota ar biomasas, vēja, gāzes enerģiju, kā arī enerģija tiek importēta. Enerģija arī izmanto daudz efektīvāk, ieviešot pasākumus gala lietotāja līmenī. 4-4.tabula attēlo neto elektroenerģijas un emisiju tirdzniecību starp valstīm.

4-4.tabula

Neto elektroenerģijas un izmešu tirdzniecība valstīs

	Elektroenerģijas tirdzniecība*, TWh				Emisiju tirdzniecība**, Mt CO2		
	2005	2015	2025	2035	2015	2025	2035
Norvēģija	-4.5	18.3	14.4	19.1	14.0	12.1	13.3
Zviedrija	7.4	-9.8	-19.3	-26.4	3.7	7.3	7.1
Dānija	-5.4	-2.4	6.8	6.3	-2.0	-0.4	3.2
Somija	-3.3	-15.1	-8.8	-3.9	12.8	2.6	-3.7
Igaunija	-0.9	7.0	4.0	-1.2	-9.0	-7.3	-10.6
Latvija	-2.7	-3.6	-3.7	-3.2	-7.6	-6.1	-5.2
Lietuva	3.7	0.1	1.0	4.0	-11.9	-8.2	-4.1

* + atbilst neto eksportam. Dati ietver 6 TWh/g importu uz Somiju no Krievijas.
 ** + atbilst neto importam

Pēc šī scenārija izmešu atļauju tirdzniecības apjoms 2015.gadā sasniegs 30milj. tonnu CO2 gadā (sk. 4-4.tabulu). Īstermiņā galvenie pircēji ir Norvēģija un Somija. Tālākā perspektīvā pircēji - Zviedrija un Dānija. Somija iztiek ar saviem resursiem, jo tās lieli biomasas resursi pamazām kļūst aizvien konkurētspējīgāki. Somijai papildu ieguvums ir nelielais attālums līdz Krievijas gāzes tīkliem.

Galvenie CO2 izmešu atļauju tirgotāji ir Baltijas valstis. Lietuva var tirgoties ar lielu CO2 izmešu atļauju daļu, kamēr darbojas Ignalinas AES. Ilgtermiņā, kad Igaunijā lielāko degakmens daļu aizvieto ar dabasgāzi, Igaunija uzņemas lielākā CO2 izmešu atļauju tirgotāja lomu.

CO2 emisiju samazināšanas robežizmaksas laika periodā 2005.-2035.gadam svārstās attiecīgi no 5 līdz 34\$(1995) par tonnu CO2. Savukārt valstu kopējā sadarbība (tirgus apstākļos) Ziemeļvalstīs ievērojami samazina emisiju samazināšanas robežizmaksas.

Emisiju tirgus ir labi savietojams ar enerģijas tirgu liberalizāciju. Izpildot Kioto protokola saistības, elektrības tirgus gadījumā emisiju samazināšanas izmaksas ir iespējams samazināt par 5%. Taču tās varētu samazināt pat par 25%, ja līdzās elektroenerģijas tirgum pastāvētu emisiju tirdzniecība.

Izmešu tirdzniecība starp Ziemeļu un Baltijas valstīm var ievērojami palētināt izmešu samazināšanas izmaksas Ziemeļvalstīs un dot reālu iespēju Baltijas valstīm ilgtspējīgi attīstīt enerģētikas nozari.

BASREC⁷ elektroenerģijas un CO2 emisiju tirdzniecības imitācija aptvēra emisiju tirdzniecību Baltijas reģionā un deva iespēju pētīt mijiedarbību starp elektroenerģijas un CO2 emisiju tirgiem laika posmā no 2003.-2012.gadam. Latvijai piešķirtais emisiju apjoms Kioto saistību periodā 2008.-2012.gadam ir 142,8 miljoni tonnu CO2ekv., no kuriem 7 miljoni tonnu CO2ekv. tika piešķirti elektroenerģijas ģeneratoram. Atbilstoši aprēķiniem Latvija minētajā laika periodā varētu pārdot 85,3 miljonus tonnu CO2ekv. emisiju. Notika sešas tirdzniecības sesijas, kuras aptvēra laika posmu 2003.-2012.gadam un viena papildus sesija, kurā dalībnieki varēja veikt pēdējos tirdzniecības darījumus, lai izpildītu Kioto protokola saistības. Tirgotie emisiju apjomi un cenas ir parādīti 4-5.tabulā.

4-5. tabula

Tirgotie emisiju apjomi un cenas tirdzniecības sesijās

Tirdzniecības sesijas	Latvijas tirgotais apjoms kopā ar KĪP ⁸ transakcijām	Kopējie tirgotie apjomi, Mton CO2 ekv.	Darījumu skaits	Tirgus cena, € par tonnu CO2 ekv.		
				Zemākā	Vidējā	Augstākā
2003. –2004. g.	1,918	18,36	103	14,00	16,58	19,00
2005. –2006. g.	1,725	52,30	147	12,00	16,51	17,25
2007. –2008. g.	1,426	736,16	173	15,00	17,50	18,25
2009. –2010. g.	1,645	287,26	114	16,50	17,90	19,00
2011. – 2012. g.	6,161	1189,07	116	15,50	17,09	18,00
Papildus sesija	1,978	1149,25	126	16,25	17,82	18,50
Kopā	14,853	3432,40	779	12,00		19,00

Dominējošais emisiju atļauju pārdevējs bija Krievija. Igaunija, Latvija, Lietuva un Polija arī konkurēja emisiju piedāvātāju pusē. Neskatoties uz to, ka tirgū iespējams piedāvāt ievērojami vairāk SEG emisijas nekā valstīm nepieciešams saistību izpildei, emisiju cena bija pārsteidzoši augsta un stabila - 12-19€ par tonnu CO2. Tas ir labs priekšnosacījums kopīgi īstenojamiem projektiem. Latvija (neieskaitot ģeneratoru) kopā pārdeva 11 Mton CO2ekv. par vidējo cenu 17,22 € par tonnu CO2 ekv. Imiācijas beigās Latvijai palika nepārdots ievērojams SEG emisiju apjoms, ko būtu lietderīgi rezervēt nākamajiem saistību periodiem, kad palielināsies ekonomiskā aktivitāte un SEG emisiju ierobežošanas mērķi būs stingrāki.

4.6. Stohastiskā analīze

Neraugoties uz Kioto protokolā noteikto SEG emisiju samazināšanas mērķi, pastāv liela nenoteiktība ar Latvijas SEG emisiju saistībām periodā pēc Kioto protokola (pēc 2008.-2012.gads), t.i., nav skaidrs, vai emisijas būs jāsamazina vai jāuztur vienā līmenī, vai arī tās varēs pieaugt. Tādējādi Latvijā saskaramies ar problēmu, ka nav skaidras stratēģijas par to, cik daudz un kad jāierobežo vai jāsamazina SEG emisijas, jo tas tieši ietekmē lēmumu pieņemšanu par investīciju veikšanu enerģētikas sektorā tuvākā laikā. Tas ir svarīgi, jo enerģētikas projektiem ir garš dzīves laiks. Stohastiskā metode šajā analīzē ir izmantota, lai palīdzētu atbildēt uz jautājumu: kāda būtu

⁷ - Baltic Sea Region Energy Cooperation (Baltijas jūras reģiona sadarbība enerģētikā)

⁸ - kopīgi īstenošanas projekti

vislabākā Latvijas enerģētikas sektora attīstības stratēģija līdz laikam t*, kad kļūs zināms emisiju ierobežošanas mērķi un laiks.

Pētījumā salīdzināti četrus deterministisko stratēģiju scenāriji ar stohastiskās stratēģijas scenāriju. Izvēlēti četri iespējamie stāvokļi ar dažādiem enerģētikas sektora kumulatīvajiem CO2 emisiju ierobežojumiem laika posmam no 1994.-2034.gadam:

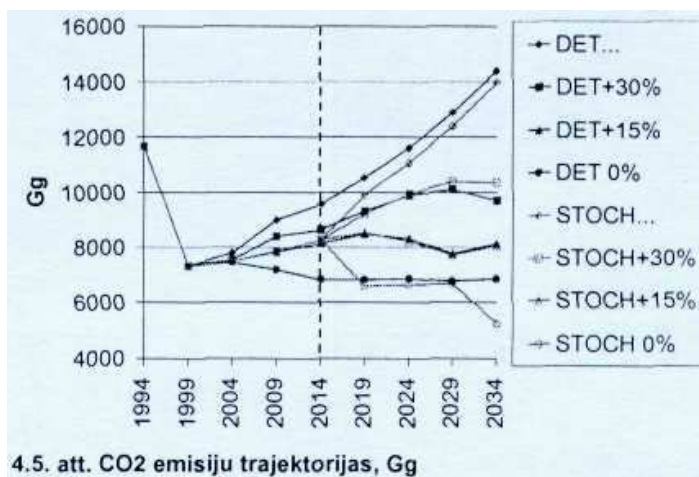
- bez kumulatīvā ierobežojuma;
- +30% virs 2000.gada līmeņa;
- +15% virs 2000.gada līmeņa;
- stabilizācija 2000.gada līmenī.

Stohastiskā stratēģija ir analizēta pēc Laplasa kritērija, t.i., katra iespējamā stāvokļa piepildīšanās varbūtība ir vienāda ar 0,25. Pēc 2019.gada (t*) kļūs zināms, kurš no četriem kumulatīvajiem emisiju ierobežojumiem būs jāizpilda. Tas nozīmē, ka līdz 2014.gadam attīstība noritēs pa vienu trajektoriju (hedging stratēģija), bet pēc tam iespējamās četras attīstības trajektorijas atbilstoši attiecīgam emisiju kumulatīvajam ierobežojumam.

CO2 emisiju trajektorijas četriem stohastiskās stratēģijas scenārijiem (STOCH) un četriem deterministiskās (DET) stratēģiju pilnīgas informācijas (PI) scenārijiem ir parādītas 4.5. att. Stohastiskā stratēģija piedāvā ierobežot emisijas pēc iespējas ātrāk, lai gan patiesais emisiju ierobežošanas mērķis vēl nav zināms.

Lai parādītu stohastiskās stratēģijas priekšrocības, salīdzina stratēģiju izmaksas četriem SEG emisiju mērķiem. 4-6.tabulā ir parādītas sistēmas izmaksas, izmaksu absolūtie un procentuālie pieaugumi.

Sistēmas izmaksu pieaugums attiecīgam SEG emisiju mērķim ir kā starpība starp PI scenāriju (skaitļi treknrakstā) un pārējo scenāriju sistēmas izmaksām. Kā redzams, salīdzinot sagaidāmās izmaksas, neviena deterministiskā stratēģija nav lētāka par stohastisko stratēģiju.



4.5. att. CO2 emisiju trajektorijas, Gg

4-6. tabula

Sistēmas izmaksas un izmaksu pieaugums pie ..., +30%, +15%, 0% mērķiem

	Bez kumulatīvā ierobežojuma	+30% virs 2000.gada līmeņa	+15% virs 2000.gada līmeņa	Stabilizācija 2000.gada līmenī	Sagaidāmās izmaksas*
...	...	+30%	+15%	0%	
Sistēmas izmaksas, milj. USD(1994)					
DET...	29580	29738	30106	30917	30085
DET+30%	29620	29711	30010	30677	30005
DET+15%	29686	29739	29985	30597	30002
DET 0%	29926	29928	30059	30503	30104
STOCH	29669	29725	29989	30605	29997
Izmaksu pieaugums, milj. USD(1994)					Maksimālais izmaksu pieaugums
DET...	0	27	121	414	414
DET+30%	40	0	25	174	174
DET+15%	106	28	0	94	106
DET 0%	346	217	74	0	346

STOCH	89	14	4	102	102
Izmaksu pieaugums, %					
DET...	0%	0,09%	0,40%	1,36%	1,36%
DET+30%	0,14%	0%	0,08%	0,57%	0,57%
DET+15%	0,36%	0,09%	0%	0,31%	0,36%
DET 0%	1,17%	0,73%	0,25%	0%	1,17%
STOCH	0,30%	0,05%	0,01%	0,33%	0,33%

* - sagaidāmās izmaksas attiecīgajai stratēģijai aprēķina, kā vidējās svērtās izmaksas pēc varbūtības attiecīgām mērķim

Salīdzinot stratēģijas, izrādās, ka stohastiskai stratēģijai ir vismazākais maksimālais izmaksu pieaugums pret attiecīgās deterministiskās stratēģijas pilnīgas informācijas scenārija izmaksām., t.i., 102 milj.USD (1994), jeb 0,33% no emisiju stabilizācijas 2000.gada līmenī pilnīgas informācijas scenārija izmaksām. Stohastiskai stratēģijai sagaidāmās izmaksas ir par 52 milj.USD (1994) lielākas nekā četru deterministisko stratēģiju pilnīgas informācijas scenāriju vidējās izmaksas. Tas parāda, cik ekonomiski svarīgi ir paātrināt zināšanu iegūšanu par globālo sasilšanas problēmu, lai valstis pēc iespējas ātrāk savstarpēji varētu vienoties par emisiju ierobežošanas mērķiem.

5. Slēdziens

Ar teorētisku nozīmi

1. Enerģētikā attīstības optimālo stratēģiju izstrādē līdzās tehniskajiem un ekonomiskajiem faktoriem jāņem vērā arī vides faktors. Tādēļ šādu lēmumu pieņemšana nav iedomājama bez kompleksas tautsaimniecības un vides attīstības analīzes un prognozēšanas. Šādu kompleksu jautājumu risināšanai un analīzei nepieciešams izstrādāt atbilstošu matemātisko instrumentāriju.
2. Paredzamais elektroenerģijas importa cenas pieaugums tuvākā pārskatāmā nākotnē, viens piegādātājs ir dabas gāzei, reģeneratīvo enerģijas resursu plašāka izmantošana, valsts atkarība no importētiem enerģijas resursiem, tirgus liberalizācijas process, enerģētika kā lielākais SEG emisiju un netiešo SEG emisiju avots, pieaugošās prasības vides politikā - faktori, kas padara situācijas analīzi Latvijas enerģētikā aizvien sarežģītāku. Tāpēc turpmākai ekonomikas izaugsmei enerģētikas sektora optimālas attīstības vadīšanas svarīgums nākotnē vēl pastiprināsies.
3. Enerģētikas attīstības scenāriju analīzē tiek izmantoti dažādi matemātiskos modeļi, kas atšķiras pēc to lietošanas mērķa, ģeogrāfiskā pārklājuma, matemātiskās pieejas, izmantotās metodoloģijas, apskatāmā laika perioda u.c. faktoriem. Latvijas apstākļos efektīvs ir MARKAL modelis, kurš bāzējas uz kopējo izmaksu mērķfunkcijas minimizēšanu, ievērojot diskonta likmi un izmantojot simpleksa metodi. Modelī apskatāmo garāku laika periodu (25-45 gadu) sadala posmos (parasti pa 5 gadiem), kas ļauj iegūt precīzāku rezultātu.
4. Pamatojoties uz detalizētu Latvijas enerģētikas un vides sistēmas politikas analīzi, veikta modeļa adaptācija un modifikācija, izveidojot Latvijas enerģētikas un vides sistēmas datu bāzi. Modificēšana ietver esošos un iespējamās nākotnes enerģijas un tehnoloģiju veidus, kā arī emisiju ierobežošanas tehnoloģijas, transformācijas, rūpniecības, pakalpojumu, lauksaimniecības, transporta un mājsaimniecības sektoros.
5. Līdzās tādiem pētījuma objektiem kā izmaksas, ražošanas jauda, investīcijas modelis ļauj vērtēt arī tiešo un netiešo SEG emisiju ierobežošanas pasākumus, reģeneratīvo energoresursu izmantošanu. Mērķfunkcijā sasaistīta enerģētikas un vides sistēma, tādējādi ievērojot to savstarpējo mijiedarbību. Gala enerģijas patēriņš tiek atrasts, optimizējot enerģijas patēriņa tehnoloģiju un enerģijas nesēju kombināciju, kas nodrošina lietderīgās enerģijas pieprasījumu.
6. Matemātiskās metodes enerģētikas analīzē var izmantot gan kā izziņas instrumentu, gan arī kā līdzekli kvantitatīvās analīzes veikšanai. Šī kvantitatīvā analīze, papildināta ar ekonomikas

likumsakarību kvalitatīvo izpēti, novērš subjektīvismu secinājumos un attīstības scenārijos, paaugstina plānošanas kvalitāti.

7. Vairāku scenāriju salīdzināšana dod iespēju analīzē iekļaut nākotnes nenoteiktības fenomenu. Darbā parādīta stohastiskās pieejas efektivitāte, izstrādājot enerģētikas attīstības stratēģiju ievērojot nākotnes nenoteiktību, t.i., ko būtu vislabāk darīt tuvākā nākotnē, ievērojot tālākas nākotnes nenoteiktību. Tas ir ļoti būtiski, ja svarīgs lēmums, kuram ir liela ietekme uz nākotnes attīstību, ir jāpieņem tuvākā nākotnē.
8. Izveidotā Latvijas modeļa datubāze ir integrējama reģionālos modeļos, lai varētu analizēt enerģijas un emisiju tirgu.

Ar praktisku nozīmi

1. Ekonomikas pārstrukturizēšanās procesu dēļ Latvijā kopējais primāro energoresursu patēriņš un emisijas ir krietni samazinājušās pēdējā desmitgadē, un emisiju patreizējais līmenis ir krietni zemāks kā starptautiskās saistībās noteiktais. Tomēr tālākā nākotnē starptautiskās prasības atļautajiem emisiju līmeņiem pastiprināsies un, ņemot vērā pašreizējos ekonomikas izaugsmes tempus, Latvijai var rasties problēmas šo saistību izpildē. Lai nākotnē nevajadzētu ieviest dārgus emisiju samazināšanas pasākumus, jautājums par optimālu attīstību Latvijai jau tagad kļūst aktuāls. Lai sasniegtu ilgtspējīgu attīstību, nepieciešams izmantot visus resursus efektīvi un izstrādāt atbilstošas emisiju ierobežošanas stratēģijas. Līdz ar to, izvēloties attīstības stratēģiju, izvirzās jautājums - kāds emisiju līmenis apskatāmā attīstības posmā jāsaglabā.
2. Darbā ir analizētas optimālās enerģētikas sektora attīstības stratēģijas (problēmsituācijas), ņemot vērā virkni faktoru - emisiju apjomu ierobežošana, vietējo un reģeneratīvo enerģijas resursu plašāka izmantošana, emisiju tirdzniecība, nākotnes SEG emisiju saistību nenoteiktība u.c.
3. Analizējot iespējamās enerģētikas attīstības scenārijus, konstatēts, ka emisijas (CO₂, SO₂, GOS un NO_x) tuvākajos divdesmit piecos gados nepārsniegs pašreizējā likumdošanā noteiktos emisiju līmeņus (Kioto protokols un MK noteikumi *par kopējo valstī maksimāli pieļaujamo emisiju gaisā*). Problēmas var rasties, ja nākotnē tiks pieņemti stingrāki emisiju ierobežošanas mērķi (sekojošie saistību periodi). Vistuvāk savam pieļaujamam līmenim tuvojas NO_x emisijas un to daudzums ir saistīts ar transporta sektora izaugsmi. Tāpēc jau tuvākā nākotnē ir nepieciešams domāt par NO_x emisiju samazināšanas pasākumiem.
4. Analīze rāda, ka, samazinot kādas konkrētas emisijas, iegūtais efekts ir lielāks, jo samazinās arī citas emisijas. Piemēram, samazinot NO_x emisijas, samazinās GOS, CO₂ un SO₂ emisijas, jo mainās enerģijas avotu un tehnoloģiju sistēmas struktūra. Tas ļauj secināt, ka emisiju samazināšanas stratēģiju izstrādē svarīgi ir lietot integrēto pieeju.
5. CO₂ izmešu iespējamo ierobežošanas potenciālu un izmaksu analīze parāda, ka energoefektivitātes paaugstināšanas pasākumi ēkās ir nozīmīgs emisiju ierobežošanas avots, turklāt lētākie energoefektivitātes pasākumi ir jārealizē jau pašreizējā attīstības posmā, bet ieviešot CO₂ nodokli, attiecīgi tiks realizēti aizvien dārgāki un efektīvāki pasākumu kompleksi.
6. Latvijā 2010.gadā 49,3% no nepieciešamā elektroenerģijas daudzuma ir jāsarāžo no reģeneratīviem resursiem. Ja elektroenerģijas pieprasījums pieaugs par 2% gadā, šī mērķa sasniegšanai vidējās papildu izmaksas enerģētikā būs 0,07% no IKP.
7. Pētījums rāda, ka RES-E īpatsvaru nevar būtiski palielināt, ieviešot CO₂ nodokli. Tādā gadījumā pieprasījums pēc elektroenerģijas pieaugs, jo tās ražošana nav tik ļoti CO₂ emisiju ietilpīga. Palielinot RES-E īpatsvaru vai subsidējot RES-E avotus, elektroenerģijas patēriņš nedaudz samazinās, jo elektroenerģija kļūst dārgāka. Lielu lomu nākotnē spēlēs koksnes plašāka izmantošana efektīvā enerģijas ražošanā pārveidošanas sektorā.
8. Emisiju tirgus ir ļoti labi savietojams ar enerģijas tirgus liberalizāciju. Analīze rāda, ka, izpildot Kioto protokola saistības Baltijas reģiona valstīs, reģiona elektrības tirgus gadījumā emisiju samazināšanas izmaksas reģionā var samazināt par 5%. Taču tās var samazināt pat par 25%, ja līdzās elektroenerģijas tirgum noris emisiju tirdzniecība. Analīze rāda, ka izmešu tirdzniecība

starp Ziemeļu un Baltijas valstīm var ievērojami palētināt izmešu samazināšanas izmaksas Ziemeļvalstīs un dot ieguldījumu Baltijas valstīs, attīstot enerģētikas nozari ilgtspējīgi.

9. Veidojot Latvijas klimata izmaiņu politiku, līdzās Kioto protokola saistību perioda ierobežojumam ir jāņem vērā apstākļi, ka nākotne par sekojošo periodu saistībām ir nenoteikta. Tāpēc ļoti rūpīgi jāizvērtē, ko darīt ar Kioto saistību periodā ietaupītajām SEG emisijām, t.i., tās pārdot vai rezervēt sekojošajiem saistību periodiem, rēķinoties ar to, ka palielinoties ekonomiskajai aktivitātei, SEG emisiju apjoms pieaugs.
10. Salīdzinot stohastisko un deterministisko emisiju samazināšanas stratēģiju jāatzīmē, stohastiskai stratēģijai ir tāda priekšrocība, ka tā nosaka vienu attīstības stratēģiju - hedging (labāko dzīvotspējīgāko) stratēģija, kurā ir ņemti vērā iespējamo ierobežojumu stāvokļi nākotnē līdz noteiktam laika periodam, kad piepildās kāds no ierobežojumiem. Tas ļauj saglabāt zināmu elastību lēmumu pieņemšanā līdz laikam, kad nenoteiktība zūd.
11. Stohastiskai stratēģijai ir vismazākais maksimālais izmaksu pieaugums pret attiecīgās deterministiskās stratēģijas pilnīgas informācijas scenārija izmaksām. Sagaidāmās izmaksas stohastiskai stratēģijai ir tikai par 52milj.USD(1994) lielākas kā četru deterministisko stratēģiju pilnīgas informācijas scenāriju vidējās izmaksas. Šo izmaksu lielums rāda, cik svarīgi ir paātrināt zināšanu iegūšanu par globālo sasilšanas problēmu, lai valstis pēc iespējas ātrāk savstarpēji varētu vienoties par emisiju ierobežošanas mērķiem, velti netērētu finansiālos līdzekļus nākotnē.
12. Veiktā Latvijas enerģētikas attīstības problēmsituāciju analīze izmantota valsts institūciju izstrādātajos Latvijas vides politikas un enerģētikas attīstības veidošanas dokumentos.