

# Nepieciešamās investīcijas Latvijas Enerģētikas un Klimata mērķu 2030 izpildei

**AUTORI:**

**Agris Kamenders  
Claudio Rochas  
Ingmar Juergens  
David Rusnok**

Supported by:



Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety



European  
Climate Initiative  
EUKI

based on a decision of the German Bundestag

## Ziņojuma abstrakts

Šis ziņojums tapis projekta CIC2030 ietvaros (Climate investment capacity 2030) ar mērķi apkopot informāciju par nepieciešamo Investīciju apjomu, lai sasniegtu NEKP2030 noteiktos enerģētikas un klimata mērķus. Šis ziņojums turpina darbu, kas iesākts veidojot pārskatu par 2018. gadā veikto Investīciju apjomu energoefektivitātes un atjaunīgo energoresursu projektos Latvijā (Kamenders A., Rochas C., Novikova. A., "Investīcijas energoefektivitātes un atjaunīgo energoresursu projektos Latvijā 2018. gadā", Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), novembris 2019.)<sup>1</sup>

Šis ziņojums sniedz ieskatu par modelēšanas un Investīciju vērtēšanas metodēm, tāpat šis ziņojums apkopo informāciju par līdz šim veiktajiem pētījumiem Latvijā un sniedz pārskatu par nepieciešamo Investīciju apjomu 2030. gada enerģētikas un klimata mērķu izpildi.

## Par CIC2030 projektu īsumā

Saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes regulu par Enerģētikas savienības pārvaldību, katrai no dalībvalstīm jā sagatavo Nacionālais Enerģētikas un Klimata plāns 2021. – 2030. gadam, kurā tiek izvirzīti jauni enerģētikas un klimata mērķi. Lai sasniegtu izvirzītos enerģētikas un klimata mērķus, nepieciešamas mērķtiecīga politika un investīcijas jaunos enerģētikas un klimata projektos.

CIC2030 projekta laikā, sadarbojoties zinātniekiem no Rīgas Tehniskās universitātes, Čehijas Tehniskās universitātes Prāgā (*Czech Technical University in Prague*) un no Klimata aizsardzības, enerģētikas un mobilitātes institūta Vācijā (*Institute for Climate Protection, Energy and Mobility*), iesaistot politikas veidotājus, tika pētīts jautājums par finansējuma pietiekamību enerģijas un klimata mērķu sasniegšanai. Kopumā projekta CIC2030 pētījumu mērķis ir noteikt nepieciešamo Investīciju apjomu, iespējamus finansējuma avotus un finanšu instrumentus, enerģijas un klimata mērķu sasniegšanai līdz 2030. gadam. Šis ir otrais projekta CIC2030 laikā tapušais pētījums, kura mērķis bija noteikt nepieciešamo Investīciju daudzumu enerģijas un klimata mērķu 2030 izpildei.

## Atruna

Šis CIC2030 projekts ir daļa no Eiropas Klimata iniciatīvas (EUKI - [www.euki.de](http://www.euki.de)). EUKI ir Vācijas Federālās vides, dabas aizsardzības un kodoldrošības ministrijas projektu finansēšanas instruments. EUKI galvenais mērķis ir veicināt sadarbību ES klimata jomā un samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas. Šajā ziņojumā minētie atzinumi ir tikai autoru viedoklis, un tie neatpogaļo Vācijas Federālās vides, dabas aizsardzības un kodoldrošības ministrijas viedokli.

## Vairāk informācijas par ziņojumu

Dr.sc.ing., **Agris Kamenders**

Rīgas Tehniskā universitāte

Āzenes iela 12/1, Rīga, LV-1048

e-pasts: [agris.kamenders@rtu.lv](mailto:agris.kamenders@rtu.lv)

*Citējot ziņojumu un tā rezultātus izmantot atsauci: Kamenders A., Rochas C., Juergens I., Rusnok D., "Nepieciešamo Investīciju novērtējums Latvijas Enerģētikas un Klimata mērķu 2030 izpildei", Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), Janvāris 2020.*

---

<sup>1</sup> [https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2019/12/Klimata\\_investiciju\\_karte\\_Latvia\\_2019\\_LV\\_pub\\_compressed.pdf](https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2019/12/Klimata_investiciju_karte_Latvia_2019_LV_pub_compressed.pdf)

## Pateicība

Mēs gribam izteikt pateicību mūsu kolēģiem un sadarbības partneriem CIC2030 vadītajai Aleksandrai Novikovai un projekta partneriem Michaela Valentova, Ingmar Juergens un David Rusnok par metodoloģisko atbalstu un zināšanām, sniedzot vērtīgus ierosinājumus un ieteikumus šī ziņojuma tapšanas laikā.

Tāpat gribam izteikt lielu paldies RTU kolēģei profesorei Andrai Blumbergai par palīdzību šī ziņojuma tapšanā, strādājot pie Latvijas enerģētikas un klimata politikas vērtēšanas, modelējot iespējamās enerģētikas politikas attīstības scenārijus un atbilstošo Investīciju daudzumu.

## Saīsinājumi

Akronīmi	
<b>NEKP</b>	Enerģētikas un klimata plāns 2021.-2030. gadam
<b>CIC2030</b>	Projekts "Climate Investment Capacity 2030"
<b>ES</b>	Eiropas Savienība
<b>AER</b>	Atjaunīgie energoresursi
<b>EE</b>	Energoefektivitāte
<b>ETS</b>	Emisiju tirdzniecības sektors
<b>ZIZIMM</b>	Zemes izmantošana, zemes izmantošanas maiņa un mežsaimniecība
<b>SEG</b>	Siltumnīcefekta gāzes
<b>FM</b>	Finanšu ministrija
<b>EM</b>	Ekonomikas ministrija
<b>VARAM</b>	Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija
<b>ZM</b>	Zemkopības ministrija
<b>CFLA</b>	Centrālā līgumu un finanšu aģentūra
<b>ALTUM</b>	valsts attīstības finanšu institūcija ALTUM
<b>LAD</b>	Lauku atbalsta dienests
<b>LVIF</b>	SIA "Vides Investīciju fonds"
<b>EIB</b>	Eiropas Investīciju banka
<b>ERAB</b>	Eiropas Rekonstrukcijas un attīstības banka
<b>LABEEF</b>	Latvijas Baltijas Energoefektivitātes fonds
<b>CSP</b>	Centrālā statistikas pārvalde

# Saturs

<b>Executive Summary (English)</b>	<b>6</b>
<b>Kopsavilkums</b>	<b>9</b>
<b>1. Levads</b>	<b>12</b>
1.1. Pētījuma mērķi	12
1.2. Rezultāti un pamata pieņēmumi	13
<b>2. Analīzes struktūra</b>	<b>14</b>
2.1. Investīciju novērtējums klimata un enerģētikas mērķu sasniegšanai	16
<b>3. Modeļi investīciju vajadzību novērtēšanai</b>	<b>18</b>
3.1. Makroekonomiskie modeļi	19
3.2. Energoapgādes sistēmu un tirgus modeļi	20
3.3. Augšpārējie tehnoloģiju modeļi	23
3.4. Integrētas novērtēšanas un modelēšanas metodes	28
<b>4. Galvenie secinājumi, kas gūti pārskatot pētījumus par klimata un enerģētikas Investīciju vajadzībām Latvijā</b>	<b>30</b>
4.1. Diskusija par Latvijā izmantotajiem modeļiem	30
4.2. Kā analizēt Investīciju vajadzības energoefektivitātei (un atjaunojamai enerģijai) ēkās	32
4.3. Investīciju vajadzība atjaunojamās enerģijas un enerģētikas nozarē	43
4.4. Investīciju novērtējums atjaunojamo energoresursu un ēku sektorā	47
<b>5. Diskusija un secinājumi</b>	<b>48</b>
<b>6. References</b>	<b>49</b>
<b>Pielikums: Enerģētikā izmantoto modeļu un to galveno jutīgumu raksturojums</b>	<b>54</b>

## Executive Summary (English)

The fulfilment of Latvia's energy and climate policy objectives is also a major issue of sufficiently large, independent and efficient investments in sustainable energy and climate projects. In order to achieve the objectives of the energy and climate plan 2021-2030 (NECP), it is necessary to ensure a transparent and sufficient amount of investment in renewal of buildings, upgrading production plants, increasing the use of renewable energy resources and making sufficient investment in science by developing new technologies, developing sustainable mobility solutions and farming practices.

This report deals with the question “How to assess the amount of investment needed to meet the energy and climate objectives?”. This report continues work on climate investment mapping energy efficiency (EE) and renewable energy resources (RES) projects in Latvia in the report “Investments in energy efficiency and renewable energy projects in Latvia in 2018, Riga Technical University (RTU), December 2019.” Assessments of the necessary investments are essential to take long-term investment-related decisions in both the public and private sectors.

After the introduction, Chapter 2 gives an insight into the analytical framework of the study and looks at the existing methods for evaluating investments in energy and climate projects. The third chapter deals with modelling tools and modelling approaches that are used to analyse the amount of investment needed to achieve energy and climate objectives, the factors that influence their results, constraints and assumptions that influence results. In Chapter 4, we then turn to Latvia's energy and climate objectives and look at the studies that have been carried out so far. In the fifth chapter, we will look in depth at two important sectors for the energy efficiency of buildings (section 5.1) and renewable energy sources (section 5.2).

In order to make it possible to use the results of modelling, which, in our case, is an investment assessment for energy and climate objectives, it is important to understand the design of the models themselves, the necessary exit data and assumptions affecting the results. Few studies have been carried out in Latvia to address the amount of investments needed to meet the 2030 targets, the models used, the output data, the assumptions made and their impact on the results.

According to assessment of NECP, energy efficiency, renewable energy and other climate projects will need to invest around EUR 8.2 billion by 2030. Some studies say it requires EUR 5.5 billion over the next ten years, depending on the likely development scenario. As additional sources of funding, the real estate tax, depending on energy consumption, the energy consumption tax or the additional energy resource fee is considered [A.Blumberg]. These differences are mainly related to the measures included in the scenarios, the input data used, the assumptions made, and the methods used. It is also very important in what way the interaction between measures is taken into account. For example, the Blumberg study highlights that if one of the measures mentioned in the scenarios is not implemented or partially implemented, it significantly reduces the possibility that the target will be achieved. It is also important to separate additional investments from investments that would be made regardless of the objectives set up, such as the maintenance of energy infrastructure, the construction of new cables, etc. Individual studies account for all total investments, including investments that would be made independently of climate and energy objectives, while other studies only look at additional investments. NECP 2030 covers all total planned investments.

The output data and assumptions used in the calculation models, as examples of which we can mention assumptions about energy and technology price change forecasts, macroeconomic, energy consumption and population change forecasts used in the models, can have a very significant impact on final results. Also relevant assumptions related to the costs or costs of CO<sub>2</sub> emissions related to environmental impacts and the application of these costs to certain energy sources.

It is also important to understand what is included in each of the scenarios examined and which is adopted as a base case (business as usual or reference scenario). It is also necessary to take into account or deal with all the total costs of the project or the eligible costs, which may be directly attributed to the achievement of the energy and climate objectives.

For example, in some studies, only investments that can be directly attributed to a reduction in energy consumption, thus allowing a better estimate of the amount of costs that directly enable energy efficiency targets to be achieved, while other studies use all total project investments, which in turn are useful for funders and project developers to understand with someone investment in general must take into account projects that have been carried out.

The design of the models themselves and their level of detail are also essential. For example, most macroeconomic models often lack the necessary level of detail to analyse individual sectors or individual policy measures as they generalise certain market laws and do not pay enough attention to the energy system itself, its players and their behaviour. These, for example, macroeconomic models, often form the energy balance according to the most cost-effective scenario, based on the most cost-effective solution in each calculation step, without taking into account the asymmetry of information on the market and delays related to the behaviour of market participants, the availability of financing, the capacity of construction and other factors, that have a significant impact on the ability to implement certain measures, to invest and achieve certain results. For example, even if the use of solar or wind energy becomes the most cost-effective solution for electricity generation, the increase in capacity they have installed may not be sufficiently rapid as predicted by macroeconomic models, as different barriers (lack of investment, lack of knowledge and technology, population resistance, etc.).

On the other hand, cost-replacement curves, which are often used to find cost-optimal solutions and are simple and widely used instruments, do not necessarily take into account other measures that are not directly linked to changes in certain energy supply technologies or changes in their efficiency. In Latvia, for example, the agricultural sector accounts for about 4% of GDP, but it is responsible for 23.6% of total greenhouse gas emissions in 2016.

In view of the results obtained, it can be concluded that in 2018 at least EUR 190 million were invested in energy efficiency measures for buildings and businesses, while the investment of EUR 41 million (including EUR 21.1 million invested in Daugava HES) amounted to EUR 231 million.

In line with the objectives of the National Energy and Climate Plan, energy efficiency and renewable measures would need to invest around EUR 445 million annually over the next 10 years, which is twice as much as it was invested in 2018.

To date, EU funds have played a key role in the financing of climate projects, which has mainly been used in the form of grants when investing in public and municipal building renovation projects. In view of the large share of grants, private investment in 2018 has been relatively small, representing 29% of total investment, while investment by EU funds amounted to 42%, co-financing by public and local governments of 29%, including quota trading revenue.

When looking at the technologies and projects invested, it can be concluded that the main investment in the comprehensive renovation of buildings and the large majority of projects is related to the renovation of public and local government buildings (42% of total investments), while in the RES sector they have been bio-energy and heat replacement projects. There are very few projects involving energy generation from other renewable energy sources, energy storage or other innovative solutions. Energy efficiency projects are mainly related to building renovation, achieving minimum energy performance requirements, and very few are focused on achieving nearly zero levels of energy building or integrating RES technologies into buildings.

In order to be able to meet Latvia's climate and energy objectives, it is necessary to double the amount of investment in energy efficiency and renewable energy projects. Since almost all EU funds for energy and climate projects are used in the form of grants, investment in energy and climate projects is characterised by uneven nature and uncertainty. This could be avoided by creating own-initiative financial instruments dedicated to the development and financing of climate projects. The involvement of private investment is critical to meeting the 2030 targets.

Until now, there have been few studies in Latvia that have analysed the impact of energy and climate policy on energy and climate objectives, individual sectors of the economy, Latvia's energy supply balance and costs in general. According to the information provided, investment of EUR 8.2 billion will be needed over the next 10 years.

Estimates of investment needs depend on assumptions made during the modelling process. Some of them are more important than others, some are more controversial, and some may not be obvious given the complex modelling system that is required for calculations. Examples include price assumptions on fuel, technology, model borders, macroeconomic forecasts on economic growth and population.

It is important to understand modelled target scenarios, particularly those that are and are not included in the baseline scenario (i.e. core operations or cases that can be referred to), since investment needs, in addition to the reference case, are usually identified as additional costs. When comparing the different investment needs indicators, modelled policy scenarios should be assessed, but consideration should also be given to different deadlines (e.g. 2030 relative to 2050), year reference, indicators (e.g. incremental costs compared to full costs, which are particularly important for energy efficiency investments in the building sector) and sectorial scopes (e.g. investments in the renewable energy sector or in all sectors, including heating).



## Kopsavilkums

Latvijas enerģētikas un klimata politikas mērķu izpilde lielā mērā ir arī jautājums par pietiekami lielām, patstāvīgām un efektīvām investīcijām ilgtspējīgas enerģētikas un klimata projektos. Lai sasniegtu izvirzītos enerģētikas un klimata plāna 2021.-2030. gadam (NEKP) mērķus nepieciešams nodrošināt pārskatāmu un pietiekamu lielu Investīciju apjomu atjaunojot ēkas, modernizējot ražošanas iekārtas, palielinot atjaunīgo energoresursu izmantošanu un pietiekamas investīcijas zinātnē attīstot jaunas tehnoloģijas, attīstot ilgtspējīgus pārvietošanās risinājumus un lauksaimniecības saimniekošanas prakses.

Šajā ziņojumā tiek aplūkots jautājums "Kā novērtēt nepieciešamo Investīciju daudzumu enerģētikas un klimata mērķu izpildei?". Šis ziņojums turpina darbu, kas tika iesākts strādājot pie klimata Investīciju kartēšanas energoefektivitātes (EE) un atjaunīgo energoresursu (AER) projektiem Latvijā ziņojumā "Investīcijas energoefektivitātes un atjaunīgo energoresursu projektos Latvijā 2018. gadā, Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), decembris 2019." Nepieciešamo Investīciju novērtējumi ir būtiski, lai pieņemtu ar ilgtermiņa ieguldījumiem saistītus lēmumus gan valsts, gan privātajā sektorā.

Pēc ievada 2.nodaļā dots ieskats pētījuma analītiskajā ietvarā un apskatītas šobrīd pastāvošas metodes Investīciju vērtēšanai enerģētikas un klimata projektos. Trešajā nodaļā tiek apskatīti modelēšanas rīki un modelēšanas pieejas, kas tiek izmantoti, lai analizētu nepieciešamo Investīciju daudzumu enerģētikas un klimata mērķu sasniegšanai, to rezultātus ietekmējošie faktori, ierobežojumi un pieņēmumi, kas ietekmē rezultātus. Pēc tam 4.nodaļā mēs pievēršamies Latvijas enerģētikas un klimata mērķiem un apskatām līdz šim veiktos pētījumus. Piektajā nodaļā padziļināti apskatīsim divus būtiskus sektorus ēku energoefektivitāte (5.1.sadaļa) un atjaunīgie energoresursi (5.2.sadaļa).

Lai būtu iespējams izmantot modelēšanas rezultātā iegūtos rezultātus, kas mūsu gadījumā ir Investīciju novērtējums enerģētikas un klimata mērķus sasniegšanai, ļoti būtiski izprast pašu modeļu uzbūvi, nepieciešamos izejas datus un pieņēmumus, kas ietekmē rezultātus. Latvijā ir veikti maz pētījumu, kuros apskatīti jautājums par nepieciešamo Investīciju daudzumu NEKP 2030. gada mērķu izpildei, izmantotajiem modeļiem, izejas datiem, veiktajiem pieņēmumiem un to ietekmi uz rezultātiem.

Atbilstoši NEKP veiktajam novērtējumam, tad līdz 2030. gadam energoefektivitātes, atjaunīgo energoresursu un citos klimata projektos būs nepieciešams investēt ap 8,2 miljardiem EUR. Atsevišķos pētījumos atkarībā no iespējamā attīstības scenārija turpmākos desmit gados būs nepieciešami 5,5 miljardi EUR. Kā papildus finansējuma avoti tiek apskatīti nekustamā īpašuma nodoklis atkarībā no enerģijas patēriņa, enerģijas patēriņa nodoklis vai papildu maksa pie enerģijas resursiem [A.Blumberga]. Šis atšķirības novērtējumos galvenokārt saistīta ar scenārijos iekļautajiem pasākumiem, izmantotajiem izejas datiem, veiktajiem pieņēmumiem un izmantotajām metodēm. Tāpat ļoti būtiski kādā veidā tiek ņemts vērā pasākumu savstarpējā mijiedarbība. Tā, piemēram, A. Blumbergas pētījumā uzsvērts, ka ja kāds no scenārijos minētajiem pasākumiem netiek ieviests vai tiek ieviests daļēji, tas būtiski samazina iespēju, ka mērķis tiks sasniegts. Svarīgi arī nodalīt papildus nepieciešamās investīcijas no investīcijām, kuras tiktu veiktas neatkarīgi no uzstādītajiem mērķiem, piemēram, enerģētikas infrastruktūras uzturēšanai, jaunu kabeļu izbūvei u.c. Atsevišķi pētījumi uzskaita visas kopējās investīcijas tai skaitā investīcijas, kuras tiktu veiktas neatkarīgi no klimata un enerģētikas mērķiem, savukārt citos pētījumos apskatītas tikai papildus nepieciešamās investīcijas. NEKP2030 ietvaros apskatītas visas kopējās plānotās investīcijas.

Aprēķina modeļos izmantotie izejas dati un pieņēmumi, kā piemērus varam minēt pieņēmumus par energoresursu un tehnoloģiju cenu izmaiņas prognozēm, modeļos izmantotajām makroekonomikas, enerģija patēriņa un iedzīvotāju skaita izmaiņu prognozēm, var ļoti būtiski ietekmēt gala rezultātus. Tāpat būtiski pieņēmumi, kas saistīti ar CO<sub>2</sub> emisiju izmaksām vai izmaksām kas saistītas ar ietekmi uz vidi un šo izmaksu piemērošanu noteiktiem energoresursiem.

Svarīgi arī saprast, kas tiek iekļauts katrā no apskatītajiem scenārijiem un kas tiek pieņemts par bāzes scenāriju (*business as usual or reference scenario*). Tāpat nepieciešams ņemt vērā vai tiek apskatītas visas kopējās projekta izmaksas vai tika attiecināmās izmaksas jeb izmaksas, kas tiešā veidā var tikt attiecinātas uz enerģētikas un klimata mērķu sasniegšanu.

Tā, piemēram, atsevišķos pētījumos ēku atjaunošanas gadījumā tiek izdalītas tikai tās investīcijas, kuras tiešā veidā var attiecināt uz enerģijas patēriņa samazinājumu tādejādi ļaujot labāk novērtēt izmaksu daudzumu, kas tiešā veidā ļauj sasniegt energoefektivitātes mērķus, turpretī citos pētījumos tiek lietotas visas kopējās projekta investīcijas, kas savukārt ir noderīgas finansētājiem un projektu attīstītājiem, lai saprastu ar kādām investīcijām kopumā ir jārēķinās realizējos projektus.

Būtiska arī ir pašu modeļu uzbūve un to detalizācijas pakāpe. Tā, piemēram, pārsvarā visiem makroekonomikas modeļiem bieži trūkst nepieciešamā detalizācijas pakāpe, kas ļautu analizēt atsevišķus sektorus vai atsevišķus politikas pasākumus, jo tie vispārina noteiktus tirgus likumus un nepievērš pietiekoši lielu uzmanību pašai enerģētikas sistēmai, tās dalībniekiem un to uzvedībai. Tie, piemēram, makroekonomiskie modeļi bieži vien veido energobilanci pēc izmaksu efektīvākā scenārija, katrā aprēķina solī par pamatu pieņemot izmaksu efektīvāko risinājumu un neņemot vērā tirgū pastāvošo informācijas asimetriju un kavējumus, kas saistīti ar tirgus dalībnieku uzvedību, finansējuma pieejamību, būvniecības jaudu kapacitāti un citiem faktoriem, kas ļoti būtiski ietekmē iespējas realizēt noteiktus pasākumus, veikt investīcijas un panākt noteiktus rezultātus. Tā, piemēram, pat gadījumā, kad saules vai vēja enerģijas izmantošana kļūst izmaksu ziņā efektīvāks risinājums elektroenerģijas ražošanai, to uzstādīto jaudas pieaugums var nebūt pietiekami straujš kā to prognozētu makroekonomiskie modeļi, jo pastāt dažādas barjeras (Investīciju nepietiekamība, zināšanu un tehnoloģiju trūkums, iedzīvotāju pretestība u.c) kavējumi, kas

Savukārt izmaksu aizvietošanas līknes, kas bieži tiek izmantotas meklējot izmaksu optimālu risinājumus ir vienkārši un plaši lietojami instrumenti, tomēr tie ne vienmēr ņem vērā citus pasākumus, kas tiešā veidā nav saistīti ar noteiktu energoapgādes tehnoloģiju nomaiņu vai to efektivitātes izmaiņām. Piemēram, Latvijā lauksaimniecības sektors sastāda apmēram 4% no IKP, taču tas atbildīgs par 23,6% no kopējām siltumnīcefekta gāzu emisijām 2016.gadā.

Ņemot vērā iegūtos rezultātus, iespējams secināt, ka 2018. gadā ēku un uzņēmumu energoefektivitātes pasākumos investēti vismaz 190 miljoni euro, savukārt AER investēts 41 miljons euro (tostarp 21,1 miljons euro investēts Daugavas HES) kopā veidojot 231 miljons euro lielas investīcijas.

**Atbilstoši Nacionālā Enerģētikas un klimata plāna mērķiem energoefektivitāti un atjaunojamajiem pasākumos būtu nepieciešams investēt ap 445 milj., EUR katru gadu turpmāko 10 gadu laikā, kas ir divas reizes vairāk nekā ticis investēts 2018. gadā.**

Līdz šim ES fondu atbalstam ir visnozīmīgākā loma klimata projektu finansēšanā, kurš galvenokārt ticis izmantots grantu veidā, investējot valsts un pašvaldību ēku atjaunošanas projektos. Ņemot vērā lielo grantu īpatsvaru, tad privāto Investīciju apjoms 2018. gadā bijis salīdzinoši neliels, veidojot 29% no visām kopējām investīcijām, savukārt ES fondu investīcijas veidoja 42%, valsts un pašvaldību līdzfinansējums 29%, tai skaitā kvotu tirdzniecības ieņēmumi.

Aplūkojot tehnoloģijas un projektus, kādos investēts, tad var secināt, ka galvenokārt investēts ēku visaptverošā renovācijā un lielais vairums projektu saistīti ar valsts un pašvaldību ēku atjaunošanu (42% no visām kopējām investīcijām), savukārt AER sektorā tie ir bijuši bioenerģijas un siltumtrašu nomaiņas projekti. Ļoti maz ir projektu, kas ietveru enerģija ražošanu no citiem atjaunīgajiem energoresursiem, enerģijas uzkrāšanu vai citus inovatīvus risinājumus. Energoefektivitātes projekti galvenokārt saistīti ar ēku renovāciju, sasniedzot minimālās energoefektivitātes prasības, un ļoti maz ir tādu projektu, kas būtu vērsi uz gandrīz nulles enerģijas ēkas līmeņa sasniegšanu vai AER tehnoloģiju integrēšanu ēkās.

Lai būtu iespējams sasniegt Latvijas klimata un enerģētikas mērķus Investīciju daudzumu energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu projektos nepieciešams dubultot. Tā kā gandrīz visi

ES fondu līdzekļi enerģijas un klimata projektiem tiek izmantoti grantu veidā, tad investīcijām enerģijas un klimata projektos raksturīgs nevienmērīgs raksturs un nenoteiktība. To būtu iespējams novērst, veidojot patstāvīgus finanšu instrumentus, kas paredzēti klimata projektu attīstībai un finansēšanai. Privāto Investīciju iesaiste ir kritiska NEKP 2030 mērķu izpildei.

# 1. Levads

## 1.1. Pētījuma mērķi

Ziņojums aptver pārskatu par esošajām pieejām un modelēšanas rīkiem, kurus iespējams izmantot vērtējot nepieciešamos investīciju daudzumu enerģijas un klimata mērķu sasniegšanai. Ziņojuma izstrādes laikā apkopota informācija par populārākajiem modelēšanas programmām citās ES valstīs un līdz šim veiktajiem pētījumiem Latvijā.

Šī ziņojuma galvenais jautājums ir: "Kā noteikt nepieciešamo Investīciju daudzumu NEKP 2030 mērķu izpildei?". Lai sasniegtu "Tīra enerģija visiem Eiropas iedzīvotājiem" mērķus, līdz 2030.gadam ES nepieciešams piesaistīt aptuveni 11,2 triljonu EUR lielas investīcijas<sup>2</sup>. Tā rezultātā, Investīciju plānā Eiropai ir pausts aicinājums racionāli izmantot finanšu resursus, novēršot šķēršļus investīcijām un nodrošinot pieejamību un tehnisko palīdzību jauniem projektiem. Lai sasniegtu šo mērķi, Eiropas dalībvalstis sagatavošanas savus enerģētikas un klimata plānus 2030.gada mērķu izpildei.

Līdz šim Latvijā veikti maz pētījumu, kuru ietvaros analizēta enerģētikas un klimata politikas ietekme uz enerģijas un klimata mērķiem, atsevišķiem tautsaimniecības sektoriem, Latvijas energoapgādes bilanci un izmaksām kopumā. Atbilstoši NEKP ietvertajai informācijai tad turpmākajos 10 gados būs nepieciešams investēt 8 192 miljonus EUR.

NEKP2030 un arī citos pētījumos Latvijā analīzei tika izmantots enerģētikas modelēšanas programma MARKAL. Galvenās modeļa paradigmas ir ideāls tirgus (competitive partial equilibrium). MARKAL ir matemātiskais modelis, kas dod iespēju aprakstīt enerģijas tirgu un atbilstoši uzdotajiem parametriem (pieņēmumiem par enerģijas un tehnoloģiju izmaksām, iespējam importēt/eksportēt, enerģijas pieprasījuma izmaiņām u.c.) sabalansē enerģijas pieprasījumu un piedāvājumu. Kombinējot enerģijas pieprasījumu ar piedāvājumu, ņemot vērā ierobežojošos faktorus tai skaitā noteiktos mērķus (piemēram, AER daļa gala enerģijas patēriņā) tiek meklēta kombinācija ar viszemākajām kopējām izmaksām. Apskatot Latvijas energoapgādes sistēmu izmantoti arī EnergyPlan<sup>3</sup> un sistēmdinamikas modeļi<sup>4</sup>, kas daudz labāk dod iespēju ņemt vērā sistēmas atgriezeniskās saites, noteiktus tirgus signālu kavējumus laikā un tirgus dalībnieku uzvedību kopumā vai atsevišķās nozarēs.

Investīciju novērtējums ir atkarīgs no pieņēmumiem, kas tiek veikti modelēšanas procesa laikā. Dažas no tām ir svarīgākas par citām, dažas ir pretrunīgākas, un dažas var nebūt acīmredzamas, ņemot vērā sarežģīto modelēšanas sistēmu, kura ir nepieciešama aprēķiniem. Kā piemērus var minēt cenu pieņēmumus par kurināmo, tehnoloģijām, modeļa robežām, makroekonomikas prognozēm par ekonomikas izaugsmi un iedzīvotāju skaitu.

Ir svarīgi saprast modelēto mērķu scenārijus, īpaši to, kas ir un nav iekļauts pamata scenārijā (t.i. pamatdarbības), jo investīciju novērtējums papildus atsaucies gadījumam parasti tiek noteiktas kā papildus izmaksas. Salīdzinot dažādu investīciju novērtējumu rezultātus, jānovērtē modelētie politikas scenāriji, taču jāņem vērā arī atšķirīgie termiņi (piemēram, 2030.gads attiecībā pret 2050.gadu), gads uz

<sup>2</sup> EU High-Level Expert Group on Sustainable Finance, 2018

<sup>3</sup> L.Udrene, G.Bazbauers, Role of Vehicle-to-grid Systems for Electric Load Shifting and Integration of Intermittent Sources in Latvian Power System, Energy Procedia, Volume 72, 2015, Pages 156-162, ISSN 1876-6102

J.Porubova, G.Bazbauers Analysis of Long-Term Plan for Energy Supply System for Latvia that is 100% Based on the Use of Local Energy Resources January 2010, Environmental and Climate Technologies 4(1):82-90

<sup>4</sup> A.Gravelsins, G.Bazbauers, A.Blumberga, D.Blumberga, S.Bolwig, A.Klitkou, P. D. Lund, Modelling energy production flexibility: system dynamics approach, Energy Procedia, Volume 147, 2018, Pages 503-509, ISSN 1876-6102,

kuru atsaucas, rādītāji (piemēram, attiecināmās izmaksas salīdzinājumā ar kopējām izmaksām, kas ir īpaši svarīgi energoefektivitātes projektos) un nozaru tvērumi (piemēram, ieguldījumi tikai AER tehnoloģijās vai tai skaitā viss kas saistīts ar elektroapgādes sistēmas, apakšstaciju, pārvades līniju utt.).

Attiecībā uz nozari un apakš nozarēm, svarīgi ir pievērst īpašu uzmanību modelēšanas sistēmai. Piemēram, makroekonomiskajam modelim iespējams trūkst vajadzīgās precizitātes nozaru līmenī, jo tajos lielākoties nav ņemti vērā enerģijas tirgu dalībnieku uzvedība, īpaša uzmanība ir jāpievērš pašas energosistēmas raksturojumam, lai nodrošinātu atbilstošu enerģijas pieprasījumu un piedāvājumu noteiktā laika periodā.

Izmaksu aizvietošanas līknes ir precīzi un vienkārši lietojami instrumenti, kas lietotājiem ļauj noteikt vislētākās iespējas, lai sasniegtu mērķus klimata un enerģētikas jomā. Tomēr, izmantojot izmaksu aizvietošanas līknes ne vienmēr iespējams novērtēt CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas potenciālu. Parasti modelēšanas rīki ļauj parakstīt enerģētikas sistēmu un tajos ir grūti iekļaut citas nozares, kuru SEG emisijas tiešā veidā nav saistītas ar kurināmā izmantošanu. No vienas puses siltumnīcefekta gāzu emisijas rodas no dažādām saimnieciskām darbībām, kuras ne vienmēr tiek uzskaitītas, bet no otras puses, ir emisijas, kuras rodas, piemēram, lauksaimniecībā, kas arī tiek uzskaitītas, bet tās netiek iekļautas, piemēram, kopējā enerģijas gala patēriņā un līdz ar to netiek iekļautas modelī. Valstīs, kurās šīs ekonomiskās darbības rada lielu daļu no siltumnīcefekta gāzu emisijām (piemēram, Latvijas lauksaimniecība sniedz apmēram 4% no IKP, taču tā bija atbildīga par 23,6% no kopējām siltumnīcefekta gāzu emisijām 2016.gadā)<sup>5</sup>, Investīciju novērtējumam būtu jābūt visaptverošam tomēr parasti šīs nozares tiek apskatītas atsevišķi.

## **1.2. Rezultāti un pamata pieņēmumi**

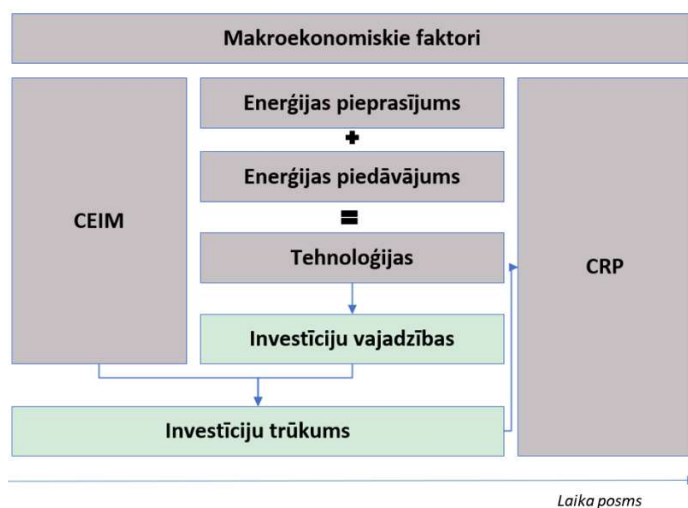
Tādi pieņēmumi, kā kurināmā un tehnoloģiju izmaksas, procentu likmes, uzstādīto jaudu izmantošanas iespējas, iedzīvotāju skaita izmaiņas un makroekonomiskās prognozes lielā mērā ietekmē investīciju novērtējumu rezultātus. Šādi pieņēmumi var palielināt vai samazināt noteiktās investīcijas un rezultātus par noteiktu tehnoloģiju ieviešanu. Papildus tam, arī regulatīviem un politiskiem pieņēmumiem ir būtiska nozīme jaunu tehnoloģiju ieviešanā. Protams, ir grūti ņemt vērā tādas lietas, kā iedzīvotāju attieksme pret atjaunojamo energoresursu izmantošanu, jaunu tehnoloģiju attīstība, klimata izmaiņu radītās sekas, ārējo faktoru ietekme uz ekonomikas attīstību kopumā taču tie var būtiski ietekmēt rezultātus. Atsevišķos gadījumos šie mainīgie faktori tiek ņemti vērā veidojot iespējamus attīstības scenārijus ar noteiktu nenoteiktību un piedāvājot fleksiblu attīstības stratēģiju, kas ļauj pielāgoties jauniem tirgus un politikas apstākļiem, tas it īpaši svarīgi domājot pie ilgtermiņa, piemēram, 2050. gada mērķiem.

---

<sup>5</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/latvia\\_draftnecp\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/latvia_draftnecp_en.pdf)

## 2. Analīzes struktūra

Nepieciešamo investīciju daudzumu nosaka plānotie klimata un enerģētikas politikas pasākumi, ekonomikas attīstība kopumā, iedzīvotāju skaita izmaiņas, enerģijas patēriņa pieprasījums, tirgus dalībnieku uzvedība un tehnoloģiju attīstība. Lai novērtētu nepieciešamās investīcijas, nepieciešams novērtēt esošo investīciju daudzumu, raksturot enerģijas patēriņa izmaiņas nākotnē, ko ietekmē tautsaimniecības struktūra un ko iespējams raksturot makroekonomikas faktoru prognozēm un iespējas nodrošināt nepieciešamo enerģijas daudzumu, kas ietver kā esošo sistēmu novērtējumu tā arī jaunu tehnoloģiju izmantošanas iespējas, skatīt 1. attēlu.



1. attēls. Svarīgākie analīzes soļi Investīciju vajadzību novērtēšanai.

Lielā mērā enerģijas pieprasījumu nosaka aprēķina modeļos izmantotās makroekonomikas prognozes, tāpēc būtiski pievērst uzmanību kādi rādītāji un kādas prognozes tiek izmantotas noteiktu scenāriju analīzei. Visbiežāk izmantotie makroekonomiskie faktori, kurus izmanto modelēšanai un no kuriem ļoti bieži atkarīgi arī modelēšana rezultāti apkopoti zemāk.

### Būtiskākie makroekonomiskie faktori

- **Iedzīvotāju skaits** – Iedzīvotāju skaita izmaiņas ir būtiskas, lai novērtētu gan preču un pakalpojumu pieprasījumu ekonomikā (netiešs enerģijas pieprasījums), gan to cilvēku skaitu, kas patērēs enerģiju (tiešais enerģijas pieprasījums) konkrētā laika periodā. ANO Ekonomikas un sociālo lietu departamenta publicētās Pasaules iedzīvotāju prognozes ir iedzīvotāju prognozes, kuras visplašāk izmanto, lai izstrādātu ekonomikas prognozes (ANO 2017).
- **IKP kā ekonomiskās aktivitātes rādītājs** – Iekšzemes kopprodukts (IKP) rādītāji ir svarīgi enerģijas pieprasījuma un patēriņa prognozēšanai, ja vien ekonomikas izaugsme un enerģijas pieprasījums ir savstarpēji saistīti. IKP prognozes sniedz Latvijas Banka, Pasaules Banka un Eiropas Savienības un Eiropas komisijas veiktā ceturkšņa ekonomikas prognozes<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> [https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-performance-and-forecasts/economic-forecasts\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-performance-and-forecasts/economic-forecasts_en)

- **Inovācijas un produktivitāte** – produktivitāte ir viens no ekonomiskās efektivitātes noteicošajiem faktoriem. Ar produktivitāti parasti saprot saražoto preču daudzumu attiecībā pret patērētajiem resursiem. Lai arī attīstītās ekonomikās produktivitātes uzlabojumiem ir tendence raksturot produkcijas vai sniegto pakalpojumu kvalitātes uzlabojumus, ne tik daudz daudzuma pieaugumu attiecībā pret patērētajiem resursiem.
- **Inovācijas un tehnoloģiju attīstības mācību līknes** – Tehnoloģijas un šo tehnoloģiju attīstība nosaka konkrēto nozaru vajadzības pēc enerģijas. Turklāt, tās var ietekmēt arī attiecīgo tautsaimniecības nozaru produktivitāti. Zemu oglekļa emisiju tehnoloģijas var samazināt enerģijas ražošanas oglekļa emisiju daudzumu un energoefektīvas tehnoloģijas var samazināt enerģijas pieprasījumu. Pieaugot šo tehnoloģiju izmantošanai tirgū un samazinoties šo tehnoloģiju izmaksām, samazinās arī kopējo investīciju daudzums. Tomēr jaunu tehnoloģiju izmantošanas un difūzijas ātrums tirgū ir grūti prognozējams, tomēr ļoti būtisks faktors, lai noteiktu nepieciešamo investīciju daudzumu klimata un enerģijas projektos. Informāciju par tehnoloģiju difūziju tirgū un izmaksu prognozēm var vai nu ņemt kā eksogēnos jeb ārējos faktorus no citiem pētījumiem/modeliem, vai arī noteikt endogēni, veicot papildus izpēti (sīkāka informācija atrodama 3.nodaļā).
- **Klimata un enerģētikas politika** – Klimata un enerģētikas politika nosaka kontekstu, kurā tiek realizēti noteikti pasākumi (AER vai EE projekti). Noteiktu atbalsta instrumentu izmantošana vai gluži pretēji to trūkums vai veicināt noteikti projektu attīstību, samazināt laiku, kas nepieciešams, lai noteiktas tehnoloģijas vai noteikta saimniekošanas prakses tiktu ieviestas tirgū. Atbilstošs regulējums var paātrināt vai kavēt tehnoloģiju noteikti tehnoloģiju ieviešanu tirgū. Parasti ļoti būtiski jautājumi, kas saistīti ar būvatļauju saņemšanu, iespējām pieslēgties tīklam un nodot enerģiju citiem patērētājiem.
- **Dabas resursi** – Noteiktu resursu pieejamība ir viens no svarīgākajiem faktiem, kas nosaka enerģijas cenas (biomasa, ogles, dabasgāze), tāpat arī citi resursi un izejvielu cenu, lai ražotu jaunas tehnoloģijas (piemēram, litijs enerģijas akumulēšanas baterijām). Līdzīgi, zemes /jūras pieejamība, lai izmantotu atjaunojamos energoresursus (piemēram, vēja parki) vai laikapstākļi (piemēram, saule izmantojot saules paneļus), ir galvenais faktors, lai noteiktu konkrētu tehnoloģiju iespējamo ieviešanu un enerģijas daudzumu ko iespējam saražot noteiktā vietā un laikā. Ņemot vērā atjaunojamo energoresursu atkarību no laika apstākļiem būtiska ne tikai to pieejamība vispār, bet noteiktu resursu pieejamība noteiktā laika periodā un diennakts griezumā.

Augstāk apskatītie faktori un to izmaiņas parasti tiek izmantoti kā ievaddati modelējot valsts ergoapgādes sistēmu. Makroekonomiskie modeļi ir tie, kas ļauj prognozēt šos galvenos ekonomiskos faktorus un tie ļauj modelēt, kā dažādi tirgi savstarpēji mijiedarbojas un ietekmē konkrētās valsts ekonomiku. Šādi modeļi palīdz definēt svarīgus robežnosacījumus nozares līmeņa pētījumiem un citiem enerģētikas modeļiem, kas izmanto šos rezultātus kā tā sauktos eksogēnos faktorus (t.i., faktorus un datus, ko izmanto nozaru modelim, bet kas netiek veidoti šajā pašā modeli). Atsevišķu nozaru modeļi bieži vien dod iespējas analizēt nozares sīkāk nekā to būtu iespējams īstenot izmantojot tikai makroekonomisko modeļus. Ar ergoapgādes modeļu palīdzību parasti tiek sastādīta valsts energobalance sabalansējot enerģijas pieprasījumu ar piedāvājumu un apskatot enerģijas pieprasījumu un piedāvājumu.

### **Enerģijas pieprasījums**

Enerģijas pieprasījums ir tieši saistīts ar patērētāju uzvedību un to ekonomisko aktivitāti, preču un pakalpojumu ražošanu (preču importu un ekspertu), tehnoloģijām, tehnoloģiju efektivitāti kas pieejamas to ražošanai, un ar to saistītajām ražošanas izmaksām, tostarp elektroenerģijas un kurināmā cenām.

## Enerģijas piegāde

Enerģoapgādes sistēmas modelēšanai var izmantot enerģijas patēriņa slodžu līknes vai ik stundas enerģijas patēriņa pieprasījuma datus, kas iegūti balstoties uz vēsturisko enerģijas patēriņu vai enerģijas patēriņa aprēķina modeļiem. Parasti šie modeļi ļauj novērtēt nepieciešamo elektroenerģijas un siltumenerģijas daudzumu noteiktā laika mirklī un atkarībā no aprakstītās enerģoapgādes sistēmas (uzstādītās jaudas, pieejamie resursi) un uzdotajiem sistēmas nosacījumiem (enerģoresursu cena) izvēlas noteiktas jaudas enerģijas ražošanai. Enerģijas piegādes moduļi nosaka fosilā kurināmā (dabasgāzes, naftas, ogļu, u.tml.) un atjaunojamo enerģoresursu avotu īpatsvaru enerģijas struktūrā, to izmaksas un oglekļa emisiju daudzumu. Modelī var iekļaut arī tirdzniecību, t.i., to aplūko endogēni. Tas ļauj ņemt vērā primārās enerģijas un elektroenerģijas gala eksportu un importu, un novērtēt oglekļa emisiju tirdzniecības ietekmi. Šajā gadījumā, piegādes puses tehnoloģijas ir svarīgs faktors, kas ietekmē kopējās enerģijas ražošanas izmaksas (tostarp primāro enerģijas avotu izmaksas, ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas un SEG emisiju kvotu izmaksas).<sup>7</sup>

## Tehnoloģijas

Izmantotās tehnoloģijas nosaka enerģijas ražošanas un patēriņa efektivitāti, kā arī SEG emisiju daudzumu. Zemu oglekļa emisiju un energoefektīvu tehnoloģiju ieviešanas izmaksas, ciktāl tas nepieciešams, lai nodrošinātu atbilstību klimata vai energoefektivitātes mērķiem, laika gaitā atšķiras atkarībā no tehnoloģiju difūziju līknes.<sup>8</sup> Tehnoloģiju izmaksu prognozes ir patiešām izšķirošas, novērtējot noteiktu tehnoloģiju izmantošanu un nepieciešamos investīciju daudzumu.

## Kopsavilkums

Ekonomikas prognozes, saskaņām ar kurām tiek aprēķināti nepieciešamie ieguldījumi, un attiecīgie pieņēmumi un mainīgie faktori (iedzīvotāju skaita un IKP izmaiņas, inovācijas, tehnoloģiju un kurināmā izmaksas) parasti tiek ņemti kā ārēji faktori, kas balstīti kopējās makroekonomiskās prognozēs. Šie faktori lielā mērā nosaka iegūtos rezultātus. Tomēr bez šiem faktoriem par kuriem prognozes parasti ir pieejamas ir vairāki faktori, kuri ļoti būtiski var ietekmēt rezultātus, tomēr tie parasti netiek iekļauti un pienācīgi apskatīti, jo tos ir grūti prognozēt. Tādi faktori kā jaunu revolucionāru tehnoloģiju parādīšanās, klimata pārmaiņas un ar to saistītās izmaiņas attiecībā pret enerģijas pieprasījumu, karš, slimības vai citi katastrofāli notikumi parasti netiek ņemti vērā un pienācīgi novērtēti. Ņemot vērā to, ka, piemēram, ar vien precīzāk iespējams prognozēt klimata pārmaiņu rezultātā iespējamās ietekmes (īsākas apkures sezonas, vairāki karstuma viļņi u.c.), tad būtu nepieciešams sākt novērtēt šos faktoros un ņemt vērā vērtējot ekonomikas attīstību.

## 2.1. Investīciju novērtējums klimata un enerģētikas mērķu sasniegšanai

Klimata un enerģētikas 2030.gada mērķus nevajadzētu uzskatīt tikai kā robežnosacījumus vai mērķa vērtības noteiktā ekonomikas modeļa ietvaros. Atkarībā no izmantotās modelēšanas pieejas, dažādi klimata mērķi, jaunu tehnoloģiju difūzija, var un ietekmē arī iepriekšminētos galvenos makroekonomiskos faktoros (cenas, IKP, enerģijas pieprasījumu). Piemēram, elektroenerģijas, cenu izmaiņas var ietekmēt energoietilpīgu produktu ražošanas izmaksas, un, tādejādi ietekmēt pieprasījumu pēc enerģijas kopumā. Vai arī noteiktu atjaunojamo tehnoloģiju izmaksu samazināšanos var veicināt šādu tehnoloģiju plašāku izmantošanu.

Klimata un enerģētikas mērķi kā tādi ne vienmēr ir sociāli optimālākais rezultāts, bet parasti tie ir noteikti politisku diskusiju rezultātā un atspoguļo noteiktas enerģētikas un klimata politikas mērķus. Nepieciešamais investīciju daudzums atkarīgs no klimata un enerģijas mērķiem, kuri nosaka uzstādāmo AER tehnoloģiju daudzumu, veicamo energoefektivitātes projektu skaitu, investīcijas transportā un

<sup>7</sup> Enerģētikas tirgu var uzskatīt par regulētu tirgu un tāpēc bez kurināmā, tehnoloģiju, darba spēkā un uzturēšanas izmaksām dažādos tirgos piemērotie nodokļi var būtiski ietekmēt enerģijas ražošanas izmaksas

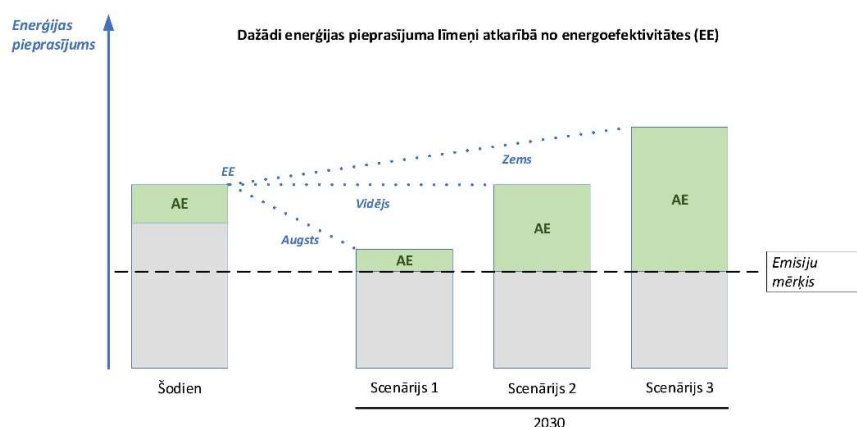
<sup>8</sup> JRC (2012). Technology Learning Curves for Energy Policy Support. JRC Scientific and Policy Reports ([link](#))



lauksaimniecības sektoros. Kopumā, neatkarīgi no dažādo nozaru specifiskajiem mērķiem un plānotajiem pasākumiem, SEG emisiju samazināšanas mērķu sasniegšanai laika posmā līdz 2030. garam var strādāt pie:

- 1) Energoefektivitātes, nosakot kā enerģijas ražošanas produktivitāti (piedāvājuma puse) tā arī enerģijas gala patērētāja energoefektivitāti (pieprasījuma puse);
- 2) Enerģijas ražošanas (piedāvājuma puse) dekarbonizācija.

Tādejādi, lai sasniegtu konkrētu emisiju mērķi, energoefektivitātes un atjaunojamās enerģijas apjomu, kas jāasniedz saskaņā ar 2030. gada mērķiem ir iespējami dažādi attīstības scenāriji, kuru atjaunīgo energoresursu uzstādīto jaudu apjomi ir atkarīgi no sasniegtā energoefektivitātes līmeņa un enerģijas patēriņa pieprasījuma visās nozarēs. Veicot investīciju novērtējumu parasti tiek apskatīti vairāki scenāriji zemu emisiju scenāriji (1. scenārijs), kurā panākts augsts energoefektivitātes līmenis vidējas efektivitātes (2. scenārijs) un zemas efektivitātes (3. scenārijs). Tomēr jāņem vērā, ka tālākā perspektīvā jebkura nepieciešamā enerģijas vienība būtu saražojama izmantojot atjaunīgos energoresursus. Veicot ilgtermiņa prognozes, piemēram, līdz 2050. gadam svarīgi ir pieņēmumi ne tikai par tehnoloģiju un kurināmā cenu izmaiņām, bet par tehnoloģiju attīstību kopumā, piemēram, cik viegli iespējams ieviest CO<sub>2</sub> uztveršanas un noglabāšanas iespējas vai ūdeņraža tehnoloģijas, kas var palīdzēt dekarbonizēt energointensīvo ražošanu un enerģijas ražošanas sektoru kopumā.



2.attēls – Ilustratīvs grafisks attēlojums par energoefektivitātes un dekarbonizācijas pasākumu kopējo nozīmi, lai panāktu enerģijas gala patēriņa emisiju samazinājumu.

Dažādi scenāriji ar atšķirīgiem pasākumiem, uzstādītajām tehnoloģijām un atšķirīgu enerģijas patēriņu var nodrošināt vienādu emisiju apjomu, tajā pašā laikā izmantoto pasākumu un tehnoloģiju dažādība noved pie atšķirīgām izmaksām. Tāpēc vērtējot nepieciešamās izmaksas noteiktu mērķu sasniegšanai svarīgi saprast, tieši kādi pasākumi un kādas tehnoloģijas paredzēts izmantot. Diemžēl ļoti bieži tiek uzrādīti tikai kopējie scenāriju rādītāji un ir grūtības izsekot tieši kādas tehnoloģijas un kādus pasākumus paredzēts izmantot līdz ar to kādi ir pieņēmumi, kas izmantoti nosakot nepieciešamās izmaksas.

### 3. Modeļi investīciju vajadzību novērtēšanai

Lai novērtētu investīciju vajadzības saistībā ar klimata un enerģētikas mērķiem, var izmantot dažādus modeļus. Modeļa izvēle ir atkarīga no tā lietojuma mērķa un analīzes tvēruma, t.i., koncentrēšanās uz makroekonomiskajiem faktoriem, enerģijas pieprasījuma vai piedāvājuma faktoriem vai analizējot iespējas investēt jaunās tehnoloģijas salīdzinot ar ierastajām (business-as-usual) tātad veicot atsevišķu sektoru analīzi. Tabulā zemāk apkopoti dažādi modeļi, izmantotie pieņēmumi un analītiskais ietvaros, kas raksturo dažādus modeļu un to uzbūvi. Šis nav pilnīgs visus izmantoto modeļu pārskats, bet šī pārskata mērķis ir demonstrēt atšķirīgās pieejas un izmantoto modeļu dažādību.

2. Tabula modeļu pārskats

Pārskats				Modeļa specifiskās izvades funkcijas
	Sociālekonomiskie faktori	Enerģijas tirgus	Tehnoloģijas un inovāciju vajadzības	
OECD (2017)	Yoda modelis + Oksfordas globālais ekonomikas modelis	Oksfordas globālais ekonomikas modelis	Eksogēns	Ekonomiskā izaugsme, potenciālā izlaide. Iespējams veikt nozares līmeņa analīzi.
IEA (2017)	Eksogēns	Pasaules enerģētikas modelis (WEM)	REmap	Saražotais enerģija daudzums un kurināmais, investīciju daudzums un izmaksas, oglekļa dioksīda (CO <sub>2</sub> ) un citām ar enerģiju saistītām SEG emisijām un galalietotāju izmaksām.
IRENA (2015)	Eksogēns	Eksogēns	REmap	Tehnoloģiju pašreizējās izmaksas un piedāvājuma aizstāšanas izmaksu līknes.
DENA (2018)	Eksogēns	DIMENSION +	Eksogēns	SEG emisijas pa sektoriem.
BCG (2018)	VIEW Prognos modelis	Prognos dažādie modeļi	Augšupvērstās (Bottom Up) aizstāšanas izmaksu līkne	Investīcijas nozaru līmeni un zemas oglekļa emisiju tehnoloģijas
Fraunhofer - ISE (2015)	Eksogēns	REMod-D	Eksogēns (piemēram, tehnoloģiju palielinās jaudas)	Apraksta sistēmu kopumā tai skaitā izmaksas
Prognos et. al. (2018)	ISI Makromodelis	Eksogēns	Izmaksu un ieguvumu aprēķins (UBA)	Tiek analizētas iespējamās ietekmes (tiešā ekonomiskā ietekme un ietekme uz vidi, nepieciešamie ieguldījumi); sekundārā ietekmes (piemēram, nodarbinātība)
Eiropas Komisija (2017)	Visa ekonomika ir modelēta endogēni			Nepieciešamo investīciju novērtējums un sīks ekonomiskās ietekmes novērtējums.

### 3.1. Makroekonomiskie modeļi

Šajā nodaļā apskatīti makroekonomiskie modeļi, kas izmantoti OECD (2017) pētījumā "Ieguldījumi klimatā, ieguldījumi izaugsme" (Investing in Climate, Investing in Growth). Abi modeļi izmanto atšķirīgas pieejas un dažādas datu rindas.

#### 3.1.1. Yoda modelis

Yoda modelis ir OECD iekšējais makroekonomiskais modelis atsevišķām G20 valstīm. Tas ietver katrai valstij raksturīgās ekonomikas struktūru un saites ar ārējiem tirgiem. Lielākās ekonomiski attīstītās valstīs, lielākās jaunās tirgus ekonomikas valstīs un pārējā pasaule ir saistītas ar tirdzniecības saiknēm (t. i., starp valstīm notiekošā tirdzniecība un no tām izrietošās cenas). Modelis ir atkarīgs no pašreizējā ekonomikas stāvokļa (noteikts uzņēmējdarbības cikls). Ekonomiskās izaugsmes vienādojums ir atkarīgs no potenciālās izaugsmes, reālajām procentu likmēm un fiskālās politikas, prognozētās ražošanas apjomiem IKP, cenām un tirdzniecības prognozēm.

Lai noteiktu nepieciešamās investīcijas klimata pārmaiņu jomā, dotais modelis apskata inovācijas, kas nepieciešamas pētniecībā un attīstībā, lai sasniegtu 2 °C scenāriju (kam nepieciešams 55% SEG emisiju samazinājums). Tas atbilst ap 0,1% IKP izmaksām un sasniedz ap 66% SEG emisiju samazinājumu.

Šajā modelī netiek ņemta vērā klimata pārmaiņu potenciālā ietekme, kas it īpaši būtiska ilgākam laika posmam. Protams, šādu ietekmi ir grūti novērtēt jo klimata pārmaiņā radītie iespaidi var un ir nevienmērīgi sadalīti reģionos un ekonomiskajās nozarēs (sk., piemēram, IPCC 2018)<sup>9</sup>. Turklāt modelī nav iekļauti arī tādi faktori kā politikas lēmumi, sociālā pieņemšana un institucionāli faktori, kam ir svarīga nozīme reālajā ekonomikā. Tas gan attiecas uz katru makroekonomikas modeli, jo šos elementus ir grūti iestrādāt un aptvert šādā kopējā analīzes līmenī.

#### 3.1.2. Oksfordas globālais ekonomikas modelis

Oksfordas globālo ekonomikas modeli plaši izmanto makroekonomiskai modelēšanai (piemēram, OECD, SVF, Pasaules Bankas pētījumos), īpašu uzmanību pievēršot tirdzniecības un finanšu savstarpējai saiknei. Modelis dod iespēju prognozēt ražošanas (IKP) līmeni, ko nosaka pieprasījuma faktori īstermiņā un piedāvājuma faktori ilgtermiņā. 2030. gada scenārijā ilgtermiņa (potenciālo) produkcijas izlaidi nosaka standarta<sup>10</sup> ražošanas funkcija, izmantojot kapitāla plūsmas, procentu likmes, tehnoloģisku attīstību, darbaspēku, tirdzniecības apjomus, valūtas maiņas kursus un izejvielu cenas kā ievadītos datus. OECD (2017. gadā) tika pārskatīts modelis, lai iekļautu un būtu iespējams skaidri izdalīt publiskā kapitāla ietekmi<sup>11</sup>. Modelis ļauj veikt nozares līmeņa analīzi, jo modelis ir sadalīts divpadsmit nozarēs. Tie ietver arī enerģētikas nozari, kuru iespējams apskatīt arī sīkāk nodrošinot līdzsvaru starp enerģijas cenām, piedāvājumu/pieprasījumu.

---

<sup>9</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>10</sup> Cobb-Douglas

<sup>11</sup> Public capital is the stock of government-owned assets that are used as means for productivity (i.e. government money and physical infrastructure).

### 3.1.3. Galvenie secinājumi par makroekonomiskajiem modeļiem

Kā paskaidrots iepriekš, makroekonomiskos modeļus var izmantot, lai prognozētu valsts ekonomisko attīstību un veiktu aprēķinus attiecībā uz dažiem makroekonomiskiem rādītājiem (piemēram, dažādiem iedzīvotāju skaita pieauguma rādītājiem, darbaspēka piedāvājumu, ražošanas jaudām u.c.). Tajos aprakstīti sociālekonomiskie faktori, kas nosaka kādas valsts, tās nozaru un apakš nozaru saimniecisko darbību. Bieži vien šādu modeļu spējas apskatīt konkrēto nozari vai sektoru gan ir limitētas. Analogijai varētu lietot salīdzinājumu par detalizāciju kartes izveidi. Piemēram, ja vēlaties izveidot pasaules karti, jūs spēsiņt ņemt vērā tikai galvenās upes, pilsētas vai kalnu grēdas un šāda detalizācija pakāpe būs pietiekoša, jo kartes mērķis ir attēlot pasauli kopumā. Bet zīmējot, piemēram, Latvijas karti jau spētu iekļaut detalizētāku informāciju un tā savukārt kalpos arī citiem mērķiem. Līdzīgi ir arī ar izmantotajiem modeļiem. Ja, piemēram, es vēlos sīkāk izklāstīt savu nozaru sadalījumu un paplašināt savu sektoru skaitu no 12 līdz 13, es ne tikai pievienoju vienu elementu, bet arī šīs vienas papildu nozares mijiedarbību ar pārējām 12 nozarēm priekš visām valstīm ko iekļāuju savā modelī. Tātad "tikai vēl viens sektors!" kļūst par  $1 * 12 * 50$  (vai līdzīgi) papildu lietām/vienādojumiem/saitēm, kas var nevajadzīgi sarežģīt modeli, padarīt to grūti saprotamu un radīt papildus kļūdas. Savukārt vienas nozares ietvaros to izdarīt daudz vieglāk, bet protams izveidotais modelis būs spējīgs apskatīt tikai vienu nozari. Neraugoties uz to, precizitātes pakāpe, ar kādu makroekonomikas modelis var novērtēt klimata un enerģētikas pārejas Investīciju vajadzības, ir ierobežota. Makroekonomikas modeļi "neievēro" enerģijas tirgiem specifiskus funkcionējošus mehānismus un ar tiem saistītus rezultātus. Īpaša uzmanība ir jāpievērš enerģijas tirgiem, lai modelētu elektroenerģijas un siltuma pieprasījuma un piedāvājuma mijiedarbību tādā veidā, kas ir piemērots, lai noteiktu, kur un cik lieli ieguldījumi ir vajadzīgi pārejai uz zemu oglekļa emisiju.

## 3.2. Energoapgādes sistēmu un tirgus modeļi

Enerģijas sistēmu modeļi nosaka elektroenerģijas patēriņu un ražošanas apjomu, kvalitāti un cenu noteiktā laikā. Pieprasījuma un piedāvājuma dinamika, kas nosaka apmainītās enerģijas daudzumu, ir modelim endogēns faktors. Toties patēriņa un ražošanas tehnoloģijas, kas nosaka elektroenerģijas efektivitāti un oglekļa saturu tirgū, ir modelim eksogēns faktors, bet tai pašā laikā izšķirošs, lai noteiktu apmainītās elektroenerģijas kvalitāti (t. i., saražotās enerģijas oglekļa saturu). Enerģijas daudzums un cena (tostarp saistīto SEG emisiju kvotu cena) tiek prognozēta noteiktā laika periodā un ņemot vērā īpašus ierobežojumus. Tas ļauj energosistēmu modeļu lietotājiem noteikt nepieciešamo investīciju apjomu, lai sasniegtu mērķus enerģētikas un klimata jomā, kā arī konkrētās jomas, kurās šīs investīcijas ir nepieciešamas. Kā arī tie ļauj ņemt vērā elektroenerģijas pieprasījumu, pieprasījuma puses izmaiņas un novērtēt starpnozaru saiknes un sektoru sasaisti. Toties enerģijas tirgus modeļi koncentrējas uz enerģijas piegādi, novērtējot lēmumus par ražošanu granulētā veidā, uzskatot, ka pieprasījuma puses parametri ir eksogēni. Enerģijas tirgus modeļi ir ļoti būtiski arī attiecībā uz lēmumiem par investīcijām. Pateicoties lielajam informācijas apjomam, kas ir ņemts vērā šādos modeļos, tie var sniegt detalizētus elektroenerģijas un saistīto pakalpojumu cenas aprēķinus. Kopā ar investīciju modeļiem enerģijas tirgus modeļi ļauj noteikt jaudas sadalījumu, kas valstij ir nepieciešams, un no tā izrietošos lēmumus par investīcijām vai ekspluatācijas pārtraukšanu.

### 3.2.1. Pasaules enerģētikas modelis

Pasaules enerģijas modelis ir interaktīvs enerģijas piegādes un pieprasījuma modelis, ko katru gadu pārkalibrē un uzlabo Starptautiskā Enerģētikas aģentūra (IEA). Tas novērtē elektroenerģijas patēriņu un cenas, kas saista gala enerģijas pieprasījumu un ražošanu. Galvenais rezultāts ir investīciju apjoms, kas ir nepieciešams, lai apmierinātu prognozēto pieprasījumu, bet galvenie ārējie pieņēmumi ir ekonomikas izaugsme, demogrāfija un tehnoloģiju attīstība.

#### Pieprasījuma modelis

Vispirms sociālekonomiskie mainīgie lielumi tiek novērtēti ekonometriski katrai nozarei, pamatojoties uz vēsturiskajām vērtībām (piemēram, tērauda ražošanas rūpniecība vai mājsaimniecības lieluma). Tie veicina katras nozares saimniecisko darbību (piemēram, iekārtu izmantošana rūpniecībā vai iekārtu īpašumtiesības mājokļos) un tādējādi ietekmē enerģijas pakalpojumu pieprasījumu katrā nozarē. Modelī ir iekļauts plašs tehnoloģiju klāsts, lai efektīvi un ar viszemākajām izmaksām apmierinātu visus energopakalpojumus (piemēram, ražošanas jaudu rūpniecībā vai saldēšanas jaudu mājokļos). Noteikto primārās enerģijas pieprasījumu izmanto kā ievades datu piegādes moduļiem.

#### Piedāvājuma modeli

Piegādes moduļi nosaka fosilā kurināmā ražošanas apjomu, ko stimulē noteiktā cenu trajektorijā. Moduļos tiek ņemtas vērā dažādu ražošanas tehnoloģiju iespēju izmaksas un attiecīgie jaudas ierobežojumi. Kamēr konkrētā cena nav pietiekama, lai segtu globālo pieprasījumu, enerģijas pieprasījums un cena tiek pārrēķināti un atkārtoti iekļauti piegādes moduļos. Galu galā modelis nosaka līdzsvara cenu, ko rada enerģijas pieprasījuma un piedāvājuma līdzsvars. Fosilā kurināmā cenas atšķirsies atkarībā no modelī aplūkotajiem izmaksu un jaudas pieņēmumiem. Tādējādi cenu veidi un investīciju vajadzības dažādos scenārijos ir atšķirīgas.

Pamatojoties uz to, tiek noteikta enerģijas bilance reģionālā līmenī, un aprēķinātas attiecīgās SEG emisijas, izmantojot emisijas faktorus.

### **3.2.2. DIMENSIJA+ (“DIMENSION+”)**

Modelis Dimensija+ ļauj veikt Eiropas enerģijas tirgus simulācijas. Tas ļauj samazināt enerģijas izmaksas īstermiņā un ilgtermiņā visās Eiropas enerģijas tirgus nozarēs, izmantojot detalizētu telpisko un laika dimensiju. Modelī tiek ņemtas vērā elektroenerģijas, gāzes un siltumtīklu izmaksas, kā arī nozares paplašināšanās izmaksas, ļaujot detalizēti izpētīt iespējamo energosistēmas attīstību līdz 2030. gadam vai pēc tam un ar to saistītās investīciju vajadzības.

Modelis pieder un ko pārvalda Ewi<sup>12</sup>, tas ir izmantots, piemēram, DENA (2018) pētījumā, lai optimizētu investīcijas Vācijas spēkstaciju parkam.

### **3.2.3. RemoD-D**

RemoD-D (Atjaunojamās enerģijas modelis - Vācija) ir simulācijas un optimizācijas modelis, kas spēj izveidot veselus transformācijas ceļus. Modeļa pamatfunkcija balstās uz izmaksām balstītas Vācijas energosistēmas strukturālas optimizācijas, kurā CO<sub>2</sub> emisijas nepārsniedz mērķa vērtību. Modelis darbojas stundas līmenī un garantē, ka vienmēr tiek ievērots sistēmas enerģijas līdzsvars. Modelim kā ievades dati nepieciešami laika apstākļu dati un tehnoloģiju un ekonomiskie parametri. Papildus kapitālinvestīciju izdevumiem un CO<sub>2</sub> emisijām, tas sniedz ikstundas rezultātus enerģijas pieprasījumam, kā arī kā arī enerģijas un siltuma ražošanas apjomam.

Modelis ir izmantots, piemēram, Fraunhofer-ise (2015) rakstā “Kādas būs enerģijas pārveides izmaksas? – Ceļi Vācijas energosistēmas pārveidei līdz 2050. gadam”. (“What will the Energy Transformation Cost? – Pathways for Transforming the German Energy System by 2050” by Fraunhofer-ISE (2015).

### **3.2.4. Energy-Plan**

EnergyPLAN tiek bieži izmantots, izstrādājot dažādas stratēģijas un enerģētikas plānus, piemēram, izstrādājot Eiropas Savienības siltumenerģijas attīstības vadlīnijas (Heat Roadmap Europe) un Dānijas

<sup>12</sup> Modeļa brošūra atrodama šeit: <https://www.ewi.research-scenarios.de/en/models/dimension/>.

Inženieru asociācijas izstrādāto Enerģētikas stratēģiju Dānijai (Denmark 2030), ar mērķiem paaugstināt energoapgādes drošību, samazināt CO<sub>2</sub> emisijas un veicināt rūpniecības attīstību.

EnergyPLAN deterministiskais modelis ir pretstatā stohastiskajam modelim vai „Monte Carlo” metodes modeļiem. EnergyPLAN, pamatojoties uz lietotāja noteiktiem izejas datiem, spēj aprakstīt un nepieciešamības gadījumā optimizēt konkrēto energosistēmas darbību. Ar tādiem pašiem izejas datiem, tas vienmēr noved pie tādiem pašiem rezultātiem.

Ar modeļa palīdzību ir iespējams veidot valsts un reģionālās energoplānošanas stratēģijas, kas balstās uz tehnisko un ekonomisko analīzi par dažādu energosistēmu īstenošanas sekām. Modelis aptver visu valsts vai reģiona energosistēmu, ieskaitot siltumapgādi un, ja nepieciešams, elektroapgādi, kā arī transporta un rūpniecības nozares. Šajā gadījumā ilgtermiņa attīstības scenāriji siltumapgādes sektoram izstrādāti Latvijai kopumā, kā arī katram plānošanas reģionam atsevišķi.

Vispārīgie ieejas dati ir siltumenerģijas patēriņa pieprasījums, atjaunojamo energoresursu īpatsvars, energoapgādes uzņēmumu un siltumapgādes sistēmu uzstādītās jaudas, jaunu tehnoloģiju uzstādīšanas un uzturēšanas izmaksas, energoapgādes sistēmu izmaksas, energoresursu izmaksas, tehnoloģiju tehniskos parametrus (iekārtu darba efektivitāte, siltuma zudumi trasēs), pieejamo resursu raksturojums un siltuma slodzes grafiks. Ar izstrādātā modeļa palīdzību tiek modelēts gan ziemas, gan arī vasaras siltumenerģijas patēriņš, izmantojot laika soli viena stunda. Izstrādātais modelis balstās uz pēdējo trīs gadu – 2012, 2013. un 2014. – enerģijas patēriņa datiem.

### 3.2.5. TIMES

TIMES<sup>13</sup> (Integrētās MARKAL-EFOM sistēmas) modelis tika izstrādāts kā daļa no IEA-ETSAP (energotehnoloģiju sistēmu analīzes programmas), lai analizētu ilgtermiņa enerģētikas attīstības scenārijus un lai veiktu padziļinātu enerģijas un vides analīzi. TIMES modelis apvieno divas dažādas, bet savstarpēji papildinošas, sistemātiskas pieejas enerģijas modelēšanai: tehniskās inženierijas pieeju un ekonomisko pieeju. TIMES modelis izmanto lineāro programmēšanu un var veikt optimizācijas uzdevumus meklējot vislētāko energoapgādes scenāriju, atbilstoši vairākiem lietotāju ierobežojumiem vidējā un ilgā laika periodā. TIMES modelis tiek izmantots salīdzinot dažādus konkurējošus scenārijus. TIMES modeļi var aprakstīt svarīgākos energoapgādes sistēmas posmus sākot no enerģijas ražošanas un pārvaldes līdz enerģijas patērēšanai. Enerģijas piegādes jomā tas ietver kurināmā ieguvī, primāro un sekundāro ražošanu, kā arī eksogēno importu un eksportu. Enerģijas piegādes puses “aģenti” ir “ražotāji”. Ar dažādu energonesēju starpniecību enerģija tiek piegādāta dažādiem sektoriem to enerģijas vajadzību segšanai - dzīvojamajam, komerciālajam, lauksaimniecības, transporta un rūpniecības sektoriem. Enerģijas pieprasījuma puses “aģenti” ir “patērētāji”. TIMES modeļiem pamatā saites starp “ražotājiem” un “patērētājiem”.

Galvenie TIMES modeļu rezultāti ir energosistēmu konfigurācijas, kas atbilst enerģijas galapatēriņa prasībām par viszemākajām izmaksām, vienlaikus ievērojot arī dažādus ierobežojumus (piemēram, emisiju samazinājums par 80%, elektroenerģijas izmantošana no atjaunojamiem energoresursiem par 40%). Pirmajā gadījumā modelis atrisina jautājumu: vai mērķis ir sasniedzams? Ja ir iespējams izveidot šādu energosistēmu, tad iespējams noteikt par kādu cenu? Modeļa rezultāti ir enerģijas plūsmas, enerģijas patēriņa preču cenas, SEG emisijas, tehnoloģiju jauda, enerģijas izmaksas un robežemisiju samazināšanas izmaksas.

### 3.2.6. Diskusija

Energosistēmu modeļus, piemēram, Pasaules enerģijas modeli, var adaptēt, lai noteiktu klimata un enerģijas pārejas ceļus attiecīgo valstu mērķu sasniegšanai. Tie ļauj noteikt enerģijas apjomu, kvalitāti un cenu, ko rada pieprasījuma un piedāvājuma mijiedarbība dažādos scenārijos. Pasaules enerģētikas

<sup>13</sup> <https://iea-etsap.org/index.php/etsap-tools/model-generators/times>

modelis ietver plašu tehnoloģiju klāstu, kas ļauj dažādi apmierināt enerģijas pieprasījumu un pārbaudīt struktūras, politikas vai tehnoloģiju atšķirības dažādos scenārijos.

Enerģijas tirgus modeļus, piemēram, Dimensija+, var adaptēt, lai detalizēti izpētītu enerģijas sistēmas iespējamo attīstību. Izmantojot detalizētu telpisko un laika sadalījumu, ir iespējams samazināt enerģijas izmaksas īstermiņā un ilgtermiņā un optimizēt investīciju apjomu un nosūtīšanu.<sup>14</sup>

Būtisks investīciju vajadzību novērtēšanas elements ir tehnoloģiju izmaksas. Iepriekš aprakstīto modeļu tehnoloģiju izmaksas parasti raksturo mācību kursi (iegūti no literatūras, bet galvenokārt empīriski atvasināti) un tehnoloģiju izplatība tirgū. Mācību kursi ir eksogēns faktors, toties tehnoloģiju izplatība tirgū tiek endogēni noteikta atbilstoši enerģijas pieprasījumam un dekarbonizācijas politikas vērienīguma pakāpei. Savukārt izmantoto tehnoloģiju īpatsvars tiek noteikts dažādās modeļa daļās, pamatojoties uz to specifiskajām izmaksām, kas ietver investīciju izmaksas, ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas, degvielas izmaksas un dažos gadījumos arī izmaksas par CO2 emisijām.

Neraugoties uz mēģinājumu uzskaitīt svarīgas tehnoloģijas iezīmes, ir svarīgi atzīmēt, ka šo tehnoloģiju rentabilitāti nākotnē ar enerģijas tirgus modeļiem vien prognozēt nevarēs. Tas ir vairāku iemeslu dēļ:

- šādos modeļos noteiktās fosilā kurināmā cenu trajektorijas ir vienmērīgas, tās neatspoguļo svārstīgos un cikliskos modeļus, kuriem parasti seko cenas reālajā pasaulē<sup>15</sup>;
- modeļos ietvertā informācija nav iedalīta tehnoloģiju līmenī tādā apjomā, kas ir pietiekams, lai noteiktu dažādas tehnoloģijas iespējas.

Kopumā, ņemot vērā endogēniski noteiktus sociālekonomiskos faktorus un savstarpēji identificētas tehnoloģijas iespējas, enerģijas modeļi ļauj novērtēt un izvēlēties vislētākās un visefektīvākās tehnoloģijas, kas apmierina kādas valsts vai reģiona tautsaimniecības nozaru vajadzības.

Iepriekšējā sadaļā mēs redzējām, kā tiek noteikti makroekonomiskie scenāriji; šajā sadaļā mēs aplūkojam enerģētikas sistēmas un tirgus modeļu darbību; nākamajā sadaļā tiks pievērsta uzmanība tālāka sadalījuma līmenim, proti, pašreizējās un mainīgās enerģētikas sistēmas pārveidošanas izmaksas (pamata scenārijs), paplašinot zemas oglekļa emisijas tehnoloģijas enerģijas ražošanai un izmantošanai pa nozarēm.

### **3.3. Augšupvērstie tehnoloģiju modeļi**

Līdz šim aprakstītajos modeļos tiek izmantoti iepriekš definēti tehnoloģiju variantu komplekti, kas tiek vērtēti atbilstoši pieprasījuma vajadzībām un piedāvājuma jaudai. Šīs tehnoloģiskās iespējas tiek noteiktas veicot tehnoloģiju novērtējumu un tiek izvēlētas, izmantojot aizvietošanas izmaksu analīzi (t. i., aizstājot esošās, mazāk efektīvās un oglekļa ziņā intensīvākās tehnoloģijas ar mazoglekļa iespējām). Šie ir augšupvērstie pētījumi, ko parasti veic, izmantojot nozaru pētījumus un tehnoloģiju līmeņa novērtējumus. Pēc tam savāktie dati tiek apkopoti, lai izprastu katras tehnoloģijas iespējamo lomu enerģētikas un klimata pārmaiņu mērķu sasniegšanā. Rezultāts parasti ir tehnoloģiju aizstāšanas izmaksu līkne, kas parāda izmaksu atšķirību, nomainot tradicionālās enerģijas tehnoloģijas ar zemas oglekļa emisijas (atjaunojamu) alternatīvām.

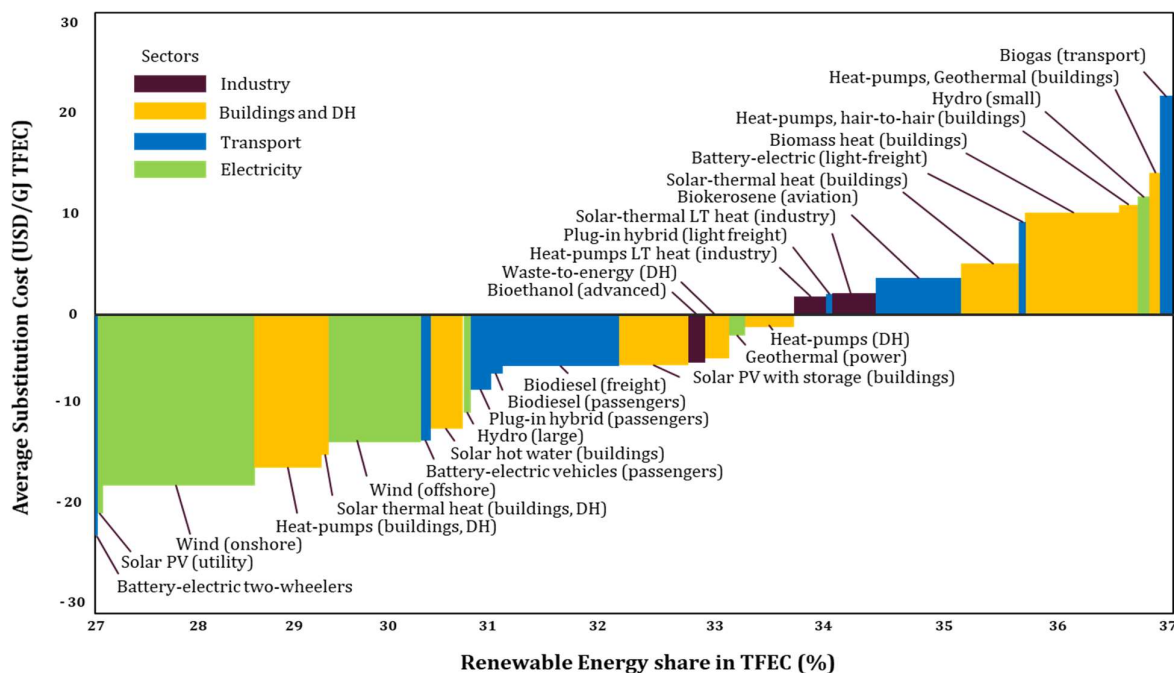
#### **3.3.1. REmap Modelis**

REmap (Atjaunojamās enerģijas karte), ko izveidoja IRENA (2014), ir tehnoloģijas aizstāšanas modeļa piemērs. Tas ļauj novērtēt dažādu tehnoloģiju aizstāšanas izmaksas, kas varētu tikt izmantotas 2030.

<sup>14</sup> Lai gan lēmumi par ieguldījumiem ir saistīti ar ilgtermiņa enerģijas piegādes plānošanu, lēmumi par nosūtīšanu ir lēmumi, kas saistīti ar īstermiņa enerģijas plūsmu pārvaldību visā tīklā. Enerģijas plūsmas ir jāregulē tā, lai enerģijas piedāvājums un pieprasījums vienmēr būtu līdzsvarots. Lēmumi par nosūtīšanu ir būtiski, lai garantētu sniegtā pakalpojuma drošību un nepārtrauktību.

<sup>15</sup> Preču cenām raksturīga trajektorija ar lielāku vai mazāku mainīgu biežumu. Tie ir pakļauti cikliem, ilgtermiņa tendencēm un īstermiņa svārstībām (Erdem un Ūnalmis, 2016).

gadā, aizstājot tradicionāli izmantotās tehnoloģijas ar atjaunojamajām, ņemot vērā ka nepieciešams saražot tādu pašu enerģijas daudzumu<sup>16</sup>. Tehnoloģijas izmaksu un piedāvājuma līkne, ko IRENA (2015) aprēķinājusi Vācijai, ir parādīta 1. attēlā.



1. att. – REmap izmaksu piedāvājuma līkne Vācijai. Avots: IRENA (2015)

X ass parāda atjaunojamās enerģijas īpatsvaru kopējā enerģijas gala patēriņā (KEGP). Paredzams, ka 2030. gadā tas palielināsies līdz 30% (saskaņā ar atsaucis gadījumu scenāriju) un pārsniegs 37% (saskaņā ar REmap scenāriju), palielinot atjaunojamo tehnoloģiju izmantošanu gala patēriņa nozarēs.

Enerģijas pieprasījums (KEGP) parasti ir eksogēns faktors šādiem modeļiem un šajā gadījumā atvasināts no IEA Pasaules enerģijas modeļa. Papildus pieņēmumi ietver emisiju mērķus, klimata un enerģētikas politiku, enerģijas importa/eksporta rādītājus un tehnoloģijas 2030. gadā. Šie pieņēmumi ir būtiski, lai izstrādātu scenārijus, pēc kuriem var aprēķināt investīciju nepieciešamību, lai sasniegtu klimata un enerģētikas (2030) mērķus.

Vidējās zemu oglekļa emisiju/atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju aizstāšanas izmaksas ir parādītas uz diagrammas y ass. Tas atspoguļo vienotas izmaksas par papildu tīrās enerģijas jaudu, kas ir nepieciešama, lai sasniegtu atjaunojamo energoresursu izmantošanas līmeni, kas paredzēts REmap scenārijā.

Katrs diagrammā attēlotais bloks parāda konkrētas tehnoloģijas, konkrētas enerģijas izmantošanas nozares investīcijas atjaunojamās enerģijas mērķī. Tās augstums norāda tehnoloģijas aizstāšanas izmaksas, bet tās platums norāda uz katras tehnoloģijas spēju nodrošināt (un aizstāt) noteiktu daļu no kopējās atjaunojamo energoresursu izstrādes daļas. Modeļa galvenie rādītāji ir šādi:

<sup>16</sup> Atsaucis gadījums atspoguļo plānotās politikas un paredzamās tirgus norises konkrētās valsts (Vācijas) enerģētikas nozarē no 2014. gada. RE risinājumi (REmap scenārijs) atspoguļo izmaiņas, par kurām panākta vienošanās 2015. gada vidū Vācijā, tādējādi paredz papildu atjaunojamās enerģijas izmantošanu, lai sasniegtu 2030. gada dekarbonizācijas mērķus.



- **kapitāla izmaksu prognozes**, kas samazinās ar noteiktiem mācību tempiem (kas atvasināti galvenokārt no empīriskās literatūras), kas ir šīs tehnoloģijas uzstādītās jaudas vai tirgus izplatības funkcija (t. i., vienkāršiem vārdiem sakot: jo vairāk tehnoloģiju ir uzstādītas, jo vairāk ir mācījušies visi iesaistītie dalībnieki un jo lētāk tās kļūst);
- **ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksu prognozes**, kas identificētas empīriski, piemēram, no pieejamajām valstu AER projektu datubāzēm;
- **tehnoloģiskie rādītāji un jaudas ierobežojumi**, t. i., tehnoloģijas pārveidošanas efektivitāte un modeļa izmantošanai atļautās maksimālās jaudas (piemēram, sauszemes vēja enerģijas jaudu varētu ierobežot pieejamā zemes platība, kas ir piemērota vēja enerģijas parku izveidei).

Tehnoloģijas izmaksas var tikt aprēķinātas kā šo trīs investīciju produkts tām pieskaitot tehnoloģiju izmantotā kurināmā vai elektroenerģijas izmaksas. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas aizstāšanas izmaksas ir definētas, salīdzinot kopējās izmaksas, kas ir nepieciešamas, lai radītu vienu enerģijas vienību, ar konkrētās tehnoloģijas izmaksas, kas ir vajadzīgas, lai radītu to pašu enerģijas vienību izmantojot neatjaunojamu tehnoloģiju.

Tehnoloģiju aizvietošanas izmaksu analīzē iespējams iekļaut arī citus izmaksu rādītājus, piemēram, enerģijas nodokļus, fosilā kurināmā subsīdijas, oglekļa emisiju kvotu izmaksas vai monetāros stimulus zemas oglekļa emisijas tehnoloģijām un energoefektīvām tehnoloģijām. Kā arī iespējams izmantot dažādas kapitāla izmaksas. IRENA (2015) ir pieņēmuši vietējās kapitāla izmaksas (piemēram, 6% Vācijai) valsts pētījumiem un standarta diskonta likmi (10%) pārrobežu salīdzinājumiem.

### 3.3.2. Augšupvērstais izmaksu Atvasinājums (AIA)

Tāpat kā REmap modelis, augšupvērtā izmaksu atvasināšana, ko piemēro Prognos (2018), ir piemērs enerģijas tirgus un ekonomikas modeļu apvienošanai ar tehnoloģiju aizvietošanas modeli. Ir izstrādāti trīs scenāriji: 1) pamatscenārijs (Business as usual), 2) scenārijs, kas samazina emisiju apjomu par 80% līdz 2050. gadam (atsauces gads: 1990. gads), 3) scenārijs, kas samazina emisiju apjomu par 95% līdz 2050. gadam (atsauces gads: 1990. gads). Attiecībā uz katru scenāriju (2) un (3) ir iekļauti divi atšķirīgi pasaules ietvari, viens "globālu ambīciju trūkums" (tikai dažas Eiropas valstis ar vērienīgiem klimata pasākumiem) un otrs "globāla klimata aizsardzība" (augstas ambīcijas visā pasaulē).

Pētījums tika izstrādāts 2017. gadā, un tajā piedalījās gandrīz 70 uzņēmumu un apvienību, kā arī valde ar pasaulē atzītiem ekonomistiem, kas piedalījušies vairāk nekā 40 semināros. Lai noteiktu ekonomikas dinamiku, tika izmantots PROGNOS VIEW modelis, kurā ņemtas vērā 42 valstis un 90% pasaules ekonomisko aktivitāšu. Enerģijas tirgus ir modelēts katrai nozarei (rūpniecībai, transportam, mājsaimniecībām), izmantojot augšupvērsto pieeju. Modelēšanas procesā par prioritāti tika izvirzīti SEG samazināšanas pasākumi, un ņemtas vērā ekonomiskās samazināšanas izmaksas, tādējādi apvienojot dažādas tehnoloģijas, lai noteiktu visekonomiskāko rentablu ceļu, lai sasniegtu Vācijas mērķus klimata jomā 2050. gadam.

Attiecībā uz tehnoloģijām tiek ņemtas vērā tikai tās, kuras varētu tikt izmantotas jau tuvākajā nākotnē. Ļoti jaunas, lai arī nākotnē iespējams nozari kardināli mainošanas tehnoloģijas netika ņemtas vērā (piemēram, tehnoloģijas ūdeņraža ekonomijai). Ņemot vērā pieņēmumus, ka Vācija pakāpeniski pārtrauks izmantot kodoltehnoloģiju un, ka liela iedzīvotāju daļa nesaņems oglekļa uztveršanas un uzglabāšanas (CCS) tehnoloģijas, dažas tehnoloģijas tika noteiktas eksogēni.

Pieņemtās metodoloģijas galvenais rezultāts ir aizstāšanas izmaksas, kuras var īstenot, aizvietojo oglekļa dioksīda emisiju ziņā intensīvas tehnoloģijas ar zema oglekļa tehnoloģijām. Lai aprēķinātu energoefektivitātes pasākumu izmaksas, kas saistītas ar tehnoloģiju aizstāšanu, investīciju izmaksas tiek noteiktas salīdzinājumā ar mazāk efektīvu tehnoloģiju, un tad kompensētas ar saistīto enerģijas ietaupījumu.

Analīzē konstatētie rezultātu diapazoni ir atkarīgi no tādiem ārējiem mainīgajiem lielumiem kā enerģijas cenas, nodokļi, oglekļa emisijas kvotu cenas un ražošanas pieaugums (IKP). Šo mainīgo lielumu izmaiņas ietekmē rezultātus, tādējādi radot arī dažādas investīciju vajadzību prognozes.

Svarīgi eksogēni mainīgie lielumi, kas nosaka rezultātus (kopējās investīciju vajadzības), ir: (1) iedzīvotāju skaita pieaugums, (2) enerģijas cenas, (3) Eiropas emisiju kvotu cena.

Attiecībā uz izmaksām pētījumā ir nošķirtas 1) uzņēmējdarbības izmaksas un 2) valsts izmaksas. Valdībai, neieskaitot nodokļus un subsīdijas, diskonta likmes ir zemākas (2% pret 8% no uzņēmējdarbības viedokļa) un enerģijas cenas ir augstākas (13 ct/kWh pret 3 ct/kWh energoietilpīgiem uzņēmumiem). Tādējādi, tā kā uzņēmējdarbības perspektīva bieži nesakrīt ar valdības/valsts perspektīvu, jo uzņēmumiem ir augstākas kapitāla izmaksas un tiem var būt jāmaksā zemākas enerģijas izmaksas, daudzu zemu oglekļa emisiju tehnoloģiju negatīvās izmaksas faktiski var būt pozitīvas tiem uzņēmumiem, kuriem ir augstas kapitāla izmaksas un/vai kuri gūst labumu no priekšrocībām, kas saistītas ar patērētās enerģijas cenu.

Kopumā šai pieejai ir priekšrocība, jo tā ir nesen publicēta un ar stingru koncepciju, kuru atzinušas vairākas institūcijas (t. i., Prognos AG). No negatīvās puses jāpiemin, ka pētījums ir pieejams tikai vācu valodā (pastāv īss kopsavilkums angļu valodā) un nav iekļautas jutīguma analīzes, izņemot vienu analīzi attiecībā uz dažādām enerģijas cenām.

### **3.3.3. Prognos izmaksu un ieguvumu analīze**

Prognos et. al. (2018) izmanto izmaksu un ieguvumu analīzi, lai novērtētu (valsts) izmaksas saistībā ar vides politiku, piemēram, politikām, kuru mērķis ir samazināt CO<sub>2</sub> emisijas, troksni un gaisa piesārņojumu, kā arī praktisku politiku kā likumus, kas uzliek par pienākumu Vācijas automašīnu īpašniekiem izmantot ziemas riepas gada 1. un 4. ceturksnī. Analīzes pamatā ir UBAS (Porsch et. al., 2015) izstrādātais Excel rīks.

Izmantojot šo aprēķina rīku politikas veidotāji un politikas veidotāji var kvalitatīvi un kvantitatīvi novērtēt vides politikas pasākumu ietekmi uz ekonomiku un vidi. Šo pieeju var izmantot, lai pastiprinātu politiskus argumentus vides politikas jomā.

Pieeja attiecas uz divām izmaksu un ieguvumu jomām:

- (1) vides kaitējuma kvantitatīvā noteikšana, kas samazināts īstenojot vides politiku, piemēram, CO<sub>2</sub> emisiju samazināšana, ieviešot CO<sub>2</sub> nodokli;
- (2) ekonomiskā ietekme uz ekonomiku kopumā, piemēram, ietekme uz nodarbinātību, ietekme uz izaugsmi (izmantojot izlaides tabulas), kā arī sekundārā ietekme, piemēram, valsts veselības aprūpes izdevumu samazināšanās (jo mazāk negadījumu, mazāks gaisa piesārņojums utt.).

Cenas noteiktu vides pasākumu ekonomisko izmaksu un ieguvumu aprēķināšanai nosaka, pamatojoties uz (ārējiem) pētījumiem un ieteikumiem. 2015. gadā, tā publicēšanas gadā, lai aprēķinātu ekonomiskos ieguvumus no politikas, kuras mērķis ir samazināt CO<sub>2</sub> emisijas, rīkam tika izmantotas šādas vides izmaksu vērtības: CO<sub>2</sub>: 80 EUR/t, CH<sub>4</sub>: 2000 EUR/t, N<sub>2</sub>O: 23,840 EUR/t.

Tā kā šai pieejai politikas pasākumi tiek pārvērtīti valdības ekonomiskajās izmaksās un labumos (izmantojot vienu un to pašu vienību, šajā gadījumā – EUR), ir iespējams apkopot izmaksas un ieguvumus un salīdzināt neto vērtības ar līmeņatzīmēm. Piemēram, pētījumā izmantots iepriekš minētais ziemas riepu likums un secināts, ka neto ekonomiskā ietekme ir dominējoša. No vienas puses, likumos ir noteiktas papildu vides izmaksas, jo ir palielināta degvielas izmantošana un papildu gaisa piesārņojums (15,4 miljoni eiro). No otras puses, likums rada pozitīvu ekonomisku ietekmi, piemēram, papildus pievienoto vērtību minerāleļļu rūpniecībai, papildus nodarbinātību (un tādējādi sociālās apdrošināšanas iemaksas) un mazākas izmaksas veselībai, jo jaunas riepas izraisa mazāk autoavāriju (kopumā 238 milj. EUR).

Kopumā izmaksu un ieguvumu pieeju var izmantot kā standarta instrumentu daudzus gadus, lai aprēķinātu ekonomiskās vērtības, piemēram, vides pakalpojumiem. Lai gan daži apgalvo, ka vides vērtības nevajadzētu izteikt naudas izteiksmē, šī metode palīdz novērtēt un salīdzināt jaunās politikas iniciatīvas, tādējādi palīdzot strukturēt ekonomiskās diskusijas un lēmumus. Toties, nevajadzētu aizmirst metodes ierobežojumus, piemēram, pieņemto cenu augsto jutīgumu attiecībā uz precēm, kurām parasti nav pieejamas tirgus cenas, un robežas attiecībā uz citām apsveramām sekundārām sekām.

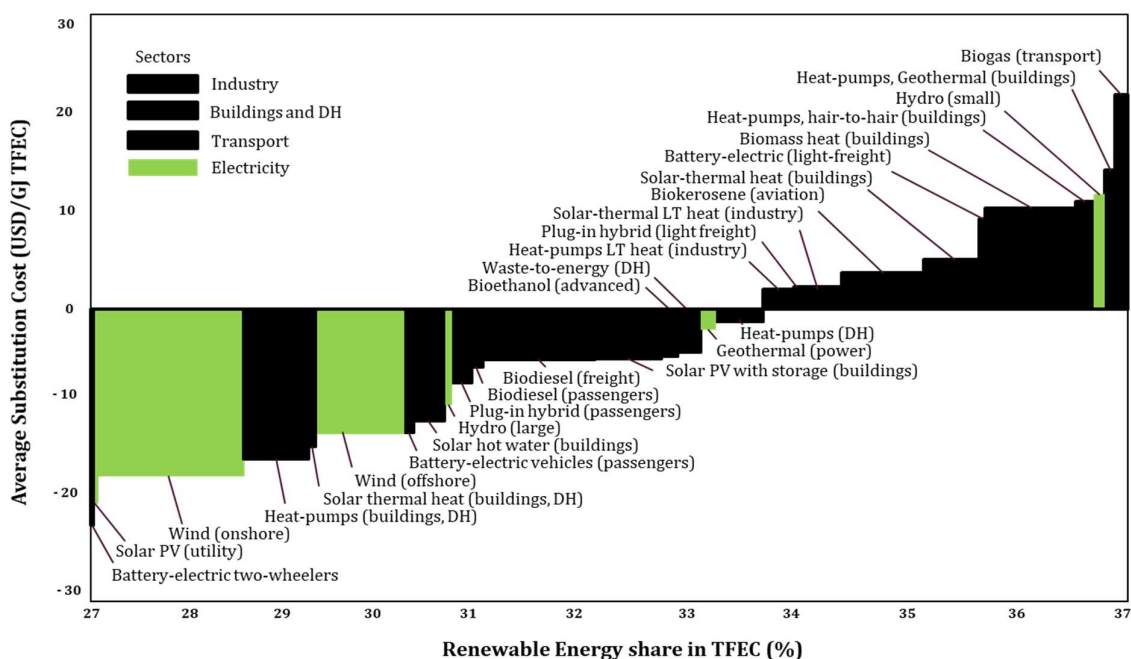
### 3.3.4. Diskusija

Aizvietošanas izmaksu līknes ir detalizēta un vienkārši lietojama metode, kas ļauj lietotājiem noteikt vismazākās izmaksas, lai sasniegtu mērķus klimata un enerģētikas jomā. Izmaksu rādītāji, jaudas un pieņēmumi par iespējam tehnoloģijas ieviešanu būtiski ietekmē investīciju vajadzību prognozes klimata un enerģētikas pārmaiņām. Šādi pieņēmumi var palielināt vai samazināt prognozētās investīciju nepieciešamību un attiecīgo tehnoloģiju ieviešanu.

Ja aizvietošanas izmaksu līknēm ir ierobežotas iespējas novērtēt un salīdzināt tehnoloģijas attiecībā uz SEG emisiju samazināšanas apjomiem. No vienas puses, SEG emisijas rodas no dažādām saimnieciskām darbībām, par kurām ne vienmēr ir runa; no otras puses, ir SEG emisijas, kas rodas no darbībām (piemēram, lauksaimniecības), kuras nav saistītas ar enerģiju un kuras tādējādi neatspoguļojas tādās mērvienībās kā enerģijas gala patēriņš. SEG emisiju samazināšanas potenciāls šajās nozarēs, kuras bieži vien nav iekļautas literatūrā par nepieciešamo investīciju novērtējumiem, var būt nozīmīgs.

#### Vēja enerģijas un elektroenerģijas nozares piemērs

Apskatot sauszemes vēja enerģijas ražošanu, ir iespējams noteikt elementus, kas veicinās investīciju vajadzību novērtējumu un ietekmēs sauszemes vēja tehnoloģiju ieviešanu.



4. att. – REmap izmaksu piedāvājuma līkne Vācijai - Enerģētikas sektors. Avots: IRENA (2015).

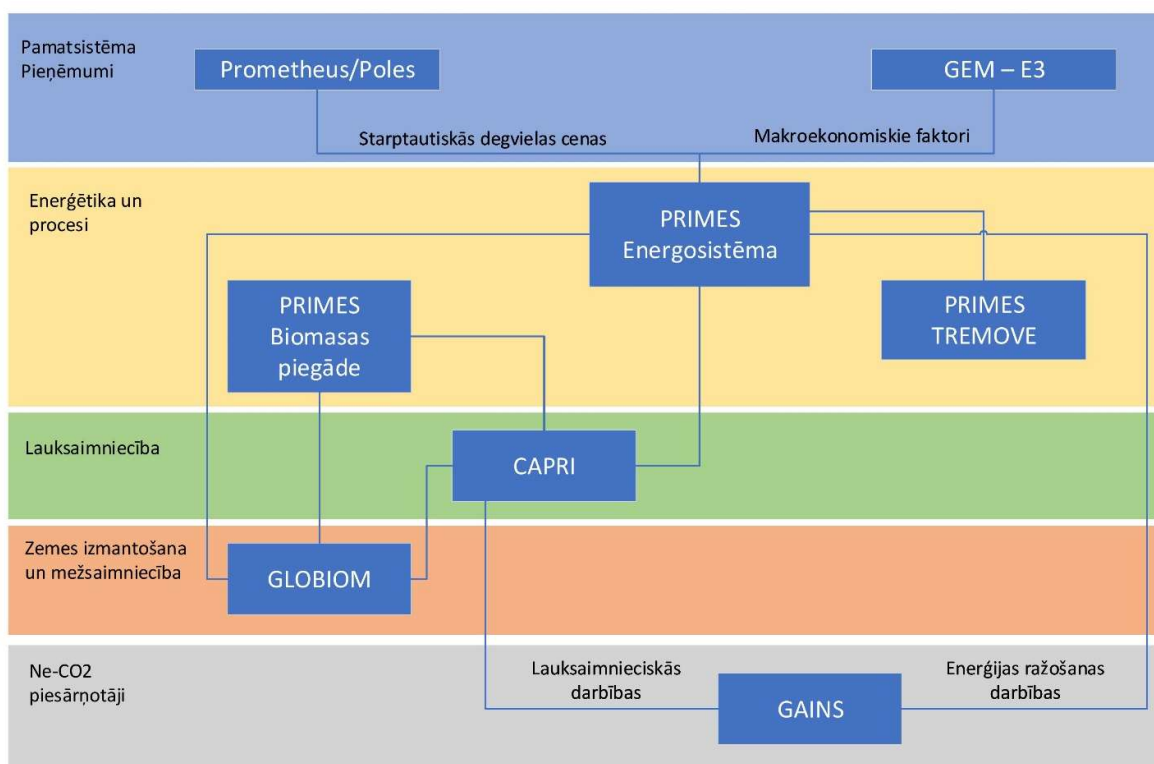
Piemēram Vācijas gadījumā saskaņā ar REmap scenāriju paredzams, ka uzstādītās jūras vēja stacijas jaudas kopējā vērtība 2030. gadā būs 72,3 GW un 160 TWh. Tas atspoguļo sauszemes vēja staciju uzstādes ātrumu (2,5 GW gadā) pateicoties pārstrādātajam Atjaunojamās enerģijas likumam (Erneudamare-Energien-Gesetz). Šai izvēlei ir liela ietekme uz aizstāšanas izmaksu līknes formu. Pieņemot, ka lielāka sauszemes vēja staciju uzstādīšanas ātruma rezultātā būtu lielākas kopējās

uzstādītās jaudas. Savukārt investīciju izmaksu aplēses būtu zemākas, ja tās būtu proporcionālas relatīvajām apguves tendencēm (tehnoloģiju apguves rādītāji ir izmaksu ietaupījumi, kas gūti proporcionāli ieviešanas līmenim). Tādējādi, kopējās investīcijas par sauszemes vēja enerģijas tehnoloģijām samazinātos. Līdzīgi apsvērumi attiecas uz citiem modeļi iekļautajiem faktoriem, kā arī uz citām tehnoloģijām, kas izvietotas pa līkni, un tas nozīmē, ka investīciju vajadzību prognozes ir tiešā veidā atkarīgas no prognožu jutīguma pret modeļa pieņēmumiem.

Paralēli šiem apsvērumiem jāatzīmē, ka jūras vēja staciju enerģijas aizstāšanas izmaksas ir negatīvas, proti, ir lētāk ražot vienu enerģijas vienību sauszemes vēja enerģijas stacijā nekā izmantojot tradicionālās elektrostacijas. Tomēr tas nenozīmē, ka iespējas izmaksas, ieguldot jūras vēja enerģijas stacijā, arī ir negatīvas. Tādu pašu kapitāla apjomu var ieguldīt neierobežotā skaitā projektu, kuriem var būt augstākas iekšējās atdeves likmes. Turklāt, ņemot vērā ieguldītāju veidu (piemēram, pašvaldības vai tērauda uzņēmumi), iespējas izmaksas, kas saistītas ar ieguldījumiem jaunās zemas oglekļa emisijas tehnoloģijās, atšķiras, savukārt atšķirības un nenoteiktība par politikas regulējuma turpmāko attīstību (jo īpaši tās politikas jomas, kas tieši saistītas ar atjaunojamās enerģijas atbalstu) var būtiski ietekmēt finansēšanas izmaksas (sk., piemēram, 2017. gada maijā, maijā un citur. 2017).

### 3.4. Integrētas novērtēšanas un modelēšanas metodes

Iepriekšējie pētījumi neizklāsta visu klimata stāstu. Tie neaptver lauksaimniecību, mežsaimniecību, zivsaimniecību un citas nozares, kurās arī izmanto kurināmo un elektroenerģiju, tādējādi emitējot SEG emisijas. Viena no līdz šim visvisaptverošākajām analītiskajām sistēmām, kas endogēniski modelē lielu ekonomikas daļu, ir tā, kuru pieņēmusi Eiropas Komisija (2017), lai sagatavotu tās ietekmes novērtējumus. EK modelēšanas sistēma ir attēlota 5. attēlā.



5. att. - Eiropas Komisijas modelēšanas sistēma - avots: EK (2017. gads)

Sistēma apvieno un savstarpēji saista desmit dažādus ekonomiskos modeļus. Eiropas energosistēmu modelē, izmantojot PRIMES<sup>17</sup> modeli, kas sniedz prognozes par enerģijas pieprasījumu, piedāvājumu, cenām, ar nākotni saistītām investīcijām, kā arī ar to saistītajām SEG emisijām. Šo modeli var piemērot vai nu valsts līmenī attiecībā uz atsevišķām Eiropas valstīm, vai arī attiecībā uz Eiropas enerģētikas nozari kopumā. PRIMES ir uzvedības mikroekonomiskais modelis, kas ietver inženierijas un enerģētikas sistēmas aspektus. Tas ir izstrādāts, lai nodrošinātu ilgtermiņa enerģijas sistēmu prognozes un sistēmu pārstrukturēšanu. Tādējādi tas līdzsvaro pieprasījumu un piedāvājumu ar cenu palīdzību, un tas nosaka gan ar pieprasījumu, gan ar piedāvājumu saistītus lēmumus. Datu bāzes, ko PRIMES izmanto, lai veiktu augšupvērstos aprēķinus par energoefektivitāti un atjaunojamo energoresursu potenciālu, ir DLR, GREN-X un vairākas citas. Turklāt siltumnīcefekta gāzu, kas nav CO<sub>2</sub>, samazināšanas izmaksu līknes tiek ņemtas no GAINS, un enerģijas prognozes tiek novirzītas uz GAINS, lai novērtētu ietekmi uz atmosfēras piesārņojumu.

Turklāt PRIMES no GEM-E3 iegūst prognozes par nozaru, valsts un IKP saimnieciskajām darbībām. Enerģijas prognozes tiek nosūtīti arī no PRIMES uz GEM-E3. Tas ļauj veikt slēgta cikla makroekonomiskās ietekmes novērtējuma pētījumus. PRIMES ir saistīts arī ar globālajiem enerģijas modeļiem - PROMETHEUS jeb POLES - kas sniedz prognozes par fosilā kurināmā cenām pasaulē, savukārt, lai novērtētu zemes izmantošanas un ZIZIMM ietekmi, biomasas piegādes prognozes tiek nosūtītas CAPRI un GLOBIOM.

Neraugoties uz modeļu precizitāti un granularitāti, kas adaptēti, lai novērtētu nepieciešamās investīciju, pamatpieņēmumiem joprojām ir izšķiroša nozīme.

---

<sup>17</sup> [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/analysis/models/docs/primes\\_model\\_2013-2014\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/analysis/models/docs/primes_model_2013-2014_en.pdf)

## 4. Galvenie secinājumi, kas gūti pārskatot pētījumus par klimata un enerģētikas Investīciju vajadzībām Latvijā

### 4.1. Diskusija par Latvijā izmantotajiem modeļiem

Kopumā Latvijā veikti maz pētījumi par klimata un enerģētikas politikas ietekmi uz noteiktiem sektoriem un nepieciešamajām investīcijām. Līdz šim Latvijā veiktajiem pētījumos un ziņojumos bieži izmantots optimizācijas modelis MARKAL (TIMES modeļa priekštecis), EnergyPlan, Sistēm dinamikas modeļi (SD modeļi) un TIMES un ir atsevišķi mēģinājumi izmantot arī ekonomikas vispārējā līdzsvara modeļus vērtējot enerģētikas politikas ietekmi uz tautsaimniecību.

NEKP2030 mērķi un arī attiecīgās investīcijas tika analizētas izmantojot MARKAL modeli (MARKAL-Latvia ar kusu strādā Fizikālās enerģētikas institūts). Galvenās modeļa paradigmas ir ideāls tirgus (competitive partial equilibrium). MARKAL ir matemātiskais modelis, kas dod iespēju aprakstīt enerģijas tirgu un atbilstoši uzdotajiem parametriem (pieņēmumiem par enerģijas un tehnoloģiju izmaksām, iespējam importēt/eksportēt, enerģijas pieprasījuma izmaiņām u.c.) sabalansē enerģijas pieprasījumu un piedāvājumu. Kombinējot enerģijas pieprasījumu ar piedāvājumu, ņemot vērā ierobežojošos faktorus tai skaitā noteiktos mērķus (piemēram, AER daļa gala enerģijas patēriņā) tiek meklēta kombinācija ar viszemākajām kopējām izmaksām. Atbilstoši NEKP ietvaros veiktajai analīzei kopējās investīcijas veido ap 8,2 miljardiem eiro turpmākajos 10 gados.

Minētā summa šādi sadalās pa NEKP noteiktajiem rīcības virzieniem<sup>18</sup>:

- Horizontālie pasākumi – 418,22 milj.EUR
- Ēku energoefektivitātes uzlabošana – 1 730,04 milj.EUR;
- Energoefektivitātes uzlabošana un AER tehnoloģiju izmantošanas veicināšana siltumapgādē un aukstumapgādē un rūpniecībā – 1663,43 milj.EUR;
- Ne-emisiju tehnoloģiju izmantošanas veicināšana elektroenerģijās ražošanā – 1057,05 milj.EUR;
- Ekonomiski pamatotas enerģijas pašražošanas un pašpatēriņa veicināšana – 2,03 milj.EUR;
- Energoefektivitātes uzlabošana, alternatīvo degvielu un AER tehnoloģiju izmantošanas veicināšana transportā – 988,77 milj.EUR;
- Enerģētiskā drošība, enerģētiskās atkarības mazināšana, pilnīga enerģijas tirgu integrācija un infrastruktūras modernizācija – 830,06 milj.EUR;
- Atkritumu un notekūdeņu apsaimniekošanas efektivitātes uzlabošana un SEG emisiju samazināšana – 595 milj.EUR;
- Resursu efektīva izmantošana un SEG emisiju samazināšana lauksaimniecībā – 718,15 milj. EUR;
- Ilgtspējīga resursu izmantošana un SEG emisiju samazināšana un CO<sub>2</sub> piesaistes palielināšana zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā – 187,84 milj.EUR;
- Fluorēto siltumnīcefekta gāzu (F-gāzu) izmantošanas samazināšanas veicināšana – 43 tūkst.EUR;

<sup>18</sup> NEKP2030 (7.nodaļa - plāna finansiālā ietekme)

- Nodokļu sistēmas “zaļināšana” un draudzīguma pievilcīguma energoefektivitātei un AER tehnoloģijām uzlabošana – 25 tūkst.EUR;
- Sabiedrības informēšana, izglītošana un izpratnes veicināšana – 1,57 milj.EUR.

NEKP paredz, ka kopējās investīcijas veido gan ES struktūrfondu, gan valsts vai pašvaldību budžeta, gan finansējuma no emisijas kvotu izsolišanas, gan privātā finansējuma apjoms. Lai arī kopējais nepieciešamais finansējums ir noteikts, šobrīd nav skaidrs kādā veidā šīs investīcijas varētu tikt nodrošinātas.

Apskatot Latvijas energoapgādes sistēmu izmantoti arī EnergyPlan<sup>19</sup> un sistēmdinamikas modeļi<sup>20</sup>, kas sniedz plašākas iespējas ņemt vērā noteiktus rīcības kavējumus laikā un tirgus dalībnieku uzvedību kopumā vai atsevišķās nozarēs. A. Blumbergas vadībā veiktajā pētījumā, vērtējot kumulatīvā enerģijas ietaupījuma, AER daļas un transporta AER daļu mērķus līdz 2030. gadam. Kopējais nepieciešamais finansējums enerģijas galapatēriņa samazināšanai laika periodā no 2021. līdz 2030. gadam ir aptuveni 5,5 miljardi EUR, kas ņemts vērā, ka visi piedāvātie pasākumi tiek ieviesti kombinēti. Klimata un enerģētikas Investīciju vajadzību novērtēšanas metodoloģijām.

Ir publicēti arī vairāki ex-ante ziņojumi, kuri apskata finanšu pietiekamību noteiktos sektoros tai skaitā apskatot, piemēram, energoefektivitāti dzīvojamo vai rūpniecības ēku sektoros. Lai arī šie pētījumi sniedz nepieciešamo investīciju novērtējumi, šie ziņojumi nav tikuši izstrādāti ar mērķi saskaņot iegūtos rezultātus ar NEKP 2030. gada mērķiem. Šie ziņojumi apskata nozares vajadzības kopumā un atbilstību 2020. gada energoefektivitātes mērķiem, piemēram, daudzdzīvokļu māju energoefektivitātes paaugstināšanas 2015. gadā<sup>21</sup> nepieciešamais finansējums tika minēts ap 5,4 miljardiem EUR. Jāatzīmē gan, ka šobrīd jaunākās Ekonomikas ministrijas sagatavotās aplēses liecina, ka lai pilnībā nekarbonizētu dzīvojamo fondu līdz 2050. gadam būtu nepieciešams ap 19 miljardiem EUR<sup>22</sup>. Ziņojums, kurš apskatīja energoservisa pakalpojumus dzīvojamo, publisko un ražošanas ēku sektoros kā nepieciešamo investīciju daudzumu šāda veida projektiem Latvijā ir vismaz 8,49 miljardi EUR<sup>23</sup>. Ex-ante ziņojums par apstrādes rūpniecību minēts apstrādes rūpniecību attiecināmā energoefektivitātes 2020. gada mērķa daļas sasniegšanai būtu nepieciešams 40,5 milj., EUR lielas<sup>24</sup> investīcijas. Pagaidām līdzīga veida novērtējumi nav veikti attiecībā par 2030. gada mērķiem.

Ņemot vērā ziņojuma ziņojuma “Investīcijas energoefektivitātes un atjaunīgo energoresursu projektos Latvijā 2018. gadā, Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), decembris 2019.”<sup>25</sup> rezultātus iespējams secināt, ka 2018. gadā ēku un uzņēmumu energoefektivitātes pasākumos investēti vismaz 190 miljoni euro, savukārt AER investēti 41 miljons euro (tostarp 21,1 miljons euro investēti Daugavas HES) kopā veidojot 231 miljons euro lielas investīcijas. Salīdzinot ar investīcijām ēku atjaunošanas projektos, tad atjaunīgo energoresursu projektos investēti piecas reizes mazāk, turklāt puse no visām investīcijām AER saistīta ar “Latvenergo”, veiktajām investīcijām.

Atbilstoši NEKP mērķiem energoefektivitāti un atjaunojamajiem pasākumos būtu nepieciešams investēt ap 445 milj., EUR katru gadu turpmāko 10 gadu laikā, kas ir divas reizes vairāk nekā ticis investēts 2018. gadā.

<sup>19</sup> L.Udrene, G.Bazbauers, Role of Vehicle-to-grid Systems for Electric Load Shifting and Integration of Intermittent Sources in Latvian Power System, Energy Procedia, Volume 72, 2015, Pages 156-162, ISSN 1876-6102

J.Porubova, G.Bazbauers Analysis of Long-Term Plan for Energy Supply System for Latvia that is 100% Based on the Use of Local Energy Resources January 2010, Environmental and Climate Technologies 4(1):82-90

<sup>20</sup> A.Gravelsins, G.Bazbauers, A.Blumberga, D.Blumberga, S.Bolwig, A.Klitkou, P. D. Lund, Modelling energy production flexibility: system dynamics approach, Energy Procedia, Volume 147, 2018, Pages 503-509, ISSN 1876-6102,

<sup>21</sup> Tirgus nepilnību izvērtējuma daudzdzīvokļu māju energoefektivitātes paaugstināšanas finanšu pieejamības jomā progresa ziņojums (2015)

<sup>22</sup> <https://lvportals.lv/dienaskartiba/313987-aicina-pieskirt-maksimalo-valsts-atbalstu-energoefektivu-majoklu-iegadei-2020>

<sup>23</sup> Energoservisa pakalpojumu uzņēmumu finanšu pieejamības Ex ante izvērtējums” (2017)

<sup>24</sup> Ex ante izvērtējums. Apstrādes rūpniecības nozares energoefektivitātes paaugstināšanas finanšu pieejamības (2016)

<sup>25</sup> [https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2019/12/Klimata\\_investiciju\\_karte\\_Latvia\\_2019\\_LV\\_pub\\_compressed.pdf](https://videszinatne.rtu.lv/wp-content/uploads/2019/12/Klimata_investiciju_karte_Latvia_2019_LV_pub_compressed.pdf)

Līdz šim ES fondu atbalstam ir visnozīmīgākā loma klimata projektu finansēšanā, kurš galvenokārt ticis izmantots grantu veidā, investējot valsts un pašvaldību ēku atjaunošanas projektos. Ņemot vērā lielo grantu īpatsvaru, tad privāto investīciju apjoms 2018. gādā bijis salīdzinoši neliels, veidojot 29% no visām kopējām investīcijām, savukārt ES fondu investīcijas veidoja 42%, valsts un pašvaldību līdzfinansējums 29%, tai skaitā kvotu tirdzniecības ieņēmumi.

Aplūkojot tehnoloģijas un projektus, kādos investēts, tad var secināt, ka galvenokārt investēts ēku visaptverošā renovācijā un lielais vairums projektu saistīti ar valsts un pašvaldību ēku atjaunošanu (42% no visām kopējām investīcijām), savukārt AER sektorā tie ir bijuši bioenerģijas un siltumtrašu nomaiņas projekti. Ļoti maz ir projektu, kas ietveru enerģija ražošanu no citiem atjaunīgajiem energoresursiem, enerģijas uzkrāšanu vai citus inovatīvus risinājumus. Energoefektivitātes projekti galvenokārt saistīti ar ēku renovāciju, sasniedzot minimālās energoefektivitātes prasības, un ļoti maz ir tādu projektu, kas būtu vērsi uz gandrīz nulles enerģijas ēkas līmeņa sasniegšanu vai AER tehnoloģiju integrēšanu ēkās.

**Lai būtu iespējams sasniegt Latvijas klimata un enerģētikas mērķus investīciju daudzumu energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu projektos nepieciešams dubultot.**

Tā kā gandrīz visi ES fondu līdzekļi enerģijas un klimata projektiem tiek izmantoti grantu veidā, tad investīcijām enerģijas un klimata projektos raksturīgs nevienmērīgs raksturs un nenoteiktība. To būtu iespējams novērst, veidojot patstāvīgus finanšu instrumentus, kas paredzēti klimata projektu attīstībai un finansēšanai. Privāto investīciju iesaiste ir kritiska NEKP 2030 mērķu izpildei.

Investīciju vajadzību novērtējumi ir būtiski ilgtermiņa lēmumu pieņemšanai gan valsts, gan privātajā sektorā. No politikas viedokļa tas ir īpaši būtiski, ja tirgus nepilnības un sabiedriskie labumi prasa politikas intervenci, lai panāktu sociāli optimālu investīciju līmeni un orientāciju, un ir nepieciešama atbilstoša aktīvu un uzņēmējdarbības modeļu pārveidošana, lai sasniegtu valsts noteiktos mērķus vai noteiktos mērķus nozaru līmenī. Investīciju vajadzību novērtēšanas modeļi sniedz ieskatu, kas var būt noderīgs, lai motivētu, novērtētu un leģitimizētu attiecīgos lēmumus.

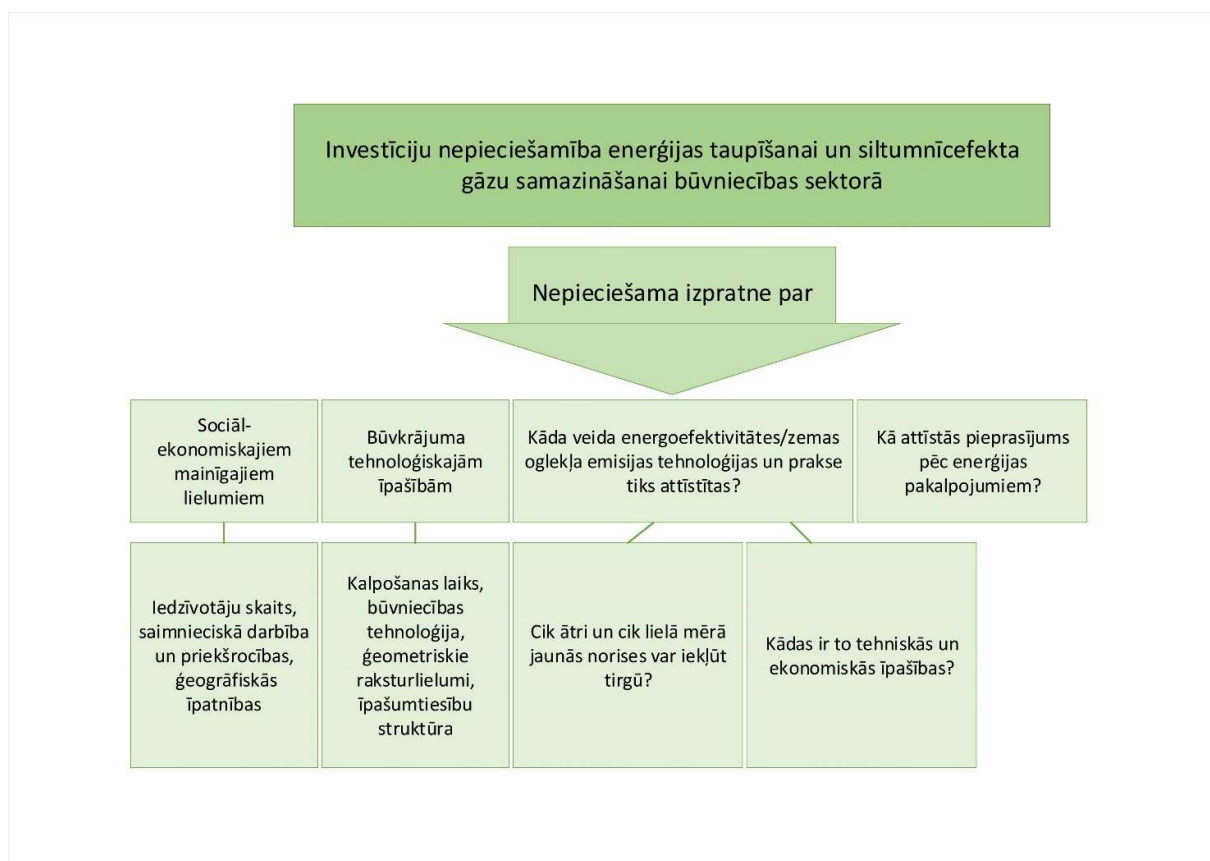
Tajā pašā laikā investīciju vajadzību novērtēšanas modeļiem bieži vien trūkst jūtības analīzes, kas skaidrotu kā vieni vai otru pieņēmumi izmaina rezultātus, tāpat būtu nepieciešams uzlabot scenāriju aprakstus, kas ļautu izsekot konkrētajiem pieņēmumiem par plānotajām tehnoloģijām un energoefektivitātes pasākumiem. Līdz šim NEKP trūkst plānotajām rīcībām, kas ļautu piesaistīt nepieciešamo investīciju daudzumu jauniem projektiem.

#### **4.2. Kā analizēt Investīciju vajadzības energoefektivitātei (un atjaunojamai enerģijai) ēkās**

Nozīmīgu SEG emisiju samazināšanas potenciālu būvniecības nozarē var novērst, izmantojot plašu tehnoloģisko un netehnoloģisko intervenču klāstu. Komforts telpās, apgaismojums, ēst gatavošana, izklaide, sakari u.c., ir atbildīgi par lielu daļu par enerģijas patēriņa Eiropā un tādējādi par tiešajām un netiešajām emisijām. Tādējādi šīs nozares galvenās dekarbonizācijas iespējas ir tehnoloģiskas un ar tehnoloģijām nesaistītas intervences, kas apmierina šos pakalpojumus.

Kā parādīts 9. attēlā, lai novērtētu vajadzību pēc ieguldījumiem enerģijas taupīšanā un siltumnīcefekta gāzu samazināšanā būvniecības nozarē, ir nepieciešams saprast, kā nākotnē var mainīties pieprasījums pēc enerģijas pakalpojumiem, kādas ir tehnoloģijas un prakse, ko var izmantot šo pakalpojumu sniegšanai visenergoefektīvākajā un mazoglekļa veidā, kādas ir to tehniskās un ekonomiskās īpašības un cik ātri un cik lielā mērā tie var iekļūt tirgū.





9. att. - Pamatjautājumi investīciju vajadzību novērtēšanai būvniecības nozarē.

Lai novērtētu, cik lielā mērā var samazināt enerģijas patēriņu, jāpatur prātā plašāks faktoru kopums, kas ietekmē enerģijas pieprasījumu ēkās.

Pašlaik nozarē patērētās enerģijas apjoms pirmām kārtām ir atkarīgs no sociāli ekonomiskajiem mainīgajiem lielumiem: iedzīvotāju skaita, saimnieciskās darbības un vēlmēm, ģeogrāfiskajām iezīmēm – klimata, un esošā tehnoloģiskām – piemēram, ēku ārējo stāvokļa – kalpošanas ilguma, būvniecības tehnoloģijām, ģeometriskajām īpašībām un īpašumtiesību struktūras. Enerģijas pieprasījumu dažādos enerģētikas pakalpojumos nosaka daži kopīgi un daži atšķirīgi faktori. Tāpēc modelēšanas procesā ēku enerģijas pieprasījums tiek sadalīts enerģijas pakalpojumos vai īpašos gala patēriņos modelēšanas procesa laikā.

Viena no vispārējām pieejām, lai modelētu SEG emisijas energodienestā, ir SEG emisiju aplēse kā darbības produkts (piemēram, tehnoloģijas krājums), vienības enerģijas patēriņš (tehnoloģijas galīgā enerģija) un oglekļa intensitāte (grami CO<sub>2</sub> uz vienu enerģijas vienību). Attiecībā uz ēkām faktori, kas ietekmē šo darbību, varētu būt ēku vecums, lielums, iedzīvotāji, būvniecības ātrums un citi faktori. Vienības enerģijas patēriņš ir atkarīgs no pakalpojumu pieprasījuma (piemēram, komforta līmeņa – līdz ar to siltums, klimats – ārējās temperatūras, dzīvesveida utt.) un tehnoloģijas (kombinācija un tās efektivitāte), kas nodrošina pakalpojumus. Kad SEG emisijas ir aprēķinātas par bāzes gadu, bieži vien par pēdējo gadu, par kuru ir pieejama statistika, rezultātu kalibrē atbilstoši enerģijas bilancei vai citai piemērotai enerģētikas statistikai (kas atbilst to pieejamībai).

Lai modelētu emisiju samazināšanas potenciālu mērķa gadā, visbiežāk izmanto scenāriju pieejas. Atsauces scenārijs bieži vien ir vai nu tā sauktais “iesaldētās efektivitātes scenārijs” (bez izmaiņām), vai ierasto darbību scenārijs (vēstures tendenču izpēte nākotnē), vai arī zemas efektivitātes scenārijs.

Scenārijs, ko mēs vēlamies novērtēt salīdzinājumā ar šo pamatscenāriju, varētu būt SEG mazināšanas vai augstas efektivitātes scenārijs, kas ir definēts, pieņemot, ka references tehnoloģijas tiek aizstātas ar augstas efektivitātes/zemas oglekļa emisijas tehnoloģijām, lai sasniegtu noteiktu efektivitātes un emisiju samazināšanas mērķi.

Tāpēc ierosinātā scenārija “enerģijas ietaupījums” vai “emisiju samazināšanas” potenciāls (salīdzinājumā ar bāzes scenāriju) ir iegūts, salīdzinot abus scenārijus.<sup>25</sup>

Lai novērtētu investīciju izmaksas šā potenciāla apgūšanai, tiek ekonomiski izvērtēti izvēlētie mazināšanas risinājumi. Galvenie faktori, kas ietekmē Investīciju izmaksu aplēses, parasti ir tehnoloģiju izmaksas, energoģenerācijas cenas un diskonta likmes.

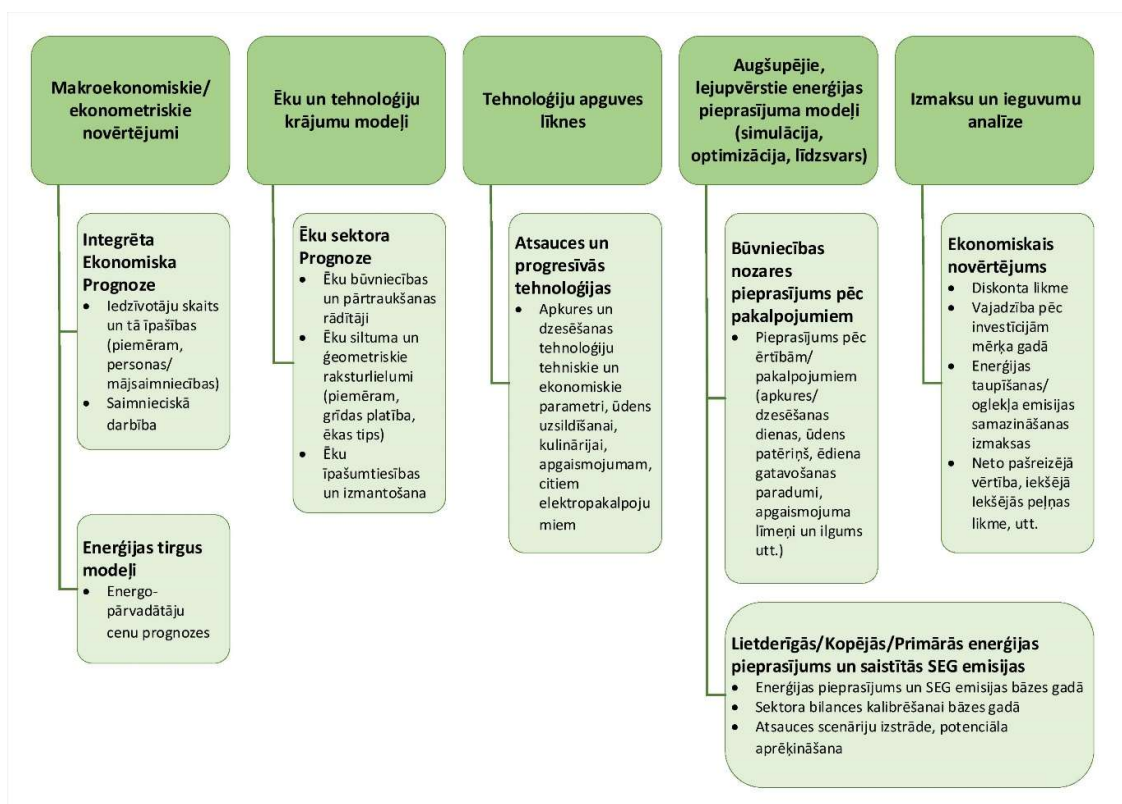
Jaunu ēku būvniecība un esošo ēku modernizācija nozīmē to, ka tiek izmantotas daudzas ar enerģiju nesaistītas tehnoloģijas un prakse, piemēram, krāsošana, apmetināšana, kā arī liela daļa ierastās uzņēmējdarbības būvniecības vai modernizācijas izmaksu. Piemēram, mājas īpašniekam, iespējams, nepieciešams ieguldīt jaunus logus. Divstiklu logu izmaksas rodas jebkurā gadījumā, savukārt efektīvāki trīskārši stiklotie logi nāk ar piemaksu. Tāpēc ēku būvniecības un retrospekcijas kopējās investīciju izmaksas ir “pārvērtētas” par faktiskajām dekarbonizācijas izmaksām, salīdzinot Novikova et al, 2019 aprēķinātos attiecināmās investīciju un pilnu investīciju izmaksu aplēsi, ko veic DIW un GW. Tāpēc reālāks rādītājs, kā izteikt energoefektivitātes investīcijas ēkās, ir papildu investīcijas, kas atsaucies gadījumā pārsniedz investīciju.

Visbeidzot, pilnīgāku priekšstatu par investīciju scenāriju attiecībā uz ēku energoefektivitāti sniedz, pievienojot uzvedības aspektus un atgriezeniskās saites, jo īpaši tās, kas izriet no enerģijas vai gāzes cenas (eksploatacijas izmaksas) un tehnoloģiju izmaksām (ieguldījumi). Enerģijas cenu nosaka pieprasījuma un piedāvājuma mijiedarbība enerģijas tirgos. Savukārt enerģijas cenu ietekmē enerģijas pieprasījums un tehnoloģiju izmantošana, kā arī tehnoloģiju izvēle, kad jāveic renovācija. Otrkārt, enerģijas cenu nosaka arī izmaksu ietaupījums no ieguldījumiem energoefektivitātē. Augstas enerģijas cenas padara energoefektīvas tehnoloģijas izdevīgākas.

Turpmāk 10. attēlā ir attēlota šī dinamika un saiknes - un vienlaikus uzsvērts, cik svarīgi ir novērtēt investīciju vajadzības būvniecības nozarē, izmantojot augšupēju pieeju, t. i., apvienojot atsevišķas tehnoloģijas un elementus nozares attēlā.

Katram no noteiktajiem blokiem ir izšķiroša nozīme, lai gūtu pilnīgu priekšstatu par nozari un veiktu rūpīgu investīciju vajadzību novērtējumu. Tā ir vienkāršota reprezentācija, kas vērsta uz galvenajiem blokiem un to mijiedarbību. Citi būtiski faktori (nav aprakstīti šeit) ietver daudzkārtēju energoefektivitātes ieguvumu iekļaušanu, uzvedības aspektus un dažādus citus efektus (piemēram, blakusefektus, brīvdomātājus un citus).

Var izmantot dažādus modeļus, lai identificētu šos veidojošos blokus vai galvenos elementus ar atšķirīgiem granularitātes līmeņiem. Iespējams izmantot makroekonomiskos un integrētos novērtējumus, lai noteiktu integrēto ekonomikas perspektīvu. Turklāt būvniecības nozares modeļi ir būtiski, lai atspoguļotu nozares darbību, t. i., ēku īpašumtiesību struktūru un ēku veidus un raksturlielumus. Dažādi enerģijas pieprasījuma modeļi ļauj aprēķināt pieprasījumu pēc energoģenerācijas, kas izriet no nozaru pakalpojumiem un tehnoloģiju izvēles.



10. att. - Apakšējo modeļu ievades parametri būvniecības nozarē

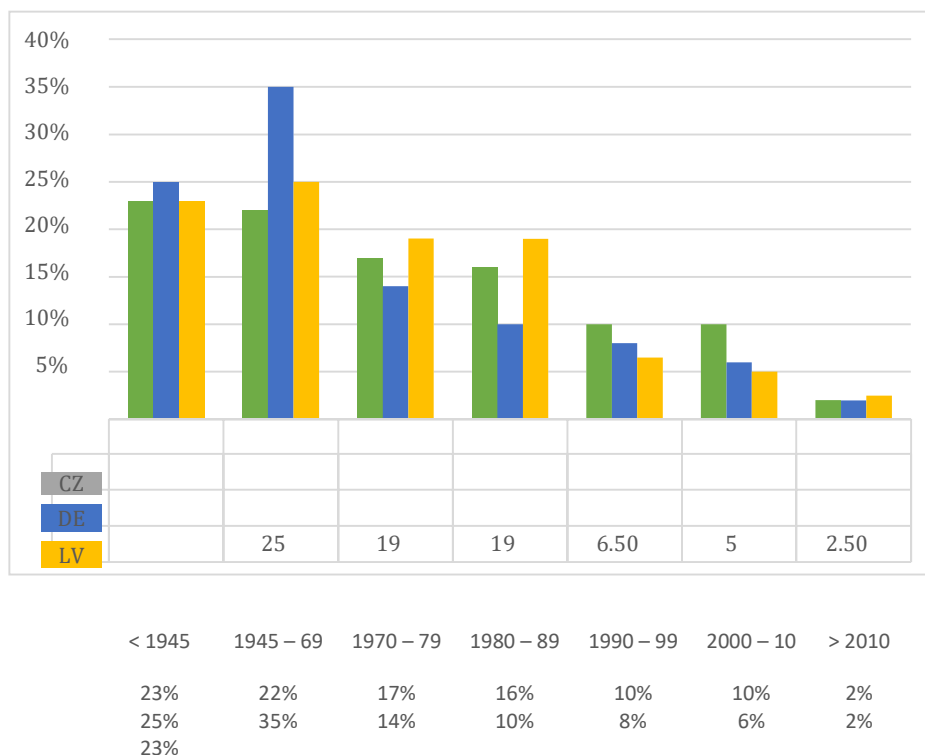
### Būvniecības nozares efektivitātes potenciāls

Ir aprēķināts, ka gandrīz 97% ēkām, kas būvētas līdz 2010. gadam Eiropā, ir jāveic daļēja vai pilna ēkas renovācija, lai tās atbilstu ilgtermiņa stratēģijas mērķiem (ECOFYS, 2012). 11. attēlā redzams dzīvojamās ēkas sadalījums pēc vecuma kategorijas, kā to norāda ēku uzkrājumu observatorija (EK, 2018).

Emisiju samazināšanas potenciālu var noteikt, ņemot vērā enerģijas gala patēriņa nozares daļu un tehnoloģijas, kas izmantotas, lai nodrošinātu galveno darbību.

Parasti lielākā daļa ēkā patērētās enerģijas tiek izmantota telpu apsildei, karstā ūdens ražošanai un dzesēšanai. Saskaņā ar Eiropas Ēku observatorijas datiem telpu apsilde patērē gandrīz 71% no visas enerģijas, ko patērē Eiropas dzīvojamās ēkas. Kā ziņo Vācijas Federālā ekonomikas un enerģētikas ministrija (BMW, 2015), Vācijas rādītāji ir ļoti tuvu Eiropas līmeņa aplēsēm.

Vēl viens dalījuma solis ir nepieciešams, lai izprastu nozares efektivitātes potenciālu - ēku tipoloģija ir būtiska, lai uzzīmētu precīzu portretu. Piemēram, Vācijā pašlaik ir 355 ēku klases un 40 iespējamās enerģijas avotu un apkures tehnoloģiju kombinācijas, kopā veidojot 4459 ēku segmentus (BPIE, 2016).



11. att. - Dzīvojamo ēku sektora iedalījums pēc vecuma kategorijas – Avots Eiropas Komisija, 2018

### Priekšzīmīgs gadījums: saistībā ar telpu apsildi

Kā jau iepriekš minēts, ēkas enerģijas gala patēriņš (FE) tiek iegūts, summējot enerģijas gala patēriņu telpu apsildei, dzesēšanai, ūdens sildīšanai, iekārtām, apgaismojumam un ēdiena gatavošanas iekārtām.

$$FE = FE_{\text{TelpasApsildei\&Dzesēšanai}} + FE_{\text{ŪdensSildīšanai}} + FE_{\text{Iekārtām\&Apgaismojumam}} + FE_{\text{ĒstGatavošanai}}$$

Tuvinot vienam konkrētam pakalpojumam, piemēram, telpu apsildei, ir vieglāk noteikt elementus, kas visvairāk ietekmē gala enerģijas patēriņu. Kopumā ēku veids un uzstādīto tehnoloģiju efektivitāte ir galvenie faktori, kas nosaka ēku vajadzību pēc enerģijas.

Ēka pastāvīgi iegūst un/vai zaudē siltumu, un, lai nodrošinātu siltuma komfortu, temperatūra ir jā saglabā vismaz tādā līmenī, kādu iesaka valsts standarti. Mājsaimniecību telpu apsildes prasības precīza aplēse ir balstīta uz enerģijas patēriņa noteikšanu, kas nepieciešama, lai kompensētu siltuma zudumus, ko rada tās pārvade un infiltrācija, un aplēsto saules siltuma pieaugumu, cilvēka ķermeņa, ierīču iekārtu un termiskās masas pieaugumu. Mēs bieži uzskaitām divas lielākās sastāvdaļas, enerģiju, kas nepieciešama, lai kompensētu siltuma zudumus, kas rodas, pārvadot to pa ēkas sastāvdaļām un gaisa infiltrāciju.

Enerģija, kas vajadzīga, lai kompensētu siltuma zudumus tā pārvadīšanas dēļ, ir atkarīga no vairākiem faktoriem, kas ietver ēku sienu, durvju un logu izolācijas īpašības, ēku lielumu un formu, starpību starp iekšēju un ārēju temperatūru (kas mainās atkarībā no gadalaika un ģeogrāfiskās koordinātes). Siltuma pārvešanu no ēkas uz ārpusi mēra ar U-vērtībām (W/m<sup>2</sup>K), tā apraksta sakarību starp vadītspēju un materiālu biezumu, kas atdala abas telpas.

Ēkas U-vērtību samazināšana ir iespējama, pievienojot dažāda biezuma un vaida izolācijas materiālus cietai ķieģeļu sienai un dabuma sienai. Enerģiju, kas vajadzīga, lai kompensētu siltuma zudumus, ko rada ēkas sastāvdaļa tās pārvades dēļ, novērtē kā tās U-vērtības, ēkas komponenta platības un siltuma enerģijas pieprasījuma, kas atspoguļojas siltuma grādu stundās, reizinājumu.

Enerģiju, kas nepieciešama, lai kompensētu ēkas siltuma zudumu gaisa infiltrācijas dēļ, novērtē kā apmainīto siltumu gaisā, kas reizināts ar siltuma enerģijas pieprasījumu, kas atspoguļojas siltuma grādu stundās. Siltums apmainītajā gaisā ir apmainītā gaisa apjoms stundā konkrētā ēkas tipā, ēkas tilpumā, gaisa blīvumā un ar īpatnēju gaisa siltumu.

Ēkas gala enerģijas patēriņš ir atkarīgs arī no uzstādītā apkures sistēmas efektivitātes.

$$FE_{\text{TelpasApsildīšana}} = \frac{\text{NepieciešamaisSiltums}_{\text{Pārvade}} + \text{NepieciešamaisSiltums}_{\text{Infiltrācija}}}{\text{Efektivitāte}_{\text{TelpasApsildesSistēma}}}$$

Tā kā dažādu ēku tipoloģija un izmantošana nozīmē atšķirīgas apkures prasības, ēku, kurās izmanto vienu un to pašu apkures tehnoloģiju, enerģijas galapatēriņš var ievērojami atšķirties. Šā iemesla dēļ būvniecības nozares diagnozes ir propaedeutiskas, lai stingri novērtētu Investīciju vajadzības, kas vajadzīgas, lai sasniegtu enerģētikas mērķus. Tas ir būtiski arī tad, kad tiek aplēstas galvenās ēkas (ēku tipoloģijas) un visas nozares SEG emisijas, kā parādīts turpmāk minētajā vienādojumā.

$$GHG_{\text{TelpasApsilde}} = FE_{\text{TelpasApsilde}} \times EF_{\text{TelpasApsilde}}$$

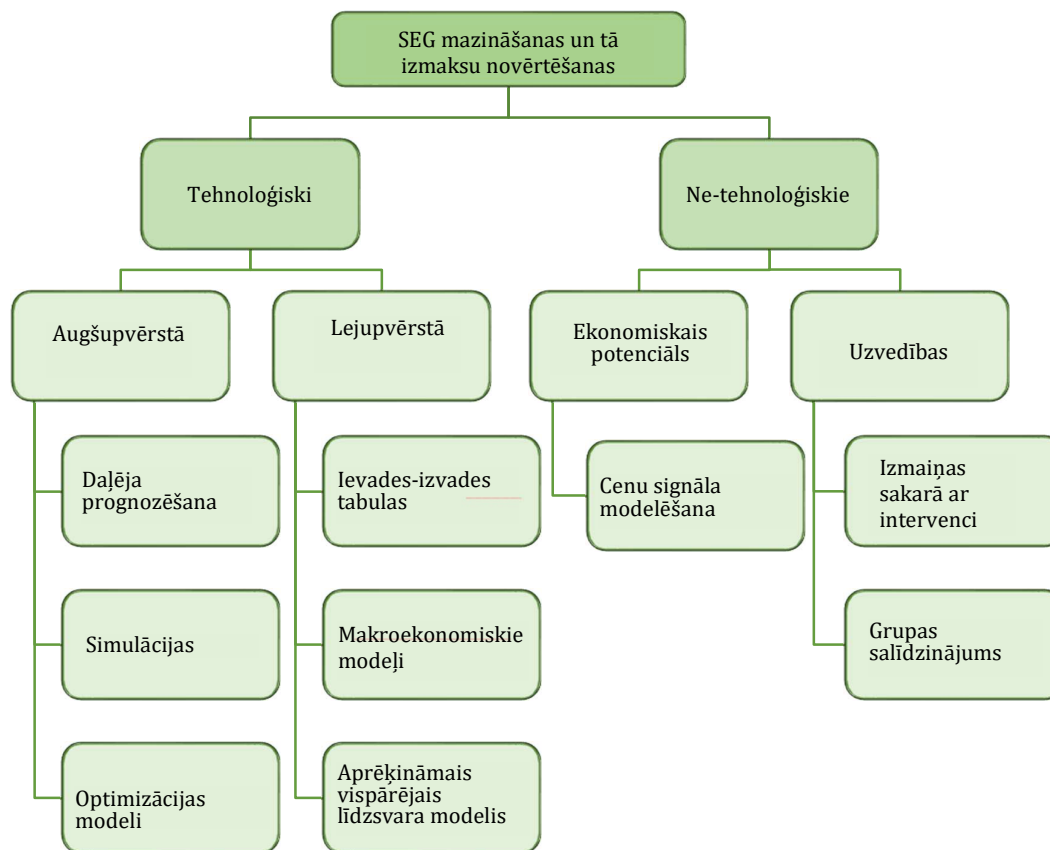
Pakalpojuma oglekļa emisijas, piemēram, telpu apsildē, var aprēķināt kā katra pakalpojuma sniegtā pakalpojuma enerģijas gala patēriņa un emisijas koeficienta (EK) reizinājumu.

Savukārt, lai novērtētu vienas SEG emisijas vienības samazināšanas izmaksas, ir jāizvērtē izmaksas, lai oglekļa-intensīvās tehnoloģijas aizstātu ar energoefektīvām tehnoloģijām. Aizstāšanas izmaksas aprēķina dažādos posmos:

- Alternatīvo tehnoloģiju identificēšana, kas var piedāvāt galveno pakalpojumu;
- To ietaupījumu aplēse, kas var rasties no šo tehnoloģiju izmantošanas enerģijas patēriņa un SEG emisiju izteiksmē, – šāda aplēse būs atkarīga no tehnoloģijas energoefektivitātes un ēkas tipa pakalpojuma vajadzībām;
- Aplēstā monetārā peļņa un ietaupījumi, kas saistīti ar jauno tehnoloģiju radītajiem ietaupījumiem ir atkarīgi no enerģijas paredzamās cenas tehnoloģiju izmantošanas laikā;
- Izmaksu, naudas ieņēmumu un ietaupījumu, kas izriet no tehnoloģiju uzstādīšanas un neto pašreizējās vērtības novērtējums, ņemot vērā diskonta likmē atspoguļoto naudas piešķiršanas laiku.

Ir veikti vairāki pētījumi, lai salīdzinātu dažādas aizstāšanas iespējas, novērtējot dažādu tehnoloģiju integrācijas potenciālu un izmaksas.

## Modeļi investīciju vajadzību novērtēšanai būvniecības nozarē



Attēls 12. – SEG mazināšanas un tā izmaksu novērtēšanas modeļi

12. attēlā tiek salīdzinātas tehnoloģiskās un ne-tehnoloģiskās modelēšanas sistēmas, kas novērtē SEG ietekmes mazināšanu un tai atbilstošās izmaksas būvniecības nozarē. Tehnoloģijas pusē ir divas pieejas – augšupvērstā (sintēze) un lejupvērstā (sadališanās). Lejupvērstie modeļi pārbauda ar enerģiju saistīto mainīgo lielumu un makroekonomisko rādītāju mijiedarbību, savukārt augšupvērstā modelēšana balstās uz atsevišķu tehnoloģiju analīzi, kas pēc tam tiek apvienota ar nozares ainu.

Ir ierobežots skaits lejupvērsto modeļu, kas pārbauda energoefektivitātes potenciālu un ar to saistītās izmaksas, galveno uzmanību pievēršot būvniecības nozarei. Tāpēc augšupvērstos (Bottom-up) modeļus parasti izmanto detalizētam sektoru novērtējumam<sup>26</sup>. Tos parasti izmanto laika posmam līdz 25 gadiem nedrošības dēļ, kas rodas novērtējot tehnoloģiju attīstību. Visbeidzot, konkrēta modeļa piemērošanai vajadzētu būt pamatotai vajadzībām (t. i., jautājums, ko mēs vēlamies atrisināt).

Attiecībā uz ne-tehnoloģisko pusi nav pietiekami izpētīts, kā modelēt uzvedības izmaiņu ietekmi un ar to saistītās izmaksas. Ekonomiska rakstura ne-tehnoloģiskie dzinuļi parasti tiek pētīti, izmantojot modeļus, kas izmanto cenu signālus. Pārējie lēmumu modeļi tiek izmantoti, lai pētītu un izprastu uzvedību vai struktūru un novērtētu intervences ietekmi. Tie ir enerģijas patēriņa salīdzinājums starp lietotāju grupām, kam raksturīgas atšķirīgas uzvedības īpašības, un enerģijas patēriņa izmaiņu izpēte sakarā ar intervenci. Šāda iejaukšanās (politika, cenas, tehnoloģija, informācija utt.) varētu radīt izmaiņas zināšanu līmenī, motivācijā, attieksmē, kas ietekmē enerģijas patēriņu apstrādes grupā. Lielākajā daļā augšupvērsto modeļu tiek izmantotas simulācijas; dažās no tām ir iekļauta optimizācijas funkcija; dažās ir dažādi lejupvērstie elementi.

#### 4.2.1. Kam jāpievērš uzmanība?

Kā iepriekš minēts, modeļu daudzveidība, kurus var izmantot, lai novērtētu investīciju vajadzības būvniecības sektorā, ir liela. Katrs modelis koncentrējas uz konkrētiem faktoriem, tā rezultāti ir jutīgi pret noteiktiem ievades datiem un pieņēmumiem. Tālāk tekstā mēs apspriežam kritiskākos pieņēmumus un faktorus, kas ietekmē modeļa iznākumus. Pieņēmumiem par diskonta un procentu likmēm, lai finansētu atjaunošanas un rekonstrukcijas projektus, ir izšķiroša nozīme galīgo (nākotnes) investīciju izmaksu noteikšanā, turpretim enerģijas cenas ietekmē oglekļa ietilpīgo tehnoloģiju aizstāšanas izmaksu efektivitāti. Tāpat svarīga ir tehnoloģiju un darbaspēka izmaksu izvēle. Visbeidzot, mēs izskaidrojam atsaucē scenārija definīciju, ņemot vērā, ka lielākā daļa pētījumu norāda, ka investīciju vajadzības ir kā papildus izmaksas bāzes līnijai.

##### 1. Diskonta likme

Diskonta likme, proti, likme, ko izmanto, lai diskontētu visas nākotnes ienākošās un izejošās naudas plūsmas, ir nepieciešama, lai aprēķinātu neto pašreizējo vērtību. Modeļi ir jutīgi pat pret nelielām diskonta likmju variācijām. Augstākas diskonta likmes negatīvi ietekmē pašreizējo neto vērtību nākotnes naudas plūsmām, ja vienlaikus nav izdevumi un ieņēmumi. Piemēram, investīciju projektu iekšējā ienesīguma norma samazinās ar augstākām diskonta likmēm, ja ieguldījumiem ir liela daļa no sākotnējām kapitāla izmaksām un gariem atmaksāšanas periodiem. Diskonta likmes dažādās valstīs atšķiras, jo tās atspoguļo risku, ko rada kapitāla ieguldīšana konkrētā valstī un visos projektos. Projektam, kas uzskatāmi par mazāk riskantiem, būs zemākas kapitāla izmaksas. Saistībā ar ilgtermiņa investīciju vajadzību novērtējumi ir svarīgi atzīmēt, ka projekti ar ilgu atmaksāšanas periodu netieši rada arī lielākus riskus, kas palielina noteiktību saistībā ar ieguldījumiem un to jutīgumu. Tāpēc energoefektivitātes investīciju vajadzību novērtējumi ir īpaši jutīgi arī attiecībā uz procentu likmēm, ņemot vērā to ilgo termiņu un kapitāla intensitāti.

##### 2. Enerģijas cena

Enerģijas cena ir būtisks faktors, kas nosaka izmaksu efektivitāti saistībā ar augstu oglekļa emisiju tehnoloģiju aizstāšanu ar zemas oglekļa emisiju tehnoloģijām. Enerģijas cenas ierobežo vai palielina ietaupījumus, ko var panākt ar energoefektivitātes atjaunošanas pasākumiem. Attiecīgi, jo augstākas ir prognozētās enerģijas cenas, jo ekonomiski pamatotāka ir energoefektīvu tehnoloģiju uzstādīšana. Ja enerģijas cena ir zema, enerģijas rēķinu ietaupījumi nav pietiekami augsti, lai stimulētu energoefektivitātes pasākumu ieviešanu. Tāpēc modeļi ir ārkārtīgi jutīgi pret enerģijas cenu izmaiņām. Tas īpaši attiecas uz modeļiem, kuriem ir atgriezeniskās saites, kā minēts iepriekšējā nodaļā.

##### 3. Tehnoloģiju izvēle

Potenciāls un izmaksas tiek paredzētas, nomainot atskaites tehnoloģijas uz energoefektīvākām tehnoloģijām. Tā kā pastāv vairākas tehnoloģijas, kuras var tikt izmantotas vienam un tam pašam pakalpojumam, izvēlēta tehnoloģija ietekmēs modeļa rezultātus. Turklāt, enerģētikas pakalpojumu veids un tehnoloģijas laika gaitā nav fiksētas (piemēram, salīdzinot komunikācijas tehnoloģijas pirms 20 gadiem un šodien), un, lai gan mācīšanās rādītāji<sup>27</sup> netiek veidoti, bet gan tiek parametrizēti balstoties uz empīrisko literatūru, šādu mācību līkņu formas un slīpuma pārvešana pa tehnoloģijām vai atšķirīgiem politikas un sociālekonomiskajiem apstākļiem ir strīdīga, tāpēc pieņēmumi par tehnoloģiju izmaksu attīstību var būt dažādi, vienlaikus būtiski ietekmējot rezultātu modelēšanu. t. i., izmaksu samazinājums, kas izpaužas kā ienākšana tirgū, t. i., jo vairāk tehnoloģiju ir faktiski

izmantotas tirgū, jo zemākas ir izmaksas, ko rada mācīšanās ietekme gan ražošanā, gan tehnoloģijas uzstādīšanā.

Atbilstoši NEKP mērķiem energoefektivitāti un atjaunojamajiem pasākumos būtu nepieciešams investēt ap 445 milj., EUR katru gadu turpmāko 10 gadu laikā, kas ir divas reizes vairāk nekā ticis investēts 2018. gadā.

Līdz šim ES fondu atbalstam ir visnozīmīgākā loma klimata projektu finansēšanā, kurš galvenokārt ticis izmantots grantu veidā, investējot valsts un pašvaldību ēku atjaunošanas projektos. Ņemot vērā lielo grantu īpatsvaru, tad privāto investīciju apjoms 2018. gadā bijis salīdzinoši neliels, veidojot 29% no visām kopējām investīcijām, savukārt ES fondu investīcijas veidoja 42%, valsts un pašvaldību līdzfinansējums 29%, tai skaitā kvotu tirdzniecības ieņēmumi.

Aplūkojot tehnoloģijas un projektus, kādos investēts, tad var secināt, ka galvenokārt investēts ēku visaptverošā renovācijā un lielais vairums projektu saistīti ar valsts un pašvaldību ēku atjaunošanu (42% no visām kopējām investīcijām), savukārt AER sektorā tie ir bijuši bioenerģijas un siltumtrašu nomaiņas projekti. Ļoti maz ir projektu, kas ietveru enerģija ražošanu no citiem atjaunīgajiem energoresursiem, enerģijas uzkrāšanu vai citus inovatīvus risinājumus. Energoefektivitātes projekti galvenokārt saistīti ar ēku renovāciju, sasniedzot minimālās energoefektivitātes prasības, un ļoti maz ir tādu projektu, kas būtu vērsi uz gandrīz nulles enerģijas ēkas līmeņa sasniegšanu vai AER tehnoloģiju integrēšanu ēkās.

**Lai būtu iespējams sasniegt Latvijas klimata un enerģētikas mērķus investīciju daudzumu energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu projektos nepieciešams dubultot.**

Tā kā gandrīz visi ES fondu līdzekļi enerģijas un klimata projektiem tiek izmantoti grantu veidā, tad investīcijām enerģijas un klimata projektos raksturīgs nevienmērīgs raksturs un nenoteiktība. To būtu iespējams novērst, veidojot patstāvīgus finanšu instrumentus, kas paredzēti klimata projektu attīstībai un finansēšanai. Privāto investīciju iesaiste ir kritiska NEKP 2030 mērķu izpildei.

Investīciju vajadzību novērtējumi ir būtiski ilgtermiņa lēmumu pieņemšanai gan valsts, gan privātajā sektorā. No politikas viedokļa tas ir īpaši būtiski, ja tirgus nepilnības un sabiedriskie labumi prasa politikas intervenci, lai panāktu sociāli optimālu investīciju līmeni un orientāciju, un ir nepieciešama atbilstoša aktīvu un uzņēmējdarbības modeļu pārveidošana, lai sasniegtu valsts noteiktos mērķus vai noteiktos mērķus nozaru līmenī. Investīciju vajadzību novērtēšanas modeļi sniedz ieskatu, kas var būt noderīgs, lai motivētu, novērtētu un leģitimizētu attiecīgos lēmumus.

Tajā pašā laikā investīciju vajadzību novērtēšanas modeļiem bieži vien trūkst jūtības analīzes, kas skaidrotu kā vieni vai otru pieņēmumi izmaina rezultātus, tāpat būtu nepieciešams uzlabot scenāriju aprakstus, kas ļautu izsekot konkrētajiem pieņēmumiem par plānotajām tehnoloģijām un energoefektivitātes pasākumiem. Līdz šim NEKP trūkst plānotajām rīcībām, kas ļautu piesaistīt nepieciešamo investīciju daudzumu jauniem projektiem.

#### *4. Tehnoloģiju un darbaspēka izmaksas*

Tehnoloģiju un darbaspēka izmaksu pieņēmumi ir galvenie pieņēmumi Investīciju vajadzību novērtējumos būvniecības sektorā. Tehnoloģiju izmaksas ir būtisks faktors, kas ietekmē enerģijas pāreju būvniecības nozarē. Jauno tehnoloģiju gadījumā mācību līknes un no tām izrietošās nākotnes izmaksas ir neskaidras un tāpēc ir atkarīgas no pieņēmumiem (sk. 3. punkta diskusiju par tehnoloģiju izvēli). Turklāt, analizējot to valstu potenciālu, kurās ir augstas darbaspēka izmaksas, piemēram, Vācijā, algas kļūst par papildu noteicošo faktoru, jo tās var ievērojami palielināt tehnoloģiju uzstādīšanas izmaksas. Vācijas gadījumā, piemēram, PV paneļu uzstādīšanas izmaksu lielāko daļu



pašlaik veido darbaspēka izmaksas, savukārt pašas tehnoloģijas — PV moduļu — izmaksas ir ievērojami samazinājušās. Tāpēc darbaspēka izmaksas bieži palielina investīciju izmaksas un tādējādi ietekmē investīciju vajadzību novērtējumu.

### 5. Atsauces scenārija definīcija

Pētījumi parasti ietver bāzes scenāriju (vai atsaucē scenāriju) un vienu vai vairākus mazoglekļa/energoefektīvus scenārijus, kurus raksturo dažādas tehnoloģiju un politikas kombinācijas. Scenāriju salīdzināšana ļauj izprast atšķirības starp avotiem un saistītiem potenciāliem iznākumiem. Ir svarīgi nošķirt atšķirības starp rezultātiem, kas, no vienas puses, izriet no dažādiem modeļa ieguldījumiem, bet, no otras puses, no dažādiem scenārijiem (piemēram, energoefektivitātes stratēģija salīdzinājumā ar atjaunojamās enerģijas paplašināšanas stratēģiju). Tomēr, tā kā modeļa rezultāti parasti ir norādīti kā papildu izmaksas papildus atsaucē scenārijam, pamatscenārijs un tā pieņēmumi ir visizšķirošākais virzītājspēks.

Visus iepriekš minētos elementus un attiecīgās izvēles un pieņēmumus, kas izdarīti modeļos un scenārijos, var izpētīt un padarīt pārredzamākus, izmantojot jutīguma analīzi, kurā tiek veikti vairāki modeļa aprēķini, katru reizi mainot tikai vienu no faktoriem, katru reizi novērojot izmaiņas (t. i., jutīgumu) attiecībā uz būtisko mainīgo rādītāju. Tas attiecas arī uz mūsu jautājumu par Investīciju vajadzībām un to, cik lielā mērā nākamajos gados līdz 2030. gadam var paredzēt dažādus investīciju līmeņus, lai sasniegtu mērķus klimata un enerģētikas jomā.

#### 4.2.2. Atlasītie pētījumi – Padziļinātais pārskats

Ļoti interesantu un visaptverošu sistēmu ir piemērojis pētījums Energoefektivitātes vērtība (*Value of Energy Efficiency*) (IFEU et al, 2018). Lai izpētītu būvniecības nozari saskaņā ar kopējo sistēmu dažādās nozarēs, autori apvieno četrus dažādus modeļus (kā parādīts 13. attēlā).

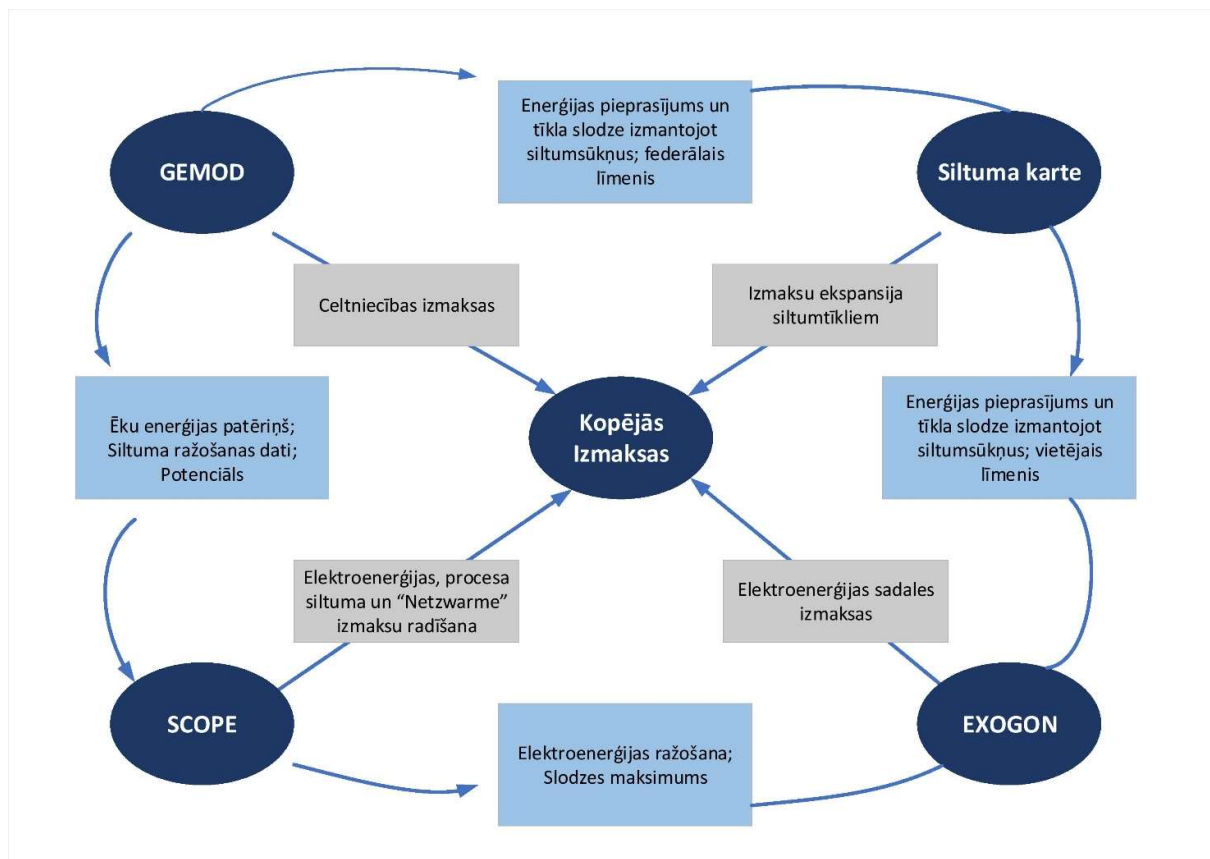
Pārskata modeļa iestatījumos GEMOD modelis sniedz trīs rezultātus. Pirmkārt, kā daļu no kopējām izmaksām GEMOD nosaka Investīciju summu ēku pārklājumos un siltuma ražotājos. Otrkārt, ar to modelē pieprasījumu pēc telpu apsildes un karstā ūdens un iegūst attiecīgos datus par siltumsūkņiem (piemēram, tīkla slodzi), izmantojot siltuma kartes modeli. Trešais rezultāts tiek nodots sistēmai - optimizācijas modelim SCOPE, kas sastāv no galīgā enerģijas pieprasījuma pēc fosilā kurināmā un ēku tipa.

SCOPE samazina vispārējās sistēmas izmaksas par energoapgādi (elektroenerģiju, procesa siltumu, siltumtīkliem), ņemot vērā GEMOD modeļa pieprasījumu. SCOPE balstās uz vēsturiskajiem laika apstākļiem un optimizē stundas līmeni, tādējādi ņemot vērā mainīgos atjaunojamās energoresursus. Pēc tam elektrības maksimuma slodzes rezultātus pārnes uz elektrotīkla modeļi EXOGON, lai kartētu tīkla slodzi elektroenerģijas ražošanas dēļ. EXOGON seko paraugtīkla analīzes metodiskajai pieejai attiecībā uz augstu abstrakcijas līmeni.

Siltuma kartes modelis saņem datus par tīkla slodzi, izmantojot siltumsūkņus federālā līmenī no GEMOD, un nosaka reģionālās maksimālās slodzes ĢIS sistēmā, tā pamatā ir 49 miljonu Vācijas ēku datubāze, ko bagātina 17 miljonu dzīvojamo ēku tipoloģija.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> IWU datubāze (2012. gads, Mājokļu un Vides institūts).



13. attēls - Modeļa izveide "Energoefektivitātes vērtība", vienkāršota un koriģēta no IFEU et al (2018)

### Galveni jutības elementi izvēlētajos pētījumos:

"Ziņojums par Energoefektivitātes vērtību (IFEU et al, 2018), kas plašāk izklāstīts 5.1.5. iedaļā, pieņem diskonta likmi 1,5% apmērā. Jutīguma analizē autori salīdzināja scenārija izmaksu modeli laika gaitā attiecībā uz nediskontētiem skaitļiem pret diskontētiem skaitļiem. To grafiks (sk. 13. attēlu "Energoefektivitātes vērtība") atklāj, ka diskontēšana samazina izmaksas šaurākā diapazonā, savukārt izmaksu atšķirības dažādos scenārijos palielinās nediskontētā izteiksmē. Piemēram, ierastās uzņēmējdarbības (BAU) scenārija kopējās izmaksas pieaug par aptuveni 8 miljardiem eiro gadā.

Otrajā jutīguma analizē autori atklāja Power-to-Gas (PTG) cenas nozīmi. Savā ziņojumā BAU scenārijs joprojām sasniedza SEG samazināšanas mērķi ar lielu PTG importu. Pieņemtās cenas pamatā ir padziļināta Agora Energiewende, Agora Verkehrswende un Frontier Economics izmeklēšana (2018), kas arī liecina par optimistisku un pesimistisku cenu attīstību. Ņemot vērā joslas platumu, BAU scenārijā nenoteiktība par kopējām izmaksām acīmredzami ir visaugstākā (+/- 2,8 miljardi eiro gadā).

Tomēr Energoefektivitātes vērtība neapspriež pieņemto procentu likmi. To ir paveicis uzņēmums BMWI (2017). Procentu likmes samazināšana no 7% uz 3% uz pusi samazinātu gada ieguldījumu izmaksas gadā līdz 2050. gadam.

### 4.3. Investīciju vajadzība atjaunojamās enerģijas un enerģētikas nozarē

Šajā iedaļā galvenā uzmanība pievērsta elektroenerģijas ražošanas dekarbonizācijai, t. i., darbībām, kas pārvērš primāro enerģiju elektroenerģijā, kas nepieciešama, lai apmierinātu dažādu tautsaimniecības nozaru pieprasījumu. Elektroenerģijas nozare kalpo visām tautsaimniecības nozarēm, jebkurā brīdī apmierinot elektroenerģijas pieprasījumu. Šī iemesla dēļ, kā arī ierobežotās recesijas dēļ, elektroenerģijas tirgus ir ļoti sarežģīts un attiecīgi nozares jaudas un Investīciju vajadzību modelēšana nav viegls uzdevums. Investīciju vajadzību novērtēšana primārās enerģijas dekarbonizācijai nozīmē pilnīgu izpratni par “zaļajām” tehnoloģijām un to, kā tās ir (būs) iestrādātas enerģētikas sistēmā.

Lai novērtētu, cik lielā mērā enerģijas ražošanu var dekarbonizēt, ir svarīgi ņemt vērā faktoros, kas ietekmē atjaunojamās enerģijas vai kurināmā spēkstacijas rentabilitāti, proti, elektroenerģijas tīklu ierobežojumus (t. i., fiziskās enerģijas plūsmas ierobežojumus), līdzsvara vajadzības (t. i., fizisko vajadzību līdzsvarot elektroenerģijas piedāvājumu un pieprasījumu) un saistītās enerģijas pārvaldības izmaksas. Citi svarīgi faktori ir saistīti ar galvenajām elektroenerģijas biržām, piemēram, elektroenerģijas īstermiņa un ilgtermiņa tirdzniecība, kā arī elektroenerģijas sistēmas faktori, piemēram, pieprasījuma un piedāvājuma mijiedarbība. Iepriekšminētie elementi ir sniegti vienkāršotā veidā, izmantojot skaitliskos modeļus.

#### **Skaitlisko modeļu definīcija:**

*Skaitlisks modelis ir vienādojumu kopums, kas vienkāršotā formā attēlo reālās pasaules attiecības (cēloņsakarību, korelāciju). Modelis ļauj tuvināt izšķirošos aspektus, kas būtiski ietekmē pētāmo parādību, vienlaikus atmetot visus pārējos. Tiek modelētas tikai tās attiecības, kas attiecas uz pētāmajiem procesiem, atbilstoši pētījuma mērķim un mērķim.*

Turpmāk mēs īsi aplūkojam elektroenerģijas nozares modeļus un to iespējamās atšķirības atbilstoši trim galvenajām dimensijām: fokuss, darbības joma un izšķirtspēja.<sup>27</sup>

1. Slodzes plūsma un optimālie elektroenerģijas plūsmas modeļi – elektrotīklu līniju elektroenerģijas plūsmu noteikšana, mezgla cenas, sistēmas drošības un pārsūtīšanas prasības
2. Tīkla stabilitātes modeļi – elektroenerģijas tīkla stabilitātes izpēte
3. Energosistēmu modeļi – elektroenerģijas pieprasījuma, degvielas cenu un oglekļa emisiju novērtēšana
4. Elektroenerģijas tirgus modeļi – koncentrēšanās uz elektroenerģijas vairumtirdzniecības cenu nosūtīšanu un definēšanu

Otrs veids, kā tās atšķirt, ir to **darbības joma**. Modeļi atšķiras pēc to pārklājuma, koncentrējoties, piemēram, uz elektroenerģijas nozari, elektroenerģiju un citām nozarēm, piemēram, ēkām, transportu, rūpniecību (un, iespējams, sektoru sasaisti) vai visu ekonomiku. Turklāt modeļi var atšķirties visā telpiskajā dimensijā (ģeogrāfiskais pārklājums, t. i., daļa no iekļautajiem pasaules reģioniem/valstīm) un laika dimensijā, ieskaitot laika periodu, laika izšķirtspēju (t. i., minūtes, stundas, dienas, gadi) un “struktūru” (t. i., dinamiskos pret statiskos modeļus).

<sup>27</sup> Vēl viens svarīgs nodalīšanas elements ir modeļa risinājuma metode, bet tam būtu nepieciešama tehniskāka diskusija. Īsumā, trīs galvenās metodes ir optimizācija (kur viena objektīva funkcija ir vai nu maksimāla vai minimāla), simulācija (mehāniska) un daudzkārtējas optimizācijas problēmas (kas ietver atsevišķu lēmumu pieņēmēju nepārprotamu attēlojumu).

Modeļus var atšķirt arī ar **izšķirtspēju**, t. i., datu granularitāti, kas var atšķirties atkarībā no ģeogrāfijas un laika izšķirtspējas, vai, piemēram, sektoru dalījumu. Pat ja modelim ir valsts mēroga tvērums un tā mērķis ir radīt valsts līmeņa lēmumu mainīgos lielumus (iznākumus), dati un informācija, kas tiek izmantota, lai iegūtu šos rezultātus, var būt vairāk vai mazāk granulāra un to modelē attiecīgi ar augšupvērstu vai lejupvērstu pieeju.

Modeļa izšķirtspēja var atšķirties atkarībā no analīzes atsauces vienības, kas var būt atsevišķas elektrostacijas, individuālie elektroenerģijas ražošanas uzņēmumi, atsevišķi tirgus dalībnieki, apkopotie (grupas) tirgus dalībnieki, pieņemtās apkopotās tehnoloģijas un/vai inovatīvas tehnoloģijas, ko tirgus dalībnieki var izmantot, lai darbotos tirgū.

Bieži pastāv kompromiss starp darbības jomu un noregulējumu. Liela tvēruma un lielas izšķirtspējas analīze ir ļoti dārga. Tiem ir nepieciešams liels ievades datu apjoms, tādējādi — dārga datu vākšana, skaitliskās noteikšanas laiks un modeļu uzturēšana<sup>34</sup>.

Līdzsvars starp darbības jomu un risinājumu ir atkarīgs no lēmumu pieņēmēju galējā mērķa, kas var ietvert vajadzību informēt operatīvus lēmumus (īstermiņa un dažādas iespējamās telpiskās izšķirtspējas pakāpes), plānošanas lēmumus (ilgtermiņa un dažādas iespējamās telpiskās izšķirtspējas pakāpes) vai ieskatu par, piemēram, globāliem labklājības jautājumiem (plašāka telpiskā un laika izšķirtspēja). Tādējādi modeļa izvēle ir atkarīga no analīzes gala mērķa.

Jo lielāka ir koncentrēšanās uz elektroenerģijas ražošanu, sistēmas ekspluatāciju un ar to saistītajām tehniskajām detaļām, jo lielāka ir īslaicīgā izšķirtspēja un granularitāte, kas nepieciešama to modelēšanai. Toties, jo lielāka ir koncentrēšanās uz elektroenerģijas nozari un enerģētikas sistēmas ilgtermiņa attīstību, jo vairāk jāņem vērā operatīvie un makroekonomiskie faktori. Tomēr darbības elementi joprojām ir svarīgi, un tos pārbauda attiecībā uz sistēmas plānošanu un lēmumiem par ieguldījumiem.

Lai novērtētu Investīciju nepieciešamību elektroenerģijas nozarei, lai sasniegtu tās mērķus enerģētikas un klimata jomā, ir svarīgi ņemt vērā iepriekš minēto dinamiku. Tie ir arī iekļauti 16. attēlā. Katram no noteiktajiem blokiem ir izšķiroša nozīme, lai gūtu pilnīgu priekšstatu par nozari un veiktu rūpīgu investīciju vajadzību novērtējumu.

Makroekonomiskie modeļi	Energosistēmas modeļi	Investīcijas spēkstacijās	Elektrības ražošana	Tīkla modeļi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomiskās aktivitātes</li> <li>• Populācija</li> <li>• (..)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrības pieprasījums</li> <li>• Elektrības piedāvājums</li> <li>• Nozaru sasaistīšana</li> <li>• Degvielas tirgi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investīcijas un ekspluatācijas pārtraukšanas potenciāls</li> <li>• Optimālās jaudas apvienojums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vienības saistības un nosūtīšana</li> <li>• Zonālās jaudas cenas</li> <li>• Elektorenerģijas plūsmas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vietējās robežcenas</li> <li>• Slodzes plūsmas</li> <li>• Sistēmas drošība un stabilitāte</li> </ul>

Attēls 16. – Elektroapgādes nozaru modeļu parametri

Kā parādīts 16. attēlā, operatīvos lēmumus pieņem, izmantojot dinamiskos un statiskos **tīkla modeļus** (augsta granularitāte), kas ļauj novērtēt sistēmas stabilitāti, drošību, slodzes plūsmas un ekonomisko nosūtīšanu. Tīkla modeļus papildina **elektroenerģijas ražošanas modeļi** (vai elektroenerģijas ražošanas modeļi), kas ļauj ņemt vērā spēkstaciju vienības saistības un nosūtīšanu, elektroenerģijas cenas un pārrobežu enerģijas apmaiņu.

Plašākā skatā, **elektroenerģijas tirgus modeļi** ļauj arī modelēt lēmumus par ieguldījumiem (Investīcijas spēkstacijās, sk. 16. attēlu), kas var noteikt optimālo jaudas kombināciju. **Energosistēmu modeļi** ņem vērā elektroenerģijas pieprasījumu, pieprasījuma puses izmaiņas, novērtē starpnozaru saiknes un sektoru sasaisti. Visbeidzot, **makroekonomiskie vai integrētie novērtēšanas modeļi** aptver visu ekonomiku, var ietvert SEG emisiju novērtējumus un degvielas tirgus. Tomēr, zinot konkrētas ražošanas darbības emisijas faktoru, var novērtēt saistītās SEG emisijas.

Vēl viena klasifikācija ir no Ventosa et al. (2005), kas sadala elektroenerģijas tirgus modeļus trijās kategorijās: optimizācijas modeļi, līdzsvara modeļi un simulācijas modeļi. Pirmā kategorija – optimizācijas modeļi – koncentrējas uz peļņas maksimizācijas problēmu vienotiem uzņēmumiem, kas konkurē tirgū. Šajos modeļos peļņas funkcija ir maksimāli pakļauta tehniskiem un ekonomiskiem ierobežojumiem. Tā vietā līdzsvara un simulācijas modeļi atspoguļo visu tirgus dalībnieku rīcību. Tie ļauj noteikt vienlaicīgu peļņas maksimizācijas līdzsvaru uzņēmumiem, kas piedalās tirgū. Īpaši piemēroti līdzsvara modeļi ir ilgtermiņa plānošanai un tirgus varas analīzei. Gluži pretēji, optimizācijas modeļi ir piemērotāki ikdienas cenu līkņu veidošanai un atsevišķu uzņēmumu darbības lēmumu pieņemšanai.

Ražošanas lēmumi ietver spēkstaciju vienības saistību uzņemšanos un nosūtīšanu, zonu elektroenerģijas cenas un plūsmas pāri robežām. Tos nosaka, izmantojot endogēniski noteiktu informāciju par slodzes plūsmu, ar drošību ierobežoto nosūtīšanu un lokalizācijas robeželektroenerģijas cenām. To darbības joma ir plašāka nekā tikla modeļiem, un tie var izmantot (tieši) operatīvus lēmumus, kā arī (netieši) lēmumus par ieguldījumiem. Citiem vārdiem sakot, pēc operatīvajiem lēmumiem enerģijas ražošanas modelēšana ir pamats, lai novērtētu lēmumus par investīcijām un spēkstaciju ekspluatācijas pārtraukšanu un energosistēmas jaudas kombināciju.

Elektroenerģijas tirgus modeļi ir būtiski, lai sniegtu informāciju, kas vajadzīga, lai novērtētu investīciju rentabilitāti. Lai sasniegtu šo mērķi, tie parasti papildina Investīciju modeļus.

Spēkstaciju rentabilitāte lielā mērā ir atkarīga no elektroenerģijas cenām. Lai pieņemtu lēmumus par ieguldījumiem, projektu attīstītāji raugās uz cenām, kas tirgū varētu dominēt no spēkstaciju būvniecības sākuma līdz spēkstacijas darbības beigām. Kalpošanas ilgums ir mainīgs dažādās tehnoloģijās. Vācijā neliela investīciju daļa pašlaik ir balstīta uz ilgtermiņa elektroenerģijas pirkšanas līgumiem, un nākotnē enerģijas tirgi ir likvidi ne vairāk kā piecus gadus. Tāpēc aplēses lielā mērā ir balstītas uz sagaidāmajām elektroenerģijas cenām, kas izriet no elektroenerģijas tirgus modeļiem.

Kad elektroenerģijas cenu prognozes ir ņemtas vērā Investīciju modeļos kopā ar ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksām (E & U izmaksas) un elektroenerģijas ražošanas aktīva darbības mainīgajām izmaksām, var modelēt nākotnes paredzamās naudas plūsmas. Parasti to veic, izmantojot neto pašreizējās vērtības (NPV) aprēķinus.

Enerģijas tirgus ilgtermiņa modeļi bieži vien nav pietiekami, lai aprēķinātu ieņēmumu plūsmas atjaunojamās enerģijas projektiem. Īpaša uzmanība jāpievērš ieguldījumiem atjaunojamās enerģijas spēkstacijās. Vējš un saules enerģija darbojas, kad vējš pūš un spīd saule. Mainoties laika apstākļiem, mainās jauda, un jaudu ir grūtāk paredzēt. Lai analizētu enerģijas piegādi un vajadzīgo elastību, modeļiem ir jāatspoguļo šī informācija un jāmodelē īstermiņa izmaiņas, piemēram, enerģijas piegāde stundā un pieprasījums.

Atjaunojamo enerģijas avotu integrēšanu enerģijas tirgos nevar attēlot ar plaši lietotiem optimizācijas modeļiem (De Jonghe, 2011; Deane, 2012) – šādi instrumenti neveido vajadzību pēc lielākas enerģijas sistēmu elastības, ko rada atkārtota izmantošana, un nespēj pareizi novērtēt atjaunojamo enerģijas avotu saražotās elektroenerģijas nākotnes vērtību, jo tiem trūkst augstas pagaidu izšķirtspējas. Īstermiņa pieprasījuma un piedāvājuma dinamika ir svarīga, lai būtu optimāli lēmumi par atjaunojamās enerģijas nosūtīšanu un ieguldījumiem (Velšs, 2014). Lai modelētu

atjaunojamās enerģijas izmantošanu, ir nepieciešama lielāka granularitāte attiecībā uz lielu īslaicīgu izšķirtspēju un darbības ierobežojumu aptvērumu.

#### *Energosistēmas modeļi*

Energosistēmu modeļi nosaka elektroenerģijas ražošanas daudzumu, kvalitāti un cenu noteiktā laikā. Pieprasījuma un piedāvājuma dinamika, proti, apmainītās enerģijas daudzuma un cenas noteikšana, ir savstarpēji saistīta ar šādiem modeļiem; patēriņa un ražošanas tehnoloģijām - kas nosaka elektroenerģijas efektivitāti un oglekļa saturu tirgū - ir eksogēnas, lai gan ļoti svarīgas, lai noteiktu apmainītās elektroenerģijas kvalitāti, t. i., saražotās enerģijas oglekļa saturu. Energosistēmu modeļiem ir galvenā nozīme valsts investīciju vajadzību novērtēšanā. Tomēr tie ir jāintegrē enerģijas tirgus modeļos un pieprasījuma puses nozaru modeļos, lai noteiktu tehnoloģijas, ko izmantos elektroenerģijas piegādei tirgum.

Faktori, kas jāņem vērā, novērtējot Investīciju vajadzības enerģētikas nozarē, ir plaši, tāpēc izšķiroša nozīme ir jutīguma analīzei. Tas jo īpaši attiecas uz Vācijas elektroenerģijas nozarēm, kurās atjaunojamo energoresursu izmantošana palielinās un tām vēl vairāk jāpalielinās, lai sasniegtu mērķus klimata un enerģētikas jomā. Lai novērtētu AER rentabilitāti, ļoti svarīgi ir pat tādi granulāri elementi kā taisnais līdzsvars, drošība un elastības modelēšana.

#### **4.3.1. Kam pievērst uzmanību**

Tāpat kā 5.1.3. sadaļā, kurā sīkāk izskaidrojām būvniecības nozares modeļu galvenos virzītājspēkus, mēs sniedzam tādu pašu analīzi atjaunojamās enerģijas ekspansijai enerģētikas nozarē. Diskonta likme, (relatīvās) tehnoloģiju izmaksas un atsauces scenārija nozīme, kas jau bija aprakstīta 5.1.3. iedaļā, attiecas arī uz modeļiem, un tāpēc šeit būs tikai īsi pieminēta. Augstāka diskonta likme samazina iekšējo peļņas normu, jo īpaši projektiem, kuriem nepieciešamas lielas sākotnējo kapitāla izmaksu daļas, piemēram, atjaunojamās enerģijas ekspansijai. Tehnoloģiju izmaksu ziņā ļoti svarīga ir vēja enerģijas un saules PV sistēmu izmaksu attīstība, jo lielākā daļa AER modeļu mērā balstās uz abu modeļu paplašināšanos. Attiecībā uz atsauces scenārija nozīmīgumu šajā kontekstā liela nozīme ir pieņēmumiem par sociālajām normām un politikas tendencēm, piemēram, Vācijas pakāpeniskajai izklūšanai no ogļu ražošanas vai starptautiskajiem centieniem klimata pārmaiņu apkarošanā.

Papildus trim iepriekš minētajiem elementiem pētījumi, kas veikti par elektroenerģijas nozari, parāda rezultātus, kas īpaši jutīgi ir pret enerģijas cenu un elektroenerģijas pieprasījumu, kas ir izklāstīti turpmāk.

##### **1. Enerģijas cena**

Enerģijas cena ir būtisks faktors, kas nosaka fosilā kurināmā aizstāšanu ar AER tehnoloģijām. Jo augstākas ir prognozētās fosilā kurināmā cenas, jo ienesīgāki ir ieguldījumi atjaunojamajā enerģijā. Valstīm, kas importē fosilo kurināmo, ir vēl lielāks spiediens ieguldīt AER tehnoloģijās, lai mazinātu tirdzniecības bilanci. Ja ogļu un gāzes cena ir zema, stimuli ieguldīt atjaunojamajos energoresursos varētu nebūt pietiekami, lai atbalstītu pāreju. Tāpēc modeļi ir jutīgi pret enerģijas cenu izmaiņām.

Oglekļa cenas, kas ir vēl viens svarīgs šīs sadaļas faktors, piemēram, emisijas kvotu cena saskaņā ar ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmu, ir svarīgas, jo tās palielina uz fosilo kurināmo balstītas enerģijas ražošanas izmaksas. Tās arī palielina elektroenerģijas cenu, ja gāzes vai ogļu elektrostacijas nodrošina elektroenerģijas marginālo vienību. Turklāt tās netieši ietekmē arī elektroenerģijas cenu, kas noteikta nākotnes elektroenerģijas pirkšanas kontaktos, t. i., starptirdzniecībā, kur veic lielāko daļu darījumu, jo tās ietekmē tirgus dalībnieku vispārējās cenu prognozes.

## 2. Elektroenerģijas pieprasījums

Elektroenerģijas pieprasījumam ir izšķiroša nozīme, lai prognozētu pieprasījumu pēc atjaunojamās enerģijas piegādes. Paredzams, ka pieprasījuma puses izmaiņas, ko izraisa nozaru sasaiste, energoefektivitātes pasākumi un pieprasījuma reakcijas tehnoloģijas, nākotnē veidos pieprasījuma līknes. Īpaša uzmanība jāpievērš attīstības tendencēm pieprasījuma pusē, kuras jāmodelē un jāatkārto ar piedāvājuma līknēm. Svarīga ir arī attīstība citās nozarēs, piemēram, transporta, siltuma un rūpniecības nozarē. Piemēram, ja elektromobilijai tiek izvērsti lielā mērogā, vai, ja celtniecības nozarē tiek veikta lielāka elektrifikācija, elektroenerģijas pieprasījums strauji pieaug.

Iepriekš minētie faktori, protams, katru modeli neietekmē vienādi. Piemēram, elektroenerģijas tirgus modeļi ir īpaši jutīgi pret pieprasījuma aplēsēm un tehnoloģiju izmaksām. Ja to papildina Investīciju modeļi, pēkšņi kļūst svarīga arī diskonta likmju nozīme. Sīkāku informāciju skatiet nākamajā sadaļā, kur sniedz ieskatu par attiecīgo pētījumu analīzi.

### 4.4. Investīciju novērtējums atjaunojamo energoresursu un ēku sektorā

Analizējot veiktās investīcijas, noteikts, ka 2018. gadā kopumā ēku un uzņēmumu energoefektivitātes pasākumos investēti vismaz 190 miljoni euro, savukārt AER investēts 41 miljons euro (tostarp 21,1 miljons euro investēts Daugavas HES). Savukārt, lai sasniegtu Nacionālā Enerģētikas un klimata plāna mērķus, kas attiecas un energoefektivitāti un atjaunojamajiem resursiem būtu vajadzīgs investēt 445 miljoni EUR katru gadu līdz 2030. gadam. Tātad investīcijas būtu nepieciešams dubultot.

Ņemot vērā iegūtos rezultātus, iespējams secināt, ka 2018. gadā ēku un uzņēmumu energoefektivitātes pasākumos investēti vismaz 190 miljoni euro, savukārt AER investēts 41 miljons euro (tostarp 21,1 miljons euro investēts Daugavas HES) kopā veidojot 231 miljons euro lielas investīcijas.

Salīdzinot ar investīcijām ēku atjaunošanas projektos, tad atjaunīgo energoresursu projektos investēts piecas reizes mazāk, turklāt puse no visām investīcijām AER saistīta ar "Latvenergo", veiktajām investīcijām. Atbilstoši Nacionālā Enerģētikas un klimata plāna mērķiem energoefektivitāti un atjaunojamajiem pasākumos būtu nepieciešams investēt ap 445 milj., EUR katru gadu turpmāko 10 gadu laikā, kas ir divas reizes vairāk nekā ticis investēts 2018. gadā.

Līdz šim ES fondu atbalstam ir visnozīmīgākā loma klimata projektu finansēšanā, kurš galvenokārt ticis izmantots grantu veidā, investējot valsts un pašvaldību ēku atjaunošanas projektos. Ņemot vērā lielo grantu īpatsvaru, tad privāto investīciju apjoms 2018. gadā bijis salīdzinoši neliels, veidojot 29% no visām kopējām investīcijām, savukārt ES fondu investīcijas veidoja 42%, valsts un pašvaldību līdzfinansējums 29%, tai skaitā kvotu tirdzniecības ieņēmumi.

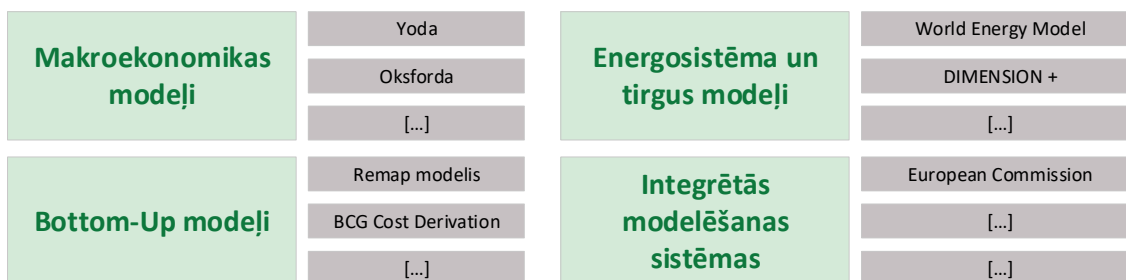
Aplūkojot tehnoloģijas un projektus, kādos investēts, tad var secināt, ka galvenokārt investēts ēku visaptverošā renovācijā un lielais vairums projektu saistīti ar valsts un pašvaldību ēku atjaunošanu (42% no visām kopējām investīcijām), savukārt AER sektorā tie ir bijuši bioenerģijas un siltumtrašu nomaiņas projekti. Ļoti maz ir projektu, kas ietveru enerģija ražošanu no citiem atjaunīgajiem energoresursiem, enerģijas uzkrāšanu vai citus inovatīvus risinājumus. Energoefektivitātes projekti galvenokārt saistīti ar ēku renovāciju, sasniedzot minimālās energoefektivitātes prasības, un ļoti maz ir tādu projektu, kas būtu vērsi uz gandrīz nulles enerģijas ēkas līmeņa sasniegšanu vai AER tehnoloģiju integrēšanu ēkās.

Lai būtu iespējams sasniegt Latvijas klimata un enerģētikas mērķus investīciju daudzumu energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu projektos nepieciešams dubultot. Tā kā gandrīz visi ES fondu līdzekļi enerģijas un klimata projektiem tiek izmantoti grantu veidā, tad investīcijām enerģijas un klimata projektos raksturīgs nevienmērīgs raksturs un nenoteiktība. To būtu iespējams novērst, veidojot patstāvīgus finanšu instrumentus, kas paredzēti klimata projektu attīstībai un finansēšanai. Privāto investīciju iesaiste ir kritiska NEKP 2030 mērķu izpildei.

## 5. Diskusija un secinājumi

Ziņojumā izklāstītās būtiskākās analītiskās pieejas un modeļi ir lielisks pamats, lai lēmumu pieņēmēji saprastu, kas ir nepieciešams, lai gūtu pārlicinošu, uz pierādījumiem balstītu izpratni par investīciju problēmām, ko rada kompleksi pārveides procesi, kas vajadzīgi, lai sasniegtu valsts mērķus klimata un enerģētikas jomā. Nacionālajā enerģijas un klimata plānā, kurš katrai ES dalībvalstij ir jāizstrādā līdz 2019. gada beigām, būs jāprecizē, kā tiks mobilizētas attiecīgās investīcijas.

Investīciju vajadzību novērtēšanai var izmantot dažāda veida modeļus un modelēšanas sistēmas, kas īsumā attēlotas attēlā zemāk. Modeļi izmanto, lai ilustrētu izmantoto attiecīgo modeļu klāstu un ilustrētu dažādu analītisko sistēmu galvenos elementus. Katra no modelēšanas pieejām ir aprakstītas nākamajā sadaļā.



2. attēls – izmantotie modeļi

**Pievērsiet uzmanību pieņēmumiem:** Nepieciešamo investīciju novērtējums ir atkarīgs no modelēšanas procesā veiktajiem pieņēmumiem. Svarīgi ir pieņēmumi par kurināmā cenām, oglekļa emisijām, tehnoloģijām, tehnoloģiju apguves mācību līķi un makroekonomiskajām prognozēm.

**Izprotiet scenārijus:** lietotos un jo īpaši tos, kas ir un kas nav iekļauti bāzlinijā. Mūsu analīze liecina, ka lielākais faktors, kas izraisa izmaiņas, ir bāzes scenārija definīcija, jo pētījumi vienmēr salīdzina scenārijus ar hipotētisku gadījumu, kurā tiek pieņemtas pastāvīgas politiskas ambīcijas. Turklāt, rezultāti ir norādīti kā papildu izmaksas papildus atsauces gadījumiem.

**Investīcijas klimata un enerģētikas jomā nav pašmērķis:** bet ir svarīgi līdzekļi konkrētu enerģētikas un klimata politikas mērķu sasniegšanai. Mērķu pārvēršana attiecīgajās investīciju vajadzībās un trūkumos, kā tas ir prasīts nacionālajos enerģētikas un klimata plānos, uzlabo mūsu izpratni par nepieciešamajiem soļiem un to izmaksām, lai ilgtermiņā panāktu mūsu ekonomikas dekarbonizāciju. Tomēr tikai investīcijas vien nesasniegs mērķus, un būs nepieciešami papildu pasākumi, lai sekmīgi virzītu pāreju uz klimatu un enerģētiku.

Kāpēc lasītājam – politikas veidotājiem un jo īpaši lēmumu pieņēmējiem, kas atbild par nacionālo klimata un enerģētikas plānu izstrādi un īstenošanu, - būtu jāpievērš uzmanība ziņojumos izmantotajiem modeļiem un pat jāizprot to ierobežojumi?

Mēs uzskatām, ka šādas zināšanas ir ļoti svarīgas sarežģītu sistēmu pārvaldei. Piemēram, Eiropā 2030. un 2050. gadam noteikto CO<sub>2</sub> emisiju mērķu sasniegšanai ir milzīga ietekme uz enerģētikas, un klimata politiku tātad sabiedrību kopumā, kam ir paredzamas lielas strukturālas ietekmes uz to, kā mēs ražojam un patērējam enerģiju, kā mēs ražojam un piegādājam preces un pakalpojumus, un, visbeidzot, uz to, kā mēs organizējam savu ikdienas dzīvi. Piedāvātie modeļi 3. – 5. nodaļā sniedz lasītājam priekšstatu par to, kā var izskatīties oglekļa ziņā neitrāla nākotne. Tāpēc ir svarīgi izprast modeļu struktūru un ierobežojumus.



## 6. References

**AGEB (2018)**. Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016. AG Energiebilanzen e.V. Retrieved from [link](#), checked on 15/02/2019.

**AGEE-Stat – Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (2018)**. Erneuerbare Energien in Deutschland – Daten zur Entwicklung im Jahr 2017. [\(link\)](#)

**Agora Energiewende and Fraunhofer ISE (2015)**. Current and future cost of photovoltaics. Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV systems. *Agora Energiewende*, 82. [\(link\)](#)

**Agora Energiewende, Agora Verkehrswende and Frontier Economics (2018)**. Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. [\(link\)](#)

**BCG (Boston Consulting Group) and Prognos AG (2018)**. Philipp Gerbert, Patrick Herhold, Jens Burchardt, Stefan Schönberger, Florian Rechenmacher, Almut Kirchner, Andreas Kemmler and Marco Wünsch. Klimapfade für Deutschland. A study commissioned by the BDI. [\(link\)](#)

**BMU (2016)**. Climate Action Plan 2050 – Principles and goals of the German government’s climate policy. [\(link\)](#)

**BMU (2017)**. Projektionsbericht 2017 für Deutschland (gemäß Verordnung 525/2013/EU). [\(link\)](#)

**BMU (2018)**. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety) Klimaschutzbericht 2017. Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung. Retrieved from [link](#) , checked on 09/01/2019.

**BMW i (2014)**. Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose. Bericht von EWI, Prognos und GWS. [\(link\)](#)

**BMW i (2015)**. Energy Efficiency Strategy for Buildings - Methods for achieving a virtually climate-neutral building stock. [\(link\)](#)

**BMW i (2017)**. Langfrist- und Klimaszenarien. Study carried out by Fraunhofer ISI, Consentec and IFEU. [\(link\)](#)

**BMW i (2018a)**. Sixth “Energy Transition” Monitoring Report “The Energy of the Future” - Reporting Year 2016. [\(link\)](#)

**BMWi (2018b).** Wirkung der Maßnahmen der Bundesregierung innerhalb der Zielarchitektur zum Umbau der Energieversorgung. Carried out by Prognos AG, DLR and Fraunhofer-ISI. Commissioned by BMWi. Basel/Karlsruhe/Stuttgart 31.01.2018. ([link](#))

**BMWi (2018c).** EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2019. ([link](#))

**BMWi (2019).** Nationaler Energie- und Klimaplan (NECP). ([link](#))

**BMWi and BMU (2010).** Energy Concept. Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. ([link](#))

**BNetzA (2017).** Bundesnetzagentur. EEG in Zahlen 2017. ([link](#))

**BPIE (2016).** Renovating Germany's Buildings Stock. An Economic Appraisal from the Investors Perspective. BPIE in collaboration with Technische Universität Wien and Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. ([link](#));

**Bundesregierung (2018).** Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. ([link](#))

**De Jonghe, Cedric; Delarue, Erik; Belmans, Ronnie; D'haeseleer, William (2011).** Determining optimal electricity technology mix with high level of wind power penetration. In *Applied Energy* 88 (6), pp. 2231-2238. DOI: 10.1016/j.apenergy.2010.12.046

**Deane, J.P; Chiodi, Alessandro; Gargiulo, Maurizio; Ó Gallachóir, Brian P. (2012).** Soft-linking of a power systems model to an energy systems model. In *Energy* 42 (1), pp. 303-312, DOI: 10.1016/j.energy.2012.03.052.

**DENA (2017).** Gebäudestudie – Szenarien für eine marktwirtschaftliche Klima- und Ressourcenschutzpolitik 2050 im Gebäudesektor. ([link](#))

**DENA (2018).** Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. ([link](#))

**DENA (2018a).** dena-GEBÄUDEREPORT KOMPAKT 2018. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energieagentur, 4/2018

**ECOFYS (2012).** Towards nearly zero-energy buildings, Definition of common principles under the EPBD (2012). ECOFYS, Politecnico di Milano / eERG, University of Wuppertal. ([link](#))

**EEA (2018).** Trends and projections in Europe 2018. Tracking progress towards Europe's climate and energy targets. European Environment Agency. EEA Report No 16/2018. ISSN 1977-8449. ([link](#))

**Erdem, Fatma Pinar; Ünalıms, İbrahim (2016).** Revisiting super-cycles in commodity prices. In *Central Bank Review* 16 (4), pp. 137-142. DOI: 10.1016/j.cbrev.2016.11.001.

**EU High-Level Expert Group on Sustainable Finance (2018).** Financing a Sustainable European Economy. [\(link\)](#)

**European Commission (2017).** Impact assessment – Energy Efficiency Directive. Modelling tools for EU Analysis. European Commission. [\(link\)](#);

**European Commission (2017a).** Agreement on statistical transfers of renewable energy amounts between Lithuania and Luxembourg. [\(link\)](#)

**European Commission (2018).** A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In-depth analysis in support of the Commission Communication COM (2018) 773 [\(link\)](#);

**Eurostat (2019).** SHARES 2017 – SHort Assessment of Renewable Energy Sources. [\(link\)](#)

**Fraunhofer IWES and Fraunhofer IBP (2017).** Heat Transition 2030. Study commissioned by Agora Energiewende. [\(link\)](#)

**Fraunhofer-ISE (2015).** What will the Energy Transformation cost? – Pathways for transforming the German energy system by 2050. [\(link\)](#)

**Fraunhofer ISE (2018).** Levelized Cost of Electricity – Renewable Energy Technologies. [\(link\)](#)

**Fraunhofer ISE (2019).** Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. [\(link\)](#)

**Fraunhofer-IWES (2015).** Geschäftsmodell Energiewende – Eine Antwort auf das “Die-Kosten-der-Energiewende“-Argument. [\(link\)](#)

**GCEC (2014).** Better Growth, Better Climate: The New Climate Economy report. The Synthesis Report. New York: The Global Commission on the Economy and Climate, The New Climate Economy. [\(link\)](#)

**GoG (2011):** Government of Germany. Bundesrepublik Deutschland: Fortschrittsbericht nach Artikel 22 der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Stand: 31.12.2011). Retrieved from [\(link\)](#), checked on 22/10/2018

**GWS, Fraunhofer ISI, DIW Berlin, DLR and Prognos AG (2018).** Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. Commissioned by BMWi. [\(link\)](#)

**Hirth, L. (2018).** What Caused the Drop in European Electricity Prices? A Factor Decomposition Analysis. *Energy Journal*, 39(1). [\(link\)](#)

**IEA (2017).** Perspectives for the Energy Transition – Investment Needs for a Low-Carbon Energy System. [\(link\)](#)

**IFEU and Beuth Hochschule (2017).** Anlagenpotenzial - Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich. [\(link\)](#)

**IFEU, Fraunhofer IEE and Consentec (2018).** Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. [\(link\)](#)

**IFEU, IWU, Ecofys, Universität Bielefeld (2015).** Weiterentwicklung des bestehenden Instrumentariums für den Klimaschutz im Gebäudebereich - Sanierungsfahrplan. Commissioned by BMWi. [\(link\)](#)

**IPCC (2018).** Global Warming of 1.5° - An IPCC Special Report on the impacts of global warming. [\(link\)](#)

**IRENA (2014).** A Renewable Energy Roadmap (REmap 2030) - Cost Methodology. [\(link\)](#)

**IRENA (2015).** Renewable Energy Prospects – Germany. *Part of REmap 2030 – A Renewable Energy Roadmap.* [\(link\)](#)

**IWU (2010).** Datenbasis Gebäudebestand - Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt. [\(link\)](#)

**JRC (2012).** Technology Learning Curves for Energy Policy Support. JRC Scientific and Policy Reports [\(link\)](#)

**May, N. (2017).** The Impact of Wind Power Support Schemes on Technology Choices: In: Energy Economics 65 (2017)

**May, N., Jürgens, I., Neuhoff, K. (2017).** Renewable Energy Policy: Risk Hedging Is Taking Center Stage. In: DIW Economic Bulletin 39/40/2017

**McKinsey (2007).** Costs and Potentials of Greenhouse Gas Abatement in Germany. [\(link\)](#)

**Neuhoff, K., May, N., & Richstein, J. C. (2018).** Renewable Energy Policy in the Age of Falling Technology Costs. *DIW Discussion Paper.* [\(link\)](#)

**Noothout, P., Jager, D. D., Tesnière, L., van Rooijen, S., Karypidis, N., & Brückmann, R. (2016).** DIACORE. The impact of risks in renewable energy investments and the role of smart policies. Final report. *Ecofys. Utrecht.* [\(link\)](#)

**Novikova A., Emmrich, J., Stelmakh, K. (2018).** Climate finance landscape of the German building sector. Deliverable of Working Package 4, Task 7. Report of the BMF funded project Enavi. IKEM – Institute for Climate Protection, Energy and Mobility, July 2018. Retrieved from [link](#) and upon request, checked on 03/01/2019.

**Novikova, A., Stelmakh, K., Klinge, A., Stamo I (2019).** Climate and energy investment map of Germany. Status Report 2016. Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM): Februar 2019

**OECD (2017).** Investing in Climate, Investing in Growth, OECD Publishing, Paris. [\(link\)](#)

**Porsch, Lukas; Sutter, Daniel; Maibach, Markus; Preiss, Philipp; Müller, Wolf (2014).** Leitfaden zur Nutzen-Kosten-Abschätzung umweltrelevanter Effekte in der Gesetzesfolgenabschätzung. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Ecologic; infras; IER. Dessau (Texte, 01/2015). [\(link\)](#)

**Prognos et. al. (2018).** Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. [\(link\)](#)

**UBA (2018a).** German Environment Agency, National Inventory Reports for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 to 2016 (as of 01/2018) and initial forecast for 2017 (UBA press release 08/2018). Retrieved from [link](#) , checked on 17/01/2019.

**Ventosa, Mariano J.; Baillo, Alvaro; Ramos, Andres; Rivier, Michel (2005).** Electricity market modeling trends. In Energy Policy 33(7), pp. 897-913. DOI: 10.1016/j.enpol.2003.10.013

**Welsch, Manuel. (2014).** Incorporating flexibility requirements into long-term energy system models – A case study on high levels of renewable electricity penetration in Ireland. In Applied Energy.

## Pielikums: Energētikā izmantoto modeļu un to galveno jutīgumu raksturojums

Modelis	Galvenās jutības un pieņēmumi	Ievades dati	Izvides dati
<b>YodaModelis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iedzīvotāju skaita pieaugums</li> <li>- Konkrētai valstij raksturīgās strukturālās iezīmes</li> <li>- Pašreizējais ekonomiskais stāvoklis (uzņēmējdarbības cikla stāvoklis)</li> <li>- Procentu likmes</li> <li>- Fiskālā politika un vispārējā regulatīvā sistēma</li> <li>- Izdevumi pētniecībai un attīstībai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vēsturiskie tirdzniecības apjomi un saiknes starp valstīm;</li> <li>- pašreizējais ekonomikas stāvoklis (uzņēmējdarbības cikla stāvoklis)</li> <li>- Reālās procentu likmes</li> <li>- Reglamentējošā politika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potenciālā ekonomiskā izaugsme</li> <li>- Ražošanas līmenis, cenas un tirdzniecības gaidas</li> <li>- reālās procentu likmes</li> <li>- ekonomikas izaugsme</li> </ul>
<b>Oksfordas globālais ekonomiskais modelis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iedzīvotāju skaita pieaugums;</li> <li>- Konkrētai valstij raksturīgās strukturālās iezīmes;</li> <li>- Vispārējais regulējums;</li> <li>- Publiskā kapitāla ietekme uz potenciālo produkciju;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vēsturiskas tirdzniecības un finanšu savstarpējās saiknes</li> <li>- Pieprasījuma faktori (iedzīvotāju skaita pieaugums, preču un pakalpojumu pieprasījums);</li> <li>- Piedāvājuma faktori (kapitāla plūsmas, procentu likmes, tehnoloģiskais progress, darbaspēka piedāvājums, tirdzniecības apjomi, valūtas maiņas kursi un preču cenas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potenciālā ekonomikas produkcijas izlaide;</li> <li>- Piedāvājuma/pieprasījuma bilance pa nozarēm;</li> <li>- Tirgos līdzsvara daudzumus un cenas;</li> </ul>
<b>Pasaules enerģijas modelis (PEM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekonomiskā izaugsme;</li> <li>- Iedzīvotāju skaita pieaugums;</li> <li>- Tehnoloģiju attīstība;</li> <li>- SEG emisijas atļauju izmaksas</li> <li>- Infrastruktūras attīstība</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dati par enerģijas tirgiem</li> <li>- Enerģijas ražošanas tehnoloģiju jauda un izmaksas;</li> <li>- Vēsturiskie sociālekonomiskie dati</li> <li>- Pieprasījuma tehnoloģiju jauda un izmaksas;</li> <li>- Tehnoloģiju emisiju intensitāte;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kopējais enerģijas pieprasījums pa nozarēm;</li> <li>- Kopējais enerģijas gala patēriņš (TFEC) pa nozarēm;</li> <li>- elektroenerģijas ražošana</li> <li>- enerģijas plūsmas pa degvielām;</li> <li>- elektroenerģijas un fosilā kurināmā līdzsvara cenas</li> <li>- galalietotāju cenas</li> <li>- enerģijas bilance un SEG emisiju daudzums;</li> </ul>

Modelis	Galvenās jutības un pieņēmumi	Ievades dati	Izvides dati
<b>REmap</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Patēriņa pieaugums (TFEC pa sektoriem);</li> <li>- Enerģijas cenas;</li> <li>- Tehnoloģiskā veiktspēja un jaudas ierobežojumi;</li> <li>- Kapitāla izmaksu prognozes;</li> <li>- SEG emisijas pieļauj izmaksas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pieprasījuma tehnoloģiju jauda un izmaksas;</li> <li>- Tehnoloģiju emisiju intensitāte;</li> <li>- TFEC pa sektoriem;</li> <li>- Kapitāla izmaksu prognozes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnoloģiju aizstāšanas potenciāls;</li> <li>- Tehnoloģiju aizstāšanas izmaksas;</li> <li>- Ieguldījumi kas vajadzīgi, lai sasniegtu TFEC mērķus;</li> <li>- SEG emisiju daudzums;</li> </ul>
<b>DIMENSION +</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektroenerģijas tīklu un enerģijas līdzsvara prasības;</li> <li>- Ekonomikas izaugsme (enerģijas pieprasījums);</li> <li>- Politiskie apstākļi;</li> <li>- Politisko sistēmu variācijas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detalizēti dati par enerģijas tirgiem (granulāra informācija par elektroenerģijas pieprasījumu, ražošanas jaudām, atjaunojamās enerģijas profiliem un attiecīgo tīkla infrastruktūru);</li> <li>- Elektroenerģijas, gāzes un siltuma tīkli;</li> <li>- Enerģijas ražošanas tehnoloģiju, tīklu un uzglabāšanas iekārtu jauda un izmaksas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistēmas kopējās izmaksas;</li> <li>- Enerģijas daudzumi (primārie, sekundārie, galīgie);</li> <li>- Ražošanas jauda un apvienojums (Mix);</li> <li>- Enerģijas ražošana no strāvas līdz X un jauda;</li> <li>- SEG emisijas;</li> <li>- Optimāla režģa paplašināšana;</li> <li>- Investīcijas enerģijas ražošanas tehnoloģijās un uzglabāšanas vienībās</li> </ul>
<b>RemoD-D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektroenerģijas tīklu un enerģijas līdzsvara prasības</li> <li>- Ekonomikas izaugsme (enerģijas pieprasījums)</li> <li>- SEG samazināšanas mērķi (nosaka visu modelēšanas procesu)</li> <li>- Elektroenerģijas, siltuma, mobilitātes un rūpniecības nozaru mijiedarbība</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Robežnosacījumi (piemēram, CO2 mērķis, scenārija dati)</li> <li>- Laika apstākļu dati</li> <li>- Tehnoloģijas parametri (esošie krājumi, efektivitāte)</li> <li>- Ekonomiskie parametri (tehnoloģiju izmaksu prognoze, fosilā kurināmā cena utt.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Galvenais rezultāts: Izmaksu ziņā optimizēta valsts energosistēmu attīstība, tostarp:</li> <li>- Kopējās sistēmas izmaksas (kapitāla un ekspluatācijas izmaksas, degviela);</li> <li>- Iekārtu un uzglabāšanas sistēmas darbība un enerģijas pieprasījums stundas sērijā;</li> <li>- Enerģijas un siltuma ražošanas un enerģijas pārveidošanas mērogošana;</li> <li>- CO2 emisijas;</li> <li>- Tirgus daļa pa tehnoloģijām;</li> </ul>

Modelis	Galvenās jutības un pieņēmumi	Ievades dati	Izvides dati
<b>BCG Augšupvērtais (Bottom-up) Izmaksu atvasinājums</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnoloģiju attīstība;</li> <li>- Modeļa robežas;</li> <li>- Iedzīvotāju skaita pieaugums;</li> <li>- Ražošanas pieaugums;</li> <li>- Enerģijas cenas;</li> <li>- SEG emisijas pieļauj izmaksas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehnoloģijas;</li> <li>- Enerģijas cenas;</li> <li>- Energoefektivitātes tehnoloģiju mācību līknes un izmaksas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energoefektivitātes pasākumu novēršanas izmaksas;</li> <li>- Energoefektivitātes pasākumu Investīciju izmaksas;</li> <li>- Patērētās enerģijas daudzums;</li> <li>- SEG emisiju daudzums;</li> </ul>
<b>Prognos Izmaksu-ieguvumu analīze</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplēstā ietekme/saikne starp piesārņojumu un sociālās labklājības rādītājiem;</li> <li>- Emisiju ēnu cenas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politikas pasākumi;</li> <li>- Politikas izmaksas (saistītie tiešie valdības izdevumi un ietaupījumi);</li> <li>- Emisijas faktori;</li> <li>- Aplēstā ietekme/saikne starp piesārņojumu un sociālās labklājības rādītājiem (piemēram, nodarbinātība, veselība);</li> <li>- Emisiju ēnu cenas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vides politikas publiskās (sociālās un valdības) izmaksas un ieguvumi:</li> <li>- nodarbinātība;</li> <li>- ražošanas pieaugums;</li> <li>- veselības aprūpes izdevumi;</li> </ul>