



# **RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

## **Gala atskaite**

par AS “Latvijas valsts meži” pasūtīto zinātniskās izpētes  
pasūtījumu

## **Moderno biodegvielu ražošanas iespējas Latvijā un elektrotransportlīdzekļu perspektīvas**

Darba izpildes vadītājs *Dr.habil.chem.* Valdis Kampars

Rīga, 2020.gada marts

## KOPSAVILKUMS

Transporta sektora augošais pieprasījums pēc degvielām un naftas pārstrādes produktu dominējošā loma tā enerģētikas nodrošināšanā izraisa šī sektora siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas nepārtrauktu pieaugumu un atstāj destruktīvu ietekmi uz vidi un klimatu. Lai šo situāciju mainītu, nepieciešams mainīt transporta sektora enerģijas avotu, mazinot naftas pārstrādes produktu īpatsvaru tajā. To var izdarīt divos veidos: lietojot atjaunojamās degvielas un izmantojot elektrotransportlīdzekļus. Abi šie varianti kopā ar politikas plānošanas dokumentiem, stratēģijām un normatīvajiem aktiem analizēti šajā projektā.

Saistošajos Eiropas līmeņa dokumentos arvien izteikta nepieciešamība attīstīt biodegvielu ražošanu un lietošanu, norādot, ka mērķus attiecībā uz emisiju mazināšanu transporta sektorā galvenokārt var veicināt tieši biodegvielas. Tikmēr, īpaši Eiropas līmenī, atzīts, ka biodegviela, kas ražota no pārtikas kultūraugiem, nav ilgtspējīgs enerģijas ieguves veids un var radīt problēmas citās jomās, piemēram, pārtikas apgādē un zemes izmantošanas veidu maiņā. Līdz ar to saistošajos politikas dokumentos uzsvērts, ka atbalsts pirmās paaudzes biodegvielām pakāpeniski jāsamazina un jākoncentrējas uz moderno biodegvielu attīstību. Ņemot vērā iepriekš minēto, moderno biodegvielu ražošana no mežsaimniecības atlikumiem var veicināt vairākus Eiropas līmeņa dokumentos noteiktos principus un izvirzītos mērķus – ilgtspējīgas un modernas enerģijas jomā, bioresursu efektīvas izmantošanas jomā, pārejā uz SEG neto nulles emisiju, atjaunojamo energoresursu (AER) īpatsvara palielināšanā, kā arī aprites ekonomikas attīstīšanā. Latvijas līmenī biodegvielu ražošana no mežsaimniecības atlikumiem var veicināt tādas politikas dokumentos izvirzītos mērķus un attīstības virzienus kā valsts enerģētiskās neatkarības nodrošināšana, bioekonomikas produktu pievienotās vērtības paaugstināšana, ilgtspējīga meža biomasas ieguve un AER īpatsvara palielināšana, tai skaitā moderno biodegvielu īpatsvara palielināšana transporta sektorā. Tomēr pēc politikas dokumentu analīzes veikšanas secināms, ka Latvijas politiskā vide neveicina moderno biodegvielu attīstību, jo neizvirza to par vienu no prioritātēm. Attiecīgi uz biodegvielu ražošanu un lietošanu attiecināmie politikas dokumenti ir vispārīgi un tajos trūkst konkrētu mērķu un rīcības plānu. Lai sasniegtu Eiropas Savienības (ES) izvirzītos mērķus transporta un atjaunojamās enerģijas jomā (direktīva RED II), Latvijas politikas dokumentos nepieciešams iestrādāt politiskos instrumentus moderno biodegvielu ražošanas atbalstam. Ņemot vērā ES līmenī uzsvērto vajadzību attīstīt moderno biodegvielu ražošanu, kā arī koksnes resursu nozīmīgumu Latvijas tautsaimniecībā, atbalsta uzsvars būtu liekams uz koksnes ķīmisko apstrādi transporta sektora vajadzībām.

Lai izvērtētu biodegvielu attīstības perspektīvas, pētījumā analizētas to ķīmisko, termokīmisko un bioķīmisko ražošanas tehnoloģiju priekšrocības, trūkumi un gatavības pakāpe, sākot ar pētnieciskiem projektiem un beidzot ar ražotņu komercializāciju. Grupējot biodegvielas pēc iegūšanas tehnoloģijām, apskatīti visi nozīmīgākie ķīmiskajos un termokīmiskajos procesos iegūstamo biodegvielu veidi: biodīzeļdegviela (tauskābju metilesteru vai etilesteru maisījumi), dimetilēteris, terc-butil, terc-amil un tert-heksil ēteri, ogļūdeņraži no spirtiem, hidrogenēta augu eļļa visiem transporta degvielas veidiem, biomasas pirolīzes un katalītiskās pirolīzes eļļa, biomasas hidrotermālās un solvotermālās sašķidrināšanas eļļa, biomasas vai pirolizētas biomasas līdzpārstrādāta bioeļļa visiem transporta veidiem un Fišera–Tropša degviela – sintētisko ogļūdeņražu maisījums visiem transporta degvielu veidiem. Analizējot bioķīmiskās degvielu ražošanas tehnoloģijas, galvenā uzmanība pievērsta tādām biodegvielām kā bioetanol, biobutanol, biometāns un bioūdeņradis.

Konstatēts, ka līdz šim tikai relatīvi vienkāršas tehnoloģijas (biodīzeļdegvielas ražošana no rapšu eļļas un etanola ražošana no graudiem) ir komercializētas lielā mērogā. Normatīvie akti paredz šo

biodegvielu izmantošanas pakāpenisku ierobežošanu, lai mazinātu pārtikas un degvielas nozares konkurenci attiecībā uz vienām un tām pašām izejvielām. Tā kā izejvielu bāzei ir piešķirta izšķiroša nozīme attiecībā uz biodegvielu ilgtspēju, tad tehnoloģiju piemērotība realizācijai Latvijā analizēta, balstoties uz vietējo izejvielu resursu apjomu un pieejamību, kā arī atbilstību ES Direktīvas RED II prasībām modernajām biodegvielām (Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2008/2001/11.12.2018.). Moderno biodegvielu ražošanas prasībām atbilstošas ir lignocelulozes izejvielas, kuru vidū dominē mežsaimniecības un ar to saistīto pārstrādes nozaru atlikumi. Diemžēl, šo izejvielu izmantošana prasa sarežģītu tehnoloģiju pielietošanu, tādēļ moderno biodegvielu ražošana neattīstās tik strauji kā plānots. Lai izvēlētos perspektīvākos no lignocelulozes izejvielas ražojamo degvielu veidus, ļoti svarīga ir biodegvielu savietojamība ar patreiz dominējošajām naftas pārstrādes degvielām, kurām eksistē piemērota uzglabāšanas un piegādes infrastruktūra. Esošās infrastruktūras izmantošanas iespējas un arī atbilstību konvenciālo iekšdedzes dzinēju prasībām nosaka biodegvielu ķīmiskā struktūra. Naftas degvielas sastāv no ogļūdeņražiem, un pilnīga savietojamība un esošās infrastruktūras un transporta līdzekļu izmantošana Latvijā ir iespējama tikai ogļūdeņražu biodegvielām, izņemot metānu, kura izmantošanai ir nepieciešama infrastruktūra darbam ar gāzēm, kuru spiediens pārsniedz 200 atmosfēras. Tādējādi biodegvielu īpatsvara palielināšanu līdz pilnīgai naftas degvielu aizstāšanai var nodrošināt, tikai ražojot ogļūdeņražu degvielas. Spirtu, ēteru un esteru degvielas ar naftas degvielām nav pilnībā savietojamas, tomēr tās var izmantot kā limitēta apjoma (parasti zem 10%) naftas degvielu piedevas bez jaunas infrastruktūras veidošanas.

Ievērojot vietējo izejvielu un esošās infrastruktūras izmantošanas nosacījumus secināts, ka liela apjoma biodegvielu ražotņu būvei piemērotākas ir termokīmiskās tehnoloģijas, kuras sākas ar biomasas gazifikāciju vai pirolīzi un tālāk nodrošina ogļūdeņražu degvielu ražošanu visiem transporta veidiem. Ja šādu ražotņu izejviela ir biomasas, tad būtisks trūkums ir milzīgais biomasas patēriņš, tās piegādes un uzglabāšanas izmaksas, kā arī neatrisinātas tehnoloģiskas problēmas. Tādēļ par perspektīvākām tiek uzskatītas tehnoloģijas, kuras ietver biomasas sākotnējo decentralizētu apstrādi, lai iegūtu izejvielu ar standartizētiem raksturojumiem un paaugstinātu enerģijas saturu. Kā šiem noteikumiem atbilstoša ir izvēlēta delokalizēta ātrās pirolīzes eļļas ražošana ar tālāku ogļūdeņražu ieguvu centrālā pārstrādes rūpnīcā. Ne mazāk perspektīvas ir bioķīmiskās tehnoloģijas, kuru tiešais mērķis nav ogļūdeņražu, bet spirtu ražošana. Veiktās analīzes rezultātā kā perspektīvākā atzīta bioetanola ražošana no lignocelulozes biomasas. Abām izvēlētajām tehnoloģijām (termokīmiskajai un bioķīmiskajai) pastāv komerciālās ražotnes (tehnoloģiskās gatavības līmenis - TRL 9), tomēr to komercializācijas iespējas prasa padziļinātus pētījumus, kā arī nepieciešamo finansiālo ieguldījumu un produktu tirgus vērtējumus.

Tā kā transporta sektors rada ievērojamu daļu no cilvēka darbības izraisītajām SEG emisijām, pēdējos gados politiskā līmenī pieņemti jauni likumi un standarti, kas veicina iekšdedzes dzinēju autotransportlīdzekļu ražošanas un izmantošanas pakāpenisku samazināšanu un elektrisko transportlīdzekļu ražošanas un izmantošanas palielināšanu, jo transporta sektora elektrifikācija tikusi atzīta kā galvenais risinājums radīto emisiju apjomu mazināšanai. Ir izvirzītas emisiju samazināšanas prasības gan jaunajiem vieglajiem automobiļiem, gan jaunajiem smagajiem kravas automobiļiem, kuru neizpildīšanas gadījumā autoražotājiem paredzēti ievērojami naudas sodu apjomi. Vairums valstu valdību ir izvirzījušas oficiālus mērķus un plānus elektromobilitātes veicināšanai, un arī autoražotāju oficiālos mērķos ir manāmi ambiciozi plāni attiecībā uz jaunu elektromobiļu modeļu izlaišanu un saražoto vienību skaitu. Līdz šim elektrisko transportlīdzekļu tirgus ir attīstījies ar ikgadēji pieaugošu dinamiku un tiek prognozēts, ka turpmākos gados turpinās palielināties kā pārdoto vienību skaits, tā esošo vienību kopskaits.

Superkondensatoru un litija jonu bateriju pielietojums elektrotransportlīdzekļos (ETL) pieaug ar aptuveni 20 procentu pieaugumu katru gadu. Lai gan superkondensatoru ražošana ar no koksnes iegūtu elektroda materiālu ir iespējama, pašlaik ražošanā šādu enerģijas uzkrājēju nav. Nākotnē, aizvien svarīgāku lomu ieņemot enerģijas uzkrājējos izmantoto materiālu atjaunīgumam, nekaitīgumam videi un cilvēkam, koksnes izmantošanai ir perspektīva ne tikai superkondensatoru, bet arī litija jonu separatoru un anoda ražošanā. Litija jonu anoda materiāla iegūšanai no koksnes jau tiek būvēta pilotrūpnīca Somijā. Attīstoties superkondensatora vai litija jonu enerģijas uzkrājēja integrēšanai ETL virsbūves elementos, koksne varētu tikt izmantota gan kā interjera elements, gan kā enerģijas uzkrājēju izejviela.

Pētījumā veikts elektrisko transportlīdzekļu un moderno biodegvielu tirgus attīstības potenciāla salīdzinājums. Parādīts, ka gan moderno biodegvielu, gan elektrotransportlīdzekļu attīstības perspektīvas ir lielas, jo tie ir būtiski veidi, kā nodrošināt naftas degvielu īpatsvara samazināšanos transporta sektorā. Abi veidi jāvērtē nevis kā savstarpēji konkurējoši, bet gan kā viens otru atbalstoši un papildinoši. Katram no tiem ir savas priekšrocības un trūkumi. Elektrotransportam ir neapšaubāmas priekšrocības attiecībā uz gaisa kvalitātes uzlabošanu lielās pilsētās, atsevišķos rajonos vai iecirkņos, kamēr kopējais pozitīvais efekts attiecībā uz SEG emisijas samazināšanu, ievērojot akumulatoru ražošanas un utilizācijas emisijas, var izrādīties mazāk nenožīmīgs nekā prognozēts. Pētījumā identificēti arī būtiskākie riski moderno biodegvielu un elektrisko transportlīdzekļu nākotnes attīstībā. Nozīmīgākie riski saistīti ar iespējamajām izmaiņām politikas plānošanas dokumentu, stratēģiju, kā arī normatīvo aktu saturā un investīciju apjoma iespējamo samazinājumu jaunu tehnoloģiju attīstībai.

#### **Pētījuma galvenie izpildītāji:**

*Dr.habil.chem.* Valdis Kampars (Kopsavilkums, Ievads, 2.1.1., 2.1.2., 2.2., 2.3., 4.1., 4.3., 5.1., 6., pielikumi nr. 7.2., 7.3.).

Prof. Dagnija Blumberga (1., pielikums nr. 7.1.).

Prof. Oskars Krievs (3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 4.2., 4.3., 5.2., pielikums nr. 7.4.).

Asoc. prof. Linda Mežule (2.1.3., 2.2., 2.3., 4.3.).

Atskaites kopējais apjoms – 259 lpp., tā ietver 136 attēlus, 35 tabulas un 527 citētos literatūras avotus.



## SUMMARY

The research “Facilities for advanced biofuel production and perspectives of use of electrical vehicles in Latvia” commissioned by JSC “Latvijas valsts meži” was managed in accordance with the agreement signed on July 30, 2019 between JSC “Latvijas valsts meži” and Riga Technical university.

The aim of this work is to evaluate production technologies of advanced biofuels and the possibilities for production of biofuels in Latvia from forest management by-products and from by-products of non-food cellulosic biomass. Additionally, it is intended to evaluate the development of electric vehicle technologies to prepare a prognosis for the future roles of vehicles utilizing advanced biofuels or electricity.

Nowadays there is a considerable amount of policy planning documents, strategies, laws and regulations pertaining to the energy consumption in transport sector. These documents also regulate how products derived from fossil fuels will be replaced with renewable resources. In the course of this work, these policies and several technologies used to produce advanced biofuels were analysed. These include 3 chemical technologies, 6 thermochemical technologies, and 3 biochemical technologies. The current technology levels used in fuel production were taken into account for this analysis. In particular, technologies pertaining to electric vehicles and storage of electric energy were analysed; also the potential growth of the use of electric vehicles and of advanced biofuels was analysed.

Investigation consists of six chapters.

In the first chapter, the policy framework at European level and Latvian level regarding biofuel production is analysed. This chapter shows that the development of biofuels is an important goal at European level, highlighting the need to support the production and use of advanced biofuels in particular. Meanwhile, the Latvian political framework is significantly lagging behind. Although Latvian policy documents incorporate the main targets set by European Union regarding renewable energy in the transport sector, they lack specific sub-targets and a clear action plan to achieve the set targets. Furthermore, the relevant documents and regulations are not sufficiently interconnected.

In the second chapter, the analysis of the most known advanced biofuels, their production technologies and (chemical, thermochemical, biochemical, and combined) is detailed. It has become clear that the production of biofuels is lagging behind the expected development; the production of biofuels also requires complicated technological processes. The use of lignocellulose as a starting material for biofuel production is seen as the key means to achieve objectives set by the European Parliament and the Council of the European Union in the RED II 2018/2001 directive in 11<sup>th</sup> of December, 2018.

The minimal energy share of advanced biofuels (including biogas) within the transport sector is set by RED II for all member states: at least 0.2 % in 2022, 1 % in 2025, and at least 3.5 % by 2030.

In this chapter the most popular biofuels produced from lignocellulose biomass as well as technologies for their production are characterised: biodiesel (fatty acid methyl and ethyl esters); dimethylether; *tert*-butyl, *tert*-amyl and *tert*-hexyl ethers; hydrocarbons from alcohols; hydrotreated vegetable oil (for all transportation fuels); refined bio-oil from pyrolysis and catalytic pyrolysis of biomass (for all transportation fuels); synthetic hydrocarbons from Fisher–Tropsch process (also for all transportation fuels); bioethanol; biobutanol.

A list of advanced biofuels most suitable for production in Latvia was formed. From this list two groups of biofuels are recommended for further study: hydrocarbons suitable for use in all kinds of fuels and bioethanol. Two suitable production technologies are also recommended; they also differ in how the production is organized. These two technologies are: decentralized fast pyrolysis oil production (followed by conversion into hydrocarbons and fuels in a petroleum refinery) and biochemical ethanol production from lignocellulosic biomass.

Within the third chapter, policies intended to spread the use of electric vehicles as well as the development of this market so far are surveyed. An overview is provided on electrical energy storage technologies, and a survey is carried out on the possibilities of using wood products in contemporary and future electrical energy storage technologies. It was ascertained that the growth dynamics of electric vehicle proportion is faster than that of biofuels. However, the total investment in biofuels in EU is still proportionally much larger. The development of both these technologies is essential for reducing the emissions by transport sector.

The fourth chapter presents a forecast on the future market share of electrical vehicles and examines the future prospects of electrical vehicle and advanced biofuel markets. It is shown that both markets and associated technologies have good perspectives for development and must be thought of as means for decreasing the proportion of petroleum in the fuels for transport sector. However, the need for increase of lignocellulose use for production of biofuels is projected to be significantly larger compared with electric vehicles.

In the fifth chapter, the most crucial risks for future development of electrical vehicles and biofuel production are identified. No specific risks have been identified that differ from the existing characteristic risks associated with the industrial production of fuels and cars. The most significant risk is associated with changes in binding policies, laws, or regulations, especially if it is coupled with delayed support for development of new technologies, products, and markets.

In the sixth chapter, a systematic review of the current situation is given. The need for production of advanced biofuels is justified along with the author's choice of production technologies in need of further study. One of these technologies is geared towards production of advanced hydrocarbon fuels (synthetic petroleum and associated products). The first stage of this technology can be separated from final processing and carried out in the vicinity of biomass extraction. The second chosen technology is geared towards production of bioethanol from lignocellulosic biomass in a centralized conversion facility.

This work is detailed on 259 pages and contains 35 tables and 136 figures. The work has citations from 527 references; it also contains four appendices. The key performers of the research are the following - *Dr.habil.chem.* Valdis Kampars, Prof. Dagnija Blumberga, Prof. Oskars Krievs and Assoc. Prof. Linda Mežule.

# SATURS

IEVADS .....	11
1. Politikas plānošanas dokumenti, stratēģijas un normatīvie akti .....	12
1.1. Saistošo politikas plānošanas dokumentu un stratēģiju apskats.....	16
1.1.1. ANO ilgtspējīgas attīstības mērķi .....	16
1.1.2. Eiropas Komisijas Aprites ekonomikas pakotne .....	16
1.1.3. Eiropas Savienības Enerģētikas savienības stratēģija.....	16
1.1.4. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija) 17	
1.1.5. “Tīru planētu – visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, moderu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku” .....	18
1.1.6. Transporta Baltā grāmata “Ceļvedis uz Eiropas vienoto transporta telpu – virzība uz konkurētspējīgu un resursu efektīvu transporta sistēmu” .....	20
1.1.7. Eiropas Zaļais kurss .....	20
1.1.8. Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam.....	21
1.1.9. Alternatīvo degvielu attīstības plāns 2017.–2020. gadam .....	22
1.1.10. Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030.....	25
1.1.11. Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. – 2030. gadam .....	27
1.1.12. Nacionālais attīstības plāns 2014. – 2020. gadam .....	29
1.1.13. Nacionālais attīstības plāns 2021. līdz 2027. gadam (projekts).....	30
1.1.14. Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam .....	31
1.1.15. Citas saistošās politikas, stratēģijas un normatīvie akti .....	32
1.2. Konceptuālā normatīvās vides analīze .....	35
1.2.1. Ražošanas tehnoloģijas .....	35
1.2.2. Piesārņojums, ietekme uz vidi .....	36
1.2.3. Modernā biodegviela, enerģija .....	39
Secinājumi .....	45
Atsauces.....	47
2. Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģijas .....	49
2.1. Biodegvielu ražošanas tehnoloģijas un biodegvielu veidi .....	51
2.1.1. Ķīmiskās tehnoloģijas.....	54
2.1.1.1. Biodīzeļdegviela – taukskābju metilesteris (FAME), taukskābju etilesteris (FAEE) .....	54
Secinājumi .....	59
Atsauces.....	60

2.1.1.2. Dimetilēteris .....	61
Secinājumi .....	63
Atsauces.....	64
2.1.1.3. Tert- butil, tert-amil un tert-heksil ēteri.....	65
Secinājumi .....	69
Atsauces.....	69
2.1.1.4. Oglūdeņraži no spirtiem .....	69
Secinājumi .....	71
Atsauces.....	71
2.1.2. Termoķīmiskās tehnoloģijas .....	71
2.1.2.1. Hidrogenēta augu eļļa (HVO) visiem transporta degvielas veidiem.....	72
Secinājumi .....	77
Atsauces.....	78
2.1.2.2. Biomasas pirolīzes un katalītiskās pirolīzes eļļa .....	79
2.1.2.3. Hidrogenēta pirolīzes bioeļļa no biomasas visiem transporta degvielas veidiem .....	86
Secinājumi .....	90
Atsauces.....	90
2.1.2.4. Biomasas hidrotermālās un solvotermālās sašķidrināšanas produkti.....	92
Secinājumi .....	96
Atsauces.....	96
2.1.2.5. Fišera–Tropša degviela – sintētisko oglekļaūdeņražu maisījums visiem transporta degvielas veidiem.....	97
Secinājumi .....	105
Atsauces.....	106
2.1.3. Bioķīmiskās tehnoloģijas.....	107
2.1.3.1. Bioetanol.....	109
Secinājumi .....	110
2.1.3.2. Biobutanols.....	111
Secinājumi .....	112
2.1.3.3. Bioūdeņradis.....	112
Secinājumi .....	113
2.1.3.4. Biogāze (biometāns).....	113
Secinājumi .....	114
Atsauces.....	114

2.2. Nākotnes tehnoloģijas un nākotnes degvielas .....	115
2.2.1. Degvielas no lignocelulozes biomasas .....	117
2.2.1.1. Nākotnes termokīmiskās tehnoloģijas .....	118
2.2.1.2. Nākotnes bioķīmiskās tehnoloģijas .....	121
Secinājumi .....	122
2.2.2. Degvielas no lipīdiem (triglicerīdiem) vai taukskābēm .....	123
Secinājumi .....	123
Atsauces .....	123
2.3. Perspektīvākās attīstāmās tehnoloģijas latvijā detalizēts izvērtējums .....	124
2.3.1. Perspektīvākās tehnoloģijas izvēlei izmantotie kritēriji .....	124
2.3.2. Kritērijiem atbilstošākā termokīmiskā ražotne vai pilotprojekts .....	124
2.3.3. Termokīmiskā projekta realizācijas iespējas Latvijā .....	127
2.3.4. Bioķīmiskā projekta realizācijas iespējas Latvijā .....	128
Secinājumi .....	129
Atsauces .....	129
3. Elektriskie transportlīdzekļi un tajos izmantotās elektriskās enerģijas uzkrājēju tehnoloģijas .....	130
3.1. Elektrisko transportlīdzekļu attīstības veicināšanas politika un to tirgus līdzšinējā attīstība .....	131
3.1.1. CO <sub>2</sub> emisiju samazināšana jaunajiem vieglajiem automobiļiem .....	134
3.1.2. CO <sub>2</sub> emisiju samazināšana jaunajiem smagajiem kravas automobiļiem .....	135
3.1.3. Elektrisko transportlīdzekļu tirgus veicināšanas politika .....	136
3.1.4. Privātu elektromobiļu iegādes veicināšanas politika .....	138
3.1.5. Elektrisko transportlīdzekļu uzlādes infrastruktūras politika .....	140
3.1.6. Elektrisko transportlīdzekļu industriālā politika .....	141
3.1.7. Pasaules valstu valdību galvenie pasākumi un mērķi, lai veicinātu elektrisko vieglo, vidējo un smago transportlīdzekļu izmantošanas veicināšanu .....	143
3.1.7.1. Āzijas valstis .....	143
3.1.7.2. Eiropas valstis .....	145
3.1.7.3. Ziemeļamerikas valstis .....	147
3.1.7.4. Pārējās valstis .....	147
3.1.8. Autoražotāju plāni attiecībā uz elektromobiļu ražošanu .....	148
3.1.9. Elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības līdzšinējā dinamika .....	151
3.1.9.1. Vieglie elektromobiļi .....	151
3.1.9.2. Vieglie komerciālie elektriskie transportlīdzekļi jeb elektriskie mikroautobusi .....	152

3.1.10. Elektrisko transportlīdzekļu modeļu pieejamība un izkārtojums elektrisko transportlīdzekļu tirgus dažādos segmentos .....	152
3.1.11. Elektrisko transportlīdzekļu līdzšinējie pārdošanas apjomi un tirgus daļa .....	154
Secinājumi .....	155
Atsauces .....	156
3.2. Pētījumu apkopojums un analīze par enerģijas uzkrājēju izmantošanu elektrotransportlīdzekļos un to uzbūvi .....	161
3.2.1. Superkondensatori un to pielietošana ETL .....	161
3.2.1.1. Superkondensatora uzbūve .....	162
3.2.1.2. Superkondensatora īpašības .....	163
3.2.1.3. Superkondensatoru ražotāji .....	165
3.2.1.4. Superkondensatoru pielietojums elektrotransportā .....	167
3.2.1.4.1. Transportlīdzekļa efektivitātes uzlabošanai, uzkrājot ģenerators saražoto enerģiju .....	167
3.2.1.4.2. Superkondensatora un ūdeņraža šūnu hibrīdā uzkrājējsistēma .....	168
3.2.1.4.3. Uz superkondensatoriem bāzēti iekšdedzes dzinēju startēšanas moduļi .....	169
3.2.1.4.4. Superkondensatoru autobusi, ko uzlādē pieturvietās .....	170
3.2.1.4.5. Jaudīgas mašīnas, kurām jaudas maksimumu palīdz nodrošināt elektriskā enerģija, kas uzkrāta superkondensatoros .....	170
3.2.1.4.6. Reģenerētās elektroenerģijas atgūšanai elektrotransportlīdzekļos, kas saņem enerģiju no kontakttīkla .....	171
3.2.1.5. Superkondensatoru ražošanas tehnoloģijas .....	176
Secinājumi .....	179
3.2.2. Litija jonu baterijas un to pielietošana ETL .....	180
3.2.2.1. Litija jonu akumulatoru attīstības tendences .....	180
3.2.2.2. Galvenās litija jonu akumulatoru ražojošās kompānijas .....	181
3.2.2.3. Litija jonu akumulatoru ražošana .....	183
Secinājumi .....	185
Atsauces .....	185
3.3. Koksnes produktu izmantošanas iespējas enerģijas uzkrājēju ražošanā un nākotnes risinājumi uzkrājēju uzlabošanā .....	188
3.3.1. Superkondensatoru ražošanas tendences un koksnes pielietošanas iespējas .....	188
3.3.1.1. Papīra pielietošana superkondensatoru separatoru izveidē .....	190
3.3.1.2. Koksnes produktu pielietošana superkondensatoru elektrodu izveidē .....	190
3.3.2. Celulozes izmantošana separatoros un elektrolītos .....	192

3.3.3. Koksnes produktu izmantošana litija jonu bateriju anoda ražošanai .....	193
3.3.4. Nākotnes risinājums – enerģijas uzkrājēja izveidošana ETL korpusā.....	195
Secinājumi .....	196
Atsauces.....	197
4. Elektrisko transportlīdzekļu un moderno biodegvielu attīstības un izaugsmes potenciāla novērtējums un salīdzinājums .....	199
4.1. Moderno biodegvielu izaugsmes potenciāla novērtējums .....	199
Atsauces.....	202
4.2. Elektrisko transportlīdzekļu nākotnes attīstības prognozes .....	202
4.2.1. Iepriekšējos gados veiktās elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozes...	203
4.2.2. Dažu agrākos gados prognozēto ETL pārdošanas apjomu un vienību skaitu salīdzināšana ar faktiskajiem datiem .....	212
4.2.3. Pašreizējās elektrisko transportlīdzekļu nākotnes attīstības prognozes .....	214
Secinājumi .....	220
Atsauces.....	221
4.3. Moderno biodegvielu un elektrotransportlīdzekļu attīstības perspektīvu salīdzinājums. Latvijas iespējas piedalīties kādā no šiem diviem virzieniem. ....	223
5. Riski .....	224
5.1. Moderno biodegvielu ražošanas riski.....	224
5.1.1. Izejvielu risks .....	224
5.1.2. Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģiju riski .....	225
5.1.3. Sociālie riski .....	226
5.1.4. Normatīvo aktu riski .....	226
5.1.5. Vides piesārņojuma risks .....	227
Secinājumi .....	227
Atsauces.....	227
5.2. Elektrisko transportlīdzekļu un to darbinošo tehnoloģiju attīstības riski .....	228
Atsauces.....	231
6. Secinājumi un rekomendācijas.....	232
6.1. Secinājumi .....	232
6.2. Rekomendācijas .....	235
7. Pielikumi .....	237
7.1. RTU vēstule Pārresoru koordinācijas centram .....	237
7.2. Moderno biodegvielu iegūšanas tehnoloģiju raksturojums.....	238
7.3. Moderno biodegvielu ražotnes izveides riski.....	240
7.4. Elektrotransportlīdzekļu dzīves cikla izvērtējums .....	253

## IEVADS

Atjaunojamo energoresursu (AER) īpatsvara palielināšana tautsaimniecībā ir būtisks klimata pārmaiņu mazināšanas elements un Latvija apņēmusies realizēt izcilu enerģētikas politiku kopumā, kļūstot par otru “zaļāko” valsti aiz Zviedrijas. Bez kopējā AER īpatsvara, kas ir atšķirīgs katrai ES valstij, ir jāsasniedz arī visām vienādi noteiktais AER līmenis transporta sektorā. Transporta sektors kā īpaši nozīmīgs un aktuāls izdalīts tāpēc, ka tā pieprasījums pēc enerģijas pieaug un pašreiz tas emitē aptuveni vienu ceturto daļu (Eurostat 2019) no cilvēka darbības rezultātā emitētajām SEG, radot būtiskus draudus videi un veicinot klimata pārmaiņas. Saskaņā ar Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK 3. panta ceturto punktu un Latvijas nacionālās reformu programmas „ES 2020” stratēģijas īstenošanai 3.7. apakšpunktu, jānodrošina, ka no AER iegūtas enerģijas īpatsvars transportā biodegvielas un elektroenerģijas veidā 2020. gadā ir vismaz 10% no galapatēriņa. Statistikas dati liecina, ka Latvijā 2017. gadā no AER iegūtas enerģijas īpatsvars transportā piedzīvoja kritumu uz 2,54%, bet 2018. gadā bija ap 4%. Ir skaidrs, ka bez papildus pasākumu īstenošanas AER īpatsvaru transportā līdz 10% palielināt 2020. gadā nebūs iespējams. Lai situāciju uzlabotu, maksimālais bioetanola piejaukums benzīnam no 2020. gada 1. janvāra ir palielināts no 5% uz 9,5%, bet biodīzeļdegvielas piejaukumu vasaras periodā no 1. aprīļa līdz 1. novembrim palielināts no 4,5% uz 6,8%. Pašreiz dominējošās biodegvielas ir 1. paaudzes biodegvielas (Eiropā tiek ražotas no kviešu graudiem un rapšu eļļas), kuras nākotnē būs atļauts izmantot, lai nodrošinātu aizvien mazāku un mazāku daļu no kopējiem AER. Lai sasniegtu noteiktos mērķus transporta sektorā, būs nepieciešams nodrošināt aizvien pieaugošu moderno biodegvielu ražošanu un izmantošanu. Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2018/2001 par no AER iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu paredz, ka transporta sektorā 2030. gadā visām Eiropas Savienības dalībvalstīm AER izmantošana jānodrošina vismaz 14% apmērā. Direktīva arī pieprasa, lai 2022. gadā moderno biodegvielu īpatsvars (nav ražotas no pārtikā izmantojamām izejvielām) būtu vismaz 0,2% no kopējā patēriņa 2022. gadā un pieaugtu līdz 3,5% 2030. gadā. Latvijā atbilstošu biodegvielu ražotņu nav, tādēļ to izveidošanas iespēju izpēti un radīšana ir aktuāls uzdevums. Bez biodegvielu izmantošanas, AER īpatsvaru transportā var palielināt, izmantojot ar atjaunojamo elektroenerģiju darbināmus transporta līdzekļus. Šis AER īpatsvara uzlabošanas veids ir tikpat aktuāls un nozīmīgs kā biodegvielu ražošana un izmantošana, un abi kopā ir vērsti uz izstrādes stadijā esošā Nacionālā enerģētikas un klimata plānā (NEKP 2030) ietverto uzdevumu “nodrošināt pāreju uz ilgtspējīgu, atjaunojamo un inovatīvu resursu izmantošanu, veicināt ilgtspējīgas enerģētikas sektora attīstību un klimata pārmaiņu mazināšanu” izpildi.

Šī LVM pasūtītā pētījuma mērķis ir izvērtēt moderno biodegvielu ražošanas iespējas Latvijā no mežsaimniecības atlikumiem un prognozēt ar elektrību darbināmu transportlīdzekļu attīstības perspektīvas.

Moderno biodegvielu ražotnes no meža biomasas līdz šim galvenokārt darbojušās kā pilotprojekti, un, atbalsta finansējumam – līdzfinansējumam beidzoties, ražotnes turpmākā pastāvēšana kļuvusi ekonomiski neizdevīga. Pat tāds perspektīvs produkts kā bioetanolis no celulozes nav sasniedzis nozīmīgus ražošanas apjomus. Tajā pašā laikā pēc dažādām tehnoloģijām ražoto biodegvielu skaits pieaug, jo notiek tehnoloģiju pilnveidošana un izejvielu bāzes paplašināšana. Tādēļ moderno biodegvielu ražošanas iespējas Latvijā no mežsaimniecības atlikumiem kļūst arvien aktuālāks jautājums, kas prasa regulāru sasniegto tehnoloģisko risinājumu analīzi.



# 1. POLITIKAS PLĀNOŠANAS DOKUMENTI, STRATĒGIJAS UN NORMATĪVIE AKTI

## Saīsinājumi un definīcijas

AER	Atjaunojamie energoresursi
ANO	Apvienoto Nāciju Organizācija
CNG	Saspiestā dabasgāze
EK	Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
ETL	Elektrotransportlīdzekļi
LNG	Sašķīdinātā dabasgāze
LVM	AS "Latvijas valsts meži"
SEG	Siltumnīcefekta gāzes

**Alternatīvās degvielas** – degvielas vai enerģijas avoti, ar kuriem vismaz daļēji aizstāj fosilos avotus transportlīdzekļu apgādē ar enerģiju un kuriem ir potenciāls veicināt transporta dekarbonizāciju un uzlabot transporta nozares ekoloģiskos rādītājus. Tās ietver:

- 1) elektroenerģiju;
- 2) ūdeņradi;
- 3) biodegvielas;
- 4) dabasgāzi, tostarp biometānu (gāzveida agregātstāvoklī (saspiestā dabasgāze – CNG) un šķidrā agregātstāvoklī (sašķīdinātā dabasgāze – LNG)).

**Aprites ekonomika** – ekonomika, kurā produktu un materiālu vērtība tiek uzturēta iespējami ilgi, atkritumu radīšana un resursu izmantošana tiek samazināta, un, kad produkts ir sasniedzis dzīves cikla beigas, resursi paliek ekonomikā, kur tos izmanto atkal un atkal, lai radītu papildu vērtību.

**Atjaunojamie energoresursi** (tekstā –**AER**) – enerģijas avoti, kas paši dabiski atjaunojas vai papildinās. Tipiski piemēri ir saules enerģija, vējš un biomasas.

**Biodegvielas** – šķidras vai gāzveida degvielas, ko iegūst no biomasas un izmanto transportā.

**Bioekonomika** – tautsaimniecības daļa, kur ražošanas procesā ilgtspējīgā un pārdomātā veidā tiek izmantoti atjaunojamie dabas resursi (augi, dzīvnieki, mikroorganismi u. c.), lai ražotu pārtiku un dzīvnieku barību, industriālos produktus un enerģiju.

**Bioresursi** – jebkuri bioloģiskas izcelsmes resursi.

**Dekarbonizācija** – process, kura laikā vidējais oglekļa daudzums primārajā enerģijā samazinās.

**E-degvielas** – gāzveida vai šķidra veida degvielas, piemēram, ūdeņradis, metāns, sintētiskais benzīns un dīzeļdegvielas, kas ražotas no atjaunojamās elektroenerģijas.

**HVO** – hidrogenēta augu eļļa (šeit – kā biodegviela).

**Ilgtspējīga biodegviela** – biodegviela, kas atbilst MK 05.07.2011. noteikumu Nr. 545 "Noteikumi par biodegvielu un bioloģisko šķidro kurināmo ilgtspējas kritērijiem, to ieviešanas mehānismu un uzraudzības un kontroles kārtību" II. daļā noteiktajiem kritērijiem.

**Mazemisiju mobilitāte** – mobilitāte, kas rada mazas emisijas.

**Modernās biodegvielas** (tekstā – **MBD**) – biodegvielas, kas ražotas no izejvielām, kas uzskaitītas Direktīvā (ES) 2018/2001: a) aļģes, ja tās audzētas uz zemes dīķos vai fotobioreaktoros; b) jauktu sadzīves atkritumu biomasas frakcija, bet tas neattiecas uz dalītiem mājsaimniecības atkritumiem, attiecībā uz kuriem jāievēro Direktīvas 2008/98/EK 11. panta 2. punkta a) apakšpunktā paredzētie

pārstrādes mērķi; c) bioloģiski atkritumi, kas definēti Direktīvas 2008/98/EK 3. panta 4. punktā un kuru izcelsme ir privātas mājsaimniecības, uz kurām attiecas dalīta savākšana, kas definēta minētās direktīvas 3. panta 11. punktā; d) rūpniecisko atkritumu biomasas frakcija, ko nevar izmantot pārtikas vai barības ķēdē, tostarp materiāli no mazumtirdzniecības un vairumtirdzniecības, un lauksaimniecības pārtikas ražošanas, un zvejniecības un akvakultūras nozares; e) salmi; f) kūtsmēsli un notekūdeņu dūņas; g) palmu eļļas ražošanas šķidrās atliekas un tukši palmu augļu ķekari; h) taleļļas darva; i) jēlglicerīns; k) vīnogu čagas un vīna nogulsnes; l) riekstu čaumalas; m) sēnalas; n) vālītes, kas attīrītas no kukurūzas graudiem; o) mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas frakcija, proti, mizas, zari, pirms tirgū laišanas veiktas starpcirtes produkti, lapas, skuju, koku galotnes, zāģskaidas, ēvelskaidas, melnais atsārms, brūnais atsārms, šķiedru dulķes, lignīns un taleļļas darva; p) cits nepārtikas celulozes materiāls; q) cits lignocelulozes materiāls, izņemot zāģbaļķus un finierklučus. Modernās biodegvielas pēc izejvielu ieguves veida iedala otrās paaudzes, trešās paaudzes un ceturtās paaudzes biodegvielās.

**Modernās biodegvielas no mežsaimniecības resursiem** – biodegvielas, kas ražotas no mežsaimniecības un mežsaimniecībā balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas (mizām, zariem, lapām, skujām, koku galotnēm, skaidām u. c.).

**Neto nulles emisijas** – cilvēka radīto oglekļa emisiju samazināšana līdz tādām līmenim, ka tas sakrīt ar piesaistīto oglekļa apjomu no atmosfēras.

**Oglekļa mazietilpīga attīstība** (tekstā–**OMA**) – ilgtspējīga ekonomiskā, vides un sociālā attīstība, kas balstīta gan uz zemām antropogēnām (cilvēku darbības radītām) siltumnīcefekta gāzu (tekstā – **SEG**) emisijām un augstu oglekļa dioksīda (tekstā – **CO<sub>2</sub>**) piesaistes līmeni, gan noturību pret klimata pārmaiņām, to radīto risku mazināšanu un klimata pārmaiņu radīto ieguvumu izmantošanu.

**Saspiestā dabasgāze** (tekstā– **CNG**) – dabasgāze, kas tiek uzglabāta augstā spiedienā. To var izmantot kā alternatīvu benzīnam, tās degšanas procesā izdalās mazāk emisiju.

**Sašķīdinātā dabasgāze** (tekstā– **LNG**) – dabasgāze, kas atdzesēta līdz šķidrībai formai.

**Siltumnīcefekta gāzes** (tekstā– **SEG**) – atmosfēras sastāvdaļa ar dabisku vai antropogēnu izcelsmi, šīs gāzes absorbē un atstaro infrasarkanā starojumu, tādējādi veicinot globālo sasilšanu.

**Tradicionālās biodegvielas** – biodegvielas, kas konkurē ar pārtikas rūpniecību par lauksaimniecībā izmantojamo zemi, piemēram, ražojot šīs biodegvielas no rapša, kviešiem vai kukurūzas.

## Ievads

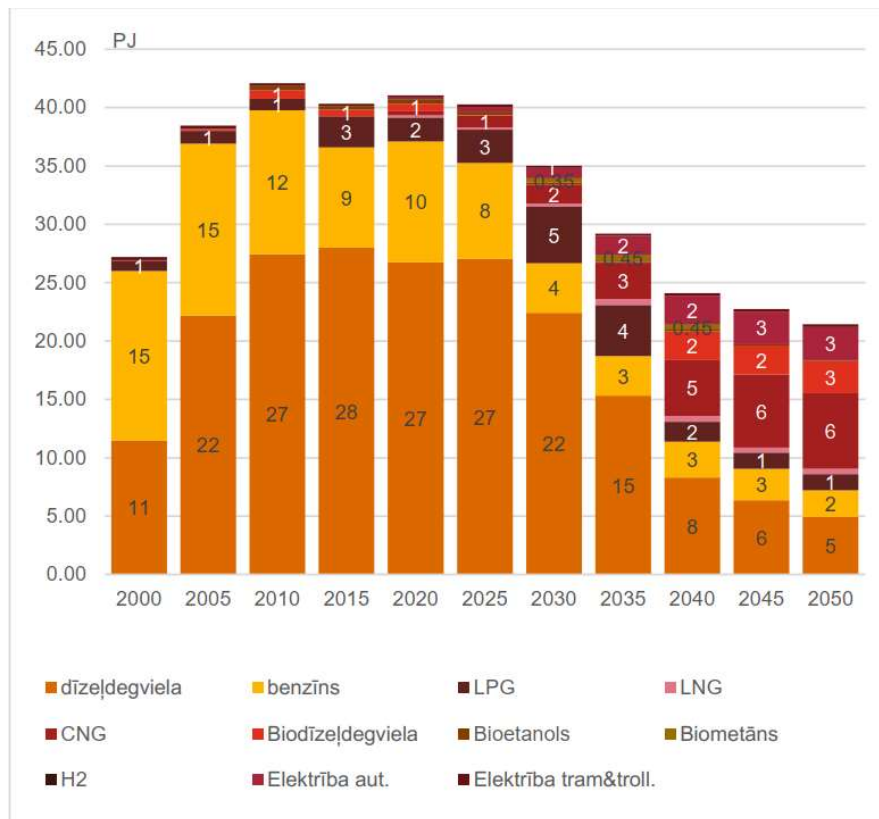
Politikas plānošanas dokumenti un stratēģijas ir pamats, kas nosaka nelabvēlīgu, neitrālu vai stimulējošu vidi moderno biodegvielu attīstībai, jo norāda, kādas prioritātes tiek izvirzītas un kādā virzienā tiks veicināta attīstība. Līdz ar to saistošo politikas un plānošanas dokumentu analīze ir pirmais solis moderno biodegvielu ražošanas iespēju novērtēšanā.

Šajā nodaļā apkopoti un analizēti svarīgākie spēkā esošie ES un Latvijas politikas plānošanas dokumenti un normatīvās vides izvirzītās prasības attiecībā uz transporta enerģētiku un modernajām biodegvielām, kas nosaka kopējo ietvaru un, iespējams, sniedz pamatojumu moderno biodegvielu ražošanas attīstīšanai Latvijā.

LVM pasūtītā pētījuma “Moderno biodegvielu ražošanas perspektīvas Latvijā un elektrotransportlīdzekļu perspektīvas” (tekstā – Pētījums) kontekstā būtisks ir 2018. gadā SIA “PricewaterhouseCoopers” izstrādātais “Pētījums par Eiropas Parlamenta un Padomes 2014. gada 22. oktobra Direktīvas 2014/94/ES par alternatīvo degvielu ieviešanu scenārijiem autotransporta sektorā” (turpmāk tekstā – SM pētījums), kas izstrādāts, pamatojoties uz Satiksmes ministrijas pasūtījumu, ar mērķi noteikt Latvijas tautsaimniecībai visefektīvāko alternatīvo degvielu

infrastruktūras ieviešanas scenāriju. SM pētījumā apskatīti dažādi alternatīvo degvielu veidi (elektroenerģija, saspiegtā dabasgāze, sašķidrinātā dabasgāze, ūdeņradis, biodegvielas) un to infrastruktūras ieviešanas scenāriji.

Sākotnēji, LVM pasūtīto pētījumu uzsākot, tika paredzēts, ka politikas plānošanas dokumentu, stratēģiju un normatīvo aktu analīze LVM pētījuma ietvaros tiks balstīta uz SM pētījuma rezultātiem, taču, analizējot SM pētījumu, secināts, ka, saskaņā ar tajā attēloto Optimālo scenāriju, būtiskas izmaiņas degvielas veidu izmantošanā tiek paredzētas tikai no 2030. gada (1.1. att.), kas neatbilst šajā nodaļā apskatīto dokumentu mērķiem. Turklāt attiecīgās izmaiņas degvielas veidu izmantošanā SM pētījumā nav skaidri pamatotas. Līdz ar to SM pētījums LVM pētījumā apskatīts tikai vispārīgi.



1.1. att. SM pētījumā attēlotais enerģijas patēriņš autotransportā un tā sadalījums pa veidiem, PJ, atbilstoši modelētajam Optimālajam scenārijam.

SM pētījumā secināts, ka līdz 2035. gadam no izmaksu viedokļa ir izdevīgāk attīstīt CNG, LNG un biodegvielas, kas kalpo kā pārejas tehnoloģijas autotransportā SEG emisiju samazināšanai, taču pēc 2035. gada un ilgtermiņā gan no izmaksu, gan no SEG emisiju samazināšanas viedokļa izdevīgi ir elektrotransportlīdzekļu (ETL) un biodegvielas izmantošanas scenāriji (*PricewaterhouseCoopers*, 2018). Tādējādi biodegvielas atzītas par transportlīdzekļu degvielas veidu, kura aktualitāte pieaugs vidējā termiņā un saglabāsies arī ilgtermiņā.

SM pētījumā definēti seši politikas instrumenti, kas nepieciešami, lai īstenotu Latvijas tautsaimniecībai izdevīgāko stratēģiju AER īpatsvara palielināšanai un SEG emisiju samazināšanai transporta sektorā. No tiem attiecībā uz LVM pasūtīto pētījumu par būtiskākajiem uzskatāmi:

- 1) normatīvais regulējums atbilstošas infrastruktūras attīstībai – bez atbilstošas infrastruktūras moderno biodegvielu realizācija tirgū ir stipri ierobežota, jo nav iespējams nodrošināt to pieejamību. Nepiemērotas vietējās infrastruktūras gadījumā ir iespējams koncentrēties uz

starptautisko tirgu – uz pieprasījumu no valstīm ar attīstītu infrastruktūru, tomēr, lai izvērtētu šīs iespējas, vispirms jāveic detalizēta tirgus izpēte;

- 2) budžets biodegvielas transportlīdzekļu iegādes atbalstam – ņemot vērā, ka nozīmīga daļa moderno biodegvielu veidu nav piemērota esošajiem fosilo degvielu transportlīdzekļu dzinējiem, bez piemērotu automobiļu iegādes moderno biodegvielu ražošanas iespējas aprobežojas tikai ar dažiem degvielu veidiem;
- 3) sabiedrības informēšana – paredzams, ka vismaz sākotnēji pāreja uz moderno biodegvielu izmantošanu varētu paredzēt papildu izmaksas no patērētāju puses, līdz ar to ir ļoti svarīgi iepriekš minētos politikas instrumentus papildināt ar pasākumiem sabiedrības informēšanai par moderno biodegvielu izmantošanas iespējām un pieejamo atbalstu, kā arī izglītošanai par biodegvielu izmantošanas būtiskumu.

Kamēr ES līmeņa politikas dokumentos arvien tiek uzsvērta nepieciešamība pēc naftas degvielu straujas nomaiņas pret biodegvielām, tikmēr tiek norādīts, ka pirmās paaudzes biodegvielas nav ilgtspējīgs risinājums un vajadzētu koncentrēties uz moderno biodegvielu attīstību.

Salīdzinot tradicionālās biodegvielas un modernās biodegvielas, svarīgi ir uzsvērt, ka to atšķirību galvenokārt nosaka ražošanai izmantotās izejvielas. Kamēr tradicionālo biodegvielu ražošanai tiek izmantoti pārtikas kultūraugi, moderno biodegvielu ražošana uzskatāma par ilgtspējīgāku, jo neapdraud pārtikas apgādi un neveicina zemes lietojuma maiņu. Līdz ar to tradicionālo un moderno biodegvielu galaprodukti var būt vieni un tie paši. Ņemot vērā iepriekš minēto, politikas dokumenti, kas attiecas uz biodegvielām, ir saistoši arī attiecībā uz modernajām biodegvielām.

Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija) (turpmāk tekstā – Direktīva 2018/2001) nosaka, ka atbalstāma moderno biodegvielu izmantošana un ir jāierobežo tradicionālo biodegvielu izmantošana (Eiropas Parlaments un Padome, 2018). Direktīva 2018/2001 kā vienu no prasībām nosaka nepieciešamību palielināt moderno biodegvielu īpatsvaru tā, lai 2030. gadā šīs degvielas nodrošinātu vismaz 3,5% no transporta enerģijas.

Statistikas dati liecina, ka biodegvielu izmantošana Latvijā pēdējo gadu laikā ir bijusi mainīga. Galvenie biodegvielu veidi ir bioetanolis un biodīzeļdegviela. To izmantošana salīdzinājumā ar 2008. gadu ir augusi, taču nevienmērīgi (CSP, Energobilance, naturālās mērvienībās, 2019). Latvijā šobrīd apgūst un izmanto četrus biodegvielu veidus: bioetanolu (lieto kā piedevu benzīnam), rapša eļļu (izmanto tīrā veidā nelielā daudzumā modificētos dīzeļmotoros) rapša eļļas metilesteri jeb biodīzeļdegvielu (piedeva dīzeļdegvielai) un biogāzi. Šīs biodegvielas pieskaitāmas tradicionālajām biodegvielām.

Ņemot vērā Direktīvas 2018/2011 iepriekšminētās prasības, moderno biodegvielu īpatsvara palielināšana iekļauta arī Latvijas Nacionālā enerģētikas un klimata plānā 2021.–2030. gadam. Šobrīd Latvijā moderno biodegvielu ražošana nenotiek, tāpēc šī plāna izpildē var uzskatīt par izaicinājumu nacionālā mērogā. Arī normatīvais regulējums attiecībā uz moderno biodegvielu ražošanu un lietošanu vēl nav attīstīts. Tikmēr pastāv stipri motivējošie faktori moderno biodegvielu atbalstam tuvā nākotnē. Nacionālā enerģētikas un klimata plānā 2021.–2030. gadam paredzēts noteikt mērķi sasniegt 0,2% moderno biodegvielu īpatsvaru transportā līdz 2022. gadam un 3,5 % līdz 2030. gadam (Ekonomikas ministrija, 2019). Atbilstoši Direktīvai 2018/2001 moderno biodegvielu izmantošanai būs pozitīva ietekme uz Latvijai saistošo mērķu izpildi attiecībā uz SEG emisiju samazināšanu turpmākajos gados, pamatojoties uz noteikto aprēķinu metodiku, kas piešķir modernajām biodegvielām lielāku koeficientu.

Ņemot vērā mežsaimniecības būtiskumu Latvijas ekonomikā, mežsaimniecības atlikumi ir vērtīgs resurss, kas paver iespējas moderno biodegvielu ražošanai. Šādas ražošanas attīstība veicinātu arī Latvijas Bioekonomikas stratēģijas mērķu sasniegšanu.

## 1.1. SAISTOŠO POLITIKAS PLĀNOŠANAS DOKUMENTU UN STRATĒGIJU APSKATS

Šajā apakšnodaļā analizēti ES līmeņa un Latvijas līmeņa politikas plānošanas dokumenti un stratēģijas, kas ir aktuālas moderno biodegvielu ražošanas kontekstā. Attiecīgi, apakšnodaļā tiek izvērtēts biodegvielu un arī konkrēti moderno biodegvielu nozīmīgums katra saistošā dokumenta ietvaros.

### 1.1.1. ANO ilgtspējīgas attīstības mērķi

ANO definētie 17 ilgtspējīgas attīstības mērķi ir kā ietvars, uz kuru pamatojoties, tiks sasniegta labāka un ilgtspējīgāka nākotne visā pasaulē. Šie mērķi ir savstarpēji saistīti, un vairāki no tiem ietver jautājumu par atjaunojamu un modernu energoresursu attīstīšanu. Viens no šiem mērķiem ir **nodrošināt piekļuvi cenās ziņā pieejamai, uzticamai, ilgtspējīgai un modernai enerģijai**. Šī mērķa ietvaros ANO nosaka, ka līdz 2030. gadam ir jākoncentrējas uz būtisku AER īpatsvara pieaugumu globālā mērogā. **Steidzama rīcība klimata pārmaiņu un to ietekmes mazināšanai** ir mērķis, kam tiek piešķirta īpaša prioritāte. Šī mērķa ietvaros noteikts apakšmērķis – integrēt klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumus valstu politikā, stratēģijās un plānošanā.

Moderno biodegvielu ražošana veicinātu augstāk minēto ANO izvirzīto mērķu sasniegšanu, jo palielinātu modernas enerģijas izmantošanas īpatsvaru, paaugstinātu AER īpatsvaru, kā arī mazinātu klimata pārmaiņas, sniedzot ieguldījumu videi draudzīgākas transporta enerģijas attīstībā.

### Eiropas līmeņa dokumenti

#### 1.1.2. Eiropas Komisijas Aprites ekonomikas pakotne

Atspoguļojot ANO izvirzītos ilgtspējības mērķus, arī EK 02.12.2015. pieņēma Aprites ekonomikas pakotni, kuras mērķis ir sekmēt Eiropas pāreju uz aprites ekonomiku, kurā produktu un materiālu vērtība tiek uzturēta iespējami ilgi, atkritumu radīšana un resursu izmantošana tiek samazināta, un, kad produkts ir sasniedzis dzīves cikla beigas, resursi paliek ekonomikā, kur tos izmanto atkal un atkal, lai radītu papildu vērtību (European Commission, 2015).

Izmantojot bioresursus atbilstoši aprites ekonomikas principiem, jāpievērš uzmanība to aprites ciklam, ietekmei uz vidi un ilgtspējīgai iegūšanai. Saistībā ar bioresursu izmantošanu Aprites ekonomikas pakotnē viens no galvenajiem rīcības virzieniem ir noteikts veicināt bioresursu efektīvu izmantošanu, izmantojot virkni pasākumu, piemēram, vadlīniju un labākas prakses izplatīšanu par kaskādes tipa biomasas izmantošanu un inovāciju atbalstīšanu bioekonomikā.

Moderno biodegvielu ražošana no mežsaimniecības atlikumiem un atkritumiem atbilst resursu kaskādes tipa izmantošanai, jo piedāvā iespēju iegūt vērtīgus produktus no kvalitatīvo resursu pārpalikumiem, kā arī glabā potenciālu attīstīt inovatīvus produktus un biodegvielu ieguves tehniku, līdz ar to ir saskaņā ar minēto rīcības virzienu.

#### 1.1.3. Eiropas Savienības Enerģētikas savienības stratēģija

Eiropas Komisija 2015. gada februārī uzsāka jaunu elastīgas enerģijas savienības stratēģiju ar tālredzīgu klimata pārmaiņu politiku. ES enerģētikas politikai ir trīs pamatmērķi: piegādes drošība, ilgtspēja un konkurētspēja. Stratēģiju veido pieci savstarpēji papildinoši un cieši saistīti aspekti, kas ir svarīgi enerģētiskās drošības, ilgtspējas un konkurētspējas palielināšanai (Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komiteja, 2015):

- 1) enerģētiskā drošība, solidaritāte un uzticēšanās;
- 2) pilnībā integrēts Eiropas enerģijas tirgus;
- 3) energoefektivitāte, kas palīdz iegrozīt pieprasījumu;
- 4) ekonomikas dekarbonizācija;
- 5) pētniecība, inovācija un konkurētspēja.

Ceturtais ziņojums par Enerģētikas Savienības stāvokli, kas pieņemts 09.04.2019., liecina, ka EK ir pilnībā īstenojusi savu Enerģētikas Savienības stratēģijā izklāstīto redzējumu par pieejamas, drošas, konkurētspējīgas un ilgtspējīgas enerģijas nodrošināšanu visiem Eiropas iedzīvotājiem (Eiropas Komisija, 2019).

Moderno biodegvielu ražošana no mežsaimniecības pārpalikumiem atbalsta vismaz vienu no ES enerģētikas politikas pamatmērķiem – ilgtspējību. To galvenokārt pamato tādi aspekti kā koksnes resursu efektīvāka izmantošana, tīrākas transporta enerģijas veicināšana, kā arī izvairīšanās no papildus zemes resursu izmantošanas (salīdzinājumā ar resursiem, kas speciāli tiek audzēti biodegvielu ieguvei) un pārtikas kultūraugu izmantošanas.

#### **1.1.4. Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija)**

Direktīvā 2018/2001 noteiktais kopējais ES AER patēriņa mērķis līdz 2030. gadam ir 32 %. Savukārt AER daļai no kopējām transporta degvielām līdz 2030. gadam ir jābūt 14%. Direktīvā 2018/2001 izvirzīti arī citi sekojoši mērķi:

- 1) ierobežot pirmās paaudzes degvielu lietošanu līdz 2020. gadam ar nosacījumu, ka tās nedrīkst pārsniegt 7% no dzelzceļa vai ceļu transporta nozares kopējā galapatēriņa;
- 2) palielināt moderno biodegvielu īpatsvaru tā, lai 2022. gadā šīs degvielas veidotu vismaz 0,2 % no transportā izmantojamās enerģijas, 2025. gadā – 1% un līdz 2030. gadam - vismaz 3,5 %;
- 3) AER īpatsvara aprēķinā modernās biodegvielas tiks ierēķinātas “divkārt”, izmantojot koeficientu 2, lai palielinātu motivāciju šīs degvielas izmantot (Eiropas Parlaments un Padome, 2018).

Saskaņā ar Direktīvu 2018/2001, katra dalībvalsts ir tiesīga pati noteikt, kā tieši šie mērķi tiks integrēti nacionālajā enerģētikas un klimata plānā. Tomēr izvirzīto mērķu integrēšanai nacionālajos enerģētikas un klimata plānos noteiktas vairākas pamatnostādnes:

- 1) var noteikt vai izvēlēties dažādus degvielas piegādātājus un enerģijas nesējus, nosakot savu ceļu 14% minimālā apakšmērķa transporta nozarē sasniegšanai;
- 2) var brīvi izvēlēties vispiemērotāko atbalsta veidu atjaunojamiem energoresursiem transportā, piemēram, apjoma kvotas, enerģijas kvotas vai SEG emisiju samazināšanas mērķus;
- 3) var nošķirt dažādus tradicionālo biodegvielu veidus un noteikt dažādus ierobežojumus katrai kategorijai (piemēram, nosakot zemāku limitu eļļas kultūrām nekā cita veida pārtikas un lopbarības kultūrām);
- 4) biodegvielas, bioloģiskie šķidrie kurināmie un biomasas degvielas, kas ražotas no pārtikas vai dzīvnieku barības kultūraugiem, nedrīkst pārsniegt 7 % no enerģijas galapatēriņa autotransporta un dzelzceļa nozarēs. Dalībvalstis var nolemt, ka šādu biodegvielu ieskaite AER mērķī ir jāierobežo zem minētajiem 7%, un tādā gadījumā par proporcionālu daļu var samazināt AER mērķi transportā;
- 5) dalībvalstīm būtu jāizvairās no situācijām, kurās pārāk daudz resursu tiek importēts no trešajām valstīm (Eiropas Parlaments un Padome, 2018).

Direktīvā 2018/2001 ietvertie nosacījumi, tai skaitā mērķis par vismaz 3,5 % MBD īpatsvaru transporta enerģijā, dalībvalstīm normatīvajos aktos jāievieš līdz 30.06.2021.

Moderno biodegvielu ražošana no mežsaimniecības atlikumiem ir pilnībā saskanīga ar augstāk minētajiem Direktīvā 2018/2001 izvirzītajiem mērķiem un var būtiski veicināt to sasniegšanu. Savukārt izvirzīto mērķu integrēšanai nacionālajos enerģētikas un klimata plānos noteiktās pamatnostādnes sniedz iespēju šos mērķus pielāgot Latvijas situācijai (piemēram, finansiālo atbalstu koncentrēt uz moderno biodegvielu ražošanu tieši no mežsaimniecības atlikumiem). Pēdējā no minētajām pamatnostādnēm uzsver nepieciešamību moderno (otrās, trešās un ceturtās paaudzes) biodegvielu ražot no vietējiem resursiem, tādējādi mazinot nepieciešamo resursu importu.

Izvirzīto mērķu integrēšana Latvijas Nacionālajā enerģētikas un klimata plānā apskatīta 1.1.11. nodaļā.

Direktīvā 2018/2001 uzsvērts, ka biodegvielas ražošanai vajadzētu būt ilgtspējīgai, kā arī ir būtiski nodrošināt otrās paaudzes biodegvielu komerciālu pieejamību. Par biodegvielu ilgtspējību Direktīvā 2018/2001 noteikts, ka biodegvielu attīstībai nevajadzētu veicināt bioloģiski daudzveidīgu platību iznīcināšanu un biodegvielai, kuras ražošanai izmantotas izejvielas no bioloģiski daudzveidīgām platībām, kā arī dabas aizsardzībai vai reti sastopamu, apdraudētu un izzūdošu ekosistēmu vai sugu aizsardzībai paredzētām platībām, nevajadzētu saņemt atbalstu. Ierobežojumi attiecas arī uz platību pārveidošanu ar augstu oglekļa koncentrāciju, tostarp mitrāju un mežaudžu ar lapotni, kas pārsniedz 30 %, un mežaudžu ar lapotni no 10 % līdz 30 %, ja vien netiek pierādīts, ka oglekļa koncentrācija šajās mežaudzēs ir pietiekami zema, lai saskaņā ar šajā direktīva minētajiem noteikumiem nepieļautu augsnes pārveidošanos. Tāpat norādīts, ka, aprēķinot SEG emisijas ietaupījumu, jāņem vērā visa kopējā oglekļa emisija no biodegvielu izmantošanas, iekļaujot arī augsnes vai augu segu pārveidošanas rezultātā radušos oglekļa dioksīdu. Iepriekš minētie kritēriji ir integrēti MK 05.07.2011. noteikumos Nr. 545 “Noteikumi par biodegvielu un bioloģisko šķidro kurināmo ilgtspējas kritērijiem, to ieviešanas mehānismu un uzraudzības un kontroles kārtību” (turpmāk tekstā – MK noteikumi Nr. 545) un izvērstāk apskatīti 1.2.3. apakšnodaļā.

Attiecībā uz biodegvielām, kas ražotas no koksnes, Direktīvā 2018/2001 noteikts, ka kokaugu izejvielas būtu jāiegūst tikai mežos, kur izstrāde notiek saskaņā ar ilgtspējīgas mežu apsaimniekošanas principiem, kas izstrādāti starptautiskos procesos mežsaimniecības jomā. Tāpat uzsvērts, ka mežos, kur notiek mežizstrāde, jānodrošin āmežu atjaunošana un īpaša uzmanība jāpievērš bioloģiskās daudzveidības, ainavu un konkrētu dabas elementu aizsardzībai.

Biodegvielu ražošana no mežizstrādes atlikumiem kopumā atbilstu ilgtspējības kritērijiem, jo nepieprasītu platību pārveidošanu. Tomēr regulējums attiecībā uz izejvielu iegūšanu bioloģiski daudzveidīgu platību kontekstā var radīt ierobežojumus, ņemot vērā, ka biotopu bioloģiskā vērtība ne vienmēr ir skaidri apzināta, kā arī var būt laikā mainīga.

Ņemot vērā, ka Latvijas attīstība MBD izmantošanas jomā vēl nav sākusies, kā arī faktu, ka līdz 2030. gadam jāsasniedz vismaz 3,5 % MBD īpatsvars transporta enerģijā (vai pretējā gadījumā - jāstājas likuma priekšā un jāmaksā soda nauda), ir strauji jāuzsāk tādas politikas veidošana, kas veicinātu MBD ražošanu Latvijā un šādas biodegvielas izmantošanu.

#### **1.1.5. “Tīru planētu – visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku”**

EK paziņojums “Tīru planētu–visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku” (turpmāk tekstā – Paziņojums) izdots 28.11.2018. Tajā uzsvērts, ka tūlītēja un izlēmīga rīcība klimata politikas jomā ir kļuvusi neatliekama, jo klimata pārmaiņas var postoši skart pasauli, kā arī Eiropas ekonomikas ražīgumu, infrastruktūru,

pārtikas pašapgādi, sabiedrības veselību, bioloģisko daudzveidību un politisko stabilitāti. Šobrīd ES, kas ir atbildīga par 10 % no globālajām SEG emisijām, ir pasaules mēroga līdere pārejā uz SEG neto nulles emisiju ekonomiku. Jau 2009. gadā ES sev noteica mērķi līdz 2050. gadam panākt emisiju samazinājumu par 80 – 95 %, taču, lai temperatūras pieaugumu ierobežotu līdz 1,5 °C salīdzinājumā ar līmeni pirmsindustrializācijas periodā (īstenojot Parīzes nolīguma mērķi), ogļskābās gāzes (CO<sub>2</sub>) neto emisiju nulles līmenis pasaules mērogā jāsasniedz ap 2050. gadu, bet visu pārējo SEG klimatneitralitāte - nedaudz vēlāk šajā gadsimtā. Paziņojumā norādīts, ka ilgtermiņa mērķis ir noteikt ES klimata un enerģētikas rīcībpolitikas vispārīgo virzienu un noteikt galvenos aspektus tam, kā Eiropa var panākt SEG samazinājumu un neto nulles emisijas atbilstoši Parīzes nolīgumam un ANO ilgtspējības mērķiem, sociāli taisnīgā un izmaksu ziņā efektīvā veidā.

Paziņojumā noteiktas stratēģiskās prioritātes pārejai uz SEG neto nulles emisiju ekonomiku:

- 1) aktīva sabiedrības iesaiste, rūpes par tiem, kas pārejas laikā būs mazāk aizsargāti;
- 2) tehnoloģiskās inovācijas izvēšana enerģētikas, ēku, transporta, rūpniecības un lauksaimniecības nozarē (piemēram, aprites ekonomika);
- 3) galvenā nozīme – enerģētikai, kas ir vislielākais emisiju avots.

Sagaidāms, ka ar esošajām rīcībpolitikām un mērķrādītājiem SEG emisijas līdz 2030. gadam samazināsies par aptuveni 45 %, bet līdz 2050. gadam – par aptuveni 60 %, kas nav pietiekami Parīzes nolīguma mērķu sasniegšanai. Ziņojumā izvērtēti astoņi pārejas ceļi, kas ļautu ES paveikt savu daļu Parīzes nolīguma mērķu sasniegšanā vai tuvoties tam. Attiecīgi noteikti septiņi galvenie stratēģiskie principi pārejai uz SEG neto nulles emisiju ekonomiku:

1. princips – maksimāli palielināt ieguvumus no energoefektivitātes, arī no nulles emisiju ēkām;
2. princips – maksimāli palielinot AER un elektroenerģijas praktisko lietojumu, pilnībā dekarbonizēt Eiropas energoapgādi;
3. princips – ieviest tīru, drošu un satīklotu mobilitāti;
4. princips – konkurētspējīgu ES rūpniecību un aprites ekonomiku izveidot par galveno faktoru, kas ļauj samazināt SEG emisijas;
5. princips – izveidot adekvātu viedtīklu infrastruktūru un starpsavienojumus;
6. princips – pilnībā izmantot bioekonomikas sniegtās priekšrocības un izveidot lielās oglekļa dioksīda piesaistītājsistēmas;
7. princips – atlikušās CO<sub>2</sub> emisijas kompensēt ar oglekļa dioksīda uztveršanas un uzglabāšanas palīdzību.

Trešais princips – tīras, drošas un satīklotas mobilitātes ieviešana – var potenciāli radīt būtisku SEG samazinājumu, jo ES transporta sektors rada aptuveni ceturto daļu no kopējām ES emisijām. Autobūves nozare jau tagad daudz investē bezemisiju un mazemisiju transportlīdzekļu tehnoloģiju izstrādē, piemēram, elektrotransportlīdzekļos. Tomēr pašreizējās zināšanas un tehnoloģijas rāda, ka no AER ražota elektrība izolēti no citiem risinājumiem nederēs visiem transporta veidiem. Vidējos un lielos attālumos visenergoefektīvākais kravu pārvadāšanas risinājums joprojām ir dzelzceļš. Kamēr vēl nav jaunu tehnoloģiju, kuras ļautu elektrificēt vairāk transporta veidu nekā līdz šim, būs vajadzīgas alternatīvās degvielas. Kā potenciāli noderīgas degvielas dažādiem transporta veidiem Paziņojumā minētas sašķidrināta dabasgāze ar augstu biometāna piemaisījumu, modernās biodegvielas un bezoglekļa e-degvielas.

Moderno biodegvielu ražošana atbilst vairākiem no Paziņojumā noteiktajiem stratēģiskajiem principiem. Modernās biodegvielas palielina AER izmantošanu, veicina tīras mobilitātes attīstību, kā arī ir saskaņā ar aprites ekonomikas principiem.



### **1.1.6. Transporta Baltā grāmata “Ceļvedis uz Eiropas vienoto transporta telpu – virzība uz konkurētspējīgu un resursu efektīvu transporta sistēmu”**

Transporta Baltā grāmata “Ceļvedis uz Eiropas vienoto transporta telpu – virzība uz konkurētspējīgu un resursu efektīvu transporta sistēmu” (turpmāk – Baltā grāmata) ir Eiropas Komisijas 28.03.2011. izdots dokuments, kurā ietverts rīcības plāns ar 40 punktiem un norādīta 131 konkrēta iniciatīva transporta nozares attīstībai, lai izveidotu konkurētspējīgu transporta sistēmu, kas likvidēs tās vājās vietas un ļaus efektīvi un droši pārvadāt pasažierus un preces visā ES. Ar šiem priekšlikumiem plānots samazināt ES atkarību no importētas naftas, kā arī panākt mobilitāti praktiski bez CO<sub>2</sub> emisijām.

Galvenais Baltajā grāmatā izvirzītais mērķis saistībā ar personīgo un publisko transportu ir mazināt ietekmi uz vidi, samazinot transporta sektora SEG emisijas par 60 % līdz 2050. gadam (salīdzinājumā ar 1990. gada līmeni). Attiecīgi, līdz 2030. gadam noteikts mērķis samazināt transporta nozares SEG emisijas par aptuveni 20 % (salīdzinājumā ar 2008. gada līmeni). Minētos mērķus paredzēts sasniegt, galvenokārt koncentrējoties uz „tradicionālās degvielas” automobiļu (automobiļu, kuros izmantoti iekšdedzes dzinēji, kas nav hibrīddzinēji) izmantošanas samazināšanu (Eiropas Komisija, 2011).

Baltajā grāmatā noteikts, ka ir jāatbalsta tādas energoefektīvas inovācijas, kas sekmētu mazāku enerģijas patēriņu transportā, kā arī atbalstītu tīrāku enerģijas iegūšanu, ieviešot tīrākas, ilgtspējīgas degvielas un nodrošinātu pietiekamu degvielas uzpildes staciju daudzumu jaunieviestajām degvielām, vienlaicīgi modernizējot transporta infrastruktūru (Eiropas Komisija, 2011).

Papildus Baltajā uzsvērts, ka ļoti būtiska ir saskaņotība ES līmenī. Situācija, ka, piemēram, kāda dalībvalsts izvēlas izmantot tikai un vienīgi elektriskus automobiļus, bet kāda cita – tikai biodegvielas, iznīcinātu koncepciju par brīvu pārvietošanos Eiropā (Eiropas Komisija, 2011).

Lai arī nepieciešamība tieši pēc biodegvielu attīstības Baltajā grāmatā nav uzsvērtā, dodot priekšroku transporta enerģijas dažādībai, MBD ražošana viennozīmīgi veicinātu tajā izvirzīto mērķu sasniegšanu, jo sniegtu ieguldījumu transporta nozares SEG emisiju mazināšanā. MBD ražošanas kontekstā Baltā grāmata ir būtiska, jo tā attiecas ne tikai uz transporta enerģijas attīstību ražošanas līmenī, bet arī paredz labvēlīgus apstākļus lietošanas līmenī, piemēram, atbilstošas infrastruktūras attīstīšanai un „tradicionālās degvielas” automobiļu izmantošanas samazināšanai.

### **1.1.7. Eiropas Zaļais kurss**

Eiropas Komisija 11.12.2019. nāca klajā ar iniciatīvu „Eiropas Zaļais kurss” (turpmāk – Zaļais kurss), kuras galvenais mērķis ir 2050. gadā sasniegt klimatneitralitāti (neto nulles emisijas) (Eiropas Komisija, 2019). Viena no astoņām izdalītajām politikas jomām Zaļajā kursā ir ilgtspējīga mobilitāte. Zaļā kursa mērķis saistībā ar ilgtspējīgu mobilitāti ir samazināt transporta emisijas līdz 2050. gadam par 90 %. Saskaņā ar dokumentu plānots, ka 2025. gadā Eiropā būs aptuveni 13 miljoni nulles- un maz-emisiju automobiļu, līdz ar to būs nepieciešams 1 miljons publisko uzlādes un uzpildes staciju. Atbilstošas infrastruktūras attīstīšanai, ES drīzumā plāno piešķirt jaunu finansējumu. Eiropas Komisija apsvērs iespēju ieviest jaunus normatīvus ilgtspējīgu alternatīvo degvielu ražošanai un izmantošanai. Tikmēr plānots ieviest arī stingrākus emisiju standartus automobiļiem ar iekšdedzes dzinējiem. Parāli fosilo degvielu subsidēšanu plānots pilnībā pārtraukt. Eiropas Komisija 2020. gadā plāno ieviest stratēģiju ilgtspējīgai un viedai mobilitātei, kas apskatīs problēmas saistībā ar visiem transporta sektora emisiju avotiem. Paredzams, ka šajā stratēģijā īpaša uzmanība būs veltīta arī modernajām biodegvielām, ņemot vērā to potenciālu fosilo degvielu aizstāšanā un atbilstību aprites ekonomikas principiem.

Transporta nozarei īpaši saistošas arī trīs citas Zaļajā kursā izdalītās politikas jomas – tīra enerģija, piesārņojuma mazināšana un rīcība klimata jomā, kamēr attiecībā uz modernajām biodegvielām aktuālas ir jomas arī par ilgtspējīgu ražošanu, bioloģisko daudzveidību un ilgtspējīgu pārtikas sistēmu (no enerģētisko resursu ieguves viedokļa). Tomēr precīzi par šo jomu ietekmi uz moderno biodegvielu attīstības iespējām varēs spriest pēc turpmāku politikas dokumentu ieviešanas.

Attiecībā uz mežu resursiem, Zaļais kurss uzsver nepieciešamību saglabāt un veicināt bioloģisko daudzveidību, veicināt apmežošanu un mežu atjaunošanu, kā arī atbalstīt tikai ilgtspējīgu mežu apsaimniekošanu. Eiropas Komisija paredz nākt klajā ar jaunu mežu stratēģiju, kurā būtiska loma tiks veltīta arī bioekonomikai. Tāpat Eiropas Komisija 2020. gada martā plāno ieviest aprites ekonomikas rīcības plānu, kas veicinās klimatneitrālu produktu un aprites produktu tirgus attīstību un tādējādi būs īpaši aktuāls moderno biodegvielu ražošanai no mežsaimniecības atlikumiem.

Zaļā kursa dokumentā izvirzīto mērķu sasniegšanai Eiropas Komisija 2020. gada martā paredz nākt klajā ar priekšlikumu Eiropas pirmajam „Klimata likumam”, kas nodrošinās to, ka visas valstis un visi sektori sniedz ieguldījumu Eiropas klimatneitralitātes sasniegšanā.

Lai arī pagaidām Zaļā kursa dokumentā tiešā veidā netiek runāts par modernajām biodegvielām, vērtējams, ka šī iniciatīva īpaši būtiski veicinās moderno biodegvielu ražošanas iespējas no mežsaimniecības atlikumiem. MBD ražošana ir saskaņā ar lielāko daļu Zaļajā kursā apskatīto jomu. Piemēram, tā veicinātu emisiju samazināšanu, aizstājot fosilās degvielas, būtu saskaņā ar aprites ekonomikas principiem un potenciāli atbilstu arī ilgtspējīgai mežu apsaimniekošanai. Drīzumā paredzētie Zaļo kursu papildinošie politikas dokumenti un normatīvi atklās skaidrākas iespējas moderno biodegvielu attīstībai.

## **Latvijas līmeņa dokumenti**

### **1.1.8. Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam**

Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam (turpmāk tekstā – LIA stratēģija) pieņemta 2010. gada jūnijā. Moderno biodegvielu attīstība attiecināma uz LIA stratēģijas sadaļu “Atjaunojama un droša enerģija”, kuras mērķis ir nodrošināt valsts enerģētisko neatkarību, palielinot energoresursu pašnodrošinājumu un integrējoties ES enerģijas tīklos. LIA stratēģijas izstrādes brīdī patēriņš transporta jomā veidoja aptuveni trešo daļu no Latvijas primāro energoresursu patēriņa un gandrīz pilnībā balstījās uz naftas produktu importu, jo elektroenerģijas un biodegvielas īpatsvars transporta enerģijas galapatēriņā bija salīdzinoši nenozīmīgs. Dokumentā noteikts, ka izaicinājums transporta jomā ir plašāka elektriskās piedziņas izmantošana gan sabiedriskajā transportā, gan privātajā autotransportā, kā arī biodegvielai un biogāzei ir labas perspektīvas, lai nodrošinātu transportu ar enerģiju.

Ieteiktie energoefektīva un videi draudzīga transporta politikas risinājumi izceļ nepieciešamību veicināt sabiedriskā transporta un privātā autotransporta pāreju uz elektrisko piedziņu, ar biometānu un biodegvielu darbināmiem dzinējiem un hibrīddzinējiem aprīkotiem automobiļiem, tādējādi samazinot vides piesārņojumu un fosilo energoresursu patēriņu. LIA stratēģija pievēršas arī ilgtspējīgai dabas kapitāla izmantošanai, kā galamērķi nosakot “būt ES līderei dabas kapitāla saglabāšanā, palielināšanā un ilgtspējīgā izmantošanā”. Lai šo mērķi sasniegtu, ir jāattīsta daudzveidīga un eksportspējīga „zaļā ekonomika”. Dabas aktīvu straujākai kapitalizēšanai ieteikts stimulēt tās uzņēmējdarbības aktivitātes, kas dabas kapitālu izmanto ilgtspējīgi. Izveidojot dabas atjaunošanas fondu, varētu radīt lielākas finansējuma saņemšanas iespējas mazajiem un vidējiem uzņēmumiem, kuri attīsta jaunus pakalpojumus, tehnoloģijas un produktus, efektīvi un ilgtspējīgi izmantojot dabas resursus.

LIA stratēģijā norādīts, ka koksnei kā AER ir vislielākais izmantošanas pieauguma potenciāls, tāpēc nepieciešamas izmaiņas koksnes izmantošanas politikā ar mērķi stimulēt enerģētiskās koksnes pilnvērtīgu izmantošanu galvenokārt vietējās enerģētikas attīstībai. Tāpat teikts, ka AER sektora attīstības sekmēšanai būtiski jāpalielina reģionālās biomasas (koksnes atlikumu, salmu un niedru) koģenerācijas termoelektrocentrāļu izmantošana, kā augstas efektivitātes pilotprojektus tās izvietojot valsts mazajās un lielajās pilsētās.

MBD ražošana no mežsimniecības atlikumiem pilnībā saskan ar LIA stratēģiju, jo tā veicinātu Latvijas enerģētisko neatkarību, izmantojot koksnes izejvielas no Latvijas mežiem un pakāpeniski aizstājot importētās fosilās degvielas. Apstāklis, ka LIA stratēģijā izcelta nepieciešamība nodrošināt ilgtspējīgu dabas kapitāla izmantošanu, uzsvēr vajadzību MBD ražot tieši no koksnes atlikumiem. Vienaļcīgi MBD ražošana sniegtu ieguldījumu pārejā uz atjaunojamo energoresursu izmantošanu transporta nozarē.

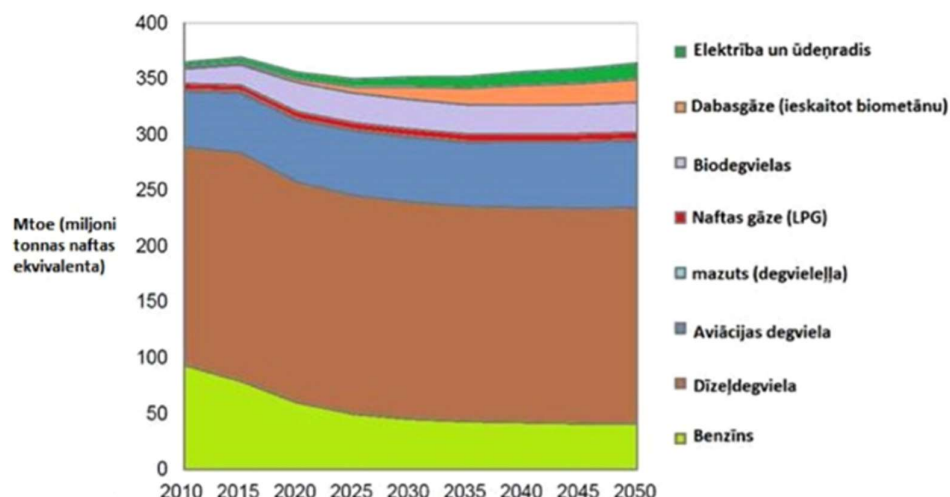
#### **1.1.9. Alternatīvo degvielu attīstības plāns 2017.–2020. gadam**

Šobrīd spēkā esošais Alternatīvo degvielu attīstības plāns 2017. – 2020. gadam (turpmāk tekstā – ADAP), kas apstiprināts ar Ministru Kabineta (MK) 25.04.2017. rīkojumu Nr. 202, ir izstrādāts, lai samazinātu transporta negatīvo ietekmi uz vidi un pārņemtu Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu prasības.

ADAP norādīts, ka biodegvielām (biodīzeļdegvielai, biometānam un HVO) ir ļoti būtiska ietekme uz SEG emisiju samazināšanu. Vienaļcīgi tiek uzsvērts, ka, plānojot biodegvielu attīstības veicināšanu, jāņem vērā starptautiskā un īpaši ES līmenī augošā aktualitāte attiecībā uz lauksaimniecības zemju izmantošanu bioenerģijas, tostarp biodegvielas, ražošanai – lauksaimniecībai piemēroto zemju izmantošana enerģētisko kultūru audzēšanai apdraud pārtikas nodrošinājumu, kā arī veicina atmežošanu. Šis ir būtisks faktors, kas izceļ nepieciešamību attīstīt tieši moderno biodegvielu ražošanu, jo tādējādi nav nepieciešama papildus zemes platība un netiek ietekmēta ne pārtikas kultūraugu audzēšana, ne arī veicināta atmežošana.

Tā kā Latvija 22.04.2016. parakstīja Parīzes nolīgumu, arī Latvija apņēmusies īstenot pasākumus Parīzes nolīguma mērķu sasniegšanai. Parīzes nolīguma galvenais mērķis ir stiprināt globālo rīcību klimata pārmaiņu novēršanai. Tas paredz, ka visām valstīm, kas Parīzes nolīgumu parakstījušas, obligāti jāsigatavo, jāiesniedz un jāsiglabā nacionāli noteikti mērķi klimata pārmaiņu ierobežošanā. Katram nākamajam mērķim jābūt lielākam par tā brīža nacionālo mērķi. Tāpat arī valstīm obligāti jāīsteno nacionāli pasākumi savu noteikto mērķu sasniegšanā.

Ņemot vērā pašreizējās tendences un pieņemtos politiskos lēmumus, ir paredzams, ka vidējā termiņā un ilgtermiņā naftas resursi un tās produkti paliks kā galvenais transporta enerģijas avots, lai arī to nozīme turpmākajos gados samazināsies (attēls 1.2.). Prognozes liecina, ka 2030. gadā naftas resursi un tās produkti joprojām veidos aptuveni 88% no ES transporta sektora enerģētikas vajadzībām, savukārt 2050. gadā tie būs aptuveni 84%.



1.2. att. Prognozes par enerģijas patēriņu transportā līdz 2050. gadam (European Commission, 2015).

Šobrīd atbalsts alternatīvajiem transportlīdzekļiem vairāk izteikts saistībā ar transportlīdzekļiem, kas izmanto elektroenerģiju, lai arī tai ir vairāki būtiski trūkumi izmantošanas ziņā, salīdzinot ar biodeģvielu. Elektroenerģijas izmantošanai transportlīdzekļos nepieciešamas lielākas izmaiņas infrastruktūrā, kā arī tā pagaidām vēl nav izmantojama pasažieru un kravas transportam garās distancēs. ETL visvairāk ir piemēroti kā pārvietošanās līdzeklis pilsētu un piepilsētu teritorijās.

ADAP ietver atsevišķu nodaļu "Biodeģviela, sintētiskā un parafinizētā degviela". Biodeģvielu var izmantot tīrā veidā (E85, B100) vai dažādos fosilās degvielas un biodeģvielas maisījumos (B5, B7, E5, E10). Ņemot vērā, ka ES transporta sektorā dominē dīzeļdzinēji, 2015. gadā biodīzeļdegviela veidoja 79,4 % no patērētā biodeģvielas apjoma, savukārt etanols – 19,5 % un biogāze – 1,1 %. Biodeģvielas un fosilās degvielas sajaukumam, kas nepārsniedz Degvielas kvalitātes direktīvā noteiktās robežas (10 % etanols 22 % no AER iegūtiem ēteriem ar 3,7 % skābekļa satura limitu benzīnam un taukskābju metilesteru (FAME) satura limitu 7 % dīzeļdegvielai), ir priekšrocība, jo nav nepieciešami ne jauna veida motori, ne infrastruktūra. Palielinot etanola saturu vairāk par 10 % bioetanola un benzīna sajaukumā, ir nepieciešama motora pārveide un izplūdes gāzu pēcapstrādes sistēmas uzstādīšana, kā arī infrastruktūras piemērošana.

ADAP noteikts, ka tradicionālās degvielas transportlīdzekļu (transportlīdzekļi ar benzīna vai dīzeļdegvielas dzinējiem) lietošanas pārtraukšana būtu jākompensē ar videi draudzīgu cita tipa transportlīdzekļu (ETL, hibrīdtransportlīdzekļu, FCEV, ar saspieztu gaisu darbināmu transportlīdzekļu) plašāku izmantošanu. Tā kā šobrīd un tuvākajos gados šādu "zaļo" transportlīdzekļu iegāde būs ievērojami dārgāka par tradicionālo transportlīdzekļu iegādi, ir jāattīsta atbalsta instrumenti to iegādei.

Turpmāk 1.1. tabulā norādīti ADAP iekļautie ar bioetanolu un biodeģvielām saistītie plānotie pasākumi, kā arī pētījuma autoru komentāri par to ietekmi uz moderno biodeģvielu ražošanas iespējām.

## 1.1. tabula

Ar bioetanolu un biodegvielām saistītie pasākumi, kas iekļauti ADAP un ir izstrādes procesā

Nr. p. k.	Pasākums	Gaidāmais rezultāts	Izpildes termiņš	Ietekme uz MBD ražošanas iespējām
1.	Veikt izvērtējumu "Nodokļu politikas pamatnostādnes 2017.–2021. gadam" ietvaros par nodokļu atvieglojumiem CNG, LNG un FCEV, ar biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER, transportlīdzekļu lietotājiem, kā arī iespēju mainīt akcīzes nodokļa likmi dīzeļdegvielai, tuvinot to šobrīd augstākajai benzīna likmei.	Piemērotākie risinājumi nodokļu jomā efektīvākai CNG, LNG un FCEV, biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER, izmantošanai pielāgotu transportlīdzekļu iegādes veicināšanai.	31.12.2019.	Var tikt atvieglota ar biodegvielu darbināmo transportlīdzekļu iegāde un līdz ar to palielināties biodegvielu tirgus realizācijas iespējas.
2.	Veikt izvērtējumu "Nodokļu politikas pamatnostādņu 2017.–2021. gadam" ietvaros ekspluatācijas nodokļu slogu samazināšanas iespējas ekoloģiskiem transportlīdzekļiem (PHEV, FCEV, ar biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER, hibrīdiem, mazlitrāžas, u.c.) ar CO <sub>2</sub> mazāku par 50 g/km.	Priekšlikumi transportlīdzekļa ekspluatācijas nodokļa likmēm videi draudzīgiem transportlīdzekļiem.	31.12.2019.	Var tikt samazinātas ar biodegvielu darbināmo transportlīdzekļu uzturēšanas izmaksas un līdz ar to palielināties šo transportlīdzekļu iegādes biežums un biodegvielu tirgus realizācijas iespējas.
3.	Nodokļu politikas pamatnostādņu 2017.–2021. gadam ietvaros izvērtēt iespēju palielināt nodokļus jauniem neekoloģiskiem transportlīdzekļiem un, ja nepieciešams, veikt grozījumus normatīvajos aktos.	Izvērtējums par nepieciešamajiemgrozāmajiem normatīvajiem aktiem.	31.12.2020.	Var palielināties relatīvais izdevīgums iegādāties ar biodegvielu darbināmus transportlīdzekļus.

Nr. p. k.	Pasākums	Gaidāmais rezultāts	Izpildes termiņš	Ietekme uz MBD ražošanas iespējām
<b>Par normatīvajiem aktiem</b>				
	Atbilstoši Plāna 1.1. sadaļas pētījuma rezultātiem izstrādāt grozījumus normatīvajos aktos CNG, LNG, FCEV, ar biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER, darbināmu transportlīdzekļu iegādes veicināšanai.	Atbalsts CNG, LNG, FCEV, ar biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER, darbināmu transportlīdzekļu iegādei.	31.12.2020.	Var palielināties ar biodegvielu darbināmo transportlīdzekļu iegāde.
	Atbilstoši 1.1. sadaļas pētījuma rezultātiem izveidot uzpildes stacijas transportlīdzekļiem, kas darbināmi ar biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu, kas iegūtas no AER.	Publiski pieejamas biodegvielu, parafinizēto un sintētisko degvielu uzpildes stacijas, ja 1.1. sadaļā minētais pētījums to paredz.	31.12.2020.	Iespējams nodrošināt biodegvielu pieejamību, kas nosaka biodegvielu realizācijas iespējas vietējā tirgū.
	Veicināt alternatīvo degvielu transportlīdzekļu popularitāti.	Pašvaldību informēšana par alternatīvo degvielu veicināšanas iespējām.	31.12.2020.	Var palielināties sabiedrības informētība par biodegvielas transportlīdzekļiem, kas ir būtiski biodegvielu attīstības veicināšanā.

Sagaidāms, ka 1.1. tabulā minēto pasākumu īstenošanas rezultātā apstākļi MBD realizēšanai tirgū kļūs ievērojami labvēlīgāki, jo plānotie pasākumi ietver gan nodokļu politikas attīstīšanu biodegvielu izmantošanas veicināšanai, gan infrastruktūras attīstīšanu, gan arī sabiedrības informēšanu. Tomēr būtiski vērst uzmanību, ka ADAP ir noteikti pasākumi tikai biodegvielu izmantošanas kontekstā, tiešā veidā nepievēršoties biodegvielu ražošanas veicināšanai. Lai arī ADAP norādīts, ka pieprasījuma pieaugumu visefektīvāk stimulē ar patēriņu saistīti politikas instrumenti un, ka tāpēc biodegvielu izmantošanu nepieciešams veicināt ar dažādiem netiešā atbalsta pasākumiem, paredzams, ka šāda vienpusīga pieeja nenodrošinās biodegvielu attīstības pilnīgu potenciāla realizēšanu. Tomēr sagaidāms, ka “Eiropas Zaļā kursa” īstenošanai tiks pievērsta pastiprināta uzmanība tieši transporta sektora virzībai uz CO<sub>2</sub> klimatneitralitāti, tāpēc tuvākajā laikā MBD lomai vajadzētu pieaugt gan ražotāju, gan arī patērētāju pusē.

#### 1.1.10. Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030

Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030 (turpmāk tekstā – LIBRA) MK pieņemta 19.12.2017. Tajā minēts, ka Latvijas dabas kapitāls ir salīdzinoši labā stāvoklī, tomēr nepietiekami efektīvi izmantots un apsaimniekots (LLU, 2017). LIBRA izstrādāta kā solis efektīvas un ilgtspējīgas dabas resursu

izmantošanas virzienā. LIBRA vīzija: Latvijas bioekonomikas nozares ir inovāciju līderes dabas kapitāla vērtības saglabāšanā, palielināšanā un efektīvā un ilgtspējīgā izmantošanā Baltijas valstīs.

LIBRA mērķi ir īstenojami trīs galvenajās jomās:

- 1) nodarbinātības veicināšana un saglabāšana bioekonomikas nozarēs līdz 128 tūkst. nodarbināto;
- 2) bioekonomikas produktu pievienotās vērtības palielināšana vismaz līdz 3,8 miljardiem EUR 2030. gadā;
- 3) bioekonomikas eksporta produkcijas vērtības palielināšana vismaz līdz 9 miljardiem EUR 2030. gadā.

Netradicionālo bioekonomikas nozaru un inovāciju veicināšanai izveidota Bioekonomikas pētniecības stratēģiskā apvienība, kas koordinē pētniecības institūciju darbību. Apvienības pētniecības stratēģiskais mērķis ir nodrošināt zināšanas ilgtspējīgai Latvijas tautsaimniecības un sabiedrības labklājības izaugsmei, veicinot lauksaimniecības, pārtikas ražošanas, meža nozares, zvejniecības un akvakultūras konkurētspēju un inovāciju sniegumu.

Bioekonomikas nozaru vidū mežsaimniecība ieņem būtisku lomu. Latvija ir ar meža resursiem bagāta valsts. Salīdzinājumā ar pagājušā gadsimta pirmo pusi, meža platība Latvijā ir dubultojusies. Meža apsaimniekošana un meža produktu izmantošana dod būtisku ieguldījumu Latvijas kopējās klimata politikas īstenošanā un Latvijas starptautisko SEG emisiju samazināšanas saistību izpildē. LIBRA atzīmēta arī bioresursu ķīmiskās pārstrādes produktu ražošana. Kā iespējami daudzsološas, ievērojot to tirgus perspektīvas nākotnē, starpnozaru tehnoloģisko risinājumu potenciālu un spēju reaģēt uz sabiedrības un patērētāju vajadzībām, LIBRA identificētas piecas produktu grupas, starp tām arī modernās biodegvielas. Atzīmēts, ka ievērojami palielināsies pieprasījums pēc etanola, kas iegūts no celulozes, un 2020. gadā tas tiek prognozēts 2,7 miljardu tonnu apjomā ar kopējo vērtību 2,2 miljardi EUR, 2030. gadā sasniedzot 14,4 miljardus EUR. Biodegvielas kā aviācijas degvielas ieguves tehnoloģijas un pieprasījums pagaidām nav līdz galam skaidrs, tomēr domājams, ka pieprasījums pēc tās palielināsies.

Bioekonomikas attīstībai Latvijā ir nepieciešams pasākumu kopums, kas veicinātu Latvijas bioresursu potenciāla efektīvāku izmantošanu. Šādi pasākumu kopumi ietver pievilcīgas uzņēmējdarbības vides izveidi, uz rezultātu orientētu, efektīvu un ilgtspējīgu resursu pārvaldību, zināšanu un inovāciju attīstību bioekonomikas nozarēs, produkcijas ražošanas veicināšanu bioekonomikā. Bioekonomikas attīstības stratēģijā noteikts, ka pievilcīgas uzņēmējdarbības vides nodrošināšanai svarīgi nodrošināt stabilu un prognozējamu nodokļu politiku. Svarīga ir politiskā stabilitāte, minimāls administratīvais slogs uzņēmējdarbībā, finansējuma, kvalitatīva darbaspēka pieejamība, infrastruktūras attīstība (ceļi, ostas, noliktavas, biroji utt.) u. c. faktori, kas veicinātu investīciju piesaisti bioekonomikai.

Moderno biodegvielu ražošana jau pēc savas būtības atbilst bioekonomikas principiem, tāpēc viennozīmīgi ir saskaņā ar augstāk minētajiem LIBRA mērķiem. Ražojot biodegvielas no mežsaimniecības atlikumiem, iespējams paaugstināt produktu pievienoto vērtību, jo no atlikumiem, kas citādi tiktu sadedzināti siltuma iegūšanai vai apsaimniekoti kā atkritumi, tiek iegūts vērtīgs produkts. Šeit būtiska ir arī izvēlēta ražošanas tehnoloģija un ražošanas process. Piemēram, paaugstināt pievienoto vērtību iespējams, ja no mežsaimniecības atlikumiem tiek ražoti ne tikai degvielas produkti, bet arī citas vielas, ko piedāvā ražošanas procesā radušies blakusprodukti. Attīstot moderno biodegvielu ražošanu, palielinātos arī bioekonomikas nozarē nodarbināto personu skaits, jo ražošanas process pieprasītu darbaspēku tādiem ražošanas posmiem kā izejvielu sagatavošana, transportēšana, priekšapstrāde, degvielas ražošana u. c. Ja saražotās modernās biodegvielas tiktu arī eksportētas, tas būtu ieguldījums arī bioekonomikas eksporta produkcijas vērtības palielināšanā.

### 1.1.11. Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. – 2030. gadam

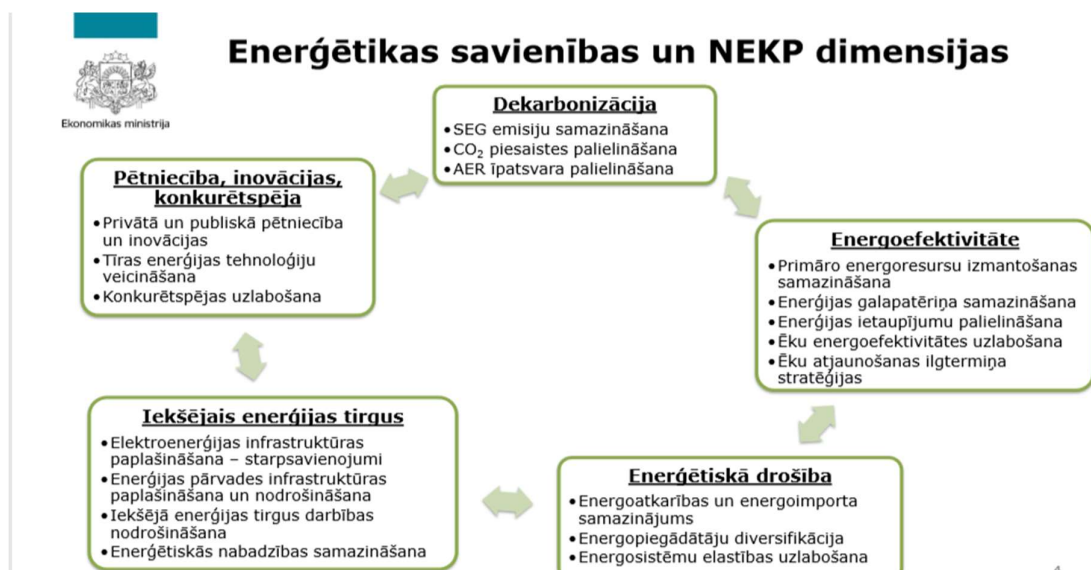
Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. – 2030. gadam (turpmāk tekstā – NEKP) ir politikas plānošanas dokuments, ar kuru noteikti Latvijas mērķi un to izpildes pasākumi šādās nozarēs vai darbībās: SEG emisiju samazinājums un oglekļa dioksīda piesaistes palielinājums, AER īpatsvara palielinājums, energoefektivitātes uzlabošana, enerģētiskās drošības nodrošināšana, enerģijas tirgu infrastruktūras uzturēšana un uzlabošana, kā arī inovāciju, pētniecības un konkurētspējas uzlabošana.

NEKP Ministru kabinetā apstiprināts 28.01.2020., bet Pētījumā analizēts šī dokumenta projekts. Plānots, ka NEKP tiks aktualizēts vismaz reizi 5 gados un reizi divos gados tiks sagatavoti progressa ziņojumi ar mērķu sasniegšanas izvērtējumu. Plāna izstrādes process shematiski attēlots 1.3. attēlā.



1.3. att. NEKP 2030 izstrādes process (Kauliņš, Dz., 10.04.2019.).

NEKP ietver 5 galvenās dimensijas. Katrā no tām ir uzstādīti mērķi, sniegts pašreizējā stāvokļa apraksts, plānotie rīcības virzieni un pasākumi mērķu sasniegšanai, kā arī finansēšanas instrumenti, kas ļautu īstenot šos mērķus. Piecas NEKP dimensijas un to mērķi skatāmi 1.4. attēlā.

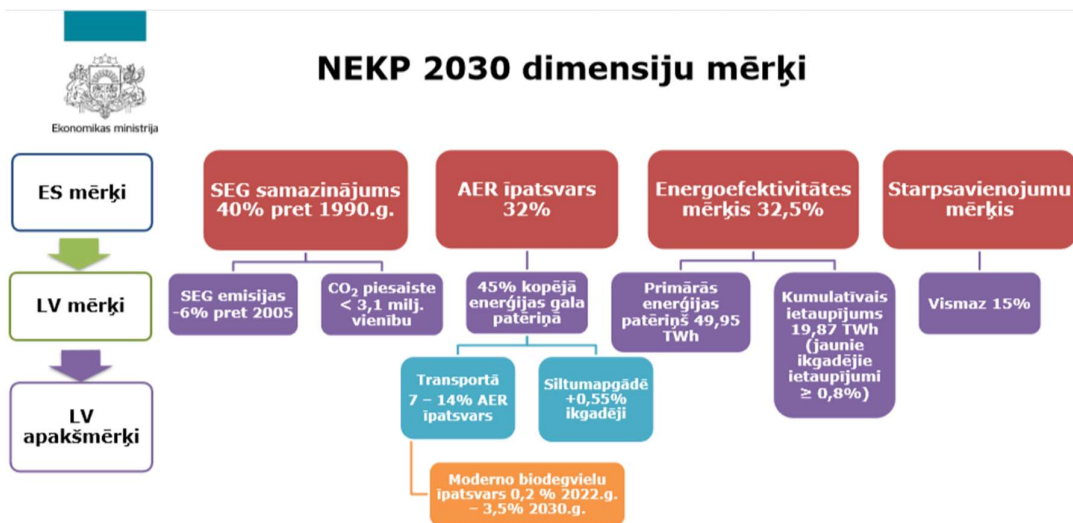


1.4. att. NEKP dimensijas (Kauliņš, Dz., 10.04.2019.).

Saistībā ar transporta sektoru NEKP noteikts apakšmērķis – AER īpatsvars transportā 7 – 14 %, tostarp moderno biodegvielu īpatsvara pieaugums uz 0,2 % 2022. gadā un uz 3,5 % 2030. gadā



(attēls 1.5.), kas ir saskaņā ar Direktīvu 2018/2001. Tikmēr atbilstoši MK 21.07.2017. rīkojumam Nr. 379 “Par konceptuālo ziņojumu “Par atjaunojamo energoresursu izmantošanu transporta sektorā”” (turpmāk – MK rīkojums Nr. 379) katrai ES dalībvalstij jānosaka savs moderno biodegvielu mērķis saskaņā ar atsaucē vērtību – 0,5 % moderno biodegvielu īpatsvars transporta enerģijas galapatēriņā 2020. gadā. MK rīkojumā Nr. 379 minēts, ka “Ekonomikas ministrijas ieskatā moderno biodegvielu mērķa vērtība Latvijai 2020. gadā būtu jānosaka mazāka kā atsaucē vērtība – 0,1 % līmenī, jo Latvijā šādas biodegvielas netiek un visticamākais netiks ražotas līdz 2020.gadam. Moderno biodegvielu mērķa prasība tiks iekļauta normatīvajos aktos kopā ar obligātā pienākuma prasību degvielas tirgotājiem, paredzot, ka daļa no obligātā pienākuma jāizpilda ar šāda veida biodegvielām”. Tomēr šeit jāuzsver, ka rīkojumam pēc savas būtības ir tikai organizējošs raksturs.



1.5. att. NEKP dimensiju mērķi (Kauliņš, Dz., 10.04.2019.).

NEKP aktualizētā projekta sadaļā “Transports” (publicēta 11.09.2019.) definēta vēlamā situācija 2030. gadā un tās sniegtie ieguvumi sabiedrībai (Ekonomikas ministrija, 2019), kas raksturoti turpmāk.

**Vēlamā situācija 2030. gadā:**

- 1) plašāk tiek izmantoti sabiedriskā transporta pakalpojumi un ir samazināts privāto transportlīdzekļu lietojums, jo īpaši pilsētās;
- 2) efektīvizēta enerģijas izmantošana un alternatīvo degvielu, īpaši neemisiu enerģijas izmantošanas īpatsvara palielināšana;
- 3) mazāks naftas imports un lielāks Latvijā iegūtu AER patēriņš transportā.

**Ieguvumi sabiedrībai un tautsaimniecībai:**

- 1) būtiski uzlabota gaisa kvalitāte pilsētvidē un iedzīvotāju labsajūta, samazinot apdraudējumu iedzīvotāju veselībai, uzlabojot pilsētvides pievilcību ārvalstu apmeklētājiem un uzņēmējdarbības videi;
- 2) nodrošināta ilgtspējīga un efektīva (vienkārša) mobilitāte, samazinot pārvietošanās laiku un atvieglojot preču un pakalpojumu mobilitāti;
- 3) samazināta transporta darbību ietekme uz klimatu (nodrošināts SEG emisiju samazinājums).

**Galvenie izaicinājumi šo mērķu sasniegšanai:**

- 1) vecais autoparks, kurā dominē ar dīzeļdegvielu darbināmi transportlīdzekļi (dīzeļdegvielas CO<sub>2</sub> emisiju ietilpība ir par apmēram 7,3 % lielāka nekā benzīnam un apmēram par 16 % lielāka nekā LPG, un aptuveni 25,6 % lielāka nekā dabasgāzei);

- 2) nenozīmīgs AER un elektroenerģijas patēriņš transportā;
- 3) īpaši liels privāto transportlīdzekļu un arvien mazāks sabiedriskā transporta lietojums.

Atbilstoši Ekonomikas ministrijas sniegtajam esošās situācijas apskatam, 2018. gadā no AER iegūtas enerģijas īpatsvars transportā bija 3,06%, no kuriem 3/4 veidoja biodegviela, bet pārējo daļu – no AER iegūta elektroenerģija, kas patērēta auto, dzelzceļa un cauruļvadu transportā. Šobrīd Latvijā tiek ražotas tikai pirmās paaudzes biodegvielas. Bioetanols tiek ražots no kviešiem, rudziem un tritikāles, bet biodīzeļdegviela – no rapšu sēklu eļļas. Šobrīd degvielas piegādātāji obligātā piejaukuma prasības galvenokārt izpilda ar pirmās paaudzes biodegvielām. Tomēr, ņemot vērā Direktīvas 2018/2001 25. panta prasības, ir skaidrs, ka nākotnē lielāka nozīme būs tieši modernajām biodegvielām un/vai biometānam, ko šobrīd Latvijā neražo (Ekonomikas ministrija, 2019). Arī “Eiropas Zaļā kursa” uzstādījumos svarīgu lomu spēlē biorafinērijas ieviešanas ideja, tāpēc tuvākajā piecgadē noteikti tiks iedegta zaļā gaisma MBD ražošanai. Labākā pozīcijā atradīsies tās valstis, kuras pirmās uzsāks MBD ražošanu. Latvijai tas varētu būt liels izaicinājums, taču vienlaicīgi pavērtu arī daudzsološas iespējas ekonomiskajai izaugsmei. Saistībā ar 3,5 % MBD mērķa sasniegšanu transportā 2030. gadā, ekspertu vērtējums ir nosvēries par labu MBD lobijam, kas nepieciešams gan Satiksmes ministrijā, gan arī Ministru kabinetā. Ir nepieciešama aktīva pozīcijas demonstrēšana no ieinteresētajām pusēm.

#### **1.1.12. Nacionālais attīstības plāns 2014. – 2020. gadam**

Nacionālais attīstības plāns 2014. – 2020. gadam (turpmāk – NAP 2014 – 2020) Saeimā apstiprināts 20.12.2012. Viens no NAP 2014 – 2020 iekļautajiem rīcības virzieniem ir “Ergoefektivitāte un enerģijas ražošana”, kas paredz veicināt vietējo ergoavotu izmantošanu enerģijas ražošanā. Kā mērķis izvirzīts “Nodrošināt tautsaimniecībai nepieciešamo ergoresursu ilgtspējīgu izmantošanu, veicinot resursu tirgu pieejamību, sektoru ergointensitātes un emisiju intensitātes samazināšanos un vietējo atjaunojamo ergoresursu īpatsvara palielināšanos kopējā patērētajā apjomā, fokusējoties uz konkurētspējīgām enerģijas cenām.” Mērķa sasniegšanai noteikti vairāki rādītāji, tostarp no AER saražotās enerģijas īpatsvars kopējā bruto enerģijas galapatēriņā 2020. gadā vismaz 40 % un ergoatkarības rādītājs – neto ergoresursu imports pret bruto iekšzemes enerģijas patēriņu un bunkurēšanu 2020. gadā – 44,1 %, savukārt 2030. gadā – <50 %. Kā viens no septiņiem veicamajiem uzdevumiem šī rīcības virziena ietvaros izvirzīts: “Atbalsta programmas pārejai uz atjaunojamiem ergoresursiem transporta sektorā un nepieciešamās infrastruktūras nodrošināšana, atbalstot tikai tādus alternatīvos ergoresursus, kas ir ekonomiski izdevīgi, kā arī atbalstot inovāciju, kuras rezultātā tiek sekmēta ekonomiski izdevīgu alternatīvo ergoresursu izmantošana.”

Moderno biodegvielu ražošana veicinātu NAP 2014 – 2020 izvirzīto uzdevumu pāriet uz AER transporta sektorā, tomēr dokumentā neviens no atjaunojamo ergoresursu veidiem nav izvirzīts par prioritāru. Tikmēr ir uzsvērts, ka AER izmantošanai jābūt ekonomiski izdevīgai. MBD ražošana no mežsaimniecības atlikumiem ilgtermiņā var dot būtiskus ekonomiskos ieguvumus, ja tiek nodrošināts efektīvs un ilgtspējīgs ražošanas process. Ekonomiski izdevīgākais variants būtu ražošanas procesā iegūt ne tikai MBD, bet arī citus produktus ar augstu pievienoto vērtību, ko piedāvā konkrētās ražošanas tehnoloģijas iespējas. Tāpat ekonomisko izdevīgumu var paaugstināt sadarbības veidošana ar sadarbības partneriem, piemēram, izejvielu iegūšanā, enerģijas piegādē, blakusproduktu izmantošanā u.c. Šāda veida pieeja MBD ražošanā atbilstu arī Latvijas Bioekonomikas stratēģijā 2030 noteiktajam mērķim paaugstināt bioekonomikas produktu pievienoto vērtību.

### 1.1.13. Nacionālais attīstības plāns 2021. līdz 2027. gadam (projekts)

Jaunizstrādātā Nacionālā attīstības plāna 2021. – 2027. gadam projekts (NAP 2021 – 2027 projekts) 2020. gada februārī iesniegts apstiprināšanai Saeimā. NAP 2021 – 2027 projektā izdalīts atsevišķs rīcības virziens “Daba un Vide – “Zaļais kurss””, kurā izvirzītie uzdevumi tostarp ietver:

- 1) Uzdevums Nr. 281: “Tautsaimniecības siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana, izmantojot risinājumus klimata pārmaiņu mazināšanai un klimata tehnoloģiju atklājumus, un pieaugošas oglekļa dioksīda piesaistes nodrošināšana virzībā uz klimatnoturīgu ekonomikas attīstību, mērķtiecīgi sasniedzot augstu energoefektivitāti un transporta sistēmas dekarbonizāciju.”
- 2) Uzdevums Nr. 285: “Vietējo resursu, tāpat bioresursu efektīvāka izmantošana (ekodizaina principu piemērošana un aprites ekonomikas ieviešana dažādos tautsaimniecības sektoros), jo īpaši sasniedzot augstāku standartu un inovāciju izmantošanu pārtikas aprītē un dzīvnieku veselībā saskaņā ar “vienas veselības” principu, kā arī veicinot bezatkritumu ražošanas tehnoloģiju un inovāciju ieviešanu tautsaimniecībā.”

Savukārt kā viens no trim virzieniem attīstības perspektīvai līdz 2027. gadam lauku attīstības telpā noteikts: “Bioresursu izmantošana starpnozaru partnerības kvalitatīvu, eksportspējīgu, augstas pievienotās vērtības produktu ražošanā.”

Paredzēts, ka no AER saražotas enerģijas īpatsvars transportā 2027. gadā būs 5,85 %, pieņemot, ka līdz 2026. gadam pakāpeniski tiks pārtraukta pirmās paaudzes biodegvielu ieskaite AER mērķī (2017. gadā tie bija 2,56 %), kamēr bezemisiju transportlīdzekļu īpatsvars visu transportlīdzekļu skaitā 2027. gadā paredzēts 5 % (2018. gadā tie bija 0,05 %).

Vīzija par Latvijas nākotni 2027. gadā iekļauj redzējumu: “Ir samazināta tautsaimniecības ilgstošā atkarība no fosilajiem resursiem un palielināts atjaunojamo energoresursu īpatsvars enerģijas ražošanā.” NAP 2021 – 2027 projektā minēts, ka “ilgtspējīga attīstība un kvalitatīva, no tautsaimniecības radītā piesārņojuma pasargāta dzīves vide ir sasniedzama, mērķtiecīgi dažādojot ražošanu, tā maksimāli izmantojot katra resursa vienību un atbalstot klimat-neitrālas tautsaimniecības attīstību. Savukārt virzībā uz bezizmešu transportlīdzekļu izmantošanu ir nozīmīgs valsts un zinātnisko institūciju atbalsts un sasniegumi atjaunojamo vai alternatīvo energoresursu plašākā izmantošanā.”

NAP 2021 – 2027 projektā nav minēts nekas par mērķiem attiecībā uz modernajām biodegvielām. Mērķī par no AER saražotas enerģijas īpatsvaru transportā tikai iekļauta piezīme par to, ka mērķa vērtībā ņemta vērā paredzētā pirmās paaudzes biodegvielu ieskaitīšanas pārtraukšana. Dokumentā netiek runāts par mērķiem saistībā ar koksnes izmantošanu. Neskatoties uz to, MBD ražošana no mežsaimniecības atlikumiem pilnībā atbilstu dokumentā noteiktajiem uzdevumiem, jo tā paaugstinātu no AER saražotās enerģijas īpatsvaru, sniegtu būtisku ieguldījumu transporta sistēmas dekarbonizācijā un mazinātu atkarību no fosilajiem resursiem, atbilstu aprites ekonomikas principiem un nozīmīgi palielinātu resursu izmantošanas efektivitāti, kā arī nodrošinātu produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu.

Pamatojoties uz konsultācijā ar Pārresoru koordinācijas centra konsultanti Sanitu Kalnaču saņemtajiem ieteikumiem un ņemot vērā Pētījuma rezultātus, NAP 2021 – 2027 projekta pilnveidošanai, atsaucoties uz dokumenta pirmo redakciju, Pētījuma autori iesniedza priekšlikumus divu augstāk citēto rīcības virziena “Daba un Vide – “Zaļais kurss”” uzdevumu uzlabošanai. Katra veida transporta enerģijai ir savi trūkumi un priekšrocības, un pāreja uz klimatneitrālu transporta sistēmu nevar balstīties tikai uz viena veida transporta enerģiju. Līdz ar to ieteiktie priekšlikumi attiecas gan uz moderno biodegvielu, gan arī elektrottransporta attīstības veicināšanu, kas Pētījuma autoru ieskatā ir perspektīvākie transporta enerģijas veidi. 1.2. tabulā sniegta augstāk citēto uzdevumu

redakcija saskaņā ar NAP 2021 – 2027 projekta pirmo redakciju un Pētījuma autoru ieteiktajiem priekšlikumiem.

Sabiedriskās apspriešanas apkopojuma dokumentā norādīts, ka Pētījuma autoru priekšlikumi NAP 2021 – 2027 projekta pilnveidošanā ņemti vērā daļēji, pamatojot, ka priekšlikums konsolidēts ar citiem priekšlikumiem (Pārresoru koordinācijas centrs, 2019). Tomēr NAP 2021 – 2027 gala redakcijas projektā tā arī nav iekļauts nekas par moderno biodegvielu ražošanu vai elektrotransporta izplatības veicināšanu Latvijā. Pārresoru koordinācijas centram nosūtītā vēstule, kurā izteikti minētie priekšlikumi, pievienota Pētījuma pielikumā nr.7.1.

## 1.2. tabula

Ieteiktie priekšlikumi NAP 2021 – 2027 projekta pilnveidošanai

Uzdevuma Nr.	Uzdevums saskaņā ar NAP 2021 – 2027 projekta pirmo redakciju	Pētījuma autoru ieteiktā redakcija
281	Tautsaimniecības siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana, izmantojot risinājumus klimata pārmaiņu mazināšanai un klimata tehnoloģiju atklājumus, un pieaugošas oglekļa dioksīda piesaistes nodrošināšana virzībā uz klimatnoturīgu ekonomikas attīstību, mērķtiecīgi sasniedzot augstu energoefektivitāti un transporta sistēmas dekarbonizāciju.	Tautsaimniecības siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana, izmantojot risinājumus klimata pārmaiņu mazināšanai un klimata tehnoloģiju atklājumus, un pieaugošas oglekļa dioksīda piesaistes nodrošināšana virzībā uz klimatnoturīgu ekonomikas attīstību, mērķtiecīgi sasniedzot augstu energoefektivitāti un transporta sektora dekarbonizāciju, <u>tai skaitā elektrotransporta izplatības veicināšana Latvijā.</u>
285	Vietējo resursu, tāpat bioresursu efektīvāka izmantošana (ekodizaina principu piemērošana un aprites ekonomikas ieviešana dažādos tautsaimniecības sektoros), jo īpaši sasniedzot augstāku standartu un inovāciju izmantošanu pārtikas aprītē un dzīvnieku veselībā saskaņā ar “vienas veselības” principu, kā arī veicinot bezatkritumu ražošanas tehnoloģiju un inovāciju ieviešanu tautsaimniecībā.	Vietējo resursu efektīvāka un pilnvērtīgāka izmantošana, t.sk. ekodizaina principu piemērošana, <u>pakāpeniski fosilo degvielu aizstājot ar Latvijā ražotu moderno biodegvielu,</u> un aprites ekonomikas ieviešana dažādos tautsaimniecības sektoros, vienlaicīgi attīstot bezatkritumu jomas tautsaimniecībā.

### 1.1.14. Latvijas stratēģija klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam

28.01.2020. Ministru kabinets pieņēma Latvijas stratēģiju klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam, bet Pētījumā analizēts šī dokumenta projekts, kura nosaukums Pētījuma izstrādes stadijā bija “Stratēģija Latvijas oglekļa mazietilpīgai attīstībai līdz 2050. gadam” (turpmāk tekstā – OMA stratēģija).

OMA stratēģija tiek pakārtota ES oglekļa mazietilpīgas attīstības ilgtermiņa stratēģijai. Šīs stratēģijas mērķis ir samazināt antropogēnās SEG emisijas, izpildīt starptautiskos klimata politikas mērķus un uzlabot sabiedrības labklājību un ekonomikas konkurētspēju.

Saskaņā ar OMA stratēģijā pausto vīziju, nākotnē ceļu transports būs pārsvarā elektrificēts. Atbilstoši vīzijai, elektrotransportlīdzekļi būs kļuvuši par galveno pārvietošanās veidu un to uzlādes infrastruktūra būs labi attīstīta (uzlādes infrastruktūra uz TEN-T ceļiem un pilsētās). Automašīnām izmantotā elektroenerģija galvenokārt tiks iegūta no AER.

OMA stratēģijas vīzija paredz vairākus apstākļus, kas atbalsta moderno biodegvielu ražošanu. Var secināt, ka atbalstāma ir arī biodegvielu ražošana tieši no mežsaimniecības atlikumiem. Atbilstoši vīzijai nākotnē:

- 1) enerģijas ražošana no AER ir palielinājusies un ieņem dominējošo vietu Latvijas energobilancē 2050. gadā;
- 2) palielinoties pieprasījumam Eiropā, Latvijā saražotais bioloģiskais šķidrās kurināmais, bioeļļas un biodegviela ir ļoti nozīmīgs eksporta produkts;
- 3) ir attīstītas jaunākās paaudzes biodegvielas, kas mazina riskus, ka pārtikā izmantojamās kultūras un pārtikas audzēšanai piemērotās augsnes tiek izmantotas bioenerģijas iegūšanai (šis punkts izceļ nozīmi ražot biodegvielas tieši no mežizstrādes atlikumiem);
- 4) biomasa no Latvijas mežiem tiek iegūta ilgtspējīgā veidā (punkts ir saskaņā ar iespēju ražot biodegvielu no mežsaimniecības atlikumiem, jo nekvalitatīvās koksnes izmantošana atbilst ilgtspējības principiem);
- 5) gaisa transports efektīvi izmanto nākamo paaudžu biodegvielas un alternatīvās degvielas. Biodegvielu izmantošana minēta arī saistībā ar neelektrificētajām dzelzceļa līnijām un ūdens transportu.

Atbilstoši OMA stratēģijai, par galveno līdzekli, lai attīstītu mazemisiju mobilitāti līdz 2050. gadam, tiek uzskatīts elektrotransports, kamēr paredzams, ka biodegvielām liela nozīme būs tuvākā termiņā, kā arī atbalstot transporta veidus, kuros elektroenerģijas izmantošana nav izdevīga vai nav iespējama.

#### **1.1.15. Citas saistošās politikas, stratēģijas un normatīvie akti**

##### **Eiropas līmeņa dokumenti**

##### **Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu**

Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu (turpmāk tekstā – Direktīva 2014/94/ES) balstās uz Direktīvā 2009/28/EK noteiktajiem mērķiem, kas paredz, ka līdz 2020. gadam no visas saražotās enerģijas vismaz 20% enerģijas tiek saražoti no AER, un transporta nozarē AER nodrošina 10 % no izmantotās enerģijas (EBA, 2017). Šī pati direktīva nosaka, ka biodegvielas ir vissvarīgākais alternatīvo degvielu veids, kas spēj ievērojami samazināt CO<sub>2</sub> emisijas.

Liela uzmanība tiek pievērsta jaunas infrastruktūras izbūvei, lai veicinātu alternatīvo degvielu plašāku izmantošanu. Uzsvērts arī, ka būtiska ir informācijas izplatīšana, lai lietotāji zinātu par publiski pieejamām alternatīvo degvielu uzpildes stacijām un, lai lietotājiem būtu labāka izpratne par degvielu relatīvajām izmaksām. ES pētniecības un inovāciju programma “Apvārsnis 2020” sniedz atbalstu pētniecībai un inovācijām attiecībā uz alternatīvo degvielu transportlīdzekļiem un ar tiem saistīto infrastruktūru, jo īpaši īstenojot prioritātes “Sabiedrības problēmu risināšana” mērķi “Vieds, videi nekaitīgs un integrēts transports” (EBA, 2017).

Analizējot Direktīvu 2014/94/ES, secināms, ka, lai arī tiek atzīts biodegvielu nozīmīgums transporta emisiju samazināšanā, attiecībā uz infrastruktūras attīstību biodegvielas netiek īpaši izceltas vai apskatītas atsevišķi. Direktīvā 2014/94/ES galvenā uzmanība pievērsta infrastruktūras attīstībai attiecībā uz elektropadevi, ūdeņraža padevi un dabasgāzes padevi. Tomēr svarīgi atcerēties, ka šādu veidu transporta enerģiju iespējams ražot arī no biomasas (tostarp mežsaimniecības atlikumiem).

Atbilstoši Direktīvai 2014/94/ES, Latvijā ieviests Alternatīvo degvielu attīstības plāns, kas apskatīts 1.1.9. nodaļā.

## **Nepiesārņojoša enerģija transportam – Eiropas alternatīvo degvielu stratēģija**

Nepiesārņojoša enerģija transportam – Eiropas alternatīvo degvielu stratēģiju (turpmāk tekstā – Alternatīvo degvielu stratēģija) EK izdevusi 2013. gadā. Alternatīvo degvielu stratēģijas mērķis ir izveidot ilgtermiņa politikas regulējumu, lai tehnoloģiju attīstību un ieguldījumus orientētu uz alternatīvo degvielu ieviešanu un panāktu patērētāju uzticēšanos.

Dokumentā noteikts, ka jāizmanto visaptverošs alternatīvo degvielu sadalījums, nedodot priekšroku nevienam konkrētam degvielas veidam. Lai mazinātu pirmās paaudzes biodegvielu iespējamo ietekmi, EK ir ierosinājis līdz 5% ierobežot to apjomu un palielinājis stimulus modernajām biodegvielām, piemēram, tādām, kas ražotas no lignocelulozes biomasas, atliekām, atkritumiem un cita veida nepārtikas biomasas.

Atbilstoši Alternatīvo degvielu stratēģijai biodegvielu popularitāti patērētāju vidū mazina tas, ka, ieviešot jaunus degvielu maisījumus, trūkst visu dalībvalstu savstarpēji koordinētas rīcības, kopējo tehnisko specifikāciju un informācijas par jauno degvielu saderību ar transportlīdzekļiem. Šis apstāklis uzsver, cik būtiski ir Eiropas līmenī novērtēt visus posmus, kas saistīti ar moderno biodegvielu ražošanu un realizāciju tirgū.

Dokumentā īpaši izcelta biodegvielu nozīme aviācijas transporta attīstībā. Norādīts, ka tiks izmantoti mērķtiecīgi finansējuma instrumenti un tirgus stimuli, lai atbalstītu aviācijas degvielas un citu moderno biodegvielu ražošanas iekārtu būvniecību un sasniegtu mērķi līdz 2020. gadam ES civilās aviācijas vajadzībām saražot divus miljonus tonnu ilgtspējīgas biodegvielas. Vienlaicīgi norādīts, ka biodegvielu potenciāls ir saistīts ar visiem transporta veidiem, tomēr aviācijā biodegvielas tiek uzskatītas par vienīgo risinājumu. Atbilstoši tiek uzsvērtā vajadzība pēc iespējas ātrāk attīstīt biodegvielu tehnoloģijas.

## **Eiropas mazemisiju mobilitātes stratēģija (2016. gadā iesniegta Eiropas Parlamentam, gaida turpmāku rīcību)**

Transports rada aptuveni vienu ceturto daļu no SEG emisijām Eiropā un ir galvenais gaisa piesārņojuma cēlonis pilsētās. Eiropas risinājums šīm problēmām ir neatgriezeniska pāreja uz mazemisiju mobilitāti oglekļa emisiju un gaisu piesārņojošo vielu ziņā. Mērķis – līdz gadsimta vidum transporta radīto SEG emisiju līmenim jābūt vismaz par 60 % zemākam nekā 1990. gadā (Eiropas Komisija, 2016).

Stratēģijā minēts, ka modernās biodegvielas vidējā termiņā būs īpaši nozīmīgas aviācijā, kā arī kravas automobiļu un autobusu pārvadājumos. Tāpat norādīts, ka modernās biodegvielas ir nozīmīgas esošā autoparka dekarbonizācijai un sektoriem, kas arī turpmāk, iespējams, vismaz daļēji būs atkarīgi no šķidrajām degvielām.

Eiropas mazemisiju mobilitātes stratēģijā kā viena no iespējām veicināt mazemisiju mobilitāti tiek minēts regulējums attiecībā uz pienākumu degvielas piegādātājiem nodrošināt, ka konkrētu procentuālo daļu no to piegādātajiem energoresursiem veido alternatīvā enerģija no AER, tostarp modernās biodegvielas un sintētiskās degvielas. Tāpat kā vairākos citos ES līmeņa dokumentos tiek uzsvērts, ka no pārtikas kultūraugiem ražotām biodegvielām ir ierobežota nozīme transporta nozares dekarbonizācijā, un pēc 2020. gada tām nevajadzētu piešķirt valsts atbalstu. Vienlaicīgi norādīts, ka rūpīgi tiks izvērtētas investīciju vajadzības moderno biodegvielu jomā un apstākļi, ka šobrīd bez atbalsta modernās biodegvielas nespēs konkurēt ar fosilajām degvielām vai no pārtikas kultūraugiem ražotām biodegvielām.

## Latvijas līmeņa normatīvi

### Biodegvielas likums

Galvenais regulējums, kas attiecas uz biodegvielas kvalitāti Latvijā, ir Biodegvielas likums. Šis likums Saeimā pieņemts 17.03.2005. Tas izstrādāts ar mērķi veicināt biodegvielas apriti, tādējādi atbalstot videi draudzīgu, piegādei drošu, atjaunojamu energoresursu izmantošanu. Attiecībā uz biodegvielas ražošanu, Biodegvielas likums nosaka, ka personas, kas veic komercdarbību ar biodegvielu, ievēro normatīvos aktus, kuri regulē naftas produktu (degvielas) apriti un akcīzes nodokļa piemērošanas kārtību. Ministru kabinets nosaka biodegvielas kvalitātei izvirzāmās prasības; kārtību, kādā veicama biodegvielas atbilstības novērtēšana un nodošana pārstrādei; kārtību, kādā kontrolējama biodegvielas ražošana un jaukšana ar fosilo degvielu, un kārtību, kādā iznīcināma kvalitātes prasībām neatbilstoša biodegviela. Biodegvielas likums regulē arī biodegvielas apriti veicinošos pasākumus. Kā viens no tādiem minēts valsts atbalsts minimāli nepieciešamā biodegvielas daudzuma ražošanai, kā arī finansiālā atbalsta kvotas biodegvielas veidiem. Finansiālo atbalstu biodegvielas ražošanai regulē MK15.04.2008. noteikumi Nr. 280 "Noteikumi par finansiāli atbalstāmajām kvotām biodegvielai". Šobrīd šādas kvotas tiek piešķirtas bioetanola un biodīzeļdegvielas ražošanai tādā apjomā, kas nodrošina minimāli nepieciešamā biodegvielas daudzuma ražošanu. Kopējais atbalsts nepārsniedz izmaksu starpību starp fosilās degvielas mazumtirdzniecības cenu un biodegvielas vidējām ražošanas izmaksām. Tomēr saskaņā ar šiem noteikumiem uz atbalstu kvotu formā var pietiekties tikai ražotājs, kas biodegvielai izmanto rapšu sēklas, rapšu eļļu vai graudus. Otrs Biodegvielas likumā noteiktais finansiālā atbalsta veids ir pazemināts akcīzes nodoklis degvielai ar augstu biodegvielas saturu (E85) un akcīzes nodokļa nepiemērošana tīrai biodegvielai. Biodegvielu ražo, sajauc ar fosilo degvielu un pārstrādā, kā arī ieved Latvijas tirgū no ES valstīm saskaņā ar likumu "Par akcīzes nodokli" un normatīvajiem aktiem par akcīzes preču aprites kārtību.

Kopumā Biodegvielas likums jāvērtē kā ļoti vispārīgs. Tajā atrunātais regulējums ir nepilnīgs un nenorāda uz konkrētiem biodegvielas attīstības virzieniem un mērķiem. Modernās biodegvielas šajā likumā apskatītas netiek. Šeit ir jāņem vērā, ka Biodegvielas likums pieņemts 2005. gadā un pakārtots EK Direktīvai 2003/30/EK par biodegvielas un citu atjaunojamo veidu degvielas izmantošanas veicināšanu transportā, kas tika izdota 08.05.2003. un vairs nav spēkā (atcelta 2011. gadā). Līdz ar to Biodegvielas likums nav saskaņā ar ES aktuālajiem mērķiem un attīstības virzieniem un neņem vērā nepieciešamību pēc moderno biodegvielu attīstības.

### Transporta enerģijas likums (likumprojekts)

Biodegvielas likums zaudēs spēku līdz ar Transporta enerģijas likuma spēkā stāšanos. Transporta enerģijas likums varētu kļūt aktuāls sakarā ar to, ka transportam ir pievērsta liela uzmanība "Eiropas Zaļā kursa" dokumentā. Šī likuma stāšanās spēkā veidotu pieprasījumu pēc MBD un tas savukārt varētu veicināt MBD ražotnes veidošanos Latvijā.

Transporta enerģijas likuma mērķis atbilstoši likumprojektam ir veicināt alternatīvās degvielas izmantošanu transportā, veicinot tās pieejamību un nodrošinot kvalitāti, alternatīvās degvielas infrastruktūras attīstību, stiprinot transporta enerģijas tirgus uzraudzību un veicinot sabiedrības informētību par pieejamiem un izmantojamiem transporta enerģijas veidiem, lai sekmētu ilgtspējīgu tautsaimniecības attīstību un ierobežotu klimata pārmaiņas. Salīdzinājumā ar Biodegvielu likuma mērķi, Transporta enerģijas likumprojekta mērķis ir orientēts uz alternatīvajām degvielām, nevis konkrēti biodegvielām. Tomēr atbilstoši Transporta enerģijas likumprojektam, biodegvielām piešķirta būtiska nozīme alternatīvo degvielu attīstībā.

Atšķirībā no Biodegvielu likuma, Transporta enerģijas likumprojekts nosaka regulējumus, kas ierobežo biodegvielu attīstību, ko ražo no labības un citiem cieti saturošiem kultūraugiem, cukura un eļļas kultūraugiem, kā arī kultūraugiem, kas lauksaimniecības zemē audzēti kā galvenie kultūraugi galvenokārt enerģijas iegūšanas vajadzībām, paredzot, ka šādu biodegvielu īpatsvars enerģijas galapatēriņā transportā 2020. gadā nepārsniedz 7 %. Likumprojektā noteikts, ka valsts mērķī – 10 % AER īpatsvara transporta enerģijā sasniegšanai līdz 2020. gadam – ieskaita tikai ilgtspējīgu biodegvielu, kā arī valsts un pašvaldību īstenotie pasākumi un tiešais un netiešais valsts atbalsts aptver tikai ilgtspējīgu biodegvielu, kas atbilst ES noteiktajam kopējam regulējumam. Likumprojekts nosaka, ka Ministru kabinetam jāveic politikas plānošanas pasākumi valsts mērķa sasniegšanai, kā arī pasākumi, lai turpmāk veicinātu no AER saražotas enerģijas īpatsvaru transportā un veicinātu plašāku alternatīvās degvielas infrastruktūras attīstību.

Atbilstoši Transporta enerģijas likumprojektam noteikts pienākuma mehānisms degvielas piegādātājiem, saskaņā ar kuru degvielas piegādātājs katru gadu pārdod noteiktu tādas transporta enerģijas īpatsvaru, kas ražota no atjaunojamiem energoresursiem, ieskaitot no atjaunojamiem energoresursiem ražotu elektroenerģiju un ūdeņradi, no visa tā paša degvielas piegādātāja galapatēriņam transportā Latvijā nodotās transporta enerģijas apjoma. Transporta enerģijas īpatsvaru, kas degvielas piegādātājam jāsarāž no AER, katru gadu nosaka Ministru kabinets. Ja piegādātājs nav sasniedzis noteikto īpatsvaru, tam jāveic maksājums 0,1 % apmērā no degvielas piegādātāja pēdējā finanšu gada neto apgrozījuma, kas attiecas uz degvielas apriti, tai skaitā piegādi un tirdzniecību.

Biodegvielu ražošana pilnībā atbilst Transporta enerģijas likumprojekta mērķim, jo sniegtu ieguldījumu alternatīvo degvielu izmantošanas veicināšanā. Transporta enerģijas likumprojektā par biodegvielām no koksnes izejvielām nekas nav minēts, vienlaikus likumprojektā norādīts, ka biodegvielu ražošana no mežsaimniecības atlikumiem būtu īpaši atbalstāma, ņemot vērā noteiktos ierobežojumus biodegvielām, kas iegūtas no pārtikas kultūraugiem, kā arī uzstādījumu atbalstīt un AER mērķī ieskaitīt tikai ilgtspējīgas biodegvielas.

## 1.2. KONCEPTUĀLĀ NORMATĪVĀS VIDES ANALĪZE

Tā kā uz moderno biodegvielu ražošanas un tirgus realizācijas procesu attiecināmās normatīvās prasības ir atkarīgas no ražojamā galaprodukta un izvēlētas ražošanas tehnoloģijas, šajā pētniecības stadijā nav iespējams skaidri norādīt uz nosacījumiem, kas jāņem vērā moderno biodegvielu ražotnes izveidē. Ņemot vērā minēto, šī apakšnodaļa tiek balstīta uz vispārīgu prasību apskatīšanu. Lai sniegtu skaidrāku priekšstatu par moderno biodegvielu ražošanas procesu, iespējamām ražošanas tehnoloģijām un ražošanas procesa ietekmi uz vidi, nodaļā sniegts piemērs par reālu moderno biodegvielu ražotni, kas kā izejvielu izmanto mežsaimniecības resursus.

### 1.2.1. Ražošanas tehnoloģijas

Šajā apakšnodaļā sniegts ražošanas piemērs no Somijas uzņēmuma “UPM Biofuels” ražotnes “Lappeenranta Biorefinery”, kas sāka darboties 2015. gadā un ir pirmā ražotne pasaulē, kas komerciālā līmenī no koksnes atlikumiem ražo dīzeļdegvielu un naftu. Iegūtā dīzeļdegviela UPM BioVerno sava dzīves cikla laikā CO<sub>2</sub> emisijas samazina līdz 80 %, salīdzinot ar fosilajām degvielām. Saražotā produkcija gadā sasniedz 130 tonnas modernās biodegvielas. Tā piemērota izmantošanai visiem dīzeļa dzinējiem. Kā izejviela tiek izmantota neapstrādāta taleļļa – koksnes (priežu) celulozes atlikums, ko uzņēmums iegūst no Somijas celulozes rūpnīcām. Taleļļa ir blakusprodukts, kas rodas, ražojot celulozi no skujkokiem, līdz ar to tās tālāka izmantošana biodegvielu ražošanā veicina koksnes resursu efektīvāku izmantošanu. Šajā nodaļā apskatītā ražotne “Lappeenranta Biorefinery” varētu būt ļoti labs



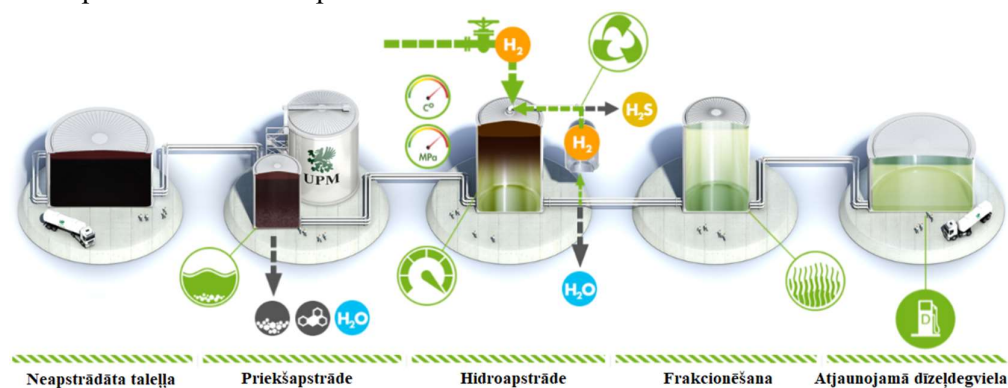
praktisks piemērs, kā Latvijā vienlaicīgi attīstīt celulozes ražotni un biodīzeļdegvielas tehnoloģiju, jo bioekonomikas attīstība labvēlīgi ietekmēs produktu ar augstu pievienotu vērtību ražošanu no koksnes.

Biodegvielu ražošanas tehnoloģija “*Lappeenranta Biorefinery*” ražotnē ir ķīmiskā pārveide. Tehnoloģiskais process sastāv no trim posmiem:

- 1) priekšapstrādes – taleļļu attīra no sāļiem, piemaisījumiem, cietajām daļiņām un ūdens;
- 2) hidroapstrādes – taleļļu pēc priekšapstrādes kopā ar ūdeņradi un piedevām sūta uz reaktoru, kur tiek mainīta ķīmiskā struktūra. Reakciju rezultātā radīto ūdeni atdala un nosūta notekūdeņu attīrīšanai;
- 3) frakcionēšanas – no šķīduma atdala ūdeņraža sulfīdu un nekondensējušās gāzes. Atlikušo šķīdumu destilē, lai atdalītu dīzeļdegvielu.

Procesa rezultātā iegūst atjaunojamo dīzeļdegvielu – augstas kvalitātes moderno biodegvielu, kas izmantojama visos dīzeļa dzinējos, un atjaunojamo naftu – modernu atjaunojamo benzīna biokomponentu vai bioplastmasas ražošanas izejvielu.

Ražošanas process shematiski parādīts 1.6. attēlā.



1.6. att. Biodegvielas ražošanas tehnoloģiskais process (UPM Biofuels, 2019).

Ražošanas procesā kā blakusproduktus iegūst arī vairākas ķīmiskās vielas – atjaunojamo terpentīnu, darvu un nātrija bisulfītu, kas ir dažādi lietojami ķīmiskajā rūpniecībā.

Gazifikācijas tehnoloģijā izmanto verdošā cirkulējošā slāņa (*circulating fluidised bed* jeb CFB) un burbuļojošā verdošā slāņa (*bubbling fluidised bed* jeb BFB) gazifikatorus.

Saskaņā ar *nova-Institute* datiem, Somijā 2017. gadā bija 17 biorafinērijas ražotnes, no kurām 8 par galveno izejmateriālu izmantoja koksni (*nova-Institute*, 2017). Modernās biodegvielas ražo arī atpazīstamais Somijas degvielas ražotājs “Neste Oil” (Neste, bez datuma), kas pirolīzes, fermentācijas un gazifikācijas procesos degvielu iegūst no dažādiem atlikumiem un atkritumiem. No koksnes “Neste Oil” degvielu neražo, ko pamato ar koksnes mainīgo sastāvu, un tās vietā izvēlas, piemēram, plastmasas atkritumus, kas komponentu ziņā ir nemainīgi. “Neste Oil” par vienu no galvenajiem apstākļiem, kas traucē modernajām biodegvielām ieņemt nozīmīgu vietu degvielu tirgū, uzskata dabasgāzes zemo cenu.

### 1.2.2. Piesārņojums, ietekme uz vidi

Kā jau minēts apakšnodaļas sākumā, moderno biodegvielu ražošanas process ir atkarīgs no ražojamā galaprodukta un izvēlētajās tehnoloģijas, kas attiecas arī uz potenciāli radīto piesārņojumu un tā būtiskumu. Tomēr, ņemot vērā attiecīgo ražošanas nozari un plānotos ražošanas apmērus, paredzams, ka ražotne atbildīs A kategorijas piesārņojošai darbībai atbilstoši likuma “Par piesārņojumu”, kas Saeimā pieņemts 15.03.2001., 1. pielikumam. Likums “Par piesārņojumu” nosaka, ka, veicot

A kategorijas darbības, operators lieto labākos pieejamos tehniskos paņēmienus. Labākos pieejamos tehniskos paņēmienus nosaka Eiropas Komisija atbilstoši darbības jomai un ražošanas procesam.

Lai uzsāktu moderno biodegvielu ražošanu, vispirms būtu jāiziet piesārņojošas darbības atļaujas saņemšanas process, kas sastāv no vairākiem posmiem:

- 1) paredzētās darbības pieteikšana Valsts vides dienestam, iesniedzot rakstveida iesniegumu (atbilstoši likumam “Par ietekmes uz vidi novērtējumu”, kas Saeimā pieņemts 14.10.1998.);
- 2) paredzētās darbības ietekmes sākotnējais izvērtējums (SIVN) un lēmums par paredzētās darbības ietekmes uz vidi novērtējuma (turpmāk tekstā – IVN) piemērošanu, ko veic Valsts vides dienests;
- 3) paredzētās darbības ietekmes uz vidi novērtējuma process, kas ietver paredzētās darbības sākotnējo sabiedrisko apspriešanu, programmas izstrādi, ietekmes novērtējuma ziņojuma sagatavošanu un sabiedrisko apspriešanu un Vides pārraudzības valsts biroja atzinumu par minēto ziņojumu un paredzētās darbības akcepta lēmumu (konkrētāk likumā “Par ietekmes uz vidi novērtējumu”).

Par piemēru ņemtajai “UPM Biofuels” ražotnei “Lappeenranta Biorefinery” IVN procedūra tika uzsākta 2010. gadā. Iekārtas atrašanās vieta tika paredzēta rūpnīcu teritorijā. Ražošanas līniju platība – 9000 m<sup>2</sup>, bet noliktavu telpu platība – 4000 m<sup>2</sup>.

Tika pieņemti divi ražošanas jaudu varianti. Pirmais – jauda 50 000 tonnu biodegvielu gadā, otrais – jauda līdz 200 000 tonnu biodegvielu gadā.

Biodegvielu ražošanas procesā nepieciešamo ūdeņradi paredzēja ražot uz vietas no dabasgāzes, un šim nolūkam uzbūvēt ūdeņraža ražotni. Iekārtās izmantojamo saspiesto gaisu un vidēja spiediena tvaiku paredzēja iegūt no blakus esošās celulozes rūpnīcas. Galvenais enerģijas avots iekārtā būtu elektrība.

Atbilstoši IVN tika plānots, ka ražotnes ietekme uz vidi būtu neliela, salīdzinot ar teritorijā esošās darbības ietekmi. Galvenā ietekme būtu satiksmes intensitātes izmaiņas, emisijas gaisā un ūdenī, kā arī iespējamā smaka.

Tika paredzēts, ka emisijas gaisā veidotu smakas, dūmgāzes un oglekļa dioksīds. Dūmgāzu sastāvā būtu oglekļa monoksīds, slāpekļa oksīds un sēra oksīds. Lielākā daļa ražošanas procesā radīto izmešu tiktu izvadīti caur skursteņiem.

Iepazīstoties ar “UPM Biofuels” ražotnes “Lappeenranta Biorefinery” ietekmes uz vidi novērtējumu, secināms, ka ražotnes attīstīšanas iespējas pozitīvi ietekmēja izraudzītā atrašanās vieta – rūpnīcu teritorija un blakus celulozes rūpnīcai. Izvēlēta atrašanās vieta – rūpnīcu teritorija – nosaka to, ka ražotnes individuālā ietekme uz vidi, vērtējot vairākus aspektus (piemēram, ietekmi uz ainavu, rekreāciju, troksni u.c.), nebūtu tik būtiska kā gadījumā, ja izvēlēta vieta būtu brīva teritorija. Atrašanās vieta blakus celulozes rūpnīcai nosaka to, ka ir iespējams attīstīt veiksmīgu sadarbību dažādu resursu apgādes un citādā ziņā.

Arī Latvijas situācijā ļoti liela nozīme būtu vietas izvēlei. Ražotnes novietojumu būtu ieteicams izvēlēties, ņemot vērā resursu pieejamību un dažādus sadarbības nodrošināšanai būtiskus aspektus, piemēram, infrastruktūras nodrošinājumu, sadarbības ražotņu tuvumu u.c.

Somijas uzņēmums “UPM Biofuels” plāno atvērt arī citu ražotni – “Kotka Biorefinery” Kotkas pilsētā, Somijā, kurā no ilgtspējīgām izejvielām (koksnes atlikumiem un citiem atlikumiem un atkritumiem) paredzēts saražot aptuveni 500 000 tonnu moderno biodegvielu izmantošanai autotransporta, kā arī jūras un aviācijas sektoros. Ražotnē tiktu iegūti produkti arī fosilo izejmateriālu aizstāšanai ķīmiskajā rūpniecībā.

Atbilstoši ietekmes uz vidi novērtējumam, kas veikts 2018. gadā, ražotnei kopumā būtu pozitīva ietekme uz vidi, paaugstinot atkritumu un atlikumu izmantošanu, kā arī samazinot SEG emisijas. Pieņemts, ka ražotnes sasniegtais SEG emisiju samazinājums būtu līdzvērtīgs 16 % no Somijas

autosatīksmē radītajām SEG emisijām, kas ir trīs reizes lielāks par SEG emisijām Helsinkos. Ražotnes galvenā ietekme uz vidi būtu saistīta ar palielinātu vietējas satiksme intensitāti un izmaiņām ainavā.

Somijas uzņēmums “*Nordfuel*” plāno atvērt bioetanola ražotni Haapavesi pilsētā, Somijā, savienojot to ar esošo Haapavesi kondensācijas elektrostaciju.

Iecerētās ražotnes atrašanās vieta ir ezera krastā Haapavesi pilsētas Eskolanniemi rajonā, aptuveni 2,5 km no Haapavesi pilsētas centra. Ražotnei piesaistītās teritorijas platība ir aptuveni 5 ha un atrodas starp esošo *Kanteleen Voima Oy Haapavesi* elektrostaciju un Haapavesi biodegvielas termināli.

Plānotais ražotnes darbības laiks ir 8 000 h gadā.

Ražotnē plānots iegūt bioetanolu (vai bio-eļļu kā alternatīvu) galvenokārt no zāģēšanas blakusproduktiem un mežsaimniecības izejvielām. Izejvielas vajadzīgajā daudzumā uz ražotni plānots piegādāt, izmantojot autoceļu transportu. Izejvielu piegādes rādiuss būtu aptuveni 150 km.

Izvēlētā biorafinērijas atrašanās vieta Haapavesi tiek uzskatīta par ļoti piemērotu gan izejvielu pieejamības ziņā, gan arī labas loģistikas savienojamības dēļ.

Ietekmes uz vidi novērtējums ražotnei tika veikts 2016. un 2017. gadā. Biorafinērijas ražotnes darbību plānots uzsākt 2021. gadā.

Ietekmes uz vidi novērtējumā novērtēti 3 iespējamie ražotnes darbības varianti:

- 1) Variants 0 (VE0) – biorafinērijas ražotne netiek atvērta. Haapavesiturpina darboties *Kanteleen Voima Oy* elektrostacija.
- 2) Variants 1 (VE1) – tiks uzbūvēta bioetanola ražotne un savienota ar *Kanteleen Voima Oy* elektrostaciju.
- 3) Variants 2 (VE2) – tiks uzbūvēta bio-eļļas ražotne un savienota ar *Kanteleen Voima Oy* elektrostaciju. Variantā VE2a bio-eļļas ražošana būtu balstīta uz pirolīzes procesu, papildus tiktu uzbūvēta cietā kurināmā gazifikācijas iekārta, kas savienota ar elektrostaciju. Variantā VE2b bio-eļļas ražošanai tiktu izmantots gazifikācijas process un sintēzes ķīmiskais process.

Atbilstoši ietekmes uz vidi novērtējumam ražotnes galvenās pozitīvās ietekmes būtu saistītas ar nodarbinātību un iztikas nodrošinājumu, zemes izmantošanu, resursu izmantošanu un fosilo izmešu samazināšanu. Negatīvās ietekmes saistītas ar satiksmes intensitātes un trokšņa līmeņa pieaugumu un dzesēšanas ūdeņu termisko slodzi uz ūdenstilpi. Ražotnes iespējamais ietekmes uz vidi apkopojums sniegts 1.3. tabulā. Ietekmes būtiskums izteikts kā neliels, vidējs vai nozīmīgs. Pozitīva rakstura ietekme apzīmēta ar “+”, savukārt negatīva rakstura ietekme apzīmēta ar “-”.

### 1.3. tabula

Apkopojums par “*Nordfuel*” plānotās bioetanola ražotnes Haapavesi pilsētā ietekmes uz vidi novērtējumu atbilstoši scenārijiem (YVA-selostus, 2017)

Ietekme	VE1	VE2a	VE2b
Zemes izmantošana, zemes lietojuma izmaiņas un apbūve	Vidēja --	Vidēja --	Vidēja --
Satiksme	Vidēja --	Vidēja --	Vidēja --
Troksnis	Neliela -	Neliela -	Neliela -
Gaisa kvalitāte	Neliela +	Neliela +	Neliela +
Klimats	Vidēja --	Vidēja --	Neliela +
Augsne, grunts un gruntsūdeņi	Nav ietekmes	Nav ietekmes	Nav ietekmes
Ūdenstilpes	Neliela -	Neliela -	Vidēja --
Veģetācija, fauna un aizsargājamās dabas teritorijas	Neliela -	Neliela -	Neliela -

Ietekme	VE1	VE2a	VE2b
Dabas resursi	Neliela +	Neliela +	Neliela +
Ainava un kultūras mantojums	Neliela -	Neliela -	Neliela -
Veselība	Nav ietekmes	Nav ietekmes	Nav ietekmes
Dzīves apstākļi un pievilcība	Neliela -	Neliela -	Neliela -
Rekreācija	Neliela -	Neliela -	Nozīmīga ---
Nodarbinātība un ekonomika	Nozīmīga +++	Nozīmīga +++	Nozīmīga +++
Negadījumu un traucējumu situācijas	Vidēja --	Vidēja --	Vidēja --

Rūpnīcas Latvijā tiek būvētas pašvaldību rūpnieciskajās zonās, kurās bioetanolā ražotnes vērtējums no ietekmes uz vidi aspektiem būs līdzīgs. Ietekmes uz vidi vērtējuma tabulā sniegtie rezultāti varētu palīdzēt IVN ziņojuma sabiedriskās apspriešanas procesā, lai iegūtu sabiedrības atbalstu.

### 1.2.3. Modernā biodegviela, enerģija

Šajā apakšnodaļā apskatīti Latvijas līmeņa normatīvi, kas regulē biodegvielu ražošanu, kvalitāti un sertificēšanu.

Atbilstoši MK 18.04.2006. noteikumiem Nr. 303 "Kārtība, kādā uzrauga un administrē tiešo valsts atbalstu ikgadējā minimāli nepieciešamā biodegvielas daudzuma ražošanai", atbalstu biodegvielu ražošanai uzrauga un administrē Lauku atbalsta dienests.

Saistībā ar Transporta enerģijas likumprojektu iepriekš minēts, ka valsts mērķī 10 % AER īpatsvara transporta enerģijā sasniegšanai līdz 2020. gadam ieskaitāma tikai ilgtspējīga biodegviela. Latvijas normatīvajos aktos biodegvielu ilgtspējības kritērijus atbilstoši Direktīvai 2009/28/EK nosaka MK noteikumi Nr. 545. Tie nosaka biodegvielu un bioloģisko šķidro kurināmo ilgtspējības kritērijus, to ieviešanas mehānismu un uzraudzības un kontroles kārtību, tostarp tie paredz, ka:

- 1) emisiju ietaupījumam no biodegvielu izmantošanas ir jābūt vismaz 60 %;
- 2) biodegvielas, kas tiek izmantotas valsts mērķa sasniegšanā vai likumā "Par piesārņojumu" noteiktā transporta enerģijas aprites cikla SEG emisiju intensitātes samazināšanā, nedrīkst būt ražotas no izejvielām, kas iegūtas zemes platībās ar augstu bioloģisko daudzveidību (atbilstoši MK noteikumu Nr. 545 5. punktam) vai platībās ar augstu oglekļa koncentrāciju (atbilstoši 7. punktam);
- 3) produktu atbilstību kvalitātes prasībām apliecina ar atbilstības sertifikātu vai dokumentu, ko izsniegusi akreditēta atbilstības novērtēšanas institūcija (MK noteikumu Nr. 772. 7. punkts);
- 4) sertificēšanu veic Lauku atbalsta dienests;
- 5) Lauku atbalsta dienests izsniedz apliecinājumu par zemes atbilstību prasībām un norāda biomasas maksimālo kopapjomu, kas atbilst ilgtspējības kritērijiem.

Attiecībā uz mežsaimniecības izejvielām, iepriekš minētie MK noteikumi Nr. 545 nosaka, ka izejvielas biodegvielu ražošanai nedrīkst būt iegūtas no tādām bioloģiski daudzveidīgām platībām, kas klasificētas kā:

- 1) pirmatnēji meži un citas mežu zemes – meži un citas mežu zemes, kurās ir sastopamas endēmiskas sugas un nav skaidri konstatējama cilvēku darbība, un kuru ekoloģiskie procesi nav nopietni traucēti;
- 2) Saeimas vai Ministru kabineta izveidotas īpaši aizsargājamas dabas teritorijas – dabas parki, dabas rezervāti, nacionālie parki, dabas liegumi, aizsargājamo ainavu apvidi un dabas pieminekļi;
- 3) īpaši aizsargājamo sugu un īpaši aizsargājamo biotopu mikroliegumi un teritorijas, kurās aizsargā reti sastopamas, apdraudētas vai izmirstošas ekosistēmas, biotopus vai sugas, kas par tādām ir

atzītas starptautiskos nolīgumos vai iekļautas starpvaldību organizāciju vai Starptautiskās dabas aizsardzības organizācijas sastādītajos sarakstos, un par aizsargājamiem tās ir atzītas ar Eiropas Savienības vai Latvijas normatīvajiem aktiem.

Šobrīd Latvijā nav noteikts obligāts pienākums biodegvielas piejaukumam izmantot ilgtspējas kritērijiem atbilstošas biodegvielas. Moderno biodegvielu atbalstam darbojas tikai viens finanšu instruments – akcīzes nodokļa likme (tīrai biodegvielai vai degvielām ar augstu biodegvielas sastāvu ir zemāks akcīzes nodoklis). Otrs Biodegvielas likumā noteiktais finanšu atbalsta instruments biodegvielām – finansiālā atbalsta kvotas, kā iepriekš minēts, pagaidām pieejamas tikai pirmās paaudzes biodegvielām, kuru ražošanai izmanto rapšu sēklas, rapšu eļļu vai graudus.

Uz bioetanolā ražošanu un izplatīšanu attiecināmi MK 18.10.2005. noteikumi Nr. 772 “Noteikumi par biodegvielas kvalitātes prasībām, atbilstības novērtēšanu, tirgus uzraudzību un patērētāju informēšanas kārtību”.

Šie noteikumi nosaka:

- 1) biodegvielas kvalitātes prasības;
- 2) kārtību, kādā veicama biodegvielas atbilstības novērtēšana un nodošana pārstrādei;
- 3) kārtību, kādā kontrolējama biodegvielas ražošana un jaukšana ar fosilo degvielu;
- 4) kārtību, kādā iznīcināma kvalitātes prasībām neatbilstoša biodegviela;
- 5) kārtību, kādā patērētāji tiek informēti par tirdzniecības vietās esošās biodegvielas sastāvu un atbilstību kvalitātes prasībām.

Atbilstoši minētajiem MK noteikumiem Nr. 772, Latvijā atļauts izmantot:

- 1) svinu nesaturošu benzīnu, kas satur dehidratētu (ar spirta saturu vismaz 99,5 tilpumprocenti) bioetanolu, ja absolūtā spirta saturs ir 4,5–5 tilpumprocenti no kopējā produktu daudzuma;
- 2) svinu nesaturošu benzīnu, kas satur dehidratētu (ar spirta saturu vismaz 99,5 tilpumprocenti) bioetanolu, ja absolūtā spirta saturs ir 70–85 tilpumprocenti no kopējā šīs degvielas daudzuma;
- 3) svinu nesaturošu benzīnu, kas satur dehidratētu (ar spirta saturu vismaz 99,5 tilpumprocenti) bioetanolu, ja absolūtā spirta saturs ir 9,5–10 tilpumprocenti no kopējā produktu daudzuma.

### **Kopsavilkums par politikas plānošanas dokumentu, stratēģiju un normatīvo aktu ietekmi uz moderno biodegvielu ražošanas iespējām**

Ņemot vērā šajā nodaļā apskatītos plānošanas dokumentus, stratēģijas un normatīvos aktus, kas ietekmē moderno biodegvielu ražošanas iespējas, 1.7. attēlā ir sniegts to shematisks apkopojums.



<b>Dokuments</b>	<b>Saistība ar MBD (tieša vai netieša)</b>	<b>Saistības pamatojums</b>	<b>Pamatojums MBD ražošanai</b>
Eiropas Savienības Enerģētikas savienības stratēģija	Netieša	Viens no trīs ES enerģētikas politikas pamatmērķiem – ilgtspēja.	MBD ražošana atbilst ilgtspējas principiem, jo paaugstina koksnes resursu izmantošanas efektivitāti, veicina tīrākas transporta enerģijas attīstību, nepieprasa papildus zemes resursus un neizmanto pārtikas kultūraugus.
Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija)	Tieša	Izvirzīti mērķi MBD īpatsvara palielināšanai transporta sektorā.	MBD ražošana tiešā veidā veicinātu šajā dokumentā izvirzīto mērķu sasniegšanu.
“Tīru planētu – visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku”	Netieša	Dokumentā noteikti principi pārejai uz SEG neto nulles emisiju ekonomiku iekļauj AER īpatsvara palielināšanu, mazemisiju mobilitātes ieviešanu, aprites ekonomikas attīstīšanu.	MBD ražošana veicinātu pāreju uz SEG neto nulles emisiju ekonomiku, jo palielinātu AER izmantošanu, veicinātu tīras mobilitātes attīstību, kā arī ir saskaņā ar aprites ekonomikas principiem.
Transporta Baltā grāmata “Ceļvedis uz Eiropas vienoto transporta telpu – virzība uz konkurētspējīgu un resursu efektīvu transporta sistēmu”	Netieša	Dokumentā izvirzīts mērķis samazināt transporta sektora SEG emisijas par 60 % līdz 2050. gadam, kā arī uzsvērt nepieciešamību atbalstīt tīrāku enerģijas iegūšanu un ilgtspējīgākas biodegvielas.	MBD ražošana sniegtu ieguldījumu transporta sektora SEG emisiju samazināšanā, aizstājot fosilās degvielas. MBD ražošana no mežsaimniecības atlikumiem potenciāli atbilstu ilgtspējības principiem.
Eiropas Komisijas iniciatīva „Eiropas Zaļais kurss”	Netieša	Galvenais dokumenta mērķis ir sasniegt klimatneitralitāti līdz 2050. gadam, tostarp nosakot nepieciešamību samazināt transporta sektora emisijas, veicināt aprites ekonomikas attīstību, mežu ilgtspējīgu apsaimniekošanu.	MBD ražošana veicinātu emisiju samazināšanu, aizstājot fosilās degvielas, būtu saskaņā ar aprites ekonomikas principiem un potenciāli atbilstu arī ilgtspējīgai mežu apsaimniekošanai.
<b>Latvijas līmenī</b>			
Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam	Netieša	Stratēģijā izvirzīts mērķis nodrošināt valsts enerģētisko neatkarību, palielinot energoresursu pašnodrošinājumu un integrējoties ES enerģijas	MBD ražošana veicinātu Latvijas enerģētisko neatkarību, kā arī veicinātu pāreju uz biodegvielu izmantošanu.

Dokuments	Saistība ar MBD (tieša vai netieša)	Saistības pamatojums	Pamatojums MBD ražošanai
		tīklos. Izcelta nepieciešamība veicināt pāreju uz elektroenerģijas, biogāzes un biodegvielu izmantošanu.	
Alternatīvo degvielu attīstības plāns 2017.–2020. gadam	Tieša	Dokumentā noteikts, ka biodegvielām ir ļoti būtiska ietekme uz SEG emisiju samazināšanu, kā arī jāņem vērā, ka lauksaimniecībai piemēroto zemju izmantošana enerģētisko kultūru audzēšanai apdraud pārtikas nodrošinājumu un veicina atmežošanu.	MBD ražošana veicinātu SEG emisiju samazināšanu, kā arī resursu ieguvei nebūtu nepieciešama papildus zemes platība, līdz ar to netiktu apdraudēts pārtikas nodrošinājums vai veicināta atmežošana.
Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030	Netieša	Stratēģijas mērķi iekļauj bioekonomikas produktu pievienotās vērtības paaugstināšanu, nodarbinātības veicināšanu bioekonomikas nozarēs.	MBD ražošana atbilst bioekonomikas principiem, līdz ar to tās attīstīšana paaugstinātu produktu pievienoto vērtību, jo no atlikumiem tiktu iegūts vērtīgs produkts, kā arī ražošanas process pieprasītu darba spēka piesaistīšanu. Stratēģijas turpmākā pilnveidošanā nepieciešams iestrādāt stingrākus uzstādījumus, kas attiecas tieši uz MBD.
Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. – 2030. gadam	Tieša	Izvirzīti mērķi MBD īpatsvara palielināšanai transporta sektorā (atbilstoši Direktīvai 2018/2001).	MBD ražošana tiešā veidā veicinātu izvirzīto mērķu sasniegšanu.
Nacionālais attīstības plāns 2014. – 2020. gadam	Netieša	Dokumentā noteikti mērķi AER īpatsvara palielināšanai enerģijas galapatēriņā un uzsvērta nepieciešamība veicināt vietējo energoavotu izmantošanu enerģijas ražošanā, kā arī energoresursu ilgtspējīgu izmantošanu.	MBD ražošana veicinātu gan AER īpatsvara palielināšanu enerģijas galapatēriņā, gan vietējo energoavotu izmantošanu, gan arī atbilst resursu ilgtspējīgai izmantošanai. Tomēr dokumentā nav izcelts neviens transporta enerģijas veids, līdz ar to tas veicina MBD attīstību tikai netiešā veidā.
Nacionālais attīstības plāns 2021. – 2027. gadam (projekts)	Netieša	Par vienu no uzdevumiem izvirzīta transporta sistēmas dekarbonizācija, nosakot mērķi AER īpatsvaram transportā. Cits uzdevums paredz vietējo resursu efektīvāku izmantošanu, aprites	MBD ražošana no mežsaimniecības atlikumiem ir pilnībā saskanīga ar dokumentu, jo tā paaugstinātu no AER saražotās enerģijas īpatsvaru, sniegtu būtisku ieguldījumu



Dokuments	Saistība ar MBD (tieša vai netieša)	Saistības pamatojums	Pamatojums MBD ražošanai
		ekonomikas ieviešanu, produktu pievienotās vērtības paaugstināšanu un bezatkritumu ražošanas tehnoloģiju un inovāciju ieviešanu. Vīzija ietver redzējumu par atkarības no fosilajiem resursiem samazināšanu.	transporta sistēmas dekarbonizācijā un mazinātu atkarību no fosilajiem resursiem, atbilstu aprites ekonomikas principiem un nozīmīgi palielinātu resursu izmantošanas efektivitāti, kā arī nodrošinātu produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanu. Tomēr dokuments veicina MBD attīstību tikai netiešā veidā, jo MBD nav minētas.
Latvijas stratēģiju klimatneitralitātes sasniegšanai līdz 2050. gadam ( <i>Pētījumā analizēta OMA stratēģija</i> )	Tieša	Dokumenta aprakstītā vīzija paredz, ka 2050. gadā AER enerģija nodrošina galveno lomu Latvijas energobilancē, ir attīstītas jaunākās paaudzes (modernās) biodegvielas, kā arī biomasas no Latvijas mežiem tiek iegūta ilgtspējīgā veidā.	MBD ražošana tiešā veidā veicinātu vīzijas īstenošanu uzskaitītajās jomās (AER nozīmīgums, moderno biodegvielu attīstība un ilgtspējīga meža biomasas izmantošana).

Kopumā Latvijas līmeņa politikas dokumentos ir integrēti ES noteiktie mērķi no AER iegūtas enerģijas īpatsvara paaugstināšanai transporta sektorā. Trīs no septiņiem 1.4. tabulā apskatītajiem Latvijas saistošajiem politikas dokumentiem tiešā veidā attiecas uz MBD ražošanu, uzsverot vajadzību pēc MBD attīstības. Skaidri redzams, ka MBD ražošana veicinātu arī to mērķu sasniegšanu, kas izvirzīti dokumentos, kas uz MBD attiecas tikai netiešā veidā. Saistošo politikas dokumentu analīze ļauj secināt, ka MBD ražošana sniegtu lielu ieguldījumu vairākos būtiskos valsts attīstības virzienos. Klimata aspektā MBD ražošana veicinātu AER īpatsvara palielināšanu gan transporta sektorā, gan tautsaimniecībā kopumā un mazinātu energoatkarību. Ekonomiskā aspektā MBD ražošana veicinātu resursu pilnvērtīgāku izmantošanu, paaugstinot no resursu vienības iegūto peļņu, veicinātu bioekonomikas attīstību un paaugstinātu produktu pievienoto vērtību. Turklāt MBD ražošana būtu inovācija nacionālā un, visticamāk, arī Baltijas valstu mērogā un pavērtu jaunas iespējas dažāda veida sadarbības attīstīšanai. Papildus MBD ražotnes izveide nodrošinātu jaunas darbavietas bioekonomikas nozarē, kas arī ir viens no valsts vēlamajiem attīstības virzieniem.

Koksnes atlikumi uzskatāmi par perspektīvāko resursu MBD ražošanai, jo īpaši Latvijas situācijā. MBD ražošana no koksnes atlikumiem sniegtu iespēju realizēt meža resursu būtisko potenciālu. Ņemot vērā mežu lielo īpatsvaru un salīdzinoši vienmērīgo izvietojumu valsts teritorijā, ir daudzsoļošanas iespējas attīstīt ilgtspējīgu koksnes resursu izmantošanu un tādējādi sniegt būtisku ieguldījumu valsts ekonomiskajā izaugsmē un klimata mērķu sasniegšanā. Būtiska priekšrocība MBD ražošanai tieši no koksnes atlikumiem ir tā, ka salīdzinājumā ar enerģētisko kultūru audzēšanu nav nepieciešamas speciāli

tam veltītas zemes platības, kā arī netiek veicināta konkurence starp enerģijas ieguvu un pārtikas apgādi. Šis apstāklis bieži uzsvērts ES līmeņa politikas dokumentos.

Lai arī Latvijas līmeņa saistošajos politikas dokumentos izvirzītie mērķi un prioritātes ir saskaņā ar MBD ražošanu no mežsaimniecības atlikumiem, šajos dokumentos, ja arī ir izvirzīti mērķi attiecībā uz MBD, trūkst skaidra rīcības plāna par to, kā tieši MBD attīstība tiks veicināta. Līdz ar to secināms, ka ir nepieciešama valsts līmeņa saistošo politikas dokumentu pilnveidošana, integrējot kvantitatīvus mērķus attiecībā uz MBD attīstību, kā arī paredzot konkrētu rīcības plānu MBD ražošanas un izmantošanas veicināšanai.

### **Secinājumi**

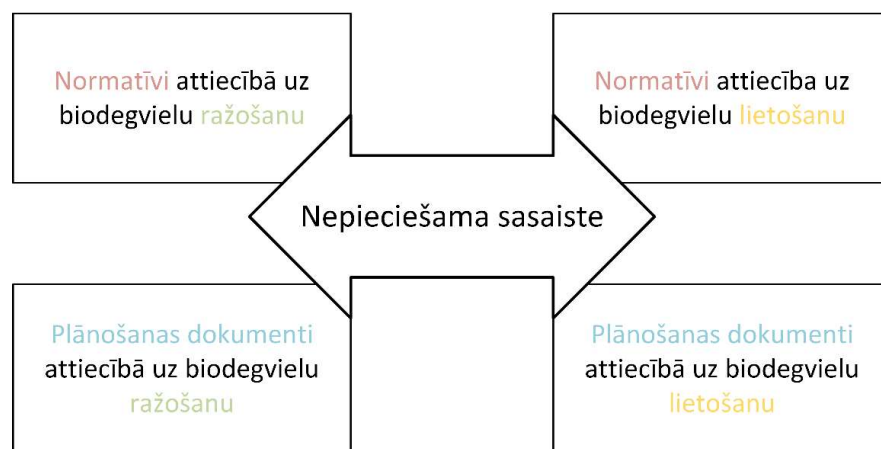
- 1) Sākotnējā iecere plānošanas dokumentu un normatīvo aktu analīzes nodaļas izstrādē par pamatu izmantot SM pētījumu nepiepildījās, jo SM pētījumā izmantotie dati un sniegtās prognozes attiecībā uzizmaiņām transporta degvielu veidu izmantošanā un sadalījumu nākotnē nav pietiekami pamatotas un analizētas.
- 2) Eiropas līmeņa plānošanas dokumenti viennozīmīgi atbalsta biodegvielu ražošanu. Tieši moderno biodegvielu attīstības veicināšana ir aktualizējusies salīdzinoši nesen.
- 3) Eiropas līmeņa dokumentos bieži norādīts, ka ES izvirzītos mērķus attiecībā uz emisiju mazināšanu transporta sektorā galvenokārt var veicināt biodegvielu izmantošana. Tikmēr par perspektīvu transporta enerģijas veidu tiek atzīta arī elektroenerģija, tomēr tai pagaidām ir dažādi ierobežojumi.
- 4) Eiropas līmenī tiek atzīts, ka biodegviela, kas ražota no pārtikas kultūraugiem, nav ilgtspējīgs enerģijas ieguves veids un var radīt problēmas citās jomās, piemēram, pārtikas apgādē un zemes izmantošanas veidu maiņā. Līdz ar to pēdējā laikā uzsvērtā nepieciešamība attīstīt tieši moderno biodegvielu ražošanu.
- 5) Pēc saistošo Latvijas plānošanas dokumentu un normatīvu analīzes secināms, ka Latvijai šobrīd nav skaidra plāna, kā sasniegt ES noteikto mērķi par vismaz 3,5 % moderno biodegvielu īpatsvaru transporta enerģijā 2030. gadā. Esošās politikas vērtējums neliecina par to, ka šis mērķis tiks sasniegts. Ja politika MBD attīstībai netiks attīstīta, Latvijai varētu būt jāmaksā soda nauda par mērķa nesasniegšanu.
- 6) Latvijas vēsturiskā pieredze un tiesiskais ietvars nav virzījis transporta sektora attīstību energoefektivitātes paaugstināšanas, ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšanas un atjaunojamo energoresursu, tai skaitā moderno biodegvielu, izmantošanas virzienā.
- 7) Šobrīd transporta sektors mazina iespējas Latvijas tautsaimniecībai virzīties uz trīs ES mērķu izpildi 2020. gadā un 2030. gadā. Latvijas līmenī ir kardināli jāmaina attieksme pret transportlīdzekļu attīstību modernās biodegvielas, biogāzes un atjaunojamās elektroenerģijas izmantošanas ziņā, izvirzot to par vienu no galvenajām attīstības prioritātem.
- 8) Šobrīd Latvijas normatīvos prasības ES izvirzītā mērķa par 3,5 % MBD īpatsvaru transporta enerģijā 2030. gadā sasniegšanai nav integrētas. Lai arī tiek īstenoti atsevišķi politiskie pasākumi biodegvielu atbalstam (piemēram, pazemināts akcīzes nodoklis vai biodegvielas obligātais piejaukums), secināms, ka šobrīd Latvijas normatīvi attiecībā uz MBD ražošanu ir neitrāli. Tomēr, ja prasības MBD mērķa sasniegšanai normatīvos tiks integrētas, radīsies arī normatīvais pamatojums MBD ražotnes izveidei.
- 9) Pētījuma apskatītie Somijas MBD ražotņu piemēri sniedz vērtīgu ieskatu par Latvijā potenciāli attīstāmās MBD ražotnes iespējamo ietekmi uz vidi. Atbilstoši apskatītajiem Somijas piemēriem, galvenās negatīvās ietekmes uz vidi saistītas ar satiksmes intensitātes pieaugumu,

izmaiņām ainavā un rekreācijas iespēju ierobežošanu. Tā kā ietekme uz vidi ir atkarīga no ražotnes novietojuma, šos vērtējumus nevar pilnībā attiecināt uz MBD ražotni, tomēr apskatītie piemēri var tikt izmantoti ražotnes sabiedriskās apspriešanas procesā, lai iegūtu sabiedrības labvēlību.

- 10) Esošie Latvijas līmeņa plānošanas dokumenti un normatīvi, kas tieši vai netieši ietekmē moderno biodegvielu attīstību, nav savstarpēji saskaņoti to ražošanas un to izmantošanas līmenī. Ņemot vērā, ka moderno biodegvielu integrēšana plānošanas dokumentos un normatīvos tikai ražošanas vai izmantošanas jomā neveicinātu to attīstību, ir nepieciešama sasaiste abos līmeņos.
- 11) MBD attīstības iespējas būtiski ietekmē arī piemērotas infrastruktūras attīstība. Šobrīd iespējas MBD realizēšanai tirgū būtu stipri ierobežotas neesošās infrastruktūras dēļ. Līdz ar to, ieviešot politiku MBD atbalstam, vienlaicīgi būtu nepieciešams izstrādāt rīcības plānu piemērotas infrastruktūras attīstībai.
- 12) Vērtējot MBD attīstības iespējas, ir būtiski ņemt vērā esošo zināšanu līmeni attiecībā uz MBD ražošanu, tās ietekmi uz vidi, kā arī MBD lietošanas ietekmi uz tautsaimniecību, jo šie aspekti nodrošina bāzi MBD attīstībai. Līdz ar to, sākotnēji būtu jāizvērtē minētie aspekti, un, balstoties uz vērtējuma rezultātiem, atbilstoši jāpilnveido politikas plānošanas dokumenti un normatīvi.

### **Rekomendācijas**

- 1) Ņemot vērā, ka šobrīd spēkā esošie Latvijas normatīvie akti attiecībā uz biodegvielām, tai skaitā MBD, ir ļoti vispārīgi, tie ir jāpilnveido, paredzot konkrētus mērķus attiecībā uz MBD ražošanu un izmantošanu, kā arī sagatavojami skaidri rīcības plāni šo mērķu sasniegšanai. Vēlamākais būtu integrēt ar MBD attīstību saistītus jautājumus ne tikai transporta un enerģētikas, bet arī citu tautsaimniecības nozaru, piemēram, lauksaimniecības un rūpniecības sektoru, dokumentos, tādējādi veicinot sektoru vienotu attīstību un izvairīties no pretrunām attīstības prioritātēs.
- 2) Lai Latvija varētu sasniegt ES izvirzīto mērķi par 3,5 % MBD īpatsvaru transporta enerģijā 2030. gadā un līdz ar to izvairīties no soda naudas maksāšanas par saistību neizpildi, ir nepieciešams pilnveidot jaunievieštos plānošanas dokumentus NEKP 2030 un NAP 2021–2027 projektu, iestrādājot politiskos pasākumus (piemēram, samazinātas nodokļa likmes, priekšrocības, investīcijas u.c.) MBD ražošanas un lietošanas atbalstam.
- 3) Ņemot vērā ES prioritātes biodegvielu jomā un koksnes resursu nozīmīgumu Latvijas tautsaimniecībā, atbalsta uzsvars būtu jāliek uz koksnes ķīmisko pārstrādi transporta sektora vajadzībām. Jāizmanto “Eiropas Zaļā kursa” dokumentos ieteiktie principi, piemēram, “NO HARM” (nekaitēt), lai jaunu videi draudzīgu projektu sabiedriskajās apspriešanās mazinātu nepamatotas tautsaimniecībai nepieciešamu un klimatam draudzīgu projektu noraidīšanas iespējas.
- 4) Latvijas normatīvi un plānošanas dokumenti attiecībā uz biodegvielu ražošanu un normatīvi un plānošanas dokumenti attiecībā uz biodegvielu lietošanu ir savstarpēji jāsavstarpēji jāsaskaņo, nodrošinot, ka tie, papildinot viens otru, veicina vienotu mērķu attīstību (1.8. att.).



1.8. att. Nepieciešamā sasaiste attiecība uz moderno biodegvielu ražošanu un lietošanu.

- 5) Plānojot MBD ražotnes izveidi, ieteicams meklēt sadarbības iespējas, piemēram, izejvielu iegūšanā, enerģijas piegādē, blakusproduktu izmantošanā u.c., kas varētu būtiski paaugstināt MBD ražošanas ekonomisko izdevīgumu, kā arī, iespējams, mazināt negatīvo ietekmi uz vidi.

### Atsauces

- [1] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu. *Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis* - L 307/1 (2014. gada 22. oktobris).
- [2] Aldenius, M. (2018). Influence of public bus transport organisation on the introduction of renewable fuel. *Research in Transportation Economics*, 106-115. lpp.
- [3] Börjesson Hagberg, M., Pettersson, K., & Ahlgren, E. O. (2016.). Bioenergy futures in Sweden – Modeling integration scenarios for biofuel production. *Energy*, lpp. 1026-1039 lpp.
- [4] C. De lucia, B. D. (2012). Lignocellulosic Ethanol. *Advances in Biodeasel Production*.
- [5] CSDD. (2019). *Par 2019. gada 2. ceturksnī reģistrētajiem elektrotransportlīdzekļiem*. Ielādēts no <http://www.e-transports.org/index.php/statistika/33-elektro-transportlidzekli/224-par-2019-gada-2-ceturksni-registretajiem-elektrotransportlidzekliem>
- [6] CSDD statistikas datubāze. (07.01.2019.).
- [7] CSP. (2019). *Energobalance, naturālās mērvienībās*. Ielādēts no [http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide\\_\\_energetika\\_\\_ikgad/ENG010.px/table/tableViewLayout1/](http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__energetika__ikgad/ENG010.px/table/tableViewLayout1/)
- [8] CSP. (2019). *Reģistrēto automobiļu sadalījums pēc vecuma un degvielas veida gada beigās*. Ielādēts no [http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/transp\\_tur/transp\\_tur\\_\\_transp\\_\\_auto\\_celi\\_\\_ikgad/TRG110.px/table/tableViewLayout1/](http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/transp_tur/transp_tur__transp__auto_celi__ikgad/TRG110.px/table/tableViewLayout1/)
- [9] D.Blumberga, I. T. (bez datuma). Biogāze. Rokasgrāmata. *Tiešsaistē*. Ielādēts no: <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbookLatvia.pdf>.
- [10] EBA. (2017). *EBA Statistical Report 2017*. Brussels.
- [11] Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komiteja. (2015). *Atzinums par tematu Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai, Reģionu komitejai un Eiropas Investīciju bankai "Pamatstratēģija spēcīgai Enerģētikas savienībai ar tālredzīgu klimata pārmaiņu politiku"*.
- [12] Eiropas Komisija. (2011). *Ceļvedis uz Eiropas vienoto transporta telpu – virzība uz konkurētspējīgu un resursu efektīvu transporta sistēmu*. Brisele.
- [13] Eiropas Komisija. (2016). Komisijas darba dokuments. *Eiropas Mazemisju mobilitātes stratēģija*.
- [14] Eiropas Komisija. (2019). *Ceturtais ziņojums par Enerģētikas savienības stāvokli*.

- [15] Eiropas Komisija. (2019). *The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: European Commission.
- [16] Eiropas Komisijas tīmekļa vietne. (bez datuma). *Eiropas Komisija un tās prioritātes. Transports*. Ielādēts no [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en)
- [17] Eiropas Parlaments un Padome. (2018). *Direktīva (ES) 2018/2001 (2018. gada 11. decembris) par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu*.
- [18] Eiropas Parlaments un Padome. (30.05.2018.). Direktīva 2018/851 Par atkritumiem.
- [19] Ekonomikas ministrija. (2019). *Nacionālā enerģētikas un klimata plāna aktualizētā versija (PROJEKTS)*.
- [20] European Commission. (12.02.2015.). Aprite ekonomikas pakete: jautājumi un atbildes. *Eiropas Komisijas preeses relīzes*. Ielādēts no [https://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-15-6204\\_lv.htm](https://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_lv.htm)
- [21] European Commission. (2015). *State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union. Final Report*.
- [22] Eurostat. (2019). *Number of electric cars is on the rise*. Ielādēts no <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20190507-1>
- [23] Eurostat. *Air pollutants by source sector*. Ielādēts no <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/air-emissions-inventories/database>
- [24] J.Ammenberg, S. A. (2018). Biogas in the transport sector—actor and policy analysis focusing on the demand side in the Stockholm region. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, lpp. 70-80.
- [25] J.D. Becerra-Ruiz, R. G.-H.-R.-B. (2019). Using green-hydrogen and bioethanol fuels in internal combustion engines to reduce emissions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 12324-12332.
- [26] Kauliņš, Dz. (10.04.2019.). *Nacionālais enerģētikas un klimata plāns 2021. - 2030.gadam*. Ekonomikas ministrija.
- [27] Latvijas Bioekonomikas stratēģija 2030. (2017).
- [28] Maris Gailis, V. P. (2015). Assessment of compatability of fuel supply system polymeric parts with bioethanol/gasoline blend E85. *Engineering for rural development*.
- [29] Michael Child, C. B. (2016.). Vision and initial feasibility analysis of a recarbonised Finnish energy system for 2050. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, lpp. 517-536.
- [30] Ministru kabineta rīkojums Nr. 379. (21.07.2017.). Par konceptuālo ziņojumu "Par atjaunojamo energoresursu izmantošanu transporta sektorā".
- [31] Mustafa Balat, H.B. (2008). Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science*, 551-573.
- [32] Neste. (bez datuma). *Renewable solutions for transport*. Ielādēts no <https://www.neste.com/corporate-info/sustainability/cleaner-solutions/renewable-solutions-transport>
- [33] Nova-Institute. (2017). *Biorefineries in Europe 2017*.
- [34] Nr. 280, K.n. (24.04.2008). Ministru kabineta noteikumi Nr.280 "Noteikumi par finansiāli atbalstāmajām kvotām biodegvielai".
- [35] Pārresoru koordinācijas centrs. (23.12.2019.). *Sabiedrības iebildumi un priekšlikumi par Latvijas Nacionālo attīstības plānu 2021.-2027. gadam*. Ielādēts no <https://www.pkc.gov.lv/lv/nap2027>
- [36] PricewaterhouseCoopers, S. (2018). Pētījums par Eiropas Parlamenta un Padomes 2014. gada 22. oktobra Direktīvas 2014/94/ES par alternatīvo degvielu ieviešanu scenārijiem autotransporta sektorā.
- [37] United Nations. (11.09.2019.). *Sustainable development goals*. Ielādēts no United Nations Shaping our futhure together : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- [38] YVA-selostus. (2017). *EIA Summary*.

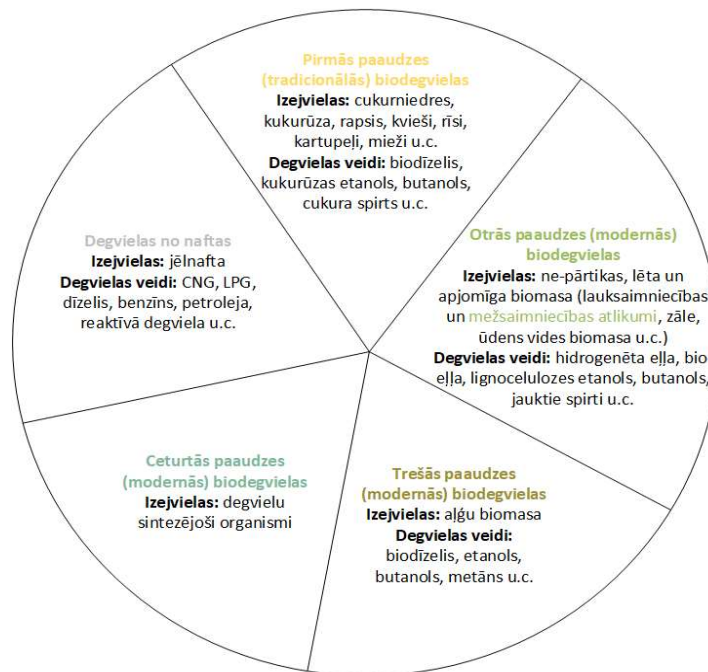
## 2. MODERNO BIODĒGVIELU RAŽOŠANAS TEHNOLOĢIJAS

### Saīsinājumi

Bio-propāns	– No atjaunojamajiem resursiem iegūta gāze, kuras galvenā sastāvdaļa ir propāns. Bio-propāns ir LPG sastāvdaļa.
Biogāze	– No atjaunojamajiem resursiem iegūta gāze, kuras galvenā sastāvdaļa ir metāns. Metānu transportā tā mazā tilpuma enerģijas satura dēļ izmanto kā gāzveida degvielu ar spiedienu virs 200 atmosfērām.
CNG	– Saspiestā dabasgāze.
LPG	– Sašķidrināta naftas gāze. Sastāv no propāna un butāna.
Fišera –Tropša degviela	– No biomasas iegūti ogļūdeņraži. Sintētiskā nafta, no kuras var iegūt visus pašreiz transportā izmantojamās degvielas veidus.
FAME, FAEE	– Biodīzeļdegviela, taukskābju metil- vai etilesteru maisījumi.
MBD	– Modernās biodegvielas, degvielas no RED II norādītajām atjaunojamajām izejvielām.
RED II	– Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 (2018. gada 11. decembris) par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (Dokuments attiecas uz EEZ.)EU
EUBA	– EU-28 Biofuels Annual EU Biofuels Annual 2019, GAIN Report Number:NL9022
Alternatīvās degvielas	– Visas, kas nav no naftas iegūts benzīns, dīzeļdegviela, aviācijas un kuģu šķidrā degviela. (Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/EU 2014. gada 22. oktobris)
Atjaunojamās degvielas	– Visas degvielas, kas iegūtas no atjaunojamajiem resursiem.
DME	– Dimetilēteris.
MJ/kg un MJ/L	– Mega džouls uz kg un mega džouls uz litru.
HVO	– Hidrogenēta augu eļļa.
MTBE, ETME, TAME, TAEE, MTHE, ETHE	– Terciārie alkilēteri.
FT	– Fišera – Tropša.

## Ievads

Potenciālo biodegvielu skaits ir liels un to klasifikācija nav viennozīmīga. Zinātniskajā literatūrā joprojām izmanto dalījumu 4 degvielu paaudzēs. Attēlā 2.1. ietverta informācija gan par šo sadalījumu, gan par sadalījumu tradicionālajās (konvencionālajās) un modernajās degvielās saskaņā ar ES direktīvu RED II.



2.1. att. Degvielas no naftas un biodegvielu dalījums paaudzēs, modernajās un konvencionālajās.

Sadaļā 2.1. aprakstīts un analizēts cits bieži izmantots sadalījums pēc tehnoloģiju veidiem, izdalot fizikālās, ķīmiskās, termokīmiskās un bioķīmiskās tehnoloģijas. Klasifikācija pēc paaudzēm un tehnoloģiju veidiem nav viennozīmīga, jo pilns ražošanas cikls bieži vien ietver vairākus tehnoloģiju veidus. Viennozīmīga ir klasifikācija saskaņā ar spēkā esošo ES direktīvu RED II, kura nosaka, ka visas degvielas ir klasificējamas konvencionālajās un modernajās degvielās pēc tā, vai izejviela degvielas iegūšanai ir vai nav izmantojama pārtikas rūpniecībā.

Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģiju attīstībai tiek pievērsta liela uzmanība un ieguldīti milzīgi finanšu līdzekļi, bet sasniegtie rezultāti daudzos gadījumos ir palikuši pilotprojektu līmenī un nav noveduši pie ekonomiski pamatotas ražotnes izveides. Tehnoloģiju piederību moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģijām nosaka nevis pati tehnoloģija, bet izmantotā izejviela, jo galvenais mērķis ir pakāpeniski izslēgt no biodegvielu ražošanas tās izejvielas, kuras var tikt izmantotas pārtikas ražošanai. Modernās biodegvielas var tikt ražotas tikai no tām izejvielām, kuras ir definētas Direktīvas RED II IX Pielikuma A un B daļās.

A daļā uzskaitītās izejvielas ietver arī lignocelulozes biomasu:

- 1) aļģes, ja tās audzētas uz zemes dīķos vai fotobioreaktoros;
- 2) jauktu sadzīves atkritumu biomasas frakcija, bet tas neattiecas uz dalītiem mājsaimniecības atkritumiem;
- 3) bioloģiski atkritumi,
- 4) rūpniecisko atkritumu biomasas frakcija, ko nevar izmantot pārtikas vai barības ķēdē, tostarp materiāli no mazumtirdzniecības un vairumtirdzniecības un lauksaimniecības pārtikas

ražošanas, un zvejniecības un akvakultūras nozares, izņemot izejvielas, kas uzskaitītas šā pielikuma B daļā (skatīt sekojošā rindkopā);

- 5) salmi;
- 6) kūtsmēsli un notekūdeņu dūņas;
- 7) palmu eļļas ražošanas šķidrās atliekas un tukši palmu augļu ķekari;
- 8) taleļļas darva;
- 9) jēlglicerīns;
- 10) cukurniedru izspaidas;
- 11) vīnogu čagas un vīna nogulsnes;
- 12) riekstu čaumalas;
- 13) sēnalas;
- 14) vālītes, kas attīrītas no kukurūzas graudiem;
- 15) mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas frakcija, proti, mizas, zari, pirms tirgū laišanas veiktas starpcirtes produkti, lapas, skujas, koku galotnes, zāģskaidas, ēveļskaidas, melnais atsārms, brūnais atsārms, šķiedru duļķes, lignīns un taleļļas darva;
- 16) cits nepārtikas celulozes materiāls;
- 17) cits lignocelulozes materiāls, izņemot zāģbaļķus un finierklučus.

B daļā minēto izejvielu resursi ir ierobežoti un nevar tikt izmantoti, lai būtiski palielinātu moderno biodegvielu īpatsvaru. Tās ir:

- 1) lietota cepamā eļļa;
- 2) dzīvnieku tauki.

Mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas frakcija neapšaubāmi ir nozīmīgākā moderno biodegvielu izejviela Latvijā, jo citu izejvielu resursi ir ierobežoti vai arī to nav. Izejvielu imports vairumā gadījumu būs neizdevīgs, jo to enerģijas saturs ir zems.

Tādējādi no RED II skata punkta, mežsaimniecības atlikumu izmantošanai moderno biodegvielu ražošanai nav nekādu ierobežojumu un to var veikt, izmantot jebkuru tehnoloģiju. Attiecībā uz tehnoloģijām šāda pieeja izraisa neskaidru situāciju tajā ziņā, ka vienu un to pašu tehnoloģiju var uzskatīt gan par konvencionālu, gan par modernu. Piemēram, izmantojot vienu un to pašu procesu, var ražot konvencionālo biodīzeļdegvielu no rapšu eļļas un moderno biodīzeļdegvielu no lietotās cepamās eļļas. Tādējādi tehnoloģijas pašas par sevi nav iedalāmas ne konvencionālajās, ne modernajās, un konkrētas tehnoloģijas attīstība konvencionālā ražošanā radīs priekšnoteikumus tās izmantošanai modernās degvielas ražošanā.

Joprojām eksistē atšķirīgi priekšstati par biodegvielu pārstrādes centru (biorafinēšanas rūpnīcu) saprātīgu ražošanas apjomu un produktu daudzveidību. Ir skaidrs, ka milzīgs ražošanas apjoms radīs izejvielu piegādes un uzglabāšanas problēmas. Atsevišķu stadiju decentralizācija, lai iegūtu jēlproduktu (starpproduktu) ar augstāku enerģijas saturu kā biomasai, šķiet pareizāka par milzīgas ražotnes veidošanu, kuras izejviela būs biomasas.

## **2.1. BIODEGVIELU RAŽOŠANAS TEHNOLOĢIJAS UN BIODEGVIELU VEIDI**

Gan moderno, gan konvencionālo biodegvielu ražošanai izmanto trīs atšķirīgu tehnoloģiju grupas, kuras parasti sauc par ķīmiskajām, termoķīmiskajām un bioķīmiskajām tehnoloģijām (tabula 2.1.). Ķīmiskajām parasti pieskaita tehnoloģijas, kuras faktiski ir fizikālās, jo vielu struktūru nemaina un visas kopā klasificē kā fizikāli-ķīmiskās vai fizikālās un ķīmiskās tehnoloģijas. Starp ķīmiskajām un



termoķīmiskajām tehnoloģijām robeža ir visai nosacīta, jo termoķīmiskās reakcijas ir ķīmiskās reakcijas augstākās temperatūrās.

**2.1. tabula**

Galvenās biodegvielu ražošanas tehnoloģiju grupas un to produkti

Termoķīmiskās tehnoloģijas			Ķīmiskās tehnoloģijas				Bioķīmiskās tehnoloģijas	
Karboni- zācija	Gazifi- kācija	Pirolīze	Ekstrakcija Destilācija Rektifikācija	Ēteru sintēze	Transeste- rifikācija	DME sintēze	Spirtu fermentācija	Anaerobā fermentācija
			Fizikālās	Ķīmiskās	Ķīmiskās	Ķīmiskās		
Cietās degvielas	Gāzveida degvielas	Gāzveida, šķidrās un cietās degvielas	Šķidrās degvielas	Šķidrās degvielas	Šķidrās degvielas	Gāzveida degviela	Šķidrās degvielas	Gāzveida degvielas
Bioogles	Sintēzes gāze	Biogāze, bioeļļa, bioogles	Sintētiskās naftas pārstrāde degvielās	Spirtu konversija	FAME FAEE	DME	CH <sub>3</sub> OH C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	CH <sub>4</sub> C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>

Tehnoloģiju daudzveidība nodrošina iespējas iegūt bagātīgu biodegvielu klāstu (tabulas 2.2., 2.3.), tomēr tikai 4 no tām tiek ražotas tādā apjomā, kas parādās transporta degvielu statistikā. Tās ir – bioetanolis, biodīzeļdegvielas FAME&SME, hidroģenēta augu eļļa (HVO) un biogāze (tabula 2.2.). Katras biodegvielas galvenais raksturojošais lielums ir tās enerģijas saturs, ko parasti raksturo ar zemāko sadegšanas siltumu. No šī raksturojuma ir atkarīgs, cik daudz degvielas pēc masas būs jāpatērē noteikta darba veikšanai (MJ/kg) un cik lielas degvielas tvertnes vajadzēs transportlīdzeklim (MJ/L). Pašreiz nozīmīgāko biodegvielu enerģētiskie raksturojumi neatkarīgi no to ražošanas apjoma un faktiskās nozīmes tautsaimniecībā, saskaņā ar Direktīvu RED II, doti tabulās 2.2. un 2.3.

Savukārt, no tabulas 2.3. datiem var redzēt, ka enerģijas satura ziņā ar naftas degvielām var konkurēt tikai sintētiskie ogļūdeņraži, kuru ieguvu nodrošina Fišera–Tropša sintēze (skatīt sadaļu 2.1.2.). Fišera–Tropša sintēze ir universāla un to var realizēt no jebkuras oglekli saturošas izejvielas, tajā skaitā no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. HVO degviela arī sastāv no sintētiskajiem ogļūdeņražiem un tai ir tāds pats raksturojums kā Fišera–Tropša sintēzes produktiem. HVO degvielas sintēzei nepieciešama augu eļļa, citi triglicerīdi vai taukskābes un to nevar iegūt no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Nelielos daudzumos piemērotu izejvielu dod celulozes ražošanas Krafta procesa blakusprodukts - taleļļa, kuru var izmantot kā izejvielu HVO ražošanai. Šīs izejvielas iznākums ir salīdzinoši mazs – visa Somijas celulozes rūpniecība saražo aptuveni 100 tūkstošus tonnas taleļļas gadā.

2.2. tabula

## Degvielas no biomasas

Degvielas	Energijas saturs	
	MJ/kg	MJ/L
Bio-propāns	46	24
Augu eļļa (ķīmiski nemodificēta)	37	34
Biodīzeļdegviela (taukskābju metilesteris, FAME) no biomasas eļļas (ES ražo no rapšu vai saulespuķu eļļas un apzīmē FAME, ASV no sojas - SME)	37	33
Biodīzeļdegviela (FAEE) no biomasas eļļas	38	34
Biogāze, kuru var attīrīt līdz dabas gāzes līmenim	50	—
No biomasas iegūtas eļļas hidroapstrādes (termoķīmiskas hidroapstrādes) rezultātā iegūta dīzeļdegviela (HVO)	44	34
No biomasas iegūtas eļļas hidroapstrādes (termoķīmiskas hidroapstrādes) rezultātā iegūts benzīns	45	30
No biomasas iegūtas eļļas hidroapstrādes (termoķīmiskas hidroapstrādes) rezultātā iegūta aviācijas degviela	44	34
No biomasas iegūtas eļļas hidroapstrādes (termoķīmiskas hidroapstrādes) rezultātā iegūta LPG	46	24
Co-pārstrādes (Co-processing) dīzeļdegviela no biomasas iegūtas eļļas vai pirolīzes eļļas	43	36
Co-pārstrādes (Co-processing) benzīns no biomasas iegūtas eļļas vai pirolīzes eļļas	44	32
Co-pārstrādes (Co-processing) aviācijas degviela no biomasas iegūtas eļļas vai pirolīzes eļļas	43	33
Co-pārstrādes (Co-processing) LPG no no biomasas iegūtas eļļas vai pirolīzes eļļas	46	23

2.3. tabula

## Degvielas no jebkuriem atjaunojamajiem resursiem salīdzinājumā ar naftas degvielām

Degvielas no jebkuriem atjaunojamajiem resursiem *	Energijas saturs	
	MJ/kg	MJ/L
Metanols	20	16
Etanols	27	21
Propanols	31	25
Butanols	33	27
Fišera–Tropša dīzeļdegviela	44	34
Fišera–Tropša benzīns no biomasas	44	33
Fišera–Tropša aviācijas degviela no biomasas	44	33
Fišera–Tropša LPG	46	24
DME (dimetilēteris)	28	19
Ūdeņradis no atjaunojamiem resursiem	120	—
ETBE (etil-tert-butilēteris) uz etanola bāzes	36 (no tā 37% atj.)	27 (no tā 37% atj.)

Degvielas no jebkuriem atjaunojamajiem resursiem *	Enerģijas saturs	
	MJ/kg	MJ/L
MTBE (metil-tert-butilēteris) uz metanola bāzes	35 (no tā 22% atj.)	26 (no tā 22% atj.)
TAAE (tert-amil-etilēteris) uz etanola bāzes	38 (no tā 29% atj.)	29 (no tā 29% atj.)
THxEE (tert-heksil-etilēteris) uz etanola bāzes	38 (no tā 25% atj.)	30 (no tā 25% atj.)
THxME (tert-heksil-metilēteris) uz metanola bāzes	38 (no tā 14% atj.)	30 (no tā 14% atj.)
<b>Naftas degvielas (neatjaunojamās, fosilās)</b>		
Benzīns no naftas	43	32
Dīzeļdegviela no naftas	43	36

\* visas tabulā uzskaitītās atjaunojamās degvielas ir modernās degvielas, un tās var iegūt no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas

### 2.1.1. Ķīmiskās tehnoloģijas

Ķīmiskās tehnoloģijas ietver dažāda veida ķīmisko reakciju realizācijas tehnoloģijas relatīvi zemās temperatūrās. Klasisks piemērs ir FAME ražošana aptuveni 60°C temperatūrā. Šajā grupā parasti apskata biodīzeļdegvielas (FAME), dimetilētera (DME), trešējo ēteru benzīna oktānskaitļa uzlabotāju un ogļūdeņražu sintēzi no spirtiem. Ja attiecībā uz FAME šis iedalījums ir pamatots, tad citos gadījumos tas ir visai nosacīts, jo ražošana kopumā var ietvert arī termokīmiskus un bioķīmiskus procesus. Visas ķīmiskās tehnoloģijas var tikt izmantotas moderno biodegvielu ražošanai, bet ne visām kā izejvielu var izmantot mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atlikumus.

#### 2.1.1.1. Biodīzeļdegviela – taukskābju metilesteris (FAME), taukskābju etilesteris (FAEE)

##### Degvielas raksturojums

Biodīzeļdegvielas izejvielas ir triglicerīdi vai taukskābes. Lignocelulozes biomasas šīs izejvielas nozīmīgos daudzumos nesatur. Tradicionāli biodīzeļdegvielu ražo no augu eļļas, dzīvnieku taukiem un lietotas cepamās eļļas, tās raksturojumi doti tabulā 2.4. Pirmajās publikācijās par biodīzeļdegvielu teikts, ka ir nepieciešams sadalīt triglicerīdus mazākos fragmentos un izmantot atlikušās taukskābes, taču nākamajos rakstos piedāvāts aizstāt glicerīnu ar etanolu, izmantojot pāresterifikācijas reakciju. Beļģijas patents 422877, kurš zināms kā pirmais ziņojums par produktu, ko šodien saucam par biodīzeļdegvielu jeb augu eļļas vai citas izejvielas taukskābju mono-esteriem, ir izdots 1937. gadā [1, 2]

Salīdzinot ar parasto dīzeļdegvielu, biodīzeļdegviela mazāk piesārņo vidi, jo tā nesatur sēra savienojumus vai aromātiskos ogļūdeņražus, bet satur skābekļa savienojumus, kas padara to par tīrāk sadegošu degvielu nekā parastā dīzeļdegviela [3]. Bez tam, biodīzeļdegviela bioloģiski noārdās, nav toksiska, tai ir augstāks uzliesmošanas punkts un ir labākas eļļojošās īpašības nekā parastajai dīzeļdegvielai [4]. Siltumnīcefekta gāzu emisija, izmantojot biodīzeļdegvielu B100 (100% biodīzeļdegviela), ir mazāka nekā dīzeļdegvielai, tomēr CO<sub>2</sub> emisiju balance bioloģiskās izcelsmes degvielai ir neitrāla. Biodīzeļdegviela samazina tādu izplūdes gāzu emisiju kā oglekļa monoksīds, nesadeģušie ogļūdeņraži, taču nedaudz palielina NO<sub>x</sub> līmeni [5]. Biodīzeļdegviela tiek uzskatīta par videi draudzīgu fosilā kurināmā alternatīvu, kas var palīdzēt samazināt globālās sasilšanas risku, samazinot oglekļa dioksīda emisiju atmosfērā [6].

Kā vēl viens svarīgs rādītājs, kas tiek ņemts vērā, runājot par biodīzeļdegvielu, ir tās enerģijas balance (apzīmē arī kā *FER – fossil energy ratio (angļu val.)*), kas parāda, cik daudz enerģijas tā nodrošina salīdzinājumā ar fosilās enerģijas daudzumu, kas nepieciešams, lai ražotu biodīzeļdegvielu [7]. Šis parametrs ir svarīgs saistībā ar siltumnīcas efektu veidojošo gāzu emisijām atmosfērā (īpaši

CO<sub>2</sub>) – jo lielāks *FER*, jo mazāk no vienas patērētās fosilās enerģijas vienības rodas siltumnīcefektu veidojošās gāzes [8]. Tomēr publicētie vērtējumi ir pretrunīgi. Viens no augstākajiem vērtējumiem ir biodīzeļdegvielas enerģijas bilancei 5.54:1, kas nozīmē, ka no katras fosilās enerģijas vienības, kas nepieciešama, lai iegūtu biodīzeļdegvielu, tiek iegūtas 5.54 vienības atjaunojamās enerģijas [7].

Biodīzeļdegviela ir alternatīvā degviela, kura maisījumā ar dīzeļdegvielu spēj labi darbināt nemodificētus parastos iekšdedzes dzinējus. Biodīzeļdegvielu var uzglabāt un pārvadāt tāpat kā naftas izcelsmes dīzeļdegvielu, tomēr ar daudz mazākiem riskiem kā naftas dīzeļdegvielai, jo tai ir augstāka uzliesmošanas temperatūra [9], [5].

## 2.4. tabula

Rapšu eļļas biodīzeļdegvielas raksturojumi (vidējās vērtības) [10]

Agregāt- stāvoklis normālos apstākļos	Siltumspēja HHV	Blīvums	Viskozitāte	Cetān skaitlis	Uzliesmošanas temperatūra
	MJ/kg	15°C, kg/m <sup>3</sup>	40°C (mm <sup>2</sup> /s)		°C
Šķidr	35.8 L, 41.1 H	879	4.4	48.3	169.5

## Sintēze un ražošana

Atkarībā no izmantotās eļļas veida, biodīzeļdegvielas iedala paaudzēs:

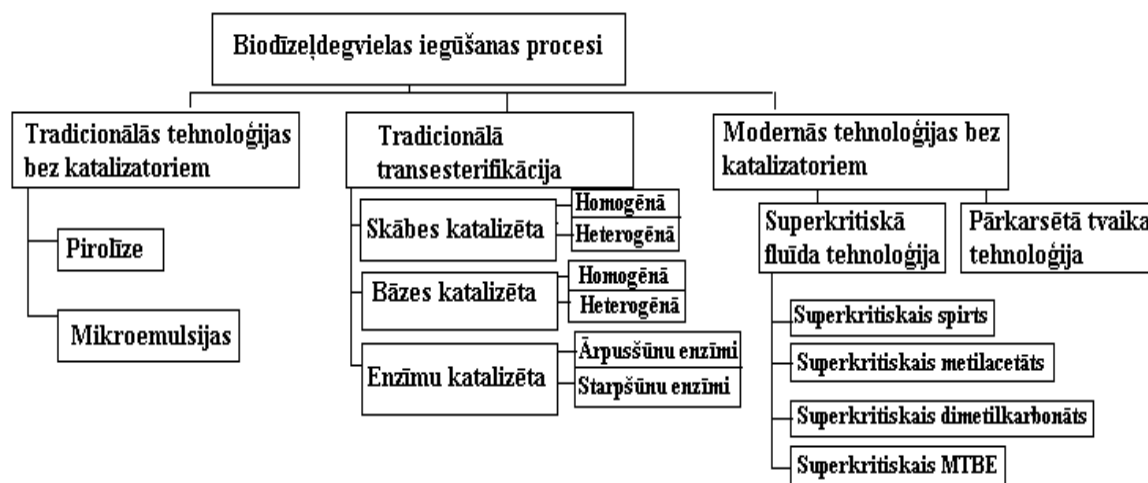
1. paaudzes biodīzeļdegviela – ražošanai tiek izmantotas pārtikā izmantojamās eļļas, piemēram sojas pupiņu, rapšu, saulespuķu, kukurūzas, palmu eļļa;
2. paaudzes biodīzeļdegviela – tiek izmantotas pārtikā neizmantojamās eļļas (kokvilnas sēklu, koksnes pārstrādes produktu eļļa), dzīvnieku tauki, kā arī izlietotās cepamās eļļas u. tml;
3. paaudzes biodīzeļdegviela – tiek izmantotas eļļas, kas iegūtas no mikroaļģēm.

Pēdējā laikā jēdzienu “paaudze” biodegvielu ražošanā aizstāj ar jēdzieniem “konvencionāls” (no izejvielām, kuras var izmantot pārtikā) un “moderns” (no izejvielām, kuras pārtikas ražošanā nevar izmantot).

Jaunākajos pētījumos parādās arī, ka biodīzeļdegvielu ražošanā tiek izmantotas jebkuras triglicerīdus saturošas izejvielas, piemēram, sinepju sēklu eļļa, zemesriekstu, kokvilnas sēklu, kā arī koksnes pārstrādes produktu eļļa (tālēja) [21][22].

Pārtikas augu eļļas biodīzeļdegvielas cena pašlaik ir augstāka nekā naftas dīzeļdegvielas cena. Biodīzeļdegvielas ražošanas izmaksas galvenokārt sastāda izejvielu izmaksas (ap 85 %). Tādējādi, tikai būtiski samazinot izejvielas cenu, iespējams ievērojami samazināt arī biodīzeļdegvielas cenu [23].

2.2. attēlā redzams biodīzeļdegvielas iegūšanas tehnoloģiju sadalījums. Tās dalās divās lielās grupās – tehnoloģijas, kurās tiek izmantoti katalizatori, un tehnoloģijas, kurās nav nepieciešami katalizatori.



2.2. att. Biodīzeļdegvielas iegūšanas procesi [11].

### Transesterifikācija:

Transesterifikācija ir viena estera pārveidošana par citu esteru reakcijā ar spirtu. Biodīzeļdegvielas gadījumā tā ir monoalkilesteru veidošana no augu eļļas vai dzīvnieku taukiem un metanola vai etanola. Metanola gadījumā veidojas taukskābju metilesteris jeb FAME, etanola gadījumā – taukskābju etilesteris jeb FAEE. Kā katalizatori tiek izmantoti dažādi bāziski vai skābi katalizatori. Kā piemērotākie reakcijas apstākļi bieži minēti šādi: spirta pret eļļu molārā attiecība 6:1, 60 °C, 1 h, 0.5 m/m% nātrija metilāta vai 1 m/m% nātrija hidroksīda katalizatora [12][2]. Transesterifikāciju iedala atkarībā no izmantotā katalizatora veida, skatīt 2.5. tabulu. Pašreiz rūpnieciski biodīzeļdegvielu iegūst homogēnas katalīzes apstākļos.

2.5. tabula

Dažādu transesterifikācijas procesu salīdzinājums [9], [11]

Tehnoloģija	Biodīzeļdegviela	Priekšrocības	Trūkumi
Skābās katalīzes transesterifikācija	99% pēc 4 h reakcijas	Augsts biodīzeļdegvielas iznākums, 55–80°C	Skābs katalizators, atkritumu notekūdeņu pārstrādes problēmas
Bāziskās katalīzes transesterifikācija	99% pēc 2 h reakcijas	Augsts biodīzeļdegvielas iznākums īsā laikā. 25–125°C	Izejvielas brīvo taukskābju saturs nedrīkst būt lielāks par 2%, ūdens saturs tuvu 0. Atkritumu notekūdeņu pārstrādes problēmas.
Enzīmu katalīzes transesterifikācija	95% pēc 105 h reakcijas	Var veikt istabas temperatūrā, viegli atdalīt katalizatoru pēc reakcijas	Lēna reakcija, katalizatori ir dārgi
Superkritiskā transesterifikācija	>95% pēc 4 min reakcijas	Augsts biodīzeļdegvielas iznākums īsā laikā.	Augstas reakcijas temperatūras, ap 350°C, liela spirta pret eļļu molārā attiecība

Homogēnie katalītiskie procesi raksturojas ar tādiem trūkumiem kā problēmas ar katalizatoru atdalīšanu pēc reakcijas. Lai izvairītos no šāda veida problēmām, pētīti transesterifikācijas procesi heterogēnu katalizatoru klātbūtnē un transesterifikācijas procesi bez katalizatoru klātbūtnes –

superkritiskā šķidrums tehnoloģija (SCF) un pārkarsēta tvaika (SHV) tehnoloģija. Superkritiskās tehnoloģijas saistītas ar augstu spiedienu un augstu temperatūru (virs 350 °C) izmantošanu, ka sākas izejvielu un produktu termiskā sadalīšanās. Superkritiskais stāvoklis paātrina eļļas un spirta sajaukšanos un reakcijas notiek ar pietiekami lielu (virs 95%) konversiju [13]. Pārkarsēta tvaika (SHV) tehnoloģija ir tehnoloģija, kurā spirts tiek uzkaršēts stipri virs tā viršanas temperatūras (220 – 290 °C intervālā). Augsto temperatūru tehnoloģijas praktisku interesi neizraisa. To neapšaubāmi izraisa aktīvu heterogēnu katalizatoru izstrāde, kas ļaus samazināt ražošanas ietekmi uz vidi un nodrošināt augstas kvalitātes biodīzeļdegvielas un glicerīna ražošanu.

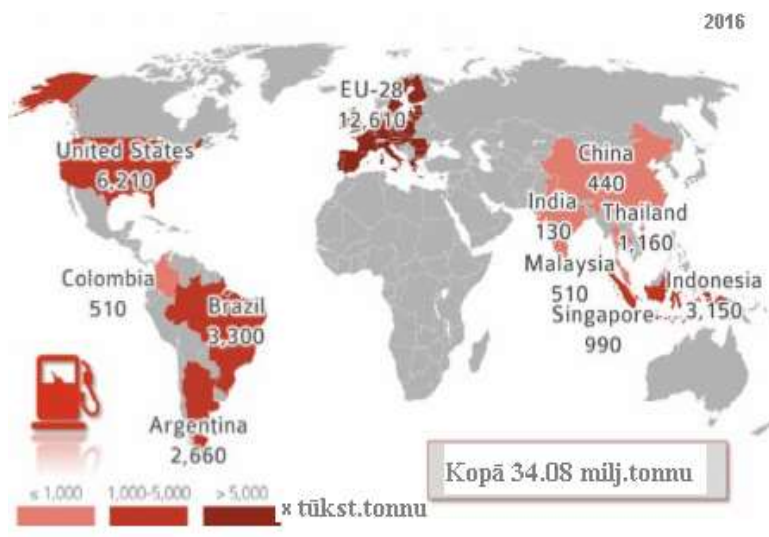
Transesterifikācijas reakcijās kā blakusprodukts veidojas jēlglicerīns, kas ir mazvērtīgs.

### **Interesterifikācija:**

Pieaugot biodīzeļdegvielas ražošanas apjomam ar tradicionālo tehnoloģiju veidojas glicerīna pārprodukcija. Ja biodīzeļdegviela tiek iegūta bāziskās katalīzes apstākļos, jēlglicerīns tiek atgūts maisījumā ar metanolu, ūdeni un katalizatoru. Glicerīna attīrīšana ir sarežģīta un dārga. Tirgus cena neapstrādātam glicerīnam, salīdzinot ar tīro glicerīnu, ir ļoti zema. Tādēļ kā daudzsološa alternatīva šim procesam tiek piedāvāta interesterifikācijas reakcija, kurā spirta vietā tiek izmantots metilacetāts un rezultātā iegūtais blakusprodukts ir nevis glicerīns, bet triacetīns. Biodīzeļdegviela var saturēt triacetīnu līdz 10 %, saglabājot atbilstību esošajiem standartiem un pat uzlabojot atsevišķus biodīzeļdegvielas raksturojumus [14]. Bez metilacetāta ir pētīti arī citi esteri, taču augstākos iznākumus iegūst, izmantojot metilacetātu. Interesterifikācijas process ir plaši pētīts kā enzīmu katalizēts vai arī noritošs superkritiskajos apstākļos, taču abām šīm pieejām ir būtiski trūkumi [15]. Enzimātiskajai pieejai tie ir ievērojama reakcijas laiks un augstākas ražošanas izmaksas, bet superkritiskās pieejas trūkumi ir augstais spiediens (20 – 40 MPa) un temperatūra (ap 400 °C) [16]. Eļļas interesterifikācija homogēna bāziska katalizatora klātbūtnē joprojām dominē pateicoties tam, ka tā ir viegli tehnoloģiski veicama, izmantojot pieejamus un lētus katalizatorus – nātrija un kālija metilātus [17].

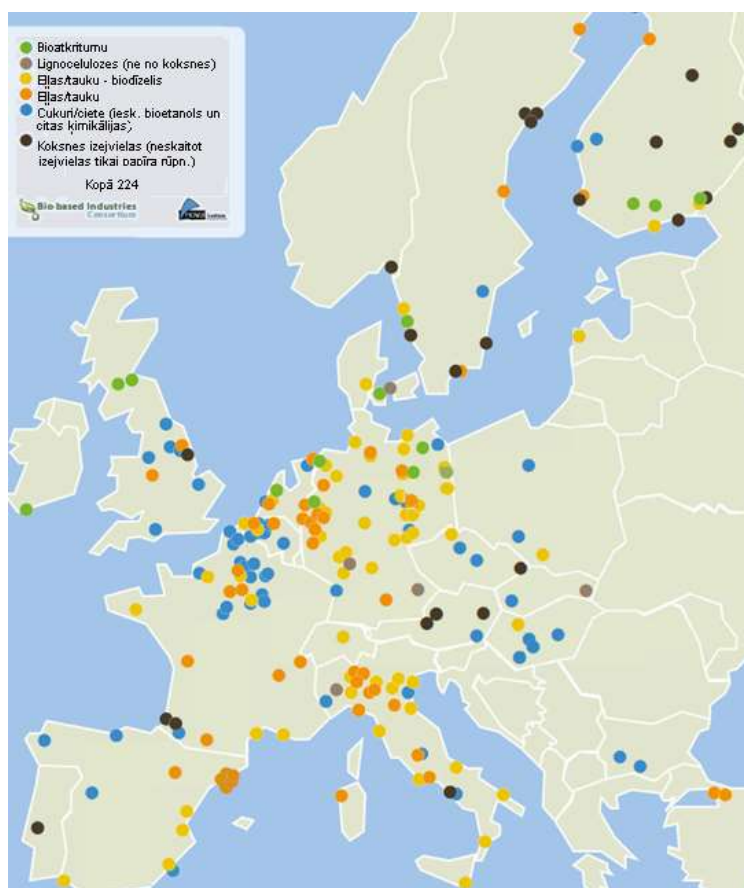
Visiem no minētajiem procesiem ir dažādi trūkumi. Skābes-katalizētajā transesterifikācijā izejvielas nedrīkst saturēt ūdeni, skābes un spirta atdalīšana no produkta rada problēmas. Bāziskajā katalīzē procesu traucē ūdens un brīvās taukskābes. Enzīmu katalizētajā procesā nepieciešams ļoti ilgs reakcijas laiks, un iznākumi ir salīdzinoši zemi. Superkritiskajā procesā jāizmanto augstas temperatūras un spiedieni un augsta reaģentu attiecība. Ne visi no procesiem tādējādi ir enerģijas un izmaksu efektīvi [11].

Komerčiāla biodīzeļdegvielas ražošana lielos apjomos patreiz notiek, izmantojot homogēno bāzisko transesterifikāciju. 2.3. attēlā redzami biodīzeļdegvielas ražošanas apjomi pasaulē, kas ir visai iespaidīgi salīdzinājumā ar jebkuru citu biodegvielas veidu. ES biodīzeļdegviela ir dominējošā biodegviela.



2.3. att. Lielākie biodīzeļdegvielas ražotāji pasaulē [18].

Latvijā biodīzeļdegvielu šobrīd ražo rūpnīcā “BioVenta”, Eiropā biodegviela tiek ražota vairāk kā 200 rūpnīcās, skatīt 2.4. attēlu.



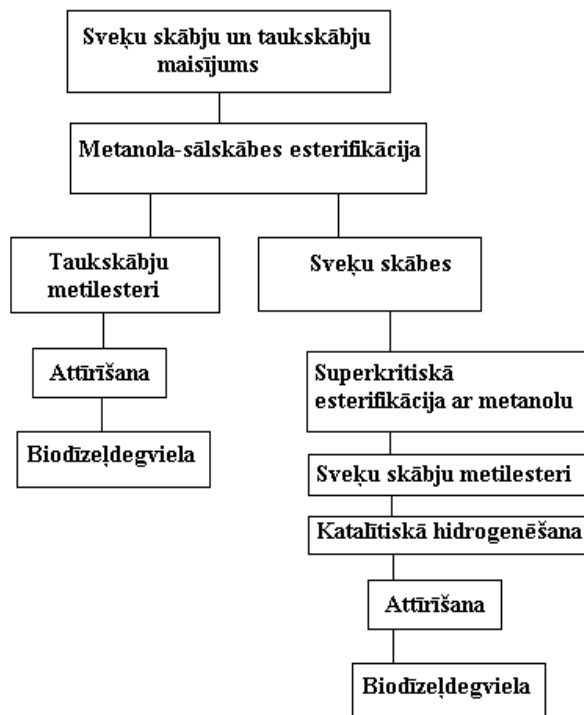
2.4.att. Komerčiālās ražotnes Eiropā 2017 [19].

Biodīzeļdegvielas kvalitāti kontrolē saskaņā ar standartu EN 14214. Biodīzeļdegvielas kvalitāti un ražošanas pašizmaksu nosaka izejvielu veids, triglicerīdu saturs un piemaisījumi. Bāziskās

transesterifikācijas gadījumā brīvo taukskābju saturs eļļā nedrīkst būt lielāks kā 2%, mitruma saturs eļļā - pēc iespējas mazāks jeb tuvu 0 [20].

### Perspektīvākās alternatīvās tehnoloģijas biodīzeļdegvielas ražošanai

Populāri kļūst pētījumi, kuros izmanto dažādas atkritumu eļļas, piemēram, izlietotās cepamās eļļas, kā arī koksnes apstrādes industrijas blakusproduktus. Tiek izmantota taleļļa [21] jeb priedes eļļa, kas ir celulozes ražošanas blakusprodukts. Priedes eļļa sastāv no dažādām komponentēm, pārsvarā no sveķu taukskābēm un taukskābēm. Tā kā taukskābju saturs ir aptuveni 40%, tā ir potenciāla izejviela, lai ražotu biodīzeļdegvielu. Zemāk redzama tehnoloģiskā shēma biodīzeļdegvielas ražošanai no zemas kvalitātes izejvielām, skatīt 2.5. attēlu [21].



2.5. att. Tehnoloģiskā shēma biodīzeļdegvielas iegūšanai no sveķu skābēm un taukskābēm [21].

Projekti, kas šobrīd tiek realizēti biodīzeļdegvielas ražošanai Eiropā: CarbON Valorisation in Energy-efficient Green fuels, Years: 2018-2022, “Horizon2020” project.

### Secinājumi

- 1) Biodīzeļdegviela tiek uzskatīta par videi draudzīgu fosilās degvielas kurināmā alternatīvu, kas var palīdzēt samazināt globālās sasilšanas risku, samazinot oglekļa dioksīda emisiju atmosfērā.
- 2) Biodīzeļdegviela ir alternatīvā degviela, kas maisījumā ar dīzeļdegvielu spēj labi darbināt nemodificētus dzinējus. Kā piemērotākie reakcijas apstākļi bieži minēti šādi: spirta pret eļļu molārā attiecība 6:1, 60°C, 1 h, katalizators nātrijs metilāts vai nātrijs hidroksīds.
- 3) Perspektīvākās tehnoloģijas ir tās, kurās kā izejvielas biodīzeļdegvielas ražošanai izmanto dažādas atlikumu, atkritumu vai pārtikā nelietojamas eļļas, piemēram, izlietotās cepamās eļļas, kā arī celulozes ražošanas blakusproduktu - taleļļu. Taleļļa ir celulozes ražošanas blakusprodukts un tās iznākums ir neliels. Degvielas ražošanai no taleļļas ir nepieciešama celulozes rūpnīca, kur rodas šis starpprodukts.



## Atsauces

- [1] Chavanne G., "Procedure for the transformation of vegetable oils for their uses as fuels," 422877, 1937.
- [2] G. Knothe and L. F. Razon, "Biodiesel fuels," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 58, pp. 36 – 59, 2017.
- [3] S. A. Basha, K. R. Gopal, and S. Jebaraj, "A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 6 – 7, pp. 1628 – 1634, 2009.
- [4] G. L. Maddikeri, A. B. Pandit, and P. R. Gogate, "Ultrasound assisted interesterification of waste cooking oil and methyl acetate for biodiesel and triacetin production," *Fuel Process. Technol.*, vol. 116, pp. 241 – 249, 2013.
- [5] D. Y. C. Leung, X. Wu, and M. K. H. Leung, "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 4, pp. 1083 – 1095, 2010.
- [6] L. P. Christopher, Hemanathan Kumar, and V. P. Zambare, "Enzymatic biodiesel: Challenges and opportunities," *Appl. Energy*, vol. 119, pp. 497 – 520, 2014.
- [7] a Pradhan, D. S. Shrestha, a Mcaloon, W. Yee, M. Haas, and J. a Duffield, "Energy Life-Cycle Assessment of Soybean Biodiesel Revisted," *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.*, vol. 54, no. 3, pp. 1031 – 1039, 2011.
- [8] E. Soetaert W, Vandamme E, *Biofuels*. 2009.
- [9] N. N. A. N. Yusuf, S. K. Kamarudin, and Z. Yaakub, "Overview on the current trends in biodiesel production," *Energy Convers. Manag.*, vol. 52, no. 7, pp. 2741 – 2751, 2011.
- [10] D. Singh, D. Sharma, S. L. Soni, S. Sharma, and D. Kumari, "Chemical compositions, properties, and standards for different generation biodiesels: A review," *Fuel*, vol. 253, no. May, pp. 60 – 71, 2019.
- [11] B. Karmakar and G. Halder, "Progress and future of biodiesel synthesis: Advancements in oil extraction and conversion technologies," *Energy Convers. Manag.*, vol. 182, no. December 2018, pp. 307 – 339, 2019.
- [12] B. Freedman, E. H. Pryde, and T. L. Mounts, "Hour Screening Test for Alternate Fuels in Energy Notes for, Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils 1," *Am. Soc. Agric. Eng.*, vol. 2, no. 10, pp. 385 – 390, 1981.
- [13] A. Demirbaş, "Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol," *Energy Convers. Manag.*, vol. 43, no. 17, pp. 2349 – 2356, 2002.
- [14] F. Goembira, K. Matsuura, and S. Saka, "Biodiesel production from rapeseed oil by various supercritical carboxylate esters," *Fuel*, vol. 97, pp. 373 – 378, 2012.
- [15] F. Goembira and S. Saka, "Effect of additives to supercritical methyl acetate on biodiesel production," *Fuel Process. Technol.*, vol. 125, pp. 114 – 118, 2014.
- [16] Y. Xu, W. Du, and D. Liu, "Study on the kinetics of enzymatic interesterification of triglycerides for biodiesel production with methyl acetate as the acyl acceptor," *J. Mol. Catal. B Enzym.*, vol. 32, no. 5 – 6, pp. 241 – 245, 2005.
- [17] A. Casas, M. J. Ramos, and Á. Pérez, "New trends in biodiesel production: Chemical interesterification of sunflower oil with methyl acetate," *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, no. 5, pp. 1702 – 1709, 2011.
- [18] "[https://www.ufop.de/files/3515/1515/2657/UFOP\\_Report\\_on\\_Global\\_Market\\_Supply\\_2017-2018.pdf](https://www.ufop.de/files/3515/1515/2657/UFOP_Report_on_Global_Market_Supply_2017-2018.pdf)".
- [19] "[https://biconsortium.eu/sites/biconsortium.eu/files/downloads/MappingBiorefineriesAppendix\\_171219.pdf](https://biconsortium.eu/sites/biconsortium.eu/files/downloads/MappingBiorefineriesAppendix_171219.pdf)".
- [20] I. S. A. Manaf *et al.*, "A review for key challenges of the development of biodiesel industry," *Energy Convers. Manag.*, vol. 185, no. November 2018, pp. 508 – 517, 2019.
- [21] A. Demirbas, "Methylation of wood fatty and resin acids for production of biodiesel," *Fuel*, vol. 90, no. 6, pp. 2273 – 2279, 2011.
- [22] M. Kumar and M. P. Sharma, "Selection of potential oils for biodiesel production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 56, pp. 1129 – 1138, 2016.
- [23] S. N. Gebremariam and J. M. Marchetti, "Economics of biodiesel production: Review," *Energy Convers. Manag.*, vol. 168, no. April, pp. 74 – 84, 2018.

### 2.1.1.2. Dimetilēteris

#### Degvielas raksturojums

Dimetilētera (DME) ražošanas pēdējā stadija ir ķīmiska. Tā ir ūdens molekulas atšķelšana no divām metanola molekulām. Metanola ieguve var notikt atšķirīgos veidos, visbiežāk, izmantojot sintēzes gāzi, kuru savukārt iegūst gazifikācijas procesā – tārad termokīmiski. Tādējādi pilna DME ražošanas tehnoloģija ir termokīmiska un ķīmisku procesu kombinācija un to var apskatīt gan pie ķīmiskiem, gan termokīmiskiem procesiem.

Pašlaik darbojas Eiropas projekti par BioDME – DME ražošanu no lignocelulozes biomasas (t.sk. no mežsaimniecības resursiem) un tā izmantošanu kā transporta degvielu un ķīmiskās rūpniecības izejvielu. Tos finansē Eiropas 7. ietvarprogramma un Zviedrijas Enerģētikas aģentūra. [1].

Dimetilēteris (DME) ir sintētiski ražota alternatīva dīzeļdegviela, kas paredzēta izmantošanai īpašos kompresijaizdedzes dīzeļdzinējos. Normālos atmosfēras apstākļos DME ir bezkrāsaina gāze. To plaši izmanto ķīmiskajā rūpniecībā un arī kā aerosola pildvielu. DME sašķidrina pie 0,5 – 5 MPA spiediena 20 – 40 °C temperatūrā un, līdzīgi propānam, glabā sašķidrinātā veidā zem neliela 0,5 – 1 MPA spiediena bez dzesēšanas [2].

Dimetilēterim ir vairākas īpašības, kas padara to pievilcīgu izmantošanai dīzeļdzinējos. Tam ir ļoti augsts cetānskaits un enerģijas saturs. DME un dīzeļdegvielas dzinēju energoefektivitāte un jaudas ir praktiski vienādas. DME skaitās tīrākā dīzeļdzinēju degviela.

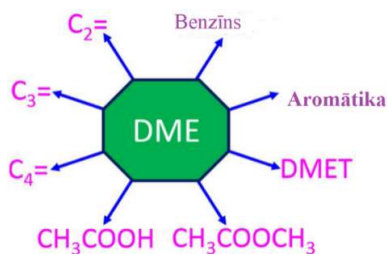
Tā kā DME ir tikai C-H un C-O saites, bet nav C-C saites, tā sadegšanas produkti, piemēram, oglekļa monoksīds un nesadeguši ogļūdeņražu izmeši, ir mazāki nekā lietojot dīzeļdegvielu, biodīzeļdegvielu vai pat dabas gāzi. [3]. Dūmu daudzums ir gandrīz nulle, jo tajos arī NO<sub>x</sub> un SO<sub>2</sub> veidojas ļoti nelielos daudzumos. DME izmantošana kā alternatīva dīzeļdegvielai var mazināt vajadzību pēc dārgiem dīzeļdegvielas cieto daļiņu filtriem. Mazāks ir arī motora troksnis. Eiropā un Ziemeļamerikā ir notikušas vairākas transportlīdzekļu demonstrācijas, kurās par degvielu ir izmantots DME. Pie tam vienā no tām ar 10 transportlīdzekļiem tika nobraukts vairāk kā 1 miljons kilometru.

#### 2.6. tabula

DME raksturojumi (vidējās vērtības)

Agregātstāvoklis normālos apstākļos	Siltumspēja HHV		Spie diens	Blī vums	Visko zītāte	Oktān skaitlis	Cetān skaitlis	CO <sub>2</sub> emisija uz g/ kWh	SO <sub>x</sub> emisija uz g/ kWh
	MJ/kg	MJ/L							
Gāze (Sašķidrināta gāze)	28,8	19,3	~1 (MPa)	0,67	0,184 (40° C)	–	55–60	241,5	0

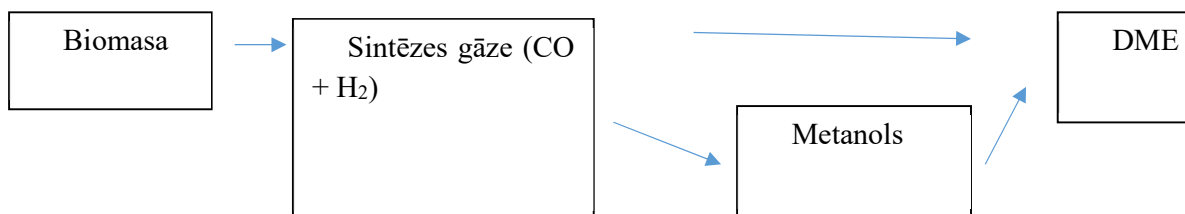
DME var izmantot arī, lai iegūtu olefīnus, benzīnam līdzīgu degvielu [4], kā arī dažādus citus produktus (attēls 2.6.)



2.6. att. Produkti no dimetilētera.

## Sintēze un ražošana

No lignocelulozes biomasas iegūta DME pilna ražošanas shēma parasti sastāv no šādiem posmiem (attēls 2.7.): priekšapstrāde, gazifikācija, gāzu attīrīšana, gāzes sastāva optimizēšana (lai iegūtu atbilstošu  $H_2:CO$  attiecību) un tālāka sintēze. Stadiju metanols  $\rightarrow$  DME parasti pieskaita ķīmiskajiem procesiem un to var realizēt atsevišķi, vai veikt vienā stadijā ar metanola sintēzi.



2.7. att. DME sintēzes shēma.

Parasti tomēr DME tiek sintezēts no metanola atsevišķā procesā, ko sauc par metanola dehidratāciju ar heterogēnā skābā katalizatora palīdzību. Viena ūdens molekula tiek atšķelta no divām metanola molekulām, kā rezultātā veidojas DME. Dehidratācijā izmanto cietos skābos katalizatorus, piemēram, alumīnija oksīdu ( $\gamma-Al_2O_3$ ), modificētus alūmīnija oksīdus, H-ZSM-5, ceolītus un jonu apmaiņas sveķus [10]. Reakciju veic fiksēta slāņa reaktorā  $530 - 500^\circ C$  temperatūrā un spiedienā līdz 10 bāriem. Attīrīšana notiek, izmantojot vairākās destilācijas kolonnas [5]. Vienpakāpes metodes tehnoloģiju ir patentējuši tādi uzņēmumi kā Haldor Topsoe, JFE Holdings, Korea Gas Corporation, Air Products un NKK [13], [14], bet divpakāpju procesus DME ražošanai ir patentējuši Toyota, MGC, Lurgi un Udhe.

Ir publicēti daudzi pētījumi par DME sintēzes kinētiku, dehidrējot metanolu ar heterogēniem skābes katalizatoriem. Metanola ēterifikāciju ir labāk veikt pēc iespējas zemākā temperatūrā, jo tā ir eksotermiska reakcija, un augstākās temperatūrās ir novērojama tādu blakusproduktu kā etilēns, oglekļa monoksīds, ūdeņradis un kokss veidošanās. Tiek veikti plaši pētījumi, lai atrastu optimālos katalizatorus, kuriem ir augstāka selektivitāte attiecībā uz DME veidošanos, un zemāka tendence veidot blakusproduktus un koksli. Ir konstatēts, ka skābos katalizatorus var modificēt ar sulfātiem, cirkoniju, dzelzi, silīcija dioksīdu, fosforu,  $B_2O_3$  un retajiem metāliem, iegūstot optimālāku skābuma pakāpi lielākai  $CO$  pārvēršanai un minimālu blakusproduktu (vieglo olefinu un smago ogļūdeņražu) veidošanos. Piemēram, ar jonu apmaiņas reakcijas palīdzību ir pagatavoti virkne Y ceolīti, kas modificēti ar La, Ce, Pr, Nd. Tika konstatēts, ka šie retzemju metāli rada paaugstinātu skābumu un tādējādi uzrāda augstāku aktivitāti un stabilitāti metanola dehidrēšanai līdz DME nekā tīrs HY katalizators [6].

Tiek meklēti veidi kā optimizēt procesu, piemēram, izmantot katalītiskās destilācijas kolonnas [7]. Ir konstatēts, ka nanokristālu katalizatoru (nano-ZSM-5) klātienē DME veidojas ar gandrīz 100% iznākumu. Pie kam katalizatoriem ir augsta stabilitāti un noturību, tai pašā laikā katalizatoriem ar lielu daļiņu izmēru aktivitāte ir daudz zemāka [8].

Vienpakāpes procesa katalizatori ir bifunkcionālie katalizatori, kas sastāv no metāliskas funkcijas metanola sintēzei un cietas-skābes funkcijas metanola pārvēršanai DME [9,10]. Kopš pagājušā gadsimta septiņdesmitajiem gadiem metanolu iegūst, izmantojot dažādi modificētus vara – cinka katalizatorus, kas uznesti uz alumīnija oksīda bāzes, realizējot reakciju temperatūrās no  $240 - 260^\circ C$  un pie  $50 - 100$  bar spiediena. ZnO bieži vien spēlē galveno lomu aktīvā Cu metāla uzturēšanā optimālā izklienē uz katalizatora virsmas [13]. Bifunkcionālos katalizatoros veiso, izmantojot šos vara katalizatorus un tiem pievienojot cietos skābos katalizatorus, tādus kā  $\gamma-Al_2O_3$ , ceolītus ZSM-5, ar

sērskābi apstrādātu ZrO. Šos bifunkcionālos katalizatorus iegūst gan vienkārši mehāniski sajaucot, gan kokristlizācijas rezultātā, gan izmantojot ultraskaņu [11]. Lai uzlabotu katalizatoru darbību tiek pievienotas dažādas piedevas [12]. DME iznākumi atkarībā no apstākļiem un katalizatora svārstās robežās no 30 – 60% un selektivitāte nepārsniedz 80 – 90% [13].

Savā laikā ir arī intensīvi pētīta ne tikai metanola, bet arī benzīna ražošana no metanola. Olefinu ražošana no metanola tika attīstīta līdztekus benzīna ražošanai no metanola [23]. Atšķirības ir katalizatoros un procesa apstākļos. Kopumā olefinu ražošanas katalizatorus raksturo mazāki poru izmēri salīdzinājumā ar benzīna ražošanu [17]. Zemāks DME parciālais spiediens un augstāka reakcijas temperatūra noved pie tā, ka produkta sadalījums mainās uz vieglākiem ogļūdeņražiem [18], galvenie produkti etilēns un propilēns veido apmēram 84% no kopējā saražoto ogļūdeņražu masas. Attiecīgajā procesā iegūtos olefinus var pārveidot par benzīnu, izmantojot līdzīgus katalizatorus, kā aprakstīts [18]. Olefinus ievada fiksēta slāņa reaktorā, kas darbojas ar 30 bar spiedienu 340 °C temperatūrā [16]. Iegūtais benzīns ir ar augstu oktānskaitli un zemu aromātisko savienojumu sastāvu.

### **Perspektīvākās tehnoloģijas**

Pasaulē darbojas vairākas ražotnes DME ieguvei;

- 1) Ķīna ir DME ražošanas un lietošanas pasaules līdere. Pašlaik Ķīnā ir DME ražotnes, kuras to tālāk pārstrādā par olefīniem. Tāpat vairāki projekti ir izstrādes stadijā. Daļa no tiem balstās uz bifunkcionālo katalizatoru izmantošanu, ko vienpakāpju DME sintēzes procesam no sintēzes gāzes izstrādājis Daljas Ķīmiskās fizikas institūts (DICP)[18].
- 2) Piteā (Zviedrijā) atrodas bio-DME pilotrūpnīca. Tā sāka darbību 2010. gadā, un tā kā izejvielu izmanto papīra un celulozes ražošanas atlikuma produktus, kas gazifikācijas procesā spēj veidot augstas kvalitātes sintēzes gāzi, no kuras tiek ražots DME. Tādējādi DME tiek iegūts no atjaunojamiem enerģijas avotiem [19].
- 3) D Mitsubishi Gas Chemical, ir uzbūvējis DME ražotni Niigata rūpnīcā (Japānā) ar jaudu 240 tonnas dienā, kas kā izejvielu izmanto metanolu [19].

### **Secinājumi**

- 1) DME var ražot no jebkuras oglekli saturošas izejvielas, tajā skaitā no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas.
- 2) Dimetilēteri var izmantot jaunākajos dīzeļmotoros, neizdarot nekādas būtiskas izmaiņas to konstrukcijā. Lietojot dimetilēteri, ievērojami samazinās NO<sub>x</sub> un SO<sub>x</sub> izmešu līmeni un neveidojas pelni.
- 3) Izmantojot dzinējos dimetilēteri, siltumnīcefekta gāzu emisiju daudzums ir mazāks, nekā izmantojot Fišera–Tropša dīzeļdegvielu, biodīzeļdegvielu, metanolu, metānu un etanolu.
- 4) Dimetilēteri var izmantot kā degvielu turbīnas tipa dzinējiem, palielinot to efektivitāti un samazinot NO<sub>x</sub> un CO.
- 5) Dimetilēteris nav toksisks, mutagēns vai kancerogēns.
- 6) No dimetiētera var iegūt benzīnu, kas satur mazāk aromātiskos savienojumus un ir pilnībā savietojams ar no naftas iegūto benzīnu.

## Atsauces

- [1] “Dimethyl ether (DME) Fact Sheet”, <http://www.etipbioenergy.eu/fact-sheets/dimethyl-ether-dme-fact-sheet>
- [2] K. Saravanana, Hyungwon Hama, Noritatsu Tsubakib, Jong Wook Baea, T. A. Semelsberger, R. L. Borup, H.L. Greene, “Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel,” *Journal of Power Sources*, vol.156, pp. 497 – 511, 2006.
- [3] J. Changa, Y. Fua, Z. Luo. “Experimental study for dimethyl ether production from biomass gasification and simulation on dimethyl ether production”, *Biomass Bioenergy*, vol.39. pp. 67 – 72, 2012.
- [4] P. Haroa, F. Trippieb, R. Stahlc, E. Henrich, “Bio-syngas to gasoline and olefins via DME – A comprehensive techno-economic assessment”, *Appl Energy*, 108, pp. 54 – 65, 2013.
- [5] S.R. Blaszkowski, R.A. van Santen, “The mechanism of dimethyl ether formation from methanol catalyzed by zeolitic protons”, *Journal of the American Chemical Society*, vol. 118, pp. 5152 – 5153, 1996.
- [6] D. Jin, B. Zhu, Z. Hou, J. Fei, H. Lou, X. Zheng, “Dimethyl ether synthesis via methanol and syngas over rare earth metals modified zeolite Y and dual Cu–Mn–Zn catalysts”, *Fuel*, vol.86, pp. 2707 – 2713, 2007.
- [7] Z. Lein, Z. Zou, C. Dai, Q. Li, B. Chen, “Synthesis of dimethyl ether (DME) by catalytic distillation”, *Chemical Engineering Science*, vol. 66, pp. 3195 – 3203, 2011.
- [8] A.A. Rownaghi, F. Rezaei, M. Stante, J. Hedlund, “Selective dehydration of methanol to dimethylether on ZSM-5 nanocrystals”, *Appl. Catal. B*, vol. 119 – 120, pp. 56 – 61, 2012.
- [9] A. Hadipour, M. Sohrabi, “Synthesis of some bifunctional catalysts and determination of kinetic parameters for direct conversion of syngas to dimethylether”, *Chem. Eng. J.*, vol.137, pp. 294 – 301, 2008.
- [10] J.W. Bae, S.H. Kang, Y.J. Lee, K.W. Jun, “Synthesis of DME from syngas on the bi-functional Cu–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zr-modified ferrierite: Effect of Zr content”, *Appl. Catal. B*, vol. 90, pp. 426 – 429, 2009.
- [11] R. Khoshbin, M. Haghighi, “Direct syngas to DME as a clean fuel: the beneficial use of ultrasound for the preparation of CuO–ZnO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HZSM-5, chemical engineering research and design”, vol. 9, 1111 – 1122, 2013.
- [12] A. García-Trenco, A. Martínez. Direct synthesis of DME from syngas on hybrid CuZnAl/ZSM-5 catalysts: New insights into the role of zeolite acidity *Applied Catalysis A: General*, vol 411 – 412, pp. 170 – 179, 2012.
- [13] K. Saravanana, H. Hama, N. Tsubakib, Jong W. Baea, “Recent progress for direct synthesis of dimethyl ether from syngas on the heterogeneous bifunctional hybrid catalysts”, *Appl. Catal. B*, vol.217, pp. 494 – 52, 2017.
- [14] M.R. Gogate, “The direct, one-step process for synthesis of dimethyl ether from syngas. III. DME as a chemical feedstock”, *Journal of Petroleum Science and Technology*, vol.36, pp. 562 – 568, 2018.
- [15] T. Chmielniak, M. Sciazko, “Co-gasification of biomass and coal for methanol synthesis”, *Appl. Energy*, vol.74 pp.393 – 403, 2003.
- [16] Kuo-Chao Liang, Feng-Mei Yeh, Cheng-Gang Wu, How-Ming Lee, “Gasoline production by dehydration of dimethyl ether with NH<sub>4</sub>-ZSM-5 catalyst”, *The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE2015, Energy Procedia*, vol.75 pp.554 – 559, 2015.
- [17] F. Trippa, M. Fröhlinga, F. Schultmann, R. Stahlb, E. Henrichb, A. Dalai. “Comprehensive techno-economic assessment of dimethyl ether (DME) synthesis and Fischer–Tropsch synthesis as alternative process steps within biomass-to-liquid production”, *Fuel Processing Technology*, vol. 106, pp. 577 – 586, 2013.
- [18] E.C.D. Tan, M. Talmadge, A. Dutta, J. Hensley, J. Schaidle, M. Bidy, “Process Design and Economics for the Conversion of Lignocellulosic Biomass to Hydrocarbons via Indirect Liquefaction Thermochemical Research Pathway to High-Octane Gasoline Blendstock Through Methanol/Dimethyl Ether Intermediates”, *Technical Report NREL/TP-5100-62402 PNNL-23822 March 2015 Prepared for the U.S. Department of Energy Bioenergy Technologies Office*, <http://www.osti.gov/scitech>.
- [19] “Dimethyl-ether-dme-production-2”, [www.oil-gasportal.com](http://www.oil-gasportal.com)

### 2.1.1.3. Tert- butil, tert-amil un tert-heksil ēteri

#### Degvielu raksturojums

20.gadsimta septiņdesmitajos gados notika pakāpeniska svina piedevu atcelšana motordegvielā. Samazinot svina koncentrāciju degvielā, samazinājās tās oktānskaitlis, ko nevarēja pieļaut, jo automašīnas bija paredzētas degvielai ar lielu oktānskaitli. Inovatīvs risinājums bija skābekli saturošu savienojumu ar augstu oktānskaitli izmantošana. Kopš 1973. gada benzīnam sāka pievienot skābekli saturošos savienojumus kā oktānskaitļa palielinātājus, aizstājot līdz tam izmantotos svina savienojumus. Pirmās rūpnieciskās ražotnes, kas ražoja MTBE rūpnieciskos daudzumos, izveidojās ANIC Itālijā 1973. gadā un *Chemische Werke Fuels* Vācijā 1976. gadā. Ēteru rūpnieciskā ražošana strauji pieauga no 50 tūkstošiem tonnu gadā līdz 30 miljoniem tonnu gadā. Savukārt ETBE pirmo reizi tika izmantots Francijā 1992. gadā un šodien to plaši izmanto un ražo lielākajā daļā nozīmīgāko ES benzīna tirgum. Eiropā MTBE pakāpeniski tiek aizvietots ar ETBE un TAME, ņemot vērā Eiropas Biodegvielu Direktīvu 2003/30/EC un 2009/28/EC [1], [2]. Skābekli saturošās degvielas piedevas ražo naftas pārstrādes rūpnīcas un vairāki ķīmiskās rūpniecības uzņēmumi. Lielākā daļa ražotāju atrodas Rietumeiropā, savukārt Vācija, Francija un Nīderlande sastāda aptuveni 50% no kopējās Eiropas ražošanas jaudas.

Degvielas piedeva ir ķīmiska viela, kas palīdz uzlabot degvielas īpašības. Tām ir liela nozīme arī siltumnīcas efekta gāzu emisijas samazināšanā. Degvielas piedevas var iedalīt skābekli saturošos savienojumos (spirti un ēteri), antioksidantos un degvielas krāsvielās [3].

Skābekli saturošās degvielas piedevas parasti izmanto kā piedevu benzīnam, jo šādas piedevas paaugstina oktānskaitli un sadegšanas kvalitāti, samazina daļiņu emisiju un oglekļa monoksīda veidošanos (tabula 2.7.).

2.7. tabula

Terciālo ēteru raksturojumi

Savienojums	Agregātvoklis normālos apstākļos	Siltumspēja HHV MJ/kg	Spiediens Pa	Blīvums kg/m <sup>3</sup>	Viskozitāte mm <sup>2</sup> /s	Oktānskaitlis	Cetānskaitlis	Literatūra
MTBE	šķidr	37,9	17600 – 60500	741	0,369	109	8,5	[5]
ETBE	šķidr	39,2	11965 – 16500	752	–	112	2,5 – 8	[5], [7], [10]
TAME	šķidr	39,3	10112 – 13263	764	–	–	–	[5]
TAEE	šķidr	–	5240	772	–	–	–	[5]
MTHE	šķidr	–	7740	770	–	–	–	[5]
ETHE	šķidr	–	2819	778	–	–	–	[5]

Terciāros alkil ēterus izmanto tāpēc, ka to zemais tvaika spiediens samazina benzīna tvaika spiedienu [3]. Metil-*tert*-butilēteris (MTBE), etil-*tert*-butilēteris (ETBE), *tert*-amil metilēteris (TAME) un *tert*-amil etilēteris (TAEE) ir biežāk izmantotās degvielas piedevas [4].

## Sintēze un ražošana

Degvielas ražošanā mežsaimniecības izejvielas netiek izmantotas. Skābekli saturošos ēterus iegūst no dažādām izejvielām. Metanolu, kas ir viena no izejvielām MTBE iegūšanai, galvenokārt iegūst no dabasgāzes. Savukārt etanolu, kas paredzēts ETBE iegūšanai, galvenokārt iegūst fermentējot lauksaimniecības biomasu. Izobutilēnu izmanto gan MTBE, gan ETBE ražošanai, un to iegūst vai no dabasgāzes vai kā naftas pārstrādes blakusproduktu katalītiskā krekinga un tvaika krekinga reakcijās [3], [5].

Ēteru iegūšanas pamatā ir reakcija starp spirtu un olefīnu. Ēterifikācija ir eksotermiska atgriezeniska reakcija, kuras rezultātā spirts tiek pārvērsts par ēteri.

MTBE nav toksisks, ir ar augstu oktānskaitli un ir saderīgs ar ogļūdeņražiem, kas atrodami benzīnā. Komerciāli metil-*tert*-butilēteri (MTBE) iegūst izobutilēna reakcijā ar metanolu katalizatora klātbūtnē. Šo reakciju var veikt gan šķidrā fāzē, gan jauktā gāzes-šķidrums fāzē reaktorā, kas satur skābus jonu apmaiņas sveķus. Kā alternatīvu katalizatoru var izmantot sērskābi. Reakciju veic 50 – 90 °C temperatūrā 20 bar spiedienā. Lai iegūtu augstas tīrības MTBE, reakcijas maisījumu destilē. Garākas ķēdes olefīniem, ar oglekļa atomu skaitu 6, reaģējot ar metanolu iespējams iegūt metil-*tert*-heksilēteri (MTHE) [6]. MTBE izmanto kā piedevu benzīnam, jo tas paaugstina oktānskaitli. Tomēr vides problēmu dēļ, kas radušās tā lēnās bioloģiskās noārdīšanās dēļ, to aizvieto ar etil-*tert*-butilēteri (ETBE) un citiem savienojumiem.

ETBE iegūst no etanola un izobutilēna vai *tert*-butilspirta katalītiskā reakcijā kā katalizatoru parasti izmantojot makroporainus sulfonskābes sveķus, veicot reakciju temperatūrā kas zemāka par 80 °C, 0,6 MPa spiediena apstākļos [3]. Tā sintēzei nepieciešamās izejvielas ir iespējams iegūt arī no atjaunojamiem resursiem [3]. Tādējādi ETBE ražošana rada papildu tirgu graudu produktiem un lauksaimniecības atkritumiem, jo bioetanolu, ko izmanto kā izejvielu ETBE ražošanā, var ražot no lauksaimniecības izejvielām [7].

Parasti ETBE ražošanai izmanto etanolu un izobutilēnu, taču tā kā izobutilēnu iegūst katalītiskā krekingā no naftas, tad tā ir izejviela, kas pieejama ierobežotā daudzumā (attēls 2.8.). Šī reakcija tiek realizēta paaugstinātā spiedienā, kā rezultātā tiek palielināts enerģijas patēriņš. Tāpēc izobutilēna vietā varētu izmantot daudzsolāku reaģentu – *tert*-butilspirtu. ETBE iegūšanai no etanola un *tert*-butilspirta nav nepieciešams augsts spiediens un to var veikt atmosfēras spiedienā [3].

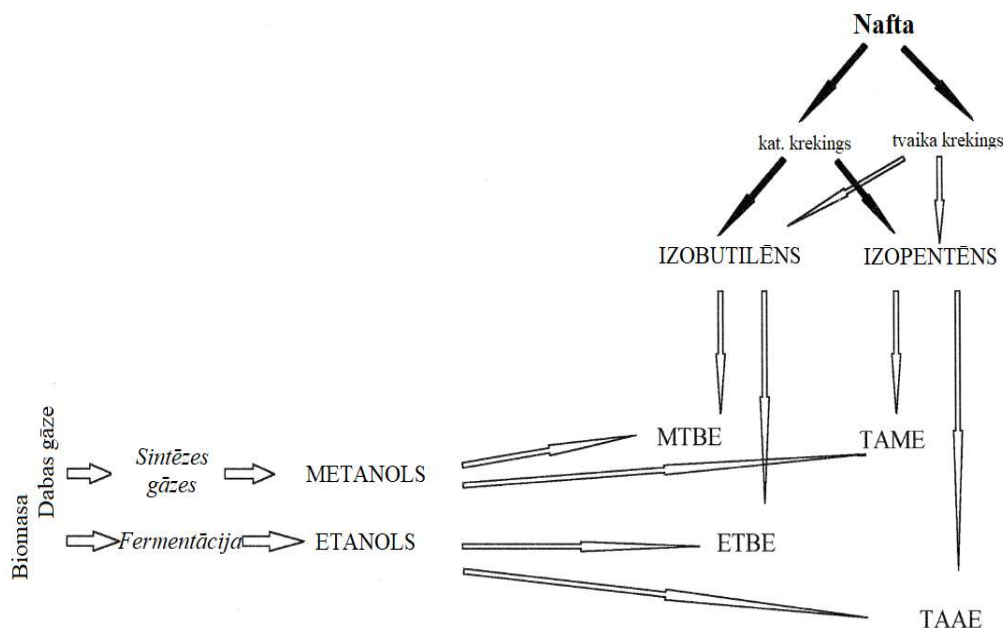
ETBE pievienošana benzīnam uzlabo dažus benzīna sadegšanas raksturlielumus. Piedeva paaugstina oktānskaitli, izraisot pilnīgu degvielas sadegšanu, tādējādi uzlabojot emisijas raksturojumus. Tomēr ETBE iegūšana ir atkarīga no izobutilēna (naftas pārstrādes rūpnīcu blakusprodukts), kas ir neatjaunojamas izcelsmes produkts. ETBE ir zemāka gaistamība un šķīdība ūdenī nekā MTBE. ETBE rada mazāku vides piesārņojumu nekā citas degvielas piedevas [3].

*Tert*-amil metilēteri (TAME) un *tert*-amil etilēteri (TAEE) iegūst reakcijā metanola/etanola reakcijā ar izopentēnu. Kaut arī šie ēteri nav tik plaši izplatīti kā ETBE, tie tiek pievienoti benzīnam ar mērķi palielināt oktānskaitli un vismaz daļēji samazināt gāzveida izmešus un citas vides problēmas, kas saistītas ar MTBE izmantošanu [8]. TAME pievienošana benzīnam samazina tā piesātinātā tvaika spiedienu, tādējādi samazinot benzīna zudumus iztvaikošanas laikā, īpaši vasarā [9].

Iepriekš minētie alkil-*tert*-ēteri galvenokārt tiek izmantoti kā piedevas benzīnam, taču ir veikti arī eksperimenti ar ETBE pievienošanu dīzeļdegvielai. ETBE kā piedeva dīzeļdegvielai ievērojami izmaina tās viskozitāti, gaistamību (uzliesmošanas temperatūru un destilācijas līkni) un samazina cetānskaitli, pasliktinot degvielas veiktspēju. Taču dīzeļdegvielas sajaukšana ar ETBE var ievērojami samazināt cieta daļiņu un dūmu emisiju no dīzeļdzinēja [10].

Eiropā maksimālā pieļaujamā ēteru koncentrācija benzīnā, kas ir noteikta Direktīvā 98/70/EC kā “Ēteri, kas sastāv no 5 vai vairāk oglekļa atomiem”, ir 15 tilpuma procenti [5].

Ēteru sintēzei nepieciešamais etanols vai metanols var tik iegūts no mežsaimniecības un ar to saistīto nozaru resursiem [11, 12].



2.8. att. Alkil *tert*-ēteru iegūšana.

## Perspektīvākās tehnoloģijas

Metanola sintēze no sintēzes gāzēm jau tiek izmantota rūpnieciskā mērogā, bet tehnoloģijas, lai sintēzes gāzes iegūtu no koksnes biomasas, vēl ir attīstības stadijā. Metanolu iegūst no sintēzes gāzes. Izmantojot skābekli izejvielas karsēšanas laikā ierobežotā daudzumā (piemēram virs 700 °C temperatūras), uzlabojas CO un H<sub>2</sub> veidošanās un samazināsies nevēlamo CO<sub>2</sub> un H<sub>2</sub>O veidošanās. Gazifikācijas procesā iegūtā sintēzes gāze tiek attīrīta no piemaisījumiem, bet pēc tam tās satāvs tiek optimizēts metanola sintēzei. Mērķis apstrādes posmam ir iegūt tādu maisījumu, kur H<sub>2</sub> molekulas ir vismaz divreiz vairāk nekā CO molekulas. Pēc apstrādes sintēzes gāzes tiek pārvērstas par metanolu katalītiskā procesā. Parasti tiek izmantoti vara oksīda, cinka oksīda vai hroma oksīda katalizatori [13].

Otrās paaudzes bioetanols tiek iegūts no lignocelulozes biomasas, kurā ietilpst mežsaimniecības atlikumi. Kaut arī otrās paaudzes tehnoloģijas jau ir pieejamas, tās vēl nav pietiekamā apjomā komercializētas. Lignocelulozes izejvielas pirms etanola sintēzes ir jāsadala (jāhidrolizē) vienkāršākos cukuros, jo celuloze ir izturīga pret enzīmiem [14]. Viens no galvenajiem izaicinājumiem etanola ražošanai no koksnes biomasas ir efektīva pirmsapstrādes procesa izveidošana biomasas sadalīšanai. To var panākt, izmantojot vai nu skābes, vai enzīmu hidrolīzi. Celulozes hidrolīzē kā spēcīgs katalizators der koncentrēta sērskābe, taču tā ir toksiska, korozīva un bīstama un šādi reakcijai nepieciešams pret koroziju rezistants reaktors. Enzimātiskā hidrolīze ir mazāk bīstama nekā skābes hidrolīze, bet katram biomasas veidam ir nepieciešama piemērota iepriekšēja apstrāde un enzīmi joprojām ir pārāk dārgi, lai to izmantotu rūpnieciskā ražošanā [15].

Otra izejviela ēteru sintēzei parasti tiek iegūta no fosilajām izejvielām. *Global Bioenergies*, pilotrūpnīca, kas atrodas Francijā, ir viens no nedaudzajiem uzņēmumiem visā pasaulē un vienīgais



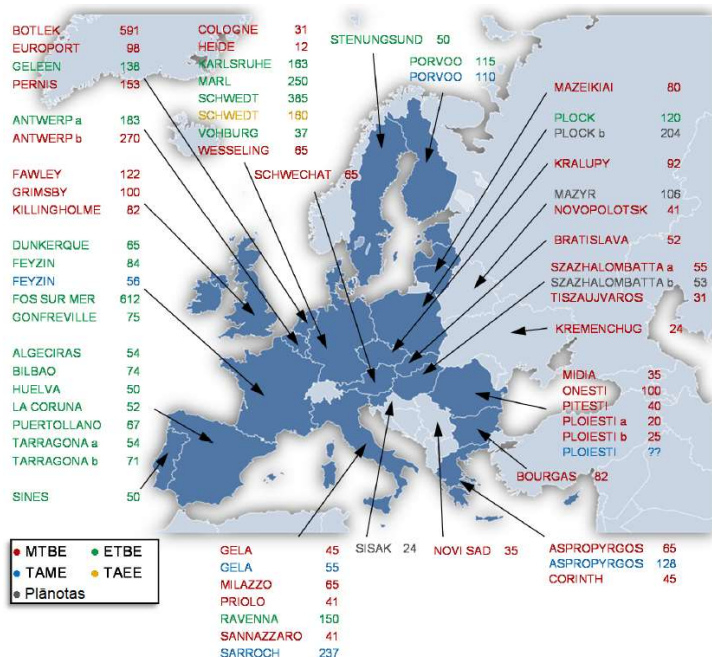
Eiropā, kas izstrādā procesu atjaunojamo resursu pārvēršanai ogļūdeņražos, izmantojot fermentāciju. Uzņēmums ir koncentrēts uz izobutilēna ražošanu no cukura un cietes, lauksaimniecības un mežsaimniecības atlikumiem (attēls 2.9.).

Šai jaunajai pieejai, kas balstīta uz gāzes fermentāciju, ir divas galvenās priekšrocības, un tas samazinās ražošanas izmaksas. Parastās fermentācijas galvenais trūkums ir tas, ka šķidrās produkts, kas uzkrājas reaktorā ir toksisks mikroorganismiem, taču gāzes spontāni iztvaiko un neietekmē mikroorganismus.



2.9. att. Izobutilēna iegūšana no atjaunojamiem resursiem.

Atsevišķas rūpnīcas, kas nodarbotos ar bioetanola iegūšanu no koksnes un tālāk tā izmantošanu, ēteru ražošanā nav, jo pārsvarā šie ēteri tiek iegūti naftas pārstrādes rūpnīcās, iepērkot bioetanolu no citiem ražotājiem. 2.10. attēlā ir apkopotas rūpnīcas, kurās tiek iegūti ēteri (MTBE, ETBE, TAME un TAEE) un to ražošanas jaudas [5].



2.10. att. Eiropas degvielas ēteru ražošanas jaudas (kilotonnas/gadā) (2011.gads).

## Secinājumi

- 1) Izmantojot skābekli saturošos ēterus kā piedevu benzīnam, iespējams samazināt CO<sub>2</sub> emisiju daudzumu.
- 2) Etanols, kas tiktu iegūts no lignocelulozes izejvielas, nodrošinātu tādu benzīnpiedevu ražošanu, kuras samazina emisiju.

## Atsauces

- [1] J. Ma, D. Xiong, H. Li, Y. Ding, X. Xia, and Y. Yang, 'Vapor intrusion risk of fuel ether oxygenates methyl tert-butyl ether (MTBE), tert-amyl methyl ether (TAME) and ethyl tert-butyl ether (ETBE): A modeling study', *J. Hazard. Mater.*, vol. 332, pp. 10 – 18, 2017.
- [2] F. Ancillotti and V. Fattore, 'Oxygenate fuels: Market expansion and catalytic aspect of synthesis', *Fuel Process. Technol.*, vol. 57, no. 3, pp. 163 – 194, 1998.
- [3] K. F. Yee, A. R. Mohamed, and S. H. Tan, 'A review on the evolution of ethyl tert-butyl ether (ETBE) and its future prospects', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 22, pp. 604 – 620, 2013.
- [4] Z. Lei, H. Zhang, J. J. Liu, and B. L. Yang, 'Synthesis of tert-amyl Ethyl Ether for Gasoline Additive', *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 3265 – 3270, 2015.
- [5] concawe, 'Gasoline ether oxygenate occurrence in Europe, and a review of their fate and transport characteristics in the environment', *CONCAWE Reports*, no. 230, 2015.
- [6] J. Snelling, M. O. Barnett, D. Zhao, and J. S. Arey, 'Methyl-tert-hexyl ether and methyl-tert-octyl ether as gasoline oxygenates: Anticipating widespread risks to community water supply wells', *Environ. Toxicol. Chem.*, vol. 26, no. 11, pp. 2253 – 2259, 2007.
- [7] T. Li, M. Suzuki, and H. Ogawa, 'Effects of ethyl tert-butyl ether addition to diesel fuel on characteristics of combustion and exhaust emissions of diesel engines', *Fuel*, vol. 88, no. 10, pp. 2017 – 2024, 2009.
- [8] A. Cornejo, I. Barrio, M. Campoy, J. Lázaro, and B. Navarrete, 'Oxygenated fuel additives from glycerol valorization. Main production pathways and effects on fuel properties and engine performance: A critical review', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 79, no. March, pp. 1400 – 1413, 2017.
- [9] A. Yang, L. Lv, W. Shen, L. Dong, J. Li, and X. Xiao, 'Optimal Design and Effective Control of the tert-Amyl Methyl Ether Production Process Using an Integrated Reactive Dividing Wall and Pressure Swing Columns', *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 56, no. 49, pp. 14565 – 14581, 2017.
- [10] B. S. Chauhan, R. K. Singh, H. M. Cho, and H. C. Lim, 'Practice of diesel fuel blends using alternative fuels: A review', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 1358 – 1368, 2016.
- [11] S. Leduc, J. Lundgren, O. Franklin, and E. Dotzauer, 'Location of a biomass based methanol production plant: A dynamic problem in northern Sweden', *Appl. Energy*, vol. 87, no. 1, pp. 68 – 75, 2010.
- [12] N. S. Shamsul, S. K. Kamarudin, N. A. Rahman, and N. T. Kofli, 'An overview on the production of bio-methanol as potential renewable energy', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 33, pp. 578 – 588, 2014.
- [13] IEA-ETSAP, 'Production of Bio-Methanol', 2013.
- [14] D. Chiamonti, A. Giovannini, R. Janssen, and R. Mergner, 'Lignocellulosic ethanol production plant by Biochemtex in Italy Lignocellulosic Ethanol Process and Demonstration A Handbook Part I', 2013.
- [15] F. Hasegawa, S. Yokoyama, and K. Imou, 'Methanol or ethanol produced from woody biomass: Which is more advantageous?', in *Bioresource Technology*, 2010, vol. 101, no. 1 SUPPL., pp. S109 – S111.

### 2.1.1.4. Ogļūdeņraži no spirtiem

#### Degvielu raksturojumi

No atjaunojamajiem resursiem iegūto sintētisko ogļūdeņražu raksturojumi atbilst atsevišķu naftas pārstrādes frakciju raksturojumiem. Degvielu ražošanai tos izmanto tāpat kā naftas pārstrādes

produktus, veidojot ogļūdeņražu maisījumus, kuri pēc sava sastāva un īpašībām atbilst LPG, benzīnam, aviācijas degvielai un dīzeļdegvielai.

### Sintēze un ražošana

Skābekļa savienojumi, īpaši metanols, var kalpot par prekursoriem degvielu un ķīmikāliju tālākajā ražošanā. Olefīnu sintēze no metanola (*Methanol to Olefins (angļu val.)*, MTO) ir viena no vissvarīgākajām reakcijām C1 ķīmijā, kas dod iespēju gan no fosilajām izejvielām, gan no atjaunojamiem resursiem, tai skaitā no koksnes atkritumiem, iegūt dažādus ķīmiskos produktus [1]. Tā kā ļoti daudzu vielu, tai skaitā degvielu ražošanas pamatā ir olefīni, tad šis process varētu būt saikne starp atjaunojamo resursu izmantošanu un moderno ķīmijas rūpniecību. Kopš *Mobil Corporation* pirmo reizi 1977. gadā to ierosināja šo procesu, ir panākts ievērojams progress attiecībā uz reakcijas principu, [2], [3], katalizatora sintēzi, un citu apstākļu izpēti [4]. Metanolu, izmantojot skābus ceolītus, var pārvērst par ogļūdeņražiem. Lai gan pasaulē pirmā MTO ražotne tika uzbūvēta un sāka darboties jau 2010. gada augustā Baotou, Ķīnā, un to uzskata par svarīgu pārvērsiena punktu vieglo olefīnu ražošanā no metanola, taču intensīvi pētījumi šajā jomā turpinās. Izejvielas molekula ir maza un vienkārša, taču izmantojot dažādus ceolīta katalizatorus, ir pierādīts, ka var iegūt daudz dažādus produktus kaut arī reakcija norit visai sarežģīti. Tāpēc notiek intensīvs darbs, lai attīstītu efektīgākus katalizatorus, pamatā izmantojot jaunus ceolītu materiālus. Tiek pētīta to veiktspēja un selektivitāte [5]. Procesu virzību lielā mērā nosaka katalizatora struktūra. Procesu ir iespējams virzīt, lai palielinātu vēlamā savienojuma selektivitāti. Piemēram, izmantojot ZSM-5 katalizatoru, ir iespējams iegūt augstu propilēna iznākumu (Metanols par propilēnu, MTP process). Ražošanā ir ieviesta tehnoloģija gan etilēna ražošanai, gan arī process, kura pamatā ir modificēts H-ZSM-5 katalizators un nedaudz uzlabota tehnoloģija [6], kas veicina propilēna veidošanās selektivitāti, bet nevēlamie produkti, piemēram, etilēns un butēns, tiek pārstrādāti, paralēlajos reaktoriem. Pirmā rūpnīca tika uzcelta Ķīnā 2010. gadā, saražojot 500 000t propilēna gadā.

Propilēns ir viena no galvenajiem izejmateriāliem, ko izmanto kā izejvielu dažādiem polimēriem, piemēram, polipropilēnam, propilēna oksīdam, akroleīnam, akrilonitrilam, izopropilspirtam un citiem dažādiem starpproduktiem. Šos savienojumus galvenokārt izmanto daudzās nozarēs, piemēram, automobiļu, iepakojšanas un elektroniskajā rūpniecībā. Pašreizējo rūpniecisko propilēna ražošanu veic, izmantojot naftas produktu krekingu. Pašlaik *Lurgi* MTP process ir komercializēts, un tas joprojām pieder *Lurgi* uzņēmumam. Šajā tehnoloģijā tiek izmantots H-ZSM-5 katalizators, ko izstrādājusi *Süd-Chemie* [7]. Šis process nodrošina augstu propilēna selektivitāti (apmēram 70%), ar nelielu katalizatora deaktivācijas ātrumu. Metanola konversija ir pilnīga, kā blakusprodukti veidojās benzīna diapazona savienojumi. Tai pašā laikā, modificējot ZSM-5 katalizatoru, iespējams iegūt etilēnu ar līdzīgu iznākumu. Pilotiekārta Beļģijā (Feluy), kas tika uzcelta 2009. gadā, pārstrādā 10 tonnas metanola dienā. 2011. gadā Ķīnā tika uzcelta rūpnīca (295 tūkstoši tonnu gadā). Vēl viena iekārta, ko izstrādājuši pētnieki *Dalian Ķīmiskā fizikas institūtā* (Ķīnā), kuras pamatā ir SAPO-34 ceolīta tipa materiāls, tika uzbūvēta 2010. gadā Ķīnā (*Baotou*) [7].

### Perspektīvākās tehnoloģijas

Ogļūdeņražu degvielu sintēzes tehnoloģijas no metanola ir pietiekami labi izstrādātas (*MTG, methanol to gasoline (angļu val.)*). Izmantojot *Exxon Mobil* izstrādes, ASV un Ķīnā katrā ir uzbūvētas trīs metanola → benzīna (MTG) rūpnīcas. Piemēram, *ZeoGas* rūpnīca ASV saražo vairāk nekā 16 000 barelu benzīna dienā, kura oktānskaitlis ir 87. Benzīnā sēra nav un apmēram par 50 procentiem mazāk benzola nekā pieļauj standarti [8, 9]. Tehnoloģija ir pārdota daudzām citām valstīm, tai skaitā

Norvēģijai [10]. Tehnoloģijas par degvielu ieguvī no metanola, izmantojot kā starpproduktu dimetilēteri, apskatītas sadaļā 2.1.1.2. par dimetilētera izmantošanu.

### **Secinājumi**

- 1) Spirtus var pārvērst ogļūdeņražos un nodrošināt naftas produktiem līdzīgu un ar tiem savietojamu degvielu ražošanu lielos apjomos. Pašreiz šādas tehnoloģijas ir izstrādātas tikai metanola pārvēršanai.
- 2) Metanola sintēzei no lignocelulozes materiāliem izmantojama Fišera – Tropša metanola sintēze, kas sākas ar gazifikāciju un turpinās ar sintēzes gāzes kondicionēšanu un attīrīšanu.
- 3) Iespējams, ka metanola ražošana varētu tikt attīstīta, izmantojot biogāzi kā izejvielu.

### **Atsauces**

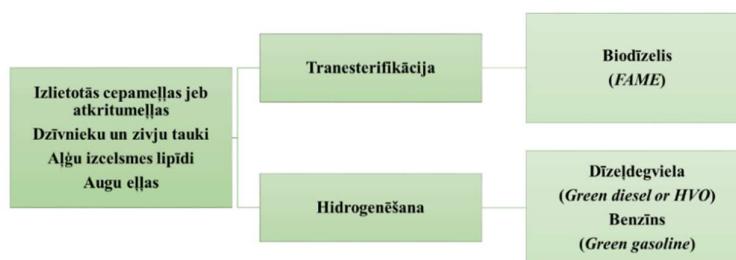
- [1] <https://methanex.com/sites/default/files/investor/MEOH-Presentation-2019-03-04.pdf>, Methanex Investor Presentation, March 2019 (skatīts 03.10.2019).
- [2] [http://www.fhberlin.mpg.de/acnew/departments/pages/teaching/pages/teaching\\_wintersemester\\_2007\\_2008/bare\\_mto\\_301107.pdf](http://www.fhberlin.mpg.de/acnew/departments/pages/teaching/pages/teaching_wintersemester_2007_2008/bare_mto_301107.pdf), Methanol to Olefins (MTO): Development of a Commercial Catalytic Process (skatīts 03.10.2019).
- [3] Miao Yang, Dong Fan, Yingxu Wei, Peng Tian, and Zhongmin Liu, Methanol-to-Olefins (MTO) Catalysts, Adv.Mater.2019, 1902181, WILEY-VCH  
<https://doi.org/10.1002/adma.201902181>
- [4] M. Khanmohammadia, Sh. Amania A. Bagheri Garmarudia, A.Niaeib, Methanol-to-propylene process: Perspective of the most important catalysts and their behavior Chinese Journal of Catalysis, vol. 37, 3, 2016, pp. 325-339.
- [5] Mohammad Ashraf Ali, Shakeel Ahmed Nadhir, Al-Baghl Zuhair, Malaibari Ahmed Abutaleb Ayman Yousef, A Comprehensive Review Covering Conventional and Structured Catalysis for Methanol to Propylene Conversion, Catalysis Letters, 2019, vol. 149, 12, pp. 3395 – 3424
- [6] <https://www.chemengonline.com/worlds-largest-single-train-methanol-to-olefins-plant-now-operating/> World's largest single-train methanol-to-olefins plant now operating (Skatīts 03.10.2019)
- [7] SSoundararajan A.K Dalai FBerruti, Modeling of methanol to olefins (MTO) process in a circulating fluidized bed reactor, Fuel, Vol. 80, 8, June 2001, pp. 1187 – 1197.
- [8] <https://www.globalsyngas.org> ExxonMobil methanol to gasoline (MTG) (skatīts 04.10.2019)
- [9] [https://www.exxonmobilchemical.com/en/library/library-detail/3016/mtg\\_fact](https://www.exxonmobilchemical.com/en/library/library-detail/3016/mtg_fact) Simple, scalable gasoline production (Skatīts 07.10.2019)
- [10] <https://www.euro-petrole.com/exxonmobils-methanol-to-gasoline-mtg-technology-selected-for-synthesis-energy-systems-coal-to-liquids-projects-n-f-2154> (skatīts 04.10.2019).

### **2.1.2. Termokīmiskās tehnoloģijas**

Biomassas termokīmiskā pārveide tiek uzskatīta par vienu no daudzsološākajiem biomassas izmantošanas variantiem. Tā ietver gazifikāciju, pirolīzi, hidrotermālo un solvotermālo sašķidrināšanu un hidroģenēšanu (attēli 2.11., 2.12.) [1–3].



2.11. att. Lignocelulozes biomasas termokīmiskā pārveide.



2.12. att. Triglicerīdu konversiju veidi par biodegvielām. Hidrogenēšana ir termokīmiskais process.  
Transesterifikācija – ķīmiskais.

### 2.1.2.1. Hidrogenēta augu eļļa (HVO) visiem transporta degvielas veidiem

#### Degvielas raksturojums

HVO degvielas ir ogļūdeņražu degvielas. Tās ir pilnīgi savietojamas ar naftas degvielām un parasti tiek ražotas kā atjaunojamās biodīzeļdegvielas vai aviācijas degvielas. Tām ir attiecīgajiem naftas pārstrādes produktiem līdzīgas īpašības (tabula 2.8.).

2.8. tabula

Degvielu īpašības [4]

	Fosilā dīzeļdegviela (EN590)	Biodīzelis (EN 14214)	HVO	NexBTL [22]	Iso-BHD (Bio-Hydrogenated Diesel) [23]
Blīvums (kg/m <sup>3</sup> 15 °C) <sup>a</sup>	820 – 845	860 – 900	775 – 785	775 – 785	777
Viskozitāte (mm <sup>2</sup> /s 40 °C)	2 – 4,5	3,5 – 5,0	2,9 – 3,5	2,9 – 3,5	2,64
Destilācija (temperatūra, kad iztvaicēts 95% V/V degvielas) <sup>b</sup>	355	–	295 – 300	260 – 270	293
Cetānskaitlis <sup>c</sup>	51 >	51 >	84 – 99	84 – 99	86
Sēra saturs (mg/kg) <sup>d</sup>	< 10	< 1	0	< 1	< 1
Skābekļa saturs, % m/m	0	11	0	0	0
Siltumspēja (MJ/kg)	43	38	44	44	47

<sup>a</sup> pēc EN590 prasībām maksimālā robežvērtība ir 845 kg/m<sup>3</sup>

<sup>b</sup> pēc EN590 prasībām maksimālā robežvērtība ir 360 °C

<sup>c</sup> pēc EN590 prasībām minimālā robežvērtība ir 51,0

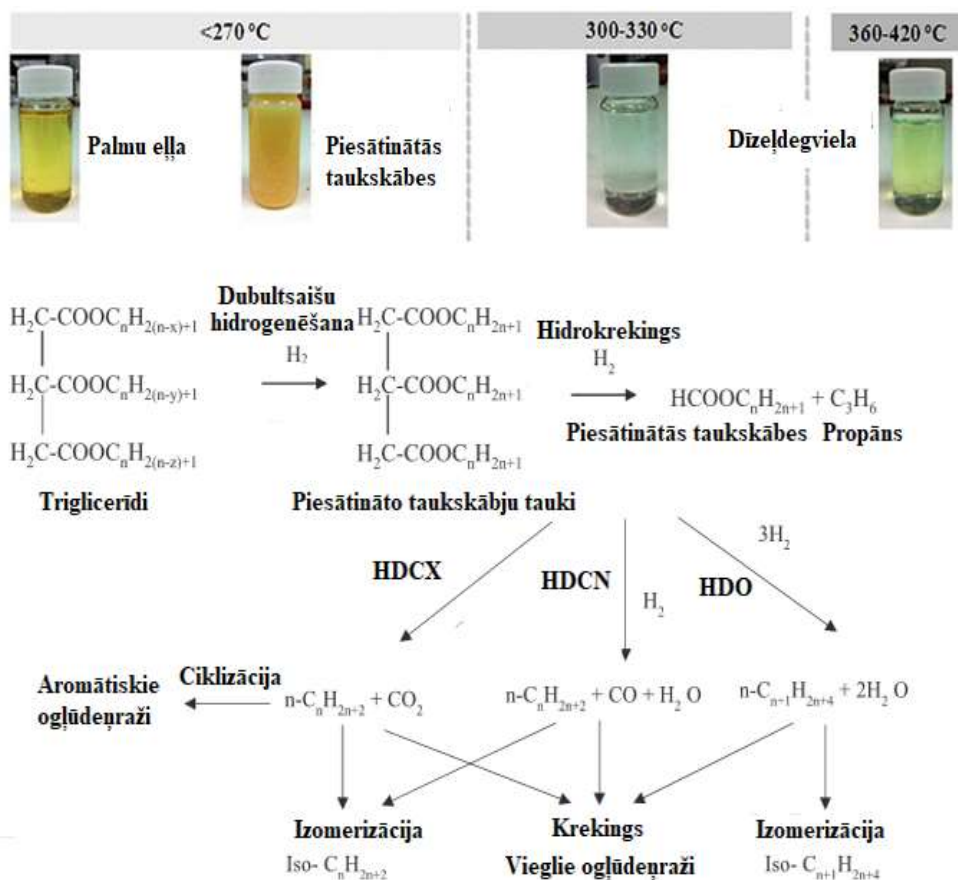
<sup>d</sup> pēc EN590 prasībām maksimālā robežvērtība ir 10 mg/kg

## Sintēze un ražošana

1897. gadā franču ķīmiķis *Paul Sabatier* atklāja, ka nepiesātinātos ogļūdeņražus tvaika fāzē var pārveidot par piesātinātiem ogļūdeņražiem ūdeņraža klātbūtnē, izmantojot niķeļa katalizatoru. Drīz pēc tam vācu ķīmiķis *Wilhelm Normann* atklāja, ka katalītisko hidrogenēšanu var izmantot, lai šķidrā fāzē no nepiesātinātām taukskābēm un triglicerīdiem iegūtu piesātinātus taukus, 1902. gadā šo procesu *Wilhelm Normann* patentēja Vācijā, bet 1903. gadā - Liebritānijā. Jau ap 1950. gadiem hidrokrekingu un hidrodesulfurizācijas procesus izmanto naftas pārstrādes rūpniecībā. 1993. gadā *Neste* izstrādāja ideju par atjaunojamo degvielu ražošanu augu eļļas hidrodeoksigenēšanas procesā un 2007. gadā pirmo reizi *Neste Oil* rūpnīcā Porvoo Somijā komerciāli sāk ražot HVO. Degvielas komerciālais nosaukums ir NExBTL.

Triglicerīdus kā izejvielu izmanto vairākos biodegvielu iegūšanas procesos (attēls 2.12.). Pēdējās desmitgadēs ir īpaši plaši pētīta un izmantota biodīzeļdegvielas sintēze (skatīt 2.1.1. nodaļā) un atjaunojamā dīzeļdegvielas jeb hidrogenētas augu eļļa (HVO or *Green diesel*) sintēze no augu izcelsmes eļļām. Hidrogenēta augu eļļa ir moderns veids, kādā tiek ražota kvalitatīva biodegviela, kas ir pilnīgi savietojama ar naftas pārstrādes produktiem.

Hidrodeoksigenēšana ir triglicerīdu (augu eļļas, nerafinētu pārtikas eļļas, dzīvnieku izcelsmes tauku, izlietotās cepamēļas un aļģu izcelsmes lipīdu) pārvēršana biodegvielā (*hydrotreated vegetable oil (angļu val.)* – hidrogenēta augu eļļa). Process notiek salīdzinoši zemās temperatūrās (300 – 450 °C) ūdeņraža atmosfērā (3 – 20 MPa) katalizatoru (attēls 2.13.) klātbūtnē [4].



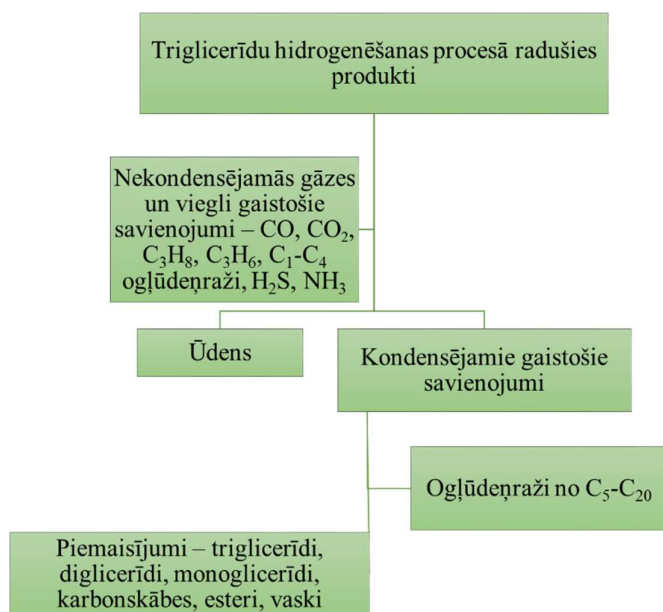
2.13. att. Ogļūdeņražu veidošanās no triglicerīdiem hidrodeoksigenēšanas procesā [4].

Vispirms ūdeņraža klātbūtnē notiek hidrogenēšanas reakcija, kurā no nepiesātinātiem triglicerīdiem veidojas piesātināto taukskābju tauki. Vienlaicīgi noris hidrokreking, kā starpprodukti rodas piesātinātās taukskābes un propāns. Skābekli saturošu savienojumu (piesātināto taukskābju) deoksigenēšanās katalītiskajā hidrogenēšanas procesā, galvenokārt, ir saistīta ar hidrodekarbonilēšanās (*hydrodecarbonylation HDCN*) un hidrodekarboksilēšanās (*hydrodecarboxylation HDCX*) reakcijām. Skābeklis tiek aizvadīts oglekļa dioksīda, oglekļa monoksīda un ūdens veidā (attēls 2.13.).

Reakciju blakusprodukti ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  un  $\text{H}_2\text{O}$ ) katalizatora klātbūtnē spēj iesaistīties dažādās blakusreakcijās veidot metānu vai ūdeni (1 – 4 reakcijas) [4].



Triglicerīdu hidrodeoksigenēšanas procesā rodas nekondensējamās gāzes un viegli gaistošie ogļūdeņraži, ūdens, ogļūdeņraži (HVO) un piemaisījumi (attēls 2.14.).



2.14. att. Triglicerīdu hidrogenēšanas procesa produkti.

Atkarībā no hidrogenēšanas procesa parametriem (reakcijas temperatūras un spiediena) un katalizatoriem izmainās biodegvielas daudzums un sastāvs.

Triglicerīdu hidrogenēšanas procesu katalizē tādi cēlmetāli kā Pd, Pt, Rh, Ru un pārejas metāli kā Ni, Mo, Co, W. Katalizatora nesēji ir gan dažādi oksīdi kā  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , ogle (C) un ceolīti (H-ZSM-5; H-Y, NaY, USY, MCM-41, SBA-15). Izmantojot cēlmetāla katalizatorus iegūst lielāku biodegvielas iznākumu, taču cēlmetālu katalizatori ir dārgi un ar īsāku dzīveslaiku nekā pārejas metālu katalizatori. Praktisku interesi izraisa katalizatori uz Ni, Co un Mo bāzes – NiMo, CoMo, NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , CoMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  [4–6] (skatīt 2.9. tabulu).

Visplašāk izmantotais metālu oksīds kā katalizatoru nesējs ir  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , tā priekšrocība ir spēja samazināt sēra saturu biodegvielā. Negatīvais aspekts ir katalizatora deaktivēšanās slāpekļa klātbūtnē un koksa veidošanās uz katalizatora virsmas hidrogenēšanas procesa laikā [5, 7–9].

2.9. tabula

Katalizatoru ietekme uz produktu sastāvu un saturu sojas eļļas hidrogenēšanā  
400 °C ar ūdeņraža spiedienu 9,2 MPa [5]

	NiMo/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pd/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoMo/ $\gamma$ - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ni/SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pt/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ru/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sojas eļļas konversija, %	92,9	91,9	78,9	60,8	50,8	39,7
Hidrogenēšanas produkta sastāvs un daudzums (m/m %)						
Taukskābes	0,06	4,04	0,58	7,96	13,52	21,68
Ūdens	0,02	0,07	0,02	–	–	–
Kopējais n-alkānu saturš	66,4	85,7	43,3	46,3	41,0	39,3
n-C <sub>8</sub>	0,25	0,71	1,83	0,49	0,27	0,1
n-C <sub>9</sub>	0,26	0,77	1,47	0,67	0,35	0,8
n-C <sub>10</sub>	0,22	0,84	1,42	0,80	0,43	1,0
n-C <sub>11</sub>	0,21	0,89	1,26	0,88	0,41	0,7
n-C <sub>12</sub>	0,21	0,90	1,01	0,92	0,42	1,2
n-C <sub>13</sub>	0,21	0,93	0,90	0,96	0,43	1,4
n-C <sub>14</sub>	0,18	0,87	0,82	1,01	0,44	1,5
n-C <sub>15</sub>	4,58	8,49	5,16	5,00	2,46	5,4
n-C <sub>16</sub>	2,37	1,70	2,89	1,47	2,93	2,2
n-C <sub>17</sub>	41,0	63,66	17,5	31,69	15,51	23,8
n-C <sub>18</sub>	16,5	5,37	8,12	1,08	16,81	0,6
n-C <sub>19</sub>	0,33	0,51	0,55	0,33	0,28	0,4
n-C <sub>20</sub>	0,14	0,10	0,32	0,97	0,92	0,2

Arvien lielāku intresi izraisa ogle kā katalizatora nesējs, tā ir lēta, ar zemu aciditāti, tādējādi samazinās koksa veidošanās uz katalizatora virsmas hidrogenēšanas laikā. Lielais īpatnējais virsmas laukums un poru izmērs no ~ 1 līdz 50 nm nodrošina lielāku eļļas konversiju un selektivitāti pēc ogļūdeņražiem. Veicot augu eļļas hidrogenēšanu Mo<sub>2</sub>C katalizatora klātbūtnē novēro 94% augu eļļas konversiju un 91% selektivitāti pēc ogļūdeņražiem [4].

Temperatūrai un ūdeņraža spiedienam ir būtiska ietekme uz hidrogenēšanas produktu sadalījumu un sastāvu (skatīt 2.10. tabulu). Zemas temperatūras ~ 270 °C veicina ogļūdeņražu maisījumu no C<sub>18</sub> līdz C<sub>35</sub> veidošanos [4, 10], no 310 līdz 360 °C visvairāk rodas ogļūdeņražu maisījums no C<sub>15</sub> līdz C<sub>18</sub> [4, 11], bet augstas temperatūras no 400 līdz 450 °C veicina CH<sub>4</sub> un vieglās ogļūdeņražu frakcijas no C<sub>5</sub> līdz C<sub>12</sub> veidošanos [4, 12]. Veicot hidrogenēšanas procesu zemās temperatūrās iegūstamajā produktā sēra un slāpekļa daudzums ir augstāks nekā produktos, kas iegūti augstākās temperatūrās [13, 14].



2.10. tabula

Ūdeņraža spiediena un temperatūras ietekme uz produktu sastāvu saulespuķu eļļas hidrogenēšanā  
CoMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> klātbūtnē [18]

Procesa parametri	Temperatūra									
	300 °C		320 °C		340 °C		360 °C		380 °C	
	4MPa	6MPa	4MPa	6MPa	4MPa	6MPa	4MPa	6MPa	4MPa	6MPa
Saulespuķu eļļas konversija, %	58,3	63,9	79,2	79,3	84,2	89,3	94,3	98,3	100	100
Gaistošo produktu saturs, m/m%	4,2	4,5	5,3	5,6	6,5	6,6	7,8	8,2	10,2	10,5
Organisko vielu frakcija, m/m%	92,7	93,3	90,4	90,4	87,6	88,3	84,1	85,0	83,4	83,5
Ūdens daudzums, m/m%	3,5	3,9	5,7	5,9	7,4	8,0	9,7	10,2	9,0	9,1
Organisko vielu frakcijas sastāvs, m/m%										
Triglicerīdi	38,9	44,7	22,9	23,0	12,3	17,9	6,7	2,0	0	0
Diglicerīdi	2,7	2,6	2,9	2,4	2,4	1,8	1,7	1,2	0,2	0,1
Karbonskābes, esteri	26,7	24,5	29,1	25,1	18,4	14,1	19,5	12,4	6,6	4,4
Alkāni, %										
< C <sub>14</sub>	0,2	0,5	0,1	0,4	0,4	0,5	1,1	1,2	2,1	2,5
C <sub>15</sub>	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,7	0,9
C <sub>16</sub>	0,6	1,9	0,4	2,0	3,8	4,6	4,9	5,0	6,2	6,3
C <sub>17</sub>	1,3	2,0	2,2	3,8	3,2	4,9	5,6	7,9	9,3	11,7
C <sub>18</sub>	24,9	27,0	40,4	44,1	55,2	56,0	61,8	62,3	66,9	70,3
> C <sub>19</sub>	0,9	0,3	0,1	0,7	1,8	2,3	3,0	3,2	4,6	7,3

Veicot hidrogenēšanas procesu augstā temperatūrā (~450 °C) un ar augstu ūdeņraža spiedienu (~9.6 MPa), iegūst produktu, kas līdzīgs dīzeļdegvielai, bet, izmantojot zemu spiedienu (~8.2 MPa) un augstu temperatūru (450 °C), iegūst produktu, kas līdzīgāks benzīnam [4, 15]. Augsts ūdeņraža spiediens kavē izomerizācijas reakcijas, veidojas ogļūdeņražu maisījums no n-C<sub>15</sub> līdz n-C<sub>18</sub> [16, 17]. Jāuzsver, ka, izmantojot hidrogenēšanas procesā augstu ūdeņraža spiedienu, pieaug ražošanas izmaksas.

### Perspektīvākās tehnoloģijas

*Neste* ir vadošais atjaunojamās ogļūdeņražu dīzeļdegvielas ražotājs pasaulē. Pirmo reizi *Neste Oil* rūpnīcā Porvoo (Somija) komerciāli šo degvielu sāka ražot 2007. gadā. Degvielas komerciālais nosaukums ir NExBTL. Gandrīz 80% no *Neste Oil* izejvielām ir atkritumeļļas un dzīvnieku tauki no pārtikas pārstrādes uzņēmumiem, šādas dīzeļdegvielas komerciālais nosaukums ir *Neste MY* (attēls 2.15.).



2.15. att. Neste MY atjaunojamā dīzeļdegviela nesatur aromātiskus savienojumus [19].

*Neste Oil* pārstāvji uzsver, ka 2017. gadā uzņēmums kopā ar klientiem samazināja globālo emisiju apjomu par 7,9 miljoniem tonnu, kas ir tik pat daudz kā tad, ja 3 miljoni pasažieru automobiļu būtu izņemti no satiksmes uz vienu gadu.

*Neste Oil* ir arī pirmais uzņēmums, kas ražo biodegvielu aviācijas vajadzībām. Vācu aviosabiedrība *Lufthansa* kā pirmā pasaulē paziņoja, ka savos komerciālajos lidojumos sāk izmantot Neste Oil NExBTL atjaunojamo degvielu reaktīvajiem dzinējiem. Aviokompānija *Lufthansa* ir veikusi 1187 lidojumus, izmantojot Neste atjaunojamo aviācijas degvielu. Lidaparātu ražotājs Boeing ir testējis izmantojot Neste atjaunojamo aviācijas degvielu savā lidaparātā *787 Dreamliner*. 2018.gadā Neste ir atzīta par 2. ilgtspējīgāko uzņēmumu pasaulē [4, 20].

2016. gadā Latvijā tika uzsākta Neste premium dīzeļdegvielas Pro Diesel tirdzniecība. Neste ProDiesel ir produkts, kas satur 85% fosilo dīzeļdegvielu un 15% Neste MY. 2018. gadā Latvijā Neste Futura dīzeļdegvielai vasaras periodā tiek pievienota Neste atjaunojamo resursu dīzeļdegviela virs 4,5% (attēls 2.16). [20]



2.16. att. Izmāiņas degvielas tirgū no 2018. gada [21].

### Secinājumi

- 1) Vienīgā atjaunojamā ogleņdeņražu degviela, kuru ražo ES. Galvenais tehnoloģiju izstrādātājs un realizētājs ir Neste.
- 2) Neste uzņēmumiem ir patentētas NExBTL tehnoloģijas:
  - Process for the manufacture of diesel range hydrocarbons (patent number: 9598327)
  - Use of renewable oil in hydrotreatment process (patent number: 9206092)
  - Simultaneous production of base oil and fuel components from renewable feedstock (patent number: 9120713)
  - Oil recovery method (patent number: 9115317)
  - Method of producing a hydrocarbon composition (patent number: 9096802)
  - Method for the manufacture of branched saturated hydrocarbons (patent number: 9040766)

- Process for the manufacture of hydrocarbon components (patent number: 9005429)
  - Gasoline compositions and method of producing the same (patent number: 8935994)
- 3) Atjaunojamo ogļūdeņražu degvielu ražo arī:
- *Conoco Phillips* (Amerikas Savienotās Valstis, Īrija), Universal Oil Products (UOP) -Eni (Lielbritānija, Itālija) – degvielas komerciālais nosaukums – GreenDiesel, Nippon Oil (Japāna), SK Energy (Koreja) un Syntroleum (Amerikas Savienotās Valstis) [4].
- 4) Lai realizētu modernas HVO ražošanu lielos apjomos, nepieciešama augu eļļa, kas pārtikā nav izmantojama, kā arī naftas pārstrādes rūpnīca.
- 5) Ierobežota apjoma izejviela ir taleļļa, kuru kā blakus produktu iegūst celulozes ražošanas Krafsta procesā. Latvijā nav ne celulozes, ne naftas pārstrādes rūpnīcas. Lignocelulozes izejvielas, tajā skaitā mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas, HVO ražošanai nav izmantojamas. Tajā pašā laikā šo izejvielu izmantošana citu degvielu ieguvei ir ļoti perspektīva.

### Atsauces

- [1] P. McKendry, Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, *Bioresource Technology* 83 (2002) 37 – 46.
- [2] P. McKendry, Energy production from biomass (part 2): conversion technologies, *Bioresource Technology* 83 (2002) 47 – 54.
- [3] G. Klāvs, A. Kundziņa, J. Ozoliņš, J. Reķis, *Atjaunojamo energoresursu izmantošana Latvijas ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai*. Sorosa fonds – Latvija, 31, ISBN 978-9934-8119-1-3, 2010.
- [4] A. Sonthaliaa, N. Kumarb, Hydroprocessed vegetable oil as a fuel for transportation sector: A review, *Journal of the Energy Institute* 92 (2019) 1 – 17.
- [5] B. Veriansyah, J. Y. Han, S. K. Kim, S-A. Hong, Y. J. Kim, J. S. Lim, Y-W. Shu, S-G. Oh, J. Kim, Production of renewable diesel by hydroprocessing of soybean oil: Effect of catalysts, *Fuel* 578 – 585.
- [6] B. P. Pattanaik, R. Dev Misra, Effect of reaction pathway and operating parameters on the deoxygenation of vegetable oils to produce diesel range hydrocarbon fuels: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73 (2017) 545 – 557.
- [7] A. Srifa, K. Faungnawakij, V. Itthibenchapong, N. Viriya-empikul, T. Charinpanitkul, S. Assabumrungrat, Production of bio-hydrogenated diesel by catalytic hydrotreating of palm oil over NiMoS<sub>2</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, *Bioresource Technology* 158 (2014) 81 – 90.
- [8] A. Guzman, J. E. Torres, L. P. Prada, M. L. Nuñez, Hydroprocessing of crude palm oil at pilot plant scale, *Catalysis Today*, 156 (2010) 38 – 43.
- [9] P. Prielcel, D. Kubička, L. Čapek, Z. Bastl, P. Ryšánek, The role of Ni species in the deoxygenation of rapeseed oil over NiMo-alumina catalysts, *Applied Catalysis A: General*, 397 (2011) 127 – 137.
- [10] M. Anand, A.K. Sinha, Temperature-dependent reaction pathways for the anomalous hydrocracking of triglycerides in the presence of sulfided Co–Mo-catalyst, *Bioresource Technology* 126 (2012) 148 – 155.
- [11] P. Šimáček, D. Kubička, G. Šebora, M. Pospíšil, Fuel properties of hydroprocessed rapeseed oil, *Fuel* 89 (2010) 611 – 615.
- [12] F. Pinto, F. T. Varela, M. Gonçalves, R. Neto Andréa, P. Costa, B. Mendes, Production of bio-hydrocarbons by hydrotreating of pomace oil. *Fuel* 116 (2014) 84 – 93.
- [13] S. Bezergianni, A. Dimitriadis, G. Meletidis, Effectiveness of CoMo and NiMo catalysts on co-hydroprocessing of heavy atmospheric gas oil–waste cooking oil mixtures. *Fuel* 125 (2014) 129 – 136.
- [14] M. Rajesh, M. Sau, R.K. Malhotra, D.K. Sharma, Hydrotreating of gas oil, jatropha oil, and their blends using a carbon supported cobalt- molybdenum catalyst, *Petroleum Science and Technology* 33 (2015) 1653 – 1659.

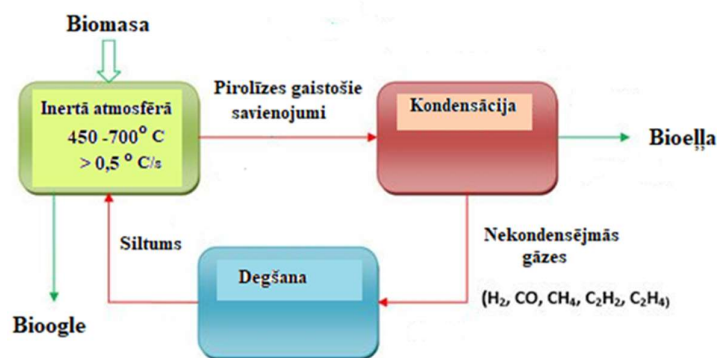
- [15] S. Bezergianni, A. Dimitriadis, A. Kalogianni, K.G. Knudsen, Toward Hydrotreating of Waste Cooking Oil for Biodiesel Production. Effect of Pressure, H<sub>2</sub>/Oil Ratio, and Liquid Hourly Space Velocity, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50 (2011) 3874 – 3979.
- [16] Y. Yang, Q. Wang, X. Zhang, L. Wang, G. Li, Hydrotreating of C<sub>18</sub> fatty acids to hydrocarbons on sulphided NiW/SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *Fuel Processing Technology* 116 (2013) 165 – 174.
- [17] J. Mikulec, J. Cvengroś, L. Joríková, M. Banič, A. Kleinova, Second generation diesel fuel from renewable sources, *Journal of Cleaner Production*, 18 (2010) 917 – 926.
- [18] M. Krar, S. Kovacs, D. Kallo, J. Hancsok, Fuel purpose hydrotreating of sunflower oil on CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, *Bioresource Technology* 101 (2010) 9287 – 9293.
- [19] <https://www.neste.lv/lv/content/neste-my-atjaunojam%C4%81-d%C4%ABze%C4%BCdegviela> (skatīts 30.08.2019.)
- [20] <https://www.neste.lv/lv/content/neste-atjaunojam%C4%81-d%C4%ABze%C4%BCdegviela-ra%C5%BEO%C5%Alanas-process-un-att%C4%ABst%C4%ABba> (skatīts 30.08.2019.)
- [21] <https://www.neste.lv/lv/content/izmai%C5%86as-d%C4%ABze%C4%BCdegvielas-tirg%C5%AB> (skatīts 30.08.2019.)
- [22] L. Rantanen, R. Linnaila, P. Aakko, T. Harju, NExBTL - Biodiesel Fuel of the Second Generation, *SAE Technical Paper* 2005-01-3771, 2005 <https://doi.org/10.4271/2005-01-3771>.
- [23] R. Caprotti, T. Tang, N. Ishibe, R. In-ochanon, C. Tipdecho, S. Silapakampeerapap, Performance of Diesel containing Bio-Hydrogenated Component," *SAE Technical Paper* 2011-01-1953, 2011 <https://doi.org/10.4271/2011-01-1953>.

#### 2.1.2.2. Biomasas pirolīzes un katalītiskās pirolīzes eļļa

##### Degvielas raksturojumi

Jau viduslaikos pirolīzes procesu izmantoja darvas un kokogļu ražošanai darvas cepļos. Darvu tecināja, dedzinot malku – sakraujot malkas stirpu, ko nosedza ar velēnām – šādā bezgaisa vidē zem malkas noliktā silē tecēja darva, bet pati malka pārtapa kokoglē. 1920. gadā *Lewis Cass Karrick* patentē “Karrick process” – akmeņogļu karbonizācijas procesu (lēnā pirolīze zemās temperatūrās). 1935. gadā ASV tiek uzcelta pirmā izmēģinājuma rūpnīca. Ogļu pirolīzes procesu izmanto II pasaules kara laikā, lai no akmeņoglēm iegūtu degvielu. 1950. – 1970. gados šo tehnoloģiju izmantoja *Rexco* uzņēmums Anglijā. 1970. gados sākas biomasas pirolīzes pētījumi, lai biomasas pārstrādes procesā iegūtu degvielu. Mūsdienās piltprojektu rūpnīcas ir Somijā (*Green Fuel Nordic* un *Fortum – VALMET*), Kanādā (*AE Cote-Nord Bioenergy, Red Arrows*).

Pirolīze ir viens no biomasas termokīmiskās pārveides veidiem. Tā ir biomasas karsēšana bez gaisa piekļuves. Pirolīzes procesā no biomasas iegūst nekondensējamās gāzes (CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>), bioeļļu (kondensējamie gāzveida produkti, kas veido šķidro fāzi) un bioogli (produkti, kas veido cieto fāzi) (attēls 2.17.). Produktu sadalījums ir atkarīgs gan no pirolīzes temperatūras, gan no tās palielināšanas ātruma.



2.17. att. Vispārēja vidēji ātrās, ātrās un ļoti ātrās pirolīzes shēma.

2.11. tabula

Jēlnaftas un bioeļļas salīdzinājums [24, 25]

	Bioeļļa no lignocelulozes biomasām	Jēlnafta
Ūdens saturs, %	15 – 30	0,1
pH	2,8 – 3,8	–
Blīvums, kg/L	1,05 – 1,25	0,86
Viskozitāte 50 °C, cP	40 – 100	180
Siltumspēja, MJ/kg	16 – 19	44
C, %	55 – 65	83 – 86
O, %	28 – 40	< 1
H, %	5 – 7	11 – 14
S, %	< 0,05	< 4
N, %	< 0,4	< 1
Pelnu saturs, %	< 0,2	0,1

Iegūtajiem produktiem, it īpaši bioeļļai, ir plašas pielietošanas iespējas – ķīmiskajā rūpniecībā, izejviela transporta degvielām, siltumenerģijas ražošanā. Bioeļļa var saturēt vairāk nekā 300 atšķirīgus savienojumus. Augstais skābekļa (35 – 40 %) un ūdens (15 – 25 %) saturs bioeļļā samazina iespēju to izmantot kā biodegvielu, neveicot papildus apstrādi. Atšķirībā no jēlnaftas, kas sastāv no ogļūdeņražu maisījuma, bioeļļas dominējošās komponentes ir organiskās skābes, ketoni, aldehīdi, anhidrocukuri, spirti, esteri, furāni un fenoli, līdz ar to bioeļļai ir zema pH vērtība (2 – 4), siltumspēja (16 – 19 MJ/kg), tā ir nestabila, korozīva un viskoza (2.11. tabula) [24, 25].

Biomasa kā izejviela ir ļoti daudzveidīga. Atšķirībā no fosilā kurināmā, biomasai ir augsts skābekļa saturs, toties daudz mazāks sēra saturs ~ 0,3 %. Sēra, slāpekļa un hlora saturs biomasā ir nevēlams - paaugstināts hlora saturs veicina izdedžu veidošanos, koroziju, degšanas procesā rodas sālsskābe (HCl), Cl<sub>2</sub>, kā arī izgulsnējas sāļi - KCl un NaCl. Pēdējā laikā liela uzmanība ir pievērsta nevis lignocelulozes biomasas sadedzināšanai, bet tās pārstrādei, jo pēc apjoma tā ir lielākā biomasas daļa. Hemicelulozes, celulozes un lignīna attiecības mainās atkarībā no biomasas izcelsmes. Atkarībā no hemicelulozes (H), celulozes (C) un lignīna (L) attiecības lignocelulozes biomasas iedala piecās grupās (CHL, CLH, HCL, LCH un HLC) (2.12. tabula).

2.12. tabula

Lignocelulozes biomasu veidi [26]

Hemicelulozes (H), celuloze (C), lignīns (L)	Biomasa	Hemicelulozes, celulozes un lignīna saturs biomasā, %
CHL	Dižskārbārža koksne	C (45,8 %), H (31,8 %), L (21,9 %)
CLH	Egles koksne	C (50,8 %), L (27,5 %), H (21,2 %)
HCL	Bērzu koksne	H (40,0 %), C (25,7 %), L (15,7 %)
LCH	Lazdu riekstu čaula	L (53 %), C (29,6 %), H (15,7 %)
HLC	Koka miza	H (47 %), L (31 %), C (22 %)

Atšķirīgām lignocelulozes biomasām pirolīzes procesā bioeļļas sastāvs būs atšķirīgs (2.13. tabula) [26, 27].

2.13. tabula

Bioeļļas ķīmiskais sastāvs [28, 29]

	Bioeļļa no zāģskaidām (CHL)	Bioeļļa no kadiķa koksnes (CLH)
Elementu analīze, %		
C	58,23	66,88
H	7,13	7,20
N	0,70	0,47
S	—	—
O <sup>a</sup>	33,94	25,42
Augstākā siltumspēja, MJ/kg	27,82	27,64
pH	2,60	3,46
Relatīvais mitrums, %	22,00	1,63

<sup>a</sup>O (%) = 100 % – (C % + H % + N % + S %) – pelni%;

### Sintēze un ražošana

Viens no pirolīzes procesa parametriem, kas ietekmē pirolīzes produktu sastāvu un iznākumu, ir temperatūras celšanas ātrums (karsēšanas ātrums). Atkarībā no temperatūras celšanas ātruma (tabula 2.14.), pirolīzi iedala lēnā, vidēji ātrajā, ātrajā un ļoti ātrajā [30].

2.14. tabula

Pirolīzes produktu sadalījums atkarībā no temperatūras celšanas ātruma [30]

Pirolīze	Karsēšanas ātrums	Produkta sadalījums		
		Gāze	Bioeļļa	Cietais atlikums
Lēnā pirolīze ( <i>slow pyrolysis</i> )	0,005–0,5 °C/s	~35 %	~30 %	~35 %
Vidēji ātrā pirolīze ( <i>intermediate pyrolysis</i> )	0,5–5 °C/s	~25 %	~50 %	~25 %
Ātrā pirolīze ( <i>fast pyrolysis (FP)</i> )	5–100 °C/s	~13 %	~70 %	~17 %
Ļoti ātrā pirolīze ( <i>flash pyrolysis</i> )	> 100 °C/s	~13 %	~75 %	~12 %

Temperatūrai ir milzīga ietekme uz pirolīzes produktu sadalījumu un sastāvu: zemas temperatūras ≤ 400 °C veicina cietā atlikuma veidošanos, ~ 600 °C visvairāk rodas kondensējamie gaistošie savienojumi, bet augstas temperatūras ≥ 700 °C veicina nekondensējamo gāzu veidošanos [31, 32].

Biodegvielu ieguvei svarīgākais pirolīzes produkts ir bioeļļa, tā var saturēt vairāk nekā 300 atšķirīgus savienojumus. Viens no veidiem, kā uzlabot bioeļļas sastāvu, ir katalītiskā pirolīze ar katalizatoru biomasā. Skābekli saturošu savienojumu deoksigenēšanās katalītiskajā pirolīzes procesā, galvenokārt, ir saistīta ar dekarbonilēšanās, dekarboksilēšanās un dehidratācijas reakcijām, skābeklis tiek aizvadīts oglekļa dioksīda, oglekļa monoksīda un ūdens veidā [33–36]. Katalītiskās pirolīzes pētījumos izmantoto katalizatoru klāsts ir plašs, sākot no sārmim un sāļiem un beidzot ar ceolītiem un sarežģītas uzbūves nanomateriāliem. Ceolīti un to modifikācijas ir visplašāk izmantotie katalizatori biomasas konversijai biodegvielās, sākot jau no 1980. gada literatūrā atrodamī pētījumi par ogļhidrātu pārvēršanu alkēnos jeb olefīnos un aromātiskajos ogļūdeņražos ceolītu klātbūtnē. Arī sārmezemju metālu oksīdu izmantošana biomasu pirolīzē ir plaši pētīta to zemo iegūšanas izmaksu dēļ. Pēdējos gados pastiprinātu interesi ir piesaistījuši nanopulveri. Platīna grupas katalizatori ir plaši pētīti hidrodeoksigenēšanas reakcijās, bet salīdzinoši maz ir apskatītas to izmantošanas iespējas biomasu katalītiskajā pirolīzē [33, 36].

Apkopojot plašo literatūras klāstu par sārmezemju metālu oksīdu, hidroksīdu un sāļu izmantošanu pirolīzes procesā, var secināt, ka tie neveicina bioeļļas iznākuma pieaugumu un pārsvarā dominē pirolīzes produktu iznākuma samazināšanās, ko tikai CO<sub>2</sub> gadījumā varētu vērtēt kā pozitīvu. Šie katalizatori nespēj uzlabot bioeļļas sastāvu, lai tā būtu piemērota transporta degvielai [37–39].

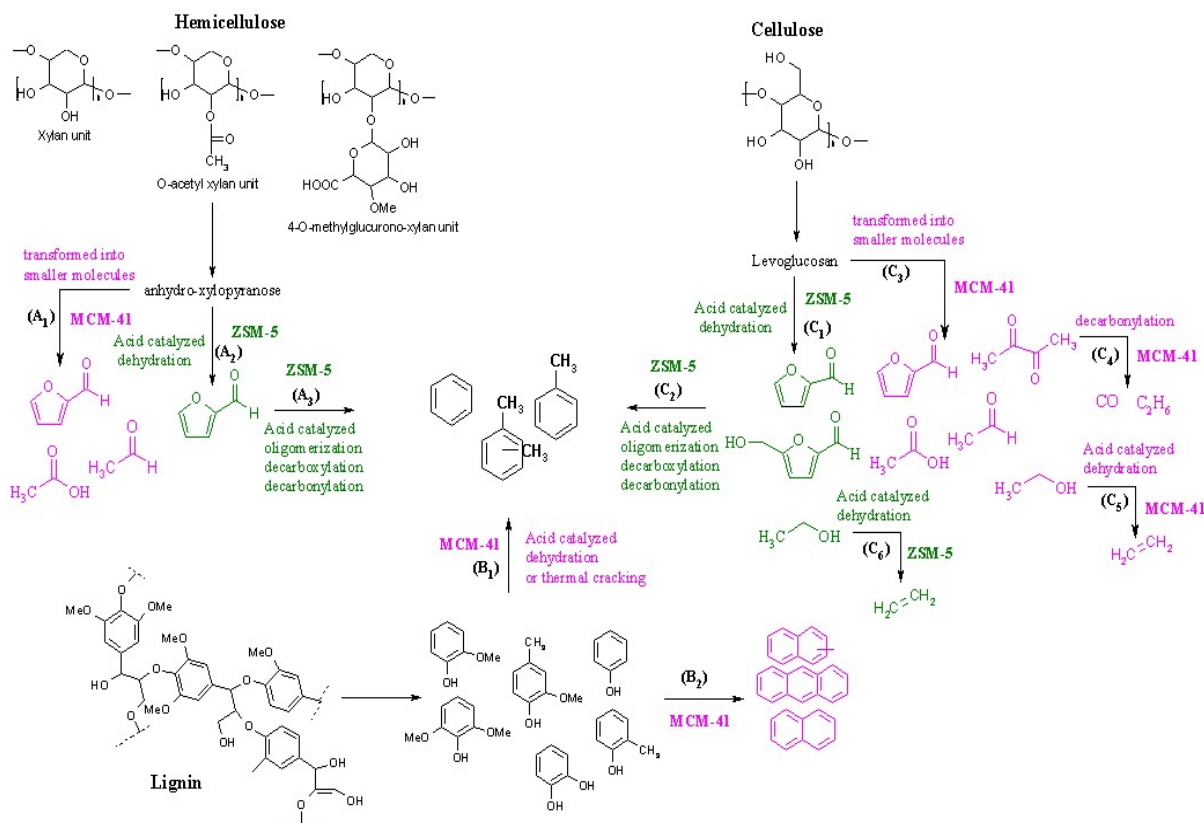
Pirolīzes procesā platīnu grupas metālu katalizatori spēj samazināt skābekli saturošu savienojumu veidošanos, veicinot dekarbonilēšanās un dekarboksilēšanās reakcijas, taču tie neizraisa interesi, lai realizētu pirolīzes procesu ar mērķi iegūt vairāk augstas kvalitātes bioeļļu, bet var būt ļoti nozīmīgs sintēzes gāzes ražošanai no biomasas [40–43].

Pirolīzes procesos visplašāk pētīti ir NiO nanopulveri. Tie veicina gaistošo savienojumu veidošanos, tādējādi samazinot cieto atlikumu, kā arī tiem piemīt deoksigenēšanas spēja [44–47].

No pētījumiem var secināt, ka piemērotākais bioeļļas sastāva maiņas katalizators (attēls 2.18.), kas neizraisa tās iznākuma būtisku samazināšanos, ir ceolīti, tiem piemīt deoksigenēšanas spēja un tie spēj katalizēt arī denitrogenēšanās reakcijas [48–50].

Ātrās pirolīzes tehnoloģijas iedala atkarībā no galvenā reaktora konfigurācijas principiem:

- 1) visvairāk izplatīti ir verdošā slāņa reaktori vai cirkulējošā verdošā slāņa reaktori;
- 2) rotācijas reaktori ar uzkarstēto smolšu pievadi;
- 3) transporta lentes biomasas padeves reaktori;
- 4) virpuļa vakuumreaktori;
- 5) ablatīvie reaktori. Ablatīvā pirolīze ir viens no perspektīviem ātrās pirolīzes veidiem, kurā siltums pāriet no karstā reaktora sienas uz koksni, kas atrodas tiešā kontaktā ar karsto virsmu.



2.18. att. Katalītiskā pirolīze MCM-41 un ZSM-5 klātbūtnē [48].

## Perspektīvākās tehnoloģijas

Bioeļļas ieguves perspektīvās tehnoloģijas balstās uz ātrās pirolīzes metodes izmantošanu.

2012. gadā Somijas uzņēmums “Fortum” 20 miljonu eiro investēja bioeļļas rūpnīcas izveidē Joensū. 2013. gadā sākas bioeļļas ražošana no mežsaimniecības blakusproduktiem, izmantojot ātrās pirolīzes tehnoloģiju. Bioeļļas rūpnīca ir apvienota ar koģenerācijas staciju. Mērķis ir ražot 50 000 tonnu/ gadā. Bioeļļu (Fortum Otso bio-oil) izmanto siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai koģenerācijas stacijā. 2014. gadā uzņēmumi “Fortum”, “UPM”, “Valmet” sadarbojas piecu gadu projektā *LignoCat (Lignocellulosic Fuels by Catalytic Pyrolysis)*, lai izstrādātu un komercializētu katalītiskās pirolīzes tehnoloģiju (pilotrūpnīcu) un ražotu biodeģvielu no celulozes izejvielām. Projektu finansē Tekes – Somijas Tehnoloģiju un inovāciju finansēšanas aģentūra.

2014. gadā uzņēmums Empro BV sāka būvēt bioeļļas rūpnīcu Hengelo Nīderlandē. 2015. gadā sākās bioeļļas ražošana no lignocelulozes biomasas (salmi, mežsaimniecības blakusprodukti), izmantojot ātro pirolīzi. Tika pilnveidota BTG-BTL (*biomass to liquid*) tehnoloģiju. Rūpnīcas kapacitāte ir 5 tonnas bioeļļas/stundā jeb 15.1 miljonu tonnu/gadā. Bioeļļu izmanto siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai koģenerācijas stacijā (bioeļļu sajauc ar dabasgāzi). Mazumtirdzniecības cena bioeļļai no priedes koksnes ir 10 litri – 250 eiro. [<https://www.btg-btl.com/en/company/services/shop>]. Uzņēmums veic pētījumus par bioeļļas izmantošanu dīzeļdzinējos, un galvenā problēma ir novērst dzinēja un degvielas sistēmas bojājumus augstā ūdens saturs un eļļas skābuma dēļ.

1984.gadā tika dibināts pirmais *Ensyn* uzņēmums Kanādā. Uzņēmumam ir četri darbības virzieni – pārtikas piedevu ražošana (1989), naftas pārstrādes procesi (2005), pirolīzes eļļas iegūšana (2008) un ķīmikāliju un plastmasas izstrādājumu ražošana no atjaunojamiem resursiem. No 2006. gada,



izmantojot **RTP™ (*Rapid Thermal Processing*) tehnoloģiju**, uzņēmums sāka ražot bioeļļu (*RTP Green Fuel*) no mežsaimniecības atlikumiem:

- 1) 2006. gadā sākas bioeļļas ražošana Ontario rūpnīcā Kanādā – 3 miljonu galonu/gadā (*Ontario Facility*)
- 2) Bioeļļas ražošanas rūpnīca Brazīlijā – 22 miljonu galonu/gadā (*Aracruz project*)
- 3) Bioeļļas ražošanas un pēcapstrādes rūpnīcā ASV – 20 miljonu galonu gadā (*Georgia project*)
- 4) 2018. gadā sākas bioeļļas ražošana Quebec Kanādā – 10,5 miljonu galonu/gadā (*COTE NORD project*)

RTP™ tehnoloģijas ietver:

- 1) RTP™ for Biomass Conversion – veic lignocelulozes pirolīzi 500 °C, iegūst bioeļļu ar komerciālo nosaukumu *RTP Green Fuel*.
- 2) RTP™ for Transportation – produkta *RTP Green Fuel* pēcapstrāde, izmantojot *UOP hydroprocessing* tehnoloģijas procesus, lai iegūtu biodegvielu (dīzeļdegvielu, benzīnu un aviācijas degvielu).
- 3) RTP™ for Industrial Burners – bioeļļu izmanto siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai.

Ātrās pirolīzes procesu izmanto arī citas ražotnes.

2011. gadā tika nodibināts *Green Fuel Nordic Oy* uzņēmums Somijā. 2012. gadā uzņēmums investēja bioeļļas rūpnīcas celšanā Iisalmi. Uzņēmuma mērķis ir, izmantojot RTP™ (*Rapid Thermal Processing*) tehnoloģiju, sākt ražot bioeļļu no koksnes izejvielas. Iegūtā bioeļļa atbilst ASTM D7544 – 09 standartam. Līdz 2020. gadam uzņēmums plāno pabeigt otro pirolīzes rūpnīcu Lieksā. Mērķis ir saražot 24 000 tonnas bioeļļas gadā.

2004. gadā tiek nodibināts Cynar PLC uzņēmums Lielbritānijā. Uzņēmuma mērķis ir pirolīzes procesā iegūt dīzeļdegvielu ar zemu sēra saturu, izmantojot plastmasas atkritumus. Komerciālās rūpnīcas ir Lielbritānijā un Īrijā, rūpnīcu jauda ir 20 tonnas dienā, saražojot 5,4 miljonus litru degvielas gadā. Komerciālais produkts (*CynFuels*).

2018. gadā kompānija Cool Planet Energy Systems (CPES) ASV sāka bioeļļas un bioogles ražošanu no priedes koksnes atlikumiem, sākotnējā rūpnīcas jauda bija 3.8 miljonu tonnu/gadā, bet mērķis ir saražot 38 miljonu tonnu/gadā.

### **Pilotrūpnīcas**

2012. gadā OMV pārstrādes rūpnīcā Austrijā nodeva ekspluatācijā *BioCRACK pilot plant* – pilotrūpnīcu, lai ražotu 2. paaudzes biodegvielu, izmantojot co-pirolīzi (co-pyrolysis), projektā investē 7 miljonus eiro. Projekta laikā (2012-2015) izstrādā un patentē *BioCRACK* tehnoloģisko procesu. Co – pirolīzes procesā izmanto lignocelulozes biomasu un jēlnaftas rafinēšanas blakusproduktu – vakuumeļļu (*vacuum gas oil* - VGO), kapacitāte ir 500 tonnas biodegviela gadā. Veicot bioeļļas pēcapstrādi, iegūst dīzeļdegvielu, kas atbilst EN590 standartam.

Vācijā no 2005. līdz 2014. gadam *Bioliq pilot project* ietvaros rada tehnoloģiju biomasas konversijai biodegvielās, 2008. gadā nodod ekspluatācijā ātrās pirolīzes pilotrūpnīcu, iegūst bioeļļu (*bioliqSyn crude*) no lauksaimniecības atlikumiem (salmiem) ar kapacitāti 500 kg/h. Līdz 2014. gadam ir izstrādāta tehnoloģijas – bioeļļas gazifikācijas procesam, lai iegūtu sintēzes gāzes, tālāk dimetilētera sintēze un vieglie ogļūdeņraži.

Šī pilotrūpnīca vēl joprojām darbojas kā pētniecības platforma KIT (Karlsruhe Institute of Technology, Vācija).

2015. gadā Petrobras/Ensyn/NREL partnerībā pabeidza (*Batch demo*) Demo rūpnīcas kompleksu Brazīlijā, lai no pirolīzes eļļas iegūtu biodegvielas, izmantojot katalītisko krekingu un hidroapstrādi, kapacitāte 2.3 miljonu tonnu/gadā.

Informācija par ražotnēm ir piejama sekojošās interneta vietnēs:  
[[https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/04/f21/thermochemical\\_conversion\\_chum\\_242303.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/04/f21/thermochemical_conversion_chum_242303.pdf)].  
[[http://www.etipbioenergy.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=281](http://www.etipbioenergy.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=281)  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/652538/advanced-drop-in-biofuels-uk-production-capacity-outlook-2030.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652538/advanced-drop-in-biofuels-uk-production-capacity-outlook-2030.pdf)]

### **Pilotprojektu rūpnīcas, kuras ir slēgtas**

2005. gadā Malaizijā sāka strādāt pilotrūpnīca, kurā no palmu eļļas spiedpaliekām ātrās pirolīzes procesā ieguva bioeļļu, ražošanas jauda bija 1,2 tonnas/h, tika saražots 1000 tonnu bioeļļas. Šobrīd pilotrūpnīca ir slēgta.

2008. gadā *Dynamotive Energy Systems* firma Kanādā atklāja pilotrūpnīcu, lai no mežsaimniecības atlikumiem ražotu biodegvielu izmantojot ātro pirolīzi. Šobrīd pilotrūpnīca ir slēgta. Iemesls – zema pirolīzes eļļas kvalitāte.

2014. gadā *KiOR* firma ASV atklāja pilotrūpnīcu, slēgšanas iemesli – iegūtā bioeļļa bija ar ļoti augstu skābekļa saturu, katalītiskais process nedeva vēlamo rezultātu [54].

### **Pilotrūpnīcas, kuras plāno celt**

Kompānijas *SynSel Energy AS* un *CRI (Criterion Catalyst Company Limited)* plāno paraugpilotrūpnīcas celtniecību Norvēģijā, kurā no mežsaimniecības atlikumiem ražotu pirolīzes eļļu un, veicot tās pēcapstrādi, iegūtu biodegvielas, savukārt tās plānotā jauda – 2.1 miljons tonnu/ gadā.

Kompānijas *Shell* un *CRI* plāno paraugpilotrūpnīcas celtniecību Indijā, kurā no mežsaimniecības atlikumiem un salmiem ražotu pirolīzes eļļu un, veicot tās pēcapstrādi, iegūtu biodegvielas, savukārt tās plānotā kapacitāte – 2.1 miljons tonnu/ gadā, izmantojot pirolīzes  $IH^2$ ® tehnoloģiju.

### **Eiropas Savienības investīciju programma**

Latvija NER300 programmas (Eiropas Komisijas Inovācijas fonds) ietvaros 2013. gadā bija iesniegusi projektu atjaunojamo energoresursu projektu kategorijā „Bioenerģija” un tās apakškategorijā „Lignocelulozes pārvēršana cietos, šķīdros vai pusšķīdros bioenerģijas nesējos (starpproduktos), izmantojot pirolīzi, ar jaudu 40000 tonnas galaprodukta gadā. Projektam tika apstiprināts finansējums 3,9 miljonu euro apmērā, taču 2018. gadā projekta īstenotājs lēma par projekta realizācijas pārtraukšanu.

### **Eiropas Savienības atbalstītie zinātnes projekti saistībā ar biomasas pirolīzi**

- 1) Horizon 2020. Renewable residential heating with fast pyrolysis bio-oil (Grant agreement ID: 654650) 01.01.2016 – 31.12.2019., EU contribution € 5 466 478,75.
- 2) Horizon 2020. 4x4, demonstrating a flexible value chain to utilize biomass functionalities in the processing industry (Grant agreement ID: 723070) 01.01.2016. – 31.08.2020., EU contribution € 4 201 501,50.
- 3) Horizon 2020. Improving the economic feasibility of the biorefinery through catalysis engineering: enhancing the catalyst performance and optimizing valuable product yields (Grant agreement ID: 752941) 15.01.2018. – 15.01.2020., EU contribution € 183 454,80.
- 4) Horizon 2020. Reliable Bio-based Refinery Intermediates (Grant agreement ID: 727463) 01.10.2016. – 30.11.2021., EU contribution € 5 923 316,25.
- 5) Horizon 2020. Advanced Carbon Materials from Biowaste: Sustainable Pathways to Drive Innovative Green Technologies (Grant agreement ID: 721991) 01.10.2016. – 30.09.2020., EU contribution € 3 623 224,47.

- 6) Horizon 2020. Smart and flexible heat and power from biomass derived liquids for small-scale CHP application (Grant agreement ID: 815259) 01.06.2019. – 31.05.2023., EU contribution € 4 042 455.
- 7) Horizon 2020. Scenarios for integration of bio-liquids in existing REFINERY processes (Grant agreement ID: 727531) 01.05.2017. – 30.04.2021., EU contribution € 5 965 473,71
- 8) Horizon 2020. Market Uptake Support for Intermediate Bioenergy Carriers (Grant agreement ID: 857806) 01.09.2019. – 31.08.2022., EU contribution € 2 999 871,25.

### Latvijas atbalstītie zinātnes pētījumi saistībā ar biomasas pirolīzi

YD8111.1 Inovatīvi risinājumi un rekomendācijas Latvijas vietējo un atjaunojamo energoresursu apguves palielināšanai (VPP-EM-2018/AER\_3\_0004) 25.03.2019. – 06.12.2021.)

#### 2.1.2.3. Hidrogenēta pirolīzes bioeļļa no biomasas visiem transporta degvielas veidiem

##### Degvielas raksturojums

Viens no veidiem, kā uzlabot bioeļļas sastāvu, ir hidrogenēšanas process (*HDO bio-oil*). Pēdējās desmitgadēs ir ievērojami palielināties pieejamās literatūras un publikāciju apjoms par bioeļļas pēcapstrādi, izmantojot HDO metodi (attēls 2.19.), 2018. gadā vien ir ap 600 zinātnisko rakstu par šo procesu.

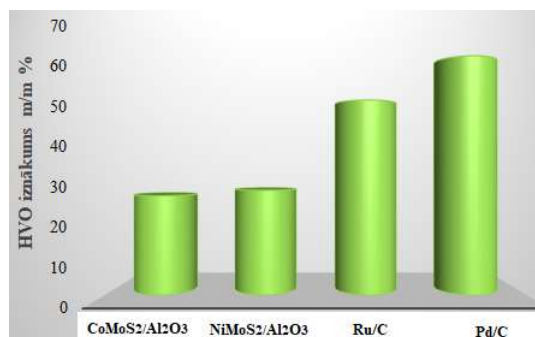


2.19. att. HDO veidošanās no biomasas.

HDO procesa mērķis ir sintētisko ogļūdeņražu degvielas, kuru īpašības ir tādas pašas kā naftas pārstrādes degvielām.

##### Sintēze un ražošana

Bioeļļas hidrogenēšanas pētījumos izmantoto katalizatoru klāsts ir plašs, sākot no cēlmetāliem kā Pd, Pt, Rh, Ru un beidzot ar pārejas metāliem kā Ni, Mo, Co. Katalizatora nesēji ir gan dažādi oksīdi kā  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , gan ogle (C) un ceolīti SBA-15, MCM-41 [56–58]. Izmantojot cēlmetāla katalizatorus iegūst lielāku hidrogenētas bioeļļas iznākumu ar zemu skābekļa savienojuma saturu, taču katalizatora augstās izmaksas padara tos nepievilcīgus, lielāku praktisku interesi izraisa katalizatori uz Ni, Co un Mo bāzes –  $\text{Co-MoS}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiMoS}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (attēls 2.20. un tabula 2.15.). Visplašāk izmantotie katalizatoru nesēji ir tādi metālu oksīdi kā  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  un  $\text{CeO}_2$ . Atšķirībā no triglicerīdu hidrogenēšanas, bioeļļas hidrogenēšanas procesā ogle kā katalizatora nesējs interesi neizraisa, jo hidrogenēšanas procesā uz katalizatora virsmas notiek polimerizācijas un polikondensācijas reakcijas, tā rezultātā veidojas kokss, notiek katalizatora deaktivēšanās [58].



2.20. att. Katalizatoru ietekme uz hydrogenētas bioeļļas iznākumu dižskārža koksnes bioeļļas hydrogenēšanā 350 °C ar ūdeņraža spiedienu 20 MPa [58].

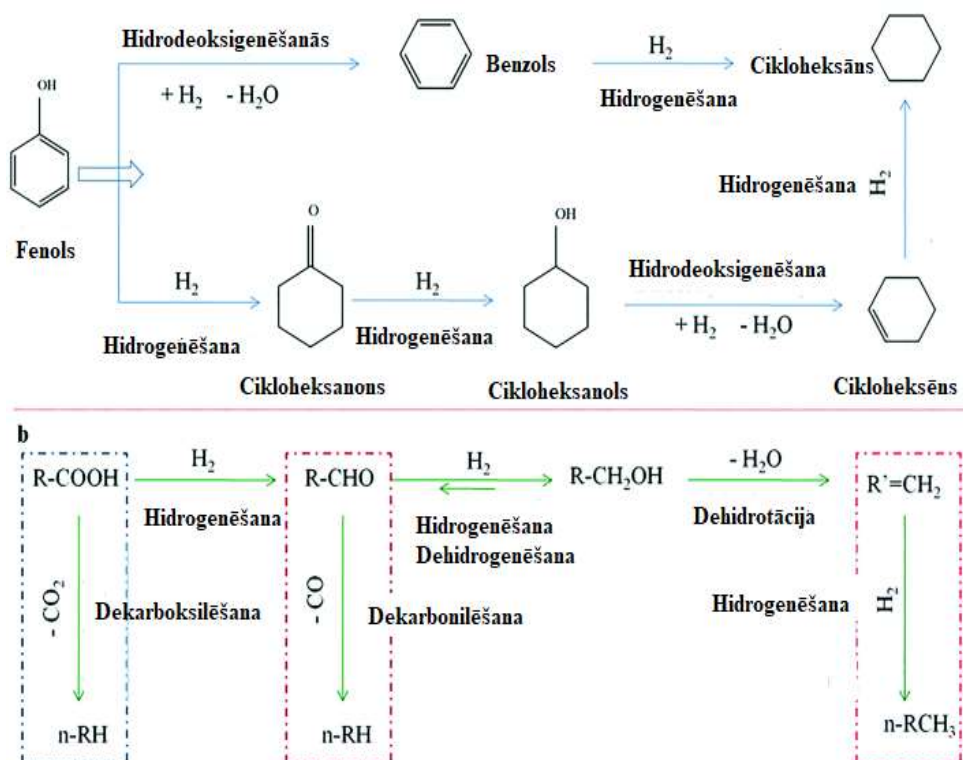
2.15. tabula

Bioeļļas un hydrogenētas bioeļļas salīdzinājums [58]

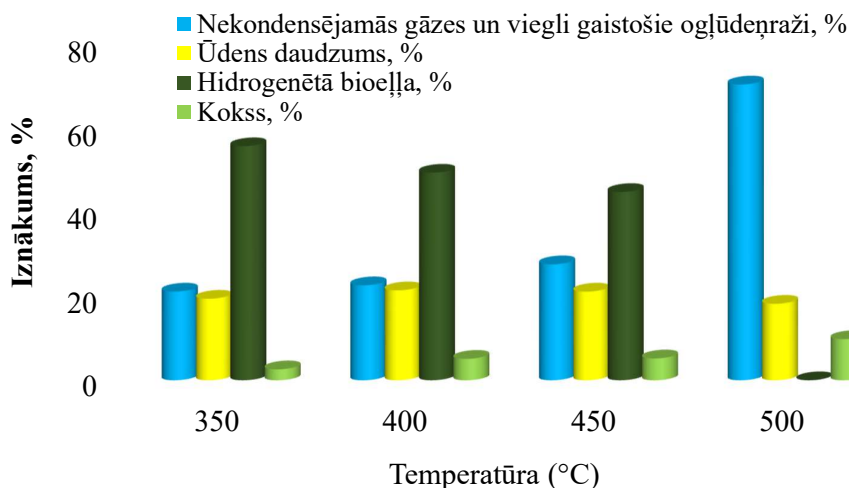
	Bioeļļa no koksnes	Hydrogenēta bioeļļa no koksnes, izmantojot Ru/C
<b>Elementu analīze, %</b>		
C	55 – 65	85 – 89
H	5 – 7	10 – 14
N	< 0,4	
S	< 0,05	< 0,005
O	28 – 40	< 5
Pelnu saturs, %	< 0,2	–
Ūdens saturs, %	15 – 30	1,5
pH	2,3 – 3,8	5,8
HHV (MJ/kg)	16 – 19	42 – 45

Ūdeņraža un katalizatora klātbūtnē notiek hidrodeoksigenēšanās, hydrogenēšanās, dekarboksilēšanās un dekarbonilēšanas, dehidrotācijas reakcijas (attēls 2.21.)

Bioeļļas hydrogenēšana procesā rodas nekondensējamās gāzes un viegli gaistošie ogļūdeņraži, ūdens, hydrogenētā bioeļļa un kokss uz katalizatora virsmas. Temperatūrai un ūdeņraža spiedienam ir ietekme uz bioeļļas hydrogenēšanas produktu sadalījumu un sastāvu. Zemas temperatūras – aptuveni ~ 350 °C – veicina hydrogenētās bioeļļas veidošanos, bet augstas temperatūras – apmēram 500 °C – veicina nekondensējamo gāzu un viegli gaistošo ogļūdeņražu veidošanos, kā arī koksa veidošanos uz katalizatora virsmas (attēls 2.22.).

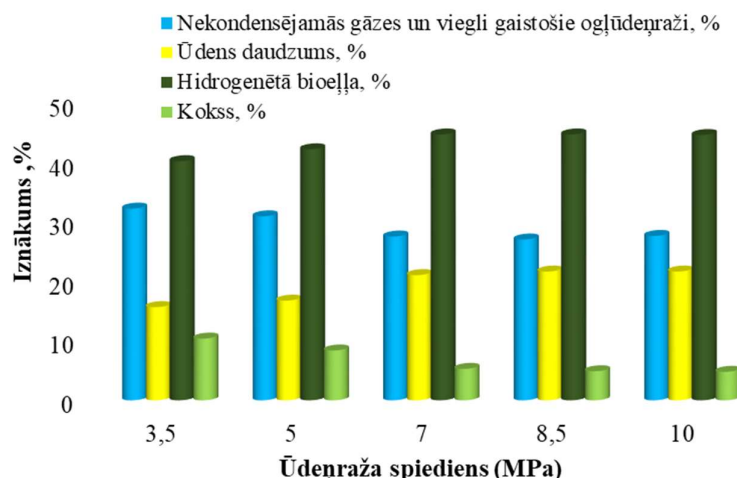


2.21. att. Ogļūdeņražu veidošanās no bioeļļas hidrideoksigenēšanas procesā.



2.22. att. Temperatūras ietekme uz bioeļļas hidrogenēšanas produktu sadalījumu ar ūdeņraža spiedienu 7 MPa komerciāla katalizatora klātbūtnē [56].

Augsta temperatūra ( $\sim 450$  °C) un augsts ūdeņraža spiediens ( $\sim 10$  MPa) veicina hidrogenētas bioeļļas veidošanos, savukārt zems ūdeņraža spiediens tajā pašā temperatūrā veicina nekondensējamo gāzu un viegli gaistošo ogļūdeņražu veidošanos. Pieaugot ūdeņraža spiedienam, palielinās ūdens saturs un samazinās koksa veidošanās uz katalizatora virsmas (attēls 2.23.).



2.23. att. Ādeņraža spiediena ietekme uz bioeļļas hidrogenēšanas produktu sadalījumu 450 °C temperatūrā komerciāla katalizatora klātbūtnē [56].

### Perspektīvākās tehnoloģijas

Hidrogenēšanas tehnoloģijas pašas par sevi ir maz atšķirīgas. Tās realizē katalītiski, augstas temperatūras un spiediena apstākļos. Procesi atšķiras ar izejvielas priekšapstrādi un sagatavošanu hidrogenēšanai. Zemāk dots nozīmīgāko projektu uzskaitījums.

- 1) *Horizon 2020, The Demonstration of Waste Biomass to Synthetic Fuels and Green Hydrogen (Grant agreement ID: 745749) 01.05.2017. – 30.04.2021., EU contribution – € 12 250 528,13.*  
Projekta ietvaros pēta notekūdeņu dūņu konversiju biodegvielās un bioādeņradī, izmantojot TCR (*thermo-catalytic reforming*) un HDO (*hydrodeoxygenation*) tehnoloģijas. Vispirms iegūst bioeļļu no notekūdeņu dūņām un hidrodeoksigenēšanas procesā no bioeļļas iegūst biodegvielas, kas atbilst EN 228 un EN 590 standartu prasībām.
- 2) *Horizon 2020, Sustainable Jet Fuel from Flexible Waste Biomass (Grant agreement ID: 792216) 01.04.2018. – 31.03.2022., EU contribution – € 9 999 732,51.*  
Projekta mērķis ir iegūt aviācijas degvielu no pārtikas atkritumiem, izmantojot ķīmiskās un termoķīmiskās pārveides tehnoloģijas. Ar TCR tehnoloģiju iegūst bioeļļu no pārtikas atkritumiem un HDO un HC (*hydro cracking/ isomerisation*) procesā iegūst reaktīvo degvielu, kas atbilst ASTM D7566 prasībām.
- 3) *Horizon 2020, Advanced Biomass Catalytic Conversion to Middle Distillates in Molten Salts (Grant agreement ID: 764089) 01.04.2018. – 31.03.2022., EU contribution – € 3 998 025,50.*  
Projekta mērķis ir biodegvielas ražošana no lignocelulozes biomasas, izmantojot termoķīmiskās pārveides tehnoloģijas – sašķidrināšana, pirolīze, hidrogenēšana.
- 4) *Horizon 2020, Biofuels from WASTE TO ROAD transport (Grant agreement ID: 818120) 01.10.2018. – 30.09.2022., EU contribution – € 4 996 155.*  
Projekta ietvaros pēta biomasas (mežsaimniecības un rūpniecības blakusproduktu) konversiju biodegvielās (*Bio-diesel*). Vispirms iegūst bioeļļu no biomasas izmantojot pirolīzi vai hidrosasšķidrināšanu un hidrogenēšanas procesā no bioeļļas iegūst *Bio-diesel*.
- 5) *FP7-NMP, CASCade deoxygenation process using tailored nanoCATalysts for the production of BiofuELs from lignocellulosic biomass (Grant agreement ID: 604307) 01.11.2013. – 31.10.2017., EU contribution – € 6 368 197,65.* Optimizēti reakciju apstākļi biomasas konversijai biodegvielās, izmantojot termoķīmiskās pārveides metodes – katalītisko pirolīzi,

*hidrogenēšanu*. Biomasas konversijai biodegvielās ir veikta mērogošana – minireaktoros laboratorijas apstākļos, neliela izmēra reaktoros (*bench-scale reactors*) un pilotrūpnīcu reaktoros. Optimizējot procesu liela izmēra reaktoros, iegūst biodegvielu, kas sastāv no 44 % naftalēna, 37 % aromātisko ogļūdeņražu un 18 % parafīna.

### Secinājumi

- 1) Bioeļļas ražošanai kā izejvielu galvenokārt izmanto mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas.
- 2) Ražošanas process ir decentralizējams, jo bioeļļas ražošanu var uzskatīt par jēlprodukta (starpprodukta) ražošanu ar augstāku enerģijas saturu, kuru tālāk var hidrogenēt lielākā ražotnē. Daudzveidīgu un samērā vienkāršu tehnoloģiju piejamība ļauj bez lieliem izdevumiem plānot un realizēt vismaz vienas nelielas pirolīzes eļļas ražotnes izveidošanu un izmēģināšanu.
- 3) Pieejama apjomīga pētījumu bāze un pieredze ražotņu veidošanā hidrogenēšanas procesiem. Realizēti pilotprojekti un komerciālas ražotnes Somijā, Nīderlandē, Kanādā, ASV un Brazīlijā.
- 4) Hidrogenēšana nav vienīgais bioeļļas pārstrādes veids. Ir iespējami vairāki bioeļļas pārstrādes varianti iegūstot ogļūdeņražus.

### Atsauces

- [24] P. M. Mortensen, J-D. Grunwaldt, P.A. Jensen, K.G. Knudsen, A.D. Jensen, A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels, *Applied Catalysis A: General*, 407 (2011) 1 – 19.
- [25] C. A. Fisk, T. Morgan, Y. Ji, M. Crocker, C. Crofcheck, S. A. Lewis, Bio-oil upgrading over platinum catalysts using in situ generated hydrogen, *Applied Catalysis A: General*, 358 (2009) 150 – 156.
- [26] V. Dhyani, T. Bhaskar, A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass, *Renewable Energy* 129 (2018) 695 – 716.
- [27] L. Chen, X. Wang, H. Yang, Q. Lu, D. Li, Q. Yang, H. Chen, Study on pyrolysis behaviours of non – woody lignins with TG – FTIR and Py – GC/MS, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 113 (2015) 499 – 507.
- [28] H. Jahromi, F. A. Agblevor, Upgrading of pinyon-juniper catalytic pyrolysis oil via hydrodeoxygenation, *Energy*, 141 (2017) 2186–2195.
- [29] A. K. Varma, L. S. Thakur, R. Shankar, P. Mondal, Pyrolysis of wood sawdust: Effects of process parameters on products yield and characterization of products, *Waste Management*, 89 (2019) 224 – 235.
- [30] X. Zhang, “Essential scientific mapping of the value chain of thermochemically converted second-generation bio-fuels”, *Green Chem.*, vol. 18, pp. 5086 – 5117, 2016.
- [31] E. Apaydin-Varol, B. Burcu Uzun, E. Önal, A. E. Pütün, “Synthetic fuel production from cottonseed: Fast pyrolysis and a TGA/FT-IR/MS study”, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, vol. 105, pp. 83 – 90, 2014.
- [32] M-S. Safdari, M. Rahmati, E. Amini, J. E. Howarth, J. P. Berryhill, M. Dietenberger, D. R. Weise, T. H. Fletcher, “Characterization of pyrolysis products from fast pyrolysis of live and dead vegetation native to the Southern United States”, *Fuel* vol. 229, pp. 151–166, 2018.
- [33] T. Tian, Q. Li, R. He, Z. Tan, Y. Zhang, “Effects of biochemical composition on hydrogen production by biomass gasification”, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, pp. 19723 – 19732, 2017.
- [34] P. M. Mortensen, J-D. Grunwaldt, P.A. Jensen, K.G. Knudsen, A.D. Jensen, “A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels,” *Appl. Catal. A*, vol. 407, pp. 1 – 19, 2011.
- [35] C. A. Fisk, T. Morgan, Y. Ji, M. Crocker, C. Crofcheck, S. A. Lewis, “Bio-oil upgrading over platinum catalysts using in situ generated hydrogen,” *Appl. Catal. A*, vol. 358, pp. 150 – 156, 2009.
- [36] Y. Shen, K. Yoshikawa, “Recent progresses in catalytic tar elimination during biomass gasification or pyrolysis – A review,” *Renew. Sust. Energ. Rev.*, vol. 21, pp. 371 – 392, 2013.

- [37] B. Zhao, X. Zhang, L. Chen, L. Sun, H. Si, G. Chen, "High quality fuel gas from biomass pyrolysis with calcium oxide," *Bioresour. Technol.*, vol. 156, pp. 78 – 83, 2014.
- [38] Z. Wang, F. Wang, J. Cao, J. Wang, Pyrolysis of pine wood in a slowly heating fixed-bed reactors: Potassium carbonate versus calcium hydroxide as a catalysts, *Fuel Process. Technol.*, vol. 91, pp. 942 – 950, 2010.
- [39] B. Hou, Z.-A. Lü, X.-H. Li, D.-K. Li, "Catalytic cracking of tar derived from biomass pyrolysis," *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, vol. 29, pp. 75, 2001.
- [40] C. A. Fisk, T. Morgan, Y. Ji, M. Crocker, C. Crofcheck, S.A. Lewis, "Bio-oil upgrading over platinum catalysts using in situ generated hydrogen," *Appl. Catal. A-Gen.*, vol. 358, pp. 150 – 156, 2009.
- [41] M. S. Metter, A. D. Paulsen, D. G. Vlachos, P. J. Dauenhauer, "Tuning cellulose pyrolysis chemistry: selective decarbonylation via catalyst-impregnated pyrolysis," *Catal. Sci. Technol.*, vol. 4, pp. 3822 – 3825, 2014.
- [42] Y. - B. Huang, Z. Yang, M. - Y. Chen, J. - J. Dai, Q. - X. Guo, Y. Fu, "Heterogeneous palladium catalysts for decarbonylation of biomass – derived molecules under mild conditions," *Chemsuschem.*, vol. 6, pp. 1348 – 1351, 2013.
- [43] X-N. Ye, Q. Lu, W-T. Li, P. Gao, B. Hu, Z-B. Zhang, C-Q. Dong, "Selective production of nicotine from catalytic fast pyrolysis of tobacco biomass with Pd/C catalyst," *J. Anal. Appl. Pyrol.*, vol. 117, pp. 88 – 93, 2016.
- [44] J. Li, R. Yan, B. Xiao, D. - T. Liang, D. - H. Lee, "Preparation of nano-NiO particles and evaluation of their catalytic activity in pyrolyzing biomass components," *Energy & Fuel*, vol. 22, pp. 16 – 23, 2008.
- [45] J. Chen, C. Lin, S. - H. Wu, "Catalytic fast pyrolysis of Alcell lignin with Nano-NiO," *BioResources*, vol. 11, pp. 663 – 673, 2016.
- [46] O. D. Mante, J. A. Rodriguez, S. D. Senanayake, S. P. Babu, "Catalytic conversion of biomass pyrolysis vapors into hydrocarbons fuel precursors," *Green Chem.*, vol. 17, pp. 2362 – 2368, 2015.
- [47] Q. Lu, Z. - F. Zhang, C. - Q. Dong, X. - F. Zhu, "Catalytic Upgrading of biomass fast pyrolysis vapors with nano metal oxides: An analytical Py-GC/MS study," *Energies*, vol. 3, pp. 1805 – 1820, 2010.
- [48] K. Lazdoviča, L. Liepiņa, V. Kampars, Comparative wheat straw catalytic pyrolysis in presence of zeolites, Pt/C, and Pd/C by using TGA-FTIR method, *Fuel Processing Technology*, 138 (2015) 645 – 653.
- [49] E. F. Iliopoulou, E. V. Antonakou, S. A. Karakoulia, I. A. Vasalos, A. A. Lappas, K. S. Triantafyllidis, "Catalytic conversion of biomass pyrolysis products by mesoporous materials: Effect of steam stability and acidity of Al-MCM-41 catalysts," *Chemical Engineering Journal*, vol. 134, pp. 51 – 57, 2007.
- [50] M. A. Jackson, D. L. Compton, A. A. Boateng, "Screening heterogeneous catalysts for the pyrolysis of lignin," *J. Anal. Appl. Pyrol.*, vol. 85, pp. 226 – 230, 2009.
- [51] <https://www.valmet.com/media/news/press-releases/2018/valmet-and-fortum-take-development-of-bio-oil-into-transportation-fuels-to-new-level-in-collaboration-with-preem/> (skatīts 04.09.2019.)
- [52] <http://www.greenfuelnordic.fi/home> (skatīts 04.09.2019.)
- [53] <https://www.sdtc.ca/en/company/ae-cote-nord-bioenergy-canada-inc/> (skatīts 04.09.2019.)
- [54] <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/05/17/kior-the-inside-true-story-of-a-company-gone-wrong/4/> (skatīts 04.09.2019.)
- [55] [https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en\\_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=hydrodeoxygenation&AB=&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?submitted=true&locale=en_EP&DB=EPODOC&ST=advanced&TI=hydrodeoxygenation&AB=&PN=&AP=&PR=&PD=&PA=&IN=&CPC=&IC=&Submit=Search) (skatīts 04.09.2019.)
- [56] S. Oh, H. Hwang, H. S. Choi, J. W. Choi, The effects of noble metal catalysts on the bio-oil quality during the hydrodeoxygenative upgrading process, *Fuel* 153 (2015) 535 – 543.
- [57] P. M. Mortensen, J.-D. Grunwaldt, P.A. Jensen, K.G. Knudsen, A.D. Jensen, A review of catalytic upgrading of bio-oil to engine fuels, *Applied Catalysis A: General*, 407 (2011) 1 – 19.
- [58] I. Shi, E. Xing, K. Wu, J. Wang, M. Yang, J. Wu, Recent progress on upgrading of bio-oil to hydrocarbons over metal/zeolite bifunctional catalysts, *Catalysis Science & Tehnology*, 7 (2017) 2385 – 2415.



#### 2.1.2.4. Biomasas hidrotermālās un solvotermālās sašķidrināšanas produkti

##### Degvielas raksturojums

Hidrotermālā un solvotermālā sašķidrināšana ir biomasas pārvēršana nekondensējamās gāzēs, bioeļļā un cietajā atlikumā. Produkti ir līdzīgi pirolīzes procesā iegūtajiem, bet hidrotermālais process notiek salīdzinoši zemās temperatūrās (200 – 350 °C), ūdeņraža atmosfērā (20 – 200 bar), bez vai ar šķīdinātāju un katalizatoru izmantošanas [59, 60]. Atšķirībā no pirolīzes, sašķidrināšana ir ilgāks un dārgāks process (attēls 2.24.), toties bioeļļa satur mazāk skābekļa savienojumus [59].



2.24. att. Biomasas hidrotermālā sašķidrināšana [61].

Hidrotermālā procesā iegūtā eļļa pēc savām īpašībām ir līdzīga pirolīzes bioeļļai.

Atšķirīgām lignocelulozes biomasām hidrotermālās sašķidrināšanas (HTL) procesā bioeļļas sastāvs ir atšķirīgs (2.16. tabula) [62].

Hidrotermālās sašķidrināšanas procesā iegūtā bioeļļa no lignocelulozes biomasas satur mazāk skābekļa savienojumu, mazāks relatīvais mitruma saturs un augstāka siltumspēja nekā pirolīzes bioeļļai (2.17. tabula).

2.16. tabula

Bioeļļas ķīmiskais sastāvs no HTL [62]

Izejviela	Elementu analīze, %					Pelni (%)	Augstākā siltumspēja MJ/kg	Relatīvais mitrums, %	Bioeļļas iznākums, %
	C	H	N	O	S				
Priedes zāģskaidas	46,0	7,5	0,3	34,3	0,6	4,7	17,0	6,9	—
Apses koksne	75,2	8,2	0,5	15,8	0,3	0,5	34,3	3,8	—
Dižskābarža koksne	76,7	7,1	0,1	16,1	0,0	—	34,9	—	28,0

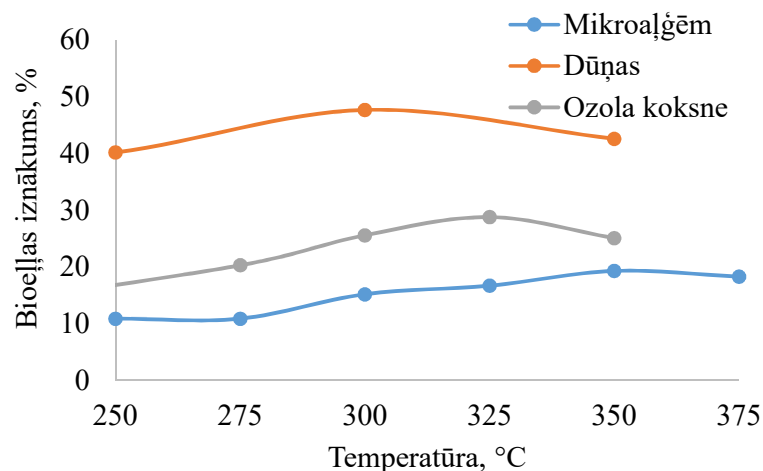
2.17. tabula

Hidrotermālās sašķidrīšanas bioeļļas un pirolīzes bioeļļas salīdzinājums [62]

Elementu analīze, %	Hidrotermālās sašķidrīšanas process	Pirolīze
C	73	58
H	8	6
O	16	36
S (ppm)	< 45	29
Relatīvais mitrums, %	5,1	24,8
Augstākā siltumspēja MJ/kg	35,7	22,6
Viskozitāte (cPs)	15,0	59

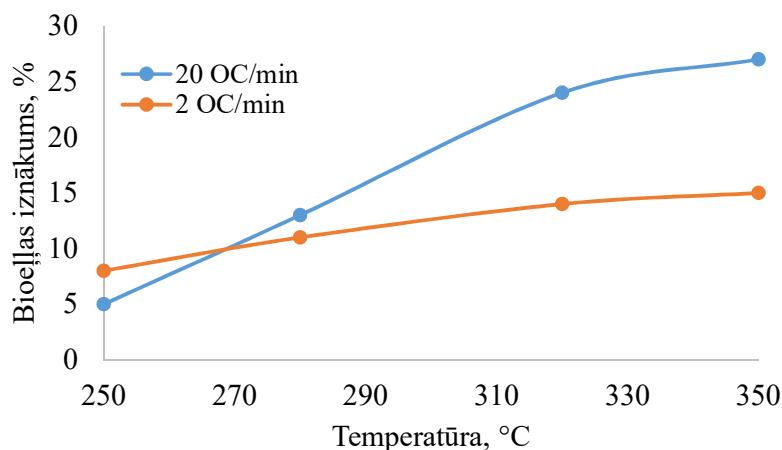
### Sintēze un ražošana

Temperatūrai ir būtiska ietekme uz biomasas hidrotermālās sašķidrīšanas produktu sadalījumu un sastāvu. Hidrotermālās sašķidrīšanas process notiek temperatūras intervālā no ~ 280 līdz 400 °C (superkritiskais ūdens). Temperatūras intervālā no 300 līdz 350 °C iegūst maksimālo bioeļļas iznākumu, bet augstākas temperatūras 350 līdz 400 °C intervālā veicina nekondensējamo gāzu veidošanos, tādējādi samazinot bioeļļas iznākumu (attēls 2.25.) [60, 61, 63].



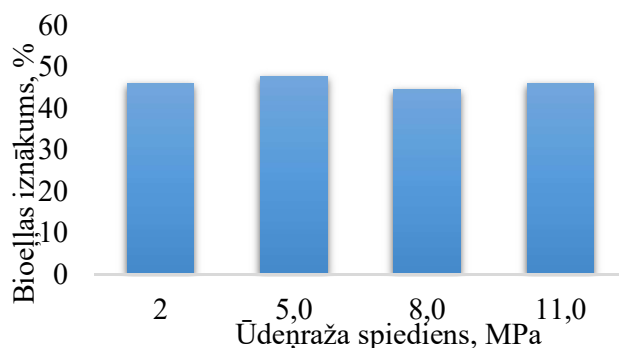
2.25. att. Temperatūras ietekme uz bioeļļas iznākuma HTL procesā [60, 61, 63].

Arī karsēšanas ātrumam ir ietekme uz biomasas hidrotermālās sašķidrināšanas produktu sadalījumu. Pieaugot karsēšanas ātrumam, pieaug bioeļļas iznākums HTL procesā (attēls 2.26.) [64].



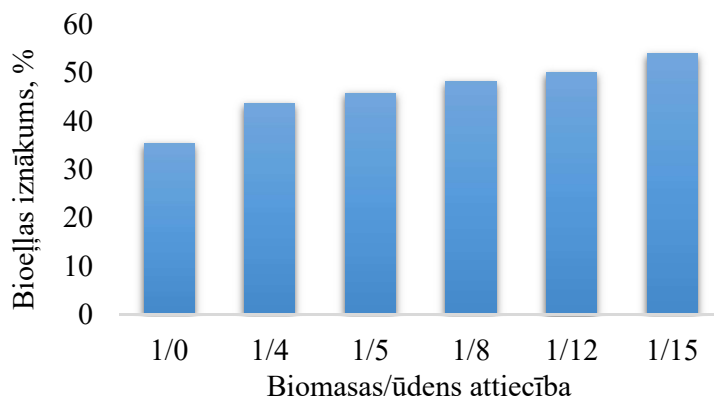
2.26. att. Karsēšanas ātruma ietekme uz bioeļļas iznākuma HTL procesā no priedes zāģskaidām [64].

Otrs svarīgākais faktors, kas ietekmē biomasas hidrotermālās sašķidrināšanas procesu, ir ūdens un biomasas attiecība. Augsti ūdeņraža spiedieni un augstas temperatūras HTL procesā samazina bioeļļas iznākumu, veicinot cieto atlikumu rašanos. Arī zemi ūdeņraža spiedieni veicina bioeļļas daudzuma samazināšanos (attēls 2.27.).



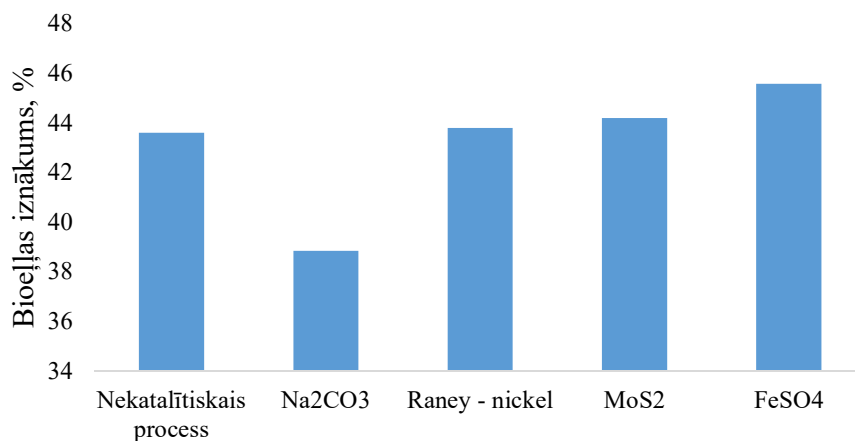
2.27. att. Ūdeņraža spiediena ietekme uz bioeļļas iznākuma HTL procesā no dūņām 300°C FeSO<sub>4</sub> klātbūtnē [60].

HTL procesā biomasas un ūdens attiecībai ir svarīga loma uz produktu sadalījumu (attēls 2.28.). Taču liels ūdens daudzums palielina HTL procesa izmaksas.



2.28. att. Biomasas/ūdens attiecības ietekme uz bioeļļas iznākuma HTL procesā no dūņām 300°C ar ūdeņraža spiedienu 2.0 MPa un FeSO<sub>4</sub> klātbūtnē [60].

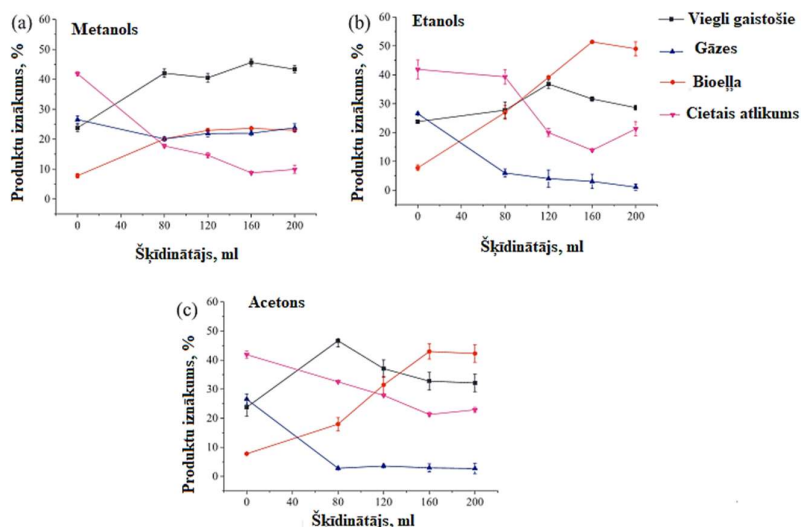
Biomasas HTL pētījumos izmantoto katalizatoru klāsts ir plašs, sākot no sārmu oksīdiem līdz ceolītiem un metālu sakausējumiem. HTL procesu veic dažādu skābju klātbūtnē kā fosforskābe, etiķskābe, skudrskābe un sērskābe, taču šie katalizatori veicina bioeļļu ar augstu skābekļa saturu. Sārmu hidroksīdu un to sāļi tiek uzskatīti par perspektīvākajiem katalizatoriem – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH, KOH, atkarībā no biomasas veida tie palielina vai samazina bioeļļas iznākumu HTL procesā, bet iegūtā bioeļļa ir ar zemu skābekļa saturu. Izmanto arī cēlmetālus kā Pd, Pt, Rh, Ru un pārejas metālus kā Ni, Fe, Mo, Co. Katalizatora nesēji ir gan dažādi oksīdi kā  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, gan ogle (C) un ceolīti SBA-15, MCM-41 (attēls 2.29) [61].



2.29. att. Katalizatora ietekme uz bioeļļas iznākumu HTL procesā no dūņām 300°C ar ūdeņraža spiedienu 2.0 MPa [60].

Biomasas sašķidrināšanas procesā var lietot arī dažādus šķīdinātājus kā ūdeņraža donorus (tetralīnu, dekalīnu, glicerīnu un spirtus). Izmantojot spirtus kā šķīdinātājus biomasas sašķidrināšanas procesā, iegūst lielāku bioeļļas iznākumu nekā hidrotermālā sašķidrināšanā. Veicot lignocelulozes

sašķidrināšanu etanola klātbūtnē, var iegūt 52% bioeļļu (attēls 2.30.), spirtu klātbūtne veicina bioeļļā ogļūdeņražu veidošanos [65, 66].



2.30. att. Šķīdinātāja ietekme uz produktu sadalījumu lignocelulozes sašķidrināšanas procesā 320°C temperatūrā 60 minūtes [66].

### Perspektīvākās tehnoloģijas

Tehnoloģijas līdz komercializācijas līmenim nav izstrādātas. Apjomīgu pētījumu rezultātus var atrast sekojošos projektos:

Eiropas Savienības atbalstītie zinātnes projekti saistībā ar biomasas sašķidrināšanu:

- 1) Horizon 2020, Sustainable Drop-In Transport fuels from Hydrothermal Liquefaction of Low Value Urban Feedstocks (Grant agreement ID: 818413) 01.11.2018. – 31.10.2022., EU contribution – € 5 074 876,25.
- 2) Horizon 2020, Hydrothermal liquefaction: Enhanced performance and feedstock flexibility for efficient biofuel production (Grant agreement ID: 764734) 01.11.2017. – 30.09.2021., EU contribution – € 5 038 343,75.

### Secinājumi

- 1) Hidrotermālā sašķidrināšana dod tos pašus produktus, ko pirolīze, bet nedaudz augstākā kvalitātē un ir piemērotāka katalizatoru izmantošanai *in situ*. Tā neprasa izejvielas žāvēšanu un laboratorijas apstākļos ir realizējama ar labiem iznākumiem periodisku procesu veidā. Lai nodrošinātu ražīgumu, nepieciešama nepārtrauktu procesu pētījumi. Ir sagaidāmas notekūdeņu attīrīšanas problēmas.
- 2) Pašreizējā stadijā tehnoloģija nav uzskatāma par pietiekami attīstītu, lai mēģinātu izveidot ražotnes uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas pārstrādei.

### Atsauces

- [59] R. Murnieks, V. Kampars, K. Malins, L. Apeniece, Hydrotreating of wheat straw in toluene and ethanol, *Bioresource Technology*, 163 (2014) 106 – 111.
- [60] K. Malins, V. Kampars, J. Brinks, I. Neibolte, R. Murnieks, R. Kampare, Bio-oil from thermo-chemical hydro-liquefaction of wet sewage sludge, *Bioresource Technology*, 187 (2015) 23 – 29.

- [61] Y. Xue, H. Chen, W. Zhao, C. Yang, P. Ma, S. Han, A review on the operating conditions of producing bio-oil from hydrothermal liquefaction of biomass, *International journal of energy research*, 40 (2016) 865–877.
- [62] A.R.K. Gollakota, N. Kishore, S. Gu, A review on hydrothermal liquefaction of biomass, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2018) 1378 – 1392.
- [63] B. De Caprariis, I. Bavasso, M. P. Bracciale, M. Damizia, P. De Filippis, Enhanced bio-crude yield and quality by reductive hydrothermal liquefaction of oak wood biomass: Effect of iron addition, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 139 (2019) 123 – 130.
- [64] S. Brand, F. Hardi, J. Kim, D. J. Suh, Effect of heating rate on biomass liquefaction: Differences between subcritical water and supercritical ethanol, *Energy*, 68 (2014) 420 – 427.
- [65] K.M. Isa, T.A.T. Abdullah, U.F.M. Ali, Hydrogen donor solvents in liquefaction of biomass: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2018) 1259 – 1268.
- [66] X. Wang, X. Xie, J. Sun, W. Liao, Effects of liquefaction parameters of cellulose in supercritical solvents of methanol, ethanol, and acetone on products yield and compositions, *Bioresource Technology*, 275 (2019) 123 – 129.

#### **2.1.2.5. Fišera–Tropša degviela – sintētisko ogļūdeņražu maisījums visiem transporta degvielas veidiem**

##### **Degvielu raksturojums**

Fišera – Tropša sintēze ir katalītiska CO hidrogenēšana, tās rezultātā iegūst produktus, ko iespējams izmantot kvalitatīvas dīzeļdegvielas, benzīna, aviācijas degvielas un lineāro ogļūdeņražu un to atvasinājumu (piem., alkēnu un oksigenētu ogļūdeņražu) sintēzei [1].

Ideju, ka ogļūdeņradi (metānu) varētu katalītiski ražot no CO un H<sub>2</sub>, izmantojot dzelzs vai kobalta katalizatorus, pirmie 1902. gadā aprakstīja Sabatiers un Senderenss [2]. 1920-tajos gados F.Fišers un H.Tropšs procesu attīstīja tālāk, sintēzes gāzi pārvēršot augstākos ogļūdeņražos, kuri derēja benzīna un dīzeļdegvielas ražošanai. Tālāki pētījumi Vācijā noveda pie šī procesa uzlabotas versijas. Pirmā komerciālā rūpnīca savu darbību sāka 1936.gadā, un drīz tika atvērtas vairākas citas rūpnīcas. Šī tehnoloģija nodrošināja degvielu ražošanu Vācijai un Japānai II Pasaules kara laikā un tās realizācijas shēma pēc būtības palikusi nemainīga, neatkarīgi no tā, kādu izejvielu izmanto [2–3].

Pēc II Pasaules kara rūpnieciska ražošana lielos apmēros tika pārtraukta, bet nelielas ražotnes tika uzbūvētas daudzās valstīs. Lielu ražotņu būve un izmantošana atsākās Dienvidāfrikā pēc 1955. gada (Sasola, Secunda). Vēlāk Malaizijā, Nigērijā un Ķīnā uz ogļu vai dabas gāzes izejvielu bāzes tika uzbūvētas jaunas ražotnes.

Vairāk nekā pusgadsimtu Fišera – Tropša ogļūdeņražu sintēze bija potenciāla tehnoloģija netiešai cietu vai gāzveida oglekļa bāzes enerģijas avotu pārvēršanai šķidrās transportējamās degvielās (*Coal-To-Liquid*, CTL un *Gas-To-Liquid*, GTL) [4]. Fišera – Tropša sintēzes procesa realizācija rūpnieciskos apjomos no fosilām izejvielām ļāva secināt, ka šo procesu būs iespējams efektīvi realizēt arī no lignocelulozes biomasas, tajā skaitā no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Pēdējo gadu laikā lielu uzmanību ir izpelnījusies atjaunojamo degvielu (benzīna, dīzeļdegvielas, aviācijas degvielas) ražošana, izmantojot biomasas konversiju Fišera – Tropša šķidrums (*Biomass-To-Liquid*, BTL), kas vistiešāk attiecas uz pētījuma mērķi. Atjaunojamās degvielas, kas iegūtas šajā procesā, ir daudz tīrākas un labai draudzīgākas, tās praktiski nesatur sēru un citus piesārņojošus savienojumus. Diemžēl procesu komercializācija nenotiek tā, kā plānots, un informācija par sekmīgiem komercializētiem projektiem ir visai skopa. Tam ir vairāki iemesli, no kuriem galvenie ir nepietiekami efektīva gazifikācijas un gāzu attīrīšanas procesu piemērošana mainīga sastāva biomasai ar zemu enerģijas saturu, kā arī nepietiekami aktīvu un

vienlaicīgi robustu katalizatoru izstrādes trūkums. Tā kā pētījumi tiek veikti ļoti plašā diapazonā, tad sagaidāms, ka risinājums tiks atrasts tuvāko 5 gadu laikā. Ņemot vērā, ka Fišera – Tropša sintēzes process ir sen izstrādāts un plaši pielietots rūpniecībā uz fosilo izejvielu bāzes, liela uzmanība būtu jāpievērš jaunu katalizatoru izstrādei, lai uzlabotu produktu selektivitāti un samazinātu procesa izmaksas, kā arī nodrošinātu procesa realizāciju no mazāk kvalitatīvas sintēzes gāzes.

2.18. tabulā apkopoti Fišera – Tropša sintēzes procesā iegūstamo degvielu raksturojumi.

**2.18. tabula**

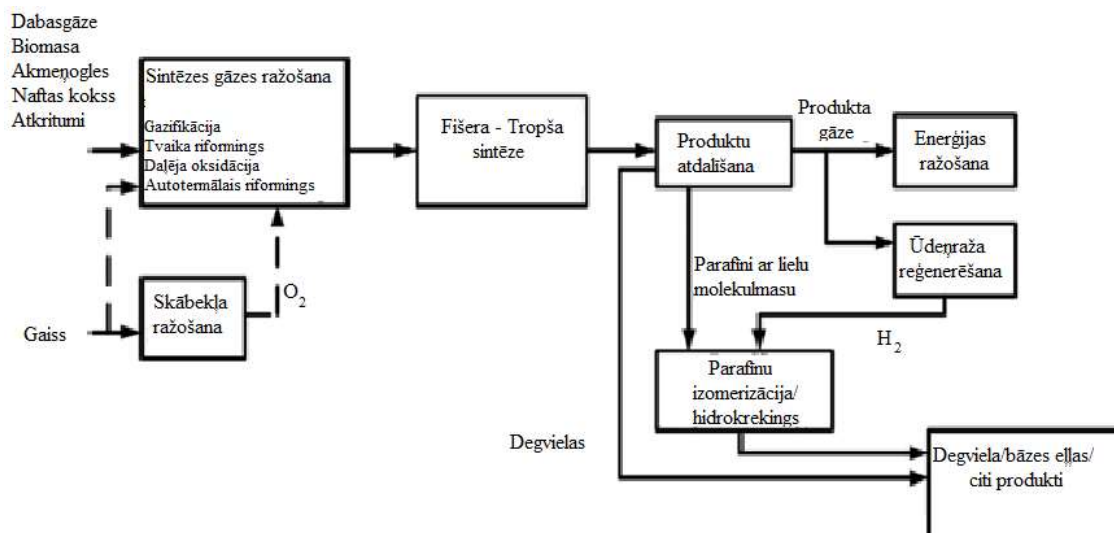
Degvielu raksturojumi (vidējās vērtības)

Agregātstāvoklis normālos apstākļos	Siltumspēja HHV		Spiediens, bar	Blīvums, kg/m <sup>3</sup>	Viskozitāte, mm <sup>2</sup> /s	Oktān skaits	Cetān skaits
	MJ/kg	MJ/L					
LPG	46,1		10–15	–	–	108	–
Benzīns	43,5		–	–	–	95	–
Dīzeļdegviela	42,5		–	<845	<4,5	–	51

### Sintēze un ražošana

Attēlā 2.31. apkopotas Fišera – Tropša sintēzes stadijas. Trīs galvenās procesa stadijas ir gazifikācija, sintēzes gāzes attīrīšana un Fišera – Tropša sintēze [5]. Tirgus produktu ražošanai papildus nepieciešami naftas pārstrādē izmantojamie procesi, bet, tā kā Fišera – Tropša sintēzes produktu sastāvs tiek piemērots konkrētu degvielu ieguvei, pārstrādes procesu īpatsvars nav tik liels, kā jēlnaftas pārstrādei.

Gazifikācija ir sintēzes gāzes ieguves process. Sintēzes gāze ir gāzveida maisījums, kas sastāv no ūdeņraža (H<sub>2</sub>) un oglekļa monoksīda (CO). Tradicionāli sintēzes gāze tiek iegūta no oglēm, dabasgāzes, naftas un naftas atlikumiem, tomēr sintēzes gāze, kas iegūta no biomasas, ir ilgtspējīgāks aizstājējs sintēzes gāzei, kas iegūta no fosilajām izejvielām [6]. Gazifikācija ir oglekli (C) saturošas izejvielas nepilnīgas sadedzināšanas (oksidēšanas) process. Tā ir reakcija ar skābekli nepietiekamā daudzumā un ūdens tvaiku, lai iegūtu sintēzes gāzi ar vajadzīgo CO/H<sub>2</sub> attiecību. Gazifikācijai tiek lietots gaiss, skābeklis vai tvaiks, tā tiek veikta >800 °C temperatūrā. Sintēzes gāzes sastāvu ietekmē vairāki faktori, piemēram, procesā lietotā biomasas, temperatūra un gazifikācijai izmantotais oksidētājs (*gasification agent*) [7]. Gazifikāciju ietekmē daudzi biomasas raksturojumi (mitrums, pelnu, sārmu un gaistošo savienojumu saturs) un biomasas priekšapstrāde (žāvēšana, daļiņu izmērs, frakcionēšana, skalošana) [8]. Visbiežāk lietotās izejvielas bio-sintēzes gāzes ražošanai ir lignocelulozes materiāli, kas iegūti lauksaimniecības vai mežsaimniecības darbību rezultātā [6].



2.31. att. Fišera – Tropša sintēzes process.

Sintēzes gāzes pielietojums ir ļoti plašs, tā izmantojama gan gāzes dzinēju un turbīnu darbināšanai, gan kā izejviela šķidro degvielu ražošanā [8].

Attēlā 2.32. apkopoti dažādi reakciju ceļi sintēzes gāzes pārvēršanai. Bez FT ogļūdeņražu sintēzes, vēl divi ievērojamākie sintēzes gāzes izmantošanas virzieni ir amonjaka sintēze un metanola (un tālāko produktu) ražošana. Fišera – Tropša sintēze ir īpaši izceļama tāpēc, ka tās produkti ir ogļūdeņraži, ko sauc arī par atjaunojamo naftu [9].

Gazifikācijas rezultātā iegūtā gāze satur daudz piemaisījumu, piemēram, darvu, dažādas daļiņas, slāpekļa ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$ ) un sēra savienojumus ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{COS}$ ), metālus. Sintēzes gāzes attīrīšanas sistēmas izvēle ir atkarīga no dažādiem faktoriem – vēlamā emisiju līmeņa, izmaksām, pieejamās platības, temperatūras, gāzes sastāva un biomasas daļiņu izmēra. 2.19. tabulā apkopotas prasības sintēzes gāzei, kas paredzēta Fišera – Tropša (FT) sintēzei.

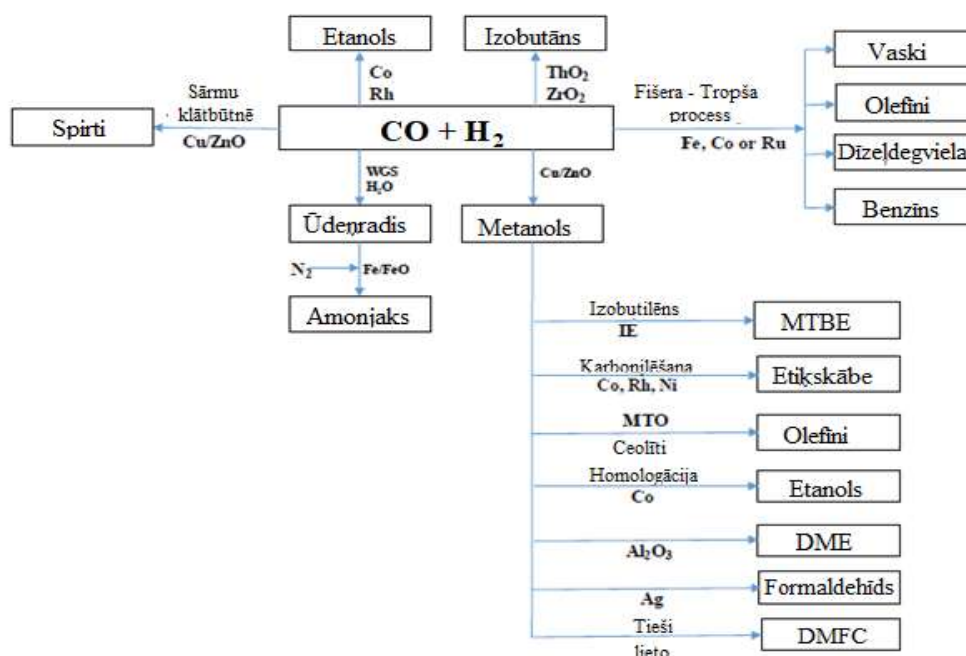
Biomasas gazifikācija un no biomasas iegūtās sintēzes gāzes attīrīšanas stadijas joprojām tiek uzlabotas, meklējot miniaturizācijas iespējas [7].

2.19. tabula

Pieļaujamais piemaisījumu daudzums sintēzes gāzei, kas paredzēta FT sintēzei [6]

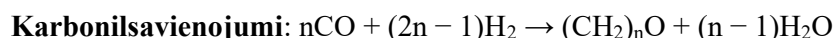
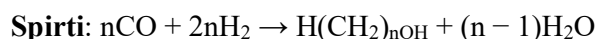
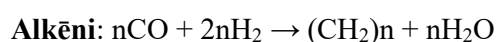
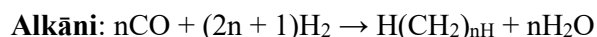
Piemaisījums	Ķīmiskais sastāvs	Pieļaujamais daudzums
Sēra savienojumi	$\text{H}_2\text{S} + \text{COS} + \text{CS}_2$	< 1 ppm
Slāpekļa savienojumi	$\text{NH}_3 + \text{HCN}$	< 1 ppm
Halogēnskābes	$\text{HCl} + \text{HBr} + \text{HF}$	< 10 ppb
Sārnu metāli	$\text{Na} + \text{K}$	< 10 ppb
Neorganiskie savienojumi	Dažādas daļiņas	< 1 masas%
Organiskie savienojumi	Darva	Zem detektēšanas limita
Organiskie hetero-savienojumi	$\text{S} + \text{N} + \text{O}$	< 1 ppm





2.32. att. Sintēzes gāzes konversijas procesi [9].

Fišera – Tropša sintēze ir reakcija, kurā uz katalizatora virsmas no ūdeņraža un oglekļa monoksīda *in situ* veidotie produkti polimerizējas vai polikondensējas. Vispirms sintezējas monomēra vienība (fragments), tad notiek polimerizācija vai polikondensācija, veidojot savienojumus ar C atomu skaitu no 1 līdz 40, vai pat vēl augstāk. Pirmais loceklis metāns nav polimerizācijas produkts un tā veidošanos parasti uzskata par nevēlamu blakus reakciju. Fišera – Tropša sintēzes rezultātā veidojas alkāni (parasti dominē), alkēni, spirti un karbonilsavienojumi [4]:

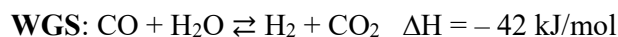
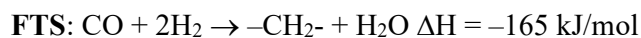


Atkarībā no vēlamā produkta tipa, iespējams veikt zemas temperatūras (200 – 240 °C) vai augstas temperatūras (300 – 350 °C) sintēzi, pielietojot dzelzs vai kobalta katalizatorus. Fišera – Tropša sintēzes temperatūra parasti ir zemāka par 400 °C, lai minimalizētu metāna (CH<sub>4</sub>) veidošanos.

Zema temperatūra veicina lineāro vasku ar lielu molekulmasu veidošanos, turpretī augstā temperatūrā veidojas benzīns un olefini ar mazu molekulmasu. Reakcijas tiek veiktas 10 – 40 bar spiedienā [9].

Visbiežāk Fišera – Tropša sintēzes mērķis ir vidējie destilāti: ogļūdeņraži dīzeļdegvielas C9 – C20 vai aviācijas degvielas C9 – C15 ražošanai. Tomēr šīs degvielas var nebūt tiešās Fišera – Tropša sintēzes produkts, bet var tikt iegūtas hidrokrekinga rezultātā no tiešajā Fišera – Tropša sintēzē iegūtajiem vaskiem.

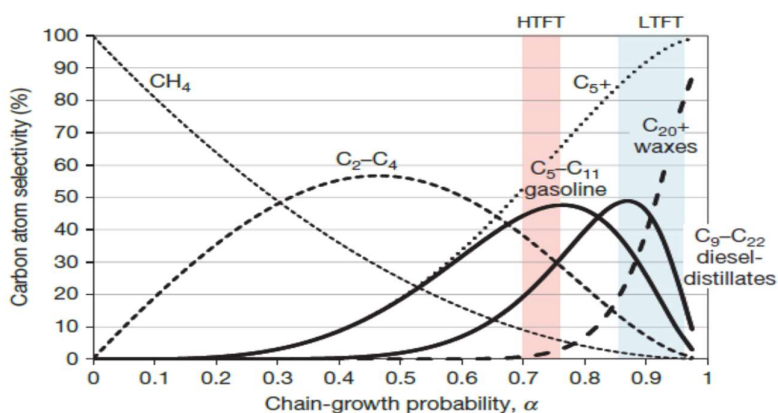
Fišera – Tropša reakcijas (FTS) blakusprodukti ir metāns, ūdens un oglekļa dioksīds. Ūdens un oglekļa dioksīds rodas ūdens reakcijas (Water-Gas-Shift, WGS) rezultātā ar ogli. Vispārinot, produktu un blakusproduktu veidošanas reakcijas ir:



Kā redzams, abas reakcijas ir eksotermiskas un dos ievērojamu siltuma daudzumu. Fišera – Tropša sintēzes entalpijas izmaiņas ir krietni lielākas, salīdzinot ar procesiem, kas parasti tiek pielietoti naftas industrijā. Šī iemesla dēļ Fišera – Tropša sintēzes reaktori tiek veidoti tā, lai maksimāli aizvadītu lieko karstumu. Nepietiekoša siltuma aizvadīšana varētu rezultēties paātrinātā katalizatora deaktivizācijā, samazināt vēlamo produktu selektivitāti vai ierosināt nekontrolējamu ķēdes reakciju [1].

Reakcijas produktu sastāvs ir atkarīgs no tā, cik varbūtīga ir virknes augšana uz katalizatora virsmas un cik varbūtīga ir tās pārtraukšana, hidroģenēšana un iegūto savienojumu desorbcija no katalizatora. Virknes augšanas varbūtību sauc par reakcijas  $\alpha$  raksturojumu, jeb  $\alpha$  vērtību. Jo lielāka ir  $\alpha$  vērtība, jo lielāks būs C atomu skaits iegūtajos produktos [10]. Produktu sadalījums atkarībā no  $\alpha$  vērtības dots attēlā 2.33. Andersona-Šulca-Flori (ASF) diagrammas veidā. Redzams, ka augsto temperatūru Fišera – Tropša (HTFT) process raksturojas ar  $\alpha$  vērtībām 0,7 – 0,75 un ir piemērota benzīnu ražošanai, kamēr zemo temperatūru Fišera – Tropša (LTFT) procesi ar  $\alpha$  0,85 – 0,95 ir vairāk piemēroti dīzeļdegvielas ražošanai. Visos gadījumos rodas nevis kāds atsevišķs produkts, bet dažādu produktu maisījums.

Pielāgojot Fišera – Tropša procesa apstākļus (reakcijas temperatūru,  $\text{H}_2/\text{CO}$  attiecību un katalizatoru sastāvu), iespējams noteiktās robežās izvēlēties  $\alpha$ . Komerciālās Fišera – Tropša rūpnīcas strādā vienā no diviem  $\alpha$  reģioniem (0,82 – 0,85 vai 0,90 – 0,95). Šī  $\alpha$  izvēle ir atkarīga vienīgi no vēlamā rūpnīcas produktu spektra [10].



2.33. att. ASF sadalījums ar  $\alpha$  reģioniem HTFT un LTFT [10].

Gazifikācijas efektivitāte, enerģija, kas nepieciešama sintēzes gāzes priekšapstrādei, konversijas rādītāji un produktu pēcapstrādes efektivitāte kopā nosaka procesa “*Biomass-To-Liquid*” rūpnīcas ekonomisko dzīvotspēju. Saražotās degvielas daudzumu un līdz ar to arī izmaksas galvenokārt ietekmē reaktora dizains un izmantotā katalizatora efektivitāte [10].

Fišera – Tropša reakciju katalizē tādi metāli kā Fe, Co, Ru un Ni. Ru ir rets un dārgs metāls, bet Ni efektīvi katalizē metāna veidošanos. Tādējādi praktisku interesi izraisa tikai katalizatori uz kobalta (Co) un dzelzs (Fe) bāzes. 2.20. tabulā salīdzinātas svarīgākās Co un Fe katalizatoru iezīmes.

## 2.20. tabula

Co un Fe Fišera – Tropša sintēzes katalizatoru salīdzinājums [10]

Parametrs	Co katalizatori	Fe katalizatori
Darbības temperatūra	190 – 240 °C Lieto tikai LTFT reaktoros Augsta temperatūra palielina CH <sub>4</sub> selektivitāti un izraisa katalizatora deaktivāciju	200 – 350 °C Darbojas gan HTFT, gan LTFT reaktoros
Izejvielas gāze	Sintēzes gāze ar H <sub>2</sub> :CO attiecību robežās 2,0 – 2,3 (nelielās WGS aktivitātes dēļ)	Plašs H <sub>2</sub> :CO attiecību diapazons robežās 0,5 – 2,5 (jo ir liela WGS aktivitāte)
Aktivitāte	Aktīvāks CO konversijā, t.i. ar mazāku tilpuma ātrumu*	Aktīvāks par Co pie lielāka tilpuma ātruma*
Produktu spektrs	Galvenie produkti ir n-parafīni, nedaudz veido arī α-olefīnus Augstāka parafīnu/olefīnu attiecība α=0,85 – 0,92	Galvenie produkti ir n-parafīni ar vērā ņemamu α-olefīnu daudzumu Zemāka parafīnu/olefīnu attiecība α=0,65 – 0,92
Promoteri	Cēlmetāli (Ru, Rh, Pt, Pd) Oksīdu promoteri (ZrO <sub>2</sub> , La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CeO <sub>2</sub> )	Sārmzemju metāli (Li, Na, K, Rb, Ca)
Dzīves laiks un izmaksas	Ilgāks dzīves laiks, dārgāki	Īsāks dzīves laiks, lētāki

\*tilpuma ātrums (*space velocity*) – reaģentu ieejošā tilpuma plūsmas ātruma koeficients, dalīts ar reaktora tilpumu

Vispārīgi komerciāli lietotos reaktorus var iedalīt trīs galvenajās kategorijās: “*fixed bed*”, “*fluid bed*” un “*slurry*” Fišera – Tropša reaktori [5]. 2.21. tabulā salīdzināti dažādi Fišera – Tropša sintēzes reaktori. Neatkarīgi no oglekļa avota, sintēzes gāzes ražošana ir dārgs process. Sintēzes gāzes ražošanas izmaksas var pārsniegt pat 50% no visas ražošanas kapitālajām izmaksām, ja izejviela ir pat tik piemērota procesam kā dabas gāze. Ja oglekļa avots ir ogles vai biomasa, tad šīs izmaksas ir vēl lielākas, līdz ar to sintēzes gāzi nepieciešams izmantot maksimāli efektīvi [12].

## 2.21. tabula

Fišera – Tropša sintēzes reaktoru salīdzinājums [5]

Raksturlielums	Nekustīga slāņa ( <i>Fixed bed</i> )	Verdošā slāņa ( <i>Fluid bed</i> )	<i>Slurry</i>
Temperatūras kontrole	Slikta	Laba	Laba
Siltuma apmaiņas virsma	240 m <sup>2</sup> uz 1000 m <sup>3</sup> izejvielu	15 – 30 m <sup>2</sup> uz 2000 m <sup>3</sup> izejvielu	50 m <sup>2</sup> uz 1000 m <sup>3</sup> izejvielu
Maksimālais reaktora diametrs	< 0,08 m	Liels	Liels
CH <sub>4</sub> veidošanās	Zema	Augsta	Tāda pati kā nekustīga slāņa vai zemāka
Produkts	Pilns klāsts	Zemas molekulārās masas	Pilns klāsts
Tilpuma-laika iznākums (C <sub>2</sub> +)	> 1000kg/m <sup>3</sup> dienā	4000 – 12000 kg/m <sup>3</sup> dienā	1000 kg/m <sup>3</sup> dienā

Fišera – Tropša sintēzes selektivitāte un konversija ir atkarīga no izejvielas sastāva, spiediena, temperatūras, katalizatora, reaktora tipa un izmēra. Konversija ir limitēta, tādējādi reakcijas produktu plūsma satur arī neizreaģējušo oglekļa monoksīdu un ūdeņradi. Lai maksimizētu Fišera – Tropša šķidro produktu iznākumu, izplūdes gāzi, kas satur neizreaģējušo  $H_2$ , CO un izveidotos zemākos alkānus, var daļēji atgriezt ciklā atkārtotai izmantošanai reaktorā. Cits sistēmas optimizācijas variants ir degvielas un elektrības ražošanas apvienošana. Šajā variantā sintēzes gāze caur reaktoru plūst vienu reizi un izplūdes gāze netiek atgriezta Fišera – Tropša ciklā, bet tiek novirzīta elektrības ražošanai [11].

BTL rūpnīcās lēta izejviela ir svarīga, jo tādējādi iespējams samazināt produkcijas izmaksas. Šī iemesla dēļ izejvielu transportēšanas distancēm vajadzētu būt ne lielākām par 100 km [11].

Lai otrās paaudzes jeb modernās biodegvielas, tajā skaitā arī Fišera – Tropša degvielas kļūtu konkurētspējīgākas ar fosilajām degvielām, nepieciešamas subsīdijas, jāpieaug fosilās degvielas cenām vai arī nepieciešamas izmaiņas normatīvajos aktos, piemēram, palielinot nodokli par oglekļa dioksīda emisiju [13].

### **Perspektīvākās tehnoloģijas**

Fišera – Tropša sintēzes realizācijai tiek piedāvātas tehnoloģijas, kas balstās uz ogļu pārstrādes procesos iegūtajām zināšanām un ogļu pārstrādei izstrādātajām tehnoloģijām. Tās tiek modificētas atkarībā no izejvielu bāzes un pētnieciskie projekti tiek plaši atbalstīti, mēģinot ietvert arī  $CO_2$  konversiju.

Eiropas Savienības atbalstītie zinātnes projekti saistībā ar gazifikāciju un Fišera – Tropša sintēzi [14]:

- 1) Horizon 2020. From industrial  $CO_2$  streams to added value Fischer–Tropsch chemicals. (Grant agreement ID: 768543) 01.10.2017. – 30.09.2021., EU contribution € 5 948 588,75.
- 2) Horizon 2020. Production of Sustainable aircraft grade Kerosene from water and air powered by Renewable Electricity, through the splitting of  $CO_2$ , syngas formation and Fischer-Tropsch synthesis. (Grant agreement ID: 763909) 01.04.2018. – 31.03.2022., EU contribution € 4 951 958,75.
- 3) Horizon 2020. Chemical Looping gAsification foR sustainABle production of biofuels (CLARA). (Grant agreement ID: 817841) 01.11.2018. – 31.10.2022., EU contribution € 4 993 805.
- 4) Horizon 2020. Compact Gasification and Synthesis process for Transport Fuels. (Grant agreement ID: 727476) 01.05.2017. – 30.04.2021., EU contribution € 5 096 660.
- 5) Horizon 2020. The effect of water on the Fischer–Tropsche reaction mechanism and kinetics over bimetallic Co-based catalysts: Theoretical and experimental studies. (Grant agreement ID: 703060) 19.04.2017. – 18.04.2020., EU contribution € 253 954,80.
- 6) Horizon 2020. Fom residula steel gasses to methanol. (Grant agreement ID: 727504) 01.11.2016. – 31.10.2020., EU contribution € 11 406 725.
- 7) Horizon 2020. Biomass gasification with negative carbon emission through innovative  $CO_2$  capture and utilisation and integration with energy storage. (Grant agreement ID: 823745) 01.01.2019. – 31.12.2022., EU contribution € 846 400.
- 8) Horizon 2020. FLExible Dimethyl ether production from biomass Gasification with sorption-enhancED processes (FLEDGED). (Grant agreement ID: 727600) 01.11.2016 – 31.10.2020., EU contribution € 5 306 455.

### **Pilotprojekti un komerciālās ražotnes:**

Lai gan CTL un GTL liela izmēra procesi ir komercializēti jau vairākas desmitgades, BTL procesiem, kas vistiešāk saskan ar pētījuma mērķi, līdz šim brīdim uzbūvētas tikai dažas pilotrūpnīcas vai demonstrācijas izmēra ražotnes [13]. Pieaugošā aviācijas industrijas interese par labai draudzīgu aviodegvielu ražošanu un lietošanu ir rezultējies liela mēroga BTL projektu izstrādē. *British Airways*, *Cathay Pacific Airways* un *Southwest Airlines* izstrādājušas projektus bio-aviodegvielas ražošanai no atšķirīgas izcelsmes atkritumiem/atlikumvielām, izmantojot gazifikāciju un Fišera – Tropša sintēzi. *The GreenSky project*, *Fulkrum Bioenergy* un *Red Rock biofuels* tika konstruētas, būvētas, lai ražotu aviodegvielas no biomasas resursiem [10].

### **Komerčiālās ražotnes**

- 1) *BioTfuel* ar divām pilotrūpnīcām 2010. gadā darbību uzsāka, sadarbojoties pieciem *French partners* un *Uhde*. Venetē ir biomasas priekšapstrādes rūpnīca ar torefikācijas vienību, savukārt Dinkirkā ir pastiprinātas plūsmas gazifikācijas un Fišera – Tropša sintēzes rūpnīca. Visa procesa tehnoloģiski ekonomisko iespējamību (dzīvotspēju) plānots apstiprināt līdz 2020. gadam, kad paredzēts demonstrēt tehnoloģiju un pāriet uz rūpnieciska mēroga ražošanu [13].
- 2) *Velocys* ir angļu ilgtspējīgas degvielas tehnoloģiju kompānija, kas veidojusies, *Oxfords Catalysts* nopērkot *Velocys* 2009. gadā. No 2010. līdz 2011. gadam Gūsingā (Austrija) pirmajā pilotrūpnīcā demonstrēja Fišera – Tropša tehnoloģiju, turpmākajos gados notika vēl trīs pilotrūpnīcu un lielāka izmēra rūpnīcu demonstrējumi. *Velocys* komercializējusi BTL procesu, ražojot 2000 – 1500 barelus šķidrās degvielas dienā, izmantojot Fišera – Tropša sintēzes mikrokanālu reaktorus un patentētos kobalta katalizatorus. *Velocys* nodarbojas ar tehnoloģijas licencēšanu, reaktoru un katalizatoru piegādi, tehnisko servisu un projektu pakalpojumiem [10], [16].
- 3) *Fulkrum Bio-energy* Nevadā, ASV cietos sadzīves atkritumus (MSW) konvertē zema oglekļa satura atjaunojamajās degvielās, tajā skaitā aviodegvielā un dīzeļdegvielā. Rūpnīcā apvienota gazifikācijas tehnoloģija ar Fišera – Tropša procesu. Rūpnīca darbojas kopš 2016. gada [17].
- 4) *Wuhan Kaidi (Sunshine Kaidi)* Vuhanā, Ķīnā kopš 2012. gada darbojas pilotrūpnīca, kas no koksnes ražo Fišera – Tropša degvielu. *Wuhan Kaidi* patentējusi katalizatoru sintēzes metodes, gazifikācijas sistēmas, gazifikatorus un gazifikācijas metodes, metodes un ierīces Fišera – Tropša sintēzei un produktu hidroapstrādei [18].

### **Pilotrūpnīcas, kuras plāno celt:**

- 1) *Kaidi Finland*, kas pieder *Sunshine Kaidi*, plāno Kemi, Somijā būvēt biodīzeļdegvielas rūpnīcu. Tehnoloģija balstīta uz biomasas gazifikāciju, sintēzes gāzes attīrīšanu un Fišera – Tropša procesu. Paredzēts, ka rūpnīca saražos 200 000 tonnas biodegvielas (75% biodīzelis, 25% biobenzīns). Projekta sagatavošanas un plānošanas process sāksies 2014. gadā. Galvenā izejviela būs koksne, taču plānots izmantot arī kokzāģētavu un mežu industrijas blakusproduktus [19].
- 2) *Red Rock Biofuels* Oregonā, ASV tiek celta rūpnīca (*Lakeview* projekts) koksnes atlikumu biomasas konvertēšanai bio-avio degvielā un dīzeļdegvielā. Rūpnīcā plānota koksnes biomasas gazifikācija, Fišera – Tropša sintēze un ogļūdeņražu hidroapstrāde. *Red Rock Biofuels* iegādājusies 4 reaktorus un katalizatorus to uzpildīšanai no *Velocys*. Plānots pārstrādāt 136 000 tonnas koksnes biomasas, iegūstot 15,1 miljonu galonus atjaunojamo degvielu gadā [20], [21].
- 3) Sadarbojoties *TOYO*, *Chubu Electric Power Co., Inc. (CEPCO)*, un *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)* Nagojā, Japānā tiek būvēta demonstrācijas rūpnīca bio-aviācijas degvielas ražošanai no koksnes biomasas. Plānots, ka rūpnīca pārstrādās 0,7 tonnas koksnes

biomasas dienā, saražojot 20 litrus bio-avio degvielas dienā. Fišera – Tropša sintēzes reaktorus un katalizatorus rūpnīcai piegādā *Velocys* [22].

#### **Pilotprojektu rūpnīcas, kuras ir slēgtas:**

- 1) *CHOREN* rūpnīca ar jaudu 1 MW darbojās Vācijā no 1998. līdz 2011. gadam [13]. *CHOREN* rūpnīca, kas bija pasaulē vienīgā liela izmēra BTL rūpnīca, izmantoja augstas temperatūras Carbo V gazifikatoru, lai ražotu sintēzes gāzi ar sastāvu (tilpuma %)  $H_2 = 64,5$ ,  $CO = 31,9$ ,  $CO_2 = 2,5$ ,  $N_2 = 0,8$ ,  $CH_4 = 0,1$  un  $H_2O = 0,2$ . Rūpnīca pārstrādā 3000 tonnas sausas koksnes biomasas dienā, lai ražotu 5000 barelus Fišera – Tropša eļļas dienā [10]. Kā pilotrūpnīca tā darbojās no 1998. līdz 2004. gadam. 2003. gadā rūpnīcai veica mērogošanu, kapacitāti palielinot 45 reizes. 2009. gadā *CHOREN* nodeva eksuatācijā gazifikācijas sekciju, bet 2011. gadā pieteica maksātnespēju, kas bija veidojusies šīs sintēzes gāzes demonstrācijas rūpnīcas finansiālo grūtību dēļ [17].
- 2) *NSE Biofuels Oy* no 2009. līdz 2011. gadam Somijā darbojās BTL ar 12MW jaudu (656 tonnas degvielas gadā). Rūpnīcā izmantoja *circulating fluidised bed* gazifikatoru [13].
- 3) *GreenSky project* Eseksā, Lielbritānijā darbojās no 2015. gada līdz 2016. gadam, kad *British Airways* paziņoja par projekta atcelšanu daļēji valdības atbalsta trūkuma dēļ [18].
- 4) *Velocys / Red Rock Biofuels* zaļo degvielu ražošanas un citi lieli projekti aviācijas un citu degvielu ražošanai no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas ASV (skatīties sadaļu 2.2.).

#### **Secinājumi**

- 1) Fišera –Tropša tehnoloģija ir vienīgā, kura var realizēt tiešu ogļūdeņražu sintēzi no jebkuras oglekli saturošas izejvielas, tajā skaitā no lignocelulozes mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas formā.
- 2) Fišera –Tropša tehnoloģijas izmantošana biomasas konversijai ir sastapusi ar ļoti daudzām neveiksmēm, kas saistītas galvenokārt ar gazifikācijas un gāzu sagatavošanas procesu reakcijai, kā arī ar nepieciešamību veikt katalizatoru pilnveidošanu. Liela uzmanība tiek pievērsta arī atsevišķu iekārtu konstrukciju izmaiņām un vairāku izejvielu izmantošanai, piemēram, biomasas + dabasgāze.
- 3) Fišera –Tropša tehnoloģija ir vienīgā biomasas pārstrādes tehnoloģija, kas var nodrošināt atjaunojamo aviācijas degvielu ražošanu, pēc kuras prognozē ievērojami straujāku pieprasījuma pieaugumu nekā pēc automobiļu degvielas. Tieši aviācijas pieprasījums pēc šādas degvielas varētu veicināt attīstību FT produktu ražošanu no mežsaimniecības biomasas līdz komercializējamam līmenim.
- 4) Pētījumi FT ogļūdeņražu ražošanas tehnoloģiju pilnveidošanai ir ļoti plaši un aptver visas pakāpes no laboratorijas pētījumiem līdz komercializējamām ražotnēm, tomēr nozīmīga procesu komercializācija ražošanai no biomasas nav notikusi, jo ražošanas tehnoloģijas izmaksas ir augstas un naftas cenas - zemas.
- 5) Atjaunojamās degvielas, kas iegūtas Fišera –Tropša procesā, ir tīrākas un dabai draudzīgākas, tomēr līdz šim izstrādātie procesi ar naftas pārstrādi konkurēt nespēj.
- 6) Lai modernās biodegvielas kļūtu konkurētspējīgākas ar fosilajām degvielām, jāturpina ieguldīt līdzekļus robustu katalizatoru un efektīvu sintēzes gāzu attīrīšanas izstrādē.

## Rekomendācijas

Latvijas zinātnieku rīcībā ir eksperimentālā bāze, lai veiktu jaunu katalizatoru izstrādi, patentētu tos un piedāvātu tehnoloģiju izstrādātājiem. Šīs iespējas vajadzētu izmantot.

## Atsauces

- [1] S. Saeidi, M. K. Nikoo, A. Mirvakili, S. Bahrani, N. A. S. Amin, and R. M. Rahimpour, "Recent advances in reactors for low-temperature Fischer-Tropsch synthesis : process intensification perspective," *Rev. Chem. Eng.*, vol. 31, no. 3, pp. 209 – 238, 2015.
- [2] E. Makhura, J. Rakereng, O. Rapoo, and G. Danha, "Effect of the operation parameters on the Fischer Tropsch synthesis process using different reactors," *Procedia Manuf.*, vol. 35, pp. 349 – 355, 2019.
- [3] J. Van de Loosdrecht *et al.*, *Fischer-Tropsch Synthesis: Catalysts and Chemistry*, vol. 7. Elsevier Ltd., 2013.
- [4] H. Mahmoudi, M. Mahmoudi, O. Doustdar, and H. Jahangiri, "A review of Fischer Tropsch synthesis process, mechanism, surface chemistry and catalyst formulation," pp. 11 – 31, 2017.
- [5] J. Hu, F. Yu, and Y. Lu, "Application of Fischer–Tropsch Synthesis in Biomass to Liquid Conversion," pp. 303 – 326, 2012.
- [6] R. Gonc and A. C. Alencar, "Biomass-derived syngas production via gasification process and its catalytic conversion into fuels by Fischer Tropsch synthesis : A review," *Hydrog. Energy*, no. xxxx, 2019.
- [7] A. L. Galindo, E. S. Lora, R. V. Andrade, S. Y. Giraldo, R. L. Jaén, and V. M. Cobas, "Biomass gasification in a downdraft gasifier with a two-stage air supply: Effect of operating conditions on gas quality," *Biomass and Bioenergy*, vol. 61, pp. 236 – 244, 2014.
- [8] M. Peter, "Energy production from biomass (part 3): gasification technologies," *Bioresour. Technol.*, vol. 83, no. 1, pp. 55 – 63, 2002.
- [9] P. L. Spath and D. C. Dayton, "Preliminary Screening -- Technical and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-Derived Syngas," *Natl. Renew. Energy Lab.*, no. December, pp. 1 – 160, 2003.
- [10] S. S. Ail and S. Dasappa, "Biomass to liquid transportation fuel via Fischer Tropsch synthesis - Technology review and current scenario," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 58, pp. 267 – 286, 2016.
- [11] S. Leviness, S. R. Deshmukh, L. A. Richard, and H. J. Robota, "Velocys Fischer – Tropsch Synthesis Technology — New Advances on State-of-the-Art," pp. 518 – 525, 2014.
- [12] C. N. Hamelinck, A. P. C. Faaij, H. den Uil, and H. Boerrigter, "Production of FT transportation fuels from biomass; technical options, process analysis and optimisation, and development potential," *Energy*, vol. 29, no. 11, pp. 1743 – 1771, 2004.
- [13] I. Dimitriou, H. Goldingay, and A. V Bridgwater, "Techno-economic and uncertainty analysis of Biomass to Liquid ( BTL) systems for transport fuel production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 88, no. December 2017, pp. 160 – 175, 2018.
- [14] "[https://cordis.europa.eu/search/en?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20language%3D%27en%27%20AND%20\(%27fischer%27%20AND%20%27tropsch%27\)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing](https://cordis.europa.eu/search/en?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20language%3D%27en%27%20AND%20(%27fischer%27%20AND%20%27tropsch%27)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing)."
- [15] "[https://worldwide.espacenet.com/searchResults?AB=biomass&AP=&CPC=&DB=EPODOC&IC=&IN=&PA=&PD=&PN=&PR=&ST=advanced&Submit=Search&TI=fischer&bcId=1&locale=en\\_EP&page=0&return=true](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?AB=biomass&AP=&CPC=&DB=EPODOC&IC=&IN=&PA=&PD=&PN=&PR=&ST=advanced&Submit=Search&TI=fischer&bcId=1&locale=en_EP&page=0&return=true)."
- [16] <https://www.velocys.com/technology/>."
- [17] "<https://fulcrum-bioenergy.com/technology/our-process/>."
- [18] "<https://patents.justia.com/assignee/wuhan-kaidi-engineering-technology-research-institute-co-ltd>."
- [19] "<http://www.kaidi.fi/english#kaidi-finland>."
- [20] "<https://www.redrockbio.com/technology.html>."
- [21] "<https://www.velocys.com/2019/02/12/amended-agreement-with-red-rock-biofuels/>."
- [22] "<https://www.toyo-eng.com/jp/en/company/news/?n=483>."

- [23] "[http://www.faithasset.com/en/Products/Lamps\\_and\\_lanterns/20180607/128.html](http://www.faithasset.com/en/Products/Lamps_and_lanterns/20180607/128.html)".
- [24] "<http://www.etipbioenergy.eu/value-chains/products-end-use/products/ft-liquids>".
- [25] R. Gonc and A. C. Alencar, "Biomass-derived syngas production via gasification process and its catalytic conversion into fuels by Fischer Tropsch synthesis : A review," *Hydrog. Energy*, no. xxxx, 2019.
- [26] A. L. Galindo, E. S. Lora, R. V. Andrade, S. Y. Giraldo, R. L. Jaén, and V. M. Cobas, "Biomass gasification in a downdraft gasifier with a two-stage air supply: Effect of operating conditions on gas quality," *Biomass and Bioenergy*, vol. 61, pp. 236 – 244, 2014.
- [27] M. Peter, "Energy production from biomass (part 3): gasification technologies," *Bioresour. Technol.*, vol. 83, no. 1, pp. 55 –63, 2002.
- [28] P. L. Spath and D. C. Dayton, "Preliminary Screening -- Technical and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-Derived Syngas," *Natl. Renew. Energy Lab.*, no. December, pp. 1 – 160, 2003.
- [29] S. S. Ail and S. Dasappa, "Biomass to liquid transportation fuel via Fischer Tropsch synthesis - Technology review and current scenario," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 58, pp. 267–286, 2016.
- [30] C. N. Hamelinck, A. P. C. Faaij, H. den Uil, and H. Boerrigter, "Production of FT transportation fuels from biomass; technical options, process analysis and optimisation, and development potential," *Energy*, vol. 29, no. 11, pp. 1743 – 1771, 2004.
- [31] S. Leviness, S. R. Deshmukh, L. A. Richard, and H. J. Robota, "Velocys Fischer – Tropsch Synthesis Technology — New Advances on State-of-the-Art," pp. 518–525, 2014.
- [32] I. Dimitriou, H. Goldingay, and A. V Bridgwater, "Techno-economic and uncertainty analysis of Biomass to Liquid ( BTL) systems for transport fuel production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 88, no. December 2017, pp. 160 – 175, 2018.
- [33] "[https://cordis.europa.eu/search/en?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20language%3D%27en%27%20AND%20\(%27fischer%27%20AND%20%27tropsch%27\)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing](https://cordis.europa.eu/search/en?q=contenttype%3D%27project%27%20AND%20language%3D%27en%27%20AND%20(%27fischer%27%20AND%20%27tropsch%27)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing)".
- [34] "[https://worldwide.espacenet.com/searchResults?AB=biomass&AP=&CPC=&DB=EPODOC&IC=&IN=&PA=&PD=&PN=&PR=&ST=advanced&Submit=Search&TI=fischer&bcId=1&locale=en\\_EP&page=0&return=true](https://worldwide.espacenet.com/searchResults?AB=biomass&AP=&CPC=&DB=EPODOC&IC=&IN=&PA=&PD=&PN=&PR=&ST=advanced&Submit=Search&TI=fischer&bcId=1&locale=en_EP&page=0&return=true)".
- [35] "<https://fulcrum-bioenergy.com/technology/our-process/>".
- [36] "[http://www.faithasset.com/en/Products/Lamps\\_and\\_lanterns/20180607/128.html](http://www.faithasset.com/en/Products/Lamps_and_lanterns/20180607/128.html)".
- [37] "<http://www.etipbioenergy.eu/value-chains/products-end-use/products/ft-liquids>".

### 2.1.3. Bioķīmiskās tehnoloģijas

Neskatoties uz to, ka pieejamas tehnoloģijas tīras enerģijas ražošanai no vēja, saules un ūdens, biomasas resursu izmantošana tiek uzskatīta par īpaši perspektīvu, jo tā nodrošina iespēju ražot šķidrās degvielas transportam. ASV mērķis ir līdz 2022. gadam 20% no fosilās degvielas aizvietot ar biodegvielu [1], ES – līdz 2030. gadam 14% no transportā izmantojamās degvielas aizstāt ar biodegvielu un atjaunojamo enerģiju [2]. Mērķa sasniegšanai īpaši nozīmīgas ir degvielas, kuras kuras iegūstamas tikai bioloģiskos procesos un to ražošanas izejvielas ir koksne (skujkoki, mazvērtīgā koksne, kokapstrādes atkritumi) un citi lignocelulozi saturoši atkritumi (krūmi, koku, lapas, zālāji, nezāles), kas specifiski pētījuma pasūtītāja darbībai, un kuru pamatsastāvā ir celuloze, hemiceluloze un lignīns (2.22. tabula).



Biomasas veidu ķīmiskais sastāvs [3]

Biomasas veids	Šķiedras tips	Ķīmiskais sastāvs		
		Celuloze, %	Hemiceluloze, %	Lignīns, %
Izspaidas	Cukurniedru izspaidas (rauši)	42–48	19–25	20–42
	Saldaiss sorgo	34–45	18–27	14–21
Salmi	Rīsu	28–36	23–28	12–14
	Kviešu	33–38	26–32	17–19
	Miežu	31–45	27–38	14–19
Sēklas	Kokvilna	80–90	5–20	0
Mežs	<b>Zāle</b>	<b>25–40</b>	<b>25–50</b>	<b>10–30</b>
	<b>Skujkoki</b>	<b>40–44</b>	<b>23–28</b>	<b>25–31</b>
	<b>Lapkoki</b>	<b>45–50</b>	<b>25–35</b>	<b>18–24</b>
Lauksaimniecības atkritumi	Riekstu čaumalas	25–30	25–30	30–40
	Banānu pārstrāde	13.2	14.8	14
Sadzīves atkritumi		33–49	9–16	10–14

Bioloģiskie procesi raksturojas ar augstu selektivitāti un to rezultātā iegūtā degviela ir nevis vielu maisījums, bet produkts ar individuālas ķīmiskas vielas augstu koncentrāciju.

### Bioķīmisko tehnoloģiju ražošanas princips

Neskatoties uz koksnes augsto celulozes sastāvu, kā būtiskākais ierobežojums šī un arī citu resursu izmantošanā vēl joprojām ir dārgā un sarežģītā biomasas pārstrāde vienkāršos cukuros (monosaharīdos, galvenokārt, glikozē), kuri tālāk fermentējami vēlamajā produktā, piemēram, bioetanolā, biobutanolā, bioūdeņradī (gāzveida biodegviela). Visu biomasas tehnoloģiju pamatā ir trīs pamata posmi (attēls 2.34.), kur konkrētā posma specifiku nosaka ne tikai izejviela, bet arī vides un reģiona specifika.



2.34.att. Biomasas pārstrādes tehnoloģiju principiālā shēma.

Priekšapstrāde nepieciešama izejvielu izmēra, struktūras un ķīmiskā sastāva izmainīšanai, lai to tālāk padarītu izmantojamu galvenajam monosaharīdu ieguves posmam – hidrolīzei. Biežāk pielietotās priekšapstrādes metodes ir fizikālā (mehāniska izmēra samazināšana), ķīmiskā (ar skābi vai sārmu), fizikāli-ķīmiskās, termiskās un bioloģiskās (izmantojot mikroorganismus) [3]. Priekšapstrādes izmaksas kopumā var sastādīt 30–35% no kopējām ražošanas izmaksām, kā tas noteikts bioetanolā ražošanas gadījumā [4].

Hidrolīzē visbiežāk izmantotās pieejas ir ķīmiskā (ar skābi vai sārmu) un bioloģiskā (ar enzīmiem), kur pēdējā tiek raksturota kā videi daudz draudzīgāka metode. Tai pat laikā jāpiezīmē, ka bioloģiskā hidrolīze būs lēnāka un šobrīd izmaksu ziņā dārgāka, jo atkarīga no enzīmu iegādes izmaksām. Jaunu tehnoloģiju attīstība šobrīd virzīta uz enzīmu ražošanu pašās biomasas pārstrādes vietās, lai samazinātu

kopējās ražošanas izmaksas [5]. Fermentācijas process tālāk tiek izvēlēts atkarībā no ražojamā gala produkta. Bieži, mainoties tirgus vajadzībām, novērota tendence mainīt tieši fermentācijas posmu un ražot cita veida produktus. Šobrīd identificēti vairāki biodegvielu veidi, kas iegūstami šādas ražošanas tehnoloģijas rezultātā: šķidrās (bioetanol, biobutanol) un gāzveida (bioūdeņradis, biogāze).

### 2.1.3.1. Bioetanol

#### Degvielas raksturojums

No visiem potenciālajiem transporta biodegvielu veidiem, vislielākajos apjomos šobrīd pasaulē tiek ražots bioetanol. Jau šobrīd Eiropas Savienībā etanols tiek piejaukts benzīnam 5 – 10 % robežās. Atšķirībā no pārtikas etanola, bioetanol netiek pilnībā attīrīts no iespējamiem piejaukumiem – metanola, esteriem, aldehīdiem. Latvijas normatīvie akti nosaka obligāto 4,5 – 5 % piejaukumu 95. markas benzīnam [6]. Pielāgotos automobiļos iespējams izmantot pat 85%/15% benzīna maisījumu. Aprēķināts, ka 10% etanola piejaukums samazina benzīna patēriņu par 6 – 6.6 %, SEG par aptuveni 2 % un CO emisijas par 30 – 50% [3]. Galvenās etanola kā biodegvielas priekšrocības ir augstais oktānskaitlis, kur etanola sajaukšanas RON ir aptuveni 109 (benzīnam – 90 – 100), bet sajaukšanas MON 90 (85 – 87). Jūtība (RON-MON) parasti ir 8 – 10 vienības benzīnam, bet 14 vienības – etanolam, kas nodrošina paaugstinātu paaugstinātu siltumefektivitāti [7]. Kā lielākie trūkumi jāmin tā zemākā enerģētiskā vērtība, piemēram, lai nobrauktu vienu un to pašu attālumu būs nepieciešams 1,5 reizes vairāk etanols nekā benzīns. Tāpat tas ir korozīvs un absorbē gaisā esošo ūdeni, tādējādi nav transportējams pa cauruļvadiem. Šobrīd tiek uzskatīts, ka etanola kā atsevišķas degvielas izmantošana transportā nav izdevīga, taču tā sajaukums ar benzīnu nodrošina ne tikai zināmas priekšrocības lietotājam, bet arī samazinātas kaitīgo vielu emisijas.

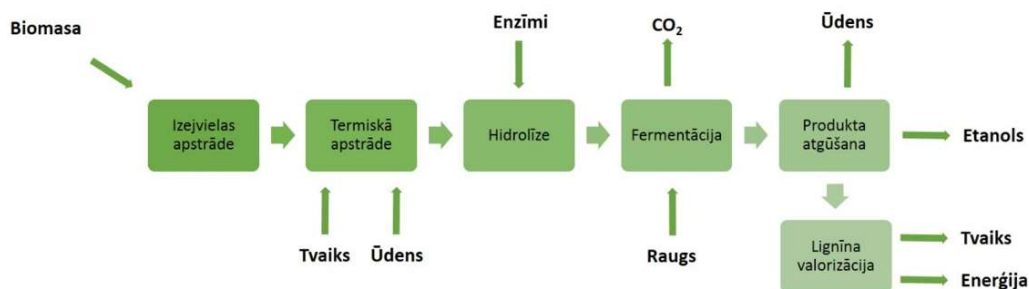
#### Sintēze un ražošana

Bioloģiskajā ražošanas procesā, t.sk., izmantojot lignocelulozes izejvielas, vispirms veicama biomasas apstrāde (2.34. attēls), tālāk etanols tradicionāli tiek iegūts rauga (*Sacharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis*) vai ģenētiski modificētu baktēriju fermentācijas rezultātā. Šobrīd kopējie pirmās un otrās paaudzes etanola ražošanas apjomi gadā sasniedz 8 miljonus kubikmetru, no kuriem lignocelulozes etanola daudzums nepārsniedz 0,01 % [8].

#### Perspektīvākās tehnoloģijas

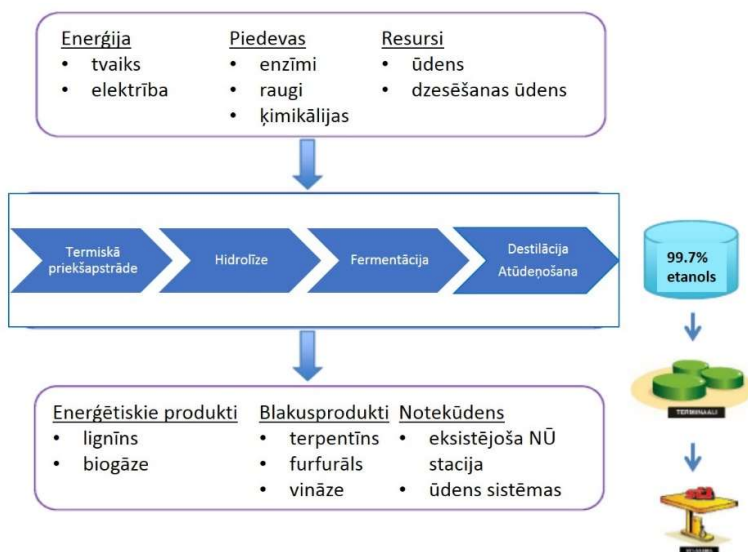
Šobrīd pasaulē pieejamas vairākas TRL 9 līmeņa (komerciālas) ražotnes bioetanola ražošanai no koksnes u.c. biomasas, kuras visbiežāk piesaistītas pamata ražotnei, kur kā izejvielas tiek lietotas lauksaimniecības kultūras. Izpētes laikā identificētas vairākas tehnoloģijas, kuru pamatā galvenā atšķirība ir izvēlēta priekšapstrādes metožu kombinācija un hidrolītisko enzīmu veids:

- 1) PROESA® tehnoloģija bioetanola ražošanai, sākumā izveidota kā BetaRenewables un Novozymes kopuzņēmums, kur izmantota termo-fizikālā biomasas priekšapstrāde un specifiski izstrādāti enzīmi (attēls 2.35.). Pirmā pilna apjoma rūpnīca – Crescentino, Itālijā (atvērta 2013.gadā, TRL 7). Izejvielas – lauksaimniecības atkritumi, mežsaimniecības resursi. Darbojās pēc biorafinēšanas principa, ražojot bioetanolu, elektrību no lignīna frakcijas, biogāzi [9]. Pēdējā pieejamā informācija norāda, ka 2018. gadā rūpnīcu iegādājas Versalis S.p.a. (ENI S.p.a. grupas uzņēmums) un 2020. gada pirmajā pusē plānots atsākt ražošanu [10], kur etanola ražošana tiks apvienota ar citu fermentācijas procesā saražojamu vielu ieguvī, piemēram, biodegradējamie polimēri.



2.35.att. Proesa™ tehnoloģiskā procesa shēma [11].

- 2) E-Technology Ab bioetanola ražošanai, ko izmanto un piedāvā SEKAB (Zviedrija). Pēc pieejamās informācijas tehnoloģijas pamatā ir termālā/skābes priekšapstrāde, neutralizācija, tad enzimatiskā hidrolīze (specifisks hidrolītiskais enzīms – CelluAPP), cukuru fermentācija un etanola destilācija [12]. Tehnoloģiju paredz izmantot arī BioEnergo Oy (Somijā) [13].
- 3) Cellunolix Tehnoloģija bioetanola ražošanai (St1 (Zviedrija)) [14]. Plāno atklāt vairākas ražotnes. Etanola ražošana integrēta Gēteborgas un Kajaani rūpnīcās. Tehnoloģijas pamatā termālā/fizikālā priekšapstrāde, enzimatiskā hidrolīze, fermentācija un etanola destilācija (attēls 2.36.). Ražo arī citus blakusproduktus (biogāze, lignīns, terpentīns, furfurāls, vināze).



2.36. att. Cellunolix tehnoloģija [14].

### Secinājumi

- 1) Komerciāli pieejamas strādājošas etanola ražotnes no lignocelulozes biomasas, t.sk., mežsaimniecības biomasas. Tehnoloģiskais process ir zināms.
- 2) Etanols šobrīd izmantojams līdz 5% piejaukumā degvielai, taču, mainot dzinēja tipu, iespējams šo īpatsvaru palielināt.
- 3) Paralēli pamatprodukta ražošanai ir iespējams ražot plaša spektra blakusproduktus (biorafinēšanas princips). Šobrīd tendence ir arī pašas degvielas – bioetanola ražošanu organizēt no lignocelulozes kā papildus produkta ražošanu celulozei.

## Rekomendācijas

Etanola bioķīmiskā ražošana no koksnes biomasas var tikt uzskatāma par potenciālu tehnoloģiju un tā perspektīvi attīstāma Latvijā.

### 2.1.3.2. Biobutanols

#### Degvielas raksturojums

Biobutanols tiek uzskatīts par labāku alternatīvu bioetanolam, jo tam ir augstāks enerģētiskais blīvums (29.2 MJ/L, etanolam 19.6 MJ/L), kas ļauj nobraukt lielāku attālumu ar vienu un to pašu degvielas daudzumu. Tāpat tam ir zemāks tvaika spiediens, tas ir vieglāk bionoārdāms, mazāk korozīvs un nav sprādzienbīstams. Vienlaikus jāpiezīmē, ka oktāna skaitlis ir zemāks nekā etanolam (RON – 92, MON – 71), kas to padara līdzīgāku benzīnam [5]. Bez dzinēja pielāgošanas tas degvielā var sastādīt līdz pat 16% (2018. gadā ASV EPA apstiprinājusi butanola izmantošanu kā piedevu degvielai līdz 16% [15])

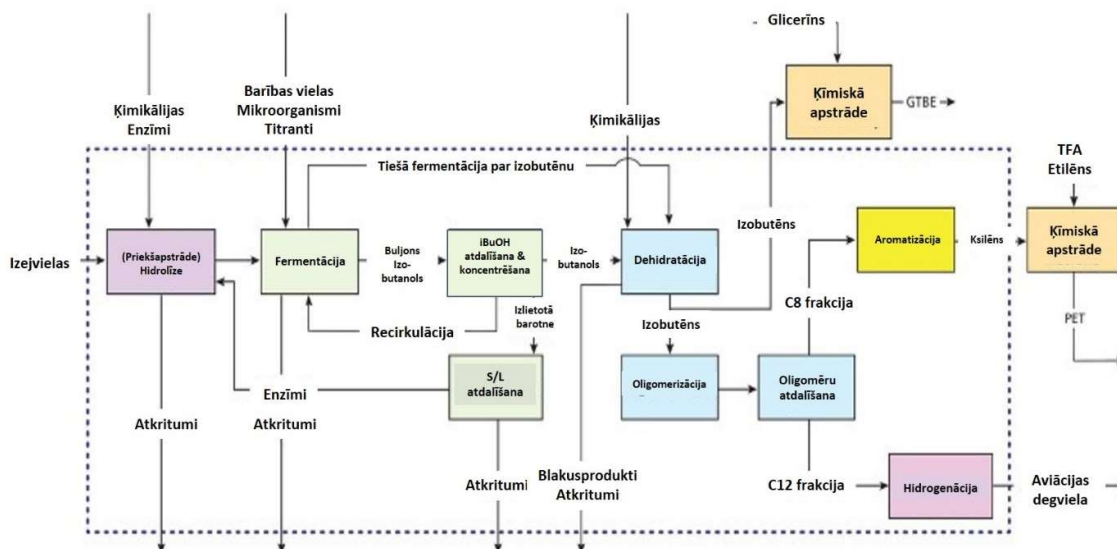
#### Sintēze un ražošana

Komerčiāli pieejamās biobutanola ražošanas tehnoloģijas šobrīd kā izejvielas izmanto lauksaimniecības kultūraugus, taču iespējams izmantot biomasu, kurai pirms tam veikta priekšapstrāde un hidrolīze (2.34. att). Bioloģiskajā ražošanas procesā pēc fermentējamo cukuru saražošanas biobutanols klasiski iegūstams Acetona-Butanola-Etanola (ABE) fermentācijas rezultātā, ko veic *Clostridium* ģints baktērijas. Mūsdienās fermentācijas procesa uzlabošanai (augstāka iznākuma nodrošināšanai, zemākai produkta inhibīcijai un atvieglotam fermentācijas procesam) tiek izmantoti ģenētiski modificēti organismi, piemēram, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*. Tāpat jāpiezīmē, ka šie organismi spējīgi pārstrādāt arī hemicelulozes šķelšanas rezultātā saražotos 5-C monosaharīdus (ksiloze), kas nav pārstrādājami tradicionālajā rauga fermentācijā.

Galvenie iemesli, kāpēc biobutanols nav aizvietojis benzīnu un/vai etanolu: šobrīd ražošana (bez ģenētiskām mikroorganismu modifikācijām) ir enerģētiski/ekonomiski neizdevīga pat izmantojot pirmās paaudzes izejvielas; ražošanas tehnoloģijas pagaidām ir pārāk sarežģītas liela apjoma ražošanai.

#### Perspektīvākās tehnoloģijas

Kopš 2010. gada zināms viens uzņēmums, kas ražo iso-butanolu (Butamax, ASV; <https://www.butamax.com/>) komerciāli (TRL 9). Pamatizejvielas ir lauksaimniecības kultūraugi (kukurūza, cukurniedres), taču papildus tiek izmantota arī lignoceluloze. Tādējādi pilnībā ražošana tikai no lignocelulozes netiek nodrošināta. Ražošanas tehnoloģiskais process maz aprakstīts, taču, analizējot pieejamo literatūru, identificēts, ka ražošana tiek nodrošināta atbilstoši klasiskajai tehnoloģiskajai shēmai (attēls 2.37.)



2.37. att. Biobutanola ražošana pēc biorafinēšanas principa [16].

Tāpat jāpiemin fakts, ka biobutanola ražošanai pielāgojamas arī esošās bioetanola ražotnes. Tehnoloģiski nepieciešamas investīcijas tikai fermentācijas reaktora pielāgošanai obligāti anaerobu apstākļu nodrošināšanai, kā arī pēcatīrīšanas tehnoloģiskās iekārtas tieši butanola atdalīšanai no fermentācijas šķīduma vai spirtiem kopumā. Izmaiņas biomasas priekšapstrādē un fermentējamo cukuru ražošanā nav jāveic.

### Secinājumi

- 1) Šobrīd komerciāli pieejamās ražotnes kā pamata izejvielu izmanto lauksaimniecības kultūraugus ar biomasas papildus pievienošanu.
- 2) Tehnoloģiski iespējams ražot biobutanolu no koksnes biomasas, taču tehnoloģijai šobrīd ir pārāk zema efektivitāte.
- 3) Biobutanols kā degvielas piedeva jau šobrīd tiek izmantots Amerikas Savienotajās Valstīs.
- 4) Nākotnē iespējama esošu bioetanola ražotņu pārveide par biobutanola ražotnēm bez būtiskām infrastruktūras izmaiņām.

### Rekomendācijas

Biobutanola ražošanai ir augsts potenciāls, tā iekļaujama perspektīvo tehnoloģiju grupā. Šobrīd ražotnes izveide nav komerciāli pamatota, taču nepieciešams sekot fermentācijas/spirtu atgūšanas tehnoloģiskās daļas attīstībai.

#### 2.1.3.3. Bioūdeņradis

##### Degvielas raksturojums

Atšķirībā no iepriekš aprakstītajām bioķīmiskajām tehnoloģijām, bioūdeņradis ir gāzveida, viegli uzliesmojoša viela. Autotransportā tā izmantošana iespējama kombinācijā ar kādu no fosilajām degvielām, jo veicina tā labāku sadegšanu. Tam ir augsta enerģētiskā vērtība ( $RON > 130$ ) un tā vienīgais sadegšanas produkts ir ūdens [3], tādējādi izmantojot ūdeņradi kā degvielu neveidojas  $CO_2$  emisijas.

## Sintēze un ražošana

Tradicionāli ūdeņradis tiek iegūts ķīmiski. Taču iespējama arī tā bioloģiskā ražošana fermentācijas veidā. Līdzīgi kā bioetanola un biobutanola tehnoloģijām, arī šeit fermentējamais cukurs iegūstams no lignocelulozes, t.sk., koksnes biomasas (sk. vispārējie ražošanas principi). Tālāk zināmi vairāki iespējamie fermentācijas veidi: anaerobā fermentācija, mikroorganismu izraisīta elektrolīze, fotofermentācija. No mikroorganismiem procesā izmantojamas aļģes, baktērijas, t.sk., vairākas *Clostridium* ģints baktērijas [17].

## Perspektīvākās tehnoloģijas

Šobrīd bioūdeņraža ražošana fermentācijas rezultātā no pārstrādāta lignocelulozes materiāla demonstrēta tikai laboratorijas apstākļos [18] un pamatā izmantojot pirmās paaudzes izejvielas un īpašas kultivēšanas vides [3, 17]. Vienlaikus jāpiezīmē, ka augstā pieprasījuma dēļ visā pasaulē noris ļoti aktīva izpēte šajā jomā.

## Secinājumi

- 1) No degvielas viedokļa (enerģētiskā vērtība, nulles CO<sub>2</sub> emisijas) bioūdeņradis ir augsti potenciāla degviela, tomēr bioūdeņraža ražošana bioloģiska procesa ietvaros šobrīd nav perspektīva zemā TRL līmeņa dēļ, īpaši ja kā izejvielas tiek izmantoti mežsaimniecības resursi.
- 2) Bioūdeņraža ražošana šobrīd ir izpētes tikai stadijā (TRL5).

## Rekomendācijas

Apzinot ūdeņraža augsto potenciālu, rekomendējams sekot līdzi aktualitātēm zinātniskajā izstrādē. Tiklīdz pieejama mērogojama un reālā vidē demonstrēta tehnoloģija, tās ieviešana ir augsti rekomendējama.

### 2.1.3.4. Biogāze (biometāns)

## Degvielas raksturojums

Līdzīgi kā bioūdeņradis, biogāze ir gāzveida stāvoklī, tādējādi tā izmantošanai automobiļu degvielā nepieciešama īpaša pielāgošana, kā arī nepieciešams veikt biogāzes attīrīšanu, lai iegūtu tīru metānu. Tradicionāli metāna sastāvs biogāzē var variēt no 30 – 70 % atkarībā no izmantotajām izejvielām, kas būtiski paaugstina ražošanas izmaksas. Iegūtajam produktam ir augstas oktāna vērtības (RON, MON ~ 120), tā kvalitāte un sastāvs līdzinās dabasgāzei. Tādējādi biometāns sajaucams vai pilnībā aizvietojams ar dabasgāzi, neveicot transportlīdzekļa pārbūvi [19].

## Sintēze un ražošana

No ražošanas viedokļa biometāna ražošana iedalāma divos posmos:

- 1) biogāzes ražošana, kur kā pamata izejviela tradicionāli tiek izmantoti kūsmēsli, lauksaimniecības kultūraugi. Lignocelulozi saturošas biomasas pielietošanai anaerobajā pārstrādē pirms tam nepieciešama tās priekšapstrāde un hidrolīze un tās pielietojums ir neliels. Biežāk tā tiek izmantota kā neliela piedeva tradicionālajām izejvielām. Biogāzes ražotnes tikai no lignocelulozi saturošām izejvielām sastopamas tikai demonstrāciju līmenī (TRL 7) un pamatā nav rentablas tieši zemās metāna koncentrācijas, augsto priekšapstrādes izmaksu dēļ. Kā pozitīva iezīme jāmin tas, ka procesā nav nepieciešama fermentējamo monosaharīdu iegūšana. Tāpat jaukta mikroorganismu populācija reaktorā nodrošina šo procesu dabisku izpildi. Pētījumu

līmenī pieejami piedāvājumi biogāzes ražošanā integrēt arī bioūdeņraža ražošanu, taču pagaidām tehnoloģiskais līmenis nepārsniedz laboratorijas mērogus [17].

- 2) Biometāna ražošana no biogāzes, kas būtībā ietver biogāzes attīrīšanu un nav saistīta ar mežsaimniecības resursu izmantošanu.

### **Perspektīvākās tehnoloģijas**

Pieejamās tehnoloģijas biogāzes ražošanai no lignocelulozes un citiem atkritumiem šobrīd ir neliela izmēra, pilotiekārtu vai laboratorijas mērogā. Darbība komerciālos mērogos šobrīd nav rentabla. Eiropā pieejamas vairākas stacijas/uzņēmumi, kas nodarbojas ar metāna ražošanu no biogāzes, taču ierobežotās infrastruktūras (transportēšana, uzpildes stacijas), tā pielietojums nav liels.

### **Secinājumi**

- 1) Biometāna ražošana uzskatāma par perspektīvu, taču šobrīd pieejamās tehnoloģijas neparedz lignocelulozes izmantošanu kā pamata izejvielu šim procesam.
- 2) Ražošanas process tikai no mežsaimniecības izejvielām nav rentabls.

### **Rekomendācijas**

Sekot līdzi aktualitātēm tehnoloģiju izstrādē. Šobrīd nav rekomendējama kā perspektīva tehnoloģija degvielas ražošanai no mežsaimniecības produktiem.

### **Atsauces**

- [1] Alalwan, H.A., Alminshid, A.H., Aljaaf, A.S.H. Promising evolution of biofuel generations. Subject review. *Renewable Energy Focus*, 28 (2019), 127 – 139.
- [2] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 21.12.2018.
- [3] Basile, A., Dalena, F. (Eds) Second and Third Generation of Feedstocks. The Evolution of Biofuels. (2019). Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 619.
- [4] Kumar, M.N., Ravikumar, R., Thenmozhi, S., Kumar, M.R., Shankar, M.K., Choice of pretreatment technology for sustainable production of bioethanol from lignocellulosic biomass: Bottle necks and recommendations. *Waste and Biomass Valorization*, 10(6), (2019), 1693 – 1709.
- [5] Li, Y.H., Zhang, X.Y., Zhang, F., Peng, L.C., Zhang, D.B., Kondo, A., Bai, F.W., Zhao, X.Q. Optimization of cellulolytic enzyme components through engineering *Trichoderma reesei* and on-site fermentation using the soluble inducer for cellulosic ethanol production from corn stover. *Biotechnology for Biofuels*, 11(49), (2018), 1 – 14.
- [6] Latvijas Republika. Ministru kabineta noteikumi Nr. 332. Noteikumi par benzīna un dīzeļdegvielas atbilstības novērtēšanu. Rīga, 2000. gada 26. septembris.
- [7] Prakash, A., Wang, C., Janssen, A., Aradi, A. et al., "Impact of Fuel Sensitivity (RON-MON) on Engine Efficiency," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 10(1):115 – 125, 2017
- [8] Flach B., Lieberz S., Lappin J., Bolla S. EU Biofuels Annual 2018, GAIN Report (No. NL8027), 2018, The Hague, 1 – 41.
- [9] 2018\_Industry\_Guide\_Biomass\_Gasification\_EN.pdf
- [10] <https://www.versalis.eni.com/irj/go/km/docs/versalis/Contenuti%20Versalis/EN/Documenti/News/Comunicati%20Stampa/PR%20Versalis%20Crescentino%208%20febbraio%202020.pdf> (skatīts 28.02.2020.)
- [11] [http://www.icabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/3-Crescentino-AdvancedEthanolBiorefinery\\_IT\\_Final.pdf](http://www.icabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/3-Crescentino-AdvancedEthanolBiorefinery_IT_Final.pdf) skatīts 26.11.2019.
- [12] [https://www.svebio.se/app/uploads/2019/09/Sofie\\_Winternell\\_ABC19.pdf](https://www.svebio.se/app/uploads/2019/09/Sofie_Winternell_ABC19.pdf) skatīts 26.11.2019.
- [13] <http://bioenergo.fi/> skatīts 26.11.2019.

- [14] <https://www.st1.eu/cellunolix-ethanol-plant-to-be-built-in-finland> skatīts 26.11.2019.
- [15] <https://www.greencarcongress.com/2018/06/20180614-butanol.html>, skatīts 25.11.2019.
- [16] Posada Duque J.A., Zirkzee H., van Hellemond E.W., Lopez-Contreras A., van Hal J.W., Straathof A.J.J. *A Biorefinery in Rotterdam with Isobutanol as Platform?*. May 2014, ECN-V—14-004.
- [17] Pandey, A., Mohan, S.V., Chang, J.S., Hallenbeck, P.C., Larroche, C. (Eds.) *Biomass, Biofuels, Biochemicals: Biohydrogen*, 2nd Edition. (2019). Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 525.
- [18] Diah K., Joni P., Endang S., Sumi H. Biohydrogen production through separate hydrolysis and fermentation and simultaneous saccharification and fermentation of empty fruit bunch of palm oil. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22(II), (2018), 1 – 5.
- [19] Rogulska M., Bukrejewski P., Krasuska E., 2018. Chapter 3: Biomethane as Transport Fuel. In „Biofuels – State of Development”, IntechOpen, 37-52.

## 2.2. NĀKOTNES TEHNOLOĢIJAS UN NĀKOTNES DEGVIELAS

Biomasa kā enerģijas avots 2017. gadā nodrošināja 58% no visiem atjaunojamajiem enerģijas resursiem ES (saules paneli, vēja ģeneratori un hidroenerģija 42%). Saskaņā ar prognozēm, biomasas īpatsvars atjaunojamajā enerģētikā samazināsies, tomēr tas notiks lēni un 2020. gadā būs aptuveni 57%, jo pārējo avotu attīstība būs nedaudz straujāka. Tādējādi biomasas dominējošā loma saglabāsies, tomēr tās izmantošanas struktūra tiks mainīta, arvien augstākas prasības izvirzot biomasas izmantošanai siltuma un elektroenerģijas ražošanai un vairāk atbalstot tās dziļāku pārstrādi līdz transporta degvielai [1]. Iepriekšējā sadaļā 2.1. aprakstītā informācija par populārākajiem biodegvielu veidiem ir apkopota tabulā 2.23., lai varētu izvēlēties tos biodegvielu un ražošanas tehnoloģiju veidus, kurus varētu padziļināti pētīt kā piemērotākos biodegvielu ražošanas attīstībai Latvijā un kuras šajā sakarā varētu uzskatīt par nākotnes un perspektīvākajām tehnoloģijām, saskaņā ar Pētījuma darba uzdevumu. Tā kā pētījums ir orientēts uz mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas izmantošanu, tad visas nākotnes degvielas un nākotnes tehnoloģijas ir lietderīgi sadalīt 2 grupās, bet par perspektīvākām Pētījuma ietvaros uzskatīt tās, kuras var ražot no mežsaimniecības biomasas:

- 1) degvielas no lignocelulozes biomasas (mežsaimniecības izejvielas ir izmantojamas, Pētījuma 2.2.1. sadaļā);
- 2) degvielas no lipīdiem (triglicerīdiem) vai taukskābēm (mežsaimniecības izejvielas nav izmantojamas, vai arī tās ir iegūstamas tikai celulozes ražošanas procesā kā neliela apjoma blakusprodukts, Pētījuma 2.2.2. sadaļā).

### 2.23. tabula

Nozīmīgāko biodegvielu salīdzinošs vērtējums

Pētījuma sadaļas numurs, biodegvielas veids	Vai degviela iekļaujama <i>nākotnes degvielu un nākotnes tehnoloģiju sarakstā un apskatāma sadaļā 2.2.</i>	Vai degviela iekļaujama <i>perspektīvāko attīstāmo degvielu sarakstā un apskatāma sadaļā 2.3.</i>
2.1.1.1. Biodīzeļdegviela	Iekļaujama. Patreiz galvenā biodegviela ES.	Nav iekļaujama ierobežoto izejvielu resursu dēļ. Lignoceluloze nav izmantojama kā izejviela.
2.1.1.2. Dimetilēteris (DME)	Iekļaujama. Lignoceluloze ir izejviela, DME ir tīrākā dīzeļdegviela, to var izmantot benzīna sintēzei.	Iekļaujama. Lignoceluloze ir izejviela, DME ir tīrākā dīzeļdegviela, to var izmantot benzīna sintēzei.



<b>Pētījuma sadaļas numurs, biodegvielas veids</b>	<b>Vai degviela iekļaujama <i>nākotnes degvielu un nākotnes tehnoloģiju</i> sarakstā un apskatāma sadaļā 2.2.</b>	<b>Vai degviela iekļaujama <i>perspektīvāko attīstāmo degvielu sarakstā un</i> apskatāma sadaļā 2.3.</b>
2.1.1.3. Tert- butil, tert-amil un tert-heksil ēteri	Iekļaujama, ja tiks ražots metanols un klūs pieejami izoalkēni.	Nav iekļaujama, jo Latvijā nav naftas pārstrādes rūpnīcas un nav pieejami izoalkēni.
2.1.1.4. Ogļūdeņraži no spirtiem	Nav iekļaujama, jo nav metanola ražotnes.	Nav iekļaujama, jo nav metanola ražotnes.
2.1.2.1. Hidrogenēta augu eļļa (HVO) visiem transporta degvielas veidiem	Nav iekļaujama. Latvijā nav izejvielas un nav arī naftas pārstrādes rūpnīcas.	Nav iekļaujama ierobežoto izejvielu resursu dēļ. Lignoceluloze nav izmantojama kā izejviela, Latvijā nav naftas pārstrādes rūpnīcas.
2.1.2.2. Biomasas pirolīzes un katalītiskās pirolīzes eļļa	Iekļaujama. Kā izejvielu galvenokārt izmanto mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Ir pilotprojekti un komerciālas ražotnes Somijā, Kanādā, ASV, Brazīlijā. Iespējams izvēlēties un izmēģināt tehnoloģiju. Ir iespējami interesanti tālākas pārstrādes varianti.	Iekļaujama. Kā izejvielu galvenokārt izmanto mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Ir pilotprojekti un komerciālas ražotnes Somijā, Kanādā, ASV, Brazīlijā. Iespējams izvēlēties un izmēģināt tehnoloģiju. Ir iespējami interesanti tālākas pārstrādes varianti.
2.1.2.3. Hidrogenēta pirolīzes bioeļļa no biomasas visiem transporta degvielas veidiem	Nav iekļaujama, jo atrodas laboratorijas pētījumu stadijā.	Nav iekļaujama, jo atrodas laboratorijas pētījumu stadijā.
2.1.2.4. Biomasas hidrotermālās un solvotermālās sašķidrināšanas produkti	Nav iekļaujama, jo atrodas laboratorijas pētījumu stadijā.	Nav iekļaujama, jo atrodas laboratorijas pētījumu stadijā.
2.1.2.5. Fišera – Tropša degviela – sintētisko ogļūdeņražu maisījums visiem transporta degvielas veidiem	Iekļaujama kā vienīgā tieši ogļūdeņražus (mākslīgo naftu) iegūstoša tehnoloģija, kura praktiski lielos apmēros realizēta no fosilajām izejvielām, bet līdz šim nepietiekami veiksmīgi no biomasas, tajā skaitā no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Tehnoloģijas attīstība turpinās visos līmeņos un tehnoloģijai ir izšķiroša nozīme aviācijas nodrošināšanai ar atjaunojamo degvielu.	Iekļaujama kā vienīgā tieši ogļūdeņražus (mākslīgo naftu) iegūstoša tehnoloģija, kura praktiski lielos apmēros realizēta no fosilajām izejvielām, bet līdz šim nepietiekami veiksmīgi no biomasas, tajā skaitā no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas. Tehnoloģijas attīstība turpinās visos līmeņos un tehnoloģijai ir izšķiroša nozīme aviācijas nodrošināšanai ar atjaunojamo degvielu.

<b>Pētījuma sadaļas numurs, biodegvielas veids</b>	<b>Vai degviela iekļaujama <i>nākotnes degvielu un nākotnes tehnoloģiju sarakstā un apskatāma sadaļā 2.2.</i></b>	<b>Vai degviela iekļaujama <i>perspektīvāko attīstāmo degvielu sarakstā un apskatāma sadaļā 2.3.</i></b>
2.1.3.1. Bioetanols	Iekļaujama, taču enerģētiskā vērtība zemāka kā benzīnam un nevar tikt izmantota kā 100% aizvietoējums fosilajām degvielām. Nozīmīgākā perspektīva – kā piedeva. Ar naftas degvielu pilnībā nav savietojama.	Iekļaujama. Lignoceluloze kā izejviela demonstrēta reālās darbības komercializētās vidēs (TRL 9). Ar naftas degvielu pilnībā nav savietojama.
2.1.3.2. Biobutanols	Iekļaujama. Uz vienu enerģijas vienību saražo mazāk CO <sub>2</sub> nekā benzīns. Enerģētiskais saturs augstāks kā etanolam. Iespējama ražošana no lignocelulozes izejvielām (potenciāli ir TRL 9 – viens uzņēmums ar vairākām ražotnēm). Ar naftas degvielu pilnībā nav savietojam	Daļēji iekļaujama. Šobrīd sarežģīts un ekonomiski neizdevīgs ražošanas process, taču pasaulē eksistē darbībā esošas ražotnes ( <i>Butamax</i> ). Attīstot tehnoloģijas, var būt laba perspektīva. Veicot salīdzinoši vienkāršus pielāgojumus, ražošanai var izmantot etanola ražotnes infrastruktūru. Ar naftas degvielu pilnībā nav savietojama.
2.1.3.3. Bioūdeņradis	Iekļaujama. Lignoceluloze var tikt izmantota kā oglekļa avots bioloģiskai ūdeņraža sintēzei. Veiksmīgas tehnoloģiju attīstības rezultātā iegūstama augsta kvalitātes degviela. Nepieciešama augsta spiediena vai sašķidrinātas degvielas piegādes infrastruktūra transportlīdzekļiem.	Nav iekļaujama zemā tehnoloģiju attīstības līmeņa dēļ (pamatā demonstrēta laboratorijas vidē, augstas ražošanas izmaksas, sarežģītas tehnoloģiskās prasības). Nepieciešama augsta spiediena vai sašķidrinātas degvielas piegādes infrastruktūra transportlīdzekļiem.
2.1.3.4. Biogāze	Iekļaujama. Labi zināms ražošanas process. Pēc attīrīšanas izmantojama kā degviela. Nepieciešama augsta spiediena infrastruktūra degvielas piegādei transportlīdzekļiem.	Nav iekļaujama. Lignocelulozes biomasas izmantošana demonstrēta, taču ar zemu efektivitāti un nepieciešamas papildus izejvielas. Nav pieejamas infrastruktūras.

Tehnoloģijas, kas nodrošina moderno biodegvielu ražošanu no lignocelulozes, tajā skaitā no mežsaimniecības un ar to saistīto nozaru atlikumiem, apkopotas un analizētas pielikumā nr. 7.2. “Moderno biodegvielu iegūšanas tehnoloģiju raksturojums”.

### **2.2.1. Degvielas no lignocelulozes biomasas**

Latvija ir bagāta ar lignocelulozes resursiem, īpaši ar mežsaimniecības atlikumiem, un pietiekami labi ir attīstītas (TRL 9) divas šo izejvielu pārstrādes tehnoloģiju grupas: termokīmiskā un bioķīmiskā.

Tiek uzskatīts, ka kopumā abas joprojām atrodas attīstības stadijā un komercializācija joprojām nav realizējusies līdz liela apjoma drošai un ekonomiski pamatotai biodegvielu ražošanai.

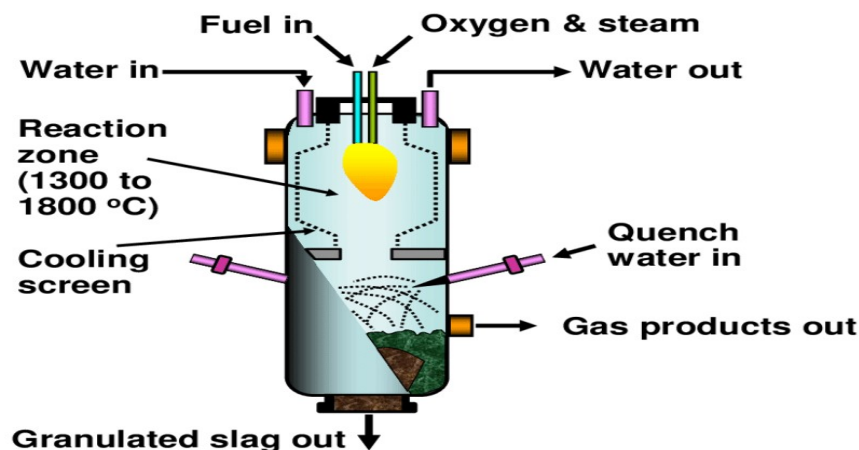
### 2.2.1.1. Nākotnes termokīmiskās tehnoloģijas

Nākotnes termokīmiskās tehnoloģijas ir pirolīze (skatīt 2.1.2.2.) un degvielu ražošanas procesi, kuri sākas ar gazifikāciju (skatīt 2.1.1.2., 2.1.1.4. un 2.1.2.) vai šo abu procesu kombinācija (skatīt 2.3.). Gazifikācijas process iepriekš netika apskatīts. Tas ir universāls oglekli saturošas izejvielas nepilnīgas sadedzināšanas process, veidojot sintēzes gāzi, kas ir ūdeņraža, oglekļa monoksīda un citu gāzveida produktu maisījums [2, 3, 4]. Gazifikācija un gāzu attīrīšana ir Fišera – Tropša sintēzes sākuma posmi. Ir svarīgi saprast, vai šie posmi ir decentralizējami un Latvija varētu kļūt par sintētiskās naftas piegādātāju naftas pārstrādes rūpnīcai.

Galvenās gazifikatorā noritošās ķīmiskās reakcijas ir sekojošas:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1) Nepilnīga sadegšana         | $C + 0,5O_2 \rightarrow CO$                |
| 2) Sadegšana                   | $C + O_2 \rightarrow CO_2$                 |
| 3) Ūdens gāzes reakcija        | $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$     |
| 4) Boudarda reakcija           | $C + CO_2 \rightleftharpoons 2 CO$         |
| 5) Ūdens gāzes maiņas reakcija | $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$  |
| 6) Hidrogazifikācija           | $C + 2 H_2 \rightleftharpoons CH_4$        |
| 7) Metanēšana                  | $CO + 3H_2 \rightleftharpoons CH_4 + H_2O$ |

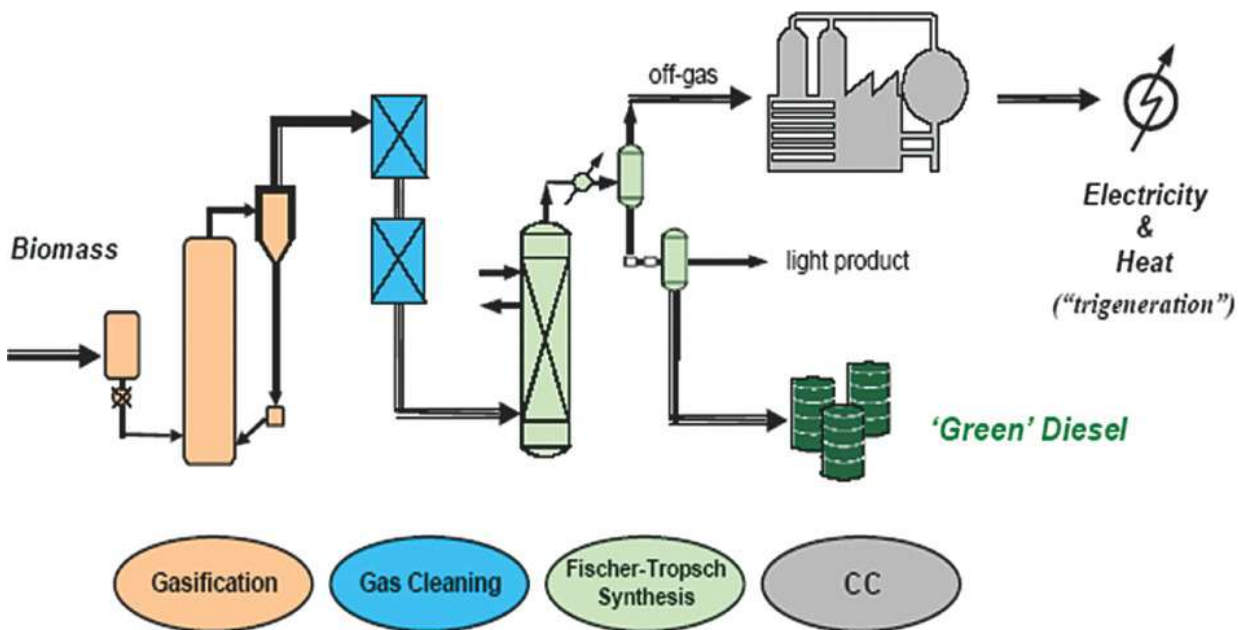
Gazifikācijas iecirkņa shēma dota 2.38., bet ražotnes shēma 2.39. attēlos. Gazifikators parasti strādā temperatūras režīmā virs 1000 °C. Gazifikācijas procesā, tāpat kā pirolīzes procesā, rodas 3 produkti, tikai to īpatsvars ir atšķirīgs: gāze (vismaz 85%), ogle (ciets produkts) un darva (neliels šķidru produktu daudzums). Cietos un šķidros produktus parasti ievada reaktorā atkārtoti, lai pārvērstu gāzē, kas ir mērķa produkts. Izmantojot atšķirīgas gazifikācijas aģentu kombinācijas un variējot apstākļus, var izmainīt svarīgāko produktu CO, H<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> attiecības, kā arī piemaisījumu daudzumu. Jaunākie tehnoloģiju varianti biomasas gazifikācijā analizēti 2019. gada apskatā [5].



2.38. att. Gazifikators (augstā temperatūrā strādājošs universāls līdzplūsmas gazifikators, izmanto skābekli un ir domāts liela apjoma ogļūdeņražu degvielu ražošanai kompleksā ar gāzu attīrīšanas, Fišera-Tropša sintēzes un sintētiskās naftas pārstrādes iecirkņiem).

Gazifikāciju nav iespējams realizēt tā, lai iegūtie produkti bez attīrīšanas būtu izmantojami tālāk, tādēļ vienmēr seko iegūto produktu attīrīšanas iecirknis, kas var būt pat lielāks par gazifikācijas iecirkni. Attīrītā gāze var tikt izmantota kā gāzveida degviela siltuma un elektroenerģijas ražošanai un šim mērķim arī izmanto lielāko gazifikācijas iecirkņu daļu. Tomēr attīrītā gāze var tikt izmantota arī visa veida tādu transporta degvielu sintēzei, kuras pēc ķīmiskās uzbūves neatšķiras no naftas pārstrādes produktiem un ir bez ierobežojumiem savietojami ar tiem gan dzinēju darbināšanai gan degvielu piegādes nodrošināšanai. Šajā gadījumā attīrīšanas pakāpe ir daudz augstāka. Degvielu ražošanas tehnoloģija rūpnieciskos apmēros tiek realizēta no tādām fosilām izejvielām kā ogles un dabasgāze. Lignocelulozes izmantošanas iespējas ir nodemonstrētas lielu pilotprojektu līmenī, bet nav drošas informācijas par tādu nozīmīgu komercializētu ražotņu darbību, kuras kā izejvielu izmantotu lignocelulozi. Galvenais iemesls ir augsta produktu ražošanas pašizmaksa salīdzinājumā ar relatīvi lētās un pieejamās naftas pārstrādes produktu pašizmaksu.

Kaut arī gazifikācijas procesus iespējams efektīvi realizēt maza apjoma ražotnēs (10 kw – 100 kW) un no 1,1 – 1,5 kg koksnes saražot 1 kWh lielu elektroenerģijas daudzumu [5], nozīmīgākos sasniegumus saista ar liela apjoma gazifikatoriem, kas koksnes izmantošanas gadījumā tiek uzskatīti vismaz par SEG neitrāliem atjaunojamiem enerģijas (elektrība, siltums) avotiem.



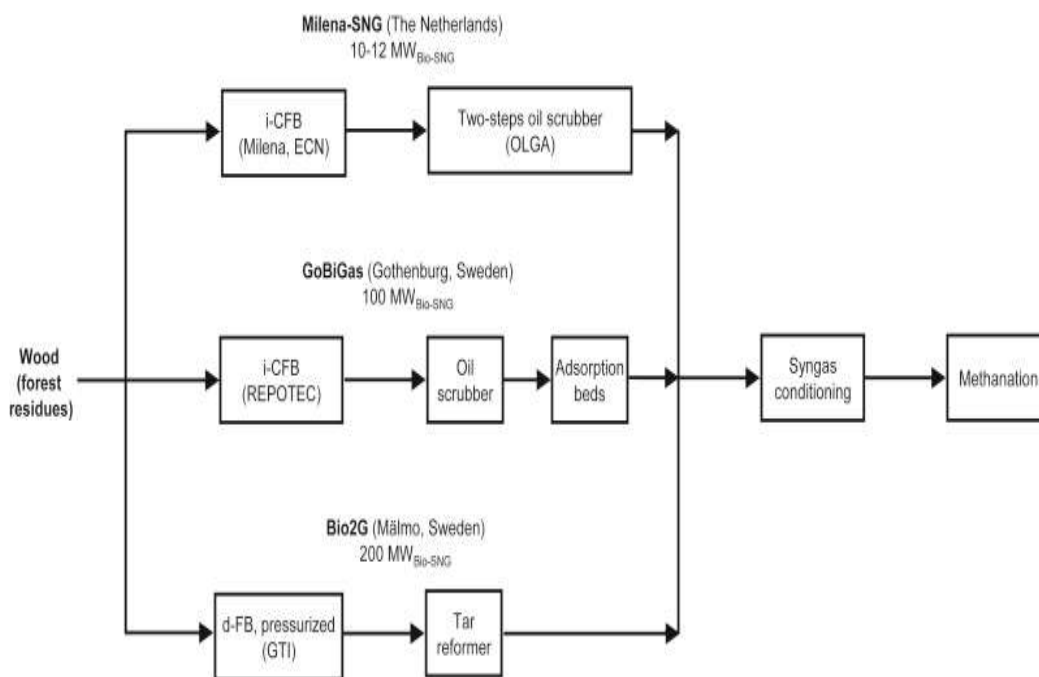
2.39. att. Ražotnes shēma ar gazifikācijas iecirkni (biomasas gazifikācija, gāzu attīrīšana, Fišera-Tropša sintēze, iegūto produktu sadalīšana un šķidro produktu rafinēšana standartu prasībām atbilstošās degvielās).

Attiecībā uz enerģijas ražošanas un piegādes decentralizācijas politikas siltuma un elektroenerģijas daļu, mazas un vidējas jaudas gazifikatoriem tiek paredzēta liela nozīme [6]. Tie strauji tiek ieviesti tādās valstīs kā Vācija, Zviedrija, Austrija, Šveice un Itālija. Gazifikācijas iekārtu skaits ar jaudu no 10 KW līdz 5 MW siltuma un elektroenerģijas ražošanai laika posmā no 2009. gada līdz 2018.g. [6] ES valstīs pieauga eksponenciāli un pašreiz jau pārsniedz 1000 vienības, no kurām gandrīz puse darbojas Vācijā. ASV 2019. gadā darbojas 178 gazifikācijas ražotnes ar kopējo jaudu 6375 MW [7], kas ir aptuveni 1,4 reizes vairāk kā koncerna AS Latvenergo kopējā elektroenerģijas un siltuma ražošanas jauda.

Neskatoties uz milzīgo progresu, tiek uzskatīts, ka gazifikācijas ražotņu izveidošana ir ekonomiski pamatota tikai liela siltuma pieprasījuma gadījumos, vai arī gadījumos, kad eksistē kādi citi īpaši

apsvērumi, kas dod priekšrocības tieši gazifikācijas variantam. Šādi īpaši apsvērumi neapšaubāmi ir transporta sektora nodrošināšana ar biodegvielām, izmantojot sintēzes gāzi ogļūdeņražu sintēzei tieši (Fišera – Tropša process, FT) vai sintezējot spirtus kā starpproduktus no zemas kvalitātes izejvielām.

Par pirmo soli transporta degvielu ražošanā nosacīti varētu uzskatīt FT sintētiskās dabas gāzes ražošanu. Sintētiskās dabas gāzes galvenā sastāvdaļa ir metāns un tai ir tādas pašas īpašības kā dabasgāzei. Šādi projekti ir realizēti vairākās valstīs (attēls 2.40.), tomēr Latvijai tie neliekas perspektīvi, jo būtu jāizbūvē jauna degvielas uzpildīšanas staciju infrastruktūra un jārealizē pāreja uz transporta līdzekļiem, kas var šo degvielu izmantot.



2.40. att. Sintētiskā dabas gāzes ražošana no mežsaimniecības atlikumiem Milena-SNG FT metāna sintēzes procesā (koksnes izejvielas, 3 atšķirīga veida gazifikatori ar sekojošu gāzu attīrīšanu, kondicionēšanu un metāna ražošanu). Metāna attīrīšanu veic atsevišķā pārstrādes iecirknī.

Šķidra agregātstāvokļa degvielu projektu realizācija ir nozīmīgāka, bet notiek daudz grūtāk. Lielākie FT projekti ES līdz 2019. gadam ir slēgti un turpinās vienīgi pilotprojektu izstrāde ar ieviešanu 2020. un 2023. gados (skatīt 2.1.2.4.). Atšķirībā no ES, ASV darbojas vairāki FT projekti:

- 1) Haldor Topsøe: zaļais benzīns no sintēzes gāzes ar jaudu 20 t/d (345000 galoni/gadā); Ražošanas jaudu maina atkarībā no naftas cenas. Statuss – pilotprojekts.
- 2) REII: Dīzeļdegviela un F-T šķidrums ar jaudu 10 t/d; Statuss – pilotprojekts.

ClearFuels-Rentech: Dīzeļdegviela, aviācijas degviela un F-T šķidrums no mežsaimniecības atlikumiem ar jaudu 20 t/d. Projekts pabeigts 2014. gadā. (Wood waste > pretreatment > gasification > syngas clean up > FT > Hydrotreating and hydrocracking > Separation Distillation > Diesel, Jet fuel, Naptha) Projekta mērķis ir atšķirīgu sintētiskās naftas frakciju ražošana.

- 3) Frontline: Aviācijas degviela un F-T šķidrums ar jaudu 10 tonnas/dienā. Projekts pabeigts 2016. gadā; Izejviela – koka skaidas.
- 4) Wood>gasoline izveidots kopā ar celulozes rūpnīcu. Izmanto koka skaidas. LPG ražošanas apjoms 8492000 galoni/gadā. Kapitālieguldījumi 719 miljoni USD.
- 5) Velocys IR1 ir komercializējusi BTL FT procesu no koksnes biomasas, lai ražotu 1500 – 2000 barelus šķidrās degvielas (dīzeļdegvielu un aviācijas degvielu) dienā. Mežsaimniecības atlikumu

izmantošana ir samazinājusi meža ugunsgrēkus. Rūpnīca patentējusi kobalta katalizatorus un mikrokanālu reaktorus [8].

- 6) *Fulkrum Bio-energy* Nevadā, ASV cietos sadzīves atkritumus (MSW) konvertē zema oglekļa satura atjaunojamajās degvielās, tajā skaitā avio degvielā un dīzeļdegvielā. Rūpnīcā apvienota gazifikācijas tehnoloģija ar Fišera – Tropša procesu. Rūpnīca darbojas kopš 2016. gada [9].
- 7) *RedRock biomass diesel* (Lakeview biorefinery, Velocys / Red Rock Biofuels). Ražotnes veidošana uzsākta 2018. gadā. Plānots, ka ražotne izmantos ap 136 000 t koksnes atlikumu, lai ražotu ap 15 miljoni galonu degvielas gadā.

Minētie fakti norāda, ka biomasas gazifikācija, it īpaši mežsaimniecības un koksnes pārstrādes atlikumu gazifikācija, ar mērķi realizēt FT ogļūdeņražu vai spirtu sintēzi, lai gala rezultātā iegūtu ar naftas degvielām savietojamas degvielas (LPG, benzīnu, aviācijas degvielu un dīzeļdegvielu), saglabā savu aktualitāti un tiks realizēta komerciāli. Pagaidām tas nav noticis tīri ekonomisku apsvērumu dēļ, jo naftas cenas ir zemas un atbalsts klimata izmaiņu mazināšanai - pārāk nenožīmīgs, lai sasniegtu ātras izmaiņas transporta enerģētikas struktūrā. Minētie procesi neizslēdz pirolīzes stadijas ieslēgšanu decentralizētai izejvielas enerģijas satura palielināšanai un bioeļļas izmantošanu FT procesu realizācijai.

### 2.2.1.2. Nākotnes bioķīmiskās tehnoloģijas

Analizējot interneta resursus un publicēto literatūru, kopumā pasaulē identificēti vairāk nekā 600 uzņēmumi, kas nodarbojas ar “bio” – enerģijas ražošanu. Tai pat laikā analizējot uzņēmumu daudzumu, kas nodarbojas tieši ar degvielu ražošanu no visa veida lignocelulozes biomasas, tendences bieži ir negatīvas un daudzas no pilotrūpnīcām tiek slēgtas zemās rentabilitātes, nepareizi izvēlēta biznesa virziena vai subsīdiju trūkuma dēļ (2.24. tabula). Lielākais daudzums no strādājošiem uzņēmumiem, etanola ražošanai izmanto citas, pamatražotnes atlikumproduktus, piemēram, melno atsārnu nevis lignocelulozes biomasu tiešā veidā.

**2.24. tabula**

Dažu komerciālo lignocelulozes etanola ražotņu statuss [10,11]

Uzņēmums	Atrašanās vieta	Izejviela	Ražošanas kapacitāte (GWh/gadā)	Statuss/piezīmes
BetaRenewables tagad Versalis	Itālija (Crescentino)	Salmi	299	Sakarā ar īpašnieka maiņu 2019. gadā darbība apturēta (slēgta), plānots atsākt ražošanu [12].
BlueFire Ethanol	ASV (Fulton, MS)	Dažādas izejvielas	–	Būvniecība apturēta 2011.gadā
Borregaard AS	Norvēģija	Melnais atsārms	118	
DuPont	ASV (Nevada)	n/a	670	Pārdota Verbio 2018.gadā*
Mascoma	ASV (Kinross, MI)	Koksnes atkritumi	–	Būvniecība apturēta 2013.gadā Šobrīd ražo ģenētiski modificētu raugu etanola fermentācijai
NordFuel	Somija (Haapavesi)	Koksnes atkritumi	nav informācijas	Plānots atvērt 2021.gadā.
POET LLC	Emmetsburg, IA	Kukurūzas atlikumi	558	Darbojas no 2014. gada. Pamata ražošanas līnija – etanols no kukurūzas

Uzņēmums	Atrašanās vieta	Izejviela	Ražošanas kapacitāte (GWh/gadā)	Statuss/piezīmes
SEKAB (Domsjo fabriker)	Zviedrija (Örnsköldsvik)	Melnais atsārms, dažādi lignocelulozes atkritumi	105	(E-Technology Ab).
St1 Nordic Oy	Ziemeļvalstis, vairākas rūpnīcas	Koksnes atkritumi	3 rūpnīcas, katrā: 295	Plānots atvērt 2020.gadā. Cellunolix Tehnoloģija
Synata Bio	ASV (Hugton, KS)	Kviešu salmi	558	2016. gadā iegādājās Abengoa Bioenergy rūpnīcu (pēc izsoles bankrota procesa ietvaros)
UPM	Somija (Kotka)	Koksne	n/a	Plānots būvēt kā atsevišķu līniju pie esošās biodīzeļa ražotnes. Plānots 2020.gadā.

\*pēc publiski pieejamās informācijas, Verbio plāno ražot dabas gāzi no reģionā sastopamās lignocelulozes. Iegāde veikta, lai varētu izmantot DuPont infrastruktūru [14].

Jaunākie statistiskie rādītāji par bio-enerģijas tirgus izpēti [15] uzrāda kā lielākos uzņēmumus 2018. gadā:

- 1) *Abengoa Bioenergy* (bioenerģijas rūpnīca slēgta, izvēlēts cits enerģētikas biznesa modelis).
- 2) *Algenol* (piesaistītas lielas investīcijas degvielas ražošanai no aļģēm. Bizness neveiksmīgs. Nākotnes perspektīvas nezināmas).
- 3) *Amyris* (nenodarbojas ar enerģijas ražošanu, iepērk bioetanolu no mazākiem ražotājiem).
- 4) *Butamax Advanced biofuels* (DuPont un BP kopuzņēmums, ražo butanolu no kultūraugiem un lignocelulozes).
- 5) *Ceres* (pēc neveiksmīga biznesa uzsākšanas ar lignocelulozes izejvielām, atgriezušies pie lauksaimniecības kultūru izmantošanas).
- 6) *Novozymes* (paši biodegvielu neražo, taču ir viens no lielākajiem enzīmu ražotājiem pasaulē).
- 7) *Enerkem*, Kanāda. Ķīmisko pārstrādes procesu rezultātā no šķīrotiem sadzīves atkritumiem ražo etanolu un metanolu. 2021. gadā plānots atvērt vēl vairākas ražotnes.

Tādējādi ir novērojami arī daži pozitīvi tehnoloģiju realizācijas piemēri.

### Secinājumi

- 1) Termokīmiskās un bioķīmiskās lignocelulozes biomasas pārstrādes tehnoloģijas turpina attīstīties un ir izmantojamas mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas pārstrādei modernās biodegvielās.
- 2) Termokīmisko procesu mērķis ir ogļūdeņražu (sintētiskā naftas) ieguve, kas ir pilnībā savietojami ar naftas degvielām un teorētiski var pilnībā aizstāt naftas degvielas, bet bioķīmisko tehnoloģiju mērķis ir spirti, kas nav pilnībā savietojami ar naftas degvielām, bet tiek izmantoti kā naftas degvielu piedevas un var tās aizstāt daļēji.
- 3) No ļoti plašā augstāk aprakstīto abu tehnoloģiju variantu klāsta ir iespējams izvēlēties tādas, kuru realizācija Latvijā varētu būt praktiski iespējama un nozīmīgi pozitīvi ietekmētu mūsu transporta nozares enerģētiku.

- 4) No termokīmiskajām tehnoloģijām ir attīstāmas uz pirolīzi un gāzifikāciju bāzētās tehnoloģijas, kuras tālāk izmanto hidrogenēšanu vai Fišera – Tropša sintēzi. Minētās tehnoloģijas un degvielas saglabās savu aktualitāti ilglaicīgi.
- 5) Par perspektīvāko biotehnoloģiju, pārvēršot koksnes biomasas izejvielas biodegvielā, uzskatāma etanola ražošana, kam pasaules mērogā pieejamas sekmīgi komercializētas un strādājošas ražotnes.
- 6) Par perspektīvāko tālākas nākotnes bioķīmiski iegūto degvielu var uzskatīt biobutanolu, kura īpašības no spirtiem vislabāk atbilst benzīna piedevu īpašībām, un kuru līdz 10% līmenim varētu izmantot arī kā dīzeļdegvielas piedevu. Diemžēl tā TRL līmenis nav pietiekams, lai uzskatītu tehnoloģiju par komercializējamu, kā arī aplēstās degvielas ražošanas izmaksas ir pārāk augstas, lai to tuvākajos gados uzskatītu par perspektīvu degvielu.

### 2.2.2. Degvielas no lipīdiem (triglicerīdiem) vai taukskābēm

Priekšrocība ir vienkāršu, lētu un pārbaudītu komercializētu tehnoloģisku procesu esamība ES, ASV, Brazīlijā un arī Latvijā biodīzeļdegvielas ražošanai. Biodīzeļdegviela sastāv no taukskābju esteriem, tā var tikt pievienota naftas dīzeļdegvielai. Tās trūkums – ierobežoti vietējie resursi modernās biodīzeļdegvielas ražošanai, kas ir izlietotas cepamās eļļas, rapšu eļļas ražošanas atlikumi, dzīvnieku tauki un var būt arī celulozes ražošanas blakus produkts – talleļļa. Mežsaimniecības biomasu kā izejvielu šīs tehnoloģijas realizācijai nevar.

### Secinājumi

Nozīmīgu ražošanas apjomu nodrošināšanai ir nepieciešams izejvielu imports, tajā skaitā pārtikai neizmantojamu augu eļļu importu. Tad rodas iespēja realizēt arī tādu sarežģītu tehnoloģiju kā *Neste* ražotā HVO (hidrogenēta augu eļļa) un ogļūdeņražu degvielu ražošanu transportam. Lai realizētu šo mērķi, nepieciešama arī naftas pārstrādes rūpnīca

### Atsauces

- [1] [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual\\_The%20Hague\\_EU-28\\_7-3-2018.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-28_7-3-2018.pdf)
- [2] A. Molino, S. Chianese, D. Musmarra. Biomass gasification technology: The state of the art overview. *J. of Energy Chemistry*, 25 (2016), 10 – 25  
<https://doi.org/10.1016/j.jechem.2015.11.005>
- [3] A. Porcu, S. Sollai, D. Marotto, M. Mureddu, F. Ferrara, A. Pettinau. Techno-Economic Analysis of a Small-Scale Biomass-to-Energy BFB Gasification-Based System. *Energies* 2019, 12, 494, 1–17
- [4] S. Y. Lee, R. Sankaran, K. W. Chew, C. H. Tan, R. Krishnamoorthy, D. Chu, P. Show. Waste to bioenergy: a review on the recent conversion technologies. *BMC Energy* (2019) 1:4 <https://doi.org/10.1186/s42500-019-0004-7>
- [5] 2018\_Industry\_Guide\_Biomass\_Gasification\_EN.pdf
- [6] <http://biomassmagazine.com/plants/listplants/biomass/US/>
- [7] [https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21787/9th-intl-gasification-seminar\\_bush\\_oct2016-final.pdf](https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21787/9th-intl-gasification-seminar_bush_oct2016-final.pdf)
- [8] S. S. Ail and S. Dasappa, “Biomass to liquid transportation fuel via Fischer Tropsch synthesis – Technology review and current scenario,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 58, pp. 267 – 286, 2016.
- [9] “<https://fulcrum-bioenergy.com/technology/our-process/>.”
- [10] Zhang C. Lignocellulosic ethanol: Technology and Economics. Chapter in: Alcohol fuels – Current technologies and future prospect. *IntechOpen* (2019), 1 – 21.



- [11] Nystrom I., Bokinge P., Franck P-A. Production of liquid advanced biofuels – global status. CIT Industriell Energi AB (2019), 1 – 88.
- [12] <https://ilbioeconomista.com/2019/09/16/versalis-confirms-the-resumption-of-the-former-mossi-ghisolfis-biorefinery-in-crescentino/> skatīts: 25.11.2019.
- [13] [https://www.svebio.se/app/uploads/2019/09/Sofie\\_Winternell\\_ABC19.pdf](https://www.svebio.se/app/uploads/2019/09/Sofie_Winternell_ABC19.pdf) skatīts 26.11.2019.
- [14] Barker, M. VERBIO President and CEO shares more information plans for the Nevada plant. *Nevada Journal*, posted on Feb. 21, 2019. Aplūkots: 16.09.2019. [www.nevadaiowjournal.com](http://www.nevadaiowjournal.com)
- [15] [http://www.icabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/3-Crescentino-AdvancedEthanolBiorefinery\\_IT\\_Final.pdf](http://www.icabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/3-Crescentino-AdvancedEthanolBiorefinery_IT_Final.pdf) skatīts 26.11.2019.

## **2.3. PERSPEKTĪVĀKĀS ATTĪSTĀMĀS TEHNOLOĢIJAS LATVIJĀ DETALIZĒTS IZVĒRTĒJUMS**

### **2.3.1. Perspektīvākās tehnoloģijas izvēlei izmantotie kritēriji**

Lai izvēlētos perspektīvāko tehnoloģiju, kuru izmantot modernas biodegvielas ražošanai Latvijas apstākļos, izmantoti sekojoši kritēriji un apsvērumi:

- 1) modernās biodegvielas ražošanas izejvielas atbilst RED II noteiktajām prasībām izejvielām no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru atkritumu un atlikumu biomasas;
- 2) izvēlēta izejviela ir izmantota biomasas konversijai biodegvielās, sasniedzot augstvērtīgus rezultātus;
- 3) priekšrocības ir procesam, kurā būtu iespējama delokalizētā daļa, kas nodrošinātu sākotnējo biomasas pārstrādi jēlproduktā (starpproduktā) vairākās vietās un nodrošina tam augstāku enerģijas saturu un nemainīgākus raksturojumus nekā pašai biomasai. Tas samazinātu biomasas piegādes, kondicionēšanas un uzglabāšanas izdevumus liela apjoma biodegvielas ražošanai, kā arī uzlabotu tālākas pārstrādes rezultātus;
- 4) decentralizēto ražotņu izvietojumu varētu plānot, vadoties no mežu resursu pieejamības. Meža apsaimniekotāji vai īpašnieki varēt kļūt par bio-eļļas ražotājiem;
- 5) centrālai pārstrādes rūpnīcai ideālā gadījumā būtu jāražo ogļūdeņraži, kuri ir pilnībā savietojami ar šķidriem vai sašķidrinātiem naftas pārstrādes produktiem un atbilstu patreiz izmantojamām degvielām (LPG, benzīnam, dīzeļdegvielai un aviācijas degvielai) un varētu pilnībā naftas produktus aizstāt;
- 6) kamēr prasības pēc moderno biodegvielu īpatsvara nepārsniedz 10%, tikpat liela nozīme ir spirta biodegvielu ražošanai, kuras praktiski izmanto kā naftas degvielu piedevas, tādējādi to aizstājot daļēji. Tā būtu liela ražotne, kuras izvēle balstās uz kritēriju nr.2.

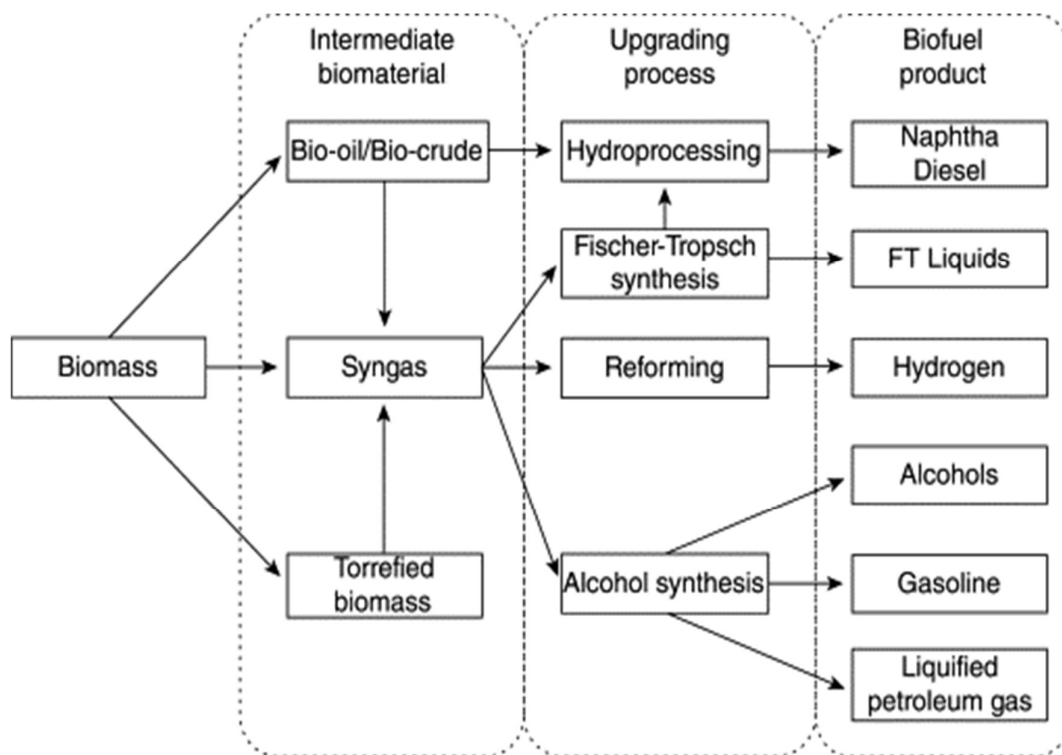
### **2.3.2. Kritērijiem atbilstošākā termokīmiskā ražotne vai pilotprojekts**

Lielākais vietējais biomasas apjoms ir saistīts ar mežsaimniecību, un labākie rezultāti lignocelulozes biomasas konversijai degvielās ir sasniegti, izmantojot koksni. Mežsaimniecības atlikumi ir galvenā moderno biodegvielu ražošanas izejviela. Delokalizētu, neliela apjoma ražotņu izstrādei tiek pievērsta liela uzmanība visos tehnoloģiju veidos.

Ogļūdeņražu (sintētiskās naftas) ražošanas organizācijas shēma dota att. 2.41. Shēmā formāli izdalītas 3 atsevišķas daļas, kā arī norādīts uz citu produktu ieguves iespējām, kas var tikt izmantoti kā gala produkti, vai izejvielas ogļūdeņražu sintēzei. Iezīmētās 3 atsevišķas daļas nenozīmē, ka realitātē tās ir atdalāmas un realizējamas ražotnēs, kuras neatrodas viena liela integrēta kompleksa sastāvā. Sintēzes gāzes ražošana attālināti no Fišera – Tropša ražotnes būtu ekonomiski neizdevīga, jo transportēšanai būtu jābūvē gāzes vads, un sintēzes gāzes temperatūru saskaņošana radītu lielus siltuma

zudumus. Fišera – Tropša sintēzes procesā ģeogrāfiski varētu atdalīt tikai ogļūdeņražu maisījuma sintēzi un sintētiskās naftas pārstrādes rūpnīcu. Šādai atdalīšanai būtu jēga, ja vairākas mazāka apjoma sintētiskās naftas ražotnes apgādātu vienu lielu naftas pārstrādes rūpnīcu. Tas nodrošinātu mazus biomasas piegādes un uzglabāšanas izdevumus.

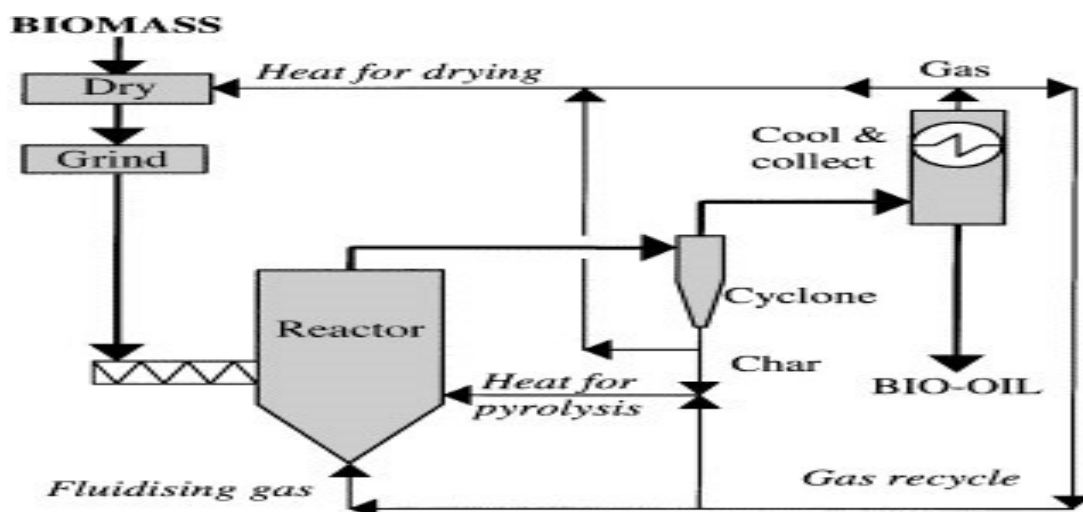
Ja procesu sāk ar pirolīzi un bioeļļas ražošanu, tad to var realizēt pat kā sadalītu 3 daļās, jo bioeļļa ir starpprodukts, kuru var piegādāt tālākai pārstrādei attālinātā ražotnē.



2.41. att. Ogļūdeņražu degvielu organizācijas shēma (biomasa; starpprodukti: bioeļļa, sintēzes gāze, apogļota biomasa; ogļūdeņražu vai spirtu sintēze; standarta prasībām atbilstošu degvielu sintēze naftas pārstrādes vai tai līdzīgā rūpnīcā).

Pašreiz tikai ātrās pirolīzes tehniskais risinājums varētu būt pietiekami vienkārši realizējams atdalītā ražotnē un tāda tehnoloģija tiks apskatīta. Tā kā procesa attālinātā pirolīze izraisa neapšaubāmu interesi, tās shēma dota att. 2.42.

Tādu ražotņu kā Gusing (FT dīzeļdegviela), Chemrec (FT dimetilēteris), Choren (FT dīzeļdegviela) un vēl citu kopā ar 9 ražotņu slēgšana ir novedusi pie tā, ka 2019. gadā Eiropā kā vienīgā darbībā esošā ražotne vairākos literatūras avotos skaitās *Bioliq* kopā ar Karlsrūes TU (attēls. 2.43), kuras izveidošanas 4 stadijas pabeigtas jau 2013. gadā, bet informācija par tās darbību tiek regulāri atjaunota, ieskaitot arī 2019. gadu [1]. Diemžēl, tā joprojām nav komercializēta ražotne, bet darbojas pilotrūpnīcas statusā (*bioliq*® pilot plant in Karlsruhe) un tās tehnoloģija tiek pilnveidota. Tādējādi Eiropā pašreiz nav komercializētu ražotņu ar kaut cik nozīmīgu šķidro ogļūdeņražu degvielu ražošanas jaudu. Informācija par ASV darbībā esošajām rūpnīcām ir skopa un grūti pārbaudāma, tādēļ interese par “*bioliq*® pilot plant in Karlsruhe” saglabājas pietiekami liela. Pārsteidzošā veidā tās tehnoloģiskā shēma vislabāk atbilst 2.3.1. sadaļā izvirzītajiem kritērijiem.



2.42. att. Bioeļļas ražotne biomasas pirolīzes rezultātā (biomasas žāvēšana un samalšana, pirolīzes reaktors, ciklons koksas atdalīšanai un daļējai atgriešanai pirolīzē, bioeļļas atdalīšana).

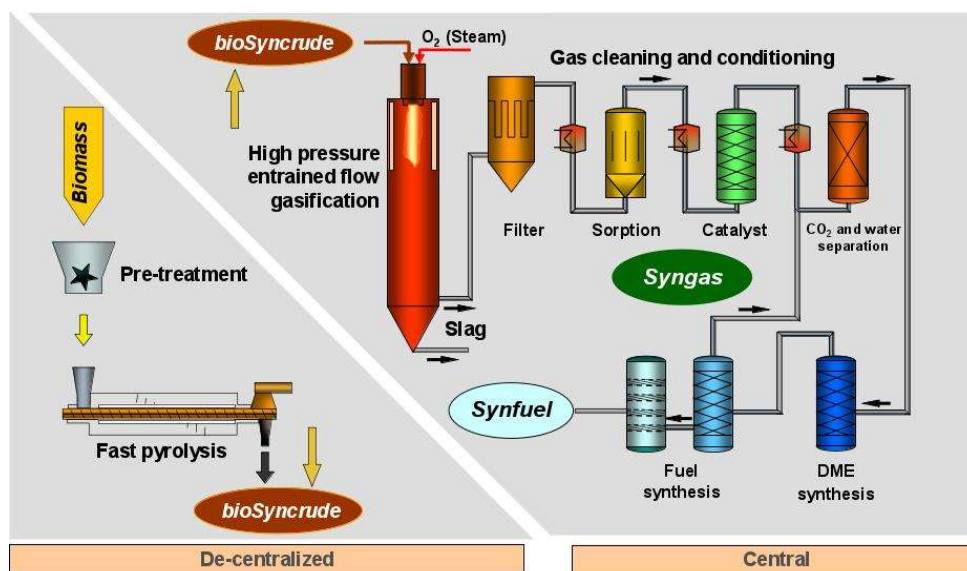
“bioliq® pilot plant in Karlsruhe” plānota mežsaimniecības un lauksaimniecības atlikumu pārstrādei un tai ir decentralizētā un centralizētā ražošanas daļa, kas ir būtiski svarīgi komercializējamu ražotņu izstrādei. Principā tā var izmantot jebkuru biomasu ar mitruma saturu zem 15%, tomēr biomasas kvalitāte ietekmē procesa efektivitāti. Atkarībā no biomasas veida 1 kg degvielas iegūšanai nepieciešami 8 – 10 kg biomasas. Labākos rezultātus nodrošina mežsaimniecības atlikumu izmantošana.



2.43. att. Karlsrūes “Bioliq” rūpnīca.

Vidēji aptuveni 50% no biomasas enerģijas tiek pārvērsta degvielas enerģijā, kas “bioliq” procesā ir benzīns. “Bioliq” benzīns ir pilnībā savietojams ar naftas benzīnu, bet ražošanas process var tikt attīstīts tā, lai iegūtu degvielas, kas ir kvalitatīvākas par tirgzniecībā esošo benzīnu. Pašreiz degvielu ražošana notiek apjomos, kas ir nepieciešami tikai iekārtu un degvielu īpašību zinātniskajai izpētei un tās atbilstības novērtēšanai standartu prasībām. Visa procesa CO<sub>2</sub> balance ir pozitīva un nodrošina emisijas samazināšanu par 80%.

“Bioliq” tehnoloģija ir diezgan sarežģīta, bet ietver būtisko principu, ka izejviela gala produktu iegūšanai nav neapstrādāta biomasa un to iegūst decentralizēti (att. 2.44.). Decentralizēti tiek veikta bioeļļas sintēze un tās kvalitāte būtiski ietekmē visa procesa efektivitāti. Bioeļļas sintēzi veic, izmantojot ātro pirolīzi 500 °C temperatūrā pēc biomasas priekšapstrādes. Tādējādi mežsaimniecības vai lauksaimniecības uzņēmumi nav tikai izejvielas piegādātāji, bet tiek iesaistīti biodegvielas ražošanas procesā, radot starpproduktu ar pievienoto vērtību [2]. Šajā procesā iegūst arī pirolīzes ogli, kuru samal un pievieno eļļai, iegūstot suspensiju (*biosyncrude* – *angļu val.*). Suspensijas enerģijas saturs ir 10 –15 reizes lielāks kā biomasai un sadegšanas siltums ir tāds pats kā ogleņiem ap 25 MJ/kg.



2.44. att. Bioliq ražošanas shēma (decentralizēta ātrā pirolīze, gazifikācija ar skābekli, gāzu attīrīšana, ogļūdeņražu sintēze un degvielu ražošana).

Biosyncrude suspensijas konversija sintēzes gāzē tiek realizēta centralizētā lielas jaudas ražotnē temperatūrā virs 1000 °C, izmantojot suspensijas un skābekļa kopējas plūsmas (*entrained flow*) reaktoru. Ūdeņraža un CO attiecība sintēzes gāzē ir 1:1. Sintēzes gāzes attīrīšanai izmanto filtru un sorbentu sistēmu, veic sintēzes gāzes kondicionēšanu un pēc tam realizē dimetilētera sintēzi, kuru pārstrādā augsta oktānskaitļa benzīnā.

“Bioliq” degviela nodrošina:

- 1) degvielas ražošanu no izejvielām, kuras nevar izmantot pārtikas ražošanai;
- 2) eksistējošās šķidrās degvielas piegādes sistēmas izmantošanu;
- 3) eksistējošo dzinēju izmantošanu;
- 4) dažādu degvielu veidu ieguvu un to sastāva un īpašību maiņu plašās robežās.

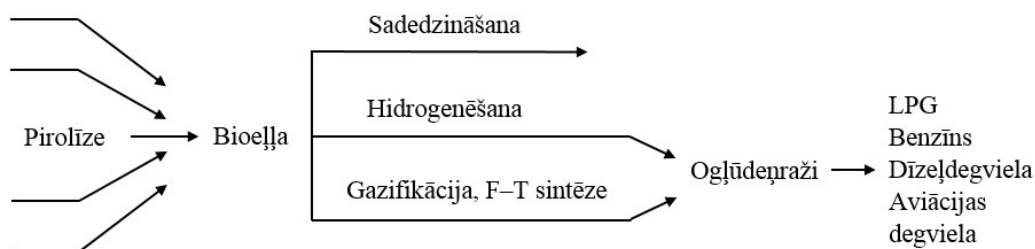
### 2.3.3. Termokīmiskā projekta realizācijas iespējas Latvijā

Izvēlēta termokīmiskā procesa realizācijas 1. stadija ir ātrā pirolīze (FP). Šī procesa realizācijas piemēri plaši atspoguļota sadaļā 2.1.2. un tabulā 2.25. Pilns process ar bio-eļļas tālāku pārstrādi vai arī pilns process, kurš sākas ar lignocelulozes biomasas gazifikāciju ir tehnoloģiski sarežģīti un to potenciālās izmantošanas iespējas prasa padziļinātu analīzi, izvērtējot līdz šim realizētos veiksmīgos un neveiksmīgos projektus. Tā kā daudzi liela apjoma ražošanas projekti ir bankrotējuši, ir skaidrs, ka eksistē nopietnas problēmas šo tehnoloģiju realizēšanai, lai iegūtu tādu biodegvielu, kura cenas ziņā spēj konkurēt ar naftas pārstrādes produktiem.

Pirolīzes procesa rūpnieciskas realizācijas piemēri

Valsts/Vieta	Process	Biodegviela	Izejviela	Jauda	Ieviešanas gads/Statuss
Hengelo, Nīderlande	Ātrā pirolīze	Bioeļļa	Lignocelulozes biomasas	15.1 miljoni tonnu/gadā	2015 Nodots
Joensu, Somija	Ātrā pirolīze	Bioeļļa	Mežsaimniecības atlikumi	50 000 tonnu/gadā	2013 Nodots

- 1) Lai izvairītos no milzīga ražošanas apjoma ražotnes izveidošanas neveiksmēm, termokīmiskā ražošanas tehnoloģijā ar ātrās pirolīzes procesu būtu jāietver decentralizēta (neliela ražošanas apjoma) ātrās pirolīzes stadija. Atbilstošas iekārtas, saskaņā ar literatūras datiem, ir pietiekami labi izstrādātas, tās nav sarežģītas un tās iegādes izmaksas nav lielas. Šīs stadijas pārbaude Latvijā varētu būt relatīvi viegli realizējama.
- 2) Iegūto bioeļļu sākotnēji varētu izmantot kā šķidro degvielu koģenerācijai (attēls. 2.45.).
- 3) Centralizētās pārstrādes rūpnīcas tehnoloģijas attīstības līmenis pašreiz nav pietiekami skaidrs un konkrētu projektu realizācija Latvijā steidzamības kārtā nelielas reāla. Perspektīvākie varianti ir hidrogenēšana un gazifikācija kopā ar Fišera – Tropša sintēzi. Šīs daļas pilnveidošanai visas tehnoloģiski attīstītās valstis un lielās starptautiskās enerģētikas un degvielu kompānijas pašreiz tērē milzīgus līdzekļus un labāki risinājumi par esošajiem droši vien tiks atrasti. Tomēr runa ir par ražotni, kura mēroga ziņā ir salīdzināma ar naftas pārstrādes rūpnīcu. Tādēļ konsultācijas par šo daļu vajadzētu sākt ar Karlsruhes TU, bet paralēli vajadzētu izskatīt jautājumu par starptautiska (Latvija–Lietuva vai Latvija – Lietuva – Polija) pārstrādes centra veidošanu Mažeikū naftas pārstrādes rūpnīcā, kurai bioeļļa no Latvijas tiktu piegādāta kā izejviela.



2.45. att. Ogļūdeņražu ražošanas projekta no koksnes un tās pārstrādes atlikumiem ieviešana Latvijā.

#### 2.3.4. Bioķīmiskā projekta realizācijas iespējas Latvijā

Lai realizētu etanola (ar iespēju pāriet uz butanola) ražošanu Latvijā no koksnes izejvielām, bez sākotnējām investīcijām šādu ražotņu izbūvei, jāņem vērā tādi faktori kā izejvielu pieejamība, transporta tīkls, izvēlēta pārstrādes tehnoloģija. Atbilstoši ziņotajai informācijai [3], Kajaani rūpnīcā (Somija), lai saražotu 8000 tonnu etanola gadā, nepieciešamas 80000 tonnu skaidu. Izmantojot alternatīvas tehnoloģijas, pārstrādes efektivitāti iespējams palielināt līdz aptuveni 25%. Attiecīgi secināms, ka resursu apjoms Latvijā ir pietiekams bioetanola ražotnes izveidei. Vienlaikus potenciāls riska faktors ražotnes izveidei tuvākajā laikā ir šobrīd vēl joprojām augstās ražošanas izmaksas (esošo tehnoloģiju iespaidā), kas apvienojot ar sākotnējām investīcijām, rūpnīcas izveidei nenodrošinās pietiekamu peļņu.

Vienlaikus gan, jāņem vērā, ka ražošanas procesā iespējams iegūt arī citus resursus, piemēram, vināzi (izmantojama biogāzes ražošanai), lignīnu (kurināmais, ķīmisko vielu ražošanas resurss). Alternatīvi ražošanu var ieviest papildus citai koksnes pārstrādes ražotnei, piemēram, celulozes rūpnīcai vai jau esošai etanola ražotnei, kur līdz šim izmantoti graudi. Attiecīgi tādējādi tiks samazinātas resursu piegādes un infrastruktūras izmaksas.

### **Secinājumi**

Biodegvielas ražošanu no lignocelulozes biomasas ar naftas degvielām pilnībā savietojamu ogļūdeņražu veidā vajadzētu veikt kā sastāvošu no 2 daļām: decentralizētās un centralizētās daļas. Pietiekami labi izstrādāta decentralizēta daļa ir ātrā pirolīze, kuras produkts – bioeļļa no daudzām ražotnēm, tiktu piegādāts centralizētai pārstrādes rūpnīcai ar naftas pārstrādes rūpnīcai atbilstošu tehnoloģiju. Pirolīzes bioeļļas ražošanu pilotprojekta veidā varētu realizēt MBD ražotnes attīstītājs, paralēli sekojot tehnoloģiju attīstībai un meklējot iespējas bioeļļas pārstrādei LPG, benzīnā, dīzeļdegvielā un aviācijas degvielā starptautiskas sadarbības veidā. Lai šī virziena attīstību uzsāktu, vispirms jāiegūst un jāizvērtē detalizēta informācija par Karlsruhes bioliq procesu.

Ražotnes izveide Latvijā bioetanola iegūšanai no koksnes ir iespējama, taču šobrīd pieejamās tehnoloģijas nenodrošinās tās rentabilitāti. Ekonomiski vairāk pamatota ir bioetanola ražošana biorafinēšanas rūpnīcā, kuras galvenais produkts ir celuloze. Abos gadījumos tālāka detalizēta izpēte ir jāsaista ar attiecīgo Somijas uzņēmumu tehnoloģiju detalizētu izpēti, balstoties uz EUBA (skatīt “Saīsinājumi”) datiem par biodegvielu ražojošiem uzņēmumiem.

### **Atsauces**

- [1] Bioliq <https://www.bioliq.de/english/55.php>
- [2] <http://www.biorama.eu/manifest-zur-neuausrichtung-der-landwirtschaft>
- [3] <https://forest.fi/article/st1-aims-to-increase-its-production-of-wood-based-bioethanol-15-fold-by-products-of-forest-industry-replace-fossil-raw-materials-and-increase-carbon-sink-in-agricultural-lands/>

### 3. ELEKTRISKIE TRANSPORTLĪDZEKĻI UN TAJOS IZMANTOTĀS ELEKTRISKĀS ENERĢIJAS UZKRĀJĒJU TEHNOLOĢIJAS

#### Saīsinājumi un definīcijas

ETL	Elektriskie transportlīdzekļi
CSDD	Ceļu satiksmes drošības direkcija
TEN-T	Eiropas transporta tīkls
EIT Inno Energy	Eiropas inovāciju un tehnoloģiju institūta zināšanu un inovāciju kopiena
BEV	Bateriju elektromobiļi
PHEH	Ar ārējo enerģiju lādējami hibrīdie automobiļi

#### Ievads

Ievērojamu daļu no siltumnīcefektu izraisošajām gāzēm rada tieši transporta sektors, tāpēc Pētījumā sniegts ieskats par Eiropas Savienībā nesen pieņemtajām siltumnīcefekta izraisīto gāzu samazināšanas prasībām kā jauniem vieglajiem automobiļiem, tā jauniem smagajiem kravas automobiļiem un par piemērojamajām sankcijām autoražotājiem izvīrīto prasību neizpildīšanas gadījumos, jo būtībā šīs prasības veicina bezemisiju un mazu emisiju transportlīdzekļu plašāku ražošanu un izmantošanu, tātad – elektromobilitāti veicinošas. Elektrisko transportlīdzekļu (ETL) tirgus tiek veicināts arī ar pieņemtām prasībām par bezemisiju vai mazemisiju transportlīdzekļu īpatsvaram no kopējā iegādāto jaunu transportlīdzekļu skaita publisko iepirkumu ietvaros. Arī privātu elektromobiļu iegāde tiek veicināta ar valsts sponsorētām subsīdijām elektromobiļu iegādei, kā arī piešķirot atvieglojumus un priekšrocības elektromobiļu īpašniekiem. Sakarā ar prognozējamo elektromobiļu skaita pieaugumu ir būtiski, ka ir pieejama kvalitatīva ETL uzlādes infrastruktūra.

Elektromobilitātes veicināšanas politikas ietekmi var manīt atspoguļojamies arī valsts valdību un autoražotāju oficiālajos plānos, un šī informācija parasti tiek izmantota elektromobiļu tirgus nākotnes attīstības prognožu veikšanā. Izmantojot faktiskos datus par ETL tirgus attīstības līdzšinējo dinamiku, var veikt salīdzinājumus ar iepriekšējos gados veiktajām tirgus attīstības prognozēm. Elektrisko transportlīdzekļu tirgus nākotnes attīstības prognožu apkopojumu var salīdzināt ar transportlīdzekļu, kas darbināmi ar biodegvielu, tirgus attīstības prognozēm.

Koksne ir atjaunojams resurss, tāpēc tās pielietošana enerģijas iegūšanā ar biodegvielu darbināmiem transportlīdzekļiem vai enerģijas uzkrājēju ražošanā ETL ļautu samazināt cilvēka radīto ietekmi uz vidi. Turpmāk analizētajos materiālos par ETL attīstību ticis apgalvots, ka ilgtermiņā ETL gūs virsroku pār tradicionālajiem iekšdedzes dzinēju automobiļiem un būs dominējošā tehnoloģija, tāpēc svarīgi izskatīt iespēju koksnes produktu izmantošanai enerģijas uzkrājēju ražošanā, jo pētniecība un ražošanas pilotprojekti realizējami vairākus gadus pirms rūpnīcas tehnoloģisko procesu pielāgošanas vai pat jaunas rūpnīcas būvēšanas. Superkondensatoru ražošanā tiek izmantota aktivētā ogle, ko var iegūt arī no koksnes, tāpēc svarīgi analizēt aspektus, kas varētu atturēt vai veicināt koksnes produktu izmantošanu superkondensatoru ražošanā nākotnē, kā arī cita veida enerģijas uzkrājējos. Lai spriestu par to, kurš no enerģijas uzkrājējiem tiks plašāk pielietots nākotnē, nepieciešams analizēt tendences tirgū un saprast katram no uzkrājēja veidiem piemērotākos pielietojumus.



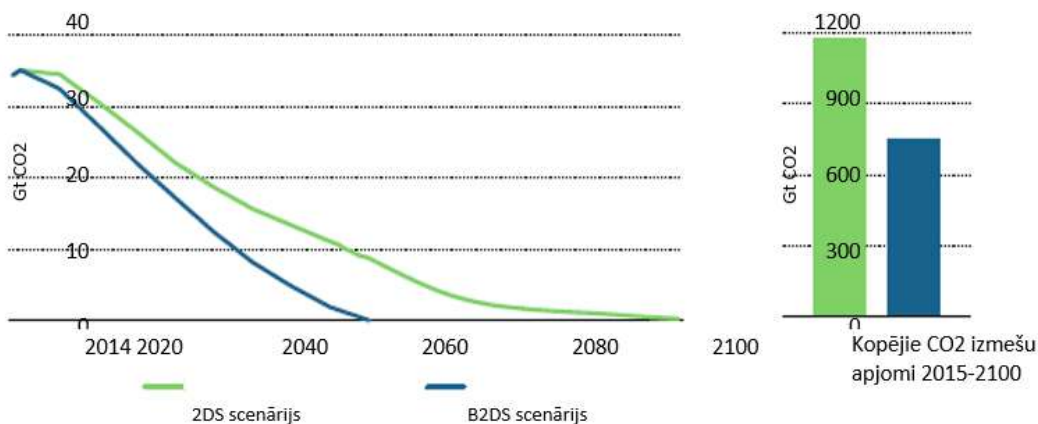
### 3.1. ELEKTRISKO TRANSPORTLĪDZEKĻU ATTĪSTĪBAS VEICINĀŠANAS POLITIKA UN TO TIRGUS LĪDZŠINĒJĀ ATTĪSTĪBA

2015. gadā Parīzē tika panākta vēsturiska vienošanās globālai rīcībai cilvēka darbības izraisīto klimata pārmaiņu ierobežošanai un to radīto seku mazināšanai, uz kā pamata tika sagatavots Parīzes nolīgums, kas tika parakstīts 2016. gadā. Parīzes nolīgums, ko parakstīja 195 valstis, ieskaitot Latviju, nosaka ilgtermiņa ceļu cīņai ar klimata pārmaiņām, un tas stāties spēkā 2020. gadā, aizstājot tagadējo Kioto protokolu [1], [2].

Parīzes nolīgums ietver ambiciozu mērķi, kas ietver uzdevumus būtiski samazināt siltumnīcefekta gāzu emisiju daudzumu un nodrošināt, lai globālā vidējā temperatūra nepaaugstinātos vairāk par  $2^{\circ}\text{C}$ , salīdzinot ar pirms industriālā laikmeta vidējo temperatūru, cenšoties noturēt  $1,5^{\circ}\text{C}$  temperatūras pieaugumu salīdzinājumā ar pirms industriālā laikmeta vidējo temperatūru. 3.1. attēlā ilustrēti siltumnīcefektu izraisošo gāzu samazināšanās tempi, kādi varētu būt atbilstoši Parīzes nolīgumā noteikto uzdevumu izpildīšanas gadījumā, saskaņā ar diviem iespējamajiem scenārijiem, ko izstrādājusi Starptautiskā Enerģētikas Aģentūra [1]:

- 1) *"Divi grādi"* (2DS) scenārijs, kas paredz, ka no 2015. gada līdz 2100. gadam atmosfērā tiktu izlaisti pavisam kopā 1170 gigatonnu oglekļa dioksīda ( $\text{CO}_2$ ), tādējādi nodrošinot 50% varbūtību, ka nākotnē vidējais gaisa temperatūras pieaugums nebūs augstāks par  $2^{\circ}\text{C}$ , salīdzinot ar pirms industriālā laikmeta vidējo temperatūru;
- 2) *"Zem diviem grādiem"* (B2DS) scenārijs, kas paredz, ka no 2015. gada līdz 2100. gadam atmosfērā tiktu izlaisti pavisam kopā 750 gigatonnu  $\text{CO}_2$ , tādējādi nodrošinot 50% varbūtību, ka nākotnē vidējais gaisa temperatūra pieaugums nebūs augstāks par  $1,75^{\circ}\text{C}$ , salīdzinot ar pirms industriālā laikmeta vidējo temperatūru.

Kā redzams 3.1. attēlā, abos minētajos scenārijos ar enerģijas izmantošanu saistīto siltumnīcefekta gāzu bilanci vajadzēs sasniegt nulles līmeni 21. gadsimta otrajā pusē: ap 2060. gadu *"Zem diviem grādiem"* scenārija gadījumā un ap 2090. gadu - *"Divi grādi"* scenārija gadījumā.



3.1.att. Siltumnīcefektu izraisošo gāzu emisiju ietekmes scenāriji.

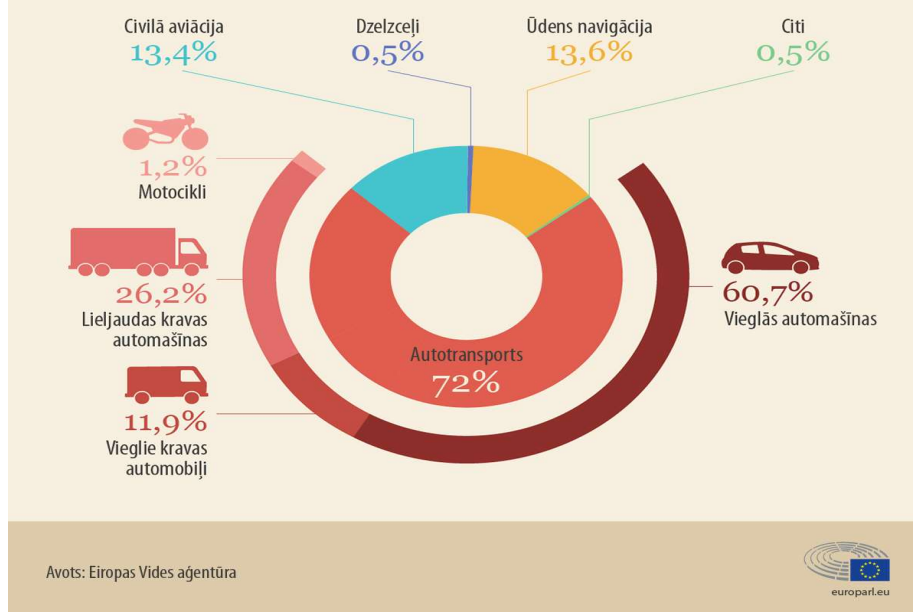
Saskaņā ar [1], transporta sektora radīto  $\text{CO}_2$  emisiju apjoms pasaulē sastāda aptuveni 23% no visām ar enerģijas izmantošanu saistītajām  $\text{CO}_2$  emisijām. Saskaņā ar [3], no visām ar enerģijas izmantošanu saistītajām  $\text{CO}_2$  emisijām transporta sektora radīto  $\text{CO}_2$  emisiju apjoms Eiropā sastāda aptuveni 30%.

Eiropas Savienības oficiālos infografiskos materiālos var manīt, ka 2016. gadā Eiropā pēc Eiropas Vides Aģentūras aprēķiniem no visa transporta sektora radītā  $\text{CO}_2$  emisiju apjoma 72% rada autotransports (3.2.attēlā.) [3].



## ES TRANSPORTA NOZARES CO2 EMISIJAS

### Emisiju sadalījums pa transporta veidiem (2016. g.)



3.2.att. Transporta nozares emisiju sadalījums.

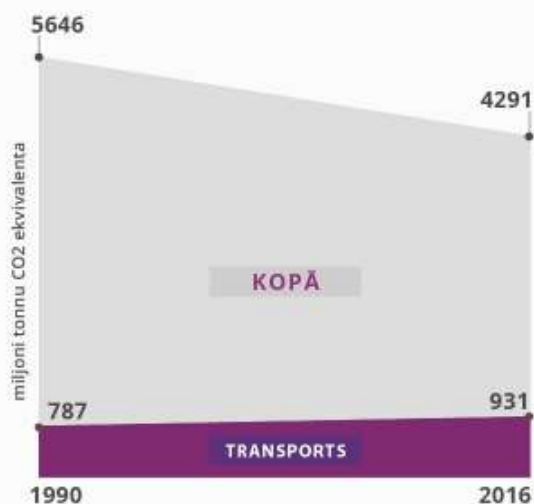
Taču Eiropas Padomes Ģenerālsekretariāta infografiskajā materiālā, kas datēts ar 2018. gadu, apgalvots, ka Eiropā pēc Eiropas Vides Aģentūras aprēķiniem no visa transporta sektora radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoma 94% rada autotransports (3.3. attēlā.) [4].

Iznāk, ka saskaņā ar 2018. gada aprēķiniem, no visa transporta sektora radītā emisiju apjoma civilās aviācijas, dzelzceļa transporta un ūdens navigācijas kopējās radītās emisijas sastāda tikai 6%, kas ir par 22% mazāk salīdzinājumā ar 2016. gadā aprēķinātajiem 28%. Līdz ar to autotransporta radīto CO<sub>2</sub> emisiju īpatsvars no visa transporta sektora radītā CO<sub>2</sub> emisiju apjoma divu gadu laikā ir pieaudzis attiecīgi par 22%. Šo straujo kāpumu nevar attiecināt, piemēram, uz civilās aviācijas vai ūdens transporta izmantošanas samazināšanos, bet drīzāk uz autotransportlīdzekļu skaita pieaugumu un biežāku to izmantošanu.

Lai Parīzes nolīguma nosacījumi tiktu izpildīti, transporta sektoram ir vajadzīgi strikti regulējumi par radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoma samazināšanu. Iepriekš minētajos CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas scenārijos transporta sektora elektrifikācijai ir ļoti nozīmīga loma. Turklāt līdzās transporta sektora elektrifikācijai un dekarbonizācijai notiek arī elektroapgādes sektora dekarbonizācija, t.i. elektrības ražošanā arvien vairāk tiek izmantoti atjaunojamie energoresursi [1].

## Autotransporta CO2 emisiju samazināšana

### SILTUMNĪCEFEKTA GĀZU EMISIJAS EIROPAS SAVIENĪBĀ



**94%**

no visām  
**transporta**  
radītajām  
siltumnīcefekta  
gāzu emisijām  
izraisa  
**autotransports**

### AUTOTRANSPORTA RADĪTĀS SILTUMNĪCEFEKTA GĀZU EMISIJAS

**27 %**  
AUTOFURGONI,  
AUTOBUSI, SMAGIE AUTO



**73 %**  
VIEGLIE AUTO &  
VIEGLIE KOMERCIĀLIE  
TRANSPORTLĪDZEKĻI



Avots: Eiropas Vides aģentūra



Eiropas Savienības Padome  
Ģenerālsekretariāts

© Eiropas Savienība, 2016.  
Pārpublicēšana ir atļauta, ja tiek norādīts avots.

3.3.att. Autotransporta radītās siltumnīcefekta gāzu emisijas.

### 3.1.1. CO<sub>2</sub> emisiju samazināšana jaunajiem vieglajiem automobiļiem

Dokumentā "Eiropas mazemisiju mobilitātes stratēģija" ir noteikts skaidrs mērķis, ka līdz 21. gadsimta vidum transporta radīto siltumnīcefekta gāzu emisiju līmenim jābūt vismaz par 60% zemākam nekā 1990. gadā, un ir jāuzņem kurss uz nulles emisiju [5], [6]. Tāpēc Eiropas Savienībā tiek veikti dažādi pasākumi, kuru mērķis ir samazināt vieglo automobiļu un vieglo komerciālo transportlīdzekļu jeb mikroautobusu CO<sub>2</sub> emisijas. Saskaņā ar vieglo automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju standartiem, pašreizējais vieglo automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju ierobežojums ir 130 grami uz vienu kilometru [7], bet, sākot ar 2021. gadu šis ierobežojums tiks samazināts līdz 95 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru un tiks ieviests pakāpeniski, jau sākot ar 2020. gadu, un laika posms starp 2020. un 2021. gadu ir noteikts kā pārejas periods [8], [9], [10]. Eiropas Parlaments 2017. gadā pieņēma jaunus automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju standartus, kuros tika noteikts, ka, sākot ar 2021. gadu, jaunajiem vieglajiem automobiļiem jāemitē par 15% mazāks emisiju apjoms līdz 2025. gadam (81 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru) un par 30% mazāks emisiju apjoms līdz 2030. gadam (67 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru), salīdzinot ar 2021. gadā noteikto robežvērtību [11]. Taču jau pēc diviem gadiem – 2019.gadā tika apstiprināta vienošanās ieviest vēl stingrākus ierobežojumus CO<sub>2</sub> emisiju standartos. Eiropas Parlaments 2019. gada aprīlī pieņēma jaunus vieglo automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju standartus, kas nosaka, ka vidējam CO<sub>2</sub> emisiju apjomam jaunajiem vieglajiem automobiļiem būs jābūt par tiem pašiem 15% mazākam 2025. gadā (81 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru), bet par 37,5% mazākam 2030. gadā (59 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru), salīdzinot ar 2021. gadā spēkā esošo robežvērtību [12]. Savukārt jauniem furgoniem CO<sub>2</sub> emisiju apjomam būs jābūt par 15% mazākam 2025. gadā un par 31% mazākam 2030. gadā, salīdzinot ar līdz 2020. gadam noteikto robežvērtību 147 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru [13].

Viens no automobiļu radīto CO<sub>2</sub> emisiju ierobežojumu noteikšanas galvenajiem mērķiem ir stimulēt autoražotājus ražot vairāk bezemisiju un/vai zemu apjomu emisiju transportlīdzekļus, piemēram, bateriju elektromobiļus un lādējamus hibrīdus automobiļus. Arī uz pārejas periodu starp 2020. un 2021. gadu attieksies jaunais CO<sub>2</sub> emisiju ierobežojums par 95 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru, un 95% no katra atsevišķa autoražotāja visiem saražotajiem jaunajiem automobiļiem nedrīkstēs pārsniegt šo ierobežojumu, bet, sākot ar 2021. gadu, neviens no katra atsevišķa autoražotāja visiem saražotajiem jaunajiem automobiļiem nedrīkstēs pārsniegt šo ierobežojumu [8]. Lai autoražotājus stimulētu ievērot noteiktos CO<sub>2</sub> emisiju standartus, ražotājiem, kam jaunu automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju vidējie rādītāji pārsniedz attiecīgajā gadā noteiktos ierobežojumus, tiek piemērotas soda naudas. Līdz 2018. gadam par katru saražoto automobili ražotājam bija jāmaksā 5 eiro par pirmo gramu uz vienu kilometru, kas pārsniedz noteikto ierobežojumu, 15 eiro - par otro, 25 eiro - par trešo un 95 eiro - par katru nākamo gramu uz kilometru. Sākot ar 2019. gadu, par katru gramu uz kilometru, kas pārsniedz noteikto ierobežojumu, ir jāmaksā 95 eiro [14]. Šī soda sankcija ir uzskatāma par ļoti striktu. Ir veikts pētījums, kura ietvaros, balstoties uz datiem par 2018. gadā radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjomu un pieņemot, ka no 2020. līdz 2021. gadam radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoms nav mazāks, aplēsti miljardos eiro mērāmi potenciālie naudas sodi, kādi varētu tikt piespriesti lielākajiem autoražotājiem [14]. Pētījuma ietvaros aplēstie potenciālie naudas sodi parādīti 3.4. attēlā.

Pasaules lielākajam autoražotājam Volkswagen AG 2020. gadā draud vislielākais sods, kas mērāms aptuveni 9 miljardos eiro, ja jauno automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju līmenis saglabāsies tāds pats kā 2018. gadā.

Skatoties uz 3.4.attēlu, vairs nav nekādu šaubu, ka 95 eiro sods par katru pārsniegto gramu CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru vairākiem autoražotājiem, it īpaši VW group un PSA, tuvākajā laikā liks būtiski paātrināt savas automobiļu produkcijas elektrificēšanu, samazinot iekšdedzes un dīzeļdzinēju automobiļu ražošanas apjomu un palielinot bateriju elektromobiļu un uzlādējamu hibrīdu automobiļu ražošanas apjomu.



3.4.att. Paredzamās soda naudas par pārsniegto emisiju.

Līdzās sodu un sankciju politikai, noteikti arī atsevišķi gadījumi, kādos vieglo automobiļu ražotāji varēs tikt privileģēti ar mazāk stingriem CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas nosacījumiem, ja tiks izpildīti noteikti kritēriji attiecībā uz bezemisiju un zemu emisiju automobiļu kategoriju, kurai atbilst bateriju elektromobiļi un lādējami hibrīdi automobiļi, pārdošanas apjomiem. Piemēram, tiem autoražotājiem, kuriem 2025. gadā bezemisiju un zemu emisiju vieglo automobiļu un furgonu īpatsvars pārsniegs 15% no visa saražoto un pārdoto vieglo auto un furgonu apjoma, tiks noteikti individuāli CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas nosacījumi, kas būs līdz 5% mazāki par standartos noteiktajiem. Savukārt tiem autoražotājiem, kuriem 2030. gadā bezemisiju un zemu emisiju vieglo automobiļu īpatsvars pārsniegs 35% no visa saražoto un pārdoto vieglo automobiļu apjoma, un bezemisiju vai zemu emisiju furgonu īpatsvars pārsniegs 30% no visa saražoto un pārdoto furgonu īpatsvara, tiks noteikti individuāli CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas nosacījumi, kas tāpat kā iepriekš būs līdz 5% mazāki par standartos noteiktajiem [15], [16].

Tā kā vieglo automobiļu produkcijas elektrifikācija Eiropas Savienībā tiek stimulēta politiskā līmenī ar samērā striktiem CO<sub>2</sub> emisiju ierobežojumiem jaunajiem automobiļiem un zināmām privilēģijām, kas ražotājiem nosaka zināmus atvieglojumus CO<sub>2</sub> samazināšanas prasībās nosacījumu izpildes gadījumos, kopumā var secināt, ka visā Eiropas Savienībā tuvākajos gados prognozējams diezgan straujš saražoto jaunu bezemisiju bateriju elektromobiļu un jaunu mazu emisiju hibrīdu automobiļu skaita pieaugums, bet saražoto jaunu iekšdedzes dzinēju automobiļu skaitam ir prognozējams kritums.

### 3.1.2. CO<sub>2</sub> emisiju samazināšana jaunajiem smagajiem kravas automobiļiem

2018. gada beigās pirmo reizi tika panākta vienošanās par Eiropas Komisijas ierosināto regulu attiecībā uz CO<sub>2</sub> emisiju standartiem lielas noslodzes kravas automobiļiem, un 2019. gada februārī šī vienošanās tika apstiprināta [17]. Regulā ir minēts, ka "CO<sub>2</sub> emisijas no lielas noslodzes transportlīdzekļiem, tostarp kravas automobiļiem, autobusiem un tālsatiksmes autobusiem, veido aptuveni 6% no kopējām CO<sub>2</sub> emisijām Eiropas Savienībā un aptuveni 25% no kopējām autotransporta CO<sub>2</sub> emisijām. Neveicot turpmākus pasākumus, gaidāms, ka lielas noslodzes transportlīdzekļu CO<sub>2</sub> emisiju daļa laikposmā no 2010. līdz 2030. gadam pieaugs par aptuveni 9%. Šobrīd Eiropas Savienības tiesību aktos nav noteiktas prasības par CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanu lielas noslodzes transportlīdzekļiem,

un tādēļ ir nekavējoties jāpieņem konkrēti pasākumi attiecībā uz šādiem transportlīdzekļiem” [18]. Prasībās noteikts, ka jauno lielas noslodzes kravas automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju apjomam jābūt par 15% zemākam līdz 2025. gadam, salīdzinot ar 2019. gada līmeni, un par 30% zemākam līdz 2030. gadam, salīdzinot ar 2019. gadu, ja vien pēc šīs regulas pārskatīšanas 2022. gadā netiks nolemts citādi. Turklāt šie noteiktie ierobežojumi aptuveni divas reizes pārsniedz tos rādītājus, kādus ierosināja Eiropas Automobiļu ražotāju asociācija 2018. gada augustā [19]. Noteiktie ierobežojumi ir saistoši, un, līdzīgi kā vieglo automobiļu ražotājiem, arī kravas automobiļu ražotājiem, kas tos neizpildīs, paredzēti naudas sodi par pārsniegtajām emisijām. Periodā no 2025. gada līdz 2029. gadam jauno kravas automobiļu ražotājiem par katru pārsniegto gramu CO<sub>2</sub> uz tonnkilometru jāmaksā 4250 eiro, bet sākot ar 2030. gadu un turpmāk - par katru pārsniegto gramu CO<sub>2</sub> uz tonnkilometru jāmaksā 6800 eiro [20].

Lai arī šobrīd nav publiskoti pētījumi par iespējamajiem naudas sodiem, kādi var tikt piespriesti atsevišķiem konkrētiem smago automobiļu ražotājiem, vācu smago automobiļu ražotājs MAN izteicies, ka, saskaņā ar viņu aprēķiniem, 6800 eiro sods par katru pārsniegto gramu CO<sub>2</sub> uz vienu tonnkilometru vairākiem smago automobiļu ražotājiem var draudēt ar miljardos eiro mērāmām soda naudām, kas dažus ražotājus var novest līdz bankrotam [21].

Ņemot vērā to, ka smago automobiļu ražotājiem CO<sub>2</sub> standartu neizpildes gadījumā var draudēt miljardos eiro mērāmi sodi, līdzīgi kā vieglo automobiļu ražotājiem, iepriekš pieminētie soda naudu apjomi tuvākajā laikā liks arī smago automobiļu ražotājiem realizēt attiecīgus pasākumus jauno smago automobiļu radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjomu samazināšanā, kas ietver, piemēram, jauno smago automobiļu produkcijas elektrificēšanu, samazinot iekšdedzes un dīzeļdzinēju smago automobiļu ražošanas apjomu un palielinot bateriju smago automobiļu un uzlādējamu hibrīdu smago automobiļu ražošanas apjomu.

Līdzās sodu un sankciju politikai noteikti arī atsevišķi gadījumi, kādos kravas automobiļu ražotāji varēs tikt privilēģēti ar mazāk stingriem CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas nosacījumiem. Pirmkārt, tiem kravas auto ražotājiem, kam no visu saražoto un pārdoto kravas automobiļu apjoma bezemisiju un zemu emisiju apjomu kravas automobiļu īpatsvars būs no 2% līdz 3%, tiks attiecināti mazāk stingri CO<sub>2</sub> samazināšanas nosacījumi līdz 2025. gadam, proti, standartos minēto 15% vietā piešķirtais rādītājs būs 12,4% [22].

Tā kā smago kravas automobiļu produkcijas elektrifikācija Eiropas Savienībā tiek stimulēta politiskā līmenī ar samērā striktiem CO<sub>2</sub> emisiju ierobežojumiem jaunajiem smagajiem kravas automobiļiem un zināmām privilēģijām, kas ražotājiem nosaka zināmus atvieglojumus CO<sub>2</sub> samazināšanas prasībās, nosacījumu izpildes gadījumos, kopumā var secināt, ka visā Eiropas Savienībā tuvākajos gados ir iespējams jaunu bezemisiju bateriju smago kravas automobiļu un jaunu mazu emisiju hibrīdu smago kravas automobiļu skaita pieaugums, bet jaunu iekšdedzes un dīzeļa dzinēju smago kravas automobiļu skaitam var prognozēt kritumu.

### **3.1.3. Elektrisko transportlīdzekļu tirgus veicināšanas politika**

Eiropas Savienības bezemisiju un zemu apjomu emisiju transportlīdzekļu tirgus tiek stimulēts, cenšoties veicināt šo transportlīdzekļu lietošanu publiskajā sektorā. 2019. gada februārī Eiropas Padome un Eiropas Parlaments panāca provizorisku vienošanos pārskatīt direktīvu par "tīru" un energoefektīvo autotransporta līdzekļu izmantošanas veicināšanu [23]. Par "tīru" vieglo auto uzskatāms mazas noslodzes transportlīdzeklis, kura maksimālās izpūtēja emisijas ir 50 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru, savukārt no 2026. gada par "tīru" vieglo auto būs uzskatāms nulles emisiju mazas noslodzes automobilis. Vēl par "tīru" vieglo auto ir uzskatāms mazas noslodzes transportlīdzeklis, kas darbināms ar alternatīvajām degvielām, kā definēts [24]. Par "tīru" lielas noslodzes transportlīdzekli (kravas auto, autobusi) uzskatāms vai nu transportlīdzeklis, kas darbināms ar alternatīvajām degvielām bez

iekšdedzes motora, vai ar tādu iekšdedzes motoru, kura emisijas ir mazākas nekā 1 g CO<sub>2</sub>/kWh, kas mērītas saskaņā ar [25], vai kura emisijas ir mazākas nekā 1 g CO<sub>2</sub>/km, kas mērītas saskaņā ar [26].

Direktīvas par "tīro" un energoefektīvo autotransporta līdzekļu izmantošanas veicināšanu reformas rezultātā tika palielinātas minimālās prasības pēc "tīriem" vieglajiem auto, "tīriem" smagajiem kravas auto un "tīriem" autobusiem 2025. gadā un 2030. gadā. Saistošās prasības izteiktas kā minimālais "tīru" transportlīdzekļu procentuālais īpatsvars no kopējā attiecīga veida autotransporta līdzekļu skaita, kas iegādāti valsts pasūtījumu vai publisko iepirkumu līgumu ietvaros. Konkrētās minimālās procentuālās vērtības atšķiras katrai Eiropas Savienības dalībvalstij.

Eiropas Savienības dalībvalstīm no visiem publisko iepirkumu ietvaros iegādātiem vieglajiem auto, "tīru" vieglo auto īpatsvaram jābūt starp 17.6% un 38.5% no 2021. gada līdz 2025. gadam un no 2026. gada līdz 2030. gadam. Attiecībā uz Latviju, direktīvā noteikts, ka gan no 2021. gada līdz 2025. gadam, gan no 2026. gada līdz 2030. gadam "tīru" vieglo auto īpatsvaram jābūt 22% no visiem Latvijas publisko iepirkumu ietvaros iegādātiem vieglajiem auto. Puse no "tīro" pilsētas autobusu īpatsvara minimālā mērķrādītāja jāsasniedz, iepērkot bezemisiju pilsētas autobusus, kas definēti Direktīvas 2019/1161 4.5.pantā [27].

Eiropas Savienības dalībvalstīm no visiem publisko iepirkumu ietvaros iegādātiem autobusiem "tīru" autobusu īpatsvaram jābūt starp 24% un 65% no 2021. gada līdz 2025. gadam un no 2026. gada līdz 2030. gadam. Attiecībā uz Latviju, direktīvā noteikts, ka no visiem Latvijas publisko iepirkumu ietvaros iegādātajiem autobusiem no 2021. gada līdz 2025. gadam "tīru" autobusu īpatsvaram jābūt 35%, savukārt no 2026. gada līdz 2030. gadam "tīru" autobusu īpatsvaram jābūt 50% [27].

Eiropas Savienības dalībvalstīm no visiem publisko iepirkumu ietvaros iegādātiem kravas automobiļiem "tīru" kravas automobiļu īpatsvaram jābūt starp 6% un 10% no 2021. gada līdz 2025. gadam un starp 7% un 15% no 2026. gada līdz 2030. gadam. Attiecībā uz Latviju, direktīvā noteikts, ka no visiem Latvijas publisko iepirkumu ietvaros iegādātiem kravas auto no 2021. gada līdz 2025. gadam "tīru" kravas automobiļu īpatsvaram jābūt 8%, savukārt no 2026. gada līdz 2030. gadam "tīru" kravas automobiļu īpatsvaram jābūt 9% [27].

Augstāk minētajām prasībām par elektromobiļu, elektrisko autobusu un elektrisko smago kravas automobiļu iegādi, t.i. īpatsvaru no kopējā transportlīdzekļu skaita, ir obligāts raksturs, kas nozīmē, ka valsts un pašvaldību iestādēm elektrisko transportlīdzekļu iegāde ir noteikta ar likumu. Tāpēc var uzskatīt, ka šādu prasību izvirzīšana valsts un pašvaldību institūcijām, kurām jāpilda tām izvirzītās likumiskās prasības, ir sava veida elektrisko transportlīdzekļu tirgus veicināšanas pasākums, jo, teorētiski, šie konkrētie valsts un pašvaldību institūcijām paredzamie iegādāto elektrisko transportlīdzekļu vienību skaiti automātiski ir izmantojami prognozēs par elektrisko transportlīdzekļu tirgu, t.i. – pārdošanas/iegādes apjomiem tuvākajos gados. Taču valsts un pašvaldību iestāžu autoparka elektrifikāciju diemžēl nevar uzskatīt par lētu pasākumu. Tāpēc iepriekš minēto prasību izpildes Eiropas Savienībā tiek veicinātas arī ar dažādiem atbalsta pasākumiem, sniedzot iespēju apgūt Eiropas Savienības finanšu līdzekļus.

Piemēram, Latvijai no Kohēzijas fonda videi draudzīgu autobusu iegādei pieejami vairāk nekā 12 miljoni eiro, kas sadalīti starp sešām republikas nozīmes pilsētām – Jelgavu, Jēkabpili, Jūrmalu, Rēzekni, Valmieru, Ventspili. Rēzekne sev piešķirtos līdzekļus izlietojusi četru elektrisko autobusu, kas pilsētā kursē kopš 2018. gada decembra, iegādei, kas tika piegādāti no Čehijas firmas „SOR” par 1,9 miljoniem eiro, un no šīs summas 1,36 miljonus finansēja Kohēzijas fonds, bet pārējo summu sedza pašvaldības un valsts budžeta dotācija [28]. Kopumā var secināt, ka tuvākajos gados gaidāms elektrisko transportlīdzekļu īpatsvara pieaugums valsts un publiskajā sektorā.

### 3.1.4. Privātu elektromobiļu iegādes veicināšanas politika

Salīdzinot ar iepriekšējā apakšnodaļā aprakstītajām prasībām par esošā autoparka elektrificēšanu valstu un pašvaldību iestādēm, prasību par elektromobiļu iegādi privātpersonām izvirzīšana, piemēram, ka uz vienu ģimeni drīkstētu būt ne vairāk par vienu iekšdedzes dzinēja automobili vai tamlīdzīgi, visticamāk, sastaptos ar ievērojamu pretestību. Šobrīd nepastāv noteiktas politiskā līmenī definētas prasības attiecībā uz elektromobiļu iegādi privātpersonām, taču pēdējā laikā vairākas Eiropas valstis ir ieviesušas vai atjauninājušas elektromobilitātes veicināšanas pasākumus. Tipisks variants ir elektrisko transportlīdzekļu iegādes valsts subsīdiju ieviešana. Tas nozīmē, ka pircējs, veicdams elektromobiļa pirkšanas darījumu, uzreiz saņem attiecīgu atlaidi, kas vienāda ar attiecīgas likumā noteiktā kārtībā piešķiramas subsīdijas apjomu.

Austrijā ar ekspluatācijas nodokli nav aplikti tikai nulles emisiju transportlīdzekļi. Kopš 2018. gada jauna bateriju elektromobiļa iegādei tiek piešķirta 3000 eiro subsīdija, un jauna lādējama hibrīda automobiļa, izņemot ar dīzeļdzinēju, iegādei tiek piešķirta 1500 eiro subsīdija. Pašreizējajai valsts atbalsta programmai paredzēts būt spēkā līdz 2020. gada beigām un tās realizēšanai ieplānoti 93 miljoni eiro [29], [30], [31].

Somijā kopš 2018. gada sākuma jauna bateriju elektromobiļa iegādei tiek piešķirta 2000 eiro subsīdija, ja elektromobiļa cena nepārsniedz 50 000 eiro [29]. Pašreizējai valsts atbalsta programmai paredzēts būt spēkā līdz 2021. gadam [32].

Francijā jaunu automobiļu, kuru radītās emisijas sastāda 20 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru vai mazāk, iegādei tiek piešķirta 6000 eiro subsīdija, taču piešķiramā subsīdija nedrīkst pārsniegt 27% no attiecīgā automobiļa cenas [29], [30].

Vācijā kopš 2016. gada jauna bateriju elektromobiļa iegādei tiek piešķirta 4000 eiro subsīdija, un 3000 eiro subsīdija lādējama hibrīda automobiļa iegādei [29]. No pircējam piešķiramās subsīdijas pusi, t.i. 2000 eiro, finansē Vācijas valdība, pusi, t.i. 2000 eiro – attiecīgā transportlīdzekļa ražotājs [33][29]. Šai valsts atbalsta programmai bija paredzēts beigties 2019. gada jūnijā [34], taču sakarā ar to, ka, saskaņā ar aplēsēm, no subsīdijām atvēlētajiem plānotajiem 1,2 miljardiem eiro, izmantoti tikai 500 miljoni, Vācijas valdība nolēma to pagarināt vēl līdz 2020. gada beigām [35]. Vācijas Federālā Transporta ministrija iesniegusi ierosinājumu ar plānu palielināt valsts puses subsīdijas līdz 4000 eiro esošo 2000 eiro vietā mazu elektromobiļu iegādei, kas maksā ne vairāk par 30 000 eiro. Savukārt elektromobiļiem, kas maksā no 30 000 eiro līdz 60 000 eiro, plānots daudz mazāks subsīdiu palielinājums - līdz 2500 eiro esošo 2000 eiro vietā. Šādi pasākumi tiek plānoti, lai veicinātu transporta sektora elektrifikāciju, jo Vācijas valdība saņēmusi bargu kritiku par to, ka līdz šim transporta sektora radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoms pārsvarā saglabāties nemainīgs kopš 1990. gada [36],[37].

Īrijā jauna bateriju elektromobiļa iegādei tiek piešķirta līdz 5000 eiro subsīdija, un šai valsts atbalsta programmai paredzēts būt spēkā līdz 2021. gada 31. decembrim. Jauna lādējama hibrīda automobiļa iegādei tiek piešķirta arī līdz 5000 eiro subsīdija, un šai valsts atbalsta programmai paredzēts būt spēkā līdz 2019. gada 31. decembrim [29], [38].

Itālijā jaunu automobiļu, kuru radītās emisijas sastāda 20 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru vai mazāk, iegādei tiek piešķirta 6000 eiro liela subsīdija no 2019. gada 1. marta līdz 2021. gada 31. decembrim. Savukārt transportlīdzekļiem, kuru radītās emisijas sastāda vairāk nekā 250 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru, var tikt piemērots līdz pat 2500 eiro augsts ekspluatācijas nodoklis [29].

Rumānija uzskatāma par vadošo valsti piešķiramo subsīdiu apjoma ziņā. Jauna bateriju elektromobiļa iegādei no 2017. gada tika piešķirta 10 000 eiro subsīdija, un papildus varēja dabūt 1400 eiro par automašīnas, kas vecāka par 8 gadiem, nodošanu metāllūžņos [29]. Jauna hibrīda automobiļa iegādei tiek piešķirta 4500 eiro subsīdija. No 2019. gada jūlija jauna bateriju elektromobiļa

iegādei tiek piešķirta 9500 eiro subsīdija, un jauna hibrīda automobiļa iegādei tiek piešķirta 4200 eiro subsīdija [39].

Norvēģijā nepiešķir subsīdijas jaunu elektroauto iegādei, bet pastāv atbrīvojums no 25% pievienotās vērtības nodokļa [140].

Slovēnijā jauna bateriju elektromobiļa iegādei tiek piešķirta 7500 eiro subsīdija, jauna bateriju elektriskā furgona vai bateriju smagā kvadricikla iegādei un jauna lādējama hibrīda automobiļa vai furgona iegādei tiek piešķirta 4500 eiro subsīdija, jauna vieglā elektriskā kvadricikla iegādei tiek piešķirta 3000 eiro subsīdija [29].

Spānijā jauna bateriju elektromobiļa vai lādējama hibrīda automobiļa iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 5500 eiro subsīdija, jauna bateriju furgona vai lādējama hibrīda furgona iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 6000 eiro subsīdija, jauna vidējas kravnesības bateriju kravas elektromobiļa vai hibrīda kravas automobiļa iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 8000 eiro subsīdija, un jauna smagas kravnesības bateriju kravas elektromobiļa vai hibrīda kravas automobiļa iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 15 000 eiro subsīdija [29].

Zviedrijā jauna bateriju elektromobiļa iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta 60 000 Zviedrijas kronu subsīdija, un jauna lādējama hibrīda automobiļa, kas rada mazāk nekā 60 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru, iegādei, atkarībā no iegādes cenas, var tikt piešķirta 10 000 Zviedrijas kronu subsīdija.

Lielbritānijā jauna bateriju elektromobiļa iegādei atkarībā no to iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 3500 eiro subsīdija, kas no pilnās cenas nav augstāka par 35%. Jauna bateriju furgona iegādei atkarībā no iegādes cenas var tikt piešķirta līdz 8000 eiro subsīdija, kas no pilnās cenas nav augstāka par 20% [40].

Igaunijas Vides ministrija plāno ieviest 5000 eiro lielas subsīdijas piešķiršanu ikvienam elektromobiļu pircējam, taču ar diezgan striktiem noteikumiem. Elektromobiļu īpašniekiem nākamo četru gadu laikā būs jānobrauc vismaz 80 000 kilometru, turklāt vismaz 80% no tiem jābūt veiktiem Igaunijas teritorijā. Ja šajā laika periodā neizdosies savākt nepieciešamo kilometru daudzumu, iepriekš piešķirtā subsīdija 5000 eiro apmērā būs valstij jāatmaksā. Lai noteikumiem spētu sekot līdzi, elektromobiļa pirkšanas brīdī īpašniekam jāpiekrīt, ka viņa spēkrats tiek aprīkots ar GPS izsekošanas sistēmu. Iepriekš Igaunijā līdzīga sistēma darbojās jau no 2011. gada līdz 2014. gadam. Toreiz subsīdijās tikuši izmaksāti aptuveni 11 miljoni eiro, bet noteikumi neparedzēja subsīdiju atmaksu [41].

Lai arī privātpersonām Latvijas valsts šobrīd nesniedz finansiālu atbalstu jaunu elektromobiļu iegādei, tomēr nolūkā veicināt videi draudzīgu transportlīdzekļu izmantošanu Latvijā, elektromobiļiem un to īpašniekiem ir noteikti vairāki atvieglojumi un priekšrocības [42]:

- 1) elektromobiļiem un hibrīdiem automobiļiem, kas emitē 50g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru vai mazāk un ir reģistrēti pēc 2009. gada 31. decembra, netiek piemērots transportlīdzekļu ekspluatācijas nodoklis;
- 2) samazināta uzņēmumu vieglo transportlīdzekļu nodokļa likme – 10,00 eiro mēnesī (iepriekš: 42,69 eiro mēnesī);
- 3) elektromobiļu pirmreizējā reģistrācija, kā arī reģistrācija, pirmo reizi saņemot speciālas nozīmes numura zīmes, ir bez maksas;
- 4) speciālu, vizuāli atšķirīgu numura zīmju pirmais komplekts – bez maksas;
- 5) elektromobiļiem, kas aprīkoti ar šīm numura zīmēm, atļauts braukt pa sabiedriskā transporta joslām;
- 6) Liepājā, pašvaldības maksas autostāvvietās un Rīgā, "Rīgas satiksmes" apsaimniekotajās autostāvvietās (izņemot apakšzemes autostāvvietā K. Valdemāra ielā 5a) elektromobiļus var novietot bez maksas;



7) Jūrmalā elektromobiļi ir atbrīvoti no iebraukšanas maksas pilsētas administratīvajā teritorijā.

Ceļu Satiksmes Drošības direkcija (CSDD) izstrādājusi arī īpašas norādes, kas autovadītājus informē par to, ka konkrētajā vietā iespējams uzlādēt elektromobili.

Par ETL attīstību Latvijā veicinošiem var uzskatīt nosacījumus, kas augstāk minēti pirmajā, piektajā un sestajā punktā, jo atsevišķos gadījumos potenciālais auto pircējs var izvēlēties iegādāties elektromobili, pateicoties atbrīvojumam no ekspluatācijas nodokļa, iespējas pārvietoties pa sabiedriskā transporta joslām, izvairoties no gaidīšanām sastrēgumos, un iespējas izmantot bezmaksas autostāvvietas. Tomēr būtisks priekšnosacījums straujam ETL izplatības pieaugumam Latvijā ir uzlādes staciju infrastruktūras izveide ar blīvu uzlādes punktu tīklu lielākajās pilsētās un gar valsts galvenajiem autoceļiem, kas šobrīd vēl nav pietiekami attīstīta.

### 3.1.5. Elektrisko transportlīdzekļu uzlādes infrastruktūras politika

Ņemot vērā iepriekš veiktos secinājumus par gaidāmo elektrisko transportlīdzekļu skaita pieaugumu tuvākajos gados, ir ļoti būtiski, lai tiktu sagatavota atbilstoša un pieejama elektrisko transportlīdzekļu uzlādes infrastruktūra. Līdzās samērā ierobežotam veicamās distances attālumam pēc vienas pilnas uzlādes un samērā augstai ETL iegādes cenai, būtisks tehnisks šķērslis, kas nemotivē potenciālos elektromobiļu pircējus, ir arī ierobežots publiski pieejamu uzlādes staciju skaits un ilgs uzlādēšanas laiks, tātad – uzlādes infrastruktūras nepilnības. Pat tādiem potenciāliem privātu elektromobiļu lietotājiem, kuri var atļauties uzstādīt lādētājus savās mājās, var būt problēmas ar lieljaudas lādētāju uzstādīšanu un lietošanu sakarā ar sadales tīkla pieejamās jaudas ierobežojumiem.

Sākotnēji var secināt, ka varētu būt vajadzīgas elektromobiļu bateriju nomainas stacijas, kurās elektromobiļu īpašnieki ierodas ar gandrīz izlādētām baterijām, lai tās nomainītu pret pilnībā uzlādētām, samaksājot par šo pakalpojumu. Vispārējs bateriju nomainas koncepts ir tāds, ka bateriju īpašnieks ir stacija, bet elektromobiļa īpašnieks tās nomā. No pircēju viedokļa ideja par bateriju nomāšanu no stacijas, nevis pirkšanu kopā ar elektromobili, kļūst visai pievilcīga, jo tieši bateriju cena veido lielāko daļu no pilnās elektromobiļa cenas. Taču, ja bateriju cenas krītas, tad šī ideja par bateriju nomāšanu attiecīgi var šķist mazāk pievilcīga, tomēr bateriju cenu krišanās tendence attiecīgi samazinātu arī bateriju nomāšanas cenas.

Par piemēru var minēt ASV bāzētu Izraēlas kompāniju *Better Place* ("Labāka Vieta"), kas šajā jomā darbojās visnopietnāk. Kompānijas ideja bija elektromobiļa īpašumu nošķirt no bateriju komplekta īpašuma, kas elektromobiļa sākotnējo iegādes cenu padarītu pielīdzināmu iekšdedzes dzinēju automašīnām, jo bateriju cena līdz ar to tiktu izslēgta no elektromobiļa sākotnējās iegādes cenas. *Better Place* izstrādāja biznesa modeli un realizēja to 2008. gadā ar 200 miljonu dolāru riska kapitālu, līdzdarbojoties ar *Renault-Nissan* [43]. Pirmajos 18 mēnešos *Better Place* bija ieguvusi piekrišanu un partnerību ar sešu valstu valdībām un pamazām sāka ieiet tirgū, tomēr pēc spēcīga sākuma starta, bizness neattīstījās kā plānots un *Better Place* bankrotēja 2013. gadā [44], [45]. Otru piemēru var minēt kompāniju *Tesla*, kas elektromobili *Model S* bija plānojusi regulārām bateriju nomainām un paziņojusi par mērķi katrā ātrās uzlādes stacijā ierīkot arī bateriju nomainas staciju. Tomēr izrādījās, ka *Tesla* elektromobiļu īpašnieki nebija īpaši ieinteresēti bateriju ātras uzlādēšanas vietā veikt bateriju nomaiņu, tāpēc plāns izbūvēt bateriju nomainas stacijas tika apturēts [46]. Ņemot vērā abas minētās kompānijas, var izdarīt secinājumu, ka bateriju nomainas bizness nedarbojas, bet pieprasījums pēc ātrās uzlādes stacijām ir. Savukārt Ķīnas auto ražotājs *BJEV* plāno izbūvēt 3000 bateriju nomainas staciju, un plānots, ka 1100 no tām būtu gatavas līdz 2020. gada beigām. 160 stacijas jau ir uzbūvētas, un tās apkalpo 13 000 elektromobiļu vairākās Ķīnas pilsētās [47].

Eiropas Savienības direktīvā 2014/94/ES "Par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu" ir noteikts, ka katrai Eiropas Savienības dalībvalstij ar savu valsts politikas regulējumu jānodrošina, ka līdz 2020. gada 31. decembrim tiek izveidots tāds atbilstošs skaits publiski pieejamu uzlādes punktu, lai panāktu, ka elektriskie transportlīdzekļi var pārvietoties vismaz pilsētu/piepilsētu aglomerācijas un citās blīvi apdzīvotās vietās. Direktīvā arī pieminēts mērķis par papildus uzlādes punktu izveidošanu Eiropas Transporta Tīkla (TEN-T) pamattīklā, pilsētu/piepilsētu aglomerācijas un citās blīvi apdzīvotās vietās līdz 2025. gada 31. decembrim [48].

2018. gada maijā pieņemts lēmums grozīt Eiropas Savienības Direktīvu "Par ēku energoefektivitāti", papildinot to ar jaunām prasībām, lai varētu atbalstīt konkrēti vērstas prasības atbalstīt uzlādes infrastruktūras uzstādīšanu dzīvojamo un nedzīvojamo ēku automašīnu stāvvietās. Direktīvas jaunajos norādījumos noteikts, ka attiecībā uz jaunām nedzīvojamām ēkām un nedzīvojamām ēkām, kurās veic nozīmīgu atjaunošanu, ar vairāk nekā desmit stāvvietām, dalībvalsts nodrošina, ka tiek ierīkots vismaz viens uzlādes punkts un kabelkanālu infrastruktūra, t.i., elektrības kabeļiem paredzēti kanāli, vismaz katrai piektajai stāvvietai, lai vēlākā stadijā būtu iespējams ierīkot elektrisko transportlīdzekļu uzlādes punktus. Savukārt, attiecībā uz jaunām dzīvojamām ēkām un dzīvojamām ēkām, kurās veic nozīmīgu atjaunošanu, ar vairāk nekā desmit stāvvietām, dalībvalsts nodrošina, ka katrai stāvvietai tiek ierīkota kabelkanālu infrastruktūra, t.i., elektrības kabeļiem paredzēti kanāli, lai vēlākā stadijā būtu iespējams ierīkot elektrisko transportlīdzekļu uzlādes punktus. Lai šī direktīva stātos spēkā, tās nosacījumi iekļaujami arī atsevišķu valstu nacionālā līmeņa būvnormatīvos. Tāpēc direktīvā ir noteikts, ka līdz 2020. gada 10. martam katrā Eiropas Savienības dalībvalstī jāstājas spēkā tās iekšējiem normatīviem un administratīviem aktiem, kas vajadzīgi, lai izpildītu šīs direktīvas prasības [49],[50].

### **3.1.6. Elektrisko transportlīdzekļu industriālā politika**

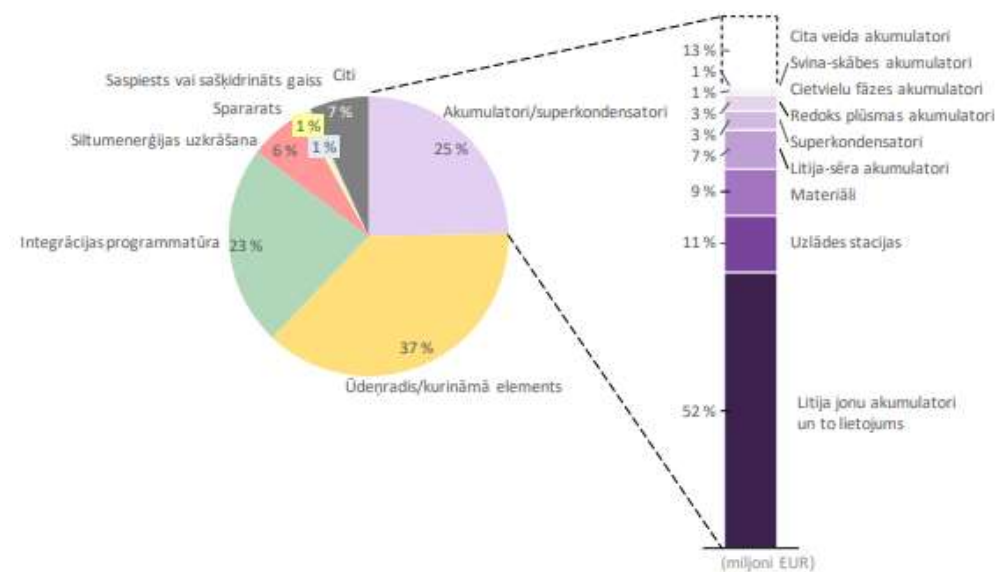
Saistībā ar autotransporta radīto CO<sub>2</sub> samazināšanas nepieciešamību un elektomobilitātes veicināšanu, akumulatoru izstrāde un ražošana ir definēta kā stratēģiska nepieciešamība Eiropā un svarīgs Eiropas autobūves nozares konkurētspējas elements. Eiropas Komisija 2017. gada oktobrī izveidoja "Eiropas Akumulatoru aliansi", kas ir platforma sadarbībai ar galvenajām nozares ieinteresētajām personām, ieinteresētajām dalībvalstīm un Eiropas Investīciju banku. Šīs iniciatīvas atbalstam Eiropas Komisija ir noteikusi konkrētus pasākumus, 2018. gadā uzsākot "Stratēģisko rīcības plānu attiecībā uz akumulatoriem". Rīcības plāna galvenie mērķi ir: nodrošināt piekļuvi izejvielām, piemēram, kobaltam, litijam, dabīgajam grafitam un niķelim no resursiem bagātām valstīm ārpus ES, atvieglot piekļuvi Eiropas izejvielu avotiem, kā arī nodrošināt piekļuvi otrreizējām izejvielām, izmantojot akumulatoru reciklēšanu aprites ekonomikā; atbalstīt Eiropas akumulatoru elementu plaša mēroga ražošanu un pilnībā konkurētspējīgu vērtības ķēdi Eiropā; nostiprināt vadošo lomu rūpniecībā, izmantojot pastiprinātu ES pētniecības un inovācijas atbalstu progresīvām (piemēram, litija jonu) un revolucionārām (piemēram, cietvielu fāzes) tehnoloģijām akumulatoru nozarē; attīstīt un nostiprināt darbaspēka prasmju līmeni visos akumulatoru vērtības ķēdes posmos; atbalstīt ES akumulatoru elementu ražošanas nozares ilgtspēju, cenšoties panākt zemāko iespējamo vides pēdas nospiedumu, piemēram, ražošanas procesā izmantojot atjaunojamo enerģiju; nodrošināt saskanību ar plašāku veicinošo satvaru un regulējumu nolūkā atbalstīt akumulatoru un uzkrāšanas tehnoloģiju izvēršanu [51].

Eiropas Akumulatoru alianse stimulē akumulatoru vērtības ķēdes izveidi Eiropā. Šim tīklam pievienojušies aptuveni 260 rūpniecības un inovāciju jomas dalībnieku. Šo tīklu vada *EIT InnoEnergy* (Eiropas Inovāciju un tehnoloģiju institūta zināšanu un inovāciju kopiena), un tā jau paziņojusi par

konsolidētām privātām investīcijām līdz 100 miljardu eiro apmērā, kas aptver visu vērtības ķēdi. Apņēmību attīstīt akumulatoru rūpniecību Eiropas Savienībā parāda arī vēlme uzņemties lielāku risku un palielināt ieguldījumus pētniecībā un inovācijās. Eiropas Savienības budžets jau nodrošina lielas finansējuma iespējas akumulatoru pētniecības un inovācijas atbalstam. Eiropas Savienības pētniecības un inovācijas pamatprogramma 2014. – 2020. gadam "Apvārsnis 2020" piešķirusi 1,34 miljardus eiro projektiem, kas attiecas uz enerģijas uzkrāšanu tīklā un mazoglekļa mobilitāti. 2019. gadā, saskaņā ar programmu "Apvārsnis 2020", tika izsludināts uzaicinājums iesniegt priekšlikumus par tematiem, kas saistīti ar akumulatoriem un atbilst Eiropas Akumulatoru alianses mērķiem, paredzot Eiropas Akumulatoru alianses ietvaros finansēt akumulatoru projektus 114 miljonu eiro vērtībā [52].

Eiropas Komisijas 2018. gada oktobra paziņojumā presei informēts par būtiskākajiem sasniegumiem akumulatoru ražošanas izveidē Eiropā. Par Eiropas savienības ekosistēmu pieminēts, ka mazāk nekā gada laikā Eiropas Inovāciju un tehnoloģiju institūtam (*EIT InnoEnergy*) ir izdevies mobilizēt un ievirzīt aptuveni 260 inovācijas un rūpniecības dalībnieku, kas pārstāv visus akumulatoru vērtības ķēdes segmentus. Pieminēti ražošanas projekti attiecībā uz akumulatoru materiāliem: uzņēmums *Umicore* plāno ievērojamas investīcijas Nisā (Polija) katodu materiālu ražošanai, un ražotnē tiksot izmantotas vismūsdienīgākās tehnoloģijas, un piegādes tā varēs sākt 2020. gada beigās; Beļģijā plānots būvēt jaunu procesu kompetenču centru, kurā tiks izstrādātas un plašākā mērogā ieviestas efektīvas ražošanas tehnoloģijas; viens no dominējošiem akumulatoru materiālu tirgus dalībniekiem BASF gaida, ka litija jonu akumulatoru tirgus strauji augs un plāno kāpināt Eiropas ražošanas jaudu; uzņēmums *Solvay*, kas strādā pie mūsdienīgiem elektrolītiem un elektrodu saistvielām un separatoriem, kas vajadzīgi augstas efektivitātes akumulatoriem, apsver iespēju Eiropā būvēt rūpnīcu. Pieminēti ražošanas projekti attiecībā uz akumulatoru elementiem: jau sācies darbs pie demonstrējuma līnijas izbūves *Northvolt* vadītā projekta Zviedrijā, kam Eiropas investīciju banka piešķirusi 52,5 miljonu eiro aizdevumu, un ražošanu plānots sākt 2019. gada otrajā pusē; *BMW Group*, *Northvolt* un *Umicore* ir izveidojuši kopīgu tehnoloģiju konsorciju, lai ciešā sadarbībā turpinātu izstrādāt pilnīgu un ilgtspējīgu Eiropas elektromobiļu akumulatoru vērtību ķēdi; akumulatoru ražotājs SAFT izziņojis, ka kopā ar *Solvay*, *Umicore*, *Manz* un citiem uzņēmumiem veido konsorciju, kura mērķis būs izstrādāt un ražot akumulatoru elementus, izmantojot avancētas litija jonu tehnoloģijas un pēc tam arī cietvielu litija jonu tehnoloģijas; uzņēmums *Siemens* nācis klajā ar pilotprojektu – Eiropā pirmajām pilnīgi automatizētajām un digitalizētajām ražošanas līnijām; Vācijas uzņēmumi un pētniecības iestādes aktīvi strādā pie tā, lai laikus iedibinātu akumulatoru ražošanu Vācijā. Pieminēti arī Stratēģiskā rīcības plāna akumulatoru jomā īstenošanas rezultāti, piemēram, attiecībā uz pētniecību pieminēts, ka 2020. gadā tiks izsludināti jauni temati ar akumulatoriem saistītiem projektiem, un to kopbudžets būs 70 miljoni eiro. Komisija turklāt plāno nākamās daudzgadu finanšu shēmas ietvaros partnerību akumulatoru jomā piedāvāt programmā "Apvārsnis Eiropa". Paralēli tiek veidota Eiropas Tehnoloģiju un inovācijas platforma ar mērķi virzīties uz akumulatoru jomas pētniecisko prioritāšu sasniegšanu, formulēt ilgtermiņa redzējumu, izstrādāt stratēģisku pētniecības programmu. Platformas vadību uzņemsies nozares pārstāvji, pētnieku aprindas un dalībvalstis [53].

No pamatprogrammas "Apvārsnis 2020" Eiropas Komisija 396 projektiem, kas bija saistīti ar enerģijas uzkrāšanu tīklā un mazoglekļa mobilitātes lietojumiem, piešķīra dotācijas kopumā 1,34 miljardu eiro vērtībā: 25% līdzekļu bija paredzēti ar akumulatoriem saistītiem projektiem, savukārt 37% – ar ūdeņradi vai kurināmā elementiem saistītiem projektiem. Kā redzams 3.5. attēlā, akumulatori un superkondensatori ir zem vienas kategorijas (25%). Kopumā pētniecības projektiem akumulatoru jomā tika atvēlēti 315 miljoni eiro, no kuriem, kā redzams attēlā, 3% jeb 9,45 miljonus eiro piešķīra projektiem saistībā ar superkondensatoriem [54].



Avots: ERP, pamatojoties uz Komisijas datiem.

3.5.att. Pamatprogrammas "Apvārsnis 2020" enerģijas uzkrāšanas projekti.

No augstāk parādītā attēla izriet, ka uz terminu "akumulatori", par ko aprakstīts šīnī apakšnodaļā, attiecas ne vien, piemēram, litija jona akumulatori utt., bet gan arī superkondensatori. No tā var secināt, ka līdzās akumulatoriem, superkondensatori arī tikuši atzīti par stratēģisku nepieciešamību Eiropā un svarīgu autobūves nozares konkurētspējas elementu, jo, lai arī ievērojami mazāk nekā ar akumulatoriem saistītiem pētniecības projektiem, tomēr arī ar superkondensatoriem saistītiem pētniecības projektiem tiek piešķirti Eiropas Savienības finanšu līdzekļi. Tas nozīmē, ka superkondensatoriem ir visas iespējas attīstīties.

### 3.1.7. Pasaules valstu valdību galvenie pasākumi un mērķi, lai veicinātu elektrisko vieglo, vidējo un smago transportlīdzekļu izmantošanas veicināšanu

Elektrisko transportlīdzekļu izmantošanas veicināšana tiek stimulēta politiskā līmenī ar dažādiem valdību izvirzītiem mērķiem un plānotiem pasākumiem, kas lielā mērā ietver iekšdedzes dzinēju automobiļu izmantošanas pakāpenisku mazināšanu vai pat izslēgšanu, jo atsevišķas valstis plāno pilnībā aizliegt iekšdedzes dzinēju auto pārdošanu. Tomēr vairums valstu ir izvirzījušas mērķus attiecībā uz elektromobiļu skaitu vai īpatsvaru, sākot ar kādu noteiktu gadu. Šie mērķi ir būtiski faktori, kas tiek ņemti vērā, prognozējot elektrisko transportlīdzekļu skaitu pasaulē tuvākos gados, tāpēc tiks pieminēti Āzijas, Eiropas, Ziemeļamerikas reģionu, kā arī citu valstu valdību oficiāli izvirzītie mērķi attiecībā uz elektriskajiem transportlīdzekļiem.

#### 3.1.7.1. Āzijas valstis

##### Indija



Indijas valdība 2017. gadā paziņoja par plānu izvirzīt mērķi – līdz 2030. gadam no visiem pārdotajiem transportlīdzekļiem (gan vieglajiem, gan vidējiem, gan smagajiem) elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars sastādītu 100%, taču no autoražotāju puses bija manāma pretestība. Tāpēc 2018. gadā tika izvirzīts realizējamāks mērķis – lai no visiem pārdotajiem transportlīdzekļiem (gan vieglajiem, gan vidējiem, gan smagajiem) elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars sastādītu 30% [55], [56]. 2018. gadā tika plānots publiskais iepirkums no EESL

(*Energy Efficiency Services Limited (India)*) ar mērķi 500 tūkstošus valsts sektora iekšdedzes dzinēja automašīnu aizvietot ar elektromobiļiem, taču procesa realizācija aizkavējusies [57]. 2015. gadā Indijas valdība noteica jaunus CO<sub>2</sub> emisiju standartus, nosakot, ka no 2022. gada jaunu vieglo automobiļu maksimālā CO<sub>2</sub> emisiju robežvērtība būs 113 g CO<sub>2</sub> uz vienu kilometru [58],[59],[60].

2017. gadā Indijas valdība izvirzīja mērķi – sākot ar 2030. gadu, no visiem iepirktajiem pilsētu autobusi, visi 100% būtu bateriju elektriskie autobusi [61]. 2019. gadā tika apstiprināta elektrisko transportlīdzekļu subsīdiju programmas FAME Otrā fāze, kurā iekļauta elektrisko autobusu iepirkšanas veicināšanas shēma [62], [63], [64], [65].

#### **Indonēzija**



Indonēzijas valdība 2019. gadā izvirzīja mērķi – lai līdz 2025. gadam no visiem pasažieru vieglajiem auto 2200 būtu elektromobiļi [66],[67].

#### **Japāna**



2014. gadā Japānas valdība izvirzīja mērķi – lai no visiem pārdotajiem pasažieru vieglajiem automobiļiem bateriju elektromobiļu un hibrīdie automobiļu īpatsvars sastādītu 20 – 30%, sākot ar 2030. gadu [68]. 2018. gadā tika izvirzīts ilgtermiņa mērķis – lai līdz 2050. gada beigām par 80% tiktu samazinātas izraisītās siltumnīcefektu izraisošās emisijas uz katru uzražoto transportlīdzekli [69]. Tika izvirzīts arī ilgtermiņa mērķis – lai līdz 2050. gadam visas jaunās automašīnas būtu bateriju elektromobili vai hibrīdie automobiļi [70]. 2018. gadā tika izvirzīts mērķis samazināt īpatnējo degvielas patēriņu par 19,7% līdz 2020. gadam, un par papildus 23,8% starp 2020. un 2030. gadu [71].

2019. gadā Japānas valdība izvirzīja mērķi – līdz 2025. gadam smago kravas automašīnu degvielas ekonomija uzlabojama par 13,4% un autobusu degvielas ekonomija – par 14,3%, salīdzinājumā ar 2015. gada līmeņiem [72].

#### **Ķīna**



Ķīnas valdība 2012. gadā izvirzīja mērķi par 5 miljoniem elektrisko transportlīdzekļu vienību uz ceļiem līdz 2020. gadam [73]. 2017. gadā tika izvirzīts mērķis –no visiem pārdotajiem automobiļiem, elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars sastādītu 7 – 10% līdz 2020. gadam, 15 – 20% līdz 2025. gadam un 40 – 50% - līdz 2030. gadam [74]. 2018. gadā tika apstiprināts priekšlikums par stingrāku degvielas ekonomijas standartu, kas nosaka, ka pašreizējam vieglo auto vidējam degvielas patēriņam (5L/100 km) jābūt spēkā līdz 2020. gadam, savukārt līdz 2025. gadam šim patēriņam jābūt par 20% mazākam, t.i. 4L/100 km [75].

2015. gadā izvirzītajā mērķī par 5 miljoniem elektrisko transportlīdzekļu vienību uz ceļiem tika noteikts, ka no šī skaita jābūt 400 tūkstošiem elektrisko autobusu un 200 tūkstošiem kravas mašīnu [76]. 2016. gadā tika izvirzīts priekšlikums, ka līdz 2021. gadam kravas automobiļu degvielas ekonomija jāuzlabo par 15% salīdzinājumā ar 2015. gada līmeni [77].

#### **Dienvidoreja**



2019. gadā Dienvidkorejas valdība izvirzīja mērķi – līdz 2022. gadam uz ceļiem būtu 430 tūkstoši bateriju elektromobiļu un 67 tūkstoši degvielas šūnu elektromobiļu vienību [78], [79].

### **Malaizija**



2017. gadā Malaizijas valdība izvirzīja mērķi – lai 2030. gadā uz ceļiem būtu 100 tūkstoši pasažieru vieglo elektromobiļu vienību [80].

2018. gadā Malaizijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam uz ceļiem būtu 2000 elektrisko autobusu vienību [81].

### **Taizeme**



2016. gadā Taizemes valdība noteica mērķi – lai līdz 2036. gadam uz ceļiem būtu 2,1 miljoni elektromobiļu [82].

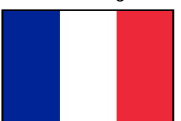
## **3.1.7.2. Eiropas valstis**

### **Dānija**



2018. gadā Dānijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam uz ceļiem būtu 1 miljons pasažieru vieglo elektromobiļu vienību un lai līdz tam pašam gadam tiktu aizliegts pārdot jaunus iekšdedzes dzinēju automobiļus [83], [84].

### **Francija**



2017. gadā Francijas valdība noteica benzīna un dīzeļa iekšdedzes dzinēju automobiļu pārdošanas pilnīgu aizliegumu sākot ar 2040. gadu [85], [86], [87].

### **Īrija**



2018. gadā Īrijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam uz ceļiem būtu 500 tūkstoši elektromobiļu vienību [88].

2018. gadā Īrijas valdība pieņēma lēmumu aizliegt dīzeļdzinēju autobusu pārdošanu, sākot ar 2019. gadu [89]. Tika izvirzīts mērķis – lai līdz 2035. gadam no visiem uz ceļiem esošajiem autobusiem 70% būtu elektriskie autobusi.

### **Krievijas Federācija**



2017. gadā Krievijas galvaspilsētas Maskavas valdībai piederošā sabiedriskā transporta pakalpojumu sniegšanas kompānija *Mosgortrans* izsludināja konkursu par 300 elektrisko autobusu iegādi, kurai paredzēts sastāvēt no 3 izsolēm pa 100 elektriskajiem autobusi katrā [90]. Pirmie elektriskie autobusi pa Maskavas ceļiem sāka kursēt 2018. gada 1. septembrī, un tajā pašā gadā Maskavas valdība izvirzīja plānu katru gadu iepirkt 300 jaunus elektriskos autobusus, kurus ražotu kompānijas *KamAz* un *Gaz*, un no 2021. gada pilnībā pārtraukt iekšdedzes un dīzeļdzinēju autobusu iegādi [91]. 2019. gada sākumā tika pasūtīti vēl 100 jauni *KamAz* elektriskie autobusi [92]. Avotā [93] minēts paredzējums, ka līdz 2018. gada beigām pa Maskavas ceļiem kursētu 100 elektriskie autobusi, taču šis mērķis tika sasniegts vairākus mēnešus pēc noteiktā termiņa, jo, saskaņā ar avotu [90], tikai 2019. gada maijā kursējošo elektrisko autobusu skaits sasniedza 100 vienības. Avotā [94] minēta prognoze, ka līdz 2019. gada beigām pa Maskavas ceļiem kursētu 600 elektrisko autobusu vienību, kas, acīmredzot, izrādījies nerealizējama, jo jaunākā avotā [95] minētais Maskavas valdības izvirzītais mērķis paredz, lai līdz 2019. gada beigām pa galvaspilsētas ceļiem kursētu 300 elektrisko autobusu vienību.

**Lielbritānija**

2018. gadā Lielbritānijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam no visiem pārdotajiem pasažieru vieglajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars sastādītu 50 – 70% [96].

**Nīderlande**

2016. gadā Nīderlandes valdība izvirzīja mērķi – lai, sākot ar 2025. gadu, no visiem publisko iepirkumu ietvaros iepērkamajiem autobusiem visi 100% būtu elektriskie autobusi [97].

**Norvēģija**

2016. gadā Norvēģijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2025. gadam no visiem pārdotajiem pasažieru vieglajiem automobiļiem un mikroautobusiem 100% būtu elektriskie transportlīdzekļi [98], [99].

2016. gadā Norvēģijas valdība izvirzīja mērķi – lai, sākot ar 2025. gadu, no iepērkamajiem pilsētas autobusiem visi 100% būtu elektriskie autobusi. Tika arī izvirzīts mērķis – lai, sākot ar 2030. gadu, no iepērkamajiem garu distanču veikšanas autobusiem 75% būtu elektriskie autobusi. Vēl tika izvirzīts mērķis – lai no iepērkamajām kravas automašīnām 50% būtu elektriskās kravas automašīnas [100].

**Polija**

2016. gadā Polijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2025. gadam uz ceļiem būtu 1 miljons vieglo elektromobiļu [101].

**Slovēnija**

2017. gadā Slovēnijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam no visiem pārdotajiem pasažieru vieglajiem auto, visi pilnībā (100%) būtu elektromobiļi [102]. Tācis izvirzīts papildus mērķis – lai no visiem uz ielām esošajiem automobiļiem 17% būtu elektromobiļi [103].

**Somija**

2016. gadā Somijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam uz ceļiem būtu 250 tūkstoši elektromobiļu vienību [104].

**Spānija**

2019. gadā Spānijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2040. gadam no visiem pārdotajiem vieglajiem pasažieru automobiļiem 100% būtu bezemisiju transportlīdzekļi [105].

### **Zviedrija**



2017. gadā Zviedrijas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2030. gadam transportlīdzekļu radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoms samazinātos par 70% salīdzinājumā ar 2010. gadu, kā arī ir noteikts mērķis – lai līdz 2045. gadam autotransportā tiktu sasniegts nulles emisiju kurss [106].

2017. gadā Zviedrijas valdība izvirzīja mērķi – lai, sākot ar 2030. gadu, transportlīdzekļu radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjoms tiktu samazināts par 70%, salīdzinājumā ar 2010. gada līmeņiem. Ticis arī izvirzīts mērķis par siltumnīcefekta gāzu neto jeb nulles emisijām, sākot ar 2045. gadu [107].

Baltijas valstu – Latvijas, Lietuvas un Igaunijas – valdības nav paziņojušas par konkrētiem mērķiem attiecībā uz elektriskajiem automobiļiem, piemēram, par konkrētu skaitu konkrētā gadā, konkrētiem pārdošanas apjomiem, utt.

### **3.1.7.3. Ziemeļamerikas valstis**

#### **Kanāda**



2019. gadā Kanādas valdība izvirzīja mērķi – lai no 2025. gada no visiem pārdotajiem pasažieru vieglajiem automobiļiem 10% būtu bezemisiju auto, no 2030. gada – 30%, un no 2040. gada – 100% [108], [109], [110]. 2012. gadā ticis noteikts 5% ikgadējs CO<sub>2</sub> samazinājums vieglajiem pasažieru automobiļiem no 2017. līdz 2025. gadam, un 3.5% ikgadējs CO<sub>2</sub> samazinājums vieglajiem kravas automobiļiem no 2017. līdz 2021. gadam, un 5% – no 2022. līdz 2025. gadam [111].

2018. gadā Kanādas valdība pieņēma lēmumu ieviest stingrākus siltumnīcefekta gāzu emisiju standartus smagajiem kravas automobiļiem, sākot ar 2021. gadu, un palielinot stingrību līdz 25% līdz 2027. gadam, salīdzinājumā ar 2017. gadu [112].

#### **Amerikas Savienotās Valstis**



2014. gadā ASV valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2025. gadam astoņos štatos (Kalifornija, Konektikuta, Merilenda, Masačūsetsa, Ņujorka, Oregona, Rodē sala un Vermonta) kopā uz ceļiem būtu 3,3 miljoni vieglo elektromobiļu vienību [113]. Ticis izvirzīts mērķis – lai Kalifornijā līdz 2025. gadam būtu 1,5 miljoni bezemisiju automobiļu, kas veidotu 15% no visu pārdoto automobiļu apjoma, un 5 miljoni bezemisiju automobiļu līdz 2030. gadam [113].

2011. gadā ASV valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2017. gadam smago kravas automobiļu degvielas ekonomija tiktu uzlabota par 30% salīdzinājumā ar 2010. gada līmeņiem [115].

### **3.1.7.4. Pārējās valstis**

#### **Kostarika**



2017. gadā Kostarikas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2023. gadam uz ceļiem būtu 37 tūkstoši vieglo elektromobiļu vienību [116].

2019. gadā Kostarikas valdība izvirzīja mērķi – lai, sākot ar 2035. gadu, no visiem valstī esošajiem autobusiem 70% būtu elektriskie autobusi un – lai, sākot ar 2050. gadu, no visiem valstī esošajiem autobusiem 100% būtu elektriskie autobusi [117].



### Čīle



2018. gadā Čīles valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2050. gadam no visiem uz ceļiem esošajiem pasažieru vieglajiem automobiļiem 40% būtu elektromobiļi [118].

2018. gadā Čīles valdība izvirzīja mērķi – lai, sākot ar 2040. gadu, no visiem sabiedriskā transporta sektora autobusiem 100% būtu elektriskie autobusi [119].

### Izraēla



2018. gadā Izraēlas valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2025. gadam uz ceļiem būtu 177 tūkstoši pasažieru vieglo elektromobiļu vienību un līdz 2030. gadam – 1,5 miljoni [120].

### Jaunzēlande



2016. gadā Jaunzēlandes valdība izvirzīja mērķi – lai līdz 2021. gadam uz ceļiem būtu 64 tūkstoši pasažieru vieglo elektromobiļu [121].

## 3.1.8. Autoražotāju plāni attiecībā uz elektromobiļu ražošanu

Elektromobilitātes un elektromobiļu izmantošanas veicināšanas politika 2018. gadā atspoguļojās arī dažādu autoražotāju paziņojumos par jauniem plāniem un mērķiem, piemēram, par noteiktu skaitu jaunu elektromobiļu modeļu izlaišanu līdz noteiktam gadam un par pārdoto elektromobiļu vienību skaitu kādā noteiktā gadā. Šie plāni un mērķi, līdzīgi kā iepriekš aplūkotie valstu valdību mērķi, ir būtiski faktori, kas tiek ņemti vērā, prognozējot elektrisko transportlīdzekļu skaitu pasaulē tuvākos gados, tāpēc apkopoti gan Eiropas, gan pārējo valstu autoražotāji, kas oficiāli paziņojuši par plāniem un mērķiem attiecībā uz elektromobiļu ražošanu.

### Audi (Vācija)



Mērķis:

- 1) līdz 2025. gadam izlaist 30 elektromobiļu modeļus, no kuriem 20 būtu pilnībā ar baterijām darbināmi,
- 2) no 2025. gada no visas pārdoto automobiļu produkcijas elektromobiļu īpatsvaram jāsasāda 40% [122].

### BJEV-BAIC (Beijing Electric Vehicle Com.), (Ķīna)



Mērķis:

- 1) 2020. gadā pārdot 0,5 miljonus elektromobiļu,
- 2) 2025. gadā pārdot 1,3 miljonus elektromobiļu [16].

### BMW (Vācija)



Sākotnēji 2017. gadā BMW paziņojums bija, ka līdz 2025. gadam 15 – 25% no izlaistajām BMW automašīnām jābūt elektromobiļiem un jāizlaiž 25 jauni elektromobiļu modeļi [124]. Taču jau 2019. gadā BMW paziņoja par veiktām izmaiņām paredzamajos plānos. Izvirzītais ambiciozais mērķis paredz, ka līdz 2025. gadam pārdoto elektromobiļu apjoms pieaugs par 30% katru gadu, uzsverot apņemšanos ievērot visus Eiropas Savienības izvirzītos mērķus un uzdevumus attiecībā uz emisiju samazināšanu. Jaunais izvirzītais mērķis atšķirībā no iepriekšējā ir paātrināts par 2 gadiem, t.i. – lai 25 jauni elektromobiļu modeļi tiktu izlaisti jau līdz 2023. gadam.

Ja šo mērķi izdotos sasniegt saskaņā ar plānu, tad starp 2020. un 2025. gadu tiktu pārdoti veseli 3 miljoni zemu emisiju apjomu un bezemisiju transportlīdzekļu vienību [125].

#### **BYD (Ķīna)**



Mērķis: 2020. gadā pārdot 0,6 miljoni elektromobiļu vienību [16].

#### **Chonqing Changan (Ķīna)**



Mērķis: līdz 2025. gadam izlaist 21 jaunu elektromobiļu modeli un 12 jaunus lādējamu hibrīdu auto modeļus, un elektriskiem auto jāveido 100% no kompānijas visu pārdoto automobiļu apjoma [126].

#### **Dongfeng Motor CO (Ķīna)**



Mērķis:

- 1) līdz 2020. gadam izlaist 6 jaunus elektromobiļu modeļus,
- 2) līdz 2022. gadam no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jāsasāda 30% [127].

#### **FCA (Fiat Chrysler Automobiles) (Itālija, Amerikas Savienotās Valstis)**



Mērķis: līdz 2022. gadam izlaist 28 jaunus elektromobiļu modeļus [16].

#### **Ford (ASV)**



Mērķis: līdz 2022. gadam izlaist 40 jaunus elektromobiļu modeļus [128].

#### **Geely (Ķīna)**



Mērķis: 2020. gadā no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jābūt 90% [129].

#### **GM (General Motors) (ASV)**



Mērķis: līdz 2023. gadam izlaist 20 jaunus elektromobiļu modeļus [130].

#### **Honda (Japāna)**



Mērķis: 2030. gadā no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jābūt 15% [16].

#### **Hyundai-Kia (Dienvidkoreja)**



Mērķis: līdz 2020. gadam izlaist 12 jaunus elektromobiļu modeļus [16].

### **Mahindra & Mahindra (Indija)**



Mērķis: 2020. gadā pārdot 36 tūkstošus elektromobiļu vienību [16].

### **Mazda (Japāna)**



Mērķis:

- 1) 2020. gadā izlaist 1 jaunu elektromobiļa modeli,
- 2) 2030. gadā no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jāsasastāda 5% [131], [132].

### **Mercedes-Benz (Vācija)**



Mērķis:

- 1) 2020. gadā pārdot 100 tūkstošus elektromobiļu vienību,
- 2) līdz 2022. gadam izlaist 10 jaunus elektromobiļu modeļus,
- 3) 2025. gadā no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jāsasastāda 25% [16].

### **PSA (ietilpst ražotāji Peugeot, Citroen, Opel) (Francija)**



Mērķis: 2022. gadā pārdot 0,9 miljonus elektromobiļu vienību [16].

### **Renault-Nissan-Mitsubishi (Nīderlande)**



Mērķis:

- 1) līdz 2022. gadam izlaist 12 jaunus elektromobiļu modeļus,
- 2) 2022. gadā no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jāsasastāda 20% [133], [16].

### **Maruti Suzuki (Indija)**



Mērķis:

- 1) 2021. gadā pārdot 35 tūkstošus elektromobiļu vienību,
- 2) 2030. gadā pārdot 1.5 miljonus elektromobiļu vienību [134], [135].

### **Tesla (ASV)**



Mērķis:

- 1) 2019. gadā pārdot 0,5 miljonus elektromobiļu vienību [16],
- 2) 2020. gadā izlaist jaunu elektromobiļa modeli Model Y [136].

### **Toyota (Japāna)**



Mērķis: līdz 2020. gadu sākumam izlaist 10 jaunus elektromobiļu modeļus [137].

### Volkswagen (Vācija)



Mērķis:

- 1) līdz 2030. gadam izlaisti 70 jaunus elektromobiļu modeļus,
- 2) līdz 2030. gadam pārdot 22 miljonus elektromobiļu vienību [138].

### Volvo (Zviedrija)



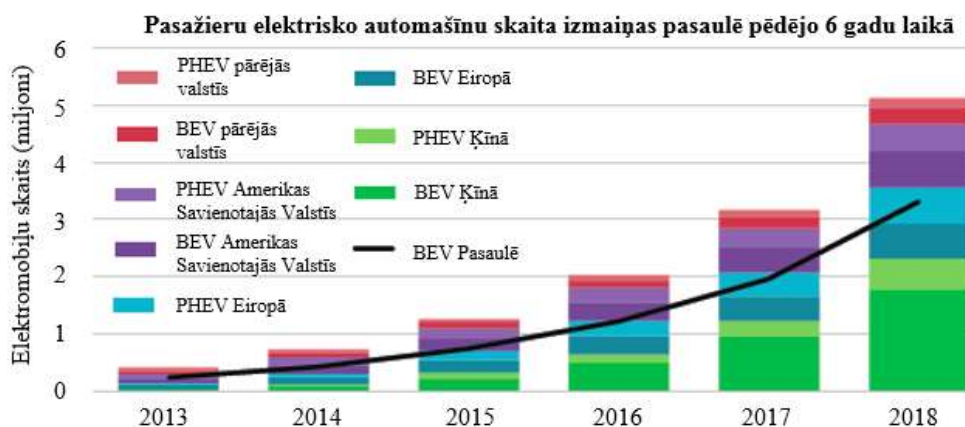
Mērķis: sākot ar 2025. gadu - no visiem pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvaram jāsasāda 50% [139].

## 3.1.9. Elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības līdzšinējā dinamika

### 3.1.9.1. Vieglie elektromobiļi

Starptautiskā Enerģētikas Aģentūra (*International Energy Agency*) katru gadu izstrādā informatīvu materiālu "*Global EV Outlook*", kas apkopo elektrisko transportlīdzekļu tirgus izpētes rezultātu datus. Saskaņā ar "*Global EV Outlook 2019*" visā pasaulē esošais pasažieru vieglo elektromobiļu kopskaits 2018. gadā sasniedza 5,1 miljonu vienību, kas ir par 63% jeb aptuveni 2 miljoniem vienību vairāk nekā 2017. gadā, kā parādīts 3.6. attēlā. (Termini "elektromobilis" vai "pasažieru vieglais elektromobilis" turpmāk attiecas uz bateriju elektromobili vai hibrīdu automobili, ko var uzlādēt ar ārēju enerģijas avotu. Uz šiem terminiem turpmāk neattiecas tie hibrīdie automobiļi, kurus nevar uzlādēt ar ārēju enerģijas avotu). Šis viena gada pieauguma temps ir samērā līdzīgs ar iepriekšējo gadu pieauguma tempiem – 57% 2017. gadā un 60% 2016. gadā [16].

2017. gadā Ķīnā atradās aptuveni 39% no visiem pasaulē esošajiem elektromobiļiem, bet 2018. gadā – jau 45%. Elektromobiļu skaits Ķīnā no 2017. gada līdz 2018. gadam gandrīz divkāršojās, sasniedzot 2,3 miljonus vienību. 2018. gadā Eiropā atradās aptuveni 24% no visiem pasaulē esošajiem elektromobiļiem jeb 1.2 miljoni vienību, no kurām 0.96 miljoni atradās Eiropas Savienības dalībvalstīs, savukārt Amerikas Savienotajās Valstīs atradās aptuveni 22% jeb 1.1 miljons vienību [16].



3.6.att. Pasažieru elektromobiļu skaits.

3.6. att. esošie apzīmējumi: BEV = (*angliski – battery electric vehicle*) bateriju elektromobiļi; PHEV = (*angliski – plug-in hybrid electric vehicle*) ar ārēju enerģijas avotu lādējami hibrīdi automobiļi. "Pārējās valstis" iekļauj Austrāliju, Brazīliju, Čīli, Indiju, Japānu, Koreju, Malaiziju, Meksiku, Jaunzēlandi, Dienvidāfriku un Taizemi. "Eiropa" iekļauj Austriju, Beļģiju, Bulgāriju, Horvātiju, Kipru,

Čehijas Republiku, Dāniju, Igauniju, Somiju, Franciju, Vāciju, Grieķiju, Ungāriju, Islandi, Īriju, Itāliju, Latviju, Lihtenšteinu, Lietuvu, Luksemburgu, Maltu, Nīderlandi, Norvēģiju, Poliju, Portugāli, Rumāniju, Slovākiju, Slovēniju, Spāniju, Zviedriju, Šveici, Turciju un Lielbritāniju.

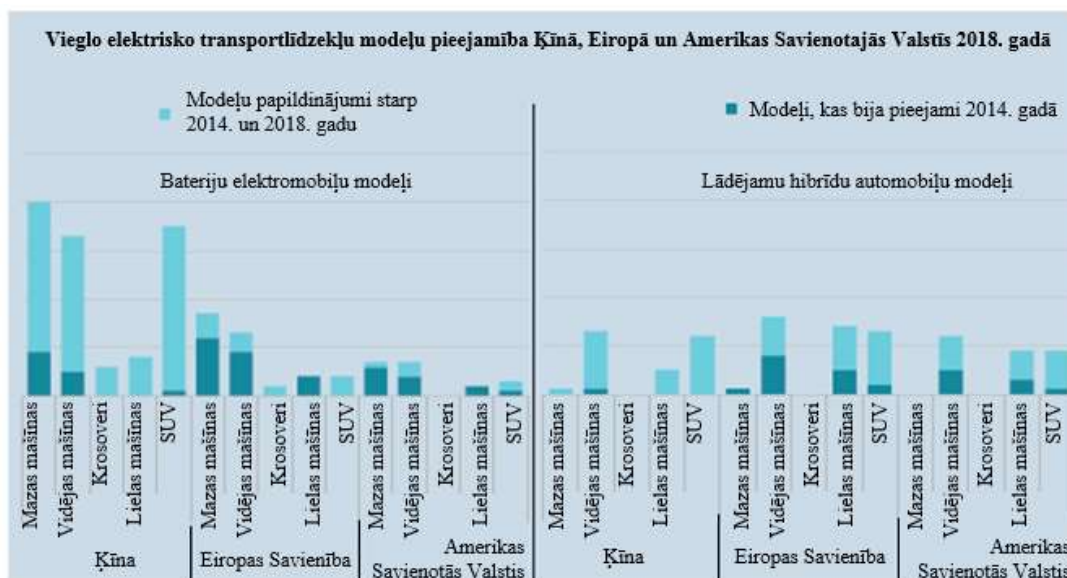
2017. gadā Norvēģijā no visiem jaunajiem ceļu satiksmē reģistrētajiem vieglajiem automobiļiem 39% bija elektromobiļi. 2018. gadā Norvēģijā no kopējā valstī esošo automobiļu skaita elektromobiļu īpatsvars sasniedza 10%. Līdz ar to Norvēģijā ir visprogresīvākais vietējais iekšzemes elektromobiļu tirgus. Nākamās divas veiksmīgākās elektromobiļu tirgu pārstāvošās valstis 2017. gadā bija Islande un Zviedrija, kurās no visiem jaunajiem ceļu satiksmē reģistrētajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars sastādīja attiecīgi 11,7% un 6,3% [123]. Lai arī elektromobiļu tirdzniecība pastāvīgi paplašinās, 2018. gadā tikai piecās valstīs no visiem esošajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars bija virs 1%: Norvēģijā (10%), Islandē (3,3%), Nīderlandē (1,9%), Zviedrijā (1,6%) un Ķīnā (1,1%).

### **3.1.9.2. Vieglie komerciālie elektriskie transportlīdzekļi jeb elektriskie mikroautobusi**

2018. gadā visā pasaulē, līdzās 5,1 miljonam pasažieru vieglo elektromobiļu, bija arī gandrīz 250 tūkstoši elektrisko mikroautobusu vienību. Elektriskie mikroautobusi parasti pieder uzņēmumiem vai valsts iestādēm. Piemēram, Ķīnā 2018. gadā bija vislielākais elektrisko mikroautobusu skaits starp visām pasaules valstīm (138 tūkstoši vienību), kas veido 57% no visās pasaules valstīs esošo elektrisko mikroautobusu kopskaita. Otrais lielākais mikroautobusu tirgus bija Eiropā ar 92 tūkstošiem vienību, kas veido 38% no visās pasaules valstīs esošo elektrisko mikroautobusu kopskaita. Vadošās Eiropas valstis šajā kontekstā bija Francija ar 41 tūkstoti vienību un Vācija ar 16,5 tūkstošiem vienību. Lielākais vairākums jeb 99% no līdz šim reģistrētajiem elektriskajiem mikroautobusiem ir ar baterijām darbināmie elektriskie transportlīdzekļi. Tas attiecīgi palielina elektrisko vieglo transportlīdzekļu kopskaitu, kas iekļauj gan vieglos pasažieru elektromobiļus, gan elektriskos mikroautobusus, līdz aptuveni 5,4 miljoniem vienību 2018. gadā [16].

### **3.1.10. Elektrisko transportlīdzekļu modeļu pieejamība un izkārtojums elektrisko transportlīdzekļu tirgus dažādos segmentos**

3.7.attēlā parādīts bateriju elektromobiļu un lādējamu hibrīdu automobiļu modeļu skaits un izkārtojums dažādos to tirgus segmentos, aplūkojot pasaules trīs dominējošos vieglo elektrisko transportlīdzekļu tirgus: Ķīnu, Eiropu un Amerikas Savienotās Valstis. Var redzēt, ka vieglie elektriskie transportlīdzekļi pa šiem tirgiem nav vienmērīgi sadalīti ne attiecībā uz modeļu pieejamību, ne dažādu tirgus segmentu pārklāšanos. Turklāt vieglo elektrisko transportlīdzekļu pieejamība visai izteikti atšķiras starp bateriju elektromobiļiem un lādējamiem hibrīdajiem automobiļiem [16].



3.7. att. Elektromobiļu pieejamība.

Lādējami hibrīdi automobiļi ir plaši pieejami lielizmēra transportlīdzekļu veidā, t.i. 60% no visiem lādējami hibrīdu automobiļu modeļiem ir lielās automašīnas un sporta automašīnas jeb SUV (*Sport utility vehicle – angļu val.*). Šī tendence novērojama teju visos tirgos. Galvenie iemesli tam ir, ka lādējami hibrīdie automobiļi sastopami pārsvarā lielu automašīnu veidā, un saistīti ar to, ka lielākiem transportlīdzekļiem ir piemērota divu piedziņu esamība, kā arī šādi transportlīdzekļi atbilst prasībām par iespējām veikt garākus attālumus. Kopumā katrā no lielākajiem tirgiem ir pieejams apmēram līdzīgs skaits lādējami hibrīdu automobiļu, tomēr visvairāk šo modeļu ir Eiropā, bet vismazāk – Amerikas Savienotajās Valstīs [16].

Salīdzinot ar lādējamiem hibrīdiem automobiļiem, bateriju elektromobiļu sadalījums starp tirgus segmentiem ir vienmērīgāks, taču pārsvarā bateriju elektromobiļi pieejamas kā mazas un vidējas mašīnas. Tas saskan ar faktu, ka mūsdienu bateriju elektromobiļi, kuriem pēc vienas pilnas bateriju uzlādes raksturīgs mazāks iespējamais nobraukšanas attālums nekā iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļiem, piemēroti izmantošanai braucieniem pilsētās nelielu attālumu veikšanai. Līdz ar to bateriju elektromobiļus var aprīkot ar mazākām (līdz ar to arī lētākām) baterijām, salīdzinot ar elektriskajiem transportlīdzekļiem, kas paredzēti garāku attālumu veikšanai. Tomēr trīs dominējošajos elektrisko transportlīdzekļu tirgos diezgan izteikti atšķiras bateriju elektromobiļu pieejamība. Amerikas Savienotajās Valstīs ir aptuveni 16 bateriju elektromobiļu modeļi, kamēr Eiropas Savienībā to ir divreiz vairāk. Ķīnas tirgū ir pieejami 114 bateriju elektromobiļu modeļi. Šo fenomenu daļēji var izskaidrot gan ar to, ka Ķīnas autobūves tirgū ir lielāka autoražotāju sadrumstalotība, gan ar plašāku automašīnu iekšzemes tirgu [16].

Ķīnā ļoti mazo automašīnu segments ir gandrīz pilnībā pārgājis uz bateriju elektromobiļiem. 2018. gadā no pārdotajām automašīnām, kas pārstāv ļoti mazu auto segmentu, 90% bija bateriju elektromobiļi, salīdzinot ar 39% 2016. gadā. Elektromobiļu modeļu pieejamība šajā tirgus segmentā turpināja palielināties: 2014. gadā aptuveni viens no trim pieejamajiem elektrisko transportlīdzekļu modeļiem bija bateriju elektromobilis. Elektrifikācija automašīnu tirgus segmentā notikusi ļoti strauji, neskatoties uz ierobežojumiem nobraucamajiem attālumiem pēc vienas pilnas bateriju uzlādes: 2014. gadā lielākajai daļai pārdoto automašīnu, kas pārstāvēja ļoti mazu auto segmentu, nobraucamais attālums pēc vienas pilnas uzlādes bija mazāks par 150 km, bet pašreizējais vidējais nobraucamais attālums pēc vienas pilnas uzlādes ir 220 km. To nodrošina samērā pieticīga izmēra akumulatori (vidējā

jauda - 27 kWh). Šo augsto auto tirgus elektrifikācijas ātrumu var izskaidrot arī ar to, ka elektromobiļu lietotāji neizvirza augstas prasības attiecībā uz attālumu, kādu var nobraukt pēc vienas pilnas bateriju uzlādes, un arī ar to, ka, pateicoties subsīdijām, ja vien valsts tādas piešķir, elektrisko transportlīdzekļu cenas reizēm ir pielīdzināmas iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļu cenām.

### **3.1.11. Elektrisko transportlīdzekļu līdzšinējie pārdošanas apjomi un tirgus daļa**

#### **Vieglie pasažieru elektromobiļi**

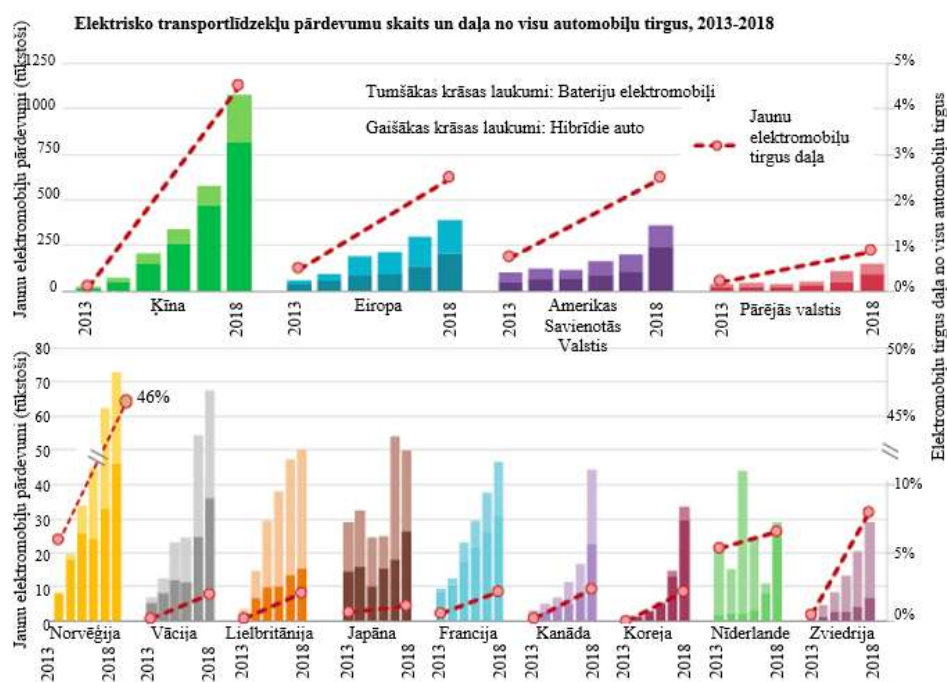
2017. gadā visā pasaulē pārdoto vieglo elektromobiļu skaits pārsniedza 1 miljonu vienību, kas bija rekordaugsts apjoms un pieaugums par 54% salīdzinājumā ar 2016. gadu. Savukārt 2018. gadā visā pasaulē pārdoto elektromobiļu skaits pietuvojās gandrīz 2 miljonu vienību atzīmei. 3.8. attēlā parādīti vieglo pasažieru elektromobiļu pārdošanas apjomi un tirgus daļas no kopējā automašīnu tirgus dažādās valstīs un reģionos no 2013. līdz 2018. gadam [16].

2018. gadā Ķīnā saglabājās vislielākais elektromobiļu tirgus pasaulē ar gandrīz 1,1 miljonu pārdotu elektromobili, kas veidoja 55% no vispasaules elektromobiļu tirgus apjoma. 2018. gadā Eiropā, sekojot Ķīnai, bija otrs lielākais elektromobiļu tirgus ar 385 tūkstošiem pārdotu vienību. Amerikas Savienotajās valstīs, kur bija trešais lielākais elektromobiļu tirgus, tika pārdots 361 tūkstotis vienību. 2018. gadā Eiropā elektromobiļu pārdošanas apjoma pieaugums bija 31%, salīdzinot ar 2017. gadu. Šis pieauguma temps gan ir zemāks salīdzinājumā ar 41% pieauguma tempu 2017. gadā attiecībā pret 2016. gadu un arī zemāks par vidējo pasaules pieauguma tempu. Eiropā atrodas valstis, kurā ir vislielākā elektromobiļu tirgus daļa attiecībā pret visu automobiļu tirgu, piemēram, Norvēģijā 2018. gadā jauno elektromobiļu tirgus daļa sasniedza 50%, Islandē – 17,2% un Zviedrijā – 7,9%. Attiecībā uz 2018. gadā pārdoto elektromobiļu vienību skaitu, Norvēģijai seko Vācija, Lielbritānija un Francija [16].

2018. gadā Amerikas Savienotajās Valstīs elektromobiļu pārdošanas apjoma pieaugums bija 82%, salīdzinot ar 2017. gadu. Šis pieauguma temps ir ne vien straujš kāpums, salīdzinājumā ar 24% pieaugumu 2017. gadā attiecībā pret 2016. gadu, bet arī augstāks par vidējo pasaules pieauguma tempu. Šī tendence izskaidrojama ar elektromobiļa *Tesla Model 3* izlaišanu, kas 2018. gada statistikai nodrošināja papildus 134 tūkstošus pārdotu elektromobiļu vienību, salīdzinot ar 2017. gadu. Kanādā 2018. gadā tika reģistrēts 44 tūkstoši elektromobiļu vienību, kas vairāk nekā divas reizes pārsniedz 2017. gada līmeni [16].

2018. gadā vairāk nekā divas trešdaļas no pārdoto elektrisko transportlīdzekļu apjoma sastādīja bateriju elektromobiļi, un šī daļa pakāpeniski pieaugusi no 50% 2012. gadā līdz 68% 2018. gadā. Hibrīdu automobiļu pārdošanas īpatsvars attiecībā pret visu pārdoto elektrisko transportlīdzekļu skaitu Amerikas Savienotajās Valstīs nokritās no 47% 2017. gadā līdz 34% 2018. gadā sakarā ar lieliem bateriju elektromobiļu pārdošanas apjomiem, kas īpaši saistīti ar elektromobili *Tesla Model 3*. Toties Eiropā saglabājās samērā augsti hibrīdo automobiļu pārdošanas apjomi, kas bija dominējošie Somijā (86%), Zviedrijā (75%) un Lielbritānijā (69%). Taču hibrīdauto pārdošanas apjomu, salīdzinot ar 2017. gadu, 2018. gadā ievērojami samazinājās Japānā (no 67% līdz 47%) un Nīderlandē (no 22% līdz 14%) [16].





3.8. att. Elektrisko automobiļu pārdošanas apjoms.

Kopumā vislielākais elektromobiļu pārdošanas tirgus pasaulē ir Ķīnā, kurai seko Eiropa un Amerikas Savienotās Valstis. Savukārt Norvēģijā ir pasaules līdere vietējā elektrisko transportlīdzekļu tirgus ziņā, t.i. Norvēģijā no visiem jaunajiem pārdotajiem un reģistrētajiem automobiļiem elektromobiļi sastāda vislielāko īpatsvaru, salīdzinot ar citām valstīm.

Pēc apkopotajiem datiem par faktiskajiem elektrisko transportlīdzekļu pārdošanas apjomiem un faktiskajiem elektrisko transportlīdzekļu skaitiem pasaulē var secināt, ka kopumā elektrisko transportlīdzekļu tirgus līdz šim ir attīstījies ar ikgadēji pieaugošu dinamiku. Šos faktiskos datus var izmantot, lai noskaidrotu, cik precīzas ir bijušas elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozes pirms vairākiem gadiem, piemēram, 2018. gada faktiskos datus par pārdoto elektromobiļu skaitu pasaulē salīdzinot ar, piemēram, 2010. gadā veiktajām prognozēm. Pētījuma ceturtajā nodaļā tiks aplūkoti piemēri.

### Secinājumi

- 1) Politiskā līmenī elektromobilitāte un elektrisko transportlīdzekļu attīstība tiek veicināta ar transportlīdzekļu radīto emisiju apjomu samazināšanas prasībām kā vieglajiem, tā smagajiem automobiļiem un ievērojamām soda naudām autoražotājiem šo prasību neizpildīšanas gadījumā, ar izvirzītām prasībām par "tīru" transportlīdzekļu īpatsvariem valstu iestādēm, ar valstu subsīdijām elektromobiļu iegādei privātpersonām, ar prasībām par publisku uzlādes punktu izbūvēšanu un pieejamību, kā arī akumulatoru industrijas atbalstīšanu gan attiecībā uz pētniecību, gan to ražošanu.
- 2) Vairums Eiropas un pārējo pasaules valstu valdību ir izvirzījušas oficiālus mērķus attiecībā uz elektrisko transportlīdzekļu plašāku izmantošanu.
- 3) Arī Eiropas un pārējo pasaules valstu autoražotāji izvirzījuši ambiciozus plānus un mērķus attiecībā uz elektrisko transportlīdzekļu ražošanas apjomu palielināšanu.
- 4) Līdz šim elektrisko transportlīdzekļu tirgus ir attīstījies ar ikgadēji pieaugošu dinamiku.



## Atsauces

- [1] Global EV Outlook 2017 – Two million and counting
- [2] Jānis Birzga: Eiropas ekonomikas zonas finanšu instrumenta 2009.–2014. gada perioda programmas "Nacionālā klimata politika" neliela apjoma grantu shēmas projekta "Klimata izglītība visiem" pētījums – Parīzes samits un tajā nolemtais, Rīga 2016
- [3] Pieejams: <http://www.europarl.europa.eu/news/lv/headlines/society/20190313STO31218/automasinu-raditas-co2-emisijas-skaitli-un-fakti-infografika>
- [4] Pieejams: <https://www.consilium.europa.eu/lv/infographics/greenhouse-gas-emissions/>
- [5] Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Eiropadomei, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai, Reģionu Komitejai un Eiropas Investīciju Bankai, Tīru planētu visiem! Stratēģisks Eiropas ilgtermiņa redzējums par pārticīgu, modernu, konkurētspējīgu un klimatneitrālu ekonomiku, Briselē, 28.11.2018.
- [6] Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai, Eiropas mazemisiņu mobilitātes stratēģija, Briselē, 20.07.2016.
- [7] Eiropas un Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 443/2009 par ko, īstenojot daļu no Kopienas integrētās pieejas CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanai no vieglajiem transportlīdzekļiem, nosaka emisijas standartus jaunajiem vieglajiem automobiļiem, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis 05.06.2009.
- [8] Pieejams: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en)
- [9] Post 2020 CO<sub>2</sub> emission targets for cars and vans: the right level of ambition? Workshop Proceedings, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies, 18.04.2018.
- [10] Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 333/2014, ar ko groza Regulu Nr. 443/2009, lai noteiktu kārtību, kādā jāsasniedz jaunu vieglo automobiļu radīto CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas mērķis 2020. gadam, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 05.04.2014.
- [11] Priekšlikums Eiropas Parlamenta un Padomes Regula par emisiju standartu noteikšanu jauniem vieglajiem pasažieru automobiļiem un jauniem vieglajiem komerciālajiem transportlīdzekļiem saistībā ar Savienības integrēto pieeju mazas noslodzes transportlīdzekļu CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanai un ar kuru groza Regulu (EK) No 715/2007, Briselē, 08.11.2017.
- [12] CO<sub>2</sub> Emission Standards for Passenger Cars and Light-Commercial Vehicles in the European Union, The International Council on Clean Transportation, January 2019
- [13] Regulation (EU) 2019/631 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 setting CO<sub>2</sub> emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles, and repealing Regulations (EC) No 443/2009 and (EU) No 510/2011, Official Journal of the European Union, 25.04.2019.
- [14] Pieejams: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-06-26/europe-s-tough-new-emissions-rules-come-with-39-billion-threat>
- [15] Pieejams: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2019/01/16/CO2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-confirms-agreement-on-stricter-limits/>
- [16] Global EV Outlook 2019, Scaling-up the transition to electric mobility, May 2019
- [17] Starpiestāžu lieta: 2018/0143(COD), Eiropas Parlamenta un Padomes Regula, ar ko nosaka CO<sub>2</sub> emisijas standartus jauniem lielas noslodzes transportlīdzekļiem un groza Regulu (EK) Nr. 595/2009, Briselē, 2018. gada 20. decembrī, [data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15828-2018-INIT/lv/pdf](http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15828-2018-INIT/lv/pdf)
- [18] Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2019/1242 par CO<sub>2</sub> emisiju standartu noteikšanu jauniem lielas noslodzes transportlīdzekļiem un ar kuru groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 595/2009 un (ES) 2018/956 un Padomes Direktīvu 96/53/EK, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 25.07.2019.
- [19] ACEA Position Paper – The European Commission proposal on CO<sub>2</sub> standards for new heavy-duty vehicles, August 2018
- [20] Pieejams: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en)

- [21] Pieejams: <https://www.euractiv.com/section/transport/news/truck-makers-push-back-against-eus-first-ever-CO2-limits/>
- [22] Pieejams: <https://www.transportenvironment.org/newsroom/blog/what-CO2-emissions-deal-means-for-trucks>
- [23] Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2009/33/EK par "tīro" un energoefektīvo autotransporta līdzekļu izmantošanas veicināšanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 15.05.2009.
- [24] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 28.10.2014.
- [25] Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (EK) Nr. 595/2009 par mehānisko transportlīdzekļu un motoru tipa apstiprinājumu attiecībā uz lielas celstspējas/kravnesības transportlīdzekļu radītajām emisijām (Euro VI), par piekļuvi transportlīdzekļu remonta un tehniskās apkopes informācijai, par grozījumiem Regulā (EK) Nr. 715/2007 un Direktīvā 2007/46/EK un par Direktīvu 80/1269/EEK, 2005/55/EK un 2005/78/EK atcelšanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 18.07.2018.
- [26] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 21.12.2018.
- [27] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2019/1161, ar ko groza Direktīvu 2009/33/EK par "tīro" un energoefektīvo autotransporta līdzekļu izmantošanas veicināšanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 12.07.2019.
- [28] Pieejams: <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/ekonomika/rezekne-iegadasies-cetrus-elektroautobusus.a265910/>
- [29] Electric Vehicles: Tax Benefits & Incentives in the EU, European Automobile Manufacturers Association, May 2019
- [30] Pieejams: <https://www.electrive.com/2019/01/07/austria-presents-new-ev-subsidy-pocket/>
- [31] Pieejams: <https://kurier.at/politik/ausland/foerderung-fuer-e-mobilitaet-neu-autos-reader-und-ladestationen/400369616>
- [32] Pieejams: <https://www.traficom.fi/en/services/purchase-subsidy-electric-cars>
- [33] Claudia Kemfert: Promoting Electric Vehicles in Germany via Subsidies – an Efficient Strategy?, CESifo DICE Report 4/2016 (December)
- [34] Pieejams: <https://www.reuters.com/article/us-germany-autos-electric/german-ministry-wants-to-extend-electric-car-subsidies-document-idUSKCN1RU24L>
- [35] Pieejams: <https://phys.org/news/2019-05-german-electric-car-incentive.html>
- [36] Pieejams: <https://www.electrive.com/2019/05/25/germany-looks-to-raiseing-ev-subsidies/>
- [37] Pieejams: <https://www.eafo.eu/countries/france/1733/incentives>
- [38] Pieejams: <https://www.rte.ie/news/business/2019/08/15/1069048-state-electric-vehicle-funding-insufficient-review/>
- [39] Pieejams: <https://www.electrive.com/2019/07/15/romania-extends-ev-subsidy-programme/>
- [40] Pieejams: <https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants>
- [41] Pieejams: [www.la.lv/igauni-subsides-elektroauto-iegadi](http://www.la.lv/igauni-subsides-elektroauto-iegadi)
- [42] Pieejams: <http://www.e-transport.org/index.php/jaunumi/140-atvieglotumi-un-priekšrocības-elektromobiļiem>
- [43] Pieejams: <https://www.apollo.lv/5436055/nakotnes-vizija-mazcenās-elektromobiļi>
- [44] Pieejams: <https://www.db.lv/zinas/izraelas-tehnologiju-brinumberns-briva-kritiena-394473>
- [45] Pieejams: <http://www.autonews.lv/raksts/4610/Elektriskais-Renault-Fluence-svitrots-no-piedāvājuma/>
- [46] Pieejams: [https://en.wikipedia.org/wiki/Charging\\_station#Battery\\_swapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station#Battery_swapping)
- [47] Pieejams: <https://www.electrive.com/2019/09/17/bjev-plans-to-build-3000-battery-swapping-stations/>
- [48] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 28.10.2014.

- [49] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva (ES) 2018/844, ar ko groza Direktīvu 2010/31/ES par ēku energoefektivitāti un Direktīvu 2012/27/ES par energoefektivitāti, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 19.06.2018.
- [50] Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2018/1999 par enerģētikas savienības un rīcības klimata politikas jomā pārvaldību un ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 663/2009 un (EK) Nr. 715/2009, Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 94/22/EK, 98/70/EK, 2009/31/EK, 2009/73/EK, 2010/31/ES, 2012/27/ES un 2013/30/ES, Padomes Direktīvas 2009/119/EK un (ES) 2015/652 un atceļ Eiropas Parlamenta un Padomes Regulu (ES) Nr. 525/2013, Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis, 21.12.2018.
- [51] Pielikums *dokumentam* Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai - Eiropa Kustībā, Ilgtspējīga mobilitāte Eiropai: droša, satīklota un tīra, COM (2018) 293 final, Briselē, 17.05.2018.
- [52] Komisijas Ziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai, Reģionu Komitejai un Eiropas Investīciju Bankai par stratēģiskā rīcības plāna akumulatoru jomā īstenošanu: stratēģiskas akumulatoru vērtībķēdes veidošana Eiropā, COM(2019) 176 final, Briselē, 09.04.2019.
- [53] Eiropas Komisija – Paziņojums presei: ES Akumulatoru alianse: viena gada laikā Eiropā akumulatoru ražošanas izveidē sasniegts ļoti daudz, Briselē, 2018. gada 15. oktobrī.
- [54] ES atbalsts enerģijas uzkrāšanai – Informatīvais apskats 2019. g. aprīlis, pieejams: [https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/brp\\_energy/brp\\_energy\\_lv.pdf](https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/brp_energy/brp_energy_lv.pdf)
- [55] Pieejams: <https://www.financialexpress.com/auto/car-news/government-finally-wakes-up-sets-a-realistic-goal-of-30-electric-vehicles-by-2030-from-existing-100-target/1091075/>
- [56] Pieejams: <https://www.bbc.com/news/world-asia-india-48961525>
- [57] Pieejams: <https://eeslindia.org/content/raj/eesl/en/Programmes/ElectricVehicles/e-Vehicles.html>
- [58] Light-Duty Vehicle Efficiency Standards, Factsheet/India, The International Council on Clean Transportation, December 2014, Pieejams: [https://theicct.org/sites/default/files/India\\_PVstds-facts\\_dec2014.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/India_PVstds-facts_dec2014.pdf)
- [59] Pieejams: <https://medium.com/mad-drones/indias-corporate-average-fuel-consumption-cafc-regulations-529fc3aa5d91>
- [60] P.R. Shukla, A. Garg, H. H. Dholakia: Energy-Emissions Trends and Policy Landscape for India, 2015
- [61] Adopting Pure Electric Vehicles: Key Policy Enablers, White Paper on Electric Vehicles, Society of Indian Automobile Manufacturers (SIAM), December, 2017, Pieejams: <http://www.siam.in/uploads/filemanager/114SIAMWhitePaperonElectricVehicles.pdf>
- [62] Office Memorandum, Subject: Publication of notification in Gazette of India (Extraordinary) regarding Phase-II of FAME India Scheme, Government of India, Ministry of Heavy Industries & Public Enterprises, Department of Heavy Industry, March 2019, Pieejams: <https://dhi.nic.in/writereaddata/UploadFile/publicationNotificationFAME%20II%20March2019.pdf>
- [63] Pieejams: <https://www.livemint.com/auto-news/how-fame-2-scheme-aims-to-promote-the-use-of-electric-vehicles-in-india-1552352972259.html>
- [64] Pieejams: <https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/fame-ii-scheme-government-of-india-1554727600-1>
- [65] Pieejams: <https://www.electrive.com/2019/03/01/india-starts-phase-2-of-fame-subsidy-programme/>
- [66] OECD Environmental Performance Reviews: OECD Green Growth Policy Review of Indonesia 2019
- [67] Pieejams: <https://www.thejakartapost.com/news/2019/01/20/planned-rule-on-electric-vehicles-leaves-questions-on-infrastructure.html>
- [68] Trend of Next Generation/Zero Emission Vehicle and Policy in Japan, METI, Japan, 2018. Apr. Pieejams: <https://www.nedo.go.jp/content/100878195.pdf>
- [69] Long-Term Goal and Strategy of Japan's Automotive Industry for Trackling Global Climate Change, Pieejams: [https://www.meti.go.jp/english/press/2018/pdf/0831\\_003a.pdf](https://www.meti.go.jp/english/press/2018/pdf/0831_003a.pdf)

- [70] Pieejams: <https://www.electricvehiclesresearch.com/articles/14968/japan-aims-to-have-all-new-passenger-cars-electric-by-2050>
- [71] Pieejams: <https://www.transportpolicy.net/standard/japan-light-duty-fuel-economy/>
- [72] Pieejams: [https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0329\\_003.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0329_003.html)
- [73] C. Marquis, H. Zhang, L. Zhou: China's Quest to Adopt Electric Vehicles, Stanford Social Innovation Review, Spring 2013
- [74] Wendy Yong: China's March towards e-Mobility, 19 September 2018, pieejams  
[https://www.lantaugroup.com/file/ppt\\_pgen18\\_wy.pdf](https://www.lantaugroup.com/file/ppt_pgen18_wy.pdf)
- [75] H. Cui, G. Xiao: Fuel-efficiency technology trend assessment for LDVs in China: Hybrids and electrification, Working Paper 2018-19, The International Council on Clean Transpoortation, 17 September 2018
- [76] F. Liu, F. Zhao, Z. Liu, H. Hao: China's Electric Vehicle Deployment: Energy and Greenhouse Gas Emission Impacts, energies MDPI, 30 November 2018
- [77] Pieejams: <https://theicct.org/publications/stage-3-china-fuel-consumption-standard-commercial-heavy-duty-vehicles>
- [78] Pieejams: <https://www.electrive.com/2018/12/18/south-korea-to-boost-electric-vehicle-industry/>
- [79] Pieejams: <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=63536>
- [80] Pieejams: <https://paultan.org/2017/04/12/malaysia-aims-to-be-marketing-hub-for-evs-targets-100k-electric-cars-125k-chargers-on-the-road-by-2030/>
- [81] Pieejams: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/malaysia-sales-and-production-forecast.html>
- [82] Electric Vehicles Industry Focus, KPMG in Thailand, January 2018, Pieejams:  
<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/th/pdf/2018/02/th-electric-vehicles-industry-focus.pdf>
- [83] Pieejams: <https://thedriven.io/2018/10/11/denmark-to-ban-petrol-diesel-car-sales-by-2030-push-ev-uptake/>
- [84] Pieejams: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-10-02/denmark-plans-2030-ban-on-fossil-fuel-car-sales-premier-says>
- [85] Pieejams: [https://www.motorauthority.com/news/1123531\\_france-sticks-to-planned-ban-on-gas-and-diesel-cars-by-2040](https://www.motorauthority.com/news/1123531_france-sticks-to-planned-ban-on-gas-and-diesel-cars-by-2040)
- [86] Pieejams: <https://www.theguardian.com/business/2017/jul/06/france-ban-petrol-diesel-cars-2040-emmanuel-macron-volvo>
- [87] Pieejams: <https://www.telegraph.co.uk/news/2017/07/06/france-ban-petrol-diesel-vehicles-2040/>
- [88] Pieejams: <https://www.irishexaminer.com/breakingnews/ireland/no-new-non-zero-emission-cars-sold-in-ireland-beyond-2030-says-government-889879.html>
- [89] Pieejams: <https://www.bbc.com/news/world-europe-48668791>
- [90] Pieejams: <https://www.kommersant.ru/doc/3535932>
- [91] Pieejams: <https://www.kompravda.eu/daily/26876.5/3919364/>
- [92] Pieejams: <https://3dnews.ru/981916>
- [93] Pieejams: <https://www.m24.ru/news/transport/25072018/39868>
- [94] Pieejams: <https://www.mos.ru/news/item/39342073/>
- [95] Pieejams: <https://realty.ria.ru/20190510/1553403121.html>
- [96] Pieejams: <https://home.kpmg/uk/en/home/insights/2018/07/the-road-to-zero-strategy-implications-for-uk-industry.html>
- [97] Pieejams: <https://www.government.nl/latest/news/2016/04/15/dutch-public-transport-switches-to-100-percent-emissions-free-buses>
- [98] Pieejams: <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>
- [99] Pieejams: <https://cleantechnica.com/2018/02/12/norway-ready-100-evs-2025-please-dont-charge-thursday-nights/>
- [100] Pieejams: <https://www.innovasjon Norge.no/en/start-page/invest-in-norway/industries/electric-mobility/>

- [101] Pieejams: <https://insideevs.com/news/331470/poland-sets-target-of-1-million-plug-in-electric-cars-by-2025/>
- [102] Pieejams: <https://www.reuters.com/article/slovenia-autos/slovenia-to-ban-new-fossil-fuel-cars-from-2030-reduce-debt-idUSL8N1MN54J>
- [103] Pieejams: <https://www.smart-energy.com/regional-news/europe-uk/electric-vehicles-slovenia-shell/>
- [104] Pieejams: <https://www.helsinkitimes.fi/finland/finland-news/domestic/14378-finland-wants-to-bring-250-000-electric-cars-onto-its-roads-by-2030.html>
- [105] Pieejams: [https://elpais.com/elpais/2018/11/13/inenglish/1542118484\\_563478.html](https://elpais.com/elpais/2018/11/13/inenglish/1542118484_563478.html)
- [106] The Swedish climate policy framework, Government Offices of Sweden, Ministry of the Environment and Energy, Pieejams: <https://www.government.se/495f60/contentassets/883ae8e123bc4e42aa8d59296ebe0478/the-swedish-climate-policy-framework.pdf>
- [107] Sweden's Seventh National Communication on Climate Change, Government Offices of Sweden, Ministry of the Environment and Energy, Stockholm, December 2017 Pieejams: [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/\\_application/pdf/6950713\\_swe-nc7-1-swe\\_nc7\\_20171222.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/_application/pdf/6950713_swe-nc7-1-swe_nc7_20171222.pdf)
- [108] Pieejams: <https://www.engadget.com/2019/05/31/british-columbia-zero-emission-law/>
- [109] Pieejams: <https://www.greencarcongress.com/2019/06/20190603-bc.html>
- [110] Pieejams: <https://cleanenergycanada.org/canada-targets-100-zero-emission-vehicle-sales-by-2040/>
- [111] Pieejams: <https://www.transportpolicy.net/standard/canada-light-duty-fuel-consumption-and-ghg/>
- [112] Policy Update, Final Second-Phase Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Engines and Vehicles in Canada, International Council on Clean Transportation, September 2018, Pieejams: [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ECCC\\_Phase2\\_hdv\\_standard\\_20181109.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ECCC_Phase2_hdv_standard_20181109.pdf)
- [113] Pieejams: <https://www.mintpressnews.com/8-states-pave-road-3-3-million-electric-vehicles-2025/191713/>
- [114] Pieejams: <https://cleantechnica.com/2018/01/30/california-wants-5-million-zero-emissions-cars-roads-2030/>
- [115] US truck fuel efficiency standards: costs and benefits compared, January 2018, Pieejams: <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018%2001%2010%20US%20truck%20standards%20FINAL.pdf>
- [116] Pieejams: <https://www.globalfleet.com/en/safety-environment/latin-america/analysis/costa-ricas-five-year-ev-plan?a=DBL10&t%5B0%5D=Latin%20America&t%5B1%5D=FLleet%20LaTAm&t%5B2%5D=Costa%20Rica&t%5B3%5D=electric%20vehicle&curl=1>
- [117] Pieejams: <https://www.theguardian.com/world/2019/feb/25/costa-rica-plan-decarbonize-2050-climate-change-fight>
- [118] Pieejams: <https://www.onlinemarketplaces.com/articles/16397-by-2050-chile-commits-to-40-of-cars-and-public-transport-being-electric>
- [119] Pieejams: <https://www.engie.com/en/journalists/press-releases/100-electric-buses-santiago-chile-2019/>
- [120] Pieejams: <https://www.reuters.com/article/us-israel-electric-vehicles/israel-aims-for-zero-new-gasoline-diesel-powered-vehicles-by-2030-idUSKCN1MJ1PS>
- [121] Pieejams: <https://www.transport.govt.nz/multi-modal/climatechange/electric-vehicles/>
- [122] Pieejams: <https://insideevs.com/news/352474/audi-envisions-30-plugins-2025/>
- [123] Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification, May 2018
- [124] Pieejams: <https://electrek.co/2017/09/07/bmw-updates-ev-plan-electric-cars-mass-production/>
- [125] Pieejams: <https://thedriven.io/2019/06/26/bmw-charges-ahead-with-plans-to-sell-3-million-electric-cars-by-2025/>
- [126] Pieejams: [http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-12/01/content\\_35148933.htm](http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-12/01/content_35148933.htm)
- [127] Pieejams: <https://www.greencarcongress.com/2018/08/20180813-dfl.html>

- [128] Pieejams: <https://www.independent.co.uk/news/business/news/ford-electric-car-models-billions-2022-car-manufacturer-a8159431.html>
- [129] Pieejams: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-11-18/geely-plans-hybrid-electric-versions-for-90-of-models-by-2020>
- [130] Pieejams: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-02/gm-pledges-electric-future-with-20-all-electric-models-by-2023>
- [131] Pieejams: <https://electrek.co/2019/06/10/mazda-electric-car-2020/>
- [132] Pieejams: <https://www.cnet.com/roadshow/news/mazda-electric-cars-5-percent-2030/>
- [133] Pieejams: <https://insideevs.com/news/340440/renault-nissan-mitsubishi-reveal-plans-for-12-new-electric-vehicles/>
- [134] Pieejams: <https://auto.economictimes.indiatimes.com/news/passenger-vehicle/cars/suzuki-to-manufacture-35000-e-cars-annually-by-2020-21/64473427>
- [135] Pieejams: <https://www.theevnetwork.com/news/maruti-suzuki-to-road-test-50-electric-vehicles-in-india-from-october>
- [136] Pieejams: <https://www.ibtimes.com/teslas-future-products-look-3-vehicles-electric-car-company-plans-release-2817400>
- [137] Pieejams: <https://www.zigwheels.com/news-features/news/toyota-to-launch-10-electric-vehicles-from-2020-onwards/34115/>
- [138] Pieejams: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-plans-22-million-electric-vehicles-in-ten-years-4750>
- [139] Pieejams: <https://group.volvocars.com/news/electrification/2018/volvo-aims-for-half-of-our-sales-from-2025-to-come-from-fully-electric-cars>
- [140] Pieejams: <https://cleantechnica.com/2020/01/28/the-incentives-stimulating-norways-electric-vehicle-success/>

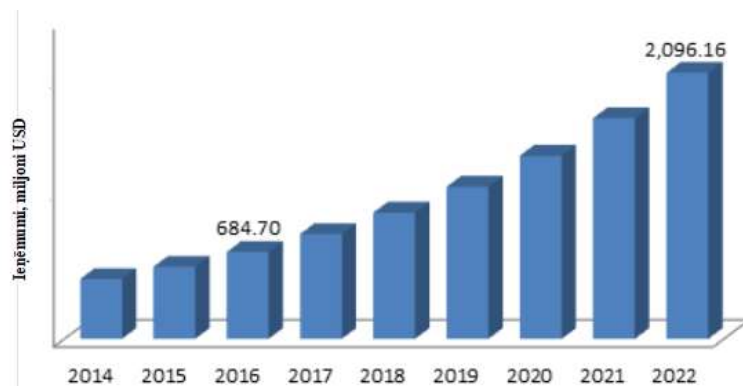
### **3.2. PĒTĪJUMU APKOPOJUMS UN ANALĪZE PAR ENERĢIJAS UZKRĀJĒJU IZMANTOŠANU ELEKTROTRANSPORTLĪDZEKĻOS UN TO UZBŪVI**

Kā apskatīts iepriekš, elektriskie transportlīdzekļi strauji attīstās un viens no galvenajiem to cenas, pielietojuma ērtuma un izvēli ietekmējošajiem faktoriem attiecībā pret citiem transportlīdzekļu veidiem ir enerģijas uzkrājēja parametri un cena. Šobrīd visplašāk pielietotais enerģijas uzkrājēju veids ETL ir litija jonu baterijas, kurām ir vislielākā enerģijas ietilpība uz masas vienību, kas ir ļoti būtiska ar vienu uzlādi nobraucamā attāluma palielināšanai. Tomēr attīstās arī citas enerģijas uzkrājēju tehnoloģijas, kuras ir gan konkurējošas ar litija jonu baterijām, gan var tikt pielietotas kopā ar litija jonu bateriju, uzlabojot enerģijas uzkrājēja veiktspēju. Kā viena no uzkrājēju tehnoloģijām, kurai ir strauji augošs pielietojums elektrotransporta jomā, ir superkondensatori. Tā kā superkondensatoru ražošanā ir iespējams izmantot koksnes produktus, tad superkondensatora pielietojums elektrotransportā un tā galvenie uzbūves, ražošanas principi un pārdošanas apjoma tendences apskatītas sīkāk. Tāpat apskatītas arī litija jonu bateriju attīstības prognozes un galvenās tendences.

#### **3.2.1. Superkondensatori un to pielietošana ETL**

Superkondensatori ir elektriskās enerģijas uzkrāšanas ierīces, kuras ļoti ātri var uzlādēt un tās var izlādēt ar salīdzinoši lielu jaudu. ETL tirgū tie vēl nevar konkurēt ar litija jonu baterijām attiecībā uz enerģijas ietilpību, bet to jaudas un enerģijas ietilpība ar katru gadu uzlabojas. Tos jau pašlaik izmanto kā papildu uzkrājējus, lai uzkrātu bremzēšanas enerģiju un nodrošinātu nepieciešamo ETL paātrinājuma straujumu. Tālāk tiks sīkāk aplūkota superkondensatoru ierīču darbība, īpašības, tos salīdzinot ar citu veidu elektroenerģijas uzkrājējiem. Kā redzams 3.9.attēlā, tad superkondensatoru tirgus apjomam prognozēts straujš pieaugums, tāpēc analizēts superkondensatoru pielietojums un

perspektīvākās pielietojuma jomas nākotnē. Tāpat analizēti lielākie superkondensatoru ražotāji un pielietotās ražošanas tehnoloģijas.



3.9. att. Superkondensatoru tirgus apjoma prognoze [1].

### 3.2.1.1. Superkondensatora uzbūve

Kondensatorā enerģija tiek uzkrāta elektriskā lādiņa veidā, tas sastāv no diviem vadošiem materiāliem, kas ir atdalīti ar dielektriķi. Ja vadītājiem tiek pielikts elektriskais potenciāls, tad elektroni sāk plūst un lādiņš tiek uzkrāts vadītājos. Kad spriegums ir noņemts, vadošās plātes paliek uzlādētas līdz brīdim, kamēr tās tiek izlādētas. Lādiņa daudzums, ko var uzkrāt, sauc par kapacitāti, to aprēķina pēc formulas:

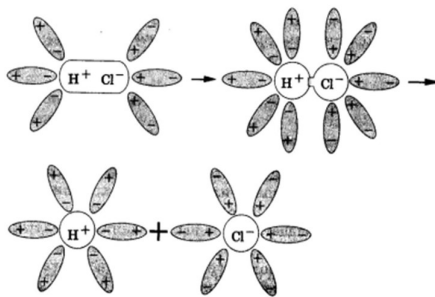
$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\varepsilon A}{d} \quad (3.1.)$$

Kondensatorā uzkrāto enerģiju aprēķina pēc sekojošas formulas:

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U, \quad (3.2.)$$

kur  $W$  - uzkrātā enerģija,  $C$  - kapacitāte Farados,  $Q$  - lādiņš [C],  $U$  - elektriskais potenciāls voltos,  $\varepsilon$  - dielektriskā konstante,  $A$  - vadītāja laukums,  $d$  - dielektriķa biezums.

Parastajos kondensatoros lielu kapacitāti (no 3.1. formulas) var panākt ar liela laukuma platēm, izmantojot materiālu ar lielu dielektrisko konstanti vai arī samazinot attālumu starp platēm. Dielektriķa biezumu samazināt līdz bezgalībai nav iespējams, jo savādāk tas tiks caursists, šķērsriezuma laukuma  $A$  palielināšana nozīmē izmēra palielināšanu, arī  $\varepsilon$  paaugstināšana ir ierobežota. Tātad parastā kondensatora kapacitātes palielināšanas robežas ir ierobežotas.

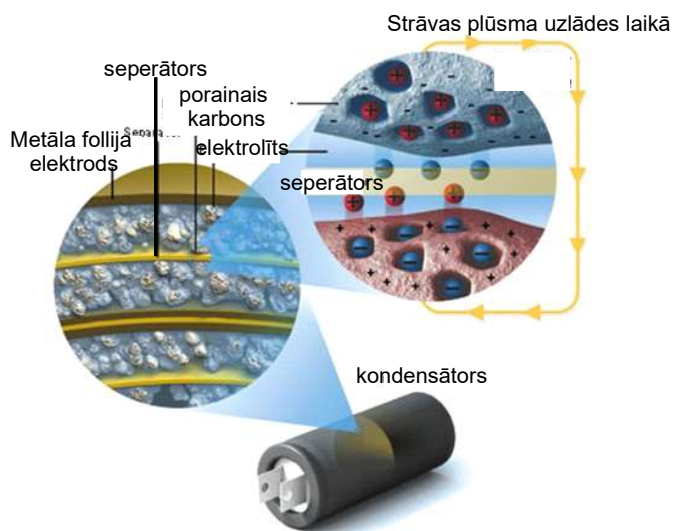


3.10. att. Elektrolītiskās disociācijas process.

No elektroķīmijas zināms, ka, iemērcot metālu ūdenī, uz tā virsmas veidojas tā sauktais dubultais elektriskais slānis, kas sastāv no atšķirīgas polaritātes elektriskajiem lādiņiem – joniem un elektroniem.

Starp tiem darbojas savstarpējās pievilkšanās spēki, bet lādiņi nevar satuvoties pilnībā. Tam traucē metāla un ūdens molekulu pievilkšanās spēki – elektrolītiskais disociācijas process, ko var redzēt 3.10. attēlā. Pēc būtības divkārtšais elektriskais slānis nav nekas cits kā kondensators. Attālums starp kondensatora platēm ir ļoti mazs (mazāks par 10 angstrēmiem). No 3.1. formulas var izsecināt, ka kondensatora kapacitāte, samazinoties attālumam starp tā klājumiem, pieaug.

Pēc būtības superkondensators sastāv no divām elektrolītā iegremdētām platēm ar ļoti lielu virsmas laukumu, kurām, pievadot spriegumu, veidojas dubultais elektriskais slānis. Pielietojot parastās plates, varētu iegūt tikai nelielu kapacitātes pieaugumu. Lai iegūtu lielas kapacitātes, pielieto elektrodus no poraina oglekļa materiāla, kam ir liela virsma pie maziem ārējiem izmēriem. Šis materiāls ļauj tā platībai tuvuoties 2000 kvadrātmetriem uz 1 gramu [2], tā ir daudz lielāka nekā, izmantojot plakanās plates.



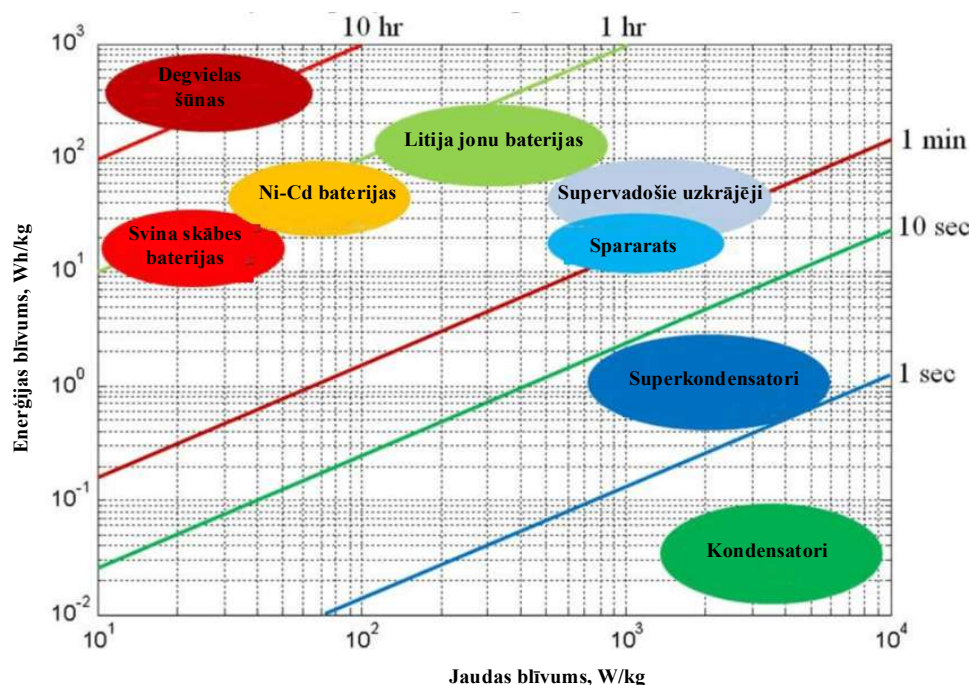
3.11. att. Superkondensatora uzbūve.

Uzlādējot superkondensatoru, vienā pusē oglekļa porās veidojas dubultais elektriskais slānis ar elektroniem uz virsmas, otrā pusē – ar pozitīvajiem joniem, tas ir redzams 3.11. attēlā. Pēc uzlādes joni un elektroni sāk pārplūst viens pie otra. Tiem satiekoties, veidojas neitrālie metāla atomi, bet uzkrātais lādiņš pakāpeniski samazinās un ar laiku tuvinās nullei. Lai to apturētu, starp oglekļa slāņiem tiek ieviests separators, tas var sastāvēt no dažādām plastikāta plēvēm vai pat papīra.

### 3.2.1.2. Superkondensatora īpašības

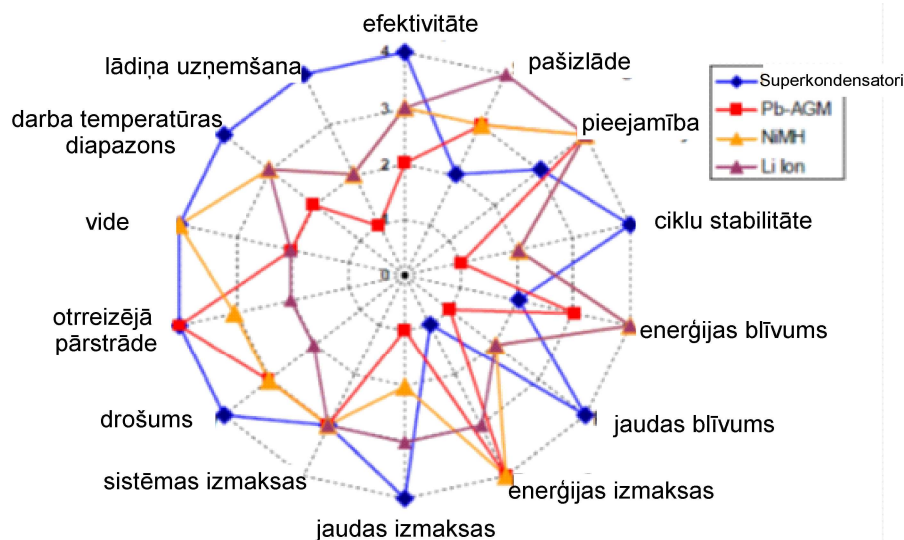
Galvenā superkondensatora priekšrocība ir tā, ka tas spēj atdot un uzkrāt lielu jaudu īsā laikā. Tas arī ir redzams 3.12. attēlā. Vienā masas kilogramā var tikt uzkrāti 3000 J enerģijas, bet pat vissliktākais svina – skābes akumulators ir spējīgs uzkrāt 86400 J, kas ir gandrīz 30 reizes vairāk, taču, atdodot lielu jaudu īsā laikā, akumulators bojājas, turklāt to nevar uzlādēt dažu sekunžu laikā. Šī iemesla dēļ superkondensatori plaši tiek pielietoti pīķa jaudas uzkrāšanai.





3.12. att. Dažādu elektriskās enerģijas uzkrājēju salīdzinājums [3].

Kā redzams 3.13. attēlā, superkondensatoriem piemīt vairākas īpašības, kas padara tos pievilcīgus enerģijas uzkrāšanai. Tie var izturēt lielu uzlādes – izlādes ciklu skaitu, tie var uzņemt vai atdot enerģiju ļoti ātri, un var darboties plašā temperatūru diapazonā.



3.13. att. Dažādu elektriskās enerģijas uzkrājēju īpašību salīdzinājums.

Daudzi uzņēmumi visā pasaulē šobrīd ražo superkondensatorus. Kā piemēru var minēt *NEC*, *EPCOS*, *Maxwell*, *Cap-XX*. Kā piemērs tiks apskatīts *Maxwell BOOSTCAP* superkondensatora galvenie parametri [4], kas jāņem vērā, izmantojot to enerģijas uzkrāšanai. Galvenais rādītājs, protams, ir kapacitāte. Šai gadījumā tā ir 3000 F, tas nozīmē, ka tajā var tik uzkrātas mazāk nekā 3 Wh enerģijas. Šāds kondensators maksā aptuveni 30 EUR. Pēc ražotāja datiem šāds superkondensators var atdot 14kW/kg, turpretī svina-skābes akumulators tikai 300 W/kg. Ņemot vērā arī to, ka superkondensatoru

var uzlādēt/izlādēt miljoniem reižu, tas padara šādu uzkrāšanas veidu par vienu no labākajiem pīķa jaudas uzkrāšanai.

Tā kā viena superkondensatora spriegums ir mazs, tad nākas virknē saslēgt daudzus superkondensatorus, lai iegūtu izmantojumu spriegumu. Šajā gadījumā parādās balansēšanas problēma. Atšķirīgo kapacitāšu dēļ tie uzlādējas līdz dažādiem spriegumiem, arī atšķirīgo pašizlādes strāvu dēļ ar laiku spriegumi novirzās [5]. Tāpēc ir nepieciešama spriegumu balansēšana starp šūnām. Visvienkāršākā ir pasīvā balansēšana – paralēli kondensatoram tiek pieslēgta precīza pretestība, kā rezultātā spriegumi izlīdzinās. Tāpat tiek pielietotas dažādas aktīvās balansēšanas metodes, piemēram, kondensators, kurš sasniedzis spriegumu tuvu maksimālajam, tiek šuntēts.

Superkondensatoru īpašības, kuras nepieciešams uzlabot, lai padarītu tos pievilcīgākus tirgum:

- 1) lielāks enerģijas blīvums. Tas var tik panākts, palielinot šūnas darba spriegumu, jo enerģija ir kvadrātiski proporcionāla spriegumam  $E=0,5CU^2$ ;
- 2) zemāka cena;
- 3) garantēta 20 gadu ilga kalpošana;
- 4) videi draudzīgas, neuzliesmojošas versijas ar labākām īpašībām nekā uzliesmojošie, indīgie, dažas versijas šobrīd satur šķidrumus, kas var izraisīt iedzimus defektus un vēzi;
- 5) lielāks jaudas blīvums;
- 6) lielāks enerģijas blīvums;
- 7) samazināta noplūdes strāva;
- 8) samazināta kapacitātes mazināšanās ekspluatācijas laikā.

### 3.2.1.3. Superkondensatoru ražotāji

Tirgū savus produktus pārdod vairāk nekā 20 dažādi superkondensatoru ražotāji. Tiks aplūkoti divi vadošie superkondensatoru ražotāji – *Maxwell Technologies* (ASV) un *Skeleton Technologies* (Eiropa).

#### Maxwell Technologies

*Maxwell Technologies* ir viens no vadošajiem superkondensatoru ražošanas uzņēmumiem, kura galvenā mītne atrodas Kalifornijā ASV. Uzņēmums tika dibināts 1965. gadā, un tā sākotnējais nosaukums bija *Maxwell Laboratories*. 1996. gadā uzņēmumam tika nomainīts nosaukums uz *Maxwell Technologies*. Uzņēmums fokusējas galvenokārt uz superkondensatoru enerģijas uzkrājēju sistēmu produktu izstrādi un ražošanu priekš vieglā un smagā transporta, rūpnieciskajām iekārtām, piemēram, ceļamkrāniem, un elektrotīkliem pīķa jaudu nogludināšanai, plašāk pieejamie produkti ir redzami 3.14. att. 2017. gadā *Maxwell Technologies* pārņēma uzņēmumu *NESSCAP Energy*, bet 2019. gada maijā uzņēmumu *Maxwell Technologies* nopirka un pilnībā pārņēma uzņēmums *Tesla* [6]. Tas liek secināt, ka kompānijas ražotie superkondensatori tiks izmantoti nākamajās *Tesla* automašīnās pīķa jaudas nodrošināšanai.



3.14. att. Dažādi Maxwell Technologies produkti.

## Skeleton Technologies

Igaunijā dibinātais uzņēmums *Skeleton Technologies* pirmais uzsāka ražot uz grafēnu balstītus superkondensatorus 2009. gadā un patentēja t.s. izliekto grafēnu [7]. *Skeleton Technologies* piedāvā plašu superkondensatoru šūnu un moduļu klāstu, un šobrīd kompānijai ir vairāki projekti, kas saistīti ar superkondensatoru ražošanas paplašināšanu un superkondensatoru piegādi dažādās jomās strādājošiem uzņēmumiem, piemēram, elektriskā transporta uzņēmumiem.

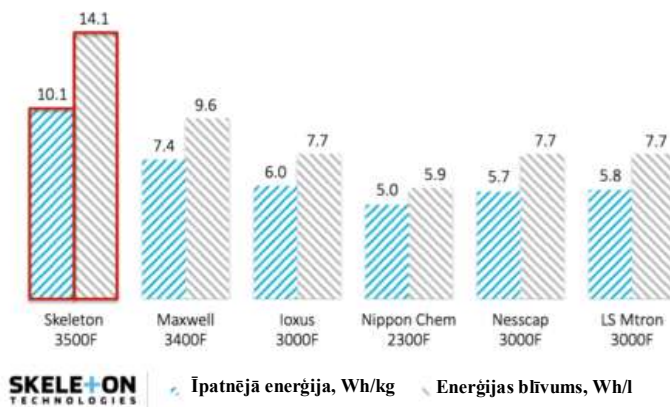
*Skeleton Technologies* no 2015. gada līdz 2016. gadam no vairākām kompānijām, piemēram, *UP Invest*, *Harju Elekter Group*, *FirstFloor Capital*, saņēma aptuveni 26,7 miljonu eiro lielas investīcijas, lai varētu veicināt grafēna superkondensatoru nonākšanu masveida ražošanas tirgū. 2017. gadā *Skeleton* saņēma 15 miljonu eiro aizdevumu no Eiropas Investīciju Bankas, lai finansētu jaunu produktu turpmāku attīstību, pie tam daļu no piešķirtā aizdevuma paredzot investēt jaunā elektrodu masveida ražošanas rūpnīcā Drēzdenē, Vācijā. Līdz ar to no 2015. gada līdz 2017. gadam kopējā uzņēmumā investētā naudas summa bija aptuveni 41,7 miljoni eiro.

2017. gādā *Skeleton Technologies* atvēra jaunu ražotni Vācijas pilsētā Grosrērsdorfā (atrodas Drēzdenes tuvumā).

2018. gadā *Skeleton Technologies* savu superkondensatoru ražošanas daļu, kas atradās Vīmsī pagastā pie Tallinas, nolēma pilnībā pārcelt uz Drēzdeni Vācijā, lai klientiem tiktu nodrošināta ātrāka piegāde un samazinātas pārvadājumu izmaksas.

2018. gada septembrī *Skeleton Technologies* un britu autobusu ražotājs *Wrights Group* noslēdza vienošanos par vairākiem miljoniem eiro uz nākamajiem pieciem gadiem, kas paredz, ka *Skeleton Technologies* uz grafēnu balstītus superkondensatorus, lai ar tiem aprīkotu *Wrights Group* autobusus. Paredzēts, ka, pateicoties *Skeleton* superkondensatoriem, *Wrightbus* autobusiem būs mazākas apkopes un uzturēšanas izmaksas, un kamēr litija baterija var kalpot aptuveni 4 līdz 5 gadus viena miljona uzlādes/izlādes cikla laikā, superkondensatori kalpotu ne mazāk par 7,5 gadiem [8].

Pētījumā, kas tika veikts ASV *Teksasas Universitātē* Arlingtonā, tika salīdzinātas superkondensatoru veiktspējas no četriem dažādiem to ražotājiem: *Maxwell*, *Ioxus*, *JM Energy* un *Skeleton Technologies*. No četriem minētajiem tikai *Skeleton* superkondensatori ir uz grafēnu balstīti un tika konstatēts, ka *Skeleton Technologies* superkondensatoru šūnu veiktspēju rezultatīvie rādītāji krietni pārsniedza pārējo ražotāju superkondensatoru šūnu veiktspēju rādītājus, un grafēns tika minēts kā iespējamais iemesls [9]. Tas arī ir parādīts pašas kompānijas reklāmas materiālā, ko var redzēt 3.15. att.



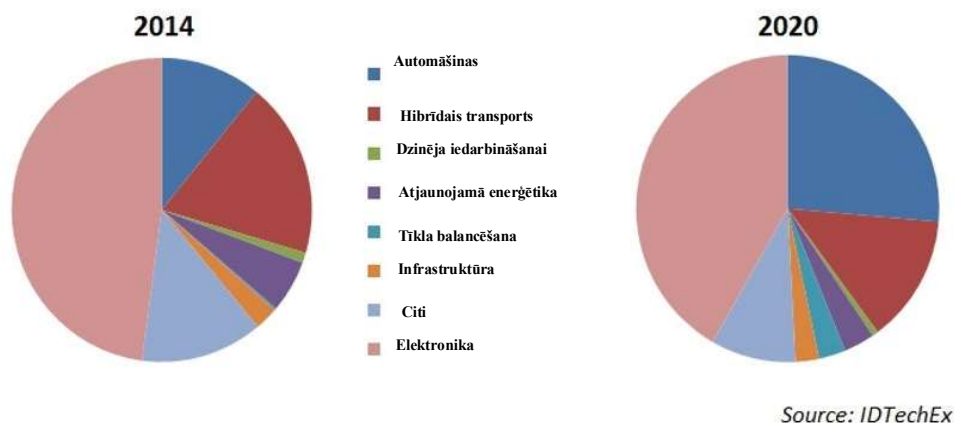
3.15. att. *Skeleton Technologies* ražoto kondensatoru salīdzinājums ar konkurentiem.

2019. gada aprīlī *Skeleton Technologies* nolēma investēt papildus 25 miljonus eiro priekš jaunā superkondensatoru ražotnē Vācijā - Saksijas federālajā zemē. Līdz ar to *Skeleton Technologies* kopējās investīcijas Saksijā sasniedz 31,2 miljonus eiro [10].

2019. gada augustā tika noslēgta vienošanās ar *Škoda Electric* par to, ka *Skeleton Technologies* piegādās superkondensatorus vilces piedziņu aprīkojuma ražotājam *Škoda Electric*, lai ar *Skeleton* superkondensatoru enerģijas uzkrājēju sistēmām aprīkotu 114 tramvajus, kurus ir paredzēts piegādāt trīs Vācijas pilsētām – Manheimai, Heidelbergai un Ludvigšafenai [11].

#### 3.2.1.4. Superkondensatoru pielietojums elektrotransportā

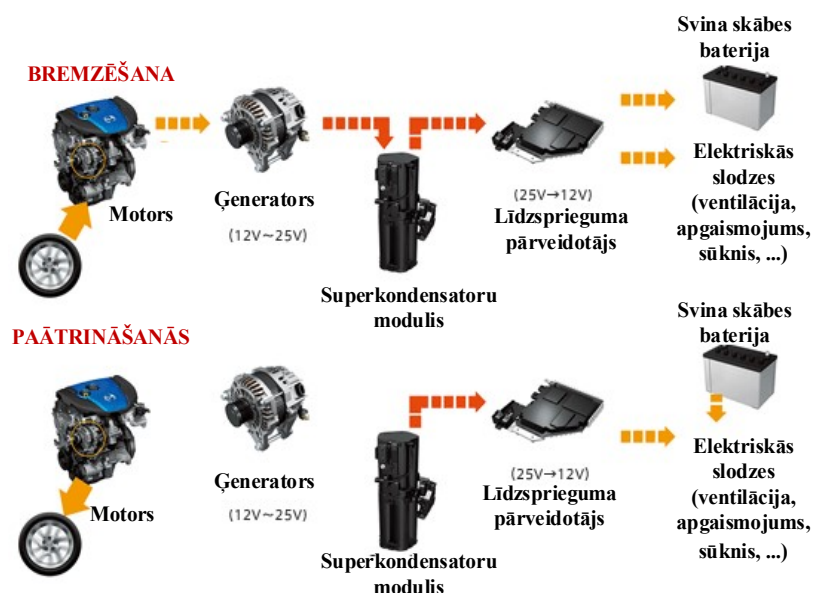
Kā redzams 3.16. attēlā, tad superkondensatoru pielietojums ir pietiekoši plašs – pašlaik plašākais pielietojums transportā ir saistīts ar enerģijas nodrošināšanu iekšdedzes dzinēja startēšanai un pielietošanu hibrīda iekšdedzes dzinēju automašīnās rekuperētās bremzēšanas enerģijas uzkrāšanai. Zinātniskajos rakstos [12]–[15] tiek pētīta litija jonu un superkondensatoru hibrīda barošanas sistēma, kas ļauj palielināt elektroauto efektivitāti un reģeneratīvās bremzēšanas efektivitāti, jo superkondensatoram ir salīdzinoši mazāka iekšējā pretestība, kas izsauc mazākus zudumus. Tāpat pētījumos [16]–[21] parādīts, ka ir lietderīgi izmantot superkondensatorus kopā ar ūdeņraža šūnām, jo superkondensators spēj nodrošināt pīķa jaudu, ko nav iespējams ģenerēt ar ūdeņraža šūnām. Tālāk sīkāk tiks apskatītas jomas, kurās tiek izmantoti superkondensatori.



3.16. att. Superkondensatoru prognoze pa pielietojuma jomām.

##### 3.2.1.4.1. Transportlīdzekļa efektivitātes uzlabošanai, uzkrājot ģenerators saražoto enerģiju

Tā kā superkondensatori ir labi piemēroti ātrai izlādei un izlādei, tad var tikt izveidota sistēma, kas uzkrāj iekšdedzes dzinējam pieslēgtā ģenerators saražoto enerģiju laikā, kad automašīna palēninās un pēc tam šo enerģiju izmanto elektrisko slodžu elektroapgādei. Kā piemērs tiks apskatīta *Mazda I-LOOP* sistēma, kas ļauj samazināt degvielas patēriņu. Darbības princips ir parādīts 3.17. att. Transportlīdzeklī bremzējot, ģenerators saražotā elektroenerģija tiek uzkrāta superkondensatorā. Vēlāk šī elektroenerģija tiek izmantota tādu elektrisko patērētāju elektroapgādei kā apgaismojums, ventilācijas sistēma un citām elektriskām slodzēm. Šāda sistēma ļauj palielināt iekšdedzes dzinēja efektivitāti un iekļauties pieļaujamajās izmešu normās. Tā kā attīstās hibrīdpiedziņas auto, nav paredzams, ka šāda sistēma tiks plaši pielietota nākotnē, jo tā rada papildu izmaksas un tikai nedaudz samazina iekšdedzes dzinēja efektivitāti.

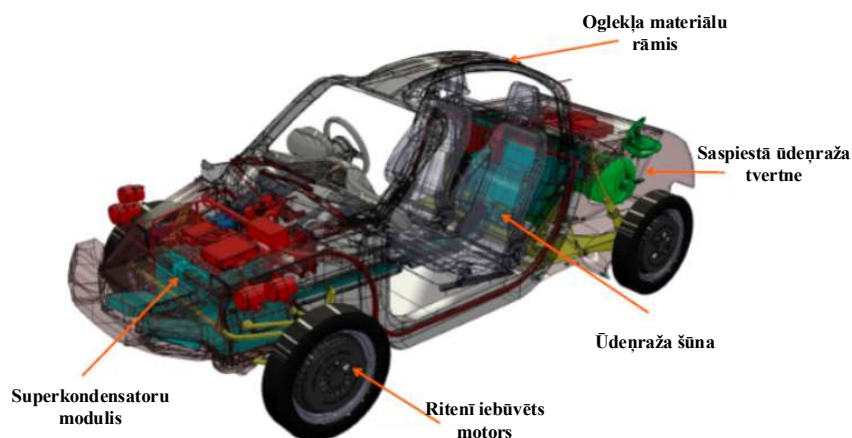


3.17.att. Mazda I-LLOP sistēmas darbības princips [22].

### 3.2.1.4.2. Superkondensatora un ūdeņraža šūnu hibrīdā uzkrājējsistēma

Superkondensatori ir ideāli piemēroti pīķa jaudas nodrošināšanai, ko nespēj ūdeņraža šūna, tāpēc plašāk pielietojot ūdeņraža auto, var prognozēt strauju superkondensatoru pielietojumu kombinācijā ar tiem. *Riverside* ražotāja elektroauto ar ūdeņraža šūnu un superkondensatora hibrīdo uzkrājējsistēmu ir parādīta 3.18. att. Ūdeņraža auto prognozes, piemēram, [23] saka, ka ūdeņraža auto pieaugums būs vairāk nekā pēc 10 gadiem, kad ūdeņraža automašīnas un ETL būs izteikti dominējošs pārvietošanās veids, bet pašlaik lielākā daļa autoražotāju investē elektroauto tehnoloģiju izstrādē. Pēc veikspējas ūdeņraža elektroauto ir salīdzināms ar parasto transportlīdzekli ar diapazonu 500 km ar vienu uzpildi, uzpilde ir iespējama ātra (3–5 minūtes), tomēr galvenā problēma ir uzpildes infrastruktūra, kas būvējama no jauna. Atšķirībā no parastajiem transportlīdzekļiem, ūdeņraža auto ir kluss un izstaro tikai siltumu un ūdens tvaikus. Piemēram, kompānijas *Toyota* ūdeņraža elektroauto maksā 60 000 EUR, *Honda Clarity* nopērkams par 70 000 EUR, pieejami arī *Hyundai Tucson* un *Hyundai Genesis* šāda tipa auto. Tomēr šādu auto pārdošanas apjomi ir ļoti zemi augstās cenas un nepieejamās uzpildes infrastruktūras dēļ. Daudz plašāk tiek pielietoti ūdeņraža elektriskie autobusi, kuriem var izveidot speciālu uzpildes infrastruktūru, tomēr dārdzības dēļ šo autobusu izstrādi, ražošanu un iegādi subsidē no publiskajiem līdzekļiem. Ja šādi transportlīdzekļi attīstās, tad var prognozēt arī potenciālu superkondensatoru vai litija-jonu bateriju pielietošanu kā papildus enerģijas avotu pīķa jaudas nodrošināšanai.





3.18. att. Ūdeņraža un superkondensatoru auto hibrīda RASA prototips [24].

### 3.2.1.4.3. Uz superkondensatoriem bāzēti iekšdedzes dzinēju startēšanas moduļi

Papildinot tradicionālo startēšanas sistēmu ar superkondensatoru uzkrājēju, iespējams paildzināt svina skābes bateriju kalpošanas laiku, uzlabot startēšanu zemas apkārtējās vides apstākļos. Izmantojot superkondensatoru bateriju, pīķa strāvas nodrošināšanai iespējams paildzināt svina-skābes baterijas kalpošanas laiku 2 – 3 reizes [25].

Tirgus analīze [26] rāda, ka automašīnas, kas aprīkotas ar *start-stop* sistēmu un ļauj izslēgt iekšdedzes dzinēju īslaicīgas apstāšanās gadījumos, tiks saražotas vismaz pusei no visām ar iekšdedzes dzinēju aprīkotām automašīnām. Šādas startēšanas sistēmā akumulatoram jāiztur liela slodze, tāpēc paredzams īslaicīgāks akumulatoru kalpošanas laiks. Pieprasījums pēc tehnoloģijas, kas spētu uzlabot starta baterijas īpašības, ir liels. Pielietojot superkondensatora un svina skābes akumulatora hibrīdo uzkrājēju, tā apjoms, salīdzinot ar klasisko sistēmu, var tikt samazināts par 30 %, bet svars - samazināts par 25 – 40 % [27]–[29].

Svina skābes baterijas un superkondensatora hibrīdais uzkrājējs var būt ar pasīvu struktūru [29], [30] daļēji aktīvu [27], [31] un pilnībā aktīvu struktūru [32], [33], [34]. Pasīvās struktūras gadījumā svina-skābes baterija un superkondensators ir saslēgti paralēli bez jebkāda pārveidotāja izmantošanas. Šāds risinājums ir visvienkāršākais un vislētākais taču nevar tikt izmantota visa superkondensatorā uzkrātā enerģija. Pilnībā aktīvas topoloģijas gadījumā var tikt izmantota daudz lielāka daļa no superkondensatorā uzkrātās enerģijas, kā arī nodrošināta elektriskā motora palaišana ar nelielām strāvas pulsācijām. Pilnas jaudas pārveidotājs ir dārgs, tam ir ievērojami izmēri, šāda tipa pārveidotājus izmanto hibrīdauto, kas aprīkoti ar jaudīgu litija jonu akumulatoru, ar ko ir iespējams uzkrāt bremzēšanas enerģiju un izmantot nākamajā paātrināšanās ciklā. Tabulā 3.1. redzams dažādu enerģijas uzkrājēju salīdzinājums iekšdedzes dzinēja startēšanas pielietojumam. Attēlos 3.19. un 3.20. redzami superkondensatoru ražotāju moduļi, kas paredzēti iekšdedzes dzinēju startēšanai.

3.1.tabula

Dažādu uzkrājēju salīdzinājums iekšdedzes dzinēja startēšanai

Tehnoloģija	Enerģijas ietilpība	Iespēja izmantot aukstam startam	Ciklu skaits	Cena
Svina-skābes	vidēja	piemērots	neliels	maza
Litija jonu	ļoti liela	nepiemērots	liels	vidēja
Superkondensators	maza	labi piemērots	ļoti liels	liela



3.19. att. *Maxwell Technologies* superkondensatoru baterija iekšdedzes dzinēju startēšanai [35].



3.20. att. *Skeleton Technologies* superkondensatoru baterija iekšdedzes dzinēju startēšanai [36].

#### 3.2.1.4.4. Superkondensatoru autobusi, ko uzlādē pieturvietās

Enerģijas ietilpības ziņā superkondensatori nevar sacensties ar litija jonu baterijām, taču to priekšrocība ir ne tikai liela jauda, kas var tikt atdota īsā laika posmā, bet arī tie var tikt uzlādēti ar lielu jaudu īsā laika posmā. Tā kā sabiedriskajiem transportlīdzekļiem jāveic apstāšanās pieturvietās, tad tur iespējams uzbūvēt uzlādes infrastruktūru, kas šo pāris minūšu laikā spēj nodrošināt superkondensatoru uzlādi līdz līmenim, kas nepieciešams, lai nokļūtu līdz nākamajai pieturvietai.



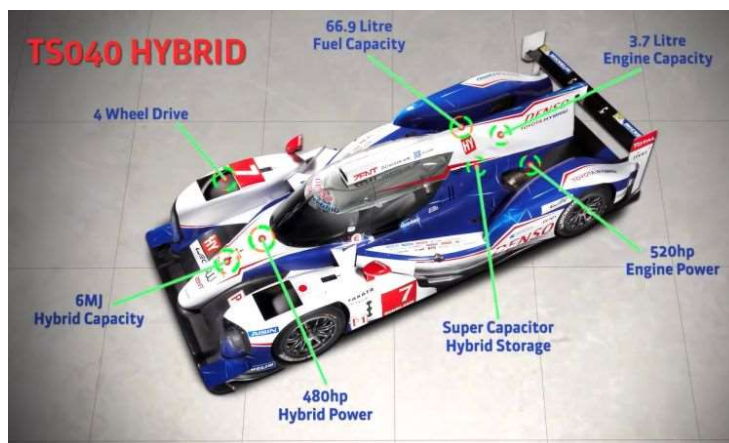
3.21. att. Superkondensatoru autobuss, kas tiek uzlādēts katrā pieturvietā [37].

#### 3.2.1.4.5. Jaudīgas mašīnas, kurām jaudas maksimumu palīdz nodrošināt elektriskā enerģija, kas uzkrāta superkondensatoros

Tā kā superkondensatori spēj atdot lielu jaudu īsā laikā, tos pielieto elektroauto, kuriem nepieciešams attīstīt lielu jaudu, kur šāds enerģijas avots var dot ievērojamu piedziņas īslaicīgu jaudas pieauguma nodrošināšanu. Visu laiku ātrākajā ielas sporta auto *Lamborghini Sián FKP 37* (3.22. att.) tiek izmantoti superkondensatoru maksimālās jaudas attīstīšanai. Aizvien plašāk attīstās sporta ātruma ETL, arī tur var tikt pielietoti superkondensatori, un piemērs parādīts 3.23. att.



3.22. att. *Lamborghini* sporta auto ar superkondensatoriem kā papildus uzkrājēju [38].



3.23. att. Sporta elektroauto ar superkondensatoriem kā papildu uzkrājēju [39].

#### 3.2.1.4.6. Reģenerētās elektroenerģijas atgūšanai elektrotransportlīdzekļos, kas saņem enerģiju no kontakttīkla

Superkondensatorus (SC) kā enerģijas uzkrāšanas elementus var pielietot lielgabarīta transportlīdzekļos, piemēram, trolejbusos, tramvajos, metro vilcienos un arī elektriskajos autobusus. Tāpēc šajā apakšnodaļā tiks sniegts ieskats par SC pielietošanas nozīmi lielgabarīta sabiedriskajiem elektriskajiem transportlīdzekļiem, kas piesaistīti pie gaisvadu kontakttīkla.

Ļoti būtisks elektrisko sabiedrisko transportlīdzekļu energoefektivitāti raksturojošs faktors ir iespēja bremsēšanas režīma laikā atgūt daļu no transportlīdzekļa kustības kinētiskās enerģijas reģenerētas elektriskās enerģijas veidā, ja vien attiecīgais transportlīdzeklis ir aprīkots ar rekuperējošu elektrisko piedziņu [40]. Tas nozīmē, ka transportlīdzekļa bremsēšanas laikā tā elektriskais motors ir ģeneratora režīmā un reģenerē elektrisko enerģiju. Bremsēšanas laikā reģenerētās enerģijas novadīšana uz transportlīdzeklī esošiem bremsžu rezistoriem, kuros tā tiek izkliedēta siltumā, ir visneekonomiskākais un energoneefektīvākais variants. Taču pastāv vēl trīs varianti kā šo reģenerēto enerģiju var izmantot lietderīgi:

- 1) reģenerētā enerģija var tikt novadīta uz kontakttīklu, kur to absorbē cits tajā pašā kontakttīkla sekcijā atrodošs transportlīdzeklis, kurš attiecīgajā brīdī uzņem ātrumu;
- 2) reģenerētā enerģija var tikt novadīta uz barošanas apakšstaciju, no kuras tā tālāk var tikt novadīta uz augstsprieguma tīklu, ja vien apakšstacija ir aprīkota ar reversīviem taisngriežiem;



- 3) reģenerētā enerģija var tikt uzkrāta mobilā enerģijas uzkrājēju sistēmā (EUS), kas uzmontēta uz transportlīdzekļa borta, vai stacionārā EUS, kas ierīkota apakšstacijā vai pieslēgta pie gaisvadu kontakttīkla.

Attiecībā uz pirmo no augstāk minētajiem variantiem, ne pārāk bieži gadās tādas situācijas, kad, vienam transportlīdzeklim bremsējot, otrs tajā pašā sekcijā esošs transportlīdzeklis uzņem ātrumu, efektīvi absorbēdams bremsējošā transportlīdzekļa reģenerēto enerģiju. Savukārt otrais no augstāk minētajiem variantiem, piemēram, Rīgas apstākļos šobrīd nav iespējams, jo Rīgā esošās kontakttīkla barošanas apakšstacijas nav aprīkotas ar reversīvajiem taisngriežiem, t.i. esošie taisngrieži strāvai ļauj plūst tikai vienā virzienā. Tāpēc EUS pieejamības gadījumā trešais no augstāk minētajiem variantiem ir uzskatāms par iespējamāko un ekonomiskāko, tomēr Rīgā esošie trolejbusi un tramvaji nav aprīkoti ar mobilām EUS, un stacionāras EUS arī nav pieejamas.

Mobilu EUS priekšrocība ir pastāvīga pieejamība, kā rezultātā enerģijas pārvades zudumi ir ļoti nenožīmīgi, taču to galvenais trūkums - transportlīdzekļa pilnās masas pieaugums, līdz ar ko transportlīdzeklis spiests patērēt vairāk enerģijas kustības laikā. Taču nesenos pētījumos noskaidrots, ka enerģijas patēriņš, par kādu elektriskais transportlīdzeklis, piemēram, trolejbuss, spiests patērēt vairāk enerģijas papildus mobilas EUS masas dēļ, ir ļoti nenožīmīgs, salīdzinot ar turpmāk aprakstītajām priekšrocībām, ko sniedz mobilās EUS. Stacionāru EUS priekšrocība raksturojama ar to, ka transportlīdzeklis papildus noslogots netiek, taču galvenie trūkumi saistāmi ar to, ka nozīmīgi enerģijas apjomi var tikt zaudēti enerģijas pārvades laikā atkarībā no mainīga pārvades attāluma starp transportlīdzekli un EUS.

3.24. att. uzskatāmi parādīta pie gaisvadu kontakttīkla piesaistīta elektriskā transporta (turpmāk apakšnodaļā – trolejbuse), kas aprīkots ar EUS, reģenerētās enerģijas uzkrāšanas un atkārtotas izmantošanas jeb "dzīves cikla" diagramma, par kuras sākumpunktu var uzskatīt trolejbuse motoru, ko simbolizē aplis ar burtu *M*. Ar gaiši zaļo bultu parādīts bremsēšanas režīma laikā reģenerētās enerģijas ceļš uz SC EUS, un sarkanā bulta, kuras dēļ gaiši zaļā bulta palikusi šaurāka, simbolizē zudumus uzlādes procesā, kuriem ir sekojoša secība:

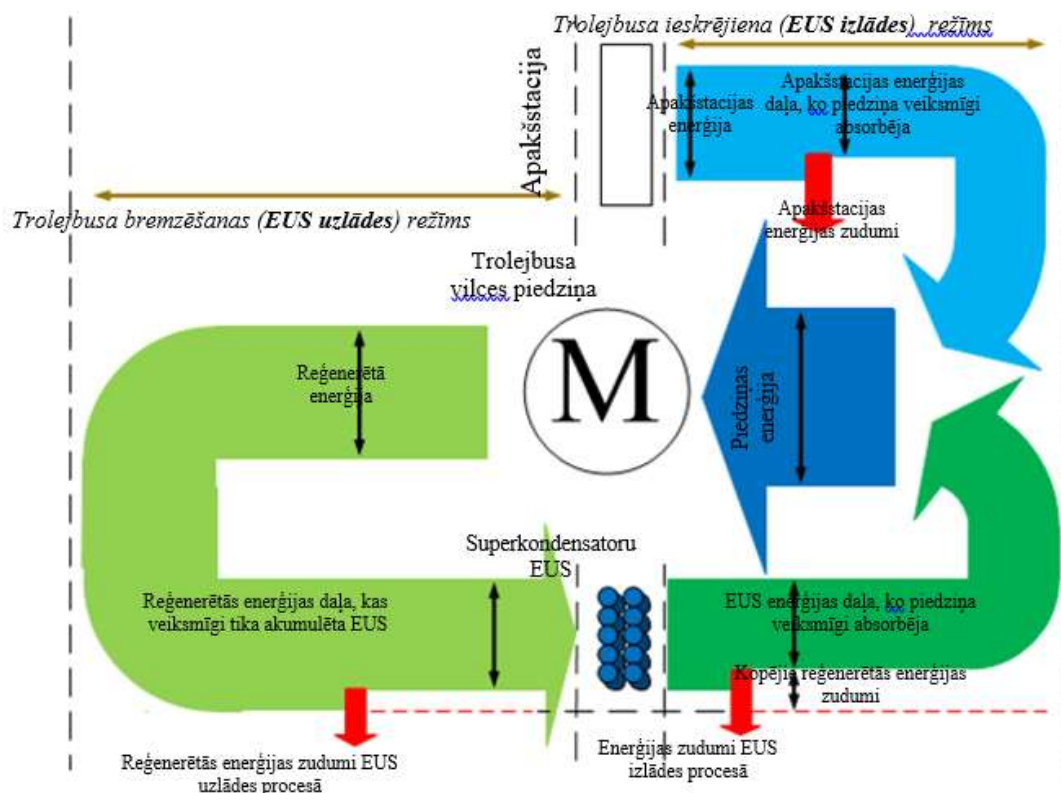
- 1) zudumi trolejbuse vilces piedziņas DC/AC (maiņstrāvas/līdzstrāvas) invertorā;
- 2) zudumi bremžu rezistorā, ja SC EUS kādā brīdī ir uzlādēta pilnībā vai ja tiek būtiski pārsniegts EUS iestatītie strāvas vai jaudas maksimālie limiti;
- 3) zudumi elektropārvadē, ja SC ir stacionāra;
- 4) zudumi EUS DC/DC impulsu pārveidotājā;
- 5) zudumi sakarā ar SC iekšējo pretestību, uz kā rēķina notiek SC elementu silšana.

Pēc trolejbuse bremsēšanas jeb EUS uzlādes režīma seko trolejbuse ieskrējiena jeb EUS izlādes režīms. Attēlā parādītajā diagrammā pieņemts, ka tikmēr, kamēr vien EUS uzlādes līmenis ir virs minimāli pieļaujamā, ieskrējiena jeb ātruma uzņemšanas režīma laikā trolejbuse vilces piedziņu ar enerģiju aptuvenā proporcijā 50/50 apgādā gan EUS, gan apakšstacija. Ar tumši zaļo bultu parādīts EUS iepriekš uzkrātās enerģijas, ko pēc EUS izlādes procesa var saukt par izlādēto enerģiju, ceļš uz trolejbuse vilces piedziņu un sarkanā bulta, kuras dēļ tumši zaļā bulta palikusi šaurāka, simbolizē zudumus izlādes procesā, kuru secība ir pretēja iepriekš minētajai uzlādes procesa secībai, bet bez zudumiem bremžu rezistorā.

Kopumā EUS uzlādes procesa laikā atkarībā no invertora un līdzsprieguma pārveidotāja lietderības koeficientiem un SC elementu iekšējās pretestības tiek zaudēti vidēji līdz 10% no rekuperētās enerģijas, un līdzīgi arī EUS izlādes procesā tiek zaudēts vidēji līdz 10% no iepriekš veiksmīgi uzkrātās rekuperētās enerģijas daļas.

Ar gaiši zilo bultu parādīts apakšstacijas enerģijas ceļš uz trolejbusa vilces piedziņu, un sarkanā bultā, kuras dēļ gaiši zilā bultā palikusi šaurāka, simbolizē no apakšstacijas ņemtās enerģijas zudumus, kuriem ir sekojoša secība:

- 1) zudumi apakšstacijas transformatorā un taisngriezī, t.i., apakšstacijas iekšējie zudumi;
- 2) zudumi elektropārvadē;
- 3) zudumi trolejbusa vilces piedziņas invertorā.



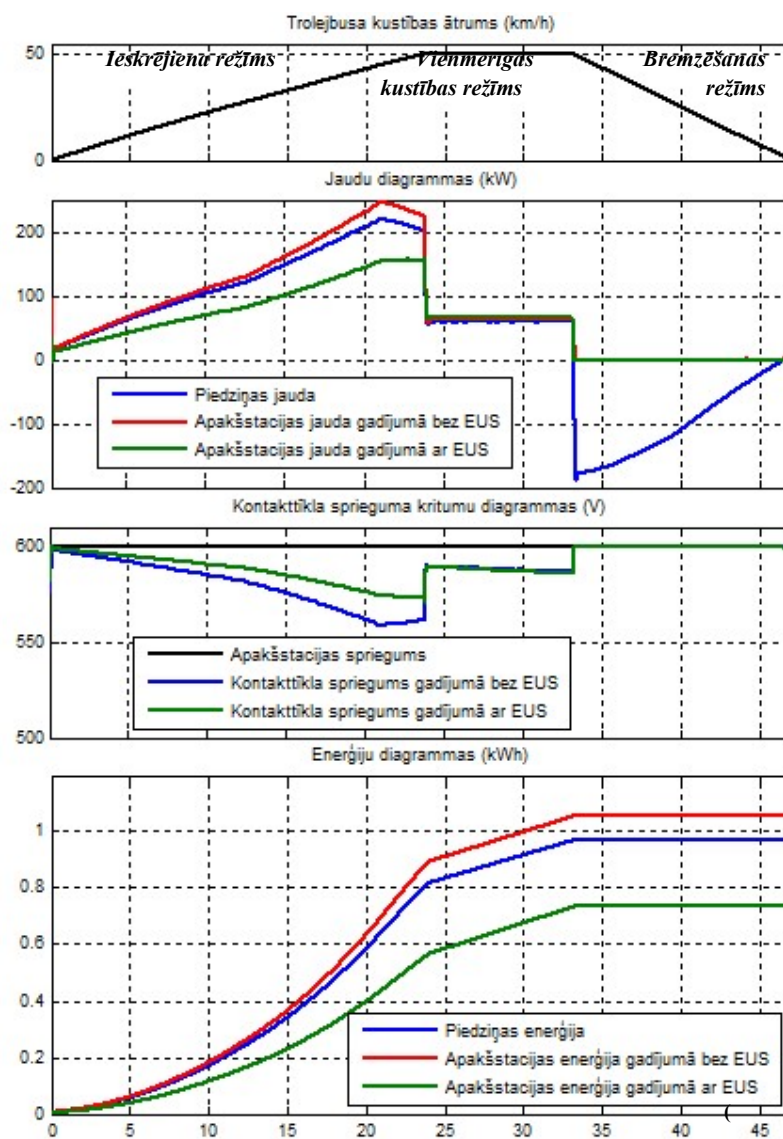
3.24. att. Trolejbusa piedziņas rekuperētās enerģijas "dzīves cikla" diagramma.

Lai saprotami izskaidrotu SC EUS pielietojanas nozīmi, parādīti trolejbusa *Škoda 24Tr* kustības virtuālu simulāciju, kas tika veiktas *Matlab* vidē, rezultāti. Simulāciju veikšana ar virtuāliem trolejbusu kustības modeļiem ir tipisks pētniecības variants reāla trolejbusa nepieejamības gadījumā. Izstrādātie virtuālo modeļu simulāciju rezultāti ir ļoti tuvināti reālām situācijām, jo to kustības parametru raksturlīknes aptuveni sakrīt ar ražotāja sniegtajām eksperimentāli iegūtajām reālu trolejbusu kustību raksturlīknēm.

Pilns transportlīdzekļa kustības cikls iekļauj paātrināšanos, vienmērīgu kustību un bremzēšanu. 3.25. att. parādītas trolejbusa *Škoda 24Tr* kustības cikla ātruma, jaudu, kontakttīkla sprieguma kritumu un patērēto enerģiju diagrammas gan situācijai bez SC EUS, gan situācijai ar SC EUS, kur paātrināšanās režīma laikā piedziņu ar nepieciešamo jaudu nodrošina gan EUS, gan barošanas apakšstacija. Abos gadījumos kustības ir identiskas ar vienādām piedziņas jaudas un piedziņas patērētās enerģijas diagrammām.

Ja attiecīgās SC EUS galvenais uzdevums ir reģenerētās enerģijas uzkrāšana un efektīva izmantošana nākamā ieskrējiena laikā, tad vispirms ar simulāciju palīdzību tiek noskaidrots reģenerētās enerģijas apjoms, kādu trolejbusa bremzēšanas laikā SC EUS veiksmīgi akumulē. Kā redzams jaudu diagrammās, tika lietota tāda EUS vadības stratēģija, kuras ietvaros trolejbusu ar enerģiju vienlaicīgi gan EUS, gan apakšstacija tādās proporcijās, lai tieši paātrināšanās režīma beigās EUS būtu izlādējies

līdz minimāli pieļaujamajam sprieguma līmenim, tāpēc vienmērīgas kustības laikā piedziņu ar nepieciešamo enerģiju apgādā tikai apakšstacija.



3.25. att. Trolejbus raksturīknes bremzēšanas procesa laikā.

Kā redzams, trolejbusa paātrināšanās režīma beigu posmā ir visaugstākais piedziņas jaudas patēriņš jeb jaudas pīķis. Līdzko paātrināšanās režīms beidzas un sākas vienmērīgas kustības režīms, tā trolejbusa piedziņas patērētās jaudas apjoms samazinās ar strauju kritienu. Toties situācijā bez EUS apakšstacijas kopējā jauda visu laiku ir nedaudz augstāka par piedziņas jaudu, jo apakšstacijas kopējā jauda ietver ne vien piedziņas patērēto jaudu, bet arī, piemēram, elektropārvadē zaudēto jaudu, apakšstacijas iekšējo zudumu jaudu, vilces piedziņas invertorā zaudēto jaudu un arī jaudu, ar ko tiek kompensēti visi zudumi, lai līdz vilces piedziņai nonāktu tāds jaudas apjoms, kāds ir nepieciešams pieprasītā trolejbusa kustības ātruma nodrošināšanai. Tādi paši apgalvojumi ir attiecināmi arī uz apakšstacijas kopējo patērēto enerģiju, kas situācijā bez EUS visu laiku ir nedaudz augstāka par piedziņas patērēto enerģiju. Bremzēšanas režīma laikā piedziņas jauda tiek attēlota ar mīnusa zīmi tāpēc, ka piedziņa jaudu nevis patērē, bet ģenerē/reģenerē, un šī reģenerētā jauda plūst virzienā projām no piedziņas.

3.26. att. diagrammās var redzēt trīs priekšrocības gadījumam, kurā trolejbusam ir pieejama uzlādēta mobila EUS, kas ieskrējiena režīmā trolejbusa piedziņu nodrošina ar daļu no nepieciešamās jaudas, salīdzinot ar gadījumu, kurā nav pieejama EUS:

1) No barošanas apakšstacijas tiek ņemts mazāk jaudas, tāpēc paātrinājuma režīmā apakšstacijas jaudas pīķis ir samazinātāks jeb apcirtis. Līdz ar to tiek samazināta kontakttīkla noslodze.

2) Jo mazāk jaudas tiek ņemts no apakšstacijas, jo mazāki elektropārvades zudumi, ko parāda mazāks kontakttīkla sprieguma kritums.

3) Mazāks kopējais apakšstacijas enerģijas patēriņš.

### 3.2. tabula

Komerčiāli uzstādītās bremzēšanas enerģijas atgūšanas iekārtas

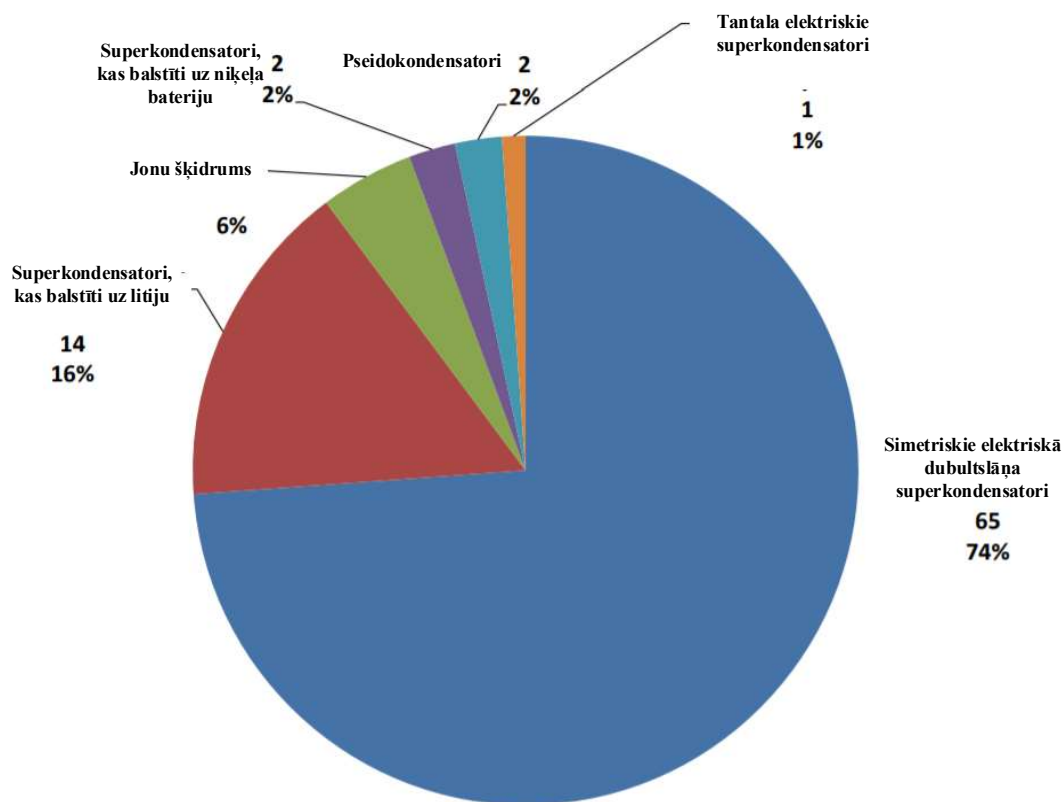
Tehnoloģija	Ražotājs	Preču zīme	Lietojuma piemēri
Spararati	«Piller Power Systems»	Powebridge	Hannovere, Hamburga, Renna
	«Calnetix»	Vycon® Regen®	Losandželosa
Litija-jonu akumulatori (stacionāri)	«SAFT»	Intensum Max	Filadelfija
	«Toshiba»	TESS	Tokija
	«Hitachi»	B-Chop	Kobe, Makao, Honkonga
Ni-MH akumulatori	«Kawasaki»	BPS	Osaka, Tokija, Hokaido
Superkondensatori	«Siemens»	Sitras SES	Madride, Ķelne, Pekina, Nirnberga, Roterdama, Toronto, Portlenda
	«ABB»	Enviline	Filadelfija, Varšava
	«Adetel»	NeoGreen Power	Liona
	«Woojin»	Seula	—
	«Meidensha Cooperation»	CapaPost	Japāna
Reversīvās apakšstacijas	«Siemens»	Sitras TCI	Oslo, Singapūra
	«ABB»	Enviline ERS	Lodza
	«Alstom»	HESOP	Parīze, Londona, Milāna
	«Ingeteam»	Ingeber	Bilbao, Malaga, Brisele, Bīfelde

Latvijā papildus elektroenerģijas patēriņam jāmaksā arī konstanta maksa par nodrošinātās jaudas pieslēgumu, t.i. jo augstāka jauda tiek nodrošināta, jo lielāka maksa par pieslēgumu un otrādi. Rīgas sabiedriskā transporta gaisvadu kontakttīkla barošanas apakšstacijām pieslēgtās jaudas iekļauj arī zināmas rezerves, rēķinoties ar to, ka vienā kontakttīkla sekcijā uzņemt ātrumu var vairāki trolejbusi vienlaicīgi, jo, ja vidējā patērētā jauda izteikti pārsniedz kopējo rezervēto jaudu, ir jāmaksā soda procenti. Sakarā ar iespēju samazināt jeb nogludināt apakšstaciju jaudu pīķus, EUS pieejamības gadījumā tiek pavērtas arī iespēja apsvērt samazināt pieslēgumu rezervēto jaudu apjomus, tādējādi samazinot izmaksas par jaudu pieslēgumu nodrošinājumu.

Kā redzams 3.2. tabulā, tad superkondensatori tiek izmantoti salīdzinoši bieži šādos pielietojumos, un var prognozēt to, ka arī turpmāk tie tiks pielietoti bremzēšanas enerģijas uzkrāšanai trolejbusiem, tramvajiem, metro un arī vilcieniem.

### 3.2.1.5. Superkondensatoru ražošanas tehnoloģijas

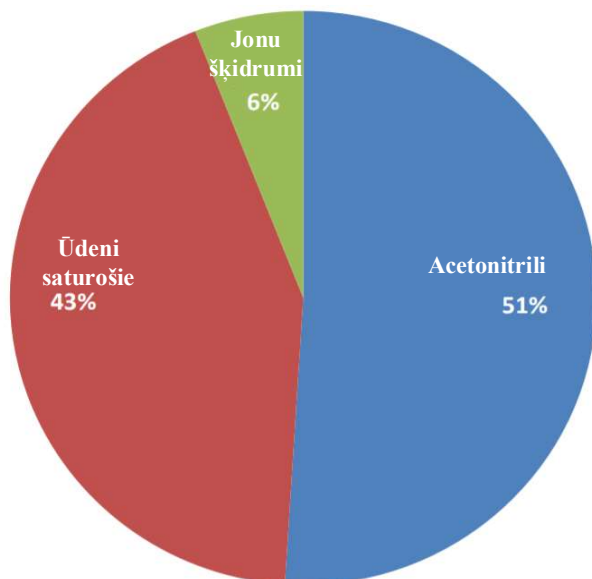
Dažādi ražotāji pielieto dažādas ražošanas tehnoloģijas un dažādus materiālus. Aktīvais elektroda materiāls parasti ir no augiem iegūta ogle, ko “aktivizē” šķīdinātāji, lai iegūtu lielu aktīvu virsmu, uz kuras veidojas efektīvi elektroķīmiskie dubultslāņi. Pieaugošs mazākums izmanto lielas platības oglekļa, piemēram, oglekļa karbīda, aerogela oglekļa, oglekļa nanocauruļus vai grafēna elektrodu. 3.26. att. redzams ražotāju sadalījums pēc produkta tipa, un kā redzams, tad elektriskā dubultslāņa kondensatori tiek ražoti visbiežāk, tomēr aizvien plašāk attīstās litija jonu hibrīdie superkondensatori, kas spēj uzkrāt lielāku enerģiju. Standarta aktīvās ogles vidējā cena ir 30 EUR/kg.



3.26. att. Superkondensatoru ražotāju sadalījums pēc ražotā superkondensatoru tipa (ražotāju skaits un procentuālais sadalījums).

3.27. att. redzams ražoto superkondensatoru produktu sadalījums pēc pielietotā elektrolīta sastāva. Tradicionāli tiek pielietoti elektrolīti, kas ir šķidri un toksiski (piemēram, izdala HCN (ciānūdeņradi), kas slēgtā telpā var būt nāvējošs). Attiecīgi cietie/gēla polimēru elektrolīti arī tiek pielietoti, tiem nav toksiskuma. Tie joprojām var būt viegli uzliesmojoši, bet mazāk nekā gaistošie acetoniļi, un, parasti tos pārveidojot, nav nepieciešams ievērot stingrus noteikumus, kas ierobežo liela acetoniļa pārveidošanu un izmantošanu. Vairāki ražotāji tagad piedāvā tikai ūdens elektrolītus, piemēram, sulfūnskābi. Tiem ir ļoti maz ierobežojumu attiecībā uz iznīcināšanu pēc lietošanas. Tādēļ tādu elektrolītu izvēle kā acetoniļi, kas, iespējams, izraisa iedzimtus defektus un vēzi, strauji mazinās, bet

pieaug procentuāli ūdens vai relatīvi jaunu jonisko šķidrumu pielietošana. Pirmo reizi cieta elektrolīta pielietošana atspoguļota rakstā [41].



3.27. att. Superkondensatoru elektrolīta sastāvs (procentuāli ražotāji).

**Ūdens elektrolīti.** Ūdens elektrolītu darba spriegums ir zems, jo ūdens elektrolizējas pie sprieguma zem 1,23 V. Tomēr ūdens elektrolītiem ir daudz augstāka vadītspēja nekā organiskajiem elektrolītiem, kas parasti ir par vienu pakāpi lielāka. Enerģijas blīvums, kas sasniegts ar ūdens elektrolītiem, parasti ir par vienu punktu mazāks nekā ar joniskiem šķidrumiem sasniegtais. No otras puses, lielāku jaudas blīvumu var panākt ar ūdens elektrolītiem [42]. Superkondensatoros, galvenokārt, par ūdens elektrolītiem izmanto netoksisku un lētu kālija hidroksīdu (KOH) vai sērskābi ( $H_2SO_4$ ).

**Organiskie elektrolīti.** Tā vietā, lai izvairītos no šķīdinātāju sadalīšanās un sasniegtu lielākus spriegumus, jāizvēlas ūdens elektrolītu vietā tādi organiski šķīdinātāji kā propilēnkarbonāts (PC) vai acetonitrils (ACN). Superkondensatorus ar organiskiem elektrolītiem var izveidot ar spriegumu līdz 3 V. Acetonitrils veicina augstu vadītspēju, ņemot vērā tā zemo viskozitāti, un tas rada lielas enerģijas un jaudas blīvumu. Tā kā acetonitrils ir gaistošs, toksisks un viegli uzliesmojošs šķidrums, ieteicams izmantot citus šķīdinātājus vai jonu šķidrumus, kas nesatur šķīdinātājus. Propilēnkarbonāts ir viskozāks nekā acetonitrils, un elektrolīti, kuru pamatā ir propilēnkarbonāts, nenodrošina tik augstu vadītspēju kā acetonnitrila maisījumi [42]. Superkondensatoriem ar organiskiem šķīdinātājiem ir mazāka kapacitāte nekā uz ūdens elektrolītiem bāzētajiem.

**Jonu šķidrumi.** Jonu šķidrumi ir gaistoši, neuzliesmojoši, un tiem ir plašs elektroķīmiskais logs, kura diapazons ir aptuveni 2 – 6 V [42]. Tomēr jonu šķidrumi ir dārgi, un tiem bieži ir augsta viskozitāte un zema elektro vadītspēja. Augsta viskozitāte ierobežo ne tikai lādiņa transportēšanas ātrumu, bet arī ierobežo elektrolīta piekļuvi mazākām elektrodu virsmas porām. Jonu šķidrumu vadītspēju var palielināt, pievienojot tādus šķīdinātājus kā propilēnkarbonāts vai acetonitrils. Maisījumiem ir maksimālā vadītspēja pie apmēram 50% no šķīdinātāja masas. Ar acetonnitrila maisījumiem ir augstāka vadītspēja nekā maisījumiem ar propilēnkarbonātu [42]. Bieži lietots jonu šķidrums ir hidrofilis 1-etil-3-metilimidazolijs tetrafluorborāts (EMI BF4), ko bieži izmanto ar acetonnitrilu kā šķīdinātāju. Zema viskozitāte un laba vadītspēja ļauj šo elektrolītu izmantot superkondensatoros. Tomēr EMI BF4 nevajadzētu izmantot superkondensatoros, kas darbojas ar augstu spriegumu.

### Aktivizēta ogle kā superkondensatoru elektrods

Aktīvās ogles apstrādes procedūru parasti veido karbonizācija, kam seko augu izcelsmes oglekļa materiāla aktivizācija. Karbonizācija ir organisko materiālu termoapstrāde 400 – 800°C temperatūrā, kurā pārveido izejvielas, piemēram, koksni, lai minimizētu gaistošo vielu saturu un palielinātu oglekļa saturu materiālā. Tas palielina materiālu izturību un rada porainu struktūru, kas nepieciešama, lai aktivizētu oglekli. Karbonizācijas apstākļu pielāgošana var būtiski ietekmēt galaproduktu. Paaugstināta karbonizācijas temperatūra palielina reaktivitāti, bet vienlaikus samazina esošo poru daudzumu. Šis samazinātais poru daudzums saistīts ar materiāla kondensēšanos augstākā karbonizācijas temperatūrā, kas palielina mehānisko izturību. Tāpēc ir svarīgi izvēlēties pareizu procesa temperatūru, pamatojoties uz vēlamo karbonizācijas produktu. Pēc tam, kad sākotnējā porainā struktūra ir radīta ar karbonizāciju, veic oksidāciju, ko sauc par aktivāciju, lai radītu mikroporas. Aktivāciju var veikt ar oksidējošām gāzēm vai ķīmisku aktivāciju.

Aktivācijā, oksidējot gāzes, piemēram, tvaika aktivāciju, ogleklis reaģē ar oksidētāju, kas ražo oglekļa oksīdus. Šie oksīdi izkliedējas no oglekļa, kā rezultātā notiek daļēja gazifikācija, kas atver iepriekš noslēgtās poras un tālāk attīsta oglekļa iekšējo poraino struktūru. Ķīmiskās aktivācijas laikā ogleklis reaģē augstā temperatūrā ar dehidrējošu aģentu, kas izdala lielāko daļu ūdeņraža un skābekļa no oglekļa struktūras. Ķīmiskā aktivācija bieži vien apvieno karbonizācijas un aktivācijas posmu, bet šie divi posmi joprojām var būt atsevišķi, atkarībā no procesa. Augstas virsmas platības, kas pārsniedz 3000 m<sup>2</sup>/g, var iegūt, lietojot KOH (kālija hidroksīdu) kā ķīmisku aktivatoru.

Aktivēto ogli ražo no dažādām izejvielām, padarot to par daudzpusīgu produktu, ko var ražot daudzās dažādās jomās atkarībā no tā, kāda izejviela ir pieejama. Daži no šiem materiāliem ietver augu čaulas, augļu kauliņus koksnes materiālus, asfaltu, metāla karbīdus, oglekļa melnos materiālus, notekūdeņos esošos atkritumus un polimēru atkritumus. Lai gan aktīvo ogli var ražot no gandrīz jebkuras izejvielas, visrentablāk un videi nekaitīgāk ir ražot aktīvo ogli no bioloģiskajiem atkritumiem, tai skaitā koksnes atkritumiem. Pierādīts, ka aktīvajiem ogļūdeņražiem, kas ražoti no kokosriekstu apvalkiem, ir liels mikroporu daudzums, padarot tos par visbiežāk izmantotajām izejvielām lietojumiem, kur nepieciešama augsta absorbcijas kapacitāte. Zāģskaidas un citi koksnes atkritumu materiāli satur arī mikroporainas struktūras, kas ir labas adsorbcijai gāzes fāzē. Ražojot aktīvo ogli no olīvu, plūmju, aprikožu un persiku ogļēm, rodas ļoti homogēni adsorbenti ar ievērojamu cietību, izturību pret noberšanos un augstu mikroporu tilpumu. Ir svarīgas šādas īpašības: īpatnējs poru virsmas laukums, poru tilpums un poru tilpuma sadalījums, granulu sastāvs un lielums, oglekļa virsmas ķīmiskā struktūra/īpašības. Ja reaktivitāte ir pārāk augsta, aktivācijas pakāpi var pazemināt. Ļoti svarīgi ir panākt pareizu reaktivitātes apjomu, jo reakcijas apjoms nosaka oglekļa dioksīda iekšējo struktūru.

Kā aktivācijas materiālus var izmantot dažādus materiālus: polimērus, naftas piķi, dabīgās ogles, augu biomasu (koksni un tās sastāvdaļas, kūdru, sīkšķembas) utt. Vissvarīgākie ir veikspējas raksturlielumi, jēlmateriālu īpašību viendabīgums, to zemās izmaksas un pieejamība. Šobrīd visplašāk tiek izmantotas kokosriekstu čaumalas, jo tās ļauj iegūt aktivēto ogli ar labām īpašībām, kas ļauj izveidot superkondensatoru ar augstu ietilpību. 3.28. att. parādītā superkondensatoru ražošanas tehnoloģiskā procesa shēma *Maxwell Technologies* ražotajiem superkondensatoriem.





3.28. att. Superkondensatora ražošanas process.

### Secinājumi

- 1) Superkondensatoru galvenā priekšrocība ir spēja ātri uzlādēties un izlādēties, lielais izlāžu/uzlāžu ciklu skaits. Šīs īpašības nosaka superkondensatoru pielietojuma jomas – šobrīd plašākais pielietojums ir reģenerētās bremsēšanas enerģijas uzkrāšanai pārsvarā lielgabarīta ETL, hibrīdo enerģijas uzkrājēju sistēmu izveidē kopā ar litija jonu un ūdeņraža enerģijas uzkrāšanas sistēmām.
- 2) Tirgū šobrīd ir daudz mazu ražotāju un daži lielāki, kuriem ir liels potenciāls turpmākai izaugsmei, jo tiek prognozēts stabils superkondensatoru tirgus apjoma pieaugums, ko sekmēs ETL pieaugums.
- 3) Šobrīd plašāk izmantotais elektroda materiāls ir aktivizēta ogle, ko iegūst no kokosriekstu čaulām, bet var tikt izmantoti arī koksnes atkritumi. Aktivētās ogles ražošana, tai skaitā no koksnes produktiem, ir labi zināma tehnoloģija, tāpēc rekomendējam sadarboties ar pašlaik tirgū esošajiem aktīvās ogles ražotājiem.
- 4) Pētījumos pierādīts, ka no koksnes produktiem iegūta aktivētā oglei nav vislabākās īpašības, lai to pielietotu superkondensatoros, tomēr zinātniskajos rakstos tiek piedāvātas jaunas metodes šo īpašību uzlabošanai. Rekomendējam sekot līdz zinātniskajiem sasniegumiem šajā virzienā, sadarboties ar reģiona zinātniekiem, pēc iespējas sekmēt zinātniskos projektus, kas ļautu uzlabot aktivētās ogles, kas iegūta no koksnes resursiem, īpašības enerģijas uzkrājēju pielietojumam.
- 5) Superkondensatoru enerģijas ietilpības palielināšanai kā elektrodu materiāls aizvien plašāk tiek izmantots grafēns vai oglekļa nanocaurules. Arī šo materiālu ieguvē ir iespējams izmantot koksni, tomēr pagaidām pētījumi nav tikuši komercializēti.
- 6) Superkondensatori, salīdzinot ar litija jonu baterijām, ir videi draudzīgāki, tomēr joprojām kā elektrolīts bieži tiek izmantoti acetonitrili, kas ir indīga viela, kā elektroda materiāls tiek izmantoti izejmateriāli, kas nav lokāli pieejami un kuru apstrādei nepieciešamas ķīmiskas vielas un ūdens. Koksnes resursi ir labi piemēroti biodegradabla enerģijas uzkrājēja izveidei. Rekomendējam analizēt jaunākos pētījumus biodegradablu enerģijas uzkrājēju virzienā, meklēt sadarbību ar reģiona enerģijas uzkrājēju ražotājiem, kas vēlas attīstīt šo virzienu, un piedalīties kopējos pilotprojektos.

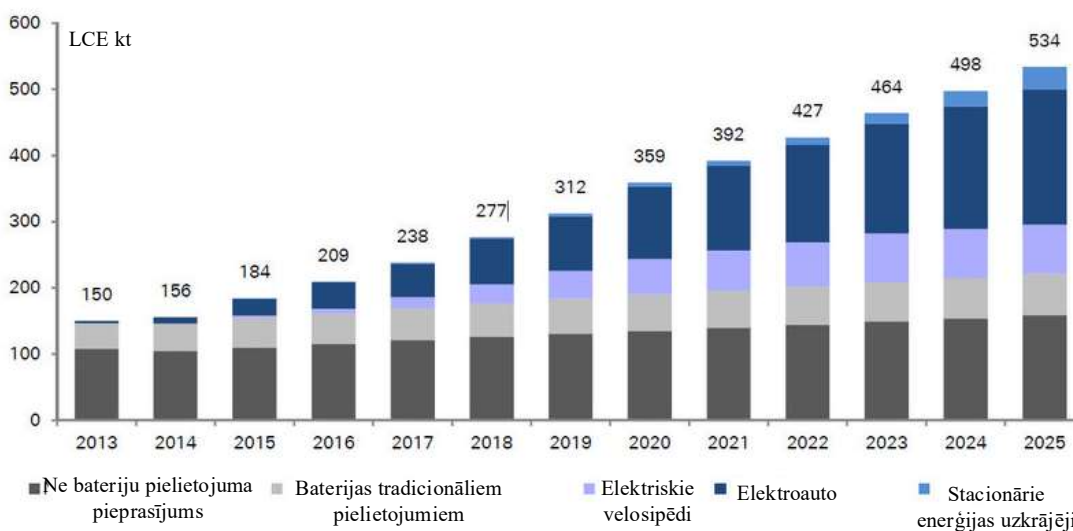


### 3.2.2. Litija jonu baterijas un to pielietošana ETL

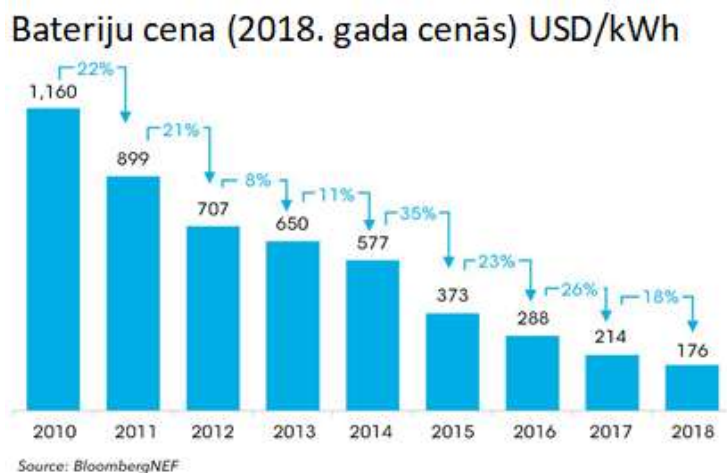
Litija jonu baterijas šobrīd tiek pielietotas ļoti plaši – mobilajos telefonos, portatīvajos datoros, elektriskajos velosipēdos, kā arī tā ir dominējošā enerģijas uzkrāšanas tehnoloģija ETL. Litija jonu baterijas no vienas puses sekmē superkondensatoru pielietošanu, no otras puses tā ir konkurējošā tehnoloģija. Tāpēc tālāk apskatītas litija jonu tirgus apjoma prognozes, lielākie ražotāji un šādu bateriju rādītāju uzlabošanas prognozes tuvākajā nākotnē.

#### 3.2.2.1. Litija jonu akumulatoru attīstības tendences

Sagaidāms, ka pasaules mērogā ETL pārdošanas apjoms nākamā desmit gadu laikā būs vairāk nekā četrkārtšojies, ko sekmēs emisiju mazināšanas reglamentējošie dokumenti, novedot pie uzlādējamo bateriju straujas attīstības. Šobrīd litija jonu baterijas ir vispiemērotākās izmantošanai elektriskajos auto to lielā enerģijas ietilpības blīvuma dēļ. Lielākais katalizators elektrisko auto tehnoloģiju atjaunināšanai pasaules masu tirgū ir Ķīna, kur tiek piešķirtas valsts subsīdijas gan pasažieru, gan komerciālajiem ETL (autobusiem un nelieliem kravu automobiļiem). Tiek prognozēts, ka līdz 2020. gadam Ķīna veidos pusi no globālā ETL/hibrīdo ETL pieprasījuma. Literatūras avotā [43] un līdzīgi citos avotos, kā tas parādīts arī 3.29. att., prognozēts, ka litija patēriņš baterijās būs ar aptuveni 20 % pieaugumu gadā vidēji nākamajos desmit gados, sasniedzot 205 kilotonnas LCE (ir daudz dažādu litija savienojumu, tāpēc tos parasti attiecina uz litija saturu litija karbonāta ekvivalentā – LCE) līdz 2025. gadam no 25 kilotonnas LCE 2015. gadā. Tā kā globālie akumulatoru ražotāji palielina jaudu, litija jonu bateriju izmaksas strauji samazinās, radot ražošanas apjoma radītus izmaksu ietaupījumus (3.30. att.).



3.29. att. Litija izmantošanas pieauguma tendence [43].

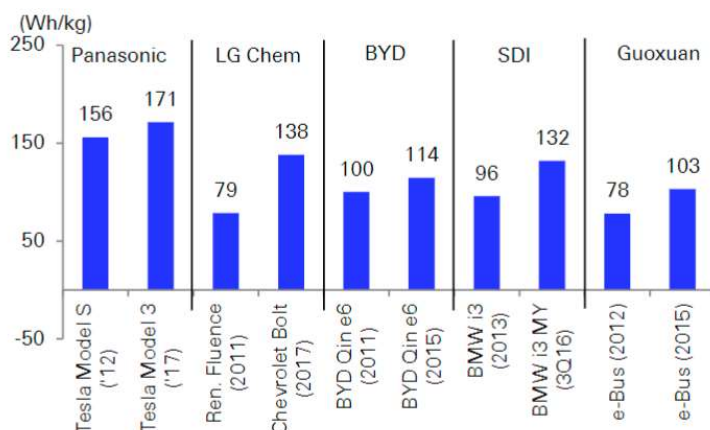


3.30. att. Litija-jonu bateriju cenu samazinājuma tendence.

ETL ir galvenais faktors, kas veicina globālus ieguldījumus akumulatoru piegādes ķēdē un vajadzību pēc lētākām un labākām baterijām. Šo augošo tirgu pēdējos gados ir veicinājusi kompānija *Tesla*, bet lielāks katalizators ETL tehnoloģiju ieviešanai pasaules masu tirgū ir Ķīna. Hibrīdās piedziņas auto un ar vadu uzlādējamie hibrīdi pašlaik ir dominējošie globālajā ETL pārdošanas apjomā. Ir sagaidāms, ka līdz 2025. gadam kopējais ETL pārdošanas apjoms pieaugs līdz vairāk nekā 16 miljoniem transportlīdzekļu, un pilnībā elektriskie ETL pārdošanas apjomi pieaugs līdz 3 miljoniem transportlīdzekļu gadā. Šis straujš pieaugums novedīs pie aptuveni 20% litija patēriņa pieauguma nākamajos 10 gados. Kā redzams attēlā, tad litija jonu bateriju cena turpina samazināties un prognozējams, ka jau ātrāk nekā pēc 10 gadiem ETL būs lētāks par tradicionālo ar iekšdedzes dzinēju aprīkotu transportlīdzekli [44].

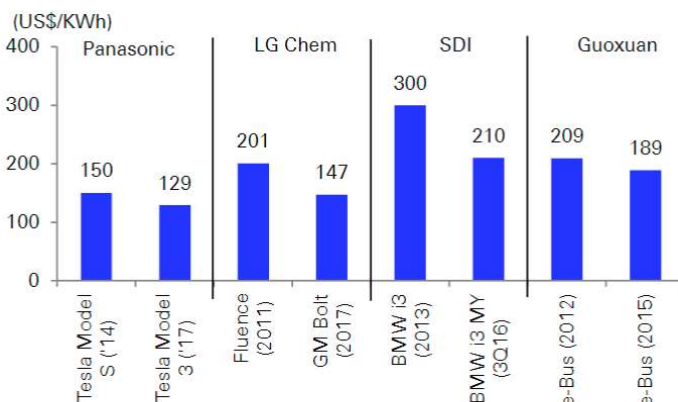
### 3.2.2.2. Galvenās litija jonu akumulatoru ražojošās kompānijas

*Guoxuan High-tech* un *Panasonic* ir galvenie ETL bateriju ražotāji: *Guoxuan* ir vislielākā ģeogrāfiskā priekšrocība, savukārt *Panasonic* ir līderis tehnoloģiju un mērogojamības jomā. *Guoxuan* gūst labumu no Ķīnas lielā tirgus un tā eksponenciālās izaugsmes elektriskajos autobusus, bet gandrīz visi uzņēmuma ienākumi ir saistīti ar ETL baterijām. *Panasonic* ir visprogresīvākā tehnoloģiskā ziņā un tai ir vislielākā mērogojamība. *Panasonic* arī ir pieaugoša ietekme, jo to izmanto *Tesla* savos ETL un *Tesla* ir uzbūvējusi rūpnīcu *Giga factory*, kur tiek komplektētas *Panasonic* baterijas, tas nozīmē, ka ETL akumulatoru ražošanas nozares ienākumiem arī turpmāk vajadzētu būtiski veicināt ieguldījumus litija jonu bateriju izstrādē. *LG Chem*, *BYD* un *SDI* arī ir spēcīga konkurētspēja, bet tie neuzrāda tik strauju izaugsmi. Kā redzams 3.33. attēlā, tad *Panasonic* baterijas ir pārākas tehnoloģisko parametru ziņā, kur galvenais parametrs ir enerģijas ietilpība, kā tas redzams 3.31. att. Arī cenu ziņā abi vadošie bateriju ražotāji ir priekšā visiem pārējiem, kā redzams 3.32. att., jo palielinot ražošanas apjomus ir iespējams samazināt ražošanas izmaksas.



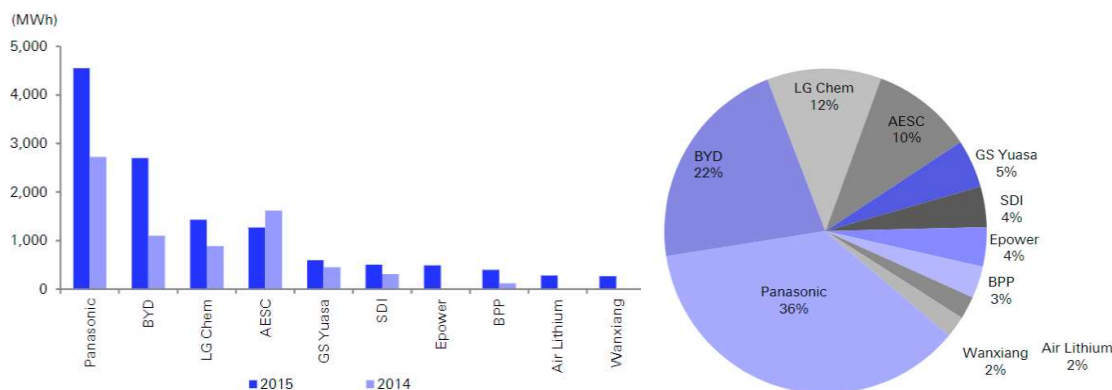
Source: Deutsche Bank, Company data, Bloomberg Finance LP, InsideEVs

3.31. att. Litija jonu bateriju priekš EA enerģijas ietilpība.



Source: Deutsche Bank, Company data, Bloomberg Finance LP, InsideEVs

3.32. att. Litija jonu bateriju priekš ETL cenu salīdzinājums.



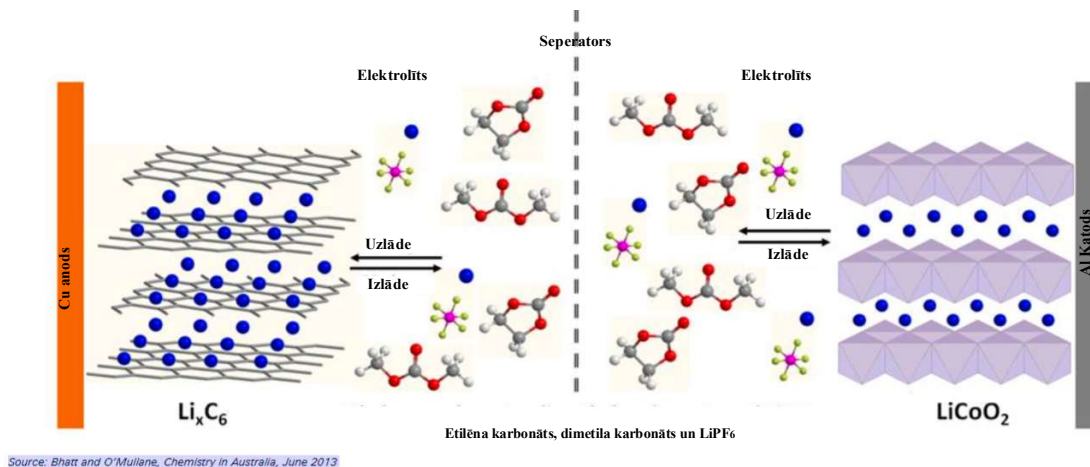
3.33. att. Bateriju pārdošanas apjomi ETL pielietojumam.

3.33. att. redzams, ka ETL pielietojumā lielāka tirgus daļa ir kompānijai *Panasonic*. Tā kā ļoti liels tirgus ETL ir Ķīnā, tad tuvākā nākotnē lielāku tirgus daļu iegūs tā kompānija, kura spēs iekarot lielāku tirgus daļu Ķīnā. Ārvalstu akumulatoru ražotājiem kļūst arvien grūtāk iegūt nozīmīgu tirgu Ķīnā. Vēl nesen Ķīnas valdība paziņoja par jauniem standartiem, lai stiprinātu tās regulējumu par bateriju iegādes subsīdiju sniegšanu tikai tiem modeļiem, kas aprīkoti ar baterijām no kvalificētiem un reģistrētiem ETL

akumulatoru ražotājiem. Korejas ražotāji *LG Chem* un *SDI* vēl nav iekļauti pie tiem ražotājiem, kas Ķīnā var saņemt atbalstu, neraugoties uz visu nepieciešamo prasību izpildi, savukārt citi uzņēmumi, piemēram, *Panasonic* un *SK Innovation*, nav tiesīgi saņemt atbalstu, jo tiem Ķīnā nav savas akumulatoru rūpnīcas. Ķīnas valdības nodoms ir nodrošināt ETL akumulatoru kvalitāti un mudināt ārvalstu akumulatoru izgatavotājus lokalizēt savu ražošanu/tehnoloģiju Ķīnā. *Guoxuan* ir labākā pozīcija – paredzams, ka līdz 2020. gadam tā klātbūtne Ķīnā ETL jomā sasniegs 50% no pasaules tirgus.

### 3.2.2.3. Litija jonu akumulatoru ražošana

Katoda materiāli nosaka akumulatora kvalitāti (jaudu un elektrisko enerģiju), tāpēc tā izveidošanas materiāli ir svarīgākie materiāli bateriju ražošanā. Tie ir viens no galvenajiem faktoriem akumulatora veiktspējas uzlabošanā. Aktīvais metāla oksīds, ko izmanto litija jonu šūnu katodā, var atšķirties atkarībā no pielietojuma un akumulatora īpašībām. Aktīvais materiāls veido 90 – 98% no katoda svara (pārējais ir lipīgs materiāls, kas domāts, lai pielīmētu aktīvo materiālu katoda metālam). Visu šo materiālu kopējais elements ir litijs un faktisko litija saturu var aprēķināt, pamatojoties uz litija molekulasu proporcionāli izmantotā aktīvā materiāla molekulasai. Galvenie bateriju komponenti, kas ir vajadzīgi tehnoloģijas progresam, ir: 1) katods, 2) anods, 3) separators un 4) elektrolīti. Katodi, anodi, elektrolīti un separatori veido attiecīgi aptuveni 26%, 9%, 6% un 4% no kopējām litija baterijas ražošanas izmaksām.

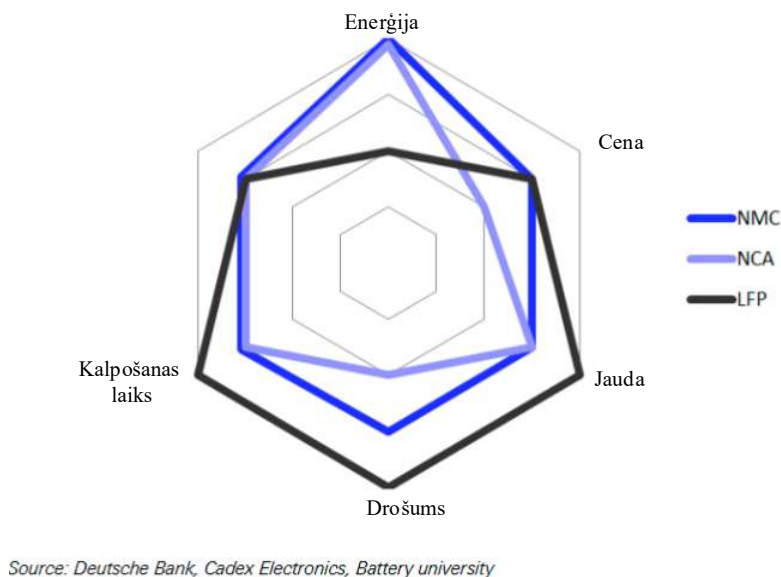


3.34. att. Litija jonu šūnu piemērs, izmantojot litija-kobalta oksīda katodu un grafiņa anodu.

Lai ievērojami uzlabotu litija akumulatora veiktspēju, visās četrās komponentēs nepieciešami tehnoloģijas jauninājumi. Jo īpaši katoda uzlabošana ir būtiska, lai uzlabotu akumulatora veiktspēju, galvenās īpašības, kas būtu jāuzlabo ir šādas: enerģijas ietilpības palielināšana (t. i., pieaugošs braukšanas diapazons); uzlādēšanas laika samazināšana; siltuma pārvades uzlabošana; cena; litija metālu oksīdu izmantošanas samazināšana, ko izmanto katodiem. Litijs ir vienīgais aktīvais materiāls akumulatorā, tādējādi, palielinot litija saturu, palielinās enerģijas blīvums. Problēma ir tā, ka litijs ir ļoti aktīvs materiāls, tāpēc ir nepieciešams pievienot citus materiālus, kas uzlabo stabilitāti, palielina drošumu un kalpošanas ilgumu. Niķeļa-kobalta-alumīnija (NCA) un niķeļa-mangāna-kobalta (NMC) katoda tehnoloģijas ir divas vadošās tehnoloģijas, ko izmanto elektrisko transportlīdzekļu rūpniecībā.

Dažāda veida litija baterijas ir piemērotas dažādiem lietošanas veidiem, kā tas redzams 3.35. attēlā, pamatojoties uz dabiskajām ķīmiskajām īpašībām, kas rodas no dažādiem katodiem. ETL baterijai galvenie apsvērumi ir drošība un enerģijas blīvums (kWh/kg). Tāpēc pašreizējie galvenie risinājumi ir

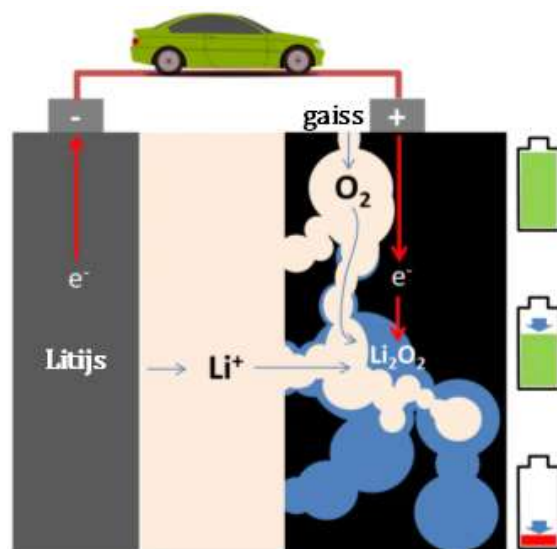
šādi: 1) NMC/NCA, kam ir augstāks enerģijas blīvums, bet par drošību joprojām pastāv bažas nu ugunsbīstamības risks ir lielāks; 2) LFP (litija dzelzs fosfāts  $\text{LiFePO}_4$ ), kas ir drošāka, bet enerģijas blīvums ir salīdzinoši zems, un ir notikusi lēna virzība uz veiktspējas uzlabojumiem. Ķīnā vairums komerciālo ETL izmanto LFP kā bateriju. Var prognozēt, ka visiespējamāk kā katoda tehnoloģijas tuvākā nākotnē tiks izmantots maisījums no dažādiem materiāliem, lai nodrošinātu nepieciešamās īpašības, ņemot vērā, ka neviens materiāls nevar izpildīt visas prasības.



3.35. att. Dažādu katoda materiālu salīdzinājums.

Nākotnē turpmāko tehnoloģisko progresu veicinās jauni inovatīvi risinājumi anoda un katoda ķīmiskā sastāva uzlabošanā. Pašlaik notiek intensīva pētniecība par divām nozīmīgām tehnoloģijām: Li-S un Li-air, bet abas tehnoloģijas ir tālu no tā, lai tās būtu gatavas tirgum. Li-S tehnoloģija: tā vietā, lai pārvietotu litija jonus no katoda uz anodu, izmanto sēra pārvēršanu litija polisulfīdos. Šī procesa teorētiskais enerģijas blīvums ir 1675 Wh/kg salīdzinājumā ar 100 – 150 Wh/kg, kas pašlaik panākti litija jonu baterijās. Litija-gaisa tehnoloģija: litija-gaisa baterijai ir ļoti augsts teorētiskais enerģijas blīvums – 3842 Ah/kg (litija jonu baterijai pašlaik 137 Ah/kg), kas salīdzināms ar naftas degvielas enerģijas blīvumu.

Sērs ir samērā viegli pieejams materiāls un var tieši aizstāt citus materiālus, ko izmanto jau esošajās bateriju ražotnēs. Savukārt litija-gaisa baterijas (3.36. att.) izmaksas lielā mērā ir atkarīgas no katoda katalizatora slāņa sastāva (būs nepieciešamas stabilizējošas piedevas, iespējams, retzemju elementi vai dārgmetāli), un būs vajadzīga jauna infrastruktūra litija-gaisa bateriju ražošanai komerciālos daudzumos. Galvenais jautājums abām tehnoloģijām ir saglabāt aktīvo materiālu stabilitāti, izmantojot vairākus lādēšanas un izlādes ciklus (uzskata, ka komerciālās ierīces noliektos, kad ir sasniegti 80% no sākotnējās jaudas). Litija – gaisa baterijas darbības princips ir parādīts 3.36. att. Litija-gaisa baterijas šūna rada spriegumu no skābekļa molekulu ( $\text{O}_2$ ) esamības pie pozitīvā elektroda. Šāda veida baterijā litija joni var pārvietoties starp anodu un katodu caur elektrolītu. Skābekļa molekula reaģē ar pozitīvi lādētiem litija joniem, veidojot litija peroksīdu ( $\text{Li}_2\text{O}_2$ ) un ģenerējot elektroenerģiju. Izlādējot bateriju, elektroni plūst ārējā ķēdē un veic elektrisko darbu, savukārt litija joni migrē uz katodu un šāda baterija ir tukša (izlādēta), ja vairs nevar izveidot litija peroksīda savienojumu.



3.36. att. Litija – gaisa baterijas darbības princips.

### Secinājumi

- 1) Litija jonu akumulatori ir pašlaik piemērotākā uzkrājēja tehnoloģija ETL pielietojumam. Šādu bateriju pielietojums ETL turpina augt ar aptuveni ikgadēju 20 procentu pieaugumu.
- 2) Lielākie litija jonu bateriju ražotāji ir *Panasonic* un *Guoxuan High-tech*, paredzama dažu lielu bateriju ražotāju dominance tirgū.
- 3) Turpinās pētījumi pie litija jonu bateriju īpašību uzlabošanas, un bateriju enerģijas ietilpība turpina pieaugt. Palielinoties ražošanas apjomiem, samazinās arī bateriju cena. Prognozējams, ka cena turpinās samazināties arī turpmāk.
- 4) Pašlaik litija jonu bateriju ražošanā tiek izmantotas izejvielas, kuras ietver potenciālus resursu ierobežojumus nākotnē, tāpēc tiek strādāts pie jaunu materiālu izstrādes un pielietošanas litija jonu baterijās.

### Atsauces

- [1] “Global Supercapacitor Market worth USD 2,096.16 Million by 2022.” [Online]. Available: <https://www.zionmarketresearch.com/news/super-capacitor-market>. [Accessed: 29-Oct-2019].
- [2] A. Schneuwly and R. Gallay, “Properties and applications of supercapacitors From the state-of-the-art to future trends,” 2000.
- [3] P. Fanjul and L. Manuel, *Some new applications of supercapacitors in power electronic systems*. Texas A&M University, 2004.
- [4] “Maxwell Technologies Ultracapacitors, Supercapacitors, Microelectronics and High Voltage,” *Maxwell Technologies*. [Online]. Available: <https://www.maxwell.com/default.aspx>. [Accessed: 16-Sep-2019].
- [5] A. Namisnyk and J. Zhu, *A Survey of Electrochemical Super-Capacitor Technology*. University of Canterbury, New Zealand, 2003.
- [6] “UPDATE: Tesla Officially Acquires Maxwell Technologies.” [Online]. Available: <https://insideevs.com/news/349417/tesla-offer-acquire-maxwell-technologies/>. [Accessed: 22-Nov-2019].
- [7] “Skeleton Technologies secures €4 million investment for development of graphene supercapacitors | Graphene-Info.” [Online]. Available: <https://www.graphene-info.com/skeleton-technologies-secures-%E2%82%AC4-million-investment-development-graphene-supercapacitors>. [Accessed: 22-Nov-2019].
- [8] “Skeleton enters agreement with Wrights Group to install graphene-based supercapacitors on buses | Graphene-Info.” [Online]. Available: <https://www.graphene-info.com/skeleton-enters-agreement-wrights-group-install-graphene-based-supercapacitors-buses>. [Accessed: 22-Nov-2019].



- [9] C. N. Nybeck, D. A. Dodson, D. A. Wetz, and J. M. Heinzel, "Characterization of Ultracapacitors for Transient Load Applications," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 47, no. 5, pp. 2493–2499, May 2019.
- [10] "Skeleton Technologies to invest €25 million in Saxony plant," *ERR*, 19-Apr-2019. [Online]. Available: <https://news.err.ee/931865/skeleton-technologies-to-invest-25-million-in-saxony-plant>. [Accessed: 22-Nov-2019].
- [11] "Skeleton Technologies' graphene-based supercapacitors to power Škoda trams in Mannheim | Graphene-Info." [Online]. Available: <https://www.graphene-info.com/skeleton-technologies-graphene-based-supercapacitors-power-koda-trams-mannheim>. [Accessed: 22-Nov-2019].
- [12] F. Naseri, E. Farjah, and T. Ghanbari, "An Efficient Regenerative Braking System Based on Battery/Supercapacitor for Electric, Hybrid, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles With BLDC Motor," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 5, pp. 3724–3738, May 2017.
- [13] M. Passalacqua, D. Lanzarotto, M. Repetto, L. Vaccaro, A. Bonfiglio, and M. Marchesoni, "Fuel Economy and EMS for a Series Hybrid Vehicle Based on Supercapacitor Storage," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 34, no. 10, pp. 9966 – 9977, Oct. 2019.
- [14] H. Yoo, S. Sul, Y. Park, and J. Jeong, "System Integration and Power-Flow Management for a Series Hybrid Electric Vehicle Using Supercapacitors and Batteries," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 44, no. 1, pp. 108 – 114, Jan. 2008.
- [15] Q. Zhang, W. Deng, and G. Li, "Stochastic Control of Predictive Power Management for Battery/Supercapacitor Hybrid Energy Storage Systems of Electric Vehicles," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 7, pp. 3023 – 3030, Jul. 2018.
- [16] B. R. Naidu and G. Panda, "A hybrid fuel cell-supercapacitor system employing adaptive control to overcome fuel starvation phenomenon of fuel cell," in *2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, 2017, pp. 1 – 5.
- [17] H. Hemi, J. Ghouili, and A. Cheriti, "An Optimal Control Solved by Pontryagin's Minimum Principle Approach for a Fuel Cell/Supercapacitor Vehicle," in *2014 IEEE Electrical Power and Energy Conference*, 2014, pp. 87 – 92.
- [18] C. Raga, A. Barrado, I. Quesada, A. Lazaro, C. Anocibar, and J. F. Sierra, "Comparison of two different electrical power architecture for electric vehicles applications based on Fuel Cell and supercapacitors," in *2008 IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 2008, pp. 1326 – 1330.
- [19] M. Becherif, M. Y. Ayad, and A. Miraoui, "Modeling and Passivity-Based Control of Hybrid Sources: Fuel Cell and Supercapacitors," in *Conference Record of the 2006 IEEE Industry Applications Conference Forty-First IAS Annual Meeting*, 2006, vol. 3, pp. 1134 – 1139.
- [20] W. Andari, M. S. B. YAHIA, H. Allagui, and A. Mami, "Modeling and Simulation of PEM Fuel Cell/Supercapacitor hybrid power sources for an electric vehicle," in *2019 10th International Renewable Energy Congress (IREC)*, 2019, pp. 1 – 6.
- [21] G. Dotelli, R. Ferrero, P. G. Stampino, S. Latorrata, and S. Toscani, "Supercapacitor Sizing for Fast Power Dips in a Hybrid Supercapacitor—PEM Fuel Cell System," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 65, no. 10, pp. 2196 – 2203, Oct. 2016.
- [22] "Mazda using wind turbine Electric Double Layer Capacitors to improve fuel efficiency | Autoblog." [Online]. Available: [https://www.autoblog.com/2012/09/24/mazda-wind-turbine-electric-double-layer-capacitors/?guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xILmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAADF7cn couXBED9Xqwwhawg432wVQsSe5trejoq7UOFGaYJHSIZfZ8u6NoPCTy dqOUfOEPxDyazjFoKTXRR 0Ny5BBn-NhmugmiwAsB-UrQst4Zf9tl-akTPXmckLEpjW4tRgTC03FLxfrlm0AALkTfQEjl0ZoUd1ra\\_wKrsck6xMZ&guccounter=2](https://www.autoblog.com/2012/09/24/mazda-wind-turbine-electric-double-layer-capacitors/?guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xILmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAADF7cn couXBED9Xqwwhawg432wVQsSe5trejoq7UOFGaYJHSIZfZ8u6NoPCTy dqOUfOEPxDyazjFoKTXRR 0Ny5BBn-NhmugmiwAsB-UrQst4Zf9tl-akTPXmckLEpjW4tRgTC03FLxfrlm0AALkTfQEjl0ZoUd1ra_wKrsck6xMZ&guccounter=2). [Accessed: 02-Sep-2019].
- [23] Y. Manoharan *et al.*, "Hydrogen Fuel Cell Vehicles; Current Status and Future Prospect," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 11, p. 2296, Jan. 2019.
- [24] "The technology behind the riversimple hydrogen fuel cell car."

- [25] A. W. Stienecker, T. Stuart, and C. Ashtiani, "A combined ultracapacitor-lead acid battery storage system for mild hybrid electric vehicles," in *2005 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2005, pp. 6 pp.-.
- [26] "Global Automotive Start-stop Systems Market to Grow at a CAGR of 21% Through 2021, Reports Technavio," 10-May-2017. [Online]. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20170510006348/en/Global-Automotive-Start-stop-Systems-Market-Grow-CAGR>. [Accessed: 29-Oct-2019].
- [27] C. Lerman, A. Horosov, and A. Kuperman, "Capacitor semi-active battery-ultracapacitor hybrid energy source," in *2012 IEEE 27th Convention of Electrical Electronics Engineers in Israel (IEEEI)*, 2012, pp. 1–4.
- [28] W. Henson, "Optimal battery/ultracapacitor storage combination," *Journal of Power Sources*, vol. 179, no. 1, pp. 417 – 423, Apr. 2008.
- [29] R. A. Dougal, S. Liu, and R. E. White, "Power and life extension of battery-ultracapacitor hybrids," *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, vol. 25, no. 1, pp. 120 – 131, Mar. 2002.
- [30] J. P. Zheng, T. R. Jow, and M. S. Ding, "Hybrid power sources for pulsed current applications," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 37, no. 1, pp. 288 – 292, Jan. 2001.
- [31] L. Solero, A. Lidozzi, and J. A. Pomilio, "Design of multiple-input power converter for hybrid vehicles," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 20, no. 5, pp. 1007 – 1016, Sep. 2005.
- [32] P. Concha, P. Vélez, M. Lafoz, and J. R. Arribas, "Flexible low-cost system to test batteries and ultracapacitors for electric and hybrid vehicles in real working conditions," in *Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), 2013 World*, 2013, pp. 1 – 11.
- [33] A. F. Burke, "Batteries and Ultracapacitors for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 4, pp. 806 – 820, Apr. 2007.
- [34] J. M. Blanes, R. Gutiérrez, A. Garrigós, J. L. Lizán, and J. M. Cuadrado, "Electric Vehicle Battery Life Extension Using Ultracapacitors and an FPGA Controlled Interleaved Buck-Boost Converter," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 12, pp. 5940 – 5948, Dec. 2013.
- [35] "Maxwell Technologies Engine Starting Module," *Maxwell Technologies*. [Online]. Available: <https://www.maxwell.com/esm/default.aspx>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [36] S. Technologies, "Install SkelStart Engine Module and forget about starting problems." [Online]. Available: <https://www.skeletontech.com/skelstart-engine-start-module>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [37] T. Hamilton, "Next Stop: Ultracapacitor Buses," *MIT Technology Review*. [Online]. Available: <https://www.technologyreview.com/s/415773/next-stop-ultracapacitor-buses/>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [38] R. Frank, "Fastest-ever Lamborghini gets power boost from MIT-developed supercapacitor," *CNBC*, 10-Sep-2019. [Online]. Available: <https://www.cnn.com/2019/09/10/fastest-ever-lamborghini-gets-power-boost-from-mit-developed-supercapacitor.html>. [Accessed: 31-Oct-2019].
- [39] "Evolution of Toyota's World Endurance Championship challenger," *Toyota*, 30-Mar-2016. [Online]. Available: <https://blog.toyota.co.uk/evolution-of-toyota-wec>. [Accessed: 02-Sep-2019].
- [40] Q. Li and W. Chen, "Design of Energy Management System of a PEMFC–Battery– Supercapacitor Hybrid Tramway," *Urban Transport Systems*, Jan. 2017.
- [41] Z. Liu *et al.*, "Anomalous High Ionic Conductivity of Nanoporous  $\beta$ -Li<sub>3</sub>PS<sub>4</sub>," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 135, no. 3, pp. 975 – 978, Jan. 2013.
- [42] A. Lewandowski, A. Olejniczak, M. Galinski, and I. Stepniak, "Performance of carbon–carbon supercapacitors based on organic, aqueous and ionic liquid electrolytes," *Journal of Power Sources*, vol. 195, no. 17, pp. 5814 – 5819, Sep. 2010.
- [43] "The future is battery-powered. But are we overcharging the planet?," World Economic Forum. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/lithium-ion-batteries-ethics-global-battery-alliance/>. [Accessed: 12-Sep-2019].
- [44] P. Weldon, P. Morrissey, and M. O'Mahony, "Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles and internal combustion engine vehicles," *Sustainable Cities and Society*, vol. 39, pp. 578–591, May 2018.



### 3.3. KOKSNES PRODUKTU IZMANTOŠANAS IESPĒJAS ENERĢIJAS UZKRĀJĒJU RAŽOŠANĀ UN NĀKOTNES RISINĀJUMI UZKRĀJĒJU UZLABOŠANĀ

Pēdējo desmit gadu laikā koksnes materiāli ir piesaistījuši milzīgu interesi gan fundamentālajos pētījumos, gan praktiskos pielietojumos dažādās funkcionālās ierīcēs. Bez tā, ka koksne ir atjaunojamais resurss, videi nekaitīga un bioloģiski noārdāma, koksnes materiāliem ir vairākas unikālas priekšrocības, tostarp poraina struktūra, liels mehāniskais elastīgums un integritāte, kā arī pielāgojama daudzfunkcionalitāte, padarot tās arī par piemērotu efektīvai enerģijas uzglabāšanai. Tālāk apskatītas iespējas koksnes produktu izmantošanai enerģijas uzkrājēju pielietojumos. Tiks parādīti arī citi perspektīvi risinājumi, kas varētu uzlabot enerģijas uzkrājēju īpašības, analizēta iespēja, vai šie risinājumi veicinās vai tieši otrādi - samazinās iespēju pielietot koksnes produktus nākotnes enerģijas uzkrājējos.

#### 3.3.1. Superkondensatoru ražošanas tendences un koksnes pielietošanas iespējas

Superkondensatorus ražojošās kompānijas turpina ziņot par jauniem produktiem ar uzlabotu enerģijas ietilpību, jaudas spēju un mazu pretestību. Tas viss ir iespējams, pielietojot jaunus risinājumus superkondensatoru ražošanā. Viens no risinājumiem ir grafēna pielietošana superkondensatoru elektrodu izveidē. Kā redzams *Skeleton Technologies* veidotajā attēlā 3.37., pielietojot grafēnu kā elektrodu materiālu, iespējams palielināt superkondensatora ietilpību un samazināt superkondensatora iekšējo pretestību, kas ļauj samazināt zudumus un palielināt izlādes un uzlādes jaudu.

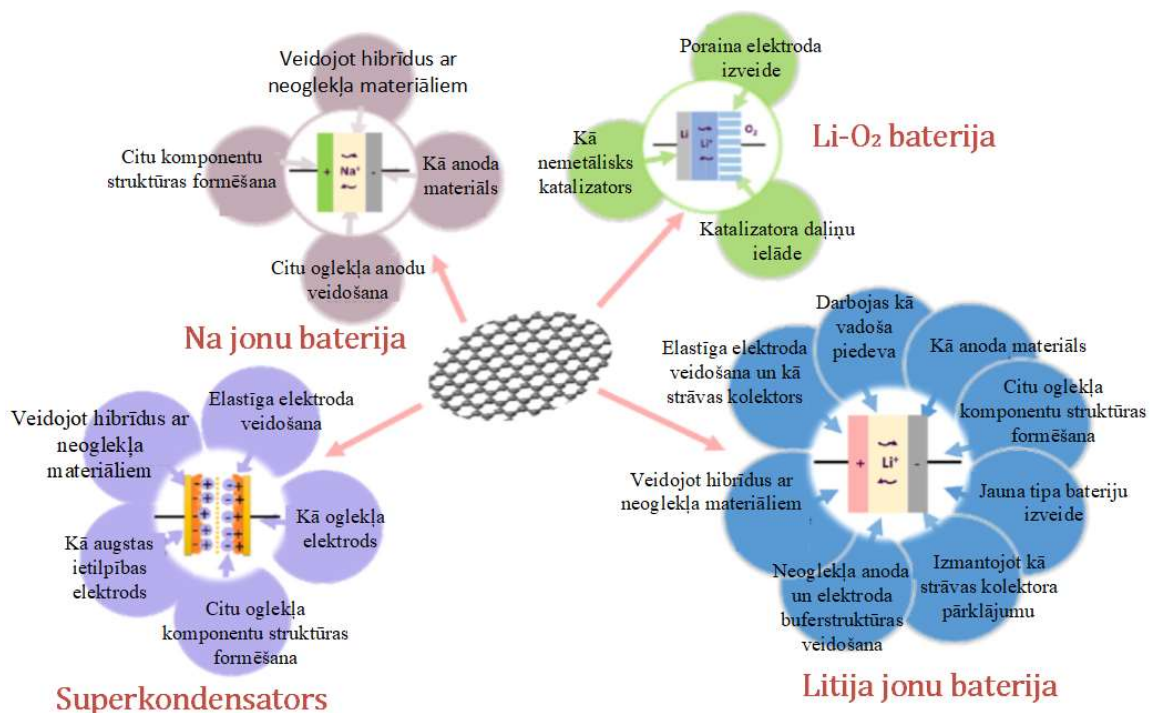


3.37. att. Grafēna pielietošana superkondensatoru parametru uzlabošanai.

Grafēns (*angļu val.: graphene*) ir oglekļa viena atoma biezuma slānis, kas veidots ar starpatomu saitēm heksagonālā divdimensiju kristāliskajā režģī. Tam piemīt liela mehāniskā cietība, laba siltumvadītspēja un elektronu kustības spēja. Lai iegūtu grafēnu, jāveic oglekļa materiālu aktivizēšanu, ko var veikt divos veidos:

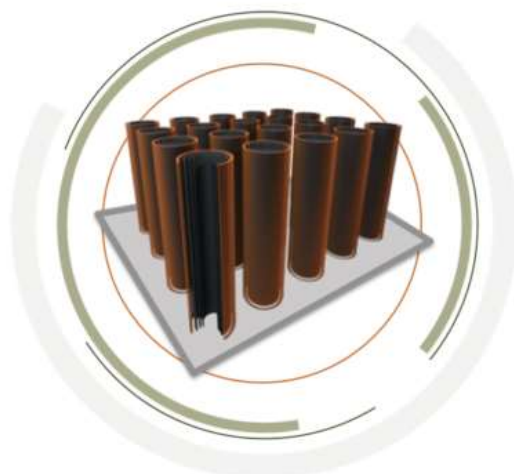
- 1) fiziska aktivizēšana ar dažādām oksidējošām gāzēm, piemēram, gaisu,  $O_2$ ,  $CO_2$ , tvaiku vai to maisījumiem;
- 2) ķīmiska aktivizēšana, cita starpā, ar  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $H_3PO_4$  vai  $ZnCl_2$  ķīmiskajiem savienojumiem.

Fiziskās aktivizācijas process ir divpakāpju process, kurā pirms daļējas gazifikācijas tiek veikta prekursora pirolīze inertā atmosfērā (parasti slāpekļa apstākļos) parasti 400 – 900°C temperatūrā. Pēc tam tiek veikta daļēja gazifikācija izmantojot oksidējošu gāzi 350 – 1000°C, lai veidotu porainību un lielu virsmas laukumu. Pretēji fiziskās aktivizācijas procesam, ķīmiskās aktivēšanas process ir vienpakāpes process, kurā aktivējošais līdzeklis (parasti skābe, stipra bāze vai sāls) tiek iestrādāts oglekļa prekursorā pirms pirolīzes 450 – 900°C temperatūrā. Iespējama arī fizikālo un ķīmisko procesu kombinācija. Jaunu tehnoloģiju izmantošana ļauj grafēnu iegūt izmantojot koksnes materiālu, piemēram, [34] parādīts kā var tikt iegūts grafēns, izmantojot lāzertehnoloģijas. 3.38. att. parādīta grafēna izmantošana enerģijas uzkrājēju ražošanā.



3.38. att. Grafēna pielietojums enerģijas uzkrāējos.

Daži superkondensatoru ražotāji sāk izmantot oglekļa nanocaurules kā elektroda materiālu tādējādi vēl vairāk uzlabojot superkondensatora parametrus. 3.39. att. parādīta *Nawa technologies* superkondensatoru elektroda materiāls, kas izveidots no oglekļa nanocaurulēm, iegūstot palielinātu elektroda virsmas laukumu. Oglekļa nanocaurules ir cilindriskas molekulas, kas sastāv no vienslāņa oglekļa atomu (grafēna) sarullētām loksniem. Tās var būt vienkārtas, kuru diametrs ir mazāks par 1 nanometru, vai daudzsienas, kas sastāv no vairākām koncentriski savstarpēji saistītām nanocaurulītēm, kuru diametrs pārsniedz 100 nm. To garums var sasniegt vairākus mikrometrus vai pat milimetrus. Tāpat kā to veidojošais grafēns, oglekļa nanocaurules ir ķīmiski saistītas ar ļoti spēcīgām molekulārās mijiedarbības saitēm. Šī funkcija apvienojumā ar oglekļa nanocauruļu dabīgo tendenci savīties, sniedz iespēju izstrādāt īpaši izturīgus, materiālus ar augstu elektrisko un termisko vadītspēju. Tas padara tos ļoti pievilcīgus daudziem pielietojumiem.



3.39. att. Oglekļa nanocaurules kā elektroda materiāls *Nawa Technologies* izveidotajos superkondensatoros [2].

### 3.3.1.1. Papīra pielietošana superkondensatoru separatoru izveidē

Viens no veidiem, kur var tikt izmantota koksne, ir superkondensatora separatoros, un tas parādīts 3.40. att. Šai gadījumā no koksnes iegūts papīrs kalpo kā atdalītājs, izvairoties no īsslēgumiem starp elektrodiem. Gan separators, gan elektrodi ir iegremdēti elektrolītā. Elektrodi ir savienoti ar metāla plāksnēm vai foliju, lai tos pievienotu slodzei. Šādu superkondensatoru var raksturot kā simetrisku šūnu, jo elektrodi ir izgatavoti no viena materiāla un tiem ir vienādi izmēri. Superkondensatorus var izgatavot, integrējot elektrodus un separatoru vienā loksnē. To var izdarīt, uzdrukājot elektrodu materiālu uz abām papīra pusēm [3] vai secīgi filtrējot šūnu komponentes [4].



3.40. att. Uz papīra bāzēti superkondensatoru separatori.

Papīrs ir elektrību nevadošs šķiedru materiāls, ko var izmantot kā pasīvu komponentu superkondensatoros [5]–[7]. Tā kā papīrs ir jonu caurlaidīgs, to var izmantot kā separatoru superkondensatoros. Tas ir elektrību nevadošs materiāls un tādējādi novērš īssavienojumu starp elektrodiem. Īpaši piemēroti ir plāni, bet blīvi papīri, jo tie tikai neredz ietekmē šūnu kopējo masu. Tā kā papīrs uzsūc šķidros elektrolītus, vēlams izmantot plānu papīru, lai samazinātu šūnu svaru.

Superkondensatoru elektroķīmiskā veiktspēja ir ļoti atkarīga no elektrolīta materiāla izvēles. Gan elektrods, gan elektrolīts nosaka un ierobežo elektriskās īpašības. Īpaši aktīvā materiāla poru struktūra un poru izmērs, kā arī elektrolīta jonu izmērs ietekmē kondensatora kapacitāti. Jonu poru un jonu izmērs ietekmē jonu iepakojuma blīvumu uz elektroda virsmas. Tas arī nosaka attālumu starp elektriskā dubultslāņa uzlādes slāņiem. Palielināts blīvums un samazināts attālums palielinās superkondensatora ietilpību. Pētījumi par jonu izmēru un poru izmēru attiecību ietekmi uz kapacitāti rāda, ka poras, kas mazākas par 1 nm, rada lielāku kapacitāti nekā elektrodiem ar lielākām porām [7].

### 3.3.1.2. Koksnes produktu pielietošana superkondensatoru elektrodu izveidē

Lielas kapacitātes iegūšanai superkondensatoram nepieciešams elektroda materiāls, kas ir ar lielu virsmas laukumu, biežāk pielietotais elektrodu materiāls ir aktivētā ogle, kam ir liels virsmas laukums. Koksnes galvenās sastāvdaļas ir celuloze, hemiceluloze un lignīns. Tās visas ir piemērotas izejvielas aktivētās ogles ražošanai to relatīvi augstā oglekļa satura dēļ. 3.41. attēlā parādīts tehnoloģiskai process aktivizētās ogles iegūšanai.

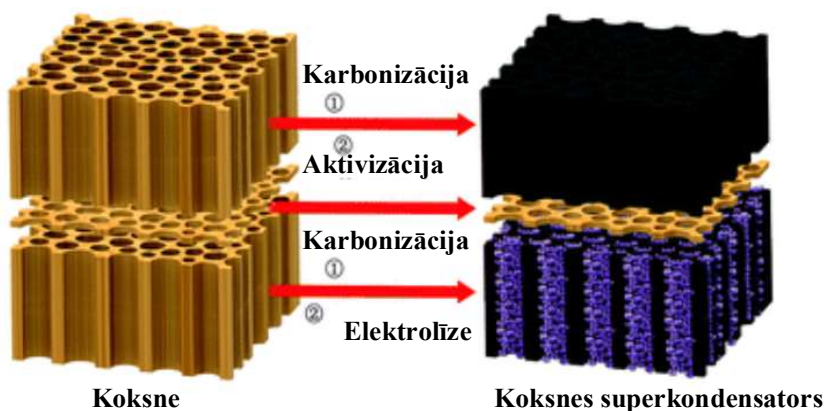


3.41.att. Aktivētās ogles iegūšanas tehnoloģiskais process [8].

Specifikācija	Tipiskas aktivētās ogles īpašības			
				
Jāviela	Kokosriekstu čaula	Riekstu čaula	Almenogles	Koksne
Blīvums (g/cm <sup>3</sup> )	0,4 – 0,58	0,35 – 0,42	0,38 – 0,48	0,23 – 0,35
Porainums	Mikro un meso poras	Mikro un meso poras	Meso un dažas mikro poras	Meso un makro poras
Virsmas laukums (m <sup>2</sup> /g)	850 - 1300	700 - 1100	500 - 1200	500 - 1200
Cietība (%)	95 - 98	93 - 96	75 - 90	85 - 90
Pelni (%)	3 - 6	3 - 6	5 - 10	10 - 15

3.42. att. Aktivēto ogļu salīdzinājums.

Tomēr praksē superkondensatoru ražošanā aktivizētā ogle, kas iegūta no koksnes, praktiski netiek izmantota, jo tās poru izmērs ir lielāks nekā no kokosriekstu čaulām iegūtai aktivizētajai oglei (3.42. att.). Daudzi pētījumi demonstrē superkondensatoru ražošanas perspektīvu no koksnes, un zinātniskie raksti rāda, ka ir iespējams iegūt superkondensatorus ar labiem parametriem, tomēr tehnoloģiskais process ir sarežģītāks. Arī Latvijā pētnieki demonstrējuši iespēju no koksnes iegūt superkondensatorus, bet rezultāti publicēti zinātniskajos rakstos [9]–[12].



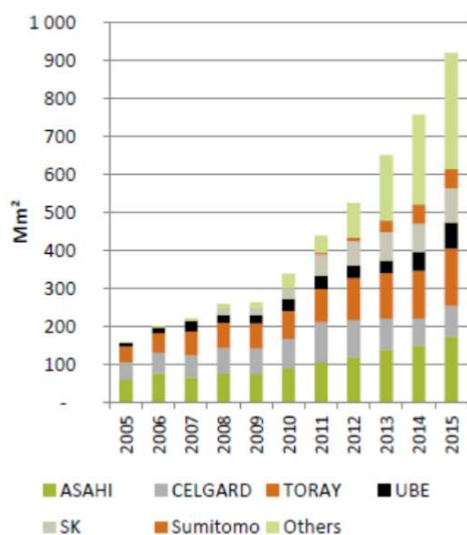
3.43. att. Uz koksni bāzēts superkondensators [13].

Visdrīzāk koksnes elektrodi plaši tuvākajā laikā superkondensatoros plaši netiks pielietoti, jo šobrīd galvenais ir panākt lielāku ietilpību, jaudas spēju un mazināt cenu, tomēr nākotnē superkondensatori varētu tikt izveidoti draudzīgāki videi, neizmantojot neatjaunojamās vai kaitīgas ķīmiskās vielas, tādā gadījumā koksnes pielietošana varētu būt ļoti perspektīva biodegradabla superkondensatoru izveidošanai. Vairāki zinātniskie pētījumi parāda iespēju izveidot superkondensatoru no bioresursiem, uz koksnes pamata izveidots superkondensators ir aprakstīts [13].

No biomasas iespējams iegūt ne tikai aktivēto ogli, bet arī grafēnu un oglekļa nanocaurules [14]. Lai gan ETL ir videi draudzīgi, ja elektroenerģija tiek saražota, izmantojot atjaunīgos resursus, tomēr baterijas un elektriskās piedziņas ražošanā tiek izmantoti daudzi neatjaunojami resursi. Tāpēc nākamais solis būs videi draudzīgu, atkārtoti pārstrādājamu elektroenerģijas uzkrājēju izstrāde. Lai gan ir panākts zināms progress biomasas un koksnes resursu izmantošanai enerģijas uzkrāšanas jomā, joprojām ir vairākas problēmas, kas ierobežo to turpmāku izmantošanu un kuras ir jāatrisina.

### 3.3.2. Celulozes izmantošana separatoros un elektrolītos

Separatori ir neatņemama akumulatora sastāvdaļa, neatkarīgi no tā, vai tas ir vienreiz vai atkārtoti uzlādējams. Tas novērš elektronisko kontaktu starp pozitīvo un negatīvo kontaktu elektrodiem, vienlaikus ļaujot starp tiem pārvietoties joniem. Poraini strukturēti izolatori ir piemēroti šim uzdevumam. Vēsturiski svina un sārma baterijās kā separatori tika izmantoti stikls, azbests, gumija, celuloze, organiskās šķiedras, neilons un poliolefīns [15]. Litija jonu bateriju laikmetā poliolefīna mikroporainie separatori ir dominējuši kopš to komercializācijas pašā sākuma deviņdesmito gadu sākumā [15]. Tas ir izskaidrojams ar labiem rezultātiem un ekonomisko izdevīgumu.

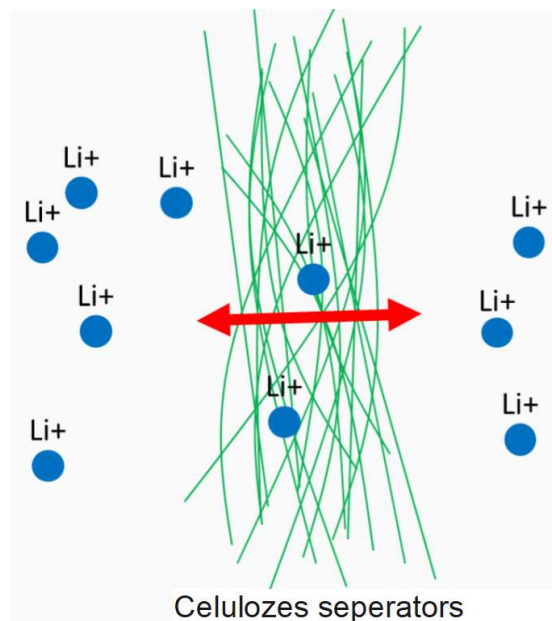


3.44. att. Litija jonu bateriju separatoru lielākie ražotāji un pieprasījuma pieaugums [16].

Celulozes separatori, kas izgatavoti, izmantojot pret sārma izturīgu celulozes masas vai citas celulozes sastāvdaļas, agrāk tika izmantoti komerciāli pieejamajos sārma baterijās, pateicoties to lieliskajai mitrinātspējai, zemām apstrādes izmaksām, augstai porainībai, labām mehāniskām īpašībām un vieglajam svaram. Tomēr šādus separatorus šobrīd pielieto ļoti ierobežoti litija jonu baterijām. Intereses trūkums var būt saistīts ar hidroskopisko raksturu celulozes papīriem, to porainību un to, ka nav “termālā izslēgšanas” efekta. Lai novērstu litija sāļu noārdīšanos un jo īpaši LiPF<sub>6</sub> hidrolīzi un HF veidošanos, ūdens saturs litija jonu akumulatorā nedrīkst pārsniegt aptuveni 20 –50 ppm (daļas uz miljonu). Tas ir pretēji augstajam celulozes šķiedras mitruma sastāvam, kas 25 °C temperatūrā var



svārstīties starp  $2 \times 10^4$  ppm un  $12 \times 10^4$  ppm (daļiņas uz miljonu) [17]. Tomēr, kā pierādīts zinātniskajos darbos, to var novērst, apstrādājot temperatūrā, kas zemāka par  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kas ļauj atdalīt lielāko daļu ūdens, kas absorbēts celulozē.



3.45. att. Celulozes litija jonu baterijas seperators [18].

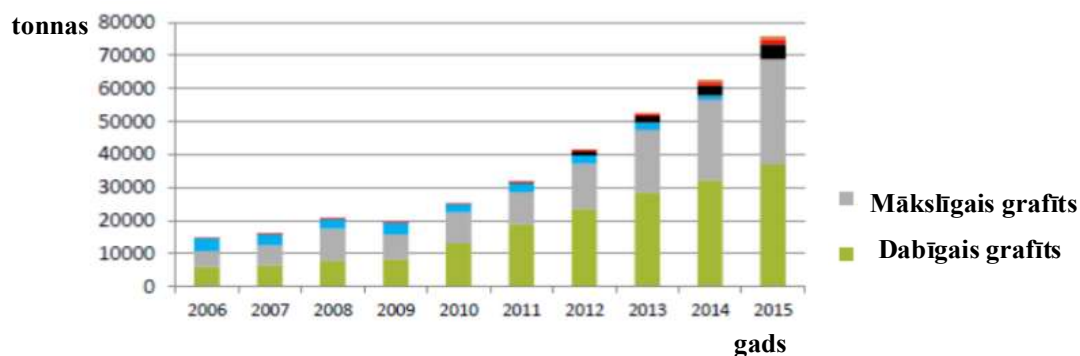
Līdz šim litija jonu baterijās izmantotās mikroporu polimēru membrānas ir samērā dārgas un, beidzoties akumulatora darbības laikam, nav viegli lietojamas. Tāpēc celulozes papīra lokšņu vai celulozes kompozītu separatoru izmantošana litija jonu baterijās var būt labs risinājums, ja tiek atrisināts drošuma jautājums. Avotā [19] ir pētīts celulozes separators ( $39 - 85\text{ }\mu\text{m}$  biezs) litija jonu baterijām, kas sastāv no celulozes šķiedrām, kas iestrādātas mikroporainā celulozes matricā, kas piesūcināta ar sārmainu šķīdinātāju. Piedāvātie separātiskie elementi uzrādīja labu līdz vidēju fizisko izturību, un šķietami pilnīgu brīvību no caurumiem un kompleksās pretestības, kas ir vienāda ar vai zemāka par tradicionāli pielietotajiem separatoriem. Arī [20] parādīts, ka ir iespējams izveidot separatoru ar labām īpašībām, izmantojot koksnes produktus. Tāpat plaši tiek pētīti uz celulozes bāzētu elektrolītu izmantošana litija jonu baterijām, piemēram, [21] piedāvāts litija jonu vadošais materiāls, kurā izmanto baktēriju celulozes organisko gelu, ar labu mehānisko stiprību un augstu jonu vadītspēju.

### 3.3.3. Koksnes produktu izmantošana litija jonu bateriju anoda ražošanai

Komerčiālajos litija jonu akumulatoros par anodu plaši izmanto mīksto ogli (piemēram, dabīgo grafitu) un cieto oglekli vienmērīgas uzlādes/izlādes un labas cikla veiktspējas dēļ. Paredzams, ka anodu aktīvo materiālu tirgus 2025. gadā pieaugs no 76 000 līdz vairāk nekā 250 000 tonnām. Paredzamais tirgus sadalījums starp dažādiem anodu aktīvajiem materiāliem 2025. gadā ir parādīts 3.46. attēlā. Prognozē, ka mākslīgā grafitā īpatsvars palielināsies līdz 52%, dabīgā grafitā īpatsvars samazināsies līdz 24% un citu anoda aktīvo materiālu īpatsvars pieaugs līdz 24%. 3.47. att. ir redzams, cik straujš ir pieprasījuma palielinājums pēc litija jonu bateriju anoda materiāla. Tieši bateriju pielietojums ETL ir galvenais izaugsmes veicinātājs.



3.46. att. Litija jonu bateriju anoda materiāls [16].



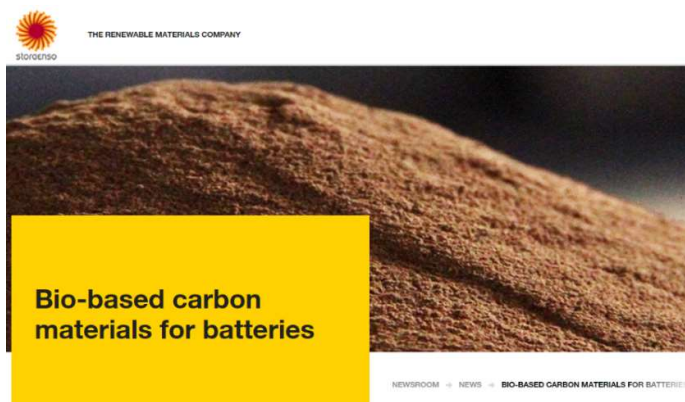
3.47. att. Litija jonu bateriju anoda materiālu pieprasījuma pieaugums [16].

Valsts	Grafiita iegūšana pa gadiem, 1000 tonnas						
	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
Ķīna	780	780	780	780	750	800	800
Indija	150	170	170	170	170	160	150
Brazīlija	95	80	80	80	95	110	73
Kanāda	30	21	30	30	20	25	25
Mozambika	23						
Krievija	19	15	15	15	14		
Ukraina	15	5	5	5	6	6	6
Pakistāna	14	14					
Norvēģija	8	8	8	8	2	2	2
Madagaskara	7	8	5	5	4	4	4
Ziemeļkoreja	6	30	30	30	30	30	30
Zimbabe	6	7	7	7	4	6	
Vjetnama	5	5					
Turcija	4	32	32	29	5	5	10
Meksika	4	22	22	22	7	8	7
Šrilanka	4	4	4	4	4	4	4
Citas	2		1	1	1	2	7

3.48. att. Grafiita iegūšanas sadalījums pa valstīm [22].

Kā redzams 3.48. att. dabīgais grafitīts tiek iegūts, galvenokārt, politiski nestabilās valstīs, tāpēc aizvien palielinās mākslīgi iegūtā grafitā iegūšana, tomēr tā iegūšana ir daudz dārgāka. Mākslīgi sintezējot grafitu vai izmantojot citu anoda materiālu, var tikt nedaudz uzlabotas anoda īpašības. Vairākos pētījumos [23]–[27] parādīts, ka ir iespējams izveidot litija jonu anodu no uz lignīnu bāzētas oglekļa šķiedras, kas iegūta no cietkoksnes, turklāt šāda anoda materiāla cena ir konkurētspējīga. Šis virziens vairs nav tikai apskatīts zinātnieku pētījumos, bet arī *Stora Enso* ieguldījusi 10 miljonus eiro, lai izveidotu izmēģinājuma iekārtu uz lignīna bāzes balstītu biooglekļa materiālu ražošanai priekš enerģijas uzkrājēju pielietojuma. Pilotrūpnīca atradīsies pie *Stora Enso “Sunila Mill”* Somijā. Ieguldījumi oglekļa materiālu ražošanā enerģijas uzkrāšanai vēl vairāk stiprina *Stora Enso* iespējas aizstāt izejvielas, kas iegūtas no fosiliem materiāliem, kā arī savienot ilgtspējīgus materiālus ar pašreizējām tehnoloģiju inovācijām [28].

Rūpnīcā lignīns tiks pārveidots tā sauktajos cietā oglekļa anoda materiālos litija jonu baterijām, kuru īpašības ir līdzīgas grafitam. Iegūstot lignīnu no biomasas un izveidojot no tā anoda materiālu (3.49. att.), tiks radīta lielāka pievienotā vērtība. Kā mērķa tirgus šādam produktam būs strauji augošais litija jonu bateriju tirgus, kurā uzņēmumi meklē augstas kvalitātes, pievilcīgus un ilgtspējīgus materiālus. Izmēģinājuma rūpnīcas būvniecībai bija jāsākas 2019. gada beigās, un tiek lēsts, ka tā būs pabeigta līdz 2021. gada sākumam [28]. Lēmumi par komercializāciju tiks pieņemti pēc izmēģinājuma apjoma ražošanas rezultātu izvērtēšanas.



3.49. att. *Stora Enso* no koksnes ražotais litija jonu bateriju anoda materiāls [28].

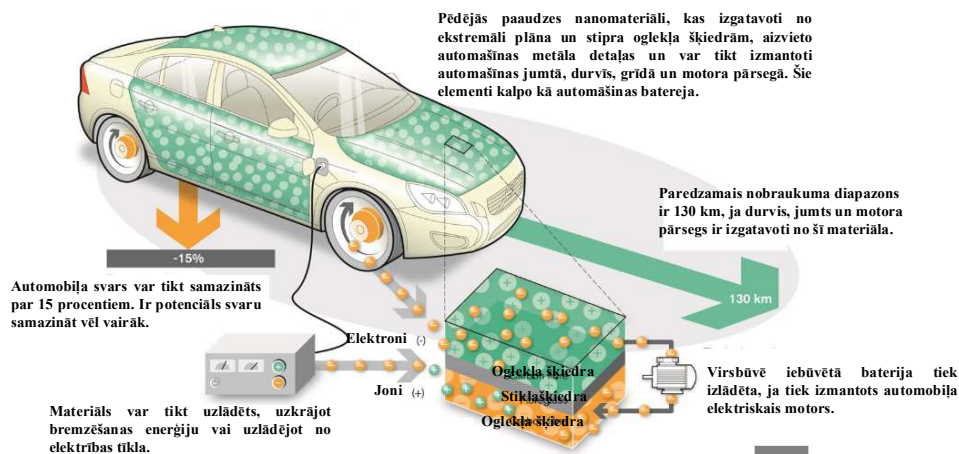
### 3.3.4. Nākotnes risinājums – enerģijas uzkrājēja izveidošana ETL korpusā

Viens no risinājumiem, kā samazināt tilpumu, ko aizņem enerģijas uzkrājējs, ir automašīnas korpusa izmantošana, integrējot tajā enerģijas uzkrājēju. Idejas skaidrojums parādīts 3.50. att. Tādā veidā var tikt samazināts transportlīdzekļa svars un reizē tas ļauj konstrukcijā izmantot vairāk atjaunojamus materiālus. Zviedru pētnieki nesen izgatavojuši pasaulē pirmo modeļa automobili ar jumtu un akumulatoru, kas izgatavots no koka bāzētas oglekļa šķiedras [29]. Lai gan tas ir būvēts rotaļlietas izmēra lielumā, prototips ir milzīgs solis ceļā uz koksnes produktu izmantošanu auto industrijā. Modelis redzams 3.51. att., to ir realizējuši *KTH Royal Institute of Technology* sadarbībā ar *Innventia* un *Swerea*.

Oglekļa šķiedras kompozītā galvenā sastāvdaļa ir lignīns, kas ir šūnu sienu sastāvdaļa gandrīz visiem augiem, kas aug sausā zemē. Lignīns ir otrais bagātīgākais dabiskais polimērs pasaulē, ko pārvar tikai celuloze. Lignīna baterijas var ražot no atjaunojamiem izejmateriāliem, šajā gadījumā no papīra celulozes ražošanas izejmateriāliem. Materiāla vieglums ir īpaši svarīgs elektromobiļiem, jo tad akumulatori kalpo ilgāk. Lignīnā bāzēta oglekļa šķiedra ir lētāka nekā parastā oglekļa šķiedra. Citādi baterijas, kas izgatavotas ar lignīnu, neatšķiras no parastajām baterijām. Arī [30] atspoguļoto pētījumu



ideja ir līdzīga tikai ETL konstrukcijā tiktu izveidots superkondensatoru uzkrājējs, kas uzkrātu enerģiju ETL bremzējot un uzkrāto enerģiju nodotu elektriskajai piedziņai un litija jonu baterijas lādēšanai ETL paātrinoties.



3.50. att. Enerģijas uzkrājēja izveidošana ETL korpusā [31].



3.51. att. Volvo elektriskā auto modelis ar integrētu saules paneli un uzkrājēju automašīnas konstrukcijā.

### Secinājumi

- 1) Enerģijas uzkrājēju ražošanā tiek izmantotas aizvien jaunas tehnoloģijas un materiāli. Īpaši svarīgu lomu enerģijas uzkrājēju uzlabošanā ieņems grafēns.
- 2) Tā kā enerģijas uzkrājēju tirgus būs liels, tad tajā ir vieta dažādiem tehnoloģiskajiem risinājumiem – pilnībā biodegradablām baterijām, baterijām, kas izveidotas kā ETL korpusa sastāvdaļa, ar lāzerapstrādi izveidotām baterijām, u.c.
- 3) Lai gan koksnes produkti pašlaik nav enerģijas uzkrājēju pamatmateriāls, tiem ir liels potenciāls tikt pielietotiem zināmā daļā no nākotnes enerģijas uzkrājējiem, tai skaitā, būt par materiālu grafēna iegūšanā.
- 4) Koksnes produktu izmantošanu sekmēs tādi nākotnes risinājumi kā enerģijas uzkrājēja integrēšana ETL dizaina elementos un bioloģiski noārdāmu materiālu plašāka izmantošana ražošanā.

## Rekomendācijas

- 1) Tuvākajā nākotnē – 2 līdz 5 gados, koksne un koksnes materiāli kā izejmateriāls ETL enerģijas uzkrājējos netiks izmantots lielos apmēros. Pētījumi un tehnoloģijas, kas piedāvā jaunus risinājumus koksnes izmantošanai enerģijas uzkrājēju ražošanā lielākoties atrodas tehnoloģijas gatavības līmeņos 2 – 6, kas nozīmē, ka līdz to ieviešanai ražošanā paies vairāki gadi.
- 2) Kopumā koksnes produktu izmantošana enerģijas uzkrājēju ražošanā ir perspektīva joma, jo ļauj izveidot videi draudzīgus biodegradablus uzkrājējus, integrēt uzkrājējus ETL dizaina elementos, ražot enerģijas uzkrājējus ar jau pašlaik pieejamajām drukas mašīnām. Tāpat perspektīvs virziens ir grafīta un grafēna iegūšana no koksnes resursiem.
- 3) Būtu ieteicams attīstīt cilvēkresursus vai sadarboties ar reģiona zinātniekiem, kuri spētu analizēt zinātniskos sasniegumus koksnes resursu pielietošanā enerģijas uzkrājējos, elektronikā un elektroenerģijas atjaunīgajā ražošanā un pieņemt izsvērtu lēmumu par izdevīgumu no iesaistīšanās pilotprojektos. Sekot līdzi inovatīviem jaunuzņēmumiem, piemēram, *LignaEnergy* (<https://lignaenergy.com/>), apsvērt iespēju investēt vai sadarboties. Piesaistot valsts vai Eiropas finansējumu, sekmēt Latvijas zinātnieku kompetenci šai jomā. Turpināt pētīt tendences ar dabīgā grafīta piegādēm, sintētiskā grafīta cenu, grafēna pielietošanu enerģijas uzkrājējos un ražošanu. Analizēt citu pilotprojektu rezultātus, piemēram, *Stora Enso* projektu oglekļa materiālu ražošanā, veikt aplēsi par nepieciešamajiem ieguldījumiem un potenciālo peļņu, izsvērt iespēju attīstīt ražošanas pilotprojektu.

## Atsauces

- [1] “Chemists make laser-induced graphene from wood.” [Online]. Available: <https://phys.org/news/2017-07-chemists-laser-induced-graphene-wood.html>. [Accessed: 14-Sep-2019].
- [2] “Technology,” *NAWA Technologies*..
- [3] L. Hu, H. Wu, and Y. Cui, “Printed energy storage devices by integration of electrodes and separators into single sheets of paper,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 96, no. 18, p. 183502, May 2010.
- [4] “Thin, flexible secondary Li-ion paper batteries. – Semantic Scholar.” [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Thin%2C-flexible-secondary-Li-ion-paper-batteries.-Hu-Wu/8ec1b1a675bd9388ce267d4efcaa7f06758f5d44>. [Accessed: 03-Sep-2019].
- [5] F. Brunetti *et al.*, “Printed Solar Cells and Energy Storage Devices on Paper Substrates,” *Advanced Functional Materials*, vol. 29, no. 21, p. 1806798, May 2019.
- [6] Z. Weng, Y. Su, D.-W. Wang, F. Li, J. Du, and H.-M. Cheng, “Graphene–Cellulose Paper Flexible Supercapacitors,” *Advanced Energy Materials*, vol. 1, no. 5, pp. 917 – 922, 2011.
- [7] “Flexible energy storage devices based on nanocomposite paper | PNAS.” [Online]. Available: <https://www.pnas.org/content/104/34/13574/>. [Accessed: 09-Sep-2019].
- [8] admin, “The Reason Coconut Shell Is The best Activated Carbon,” *mywaterearth.com*..
- [9] G. Dobeles *et al.*, “Wood-based activated carbons for supercapacitors with organic electrolyte,” *Holzforschung*, vol. 69, no. 6, pp. 777 –784, 2015.
- [10] A. Volperts, G. Dobeles, A. Zhurinsk, D. Vervikishko, E. Shkolnikov, and J. Ozolinsh, “Wood-based activated carbons for supercapacitor electrodes with a sulfuric acid electrolyte,” *New carbon materials*, vol. 32, no. 4, pp. 319 – 326, 2017.
- [11] A. Volperts *et al.*, “Supercapacitor electrodes from activated wood charcoal,” *Buldarian Chem Commun*, vol. 48, pp. 337 – 341, 2016.
- [12] G. Dobeles, T. Dizhbite, M. V. Gil, A. Volperts, and T. A. Centeno, “Production of nanoporous carbons from wood processing wastes and their use in supercapacitors and CO<sub>2</sub> capture,” *Biomass and bioenergy*, vol. 46, pp. 145 – 154, 2012.

- [13] C. Chen *et al.*, “All-wood, low tortuosity, aqueous, biodegradable supercapacitors with ultra-high capacitance,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 538 – 545, Feb. 2017.
- [14] “Biomass-derived carbon materials with structural diversities and their applications in energy storage | SpringerLink.” [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40843-017-9169-4>. [Accessed: 24-Nov-2019].
- [15] P. Arora and Z. J. Zhang, “Battery separators,” *Chem. Rev.*, vol. 104, no. 10, pp. 4419–4462, Oct. 2004.
- [16] C. Pillot, “The rechargeable battery market and main trends 2014–2025,” in *31st International Battery Seminar & Exhibit*, 2015.
- [17] L. Jabbour, R. Bongiovanni, D. Chaussy, C. Gerbaldi, and D. Beneventi, “Cellulose-based Li-ion batteries: a review,” *Cellulose*, vol. 20, no. 4, pp. 1523 – 1545, Aug. 2013.
- [18] D. Chen, X. Yang, Z. He, and Y. Ni, “Potential of cellulose-based materials for lithium-ion batteries (LIB) separator membranes,” *Journal of Bioresources and Bioproducts*, vol. 1, no. 1, pp. 18 – 21, Jan. 2016.
- [19] I. Kuribayashi, “Characterization of composite cellulosic separators for rechargeable lithium-ion batteries,” *Journal of Power Sources*, vol. 63, no. 1, pp. 87 – 91, Nov. 1996.
- [20] “Lithium Ion Battery Separators Based On Carboxylated Cellulose Nanofibers From Wood | ACS Applied Energy Materials.” [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaem.8b01797>. [Accessed: 14-Sep-2019].
- [21] T. Hagiwara, H. Maeda, M. Nakajima, K. Sasaki, T. Sawaguchi, and S. Yano, “Lithium ion conductive material utilizing bacterial cellulose organogel, lithium ion battery utilizing the same and bacterial cellulose aerogel,” WO2006025148A1, 09-Mar-2006.
- [22] A. D. Jara, A. Betemariam, G. Woldetinsae, and J. Y. Kim, “Purification, application and current market trend of natural graphite: A review,” *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 29, no. 5, pp. 671 – 689, Sep. 2019.
- [23] D. I. Choi, J.-N. Lee, J. Song, P.-H. Kang, J.-K. Park, and Y. M. Lee, “Fabrication of polyacrylonitrile/lignin-based carbon nanofibers for high-power lithium ion battery anodes,” *Journal of Solid State Electrochemistry*, vol. 17, no. 9, pp. 2471 – 2475, 2013.
- [24] W. Zhang *et al.*, “Facile preparation of 3D hierarchical porous carbon from lignin for the anode material in lithium ion battery with high rate performance,” *Electrochimica Acta*, vol. 176, pp. 1136–1142, 2015.
- [25] W. E. Tenhaeff, O. Rios, K. More, and M. A. McGuire, “Highly Robust Lithium Ion Battery Anodes from Lignin: An Abundant, Renewable, and Low-Cost Material,” *Advanced Functional Materials*, vol. 24, no. 1, pp. 86 – 94, 2014.
- [26] A. P. Nowak *et al.*, “Lignin-based carbon fibers for renewable and multifunctional lithium-ion battery electrodes,” *Holzforschung*, vol. 72, no. 2, pp. 81 – 90, 2018.
- [27] S.-X. Wang, L. Yang, L. P. Stubbs, X. Li, and C. He, “Lignin-derived fused electrospun carbon fibrous mats as high performance anode materials for lithium ion batteries,” *ACS applied materials & interfaces*, vol. 5, no. 23, pp. 12275 – 12282, 2013.
- [28] “Bio-based carbon materials for batteries.” [Online]. Available: <https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2019/8/bio-based-carbon-materials-for-batteries>. [Accessed: 24-Nov-2019].
- [29] “Carbon fiber from wood is used to build car.” [Online]. Available: <https://phys.org/news/2016-02-carbon-fibre-wood-car.html>. [Accessed: 31-Oct-2019].
- [30] “New tech could allow electric cars’ body panels to store energy,” *New Atlas*, 11-Nov-2014. [Online]. Available: <https://newatlas.com/electric-car-panels-energy-storage/34676/>. [Accessed: 24-Nov-2019].
- [31] “Volvo Car Group makes conventional batteries a thing of the past.” [Online]. Available: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/134235/volvo-car-group-makes-conventional-batteries-a-thing-of-the-past>. [Accessed: 30-Oct-2019].
- [32] X. Yuan, H. Liu, and J. Zhang, *Lithium-Ion Batteries: Advanced Materials and Technologies*. CRC Press, 2011.

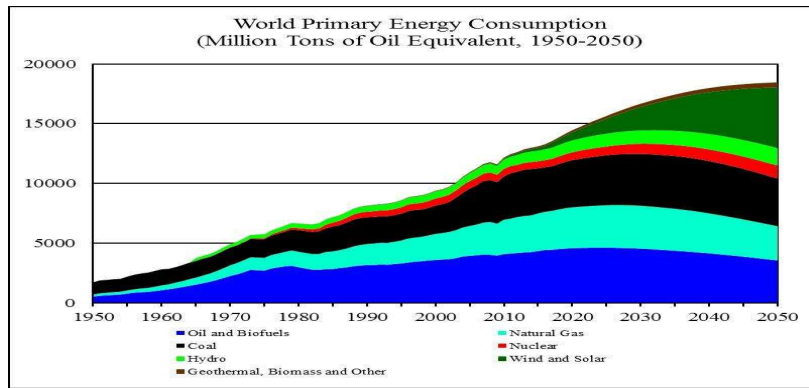
## **4. ELEKTRISKO TRANSPORTLĪDZEKĻU UN MODERNO BIODEGVIELU ATTĪSTĪBAS UN IZAUGSMES POTENCIĀLA NOVĒRTĒJUMS UN SALĪDZINĀJUMS**

### **4.1. MODERNO BIODIEGVIELU IZAUGSMES POTENCIĀLA NOVĒRTĒJUMS**

ES mērķis 2020. gadā sasniegt 10%, bet 2030. gadā 14% lielu biodegvielas īpatsvaru transporta sektorā ir ļoti grūti izpildāms. Kopējā biodegvielu izmantošana 2018. gadā sasniedza tikai 5,2 % (3,6% bioetanols un 5,5% biodīzeļdegviela un HVO). Ļoti iespējams, ka plānotos 10% un 14% nebūs iespējams sasniegt, kaut gan situāciju varētu uzlabot plānotais elektroenerģijas izmantošanas pieaugums (4 reizes autotransportā un 1,5 reizes dzelzceļa transportā) un biodegvielu izmantošana aviācijā un kuģniecībā (1,2 reizes), kā arī uzskaitījums, kas ļaus modernās biodegvielas uzskaitīt ar koeficientu 2. Tajā pašā laikā ir eksperti, kas apgalvo, ka līdz 2030. gadam biodegvielas izmantošana aviācijā būs nenozīmīga. Citi eksperti atkal cer, ka dubultā uzskaitījuma izmantošana varētu dot vislielāko efektu un mērķi varētu sasniegt nevis ar reālu degvielu izmantošanu, bet izdevīgākiem aprēķiniem. Ir zināms, ka pielietojot “uzlaboto” metodiku, biodegvielu devums 2018. gadā palielinājās līdz 7,1 % (EU-28 Biofuels Annual EU Biofuels Annual 2018).

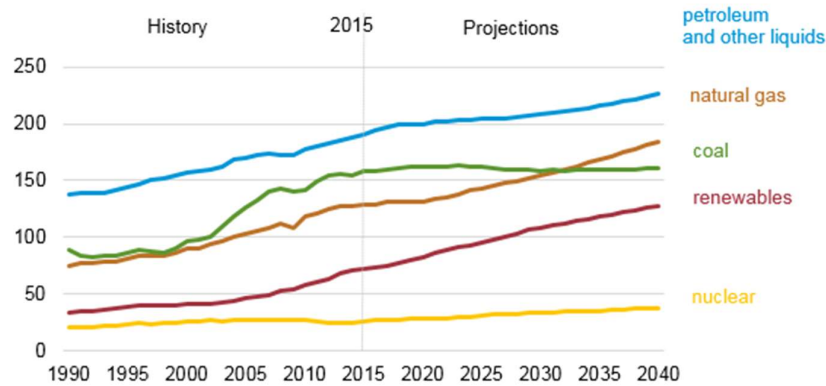
Uzdevums salīdzināt biodegvielu lietošanas un elektrotransporta izmantošanas progresu laika posmā no 1999. gada līdz mūsdienām, ir ļoti diskutabls un pretrunīgs, jo abu izmantošana, salīdzinot ar fosilajām degvielām, ir ierobežota un līdz šim statistiski maznozīmīga. Pārvarot moderno biodegvielu ražošanas izaicinājumus, tām pieder lielāka nākotne, jo virknei produktu izmantojama gan esošā mazumtirdzniecības infrastruktūra, gan arī tās piemērotība lietošanai konvenciālajos iekšdedzes dzinējos. Savukārt elektromobiļiem ir skaidri iezīmējusies niša to izmantošanai urbānās teritorijās, kur jo īpaši kļūst aktuāls jautājums par vides kvalitāti, transportlīdzekļiem to izmantošanas laikā neizdalot izmešus. Turpmāk vērtējot katras alternatīvas priekšrocības un trūkumus, pievēršama uzmanība katra produkta SEG pēdai tā pilnajā dzīves ciklā – izejvielas un to sagāde, produkta ražošana, izmantošana (ekspluatācija), utilizācija vai materiālu atkārtota izmantošana.

Enerģijas struktūras nākotnes prognozes Pētījumā ir balstītas uz ES politikas plānošanas dokumentiem, bet transporta sektorā - uz RED II, kas ir apspriesti un plaši diskutēti visā Pētījumā. Jāatgādina, ka visas direktīvas balstās uz iepriekš veiktu un dalībvalstu līmenī saskaņotu prognožu rezultātiem un pēc savas būtības ir prognozes ar visaugstāko ticamību. Neapšaubāmi, ka ir pieejamas arī dažādas citas prognozes, kuras ir izstrādājuši atsevišķi pētnieki vai organizācijas. Jāatzīmē, ka pēdējā laika prognozes mēģina atteikties no detalizācijas, kura samazina prognožu ticamību. 4.1.attēlā redzams, ka nafta un biodegvielas ir apvienotas vienā enerģijas veidā, kas ir ļoti pareizi [1]. Savukārt 4.2.attēlā apvienotas arī visas atjaunojamās degvielas, saglabājot grupu “nafta un citas degvielas šķidrā stāvoklī” [2].



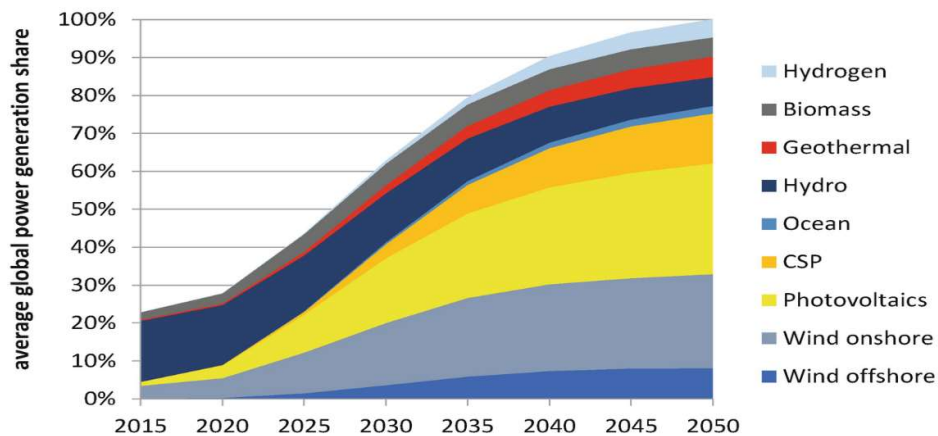
4.1. att. Pasaules primārās enerģijas patēriņa prognoze (nafta un biodeģvielas, ogles, HES, ģeotermālā un biomasa, dabas gāze, kodolenerģija un vēja un saules enerģija).

Figure 2. World energy consumption by energy source  
quadrillion Btu



4.2. att. Pasaules enerģijas patēriņa prognoze (nafta un citas degvielas šķidrā stāvoklī, dabas gāze, ogles, atjaunojamie resursi, kodolenerģija).

Detalizētas prognozes ir mazāk ticamas, tomēr ir pieejamas [3]. 4.3.attēlā dota viena no tādām detalizācijām.

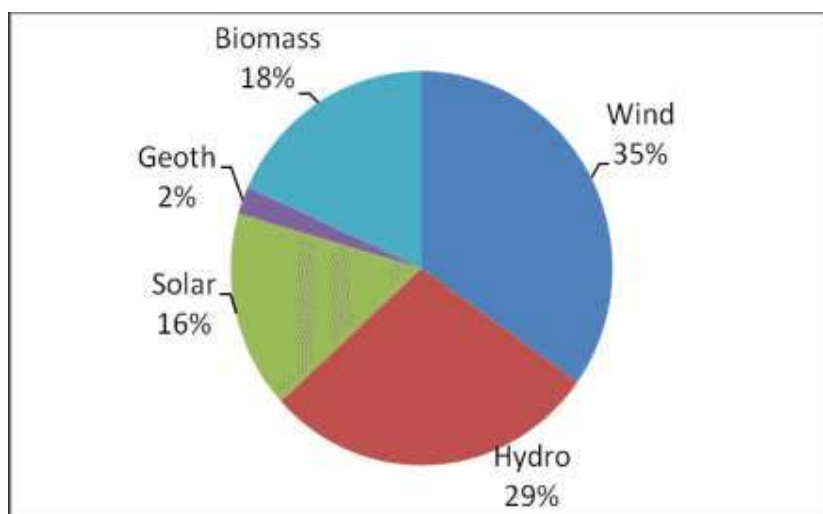


4.3.att. Atjaunojamo degvielu detalizēta prognoze (ūdeņradis, biomasa, ģeotermālā enerģija, HES, okeānu, CSP, Saules elementi, vējš uz cietzemes un jūrā).

Pētījuma ietvaros šie un citi līdzīgi jautājumi ir apskatīti tajās robežās, kādas pieļauj analizētā zinātnisko publikāciju un statistikas datu bāze, un ko nosaka mērķtiecīga virzība uz LVM resursu pilnīgāku izmantošanu.

Nevar apšaubīt to, ka moderno biodegvielu ražošana no lignocelulozes biomasas pēdējos gados ES stagnē apmēram 0,2 % robežās (EUBA), kuru elektrotransports varētu sasniegt tuvākajā laikā. Tie ir tik zemi rādītāji, ka runāt par šo sasniegumu ietekmi uz SEG emisijām nav nozīmes. Pārtikas izejvielās bāzētu biodegvielu izmantošana ir ap 4,1%. RED II paredz ierobežot šo konvencionālo biodegvielu pievienošanu naftas degvielai līdz 7% 2021. gadā un līdz 3,8% 2030. gadā, kas kopā ar importa pieaugumu apdraud šīs konvencionālās nozares attīstību un pat pastāvēšanu. Tajā pašā laikā tehnoloģiju gatavība un dubultā uzskaitē rada fantastiskas iespējas moderno biodegvielu ražotājiem, un tuvākajā laikā tiks veicināta šo degvielu ražošanas apjoma palielināšana. Ļoti labas iespējas rodas arī biodegvielu ražotājiem no lignocelulozes, kaut arī pašreizējie sasniegumi neliecina par šo iespēju veiksmīgu izmantošanu. Prognozes rāda, ka sagaidāmās ražošanas ilgtspējas prasības koksnes produktu izmantošanai ierobežos koksnes granulū tirgu, kurš varētu sasniegt maksimumu ap 2020.gadu, tādēļ moderno biodegvielu ražošana varētu būt nozīmīgs mežsaimniecības blakusproduktu izmantošanas virziens. Tehnoloģijas šī virziena realizācijai diemžēl vairumā gadījumu nav izstrādātas līdz komercializācijas līmenim, vai arī netiek realizētas komerciālos produktos gan to sarežģītības un biodegvielu augsto ražošanas izmaksu, gan lēto naftas produktu pieejamības dēļ. Vienkāršas un pietiekami efektīvas tehnoloģijas ir tikai biodīzeļdegvielu FAME ražošanai, sarežģītas, bet pietiekami labi izstrādātas – HVO ražošanai, tomēr abos gadījumos izejvielas ir augu eļļas un šīm biodegvielām nav ilglaicīgas attīstības pazīmju. Tehnoloģiju sarežģītības atšķirība ir milzīga – FAME var ražot arī mājās apstākļos, bet HVO ražošanai vajag naftas pārstrādes rūpnīcas tehnoloģijas. Tā vai citādi pašreiz lielākā moderno biodegvielu tirgus daļa ir FAME un HVO. Mēģinājumi atrast jaunus risinājumus moderno biodegvielu apjoma palielināšanai praksē līdz šim nav realizējušies un pēdējo gadu biodegvielu izmantošanas apjoma palielinājums galvenokārt saistīts nevis ar moderno, bet konvencionālo biodegvielu izmantošanas apjoma palielināšanos un importu (EU-28 Biofuels Annual EU Biofuels Annual 2018).

Par atsevišķu biodegvielu attīstības potenciālu var spriest pēc degvielu pašreizējā ražošanas apjoma un lieliem pilotprojektiem un milzīgā lielo pētniecisko projektu skaita, kuri apskatīti iepriekšējās sadaļās – 2.1.1., 2.1.2., 2.1.3., 2.2. un 2.3., un norāda uz to, ka moderno biodegvielu ražošana attīstās gausāk nekā plānots, tomēr tās saglabā savu izšķirošo nozīmi naftas degvielu īpatsvara samazināšanā, jo elektrotransports tuvākajā nākotnē visās jomās nevarēs aizstāt iekšdedzes dzinējus, un tas arī netiek plānots. Biomasas potenciāls uz Zemes kopumā ir ierobežots un tiek vērtēts 200 Eksadžoulu līmenī [4], un saskaņā ar šo avotu, tas ir aptuveni 3 reizes mazāks nekā primārās enerģijas patēriņš, bet aptuveni 3 reizes lielāks nekā elektroenerģijas patēriņš gadā. Neatkarīgi no vērtējuma, atjaunojamo enerģijas avotu vidū biomasa noteikti ieņem nozīmīgu vietu (att. 4.4.).



4.4. att. Atjaunojamās enerģijas resursi (biomasa (18%), vējš (35%), hidroelektrostacijas (29%), saules baterijas (16%), ģeotermālā enerģija (2%)) [5].

Jāuzsver, ka resursu sadalījums globāli un resursu pieejamība atsevišķā valstī ir ļoti atšķirīgas lietas un katra valsts centīsies attīstīt sev izdevīgāko enerģijas avota veidu. Situācija tādās valstīs kā Latvija, kas ir ar ļoti bagātiem biomasas resursiem, bet relatīvi mazu primārās enerģijas patēriņu, ir visai atšķirīga no vidējās, tādēļ šeit biomasas resursu pilnvērtīgāka izmantošana vismaz atsevišķās nozarēs var dot milzīgu zaļās enerģijas pienesumu. Neapšaubāmi, ka biodegvielu ražošana no lignocelulozes biomasas var radīt būtiskas izmaiņas transporta enerģētikā un nozares emisiju apjoma samazināšanā, kā arī nodrošināt direktīvas RED II prasību izpildi.

#### Atsauces

- [1] R. Patterson. World Energy 2017-2050: Annual Report. <https://seekingalpha.com/article/4083393-world-energy-2017-minus-2050-annual-report>
- [2] World Economic Forum, <https://www.weforum.org/agenda/2017/10/fossil-fuels-will-dominate-energy-in-2040/>
- [3] T. Pregger, S. Simon, T. Naegler, S. Teske, Main Assumptions for Energy. [Achieving the Paris Climate Agreement Goals](#), 2019, 93-13.
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_energy](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy)
- [5] [https://www.researchgate.net/figure/Relative-share-potential-of-renewable-energy-sources-in-the-EU-in-2020-EREC-2015\\_fig1\\_283892847](https://www.researchgate.net/figure/Relative-share-potential-of-renewable-energy-sources-in-the-EU-in-2020-EREC-2015_fig1_283892847)

## 4.2. ELEKTRISKO TRANSPORTLĪDZEKĻU NĀKOTNES ATTĪSTĪBAS PROGNOZES

Vispirms apakšnodaļā sniegts ieskats, kā iepriekšējos gados, sākot ar 2006. gadu un beidzot ar aizpagājušo – 2018. gadu, tikusi prognozēta elektromobiļu tirgus nākotnes attīstības gaita. Visizplatītākais elektromobiļu attīstības gaitas prognozēšanas veids jeb stratēģija, kāda tikusi lietota lielākajā daļā no aplūkotajiem avotiem, ir dažādu iespējamu attīstības scenāriju apspriešana un analīze. Avotā [1], kas nepārtraukti tiek papildināts, apkopota lielākā daļa no materiāliem, kuros aprakstītas elektromobiļu tirgus nākotnes attīstības prognozes, un no kuriem pieejamie dati tika izanalizēti sīkāk.

Tā kā par iepriekšējiem gadiem (līdz 2018. gadam, ieskaitot) ir pieejami faktiskie dati par elektromobiļu pārdošanas apjomiem un kopējo vienību skaitu pasaulē vai atsevišķos reģionos, iespējams veikt šo faktisko datu salīdzinājumus ar tiem datiem, kādi par šiem iepriekšējiem gadiem



prognozēti agrāk. Diemžēl vairumā no pieejamajiem agrāko gadu avotiem tikušas veiktas prognozes par elektromobiļu attīstību vēl nepienākušos gados, piemēram, sākot ar 2020. gadu un beidzot ar 2040. gadu. Tomēr tika salīdzinātas trīs avotu, kas izstrādāti attiecīgi 2008., 2010. un 2013. gadā, prognozes par elektromobiļu pārdošanas apjomiem jeb attīstību aizvadītajos gados (līdz 2018. gadam, ieskaitot), kas tika salīdzinātas ar attiecīgo aizvadīto gadu faktiskajiem datiem, tādējādi izdarot attiecīgus secinājumus par avotos veikto prognožu precizitāti.

Apakšnodaļas beigās sniegts atsevišķs ieskats par šobrīd esošajām 2019. gadā veiktajām prognozēm par elektromobiļu nākotnes attīstību jeb pārdošanas apjomiem un kopējiem vienību skaitiem pasaulē, kas uzskatāmas par pašām jaunākajām jeb šī brīža aktuālajām prognozēm. Pēc tam izdarīti attiecīgi secinājumi par elektrisko transportlīdzekļu tirgus gaidāmo attīstību.

#### **4.2.1. Iepriekšējos gados veiktās elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozes**

##### **2006. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes**

Avotā [2], kurā veikts apraksts par automobiļu elektronikas tehnoloģiju tirgus attīstības prognozēm, minēts apgalvojums, ka no Eiropas autoražotāju skatupunkta līdz 2030. gadam no visa automobiļu tirgus automobiļi ar gāzes, benzīna un dīzeļa iekšdedzes dzinējiem sastādītu 83%, tādējādi saglabājot dominējošu pārsvaru. Savukārt atlikušos 17% sastādītu automobiļi ar alternatīvu veidu dzinējiem, un hibrīdie automobiļi no šiem 17% sastādītu 15%, bet atlikušos 2% sastādītu automobiļi ar degvielas šūnu tehnoloģijām. Avotā aprakstīta hibrīda automobiļa struktūra un darbības princips, taču nav pieminēts, vai aplūkoto hibrīdo automobiļu baterijas ir iespējams uzlādēt ar ārēju enerģijas avotu, vai nav. Visticamāk, runa ir par to pēdējo variantu, t.i. – hibrīdā automobiļa, kura baterijas var tikt lādētas vienīgi braukšanas laikā, jo šajā avotā nav pieminēts pilnīgi nekas par tīriem bateriju automobiļiem bez iekšdedzes dzinēja kā arī nav prognozēta bateriju elektromobiļu vieta un daļa automobiļu tirgū. Tācis prognozēts, ka 2011. gadā visā pasaulē tiktu pārdots 2,8 miljoni hibrīdo automobiļu, bet 2015. gadā – 6 miljoni.

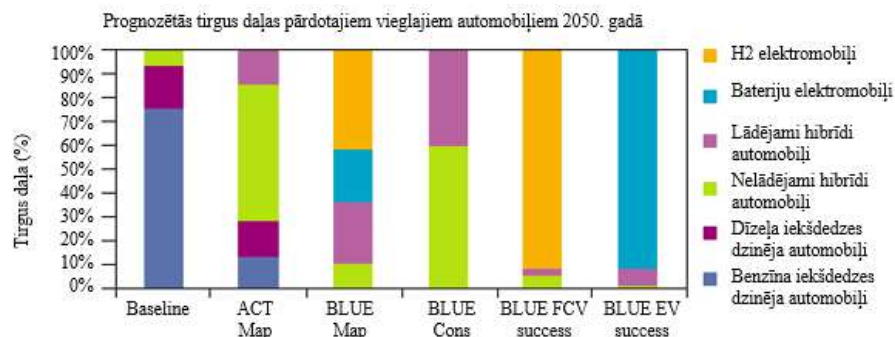
##### **2008. gadā veiktās elektromobiļu tirgus attīstības prognozes**

Starptautiskās Enerģētikas Aģentūras izstrādātā 2008. gada materiālā [3] tikuši izvirzīti un aplūkoti iespējami autotransporta attīstības scenāriji līdz 2050. gadam. "Baseline" scenārijs atbilstu situācijai, ja netiktu pieņemti nekādi jauni likumi attiecībā uz CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanu. Šajā scenārijā katru gadu CO<sub>2</sub> emisijas pastāvīgi palielinātos, naftas un gāzes cenas būt augstas un 2050. gadā CO<sub>2</sub> emisijas apjoms būtu par 130% lielāks salīdzinājumā ar 2005. gada līmeni. Naftas pieprasījums būtu par 70% augstāks nekā 2005. gadā. "ACT" veida scenārijs atbilstu situācijai, kur CO<sub>2</sub> emisiju apjomi līdz 2050. gadam paliktu nemainīgi salīdzinājumā ar 2008. gada līmeni. Energoefektivitātes uzlabošanas un CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas veicināšanas pasākumi būtu ļoti būtiski nosacījumi, lai tiktu nodrošināta šāda attīstības gaita. "BLUE" veida scenāriji atbilstu situācijai, kur CO<sub>2</sub> emisijas līdz 2050. gadam samazinātos uz pusi salīdzinājumā ar 2008. gada līmeni, un naftas pieprasījums būtu par 27% mazāks nekā 2005. gadā.

Attiecībā uz transporta sektoru pastāv sekojoši "BLUE" scenāriju veidi: "BLUE Map" – variants, kurā attīstās gan biodegvielu automobiļi, gan ūdeņraža šūnu (H<sub>2</sub>) automobiļi, gan elektromobiļi; "BLUE Conservative" – variants, kurā ne elektromobiļi, ne H<sub>2</sub> automobiļi netiek attīstīti pietiekoši (lādējami hibrīdie automobiļi sastādītu 40% no visiem vieglo auto pārdevumiem, un lādējamās smagās kravas mašīnas sastādītu 80% no visa lietošanā esošo kravas mašīnu skaita); "BLUE FCV success" – variants, kurā H<sub>2</sub> automobiļu attīstība gūst virsroku (H<sub>2</sub> automobiļi sastādītu 90% no visiem vieglo auto pārdevumiem, un H<sub>2</sub> smagās kravas mašīnas sastādītu 60% no visa lietošanā esošo kravas mašīnu



skaita); "BLUE EV success" – variants, kurā elektromobiļu attīstība gūst virsroku (bateriju elektromobiļi sastādītu 90% no visiem vieglo auto pārdevumiem, un bateriju elektriskās smagās kravas mašīnas sastādītu 50% no visa lietošanā esošo kravas mašīnu skaita) [3]. 4.5.attēlā redzams, ka pēdējie četri scenāriji līdz 2050. gadam paredzējuši benzīna un dīzeļa iekšdedzes dzinēju automobiļu izslēgšanu, un "BLUE EV" scenārija gadījumā 2050. gadā no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars sastādītu 90% [3].

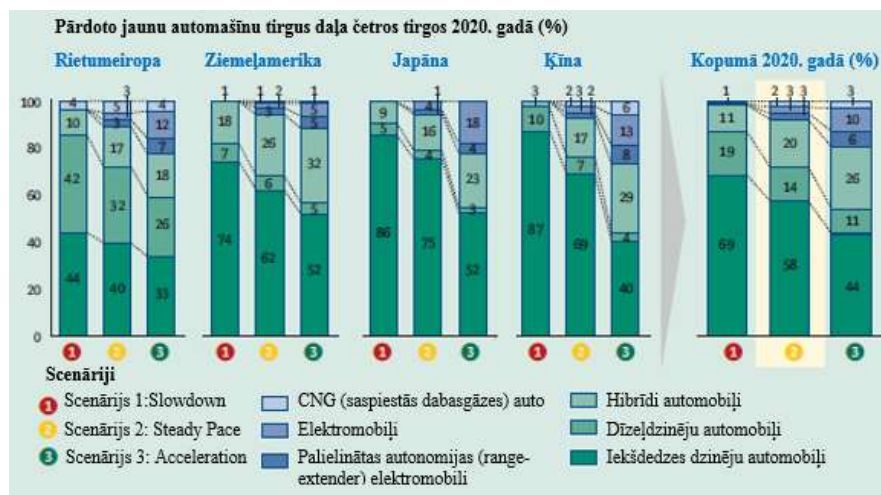


4.5.att. Prognozētās tirgus daļas pārdotajiem vieglajiem automobiļiem 2050. gadā.

## 2009. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [4] ticis prognozēts, ka īstermiņā hibrīdie automobiļi pasaules tirgos iekļūtu ātrāk par bateriju elektromobiļiem, skaidrojot, ka tīri bateriju elektromobiļi skaitoties jauna tehnoloģija, kas, visticamāk, lēnākā tempā iekļūtu pasaules tirgos, jo pārdošanas apjoma palielināšana par 5% parasti aizņemot 10 līdz 20 gadus. Izteikts uzskats, ka, sākot ar 2025. gadu, pārdoto elektromobiļu īpatsvars nebūtu augstāks par 25% no visu pārdoto automobiļu apjoma. Turklāt, lai palielinātu pārdoto elektromobiļu īpatsvaru, būtu nepieciešams gan stingrāku politisko regulu, gan konkurējošu un kvalitatīvu tehnoloģiju apvienojums.

Avotā [5] tikuši izstrādāti 3 elektromobiļu attīstības scenāriji uz 2020. gadu. Pirmajā scenārijā "Slowdown" ("palēnināšanās") pieņemts, ka naftas cena ir nokritusies līdz 60\$ par barelu (augstākā cena 150\$ par barelu bija 2008. gadā). Šajā scenārijā sabiedrības bažas par klimata izmaiņām ir mazinājušās, un autobūves industrija vairs netiek uzskatīta par globālās sasilšanas intensīvu cēloni. Otrajā scenārijā "Steady Pace" ("mierīga gaita") pieņemts, ka pastiprinājušās bažas par klimata izmaiņām un sabiedrība arvien vairāk uztraucas par automašīnu radītajām CO<sub>2</sub> emisijām un to izraisīto negatīvo ietekmi uz vidi. Naftas cenas ir paaugstinājušās līdz aptuveni 150\$ par barelu. Valstu valdības pieņem dažādus likumus un noteikumus, lai samazinātu CO<sub>2</sub> emisiju apjomus un nosaka nodokļu atvieglojumus videi draudzīgu automašīnu pircējiem. Trešajā scenārijā "Acceleration" ("paātrināšanās") pieņemts, ka visas ieinteresētās puses, ieskaitot valstu valdības, privātā sektora organizācijas un sabiedrību kopumā, izjūt steidzamu vajadzību samazināt CO<sub>2</sub> emisiju apjomu. Valdības ievieš vēl stingrāku CO<sub>2</sub> emisiju regulējumu un piešķir ievērojamas nodokļu atlaides personām, kas pārvietojas ar videi draudzīgiem automobiļiem. Naftas cena, kuras vērtība sasniegusi 300\$ par barelu, rada spēcīgus stimulus pāriet uz degvielu taupošiem transportlīdzekļiem, t.i. hibrīdiem automobiļiem vai tīriem bateriju elektromobiļiem. 4.6.attēlā redzams, kā visos trijos iepriekš minētajos scenārijos ticis prognozēts, ka iekšdedzes dzinēju automobiļi tik un tā saglabātu dominējošo pārsvaru pārdoto jaunu automašīnu tirgū, un kopumā 2020. gadā, skatoties uz pirmo un otro scenāriju, no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem elektromobiļu (ieskaitot palielinātas autonomijas elektromobiļus) īpatsvars sastādītu 6% līdz 16%, un hibrīdo automobiļu īpatsvars sastādītu 20% līdz 26%. Pētījuma izpildītāju skatījumā visiespējamākais ir otrais jeb "mierīgās gaitas" scenārijs.



4.6.att.Pārdoto jaunu automašīnu tirgus daļa četros tirgos 2020. gadā (%).

## 2010. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [6] piedāvāti trīs elektromobiļu tirgus attīstības scenāriji uz 2030. gadu. Pirmajā scenārijā "Business-as-Expected" gaidāms, ka uz to brīdi esošais tirgus attīstītos bez īpaši augstām ietekmēm no valstu valdībām un citām ieinteresētām pusēm. Paredzams, ka patērētāju paradumi vieglo privāto automobiļu izmantošanā saglabātos praktiski nemainīgi, taču lādējamo hibrīdo automobiļu īpatsvars sastādītu 8,6% un bateriju elektromobiļu – 9,9% no visu pārdoto vieglo automobiļu īpatsvara. Savukārt divos alternatīvos scenārijos – "Cornutopia" un "Disruptive" – tikuši paredzēti lādējamu hibrīdu automobiļu un bateriju elektromobiļu izmantošanas pieaugumi. No visiem pārdotajiem vieglajiem automobiļiem lādējamie hibrīdie automobiļi sastādītu 31,3% "Cornutopia" gadījumā un 21,6% "Disruptive" gadījumā, bet bateriju elektromobiļi – 29,2% "Cornutopia" gadījumā un 30% "Disruptive" gadījumā.

Avotā [7] izteikts pieņēmums, ka līdz 2020. gadam automobiļu tirgū tīri bateriju elektromobiļi nebūtu pieejami masveidā. Avotā [8] izteikts pieņēmums, ka līdz 2020. gadam tīru bateriju elektromobiļu attīstība būs visai ierobežota. Ierobežota pieeja uzlādes infrastruktūrai mājās, darba vietās un publiskās vietās būtu galvenais šķērslis bateriju elektromobiļu tirgus attīstībai.

## 2011. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [9] prognozēts, ka nelādējami un lādējami hibrīdie automobiļi un bateriju elektromobiļi visi kopā sastādītu 58% no visiem iegādātajiem jaunajiem automobiļiem ASV tirgū līdz 2030. gadam.

## 2014. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [10] piedāvāti trīs elektromobiļu tirgus attīstības scenāriji, kurus nosaka dažādas pieņemtās regulas par CO<sub>2</sub> emisiju pieļaujamiem apjomiem. Pirmā scenārija gadījumā pieņemts, ka tiktu ieviestas ļoti stingras CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas prasības, kuru rezultātā līdz 2050. gadam maksimālais pieļaujamais automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju apjoms ir 10 g/km. Šī scenārija gadījumā var pieņemt, ka pasaules vidējā gaisa temperatūra līdz 2050. gadam nepaaugstinātos vairāk par 2°C, un 2020. gadā lādējamu hibrīdu automobiļu un elektromobiļu kopējais īpatsvars sastādītu 41% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem, bet 2030. gadā lādējamu hibrīdu automobiļu, bateriju elektromobiļu un vēl ūdeņraža automobiļu kopējais īpatsvars sastādītu 86% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem. Otrā scenārija gadījumā pieņemts, ka tiktu ieviestas samērā stingras CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas prasības, kuru rezultātā līdz 2050. gadam maksimālais pieļaujamais automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju apjoms ir

40 g/km. Šī scenārija gadījumā 2020. gadā lādējamu hibrīdu automobiļu un bateriju elektromobiļu kopējais īpatsvars sastādītu 40% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem, bet 2030. gadā lādējamu hibrīdu automobiļu, bateriju elektromobiļu un ūdeņraža automobiļu īpatsvars sastādītu 71% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem. Trešā scenārija gadījumā pieņemts, ka tiktu ieviestas mērenas CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas prasības, kuru rezultātā līdz 2050. gadam maksimālais pieļaujamais automobiļu CO<sub>2</sub> emisiju apjoms ir 95 g/km. Šī scenārija gadījumā 2020. gadā lādējamu hibrīdu automobiļu un bateriju elektromobiļu īpatsvars sastādītu 30% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem, bet 2030. gadā – 48%.

Avotā [11] prognozēts, ka līdz 2020. gadam bateriju elektromobiļu īpatsvars varētu sastādīt 10% līdz 15% no visiem pārdotajiem automobiļiem, bet 2040. gadā bateriju elektromobiļu īpatsvars varētu sastādīt lielāko daļu no visiem pārdotajiem automobiļiem Eiropā.

### 2015. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [12] prognozēts, ka hibrīdu automobiļu pārdošanas apjomi varētu pieaugt par 1% līdz 14% laika periodā no 2013. gada līdz 2014. gadam, taču bez ievērojamas bateriju tehnoloģiju attīstības nav sagaidāms, ka bateriju elektromobiļi būtu pārdoti masveidā, jo tiem ir samērā augsta sākotnējā iegādes cena un visai ierobežots nobraucamais attālums pēc vienas pilnas uzlādes.

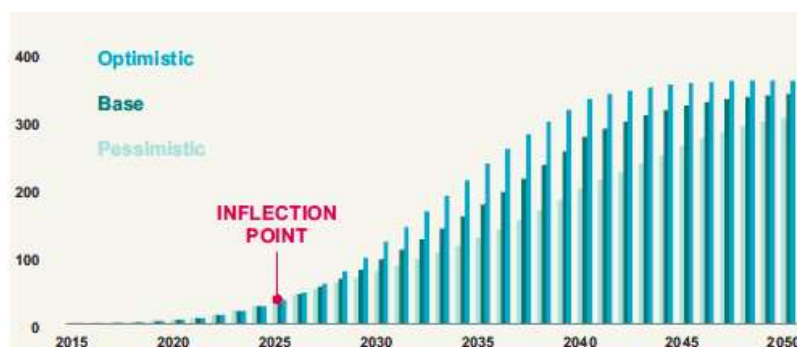
Avotā [13] prognozēts, ka līdz 2025. gadam elektromobiļu skaits pasaulē varētu sasniegt 30 miljonu vienību un elektromobiļu tirgus daļa sastādītu 10% līdz 15% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem vadošajos tirgos. Avotā [14] prognozēts, ka no 2015. gada līdz 2025. gadam varētu tikt pārdoti 25 miljoni hibrīdu automobiļu un bateriju elektromobiļu.

### 2016. gadā veiktās elektromobiļu tirgus attīstības prognozes

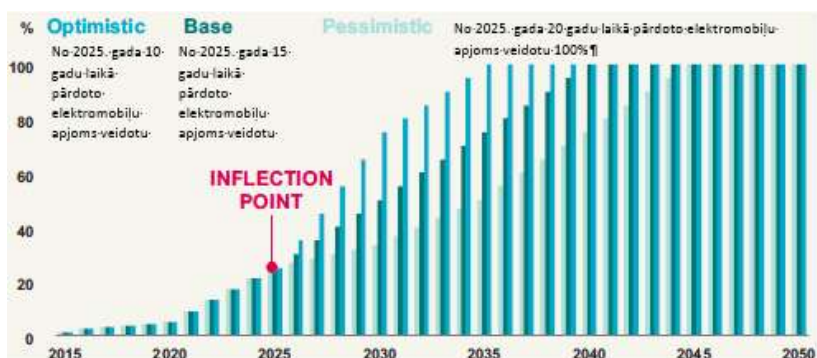
Avotā [15] veiktas prognozes par elektromobiļu tirgu Ķīnā, kas paredz gadus, kuros elektromobiļu īpatsvars sastādītu 100% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem (4.7. – 4.10.att). Bāzes scenārijs paredz, ka tas tiktu sasniegts līdz 2040. gadam, optimistiskais scenārijs – līdz 2035. gadam un pesimistiskais scenārijs – līdz 2045. gadam. Līdz 2025. gadam visos trijos scenārijos pārdoto vienību skaiti ir vienādi, bet pēc 2025. gada – atšķirīgi.



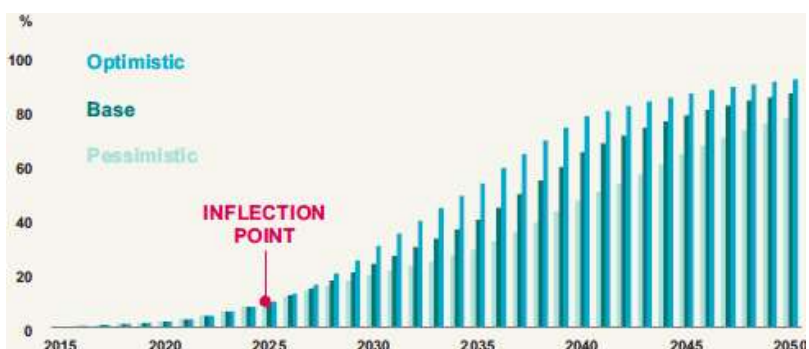
4.7.att. Prognozētais pārdoto elektromobiļu skaits Ķīnā no 2016. gada līdz 2050. gadam.



4.8.att. Prognozētais elektromobiļu skaits Ķīnā no 2016. gada līdz 2050. gadam.



4.9.att. Prognozētās elektromobiļu tirgus daļas Ķīnas automobiļu tirgū no 2016. gada līdz 2050. gadam.



4.10.att. Prognozētie elektromobiļu īpatsvari no kopējā automobiļu skaita Ķīnā no 2016. gada līdz 2050. gadam.

Avotā [16] prognozēts, ka 2020. gadā pasaulē tiktu pārdoti 2,3 miljoni elektromobiļu vienību, kas sastādītu 3% no kopējā pārdoto jauno automobiļu skaita, bet 2023. gadā tiktu pārdoti 4,4 miljoni jaunu elektromobiļu, kas sastādītu 5% no kopējā pārdoto jauno automobiļu skaita.

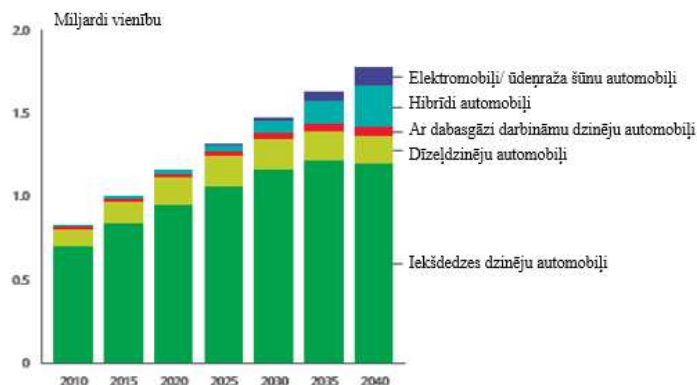
Avotā [17] prognozēts, ka līdz 2040. gadam hibrīdie automobiļi (gan lādējami, gan nelādējami) varētu sastādīt 28% no kopējā pārdoto automobiļu skaita Eiropas valstīs, 31% – Āzijā un Okeānijā, 19% – Ķīnā, 15% – attīstības valstīs, 8% – Indijā, 16% – Eirāzijā. Bateriju elektromobiļu līdz 2040. gadam varētu sastādīt 21% no kopējā pārdoto automobiļu skaita ASV un 19% – Āzijā un Okeānijā. Prognozēts, ka 2040. gadā bateriju elektromobiļu skaits pasaulē varētu sasniegt 141 miljonu vienību.

Avotā [18] prognozēts, 2050. gadā no visiem pasaules ekspluatētajiem automobiļiem gandrīz 100% būtu lādējami hibrīdie automobiļi un tīrie bateriju elektromobiļi.

## 2017. gadā veiktās ETL tirgus attīstības prognozes

Avotā [19] pieņemts, ka bateriju elektromobiļu sākotnējās iegādes cenas līdz 2020. gadam varētu būt līdzvērtīgas iekšdedzes dzinēju automobiļu sākotnējām iegādes cenām. Līdz ar to nākamajos 10 gados (skaitot no 2017. gada) bateriju elektromobiļi ieņemtu 19% līdz 21% tirgus daļu no kopējā pārdoto jauno automobiļu tirgus.

Avotā [20] prognozēts, ka 2040. gadā hibrīdie automobiļi varētu sastādīt 15% no kopējā automobiļu skaita, bateriju elektromobiļi – 5% (4.11.att.).



4.11.att. Prognozētais automobiļu skaits un sadalījums pasaulē.

Avotā [21] prognozēts, ka 2030. gadā pasaulē elektromobiļu skaits varētu sasniegt 160 miljonus vienību. Manāma elektromobiļu tirgus attīstība sagaidāma starp 2020. gadu un 2025. gadu, kad strauji palielinās pārdoto jauno elektromobiļu īpatsvars no kopējā pārdoto jauno automobiļu skaita. Ikgadējiem elektromobiļu pārdevumiem vajadzētu būt no 40 miljoniem līdz 50 miljoniem vienību līdz 2030. gadam, lai 2030. gadā būtu prognozētais 160 miljonu vienību elektromobiļu skaits. Sākot ar 2040. gadu, bateriju elektromobiļi gūtu dominējošo pārsvaru pār iekšdedzes dzinēju automobiļiem gan pārdoto vienību, gan esošā skaita ziņā.

Avotā [22] izteikts apgalvojums, ka, lai līdz 2030. gadam elektromobiļu skaits pasaulē sasniegtu 100 miljonus vienību, jābūt ļoti straujiem elektromobiļu pārdošanas apjomu pieaugumiem, t.i. katru gadu starp 20 miljoniem un 40 miljoniem līdz 2030. gadam. 2020. gadā elektromobiļu pārdošanas apjomam jābūt 2 miljoni vienību, 2025. gadā – 10 miljonu, 2030. gadā – 30 miljoni.

Avotā [23] prognozēts, ka no 2020. gada ikgadēji tiks pārdoti 5 miljoni elektromobiļu un šis apjoms turpinās pieaugt. Sākot no 2050. gada, tiktu pārdots pavisam neliels skaits iekšdedzes dzinēju automobiļu.

Avotā [24] izteikta optimistiska prognoze, ka 2024. gadā vairs netiktu pārdoti iekšdedzes dzinēju automobiļi, bet līdz 2030. gadam iekšdedzes dzinēju automobiļi no trases tiktu noņemti pilnībā.

Avotā [25] prognozēts, ka elektromobiļu īpatsvars pasaulē varētu sastādīt 3% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem 2021. gadā un 14% 2025. gadā, bet Eiropā 2025. gadā – 30% no visiem pārdotajiem jaunajiem auto būtu elektromobiļi.

Avotā [26] apkopoti vadošo autoražotāju iepriekšējo gadu (2014. – 2017.) paziņojumi par plāniem attiecībā uz elektromobiļiem, kas parādīti 4.1.tabulā.

Kopumā, ņemot vērā visus autoražotāju plānus par elektromobiļu pārdošanas apjomiem, kas parādīti 4.1.tabulā, elektromobiļu skaits pasaulē varētu sasniegt 9 līdz 20 miljonus līdz 2020. gadam. Ņemot vērā paziņojumus par elektromobiļu pārdošanas apjomiem uz 2025. gadu, elektromobiļu skaits pasaulē varētu sasniegt jau 40 līdz 70 miljonus līdz 2025. gadam.



Jau iepriekš pieminētajā 2DS scenārijā (3.1.sadaļa) paredzēts, ka elektrificēto vieglo pasažieru auto skaits pasaulē līdz 2030. gadam pārsniegtu 150 miljonus vienību, veidojot 10% no kopējā automobiļu skaita, savukārt līdz 2060. gadam pasaulē būtu jau 1,2 miljardi elektromobiļu, veidojot 60% no kopējā automobiļu skaita. Šajā pašā scenārijā ir paredzēts, ka elektrisko divu riteņu transportlīdzekļu (motociklu, mopēdu) skaits 2030. gadā pārsniegtu 400 miljonus, veidojot 40% no kopējā divu riteņu transportlīdzekļu skaita, bet 2055. gadā visi esošie divu riteņu transportlīdzekļi būtu elektriskie.

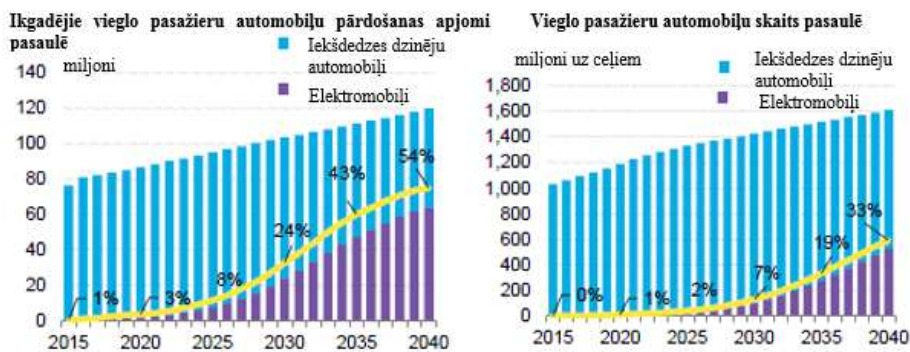
#### 4.1. tabula

Vadošo autoražotāju elektromobiļu ražošanas plāni (2017.gads)

Autoražotājs	Paziņojums
BMW	Plāns, lai 2017. gadā tiktu pārdots 0,1 miljons elektromobiļu.
Chevrolet (GM)	Plāns, lai līdz 2017. gadam katru gadu tiktu pārdoti 30 tūkstoši elektromobiļu.
Ķīnas autoražotāji	Plāns, lai līdz 2020. gadam katru gadu tiktu pārdoti 4,52 miljoni elektromobiļu.
Daimler	Plāns, lai līdz 2020. gadam katru gadu tiktu pārdots 0,1 miljons elektromobiļu.
Ford	Plāns līdz 2020. gadam izlaist 13 jaunus elektromobiļu modeļus.
Honda	Plāns, lai divas trešdaļas no 2030. gadā pārdotajiem automobiļiem būtu elektrificētie (ieskaitot hibrīdos automobiļus, lādējamus hibrīdos automobiļus, bateriju elektromobiļus un ūdeņraža automobiļus).
Renault-Nissan	Plāns, lai līdz 2020. gadam tiktu pārdoti 1.5 miljoni elektromobiļu.
Tesla	Plāns, lai līdz 2018. gadam katru gadu tiktu pārdoti 0,5 miljoni elektromobiļu, un lai no 2019. gada līdz 2020. gadam katru gadu tiktu pārdots 1 miljons elektromobiļu.
Volkswagen	Plāns, lai līdz 2025. gadam katru gadu tiktu pārdoti 2 līdz 3 miljoni elektromobiļu.
Volvo	Plāns, lai līdz 2025. gadam tiktu pārdots 1 miljons elektromobiļu.

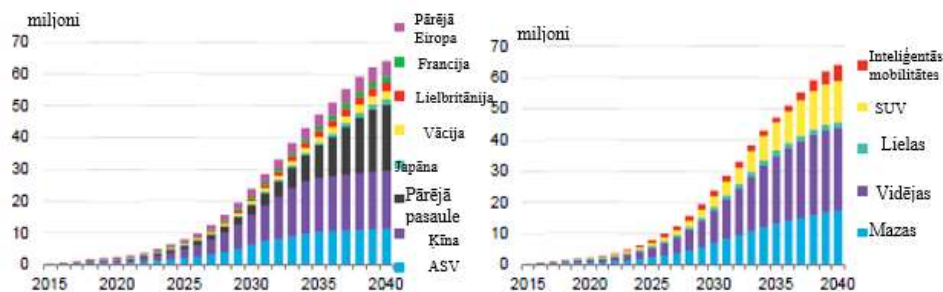
Starptautiskā Enerģētikas Aģentūra izstrādājusi arī B2DS (Below 2°C) (zem 2°C) scenāriju, kas paredz, ka līdz 2050. gadam pasaules vidējās gaisa temperatūras pieaugums būtu mazāks par 2°C un ne augstāks par 1,75°C. Paredzēts, ka zem šī scenārija transporta elektrifikācija notiktu vēl straujāk salīdzinājumā ar 2DS scenāriju: elektromobiļi 2060. gadā veidotu 85% no kopējā pasažieru vieglo automobiļu skaita, un līdz 2045. gadam visi divu riteņu transportlīdzekļi būtu elektriskie.

2017. gada materiālā [27] prognozēts, ka līdz 2040. gadam no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars sastādītu 54%, bet no visu pasaules automobiļu kopējā skaita elektromobiļu īpatsvars sastādītu 33%, kā parādīts 4.12.attēlā.

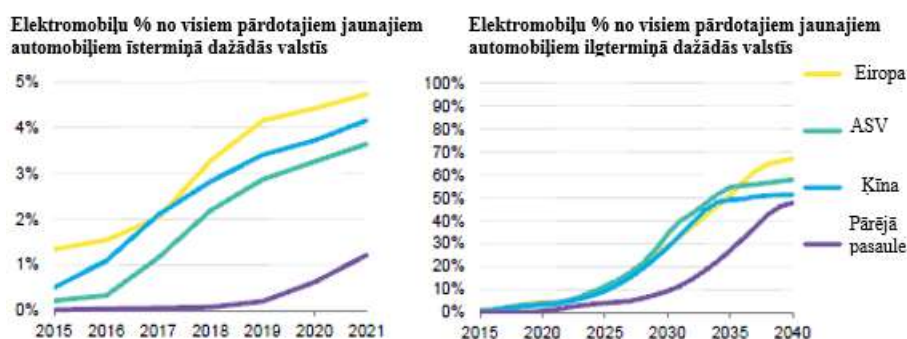


4.12.att.Ikgadējie vieglo pasažieru automobiļu pārdošanas apjomi pasaulē.

Veiktas arī elektromobiļu pārdošanas apjomu prognozes atsevišķām valstīm, elektromobiļu paveidu pārdošanas apjomi, elektromobiļu pārdošanas apjomu pieaugums īstermiņā un ilgtermiņā atsevišķām valstīm (4.13., 4.14.attēli).

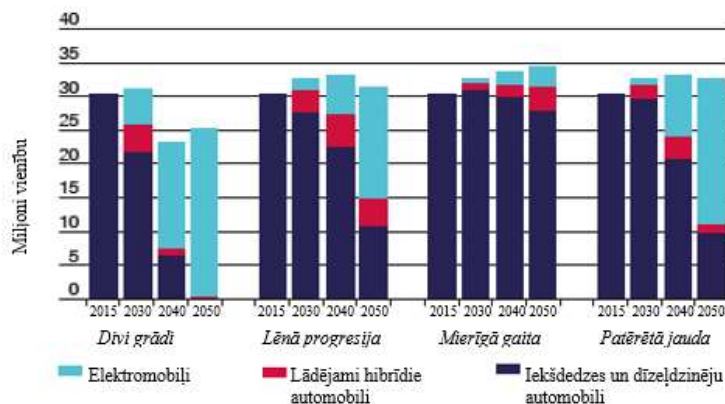


4.13.att Elektromobiļu pārdošanas prognozes.



4.14.att. Elektromobiļu prognozētā tirgus daļa.

2017. gada materiālā [28] piedāvāti četri elektromobiļu tirgus attīstības scenāriji: *Divi grādi*, kurā pasaules prioritāte ir tīra vide un ilgtspējīga attīstība; *Lēnā progresija*, kurā pasaule fokusējas uz vides uzlabošanas ilgtermiņa stratēģiju; *Mierīgā gaita*, kurā pasaule fokusējas uz energoapgādes drošību īstermiņa domāšanu; *Patērētā jauda*, kurā pasaule ir samērā pārticīga un dzīvo saskaņā ar patērēšanas kultūru. Pēdējie divi scenāriji nav vērsti uz apkārtējās vides un klimata uzlabošanas ambīcijām. Līdz 2050. gadam no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem 90% būtu elektromobiļi, bet *Divi grādi* scenārijā visi jaunie automobiļi, kas pārdoti pēc 2040. gada, būs elektromobiļi. 4.15.attēlā parādītas minētajos scenārijos prognozēto elektromobiļu skaita izmaiņas pa gadiem.

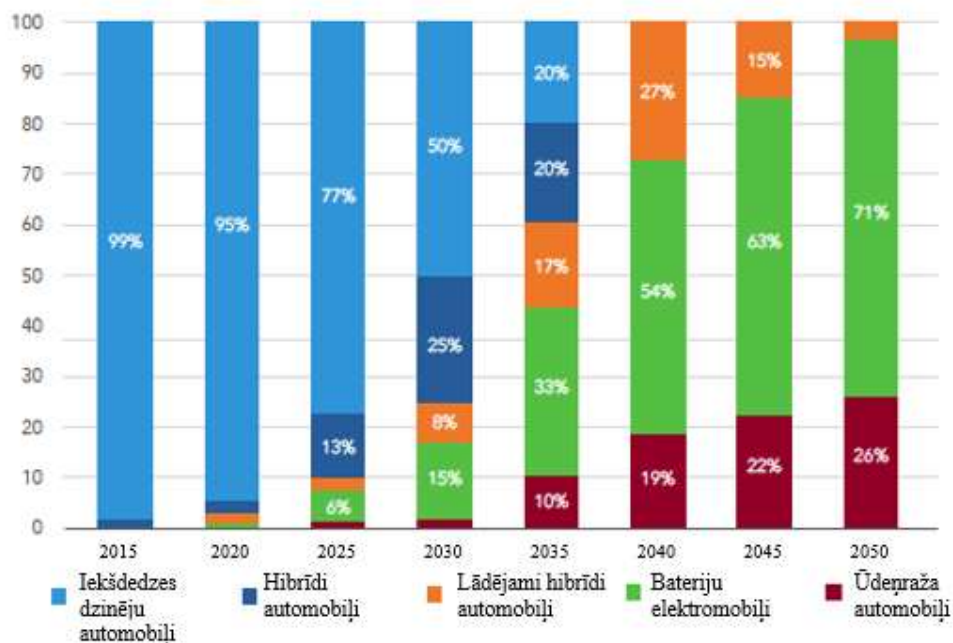


4.15.att. Prognozētās elektromobiļu skaita izmaiņas.

### 2018. gadā veiktās elektromobiļu tirgus attīstības prognozes

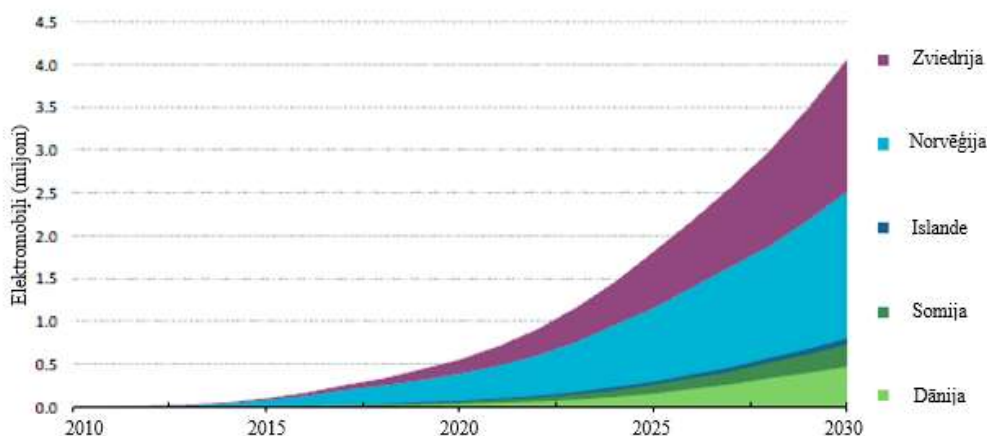
2018. gada materiālā [29] prognozēts, ka pasaulē līdz 2035. gadam varētu būt 190 miljoni elektromobiļu vienību, bet līdz 2040. gadam – 100 miljonu elektromobiļu vienību.

2018. gada materiālā [30] piedāvāts scenārijs, kurā prognozēts, ka 2030. gadā pasaulē varētu būt 17 miljoni elektromobiļu vienību, bet 2050. gadā – 170 miljoni elektromobiļu vienību. 4.16.attēlā parādītas pārdoto jauno automobiļu veidu prognozētās tirgus daļas.



4.16.att. Pārdoto jauno automobiļu veidu prognozētās tirgus daļas.

2018. gada materiālā [31], balstoties uz tā brīža tirgus tendencēm, prognozēts, ka Skandināvijas valstīs elektromobiļu kopskaits līdz 2030. gadam sasniegs 4 miljonus vienību ar pieauguma tempiem, kādi parādīti 4.17.attēlā.



4.17.att. Elektromobiļu kopskaits Skandināvijas valstīs.

2018. gada materiālā [32] prognozēts, ka, ja jaunu iekšdedzes dzinēju automobiļu pārdošana Lielbritānijā tiktu aizliegta no 2040. gada, tad Lielbritānijā esošo elektromobiļu skaits līdz 2030. gadam varētu palielināties līdz 13 miljoniem vienību, un, sākot ar 2030. gadu, elektromobiļu īpatsvars



sastādītu 60% no visiem pārdotajiem jaunajiem automobiļiem. Ja jaunu iekšdedzes dzinēju automobiļu pārdošana Lielbritānijā tiktu aizliegta jau no 2030. gada, tad Lielbritānijā esošo elektromobiļu skaits līdz 2030. gadam varētu palielināties līdz 17 miljoniem vienību.

2018. gada materiālā [33] aplēsts, ka 2017. gadā pasaulē uz ceļiem bija aptuveni 385 tūkstoši elektrisko autobusu, no kuriem 99% atradās Ķīnā, un aptuveni 13% no visiem pasaules pašvaldību autobusiem bija elektriskie autobusi.

2018. gada materiālā [34], ko izstrādājusi Starptautiskā Enerģētikas Aģentūra, piedāvāts "Jaunās Politikas" scenārijs, kurā pasažieru vieglo elektromobiļu kopskaits līdz 2030. gadam varētu sasniegt 125 miljonus vienību, un "EV30@30" scenārijs, kurā pasažieru vieglo elektromobiļu kopskaits līdz 2030. gadam varētu sasniegt 220 miljonus vienību.

#### 4.2.2. Dažu agrākos gados prognozēto ETL pārdošanas apjomu un vienību skaitu salīdzināšana ar faktiskajiem datiem

2008. gada avotā "Deutsche Bank: "Electric Cars: Plugged In", Global Markets Research Company, 9 June 2008" [35] prognozēts, ka 2015. gadā hibrīdo automobiļu un bateriju elektromobiļu tirgus daļa sastādītu 20% no visiem ASV tirgū pārdotajiem automobiļiem, bet Eiropas tirgū – 50%. Tomēr minētās prognozes nepiepildījās, jo, saskaņā ar faktiskajiem datiem, 2015. gadā hibrīdo automobiļu un bateriju elektromobiļu tirgus daļa sastādīja tikai 0,7% no visiem ASV tirgū pārdotajiem automobiļiem, bet Eiropas tirgū – 1,2%. Vēl materiālā prognozēts, ka 2020. gadā hibrīdo automobiļu un bateriju elektromobiļu tirgus daļa sastādītu 49% ASV, bet Eiropā – 65%. Šīs prognozes ir maz ticamas, jo saskaņā ar faktiskajiem datiem, 2018. gadā hibrīdo automobiļu un bateriju elektromobiļu tirgus daļa sastādīja 2,45% ASV, bet Eiropā – 2,5%.

2010. gada avotā [36] prognozēts, ka 2020. gadā no visiem (70,9 miljoniem) pārdotajiem vieglajiem auto nelādējamu un lādējamu hibrīdu automobiļu īpatsvars sastādītu 5.5%, no kuriem 53% tiktu pārdots ASV, 20% – Japānā, 16% Eiropā un atlikušie 11% – citur. 4.18. attēlā parādīti prognozētie nelādējamu un lādējamu hibrīdu auto pārdošanas apjomi pasaulē.



4.18.att. Hibrīdo (HEV) automobiļu un lādējamu hibrīdo (PHEV) automobiļu prognozētie pārdošanas apjomi pasaulē līdz 2020. gadam.

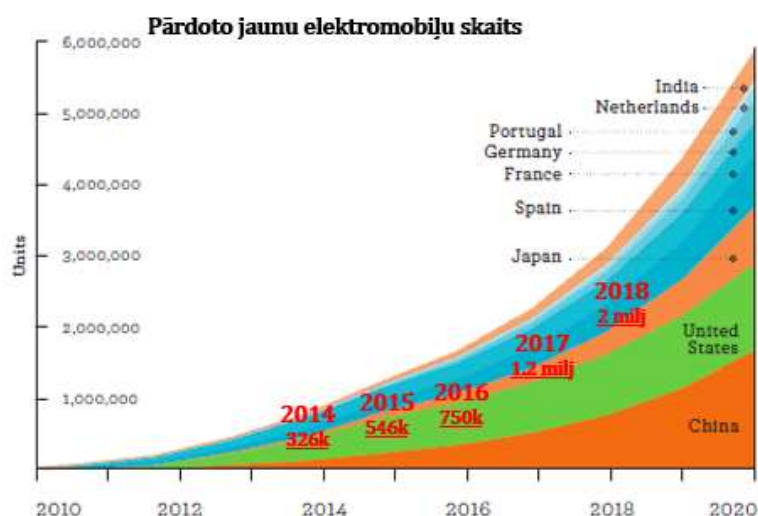
Ticis prognozēts, ka 2020. gadā pārdoto bateriju elektromobiļu skaits sasniegtu 1,31 miljonu vienību, kas sastādītu 1,8% no kopējā (70,9 miljoni) pārdoto vieglo automobiļu skaita. 4.19. attēlā parādīts informācijas avotā prognozēto elektromobiļu pārdošanas apjomu un tirgus daļu no kopējā pārdoto jauno automobiļu skaita 2011. – 2017. gadā salīdzinājums ar faktiskajiem pārdoto bateriju elektromobiļu apjomiem un faktiskajām tirgus daļām [38]. Veiktās prognozes piepildījās apmēram par 2 – 3 gadu vēlāku nobīdi.



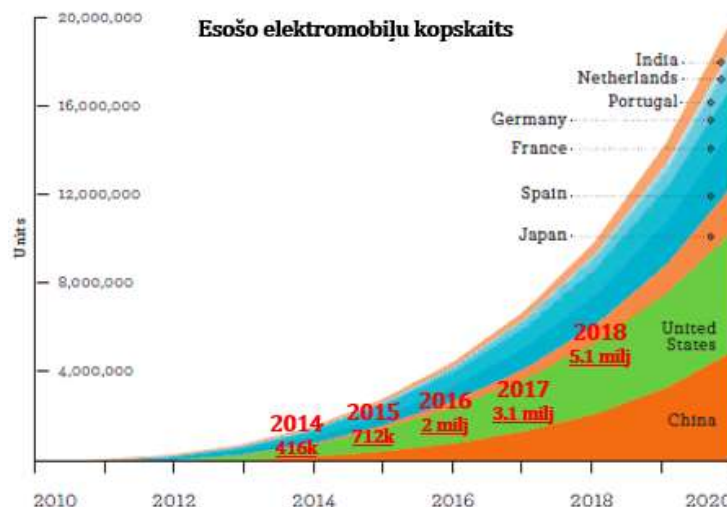
4.19.att. Bateriju elektromobiļu prognozētie pārdošanas apjomi pasaulē līdz 2020. gadam un salīdzinājums ar faktiskajiem datiem par 2011. līdz 2017. gadu.

Reģionālos mērogos prognozēts, ka 2020. gadā no visiem jauno bateriju elektromobiļu pārdevumiem/pirkumiem 56% notiktu Eiropā, 25% – Ķīnā, 8% – ASV, 5% – Japānā. Pateicoties paredzamiem striktākiem CO<sub>2</sub> emisiju regulējumiem, kas Eiropas Savienībā tiktu pieņemti nākamo 5 līdz 10 gadu laikā, tieši Eiropā prognozēts lielākais bateriju elektromobiļu tirgus.

2013. gada avotā Global EV Outlook 2013 [37], ko izstrādājusi Starptautiskā Enerģētikas Aģentūra (IEA), pieminēts "2DS" scenārijs (2°C scenārijs), kas paredz tādu nākotnes enerģētikas sistēmu, kuras rezultātā līdz 2050. gadam pasaules vidējās gaisa temperatūras pieaugums būtu ne augstāks par 2°C. Šajā scenārijā transporta sektora radīto CO<sub>2</sub> emisiju apjomam būtu jāsamazinās par 21% līdz 2050. gadam. Lai šādi rādītāji realizētos, tad līdz 2050. gadam lādējamu hibrīdu automobiļu un bateriju elektromobiļu kopējam īpatsvaram būtu jābūt trīs ceturtdaļas no visu pārdoto automobiļu skaita. Avotā veiktas elektromobiļu pārdošanas apjomu un kopējā skaita prognozes, ja tiktu izpildīti tā laika mērķi attiecībā uz elektromobilitāti, ko noteikušas valstu valdības (9 no 15 *Electric Vehicle Initiative* dalībvalstīm). 4.20. un 4.21. attēlos parādīti materiālā prognozēto elektromobiļu pārdošanas apjomu un kopējā elektromobiļu skaitu pasaulē 2014. – 2018. gadā salīdzinājumi attiecīgi ar faktiskajiem pārdoto bateriju elektromobiļu apjomiem un faktiskajiem kopējiem elektromobiļu skaitiem.



4.20.att. Elektromobiļu prognozētie pārdošanas apjomi pasaulē līdz 2020. gadam un salīdzinājums ar faktiskajiem datiem par 2014. līdz 2018. gadu.



4.21.att. Elektromobiļu prognozētais kopskaits pasaulē līdz 2020. gadam un salīdzinājums ar faktiskajiem datiem par 2014. līdz 2018. gadu.

Kopumā var secināt, ka 2010. gada [36] un 2013. gada [37] prognozes par elektromobiļu pārdošanas apjomiem, kādi būtu bijuši sagaidāmi aizvadītajos 2014. – 2018. gados, salīdzinot ar minēto gadu faktiskajiem pārdošanas datiem, kvantitatīvi atšķiras, jo prognozētie elektromobiļu pārdošanas apjomi un vienību skaiti ir augstāki jeb prognozes bijušas optimistiskākas nekā faktiskie ETL pārdošanas apjomi. Taču, pateicoties prognozētajiem ikgadējiem pieaugumiem, var spriest, ka kvalitatīvi šīs prognozes atbilstošas faktiskajai situācijai attiecībā uz elektromobiļu pārdošanas apjomu pieaugumu un elektromobiļu kopskaita pieaugumu, jo prognozēto datu līknes ir proporcionālas un vietām pat paralēlas faktisko datu līknēm. Kopumā veiktās prognozes ir papildījušās ar aptuveni 2 – 3 gadu vēlāku nobīdi, ko var uzskatīt par vidējo prognožu ticamību. Nav manāmi izteikti prognožu ticamības pieaugumi laika gaitā.

#### 4.2.3. Pašreizējās elektrisko transportlīdzekļu nākotnes attīstības prognozes

Līdzīgi kā 2018. gada materiālā Global EV Outlook 2018 [34], arī 2019. gada materiālā Global EV Outlook 2019 [38], piedāvāti tie paši divi elektromobiļu tirgus attīstības scenāriji – ”Jaunās Politikas” scenārijs un ”EV30@30” scenārijs, tikai ar neredz atšķirīgām prognozēm.

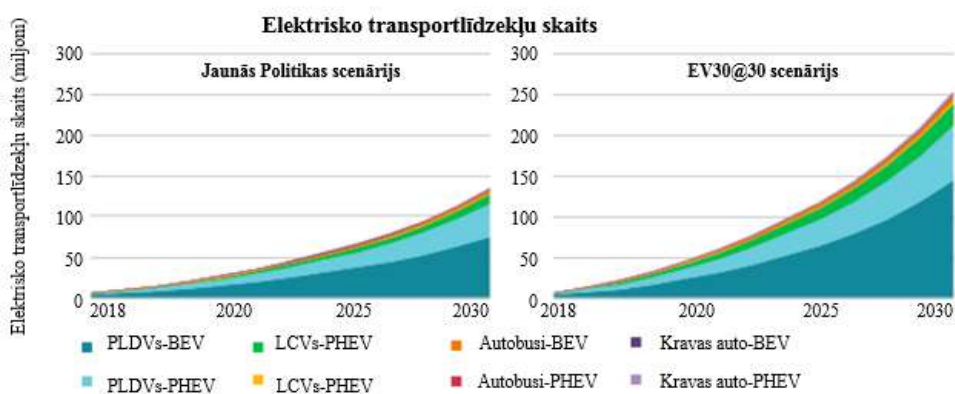
”Jaunās Politikas” scenārijs ir Starptautiskās Enerģētikas Aģentūras (IEA World Energy Outlook) izstrādāts elektromobiļu izvēršanās scenārijs, kura izstrādes gaitā ņemti vērā gan dažādi politiskie pasākumi pasaulē, ko valstu valdības jau ir ieviesušas, gan iepriekš aprakstītie valstu valdību paziņotie oficiālie mērķi vai plāni attiecībā uz transporta elektrificēšanu.

”EV30@30” scenārijs atbilst Elektroenerģijas Transportlīdzekļu Iniciatīvas (EVI) mērķiem, kas parakstīti t.s. EV30@30 Kampaņas Deklarācijā, proti, sasniegt elektrisko transportlīdzekļu (vieglie pasažieru auto, autobusi, kravas auto) tirgus daļu 30% apmērā no visa autotransporta tirgus (neskaitot divu/trīs riteņu transportlīdzekļus). EV30@30 parakstījušas tādas valstis, kā Ķīna, Japāna, Somija, Francija, Nīderlande, Zviedrija, Lielbritānija, Kanāda.

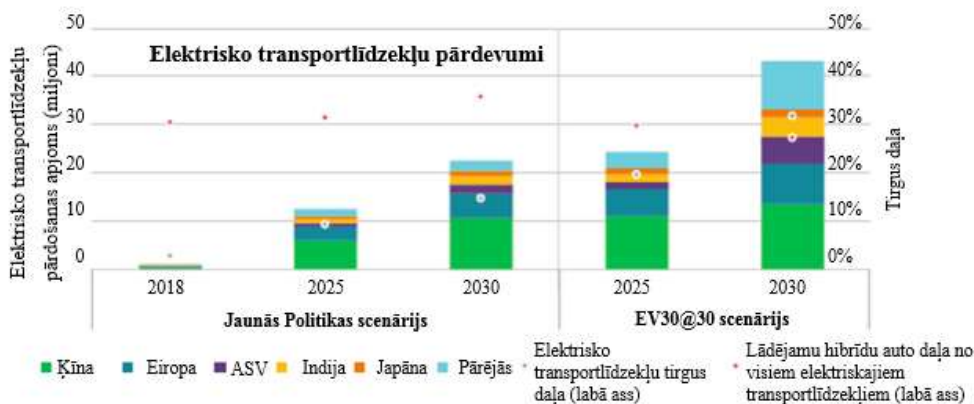
”Jaunās Politikas” scenārijā pasaules elektrisko transportlīdzekļu skaits 2025. gadā pārsniegtu 55 miljonus vienību un 2030. gadā sasniegtu aptuveni 135 miljonus vienību, un prognozētais elektrisko transportlīdzekļu skaita gada pieaugums attiecīgajā periodā ir 30%. Elektrisko transportlīdzekļu pārdošanas apjoms 2025. gadā sasniegtu 12 miljonus un 2030. gadā sasniegtu gandrīz 23 miljonus,

pieaugot vidēji par 21% gadā. Prognozētie elektrisko transportlīdzekļu pārdošanas apjomu atbilst 9% no visiem pārdotajiem transportlīdzekļiem 2025. gadā un 15% 2030. gadā.

EV30@30 scenārijā paredzamais elektrisko transportlīdzekļu skaits un pārdošanas apjomi pasaulē 2030. gadā gandrīz divkārt pārsniegtu "Jaunās Politikas" scenārija prognozes, t.i. elektrisko transportlīdzekļu kopskaits pasaulē pārsniegtu 250 miljonus un pārdošanas apjoms sasniegtu 43 miljonus vienību. Šajā scenārijā pieņemts, ka visas valstis ātri īsteno attiecīgos politiskos pasākumus, kas veicina elektrisko transportlīdzekļu pieņemšanu un izvēršanu, ka līdz 2030. gadam elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars nedaudz pārsniedz 30% no visas pasaules autotransportlīdzekļu tirgus (neskaitot divu/trīs riteņu transportlīdzekļus) (4.22., 4.23.attēls). Var redzēt, ka EV30@30 scenārija gadījumā gan esošo elektrisko transportlīdzekļu skaits, gan pārdoto jauno elektrisko transportlīdzekļu daudzumi tikuši prognozēti aptuveni divas reizes augstāki nekā Jaunās Politikas scenārija gadījumā.



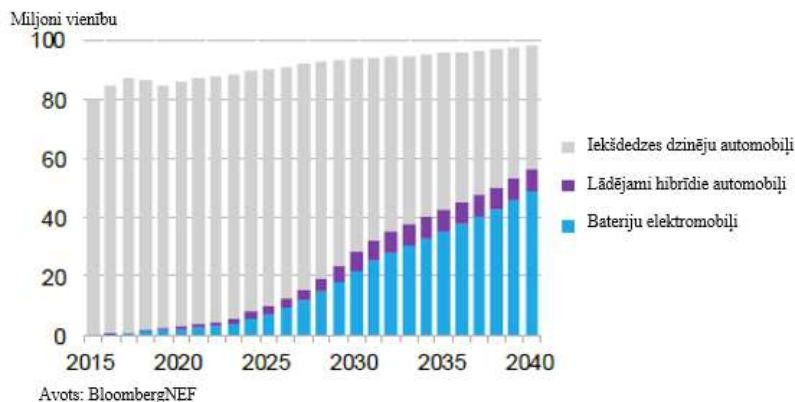
4.22.att. Elektrisko transportlīdzekļu kopskaita prognozes.



4.23.att.Pārdoto elektrisko transportlīdzekļu skaita prognozes.

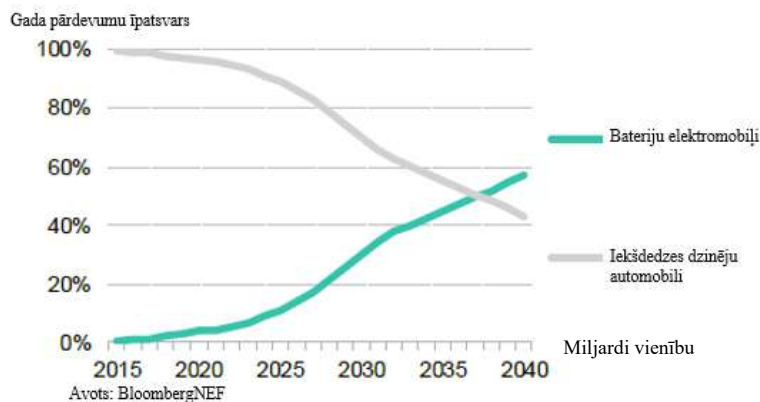
2019. gada materiālā [39], ko izstrādājis Bloomberg, prognozēts, ka līdz 2040. gadam no visiem pārdotajiem jaunajiem pasažieru automobiļiem, elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars sastādītu 57%, un no visa kopējā pasažieru automobiļu skaita pasaulē elektrisko transportlīdzekļu vienību īpatsvars sastādītu nedaudz virs 30%, bet līdz 2020. gadu vidum varētu tikt sasniegta elektromobiļu un iekšdedzes dzinēju automobiļu cenu paritāte (līdzvērtība). Kā redzams 4.24.att., prognozēts, ka pasažieru elektromobiļu pārdošanas apjoms no 2018. gada 2 miljoniem vienību pieaugs līdz 10 miljoniem vienību 2025. gadā, 28 miljoniem vienību 2030. gadā un 56 miljoniem vienību – līdz

2040. gadam. Turklāt iekšdedzes dzinēju automobiļu pārdošanas apjomi samazināsies ar katru gadu, neatgūstot iepriekšējos apjomus, ja vien elektromobiļu attīstība neapstāsies.



4.24.att. Pasažieru automobiļu prognozētie ilgtermiņa pārdošanas apjomi.

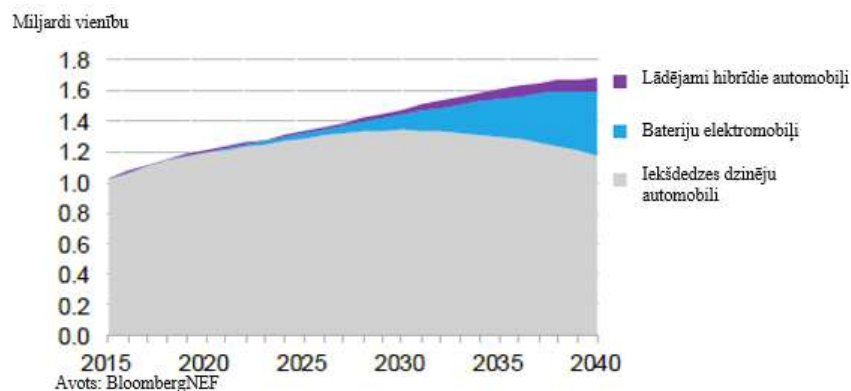
Ir divi galvenie elektrisko transportlīdzekļu iegādes apjoma pieauguma tempa izmaiņu punkti – brīdī, kad tiek sasniegta elektrisko transportlīdzekļu un iekšdedzes dzinēju automobiļu cenu paritāte un brīdī, kad uzlādes infrastruktūras attīstības temps sāk palēnināties. 4.25.att. parādīts, kā prognozēts, ka elektrisko transportlīdzekļu pārdošanas apjoma pieauguma temps varētu izteikti paātrināties no 2024. gada uz priekšu un palēnināties 2030-tajos gados sakarā ar nepietiekamu uzlādes infrastruktūru, kas sāktu bremsēt elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstību. Potenciālie pircēji, kuriem ir mājas apstākļos ierīkoti uzlādes punkti, elektromobiļu iegādi veiks agrāk, salīdzinājumā ar tiem potenciālajiem pircējiem, kuriem mājas apstākļos nav ierīkoti uzlādes punkti un kuri tādējādi var paļauties tikai uz publiski pieejamiem uzlādes punktiem. Minētie izmaiņu punkti – elektromobiļu un iekšdedzes dzinēju automobiļu cenu paritāte un uzlādes infrastruktūras attīstības tempa palēnināšanās – katrā pasaules valstī tiktu sasniegti dažādos laikos, un sakarā ar to pasaules globālais auto tirgus prognozējams kā ļoti mainīgs.



4.25.att. Bateriju elektromobiļu un iekšdedzes dzinēju automobiļu prognozētie ilgtermiņa tirgus daļu apjomi.

4.26.att. parādīts, kā prognozēts, ka 2040. gadā pasaules kopējais pasažieru auto transportlīdzekļu skaits turpinās palielināties, sasniedzot 1,68 miljardus vienību 2040. gadā, no kurām 500 miljoni būtu elektriskie transportlīdzekļi. Iekšdedzes dzinēju automobiļu skaits pasaulē sasniegs savu maksimālo skaitu 2030. gadā un tad pakāpeniski samazināsies.



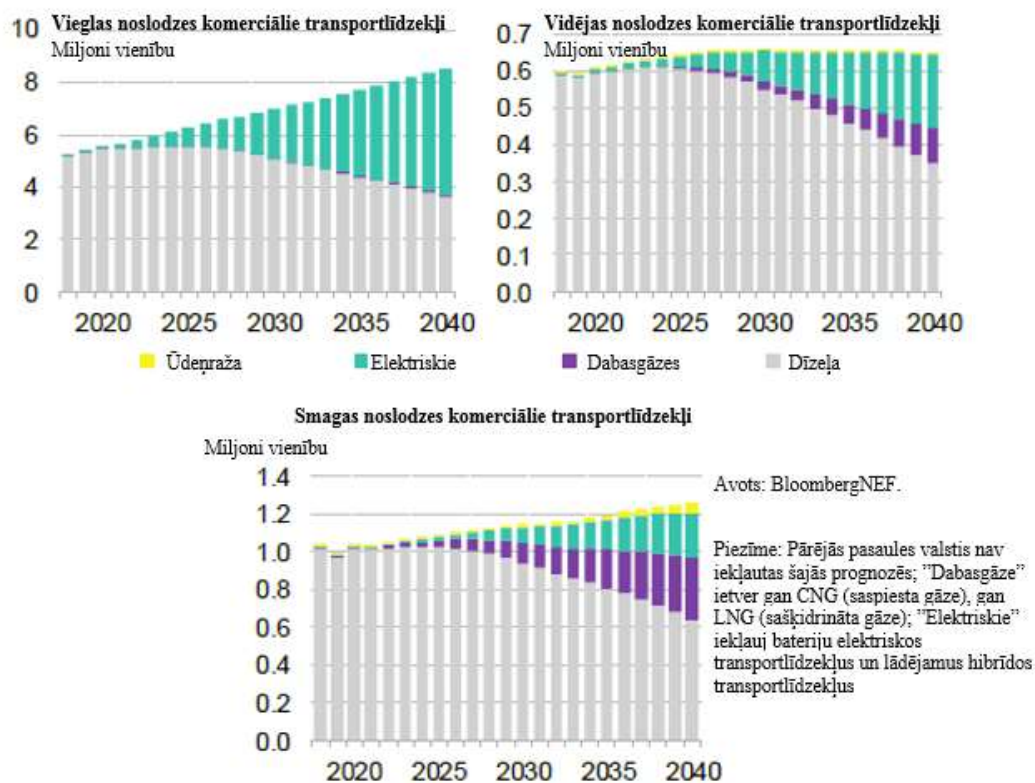


4.26..att. Ilgtermiņā prognozētais pasažieru transportlīdzekļu skaits pasaulē.

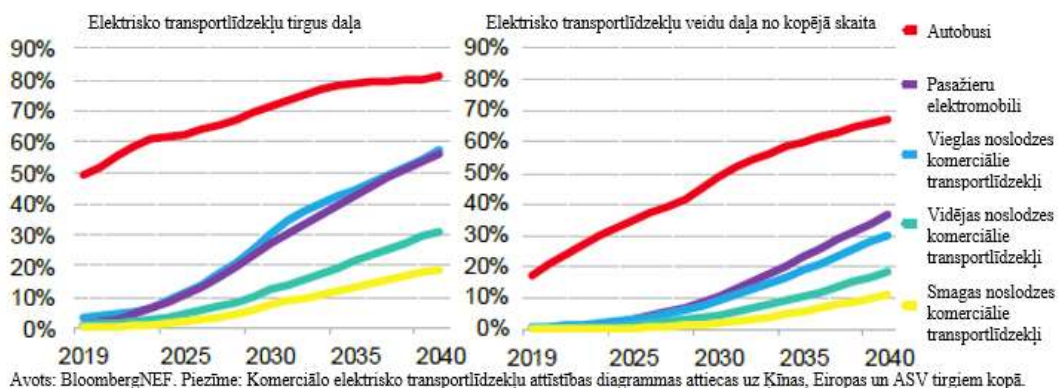
Savukārt, salīdzinot 4.25.att. ar 4.23. att., var secināt, ka šis scenārijs ir daļēji pielīdzināms un ir līdzīgs iepriekš aplūkotajam EV30@30 scenārijam.

Iekšdedzes dzinēju autobusi tiks nomainīti ar elektriskajiem autobusiem krietni ātrāk nekā jebkura cita veida transportlīdzekļi, kā tas redzams 4.28.att. Šobrīd pašvaldību elektrisko autobusu cenas sāk konkurēt ar dīzeļdzinēju autobusu cenām. Ķīna ar 425 tūkstošiem elektrisko autobusu ir krietni priekšā pārējām valstīm esošo elektrisko autobusu skaita ziņā, bet elektrisko autobusu pārdošanas apjomi strauji aug Eiropā un Ziemeļamerikā. Līdz 2030. gadam 46% no pasaules pašvaldību autobusu skaita būs elektriskie autobusi, bet līdz 2040. gadam – 67%.

Kā redzams 4.27.att., prognozēts, ka turpmākos gados kravu pārvadājumi tiks vairāk veikti ar vieglajiem kravas automobiļiem un furgoniem, dubultojoties starp 2020. un 2040. gadu, sakarā ar to, ka vairāk pilsētu ieviesīs striktākus ierobežojumus smagajiem kravas automobiļiem. Turklāt vieglo kravas automobiļu ekonomija uzlabosies sakarā ar to elektrifikāciju. 2020-tajos gados gaidāma strauja vieglo komerciālo transportlīdzekļu, t.i. mikroautobusu elektrifikācija. Līdz 2040. gadam Ķīnā, ASV un Eiropā no visiem pārdotajiem vieglas noslodzes komerciālajiem transportlīdzekļiem 56% būs elektriskie, no visiem pārdotajiem vidējas noslodzes komerciālajiem transportlīdzekļiem 31% būs elektriskie, bet no visiem pārdotajiem smagas noslodzes komerciālajiem transportlīdzekļiem 19% būs elektriskie. Tātad, ticis prognozēts, ka arī smagie kravas automobiļi tiks elektrificēti, bet salīdzinoši mazāk nekā divi pirmie minētie transportlīdzekļu veidi, jo smagos kravas automobiļus ir grūtāk elektrificēt to masas un attāluma, kādu nepieciešams veikt, dēļ. Tāpēc smago kravas automobiļu elektriskās transportlīdzekļu vienības tiks izmantotas galvenokārt pilsētās. Līdz ar to attiecībā uz smagajiem kravas automobiļiem zināma ietekme būs dabasgāzei un ūdeņraža šūnām.



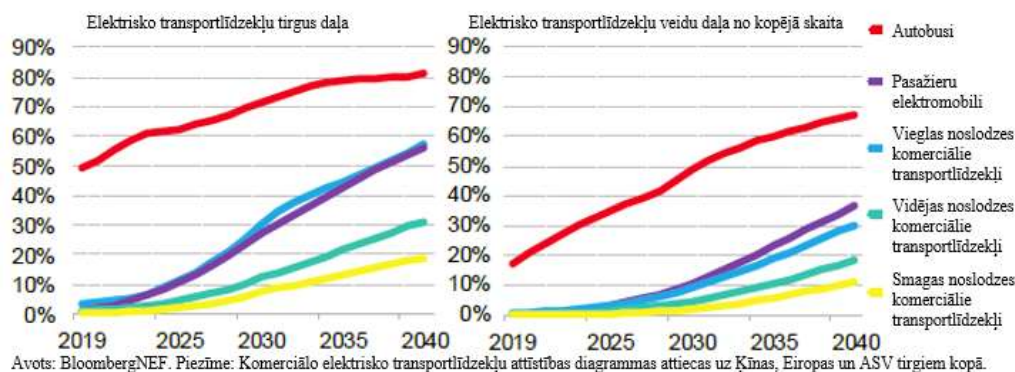
4.27.att. Komerčiālo transportlīdzekļu pārdošanas apjomu prognozes ASV, Ķīnā un Eiropā kopā.



4.28.att. Dažādu veidu elektrisko transportlīdzekļu īpatsvari no kopējā pārdošanas apjoma un kopējā skaita.

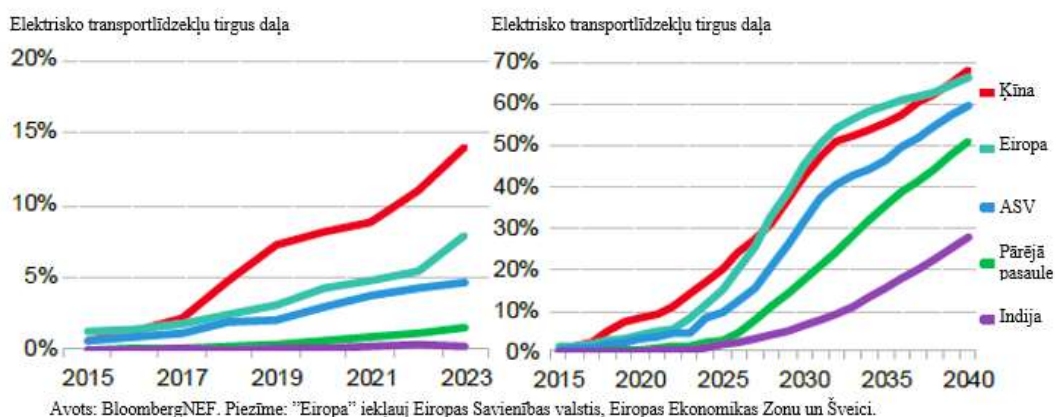
Prognozēts, ka Ķīna turpinās būt līdere visu elektrisko transportlīdzekļu veidu pārdošanas apjomu un kopējo skaitu ziņā. 2025. gadā no visiem elektromobiļu pārdošanas darījumiem Ķīnā tiks veikti 48% gadījumu, 2030. gadā – 34% un 2040. gadā – 26%. Eiropa salīdzinoši ātri nonāks priekšā ASV kā otrs dominējošais elektrisko transportlīdzekļu tirgus 2020-tajos gados sakarā ar striktākiem degvielas ekonomijas noteikumiem. Lai arī vairumā valstu līdz 2022. gadam, iespējams, tiks pārtrauktas subsīdiu piešķiršanas jaunu elektromobiļu iegādei privātpersonām, tomēr pasaulē kopumā elektromobiļu pārdošanas apjomi turpinās pieaugt. Indijā un pārējās attīstības valstīs elektromobilitāte attīstīsies lēnāk. Šajās valstīs automašīnām ir zemākas iegādes cenas, un tas nozīmē, ka iekšdedzes dzinēju automobiļu un elektromobiļu cenu paritāte tiks sasniegta pēc ilgāka laika nekā attīstītajās valstīs. Pārējie elektromobilitātes attīstību kavējošie faktori ir degvielas ekonomijas standartu trūkums, transportlīdzekļu radīto emisiju ierobežošanas pasākumu trūkums politiskā līmenī, sliktāka pieejamība

publiskajiem elektromobiļu uzlādes punktiem un elektrotīklu jaudu ierobežojumi. Kopumā attīstības valstīs autobusu un divu–trīs riteņu transportlīdzekļu elektrificēšana ir daudzsoļoša salīdzinājumā ar citiem transportlīdzekļu veidiem turpmāko desmit gadu laikā, taču divu–trīs riteņu transportlīdzekļi nav ņemti vērā 4.29.att. parādītajās prognozēs.



4.29.att. Prognozētie elektrisko transportlīdzekļu pārdošanas apjomi īstermiņā un ilgtermiņā.

Prognozēts, ka Japānā, Dienvidkorejā un Austrālijā būs izteikta elektromobilitātes attīstība, kā rezultātā no visiem pārdotajiem pasažieru transportlīdzekļiem elektrisko transportlīdzekļu īpatsvars šajās valstīs sastādīs attiecīgi 63%, 52% un 61% (4.30.attēls).



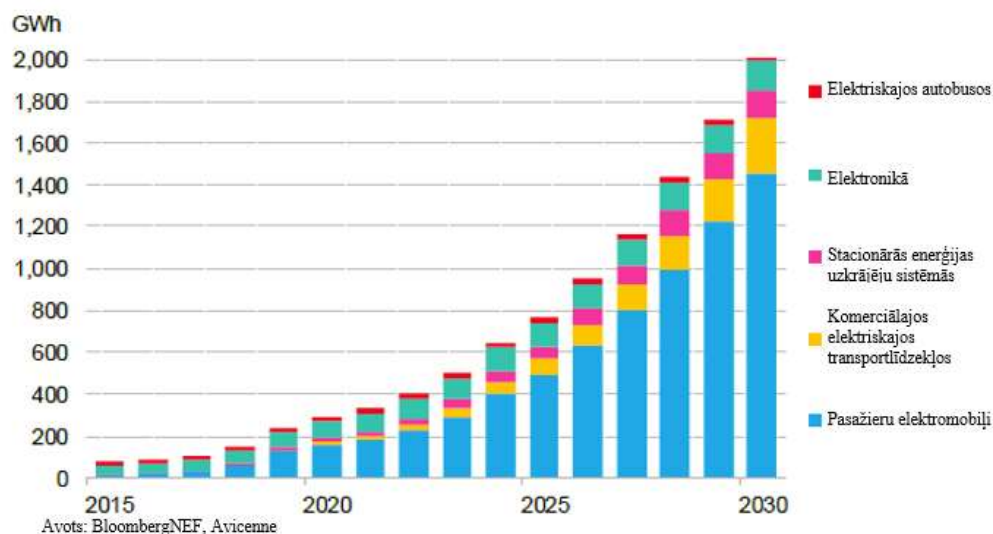
4.30.att. Ikgadējie elektrisko transportlīdzekļu pārdevumu prognozes un ikgadējās tirgus daļas pa reģioniem.

Visu elektrisko transportlīdzekļu veidu pieprasītais 74 TWh apjoms, kāds bija 2019. gadā, pieaugs līdz 2333 TWh 2040. gadā. Neskatoties uz šo straujo pieaugumu, elektriskie transportlīdzekļi pasaules kopējo elektriskās enerģijas patēriņu palielinās tikai par 6,8% 2040. gadā. Elektriskie transportlīdzekļi Vācijā palielinās elektroenerģijas pieprasījumu par 15% 2040. gadā, ASV – par 11 % un Ķīnā – par 7,5%. Lai novērstu elektrotīklu pārslodzes, būs nepieciešama saskaņota uzlāžu un uzlāžu laiku cenu izstrādāšana, bet kopumā elektroenerģijas tirgus ir spējīgs integrēties šajā papildus elektroenerģijas pieprasījuma apmierināšanā.

Līdz 2040. gadam privāti elektromobiļu, koplietošanas elektromobiļu, elektriskie komerciālie transportlīdzekļi un elektriskie autobusi aizstās jeb novērsīs 13,7 miljonu barelu naftas izmantošanu dienā.

Pieprasījums pēc elektromobiļos izmantojamām litija jonu baterijām, kas bija 151 GWh 2018. gadā, palielināsies līdz 1,748 GWh līdz 2030. gadam. Vidējā bateriju komplekta cena sasniegs 87\$ par kWh 2025. gadā un nokritīsies līdz 62\$ par kWh 2030. gadā (4.31.attēls).





4.31.att. Prognozētais ikgadējais pieprasījums pēc litija jonu baterijām.

Prognozēts, ka lādējami hibrīdauto 2025. gadā veidos 26% no kopējā pasaules pārdoto pasažieru elektromobiļu apjoma, bet 2030. gadā – 22%. 2030. gados šis īpatsvars samazināsies sakarā ar bateriju elektromobiļu palētināšanos. Bateriju elektromobiļiem Eiropā būs nozīmīga ietekmes palielināšanās īstermiņā sakarā ar nepieciešamību izpildīt degvielas ekonomijas un CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas noteikumus. Šobrīd kopumā 14 valstis ir izvirzījušas mērķus par jaunu iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļu pārdošanas pakāpenisku aizliegšanu līdz 2030. gadam vai 2040. gadam, un šādu valstu skaitam ir tendence palielināties. Tā kā lielāko daļu no šiem mērķiem vēl neatbalsta stingri tiesību akti, Bloomberg neprognozē, ka kāds no šiem mērķiem tiks sasniegts. Tomēr šie mērķi sniedz skaidrus norādījumus autoražotājiem par plānojamiem ilgtermiņa attīstības virzieniem. Ja šie iekšdedzes dzinēju automobiļu pakāpeniskās aizliegšanas mērķi tiktu īstenoti un attiecīgā plaista tiktu aizpildīta ar elektriskajiem transportlīdzekļiem, tad no visiem pasaulē pārdotajiem automobiļiem elektromobiļu īpatsvars 2040. gadā būs par 3% augstāks jeb 60%, salīdzinot ar iepriekš prognozētajiem 57%.

### Secinājumi

Vēsturiskās elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozes par pēdējiem 5 – 6 gadiem ir bijušas optimistiskas, jo piepildījušās vidēji ar 2 – 3 gadu vēlāku nobīdi, salīdzinājumā ar faktiskajiem datiem. Ņemot vērā to, ka pesimistiskas vēsturiskās prognozes, kas būtu piepildījušās ar agrāku nobīdi salīdzinājumā ar faktiskajiem datiem, nav veiktas, var rēķināties ar iespēju, ka arī pēdējos gados veiktās elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozes par turpmākajiem gadiem varētu atšķirties ar 2 – 3 vai vairāk gadu nobīdi salīdzinājumā ar faktiskajiem datiem, kas būs pieejami nākotnē.

Elektrisko transportlīdzekļu tirgus attīstības prognozēs, kas veiktas pēdējos gados, netiek prognozēti elektromobiļu pārdošanas apjomu samazinājumi tuvākajā un tālākajā nākotnē. Netiek prognozēti arī esošo elektromobiļu kopskaita samazinājumi. Ņemot vērā arī līdzšinējo gadu datus par elektromobiļu faktisko pārdošanas apjomu ikgadējiem pieaugumiem, kuri sīkāk aplūkoti Pētījuma trešajā nodaļā, ir ļoti ticams, ka elektromobiļu skaits pasaulē turpmākos gadus ikgadēji turpinās pieaugt, nevis samazināties.

Zemāk apkopoti būtiskākie argumenti tam, ka ir sagaidāma pieaugoša elektrisko transportlīdzekļu attīstība gan pārdoto jauno vienību skaita ziņā, gan visu esošo vienību skaita ziņā:

- 1) Pieņemtie CO<sub>2</sub> emisiju samazināšanas noteikumi jauniešiem vieglajiem automobiļiem un jauniešiem smagajiem kravas automobiļiem, kā arī samērā lielās paredzamās soda naudas, kuras paredzēts piemērot autoražotājiem nosacījumu neizpildīšanas gadījumā, stimulē autoražotājus samazināt iekšdedzes dzinēju automobiļu ražošanas apjomus un ražot vairāk bateriju elektromobiļus vai mazu emisiju lādējamus hibrīdus automobiļus.
- 2) Elektrisko transportlīdzekļu, piemēram, elektrisko autobusu un elektrisko mikroautobusu tirgus tiek veicināts, izvirzot prasības par "tīru" transportlīdzekļu īpatsvaram no kopējā transportlīdzekļu skaita valsts un pašvaldību iestādēm, kā arī sniedzot iespēju saņemt finansiālu atbalstu no dažādiem Eiropas Savienības fondiem šo prasību izpildīšanai.
- 3) Privātu elektromobiļu iegāde vairumā Eiropas valstu tiek veicināta gan ar elektromobiļu iegādes valsts sponsorētām subsīdijām, gan ar dažādu atvieglojumu un privilēģiju noteikšanu privātu elektromobiļu īpašniekiem.
- 4) Tiek veicināti elektrisko transportlīdzekļu uzlādes infrastruktūras uzlabošanas pasākumi, izvirzot prasības, ka valstīm jānodrošina atbilstošs skaits publiski pieejamu uzlādes punktu, lai esošie elektriskie transportlīdzekļi varētu brīvi pārvietoties kā arī izvirzot prasības par kabeļkanālu infrastruktūras izveidošanu jaunbūvju autostāvvietās, lai vēlākā stadijā būtu iespējams ierīkot uzlādes punktus.
- 5) Tiek sniegts atbalsts elektrisko transportlīdzekļu bateriju industrijai un pētniecības projektiem, saistītiem ar akumulatoriem un superkondensatoriem.
- 6) Vairums pasaules valstu ir izvirzījušas oficiālus mērķus un plānus attiecībā uz elektriskajiem transportlīdzekļiem un to izmantošanas veicināšanu.
- 7) Vairums autoražotāju ir izvirzījuši oficiālus mērķus un plānus attiecībā uz elektriskajiem transportlīdzekļiem un to ražošanas veicināšanu, piemēram, par noteiktu skaitu jaunu elektromobiļu modeļu izlaišanu un pārdoto vienību skaitu.
- 8) Līdz šim Eiropā un pasaulē kopumā nav bijis elektromobiļu skaita samazinājums.
- 9) Elektrotransportlīdzekļu attīstības potenciāls ir liels, bet, tāpat kā biomasas potenciāls, nav neierobežots. Nākotnes vērtējumi ir ļoti atšķirīgi. Viens no augstākajiem, bet bez detalizācijas attiecībā uz transporta veidu, ir 70 % [40], kas liekas sasniedzams vieglo automašīnu daļā. Daudz zemāks ir OPEC valstu sanāksmes ekspertu vērtējums, saskaņā ar kuru, visstraujāk pieaugs degvielu patēriņš aviācijā, bet elektrotransporta daļa 2040. gadā sasniegs tikai 13 % [41]. Tas nozīmē, ka sagaidāms un ņemams vērā OPEC valstu potenciālais lobijs (savu interešu aizstāvēšana), lai vismaz nesamazinātu naftas resursu globālo izmantošanu, attīstoties elektrotransportlīdzekļiem un pieaugot pieprasījumiem gan pēc tiem, gan arī modernajām biodegvielām.

#### Atsauces

- [1] E-Mobility Trends and Targets, Partnership on Sustainable Low Carbon Transport, July 2019
- [2] Arthur D Little: Market and Technology Study Automotive Power Electronics 2015, Results 2006
- [3] "Energy Technology Perspectives 2008, In support of the G8 Plan of Action, Scenarios & Strategies to 2050", International Energy Agency, 2008
- [4] "How to avoid an electric shock – Electric cars: from hype to reality", European Federation for Transport and Environment AISBL, November 2009
- [5] The Boston Consulting Group: The Comeback of the Electric Car? How Real, How Soon, and What Must Happen Next, 2009
- [6] HIS Global Insight: Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicles: The Definitive Assessment of the Business Case, January 2010

- [7] The Boston Consulting Group: Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020, 2010
- [8] Francoise Nemry and Martijn Brons: Plug-in Hybrid and Battery Electric Vehicles - Market penetration scenarios of electric drive vehicles, JRC58748 – 2010
- [9] Google: The Impact of Clean Energy Innovation – Examining the Impact of Clean Energy Innovation on the United States Energy System and Economy, June 2011
- [10] Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?, McKinsey&Company, 2014
- [11] The Electric Vehicle Challenge – Electric Vehicle Growth in an Evolving Market Dependent on Seven Success Factors, Accenture 2014
- [12] World Oil Outlook, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), 2015
- [13] Nic Lutsey: Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles, The International Council on Clean Transportation, working paper 2015-5
- [14] The Low Carbon Economy, Goldman Sachs, Equity Researchh, November 30, 2015
- [15] Climate Change and Financial Risk, No Middle Road – The growth of electric vehicles and their impact on oil, WWF Report 2016
- [16] Peter Slowik, Nikita Pavlenko, Nic Lutsey: Assessment of Next-Generation Electric Vehicle Technologies, The International Council on Clean Transportation, White Paper, October 2016
- [17] World Oil Outlook, Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), 2016
- [18] M. Miotti, G. J. Supran, E. J. Kim, J. E. Trancik: Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets, Environmental Science & Technology, 2016
- [19] Expect the Unexpected – The disruptive Power of Low-carbon Technology, Carbon Tracker, February 2017
- [20] 2017 Outlook for Energy: A View to 2040, ExxonMobil, 2017
- [21] Electric Vehicles Technology Brief, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017
- [22] Can We Reach 100 Million Electric Cars Worldwide by 2030? – A modelling/scenarion analysis, Global Fuel Economy Initiative (GFEI), 2017
- [23] Lew Fulton, Jacob Mason, Dominique Meroux: Three Revolutions in Urban Transportation, 2017
- [24] J. Arbib & T. Seba: Rethinking Transportation 2020-2030, The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries, 2017
- [25] USB Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruptive Ahead?, Q-Series, 2017
- [26] Global EV Outlook 2017 – Two million and counting
- [27] Electric Vehicle Outlook 2017, Bloomberg New Energy Finance’s annual long-term forecast of the world’s electric vehicle market, Executive summary July 2017
- [28] National Grid: Future Energy Scenarios, July 2017
- [29] BP Energy Outlook, BP energy economics, edition 2018
- [30] European Climate Foundation: Fuelling Europe’s Future – How the transition from oil strengthens the economy, 2018
- [31] Nordic EV Outlook 2018 – Insights from leaders in electric mobility, International Energy Agency (IEA) 2018
- [32] Accelerating the EV transition – Part 1: environmental and economic impacts, Report prepared for WWF, March 2018
- [33] Electric Buses in Cities – Driving Towards Cleaner Air and Lower CO<sub>2</sub>, Bloomberg New Energy Finance, 2018
- [34] Global EV Outlook 2018, Towards cross-modal electrification, May 2018
- [35] Deutsche Bank: “Electric Cars: Plugged In”, Global Markets Research Company, 9 June 2008
- [36] Drive Green 2020: More Hope than Reality?, A Special Report by J.D. Power and Associates, November 2010
- [37] Global EV Outlook – Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020, April 2013
- [38] Global EV Outlook 2019, Scaling-up the transition to electric mobility, May 2019
- [39] BloombergNEF: Electric Vehicle Outlook 2019, May 15, 2019

- [40] A.Hoekstra. The underestimated potential of battery electric vehicles and to reduce emission. Joule, Volume 3, Issue 6, 3 (2019), 1412-1414
- [41] OPEC's World Oil Outlook Report Launched in Vienna 2019

### **4.3. MODERNO BIODEGVIELU UN ELEKTROTRANSPORTLĪDZEKĻU ATTĪSTĪBAS PERSPEKTĪVU SALĪDZINĀJUMS. LATVIJAS IESPĒJAS PIEDALĪTIES KĀDĀ NO ŠIEM DIVIEM VIRZIENIEM.**

Modernās biodegvielas un elektrotransportlīdzekļi vērtējami kā divas perspektīvas un alternatīvas, lai mazinātu fosilo degvielu īpatsvara samazināšanos, izmantojot tās transportlīdzekļiem. Šos divus virzienus – modernās biodegvielas un elektrotransportlīdzekļu attīstība - nav ar ko aizstāt un tie nevar arī aizstāt viens otru. Tie jāvērtē nevis kā divi savstarpēji konkurējoši, bet gan kā viens otru atbalstoši un papildinoši veidi naftas produktu īpatsvara un transporta nozares emisiju mazināšanai, kas ir būtiski klimata izmaiņu bremsēšanai. Vairums ekspertu ir pārliecināti, ka transporta nozares pieprasījums pēc enerģijas augs ļoti strauji, galvenokārt, pateicoties austrumu reģiona valstu dzīves līmeņa (Ķīna, Indija, Pakistāna) izaugsmei un cilvēku dabiskai vēlmei ceļot. Saskaņā ar OPEC valstu ekspertu domām, pieprasījums pēc primārās enerģijas līdz 2040. gadam pieaugs par 25% un nafta joprojām būs galvenais transporta enerģijas avots. Lai varētu samazināt naftas īpatsvaru, atjaunojamo degvielu ražošanas apjomam būtu jāpieaug ievērojami straujāk par 25%. Šādu tempu nodrošināšana ir ārkārtīgi grūts uzdevums un tā risināšanai jāizmanto abas iespējas. Biodegvielu virziens vēsturiski sāka attīstīties agrāk nekā elektrotransporta virziens, tādēļ uz šo brīdi daudzi ļoti optimistiski sākotnējie vērtējumi par tā attīstības iespējām un katras degvielas reālo ieguldījumu SEG emisijas samazināšanā ir tikuši pārskatīti un koriģēti samazināšanas virzienā, arvien precīzāk izvērtējot katras degvielas pilnu dzīves ciklu. Elektrotransportam šis vērtējums daudzos segmentos vēl ir priekšā, jo SEG emisijas, kas rodas izgatavojot un utilizējot akumulatorus, parasti tiek ignorēta. Katrā ziņā oglekļa dioksīda saturs atmosfērā turpina pakāpeniski pieaugt, kas liecina par līdz šim veikto aktivitāšu rezultātu nenožīmīgu ietekmi, un nepieciešamību darīt vairāk.

Latvijai gan elektrotransportlīdzekļu attīstība, gan moderno biodegvielu izmantošana ir ļoti svarīga, bet tie atšķiras ar izejvielu resursiem viena vai otra virziena realizācijai. Elektroautobiļu ražošanai ne tikai nav vietējo izejvielu, bet nav arī pārējo nepieciešamo resursu. Teorētiski ir iespējama vienīgi elektromobiļu komplektējošo elementu ražošana, visticamāk, visai nelielā apjomā. Elektromobiļu virziena attīstību neviena ES direktīva tieši nepieprasa, bet tā ir lieliska iespēja realizēt pieprasīto elektroenerģijas lietošanas palielināšanu transportā. Nav informācijas, kas apliecinātu LVM rīcībā esošo resursu izmantošanu šim mērķim kaut cik ievērojamā apjomā. LVM ir pieejami koksnes resursi moderno biodegvielu ražošanai un tos būtu nepieciešams izmantot. Biodegvielu ražošanai ir pietiekami vietējo izejvielu resursi un moderno biodegvielu izmantošanu transportā noteiktā apjomā prasa ES direktīvas. Tās būs vai nu jāpērk, vai arī jāražo pašiem. Šī iemesla dēļ biodegvielu virzienam Latvijā ir lielāka varbūtība dot nozīmīgu ieguldījumu tautsaimniecības attīstībā, nekā elektromobiļu virzienam.

Bateriju elektriskie transportlīdzekļi to lietošanas laikā neizdala izmešus izplūdes gāzu veidā, tāpēc tie tikuši atzīti kā alternatīva, ar ko varētu nomainīt iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļus, lai sasniegtu uzstādītos mērķus par autotransporta radīto siltumnīcefekta gāzu apjoma samazināšanu. Tomēr ir jāņem vērā, ka elektrisko transportlīdzekļu un to bateriju ražošana atstāj lielu ietekmi uz vidi, salīdzinājumā ar iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļu ražošanu. Turklāt elektrisko transportlīdzekļu uzlādei paredzētās elektriskās enerģijas ražošanas laikā arī rodas siltumnīcefektu izraisīto gāzu emisijas. Par to detalizētāk aprakstīts pielikumā nr.7.4. "Elektrotransportlīdzekļu dzīves cikla izvērtējums".

## 5. RISKI

### 5.1. MODERNO BIODEGVIELU RAŽOŠANAS RISKI

Lauksaimniecība un mežsaimniecība ir divi stūrakmeņi, kas var veicināt bioekonomikas attīstību Latvijā [1]. Bioekonomika balstās uz trīs ilgtspējīgas attīstības pamatprincipiem – daba, ekonomika un sabiedrība, un apzīmē pāreju uz pilnīgu, noslēgtā cikla ekonomiku, kurā viena procesa atkritumprodukts ir otra procesa izejmateriāls. Moderno biodegvielu ražošana ir daļa no bioekonomikas un uz to attiecas visi bioekonomikas attīstības riski, no kuriem galvenie ir normatīvās vides izmaiņu un sabiedrības atbalsta (sociālais), kā arī daudzi citi riski, kas apkopoti pielikumā nr.7.3. “Moderno biodegvielu ražotnes izveides riski”, ar katra atsevišķa, šajā projekta fāzē nosakāmā riska izvērtējumu, norādot:

- 1) noteiktā riska scenāriju – kādi iznākumi ir iespējami, ja risks iestājas un tas netiek pārvaldīts;
- 2) risku novērtējumu – cik augsta vai zema ir riska iestāsāšanās iespējamība;
- 3) kādi ir ieviešamie risku mazināšanas pasākumi, kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu;
- 4) potenciāli iesaistītās/iesaistāmās puses, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.

Saskaņā ar Pētījuma autoru veikto risku vērtējumu, kā būtiskākie riski (riska novērtējums – “3” jeb augsti riski) šajā projekta fāzē, ir noteikti šādi:

#### 5.1. tabula

##### Moderno biodegvielu ražotnes izveides riski

Moderno biodegvielu ražotnes attīstības-plānošanas stadija	
Riska nosaukums:	
1)	Latvija neizpilda Direktīvas prasību par MBD izmantošanas īpatsvaru no kopējā degvielu patēriņa nodrošināšanu sākot no 2022.gada.
2)	MBD ražošanas tehnoloģijas, kas prasa to tālāku pilnveidošanu.
3)	MBD ražotnes komercializēšanas (TRL 9) līmeņa uzlabošanas nepieciešamība.
4)	MBD ražotnes komercializēšana.
5)	Finansējuma nepieejamība un nozares finansiālā patstāvība.
6)	Fosilo degvielu ražotāju lobis.
7)	Augstas sākotnējās investīcijas.
Moderno biodegvielu ražotnes izveides un darbības stadija	
Visi noteiktie MBD ražotnes izveides un darbības stadijas riski novērtēti kā zemi vai vidēji.	

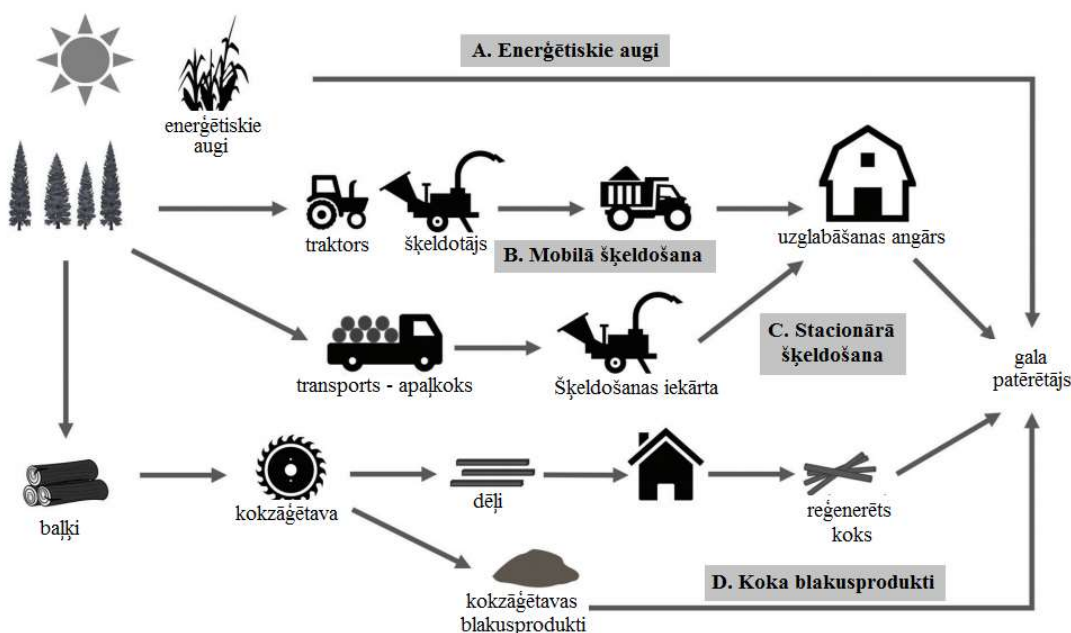
Šajā sadaļā īsi apskatīti arī daži no kopējiem riskiem, kas saistīti ar MBD ražotnes izveidi.

#### 5.1.1. Izejvielu risks

Viens no riskiem moderno biodegvielu ražošanā ir saistīts ar nepieciešamību nodrošināt ilgtspējīgus un pietiekami lielus mežsaimniecības atlikumu biomasas resursus modernās biodegvielas ražotnei visu tās ekspluatācijas laiku. Jāievēro arī, ka šīs izejvielas enerģijas saturs nav augsts un ražotnes apgāde ar tiem no liela attāluma būtiski samazina konkurētspēju. Koksnei un mežsaimniecības atlikumiem ir daudzveidīgas izmantošanas iespējas un augsts potenciāls jaunu produktu izstrādē, tādēļ konkurence attiecībā uz šī resursa izmantošanu var palielināties. Ņemot vērā Latvijas mežu platības (meži klāj 52 % Latvijas teritorijas), kā arī pārdomātas saimniekošanas metodes, Latvijā kā nozīmīgākās moderno biodegvielu ražošanas izejvielas varētu būt biomasas, ko iegūst mežizstrādes laikā (zari, skuju, celmi,

šķelda), kā arī biomasas, ko iegūst kokapstrādes laikā (skaidas, miza). Arī lauksaimniecības atkritumi (salmi, sēklu čaumalas) [2, 3, 4] varētu būt moderno biodegvielu izejvielas. Katra izejvielas veida bioenerģijas potenciāla novērtēšana transportam prasa speciāli šim mērķim domātus pētījumus [5]. Tehniski pieejamais enerģētiskās koksnes potenciāls mežizstrādē, meža kopšanā, meža infrastruktūras objektu un nemeža zemju apauguma novākšanā ir 2,5 milj. tonnu sausnas gadā [6]. Tas ir aptuveni 63% no kopējā potenciāla, kas ietver arī mežaudzes uz organiskajām augsnēm, bet neietver aizsargājamās dabas teritorijas. Koksnes kā biomasas izejvielas apjomu ir iespējams palielināt, ražojot to ārpus meža teritorijas, piemēram, gan novācot uz neizmantotajām lauksaimniecības zemēm pēdējo gadu laikā izveidojušos apaugumu (kokus, krūmājus un niedres), gan ierīkojot ātraudzīgo koku sugu (apses, kārkli, baltalkšņi) plantācijas. Bieži vien tādi mežizstrādes atlikumi kā mizas, celmi, kas arī ir vērtīga koka sastāvdaļa un var papildus nodrošināt 28–37 % no koka virszemes daļas, netiek izmantota [7, 8]. Jārēķinās arī ar tehnoloģiskajiem zudumiem, kas var veidot līdz 30 % no mežizstrādes atlikumiem un to, ka pārmērīga meža atlikumu vākšana tālākā nākotnē var negatīvi ietekmēt ekoloģisko ilgtspēju [9].

Parasti 1000 kg koksnes pārstrāde mēbeļu rūpniecībā radīs gandrīz pusi (45%) atlikumu, t.i., 450 kg koksnes, atlikumu. Apstrādājot apaļkoksnī kokzāģētavā 1000 kg koksnes, atlikumu būs vairāk nekā puse, t.i. 520 kg koksnes [10]. No biodegvielu ražošanas viedokļa šādu atlikumu veidošanos ir jāvērtē pozitīvi.



5.1. att. Dažādi ceļi meža resursu pārveidei enerģijā [11].

Lielu risku koksnes biomasai kā modernas biodegvielas izejvielai rada eksports. Piemēram, 2016. gadā Zviedrijā, Stokholmā atklāja lielāko biomasas koģenerācijas staciju, kura izmanto koksnes šķeldu un koksnes atkritumus, kas piegādāti arī no Latvijas mežiem [12]. Koksnes pārstrādes atlikumus var izmantot ne tikai enerģijas iegūšanai, bet arī celtniecībā. Skaidas, piemēram, var izmantot kā siltu un lētu siltumizolācijas materiālu [13, 14] vai dažādu plākšņveida materiālu izgatavošanai.

### 5.1.2. Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģiju riski

Biodegvielu ražošanas tehnoloģijas līdz šim ne vienmēr ir nodrošinājušas augstvērtīgus produktus ar pietiekami zemu pašizmaksu. Tādēļ vienmēr būtu nepieciešams, lai tehnoloģijas realizētāja rīcībā

būtu pietiekami droša informācija par procesa norisi un pasākumiem tās aprobācijai. Risks būtu ievērojami mazāks, ja Latvijā būtu sava naftas pārstrādes rūpnīca [15].

Tehnoloģijas, kas primāri pasaulē tiek izvērtētas bioeļļas ieguvei, ir balstītas uz ātro pirolīzi (FP), tomēr arī šajā posmā netrūkst bankrotējušu projektu. Neskatoties uz ne visai veiksmīgo pieredzi, Ziemeļeiropas valstis 2017. – 2018. gadā ir izstrādājušas vairākus sadarbības projektus rūpnieciskā līmenī, kas ietver pirolīzes rūpnīcas būvēšanu ar ražošanas jaudu 25 000 tonnas bioeļļas gadā, kur kā izejviela tiks izmantotas zāģu skaidas. Mazām ražotnēm – apmēram 25 000 tonnu gadā – bioeļļu ražošanas izmaksas varētu būt aptuveni 56 EUR/MWh, padarot tās rentablas, bet bez kaut cik nozīmīgas peļņas. Lielākām ražotnēm ar jaudu ap 100 000 tonnu gadā izmaksas varētu samazināties līdz 38 EUR/MWh, un tām vajadzētu dot pievilcīgu peļņu rūpnieciskajiem ieguldītājiem, taču tik lielas ražotnes var nodrošināt tikai lielās valstīs un arī attīstot pakāpeniski. Zviedrija plāno, ka atsevišķas ražotnes šādas jaudas varētu sasniegt līdz 2030. gadam [16].

No citu valstu pieredzes var secināt [17], ka pirolīzes rūpnīcu visizdevīgāk ir būvēt tieši blakus koksnes resursu avotam (kokzāģētavai), jo resursa transportēšana ir dārga.

Daudz nopietnāki riski ir saistīti ar tehnoloģiju nodrošinājumu bioeļļas pārstrādei transporta biodegvielās. Konkrētas tehnoloģijas izvēlei šajā gadījumā nepieciešams īpašs pētījums, kas balstītos uz drošas tehnoloģijas izstrādātāja, nevis internetā un publikācijās atrodamās informācijas. Daudzas valstis pievērš pastiprinātu uzmanību bioeļļas katalītiskajam krekingam, izmantojot naftas pārstrādes rūpnīcas rīcībā esošās tehnoloģijas. Latvijai šādu iespēju nav, bet risinājumu varētu meklēt starpvalstu sadarbībā, piemēram, meklējot sadarbības iespējas ar ORLEN Lietuva. Šī ražotne pakāpeniski varētu aizvietot fosilo naftu ar sintētisko naftu, kuru piegādātu arī Latvija.

### **5.1.3. Sociālie riski**

Moderno biodegvielu ražošanas ilgtspēja ir atkarīga no sociālā aspekta, tas ir - no tā, kā sabiedrība uztver jaunu degvielu ražošanu un kādu labumu tā iegūst. Sabiedrības nostāja pret jaunu ražotņu celšanu gandrīz vienmēr ir negatīva. Galvenokārt, tas ir dēļ iespējamā vides piesārņojuma, paaugstināta trokšņa, sabojātiem vietējiem autociņiem, kā arī bieži dēļ aizspriedumiem, dezinformācijas un mietpilsoniskuma. Sociālo risku iespējams samazināt, laicīgi un objektīvi izglītojot sabiedrību, kā arī nodrošinot tādu tehnoloģiju izvēli un tās izmantošanas disciplīnu, kuras rezultātā kaitējums nerodas. Ļoti svarīgi ir noskaidrot, kādi būs sabiedrības ieguvumi ražotnei tuvākās pašvaldības teritorijas iedzīvotājiem un valsts iedzīvotājiem kopumā. Decentralizēta jēlprodukta ražošana tālākai pārstrādei būtu svarīga lauku apvidiem, jo tiktu piesaistīts cita tipa kvalificēts darbspēks un pieaugtu lauku rajonu apdzīvotība.

### **5.1.4. Normatīvo aktu riski**

Atjaunojamo biodegvielu nākotne ir atkarīga no politikas plānošanas un normatīvajiem aktiem, jo ne visi sabiedrības locekļi un pat atsevišķas valstis neizprot klimata pārmaiņu ietekmes draudus un nevēlas pazemināt savu dzīves līmeni. Pakāpeniska atjaunojamo degvielu izmantošanas īpatsvara palielināšana neapšaubāmi radīs papildus izdevumus iedzīvotāju vairākumam. Moderno biodegvielu ražošanu būtiski sekmē kopējā Eiropas Savienības vēlme kļūt par pasaules līderi klimata saglabāšanas jomā. Saskaņā ar RED II direktīvu, transporta sektora atjaunojamās enerģijas daļai līdz 2030. gadam jābūt vismaz 14 %. Pie tam pakāpeniski ir jāpalielina tādu biodegvielu patēriņš, kuru ražošana nekādā veidā nekonkurē ar pārtikas nozari un kuras ir nosauktas par modernajām biodegvielām. Latvijā šo prasību izpildes risku rada valdības un atbildīgo ministriju neizlēmīgā rīcība un nepietiekamais atbalsts

tehnoloģiju pārnesei un izstrādei. Īpašu risku rada RED II direktīvu izpildes risinājumu neiekļaušana NAP 2021 – 2027 projektā [18].

### 5.1.5. Vides piesārņojuma risks

Ir maz informācijas par moderno biodegvielu ražotņu izraisīto vides piesārņojumu un tā ietekmi uz cilvēku veselību un vidi. Tiek pieņemts, ka tas ir ievērojami mazāks par naftas degvielu ražotņu izraisīto vismaz bioetanola un biodīzeļdegvielas ražošanas gadījumā, jo izejvielās ir zems sēra saturs. Tomēr gan lielas, gan mazas ražotnes nav iespējamās bez atbilstošas jaudas modernām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām. Daļa no degvielām ir viegli gaistošas, ar specifisku smaku, kas prasa nodrošināt degvielu tvaiku uztveršanu pārkraušanas un uzglabāšanas laikā. Vides piesārņojuma risks ir saistīts ar sociālo risku un tā novēršanai īpaši jāgatavojas. Lai dabūtu pozitīvu ietekmes uz vidi novērtējuma atzinumu, nepieciešama detalizēta izstrādātāja informācija par to, kāda ir konkrētās ražošanas ietekme uz vidi un kāds speciālais aprīkojums nodrošina prasību ievērošanu.

### Secinājumi

- 1) Risku identificēšana, novērtēšana, risku pārvaldības plāna sastādīšana, darbības reālu risku izpausmes gadījumā un risku uzraudzība šajā projekta fāzē apskatīta vispārīgā veidā, jo Pētījuma tvērums neparedz konkrēta produkta un tehnoloģijas izvēli. Šajā projekta fāzē noteiktie svarīgākie konceptuālie MBD ražotnes izveides riski apkopoti tabulā un iekļauti Pētījuma pielikumā nr.7.3 “Moderno biodegvielu ražotnes izveides riski”.
- 2) Pēc konkrēta produkta ražošanas un atbilstošas tehnoloģijas izvēles ir jāveic jauns risku analīzes izvērtējums un risku vadības izstrāde, attiecinot to uz visu produktu un blakusproduktu, kā arī paša procesa dzīves ciklu.

### Atsauces

- [1] <https://www.laef.lv/lv/biomasa/> (skatīts 04.09.2019)
- [2] Meža nozare skaitļos un faktos 2019. Pieejams: [https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/skaitlifakti\\_LV\\_19.pdf](https://www.zm.gov.lv/public/ck/files/skaitlifakti_LV_19.pdf) (skatīts 04.09.2019)
- [3] Zemes politikas plāns 2016 - 2020. gadam
- [4] Chitawo ML, Chimphango AFA, Peterson S. Biomass and Bioenergy Modelling sustainability of primary forest residues-based bioenergy system. Biomass and Bioenergy 2018;108:90–100. doi:10.1016/j.biombioe.2017.10.022.
- [5] Mateos, E, Ormaetxea, L. Sustainable Renewable Energy by Means of Using Residual Forest Biomass. Energies, 2019, 12, 1-16. doi:10.3390/en12010013.
- [6] Adamovičs A, Dubrovskis V, Plūme I, Jansons Ā, Lazdiņa D, Lazdiņš A, Kārklīņš G. Biomasas izmantošanas ilgtspējības kritēriju pielietošana un pasākumu izstrāde. Valsts SIA Vides Projekti 2009.
- [7] Blumberga D, Kubule A, Muižniece I, Grāvelsiņš A, Spalviņš K, Sniega L, et al. Aizkraukles rajona partnerības teritorijā pieejamo bioresursu izmantošanas potenciāla noteikšana aprites ekonomikas kontekstā. Pētījuma Atskaite, Rīgas Teh Univ VIDES Aizsardz UN SILTUMA SISTĒMU INSTITŪTS 2019.
- [8] Silava, LVMI. Enerģētiskās koksnes sagatavošanas tehnoloģijas kopšanas cirtēs, galvenās izmantošanas cirtēs un meža infrastruktūras objektos. Atjaunojamo energoresursu produktu ražošanas, pārstrādes un loģistikas rūpnieciskais pētījums 2012:1–143.
- [9] Henrique J, Rocha T, Leonardo J, Gonçalves DM, Braga C, Vicente A De, et al. Forest Ecology and Management Forest residue removal decreases soil quality and affects wood productivity even with high rates of fertilizer application. For Ecol Manage 2018, 430, 188–95. doi:10.1016/j.foreco.2018.08.010.



- [10] [file:///H:/LVM%20%20projekts/jauni%20materi%C4%81li/Forestry%20residues%20\\_%20BioEnergy%20Consult.html](file:///H:/LVM%20%20projekts/jauni%20materi%C4%81li/Forestry%20residues%20_%20BioEnergy%20Consult.html) (skatīts 10.10.2019)
- [11] <https://worldbioenergy.org/uploads/Factsheet%20-%20Biomass%20Supply%20Chains.pdf> (skatīts 12.11.2019)
- [12] <https://www.lvm.lv/jaunumi/2938-atklata-jauna-biomasas-kogenerācijas-stacija-stokholma> (skatīts 10.10.2019)
- [13] Mardiani, I, Fauzi D. Sawdust for Thermal Insulation Building. Proceedings of the 2nd International Conference on Natural and Environmental Sciences (ICONES). 2014,43–48.
- [14] Ahmed W, Khushnood RA, Memon SA, Ahmad S, Baloch WL, Usman M. Effective use of sawdust for the production of eco-friendly and thermal-energy efficient normal weight and lightweight concretes with tailored fracture properties. J Clean Prod 2018, 184, 1016–1027. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.009.
- [15] von Schenck A, Berglin N. Pyros – roadmap for realization of a value chain from forest to biofuels via bio-oil. Report, 2018, 550, 1-50.
- [16] Jaroenkhasemmesuk C, Tippayawong N. Technical and Economic Analysis of A Biomass Pyrolysis. Energy Procedia, 2015, 79, 950 – 955. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.592.
- [17] <https://www.neste.lv/lv/content/neste-latvij%C4%81-papla%C5%A1ina-atjaunojam%C4%81s-d%C4%ABze%C4%BCdegvielas-pied%C4%81v%C4%81jumu-saska%C5%86%C4%81-ar-izmai%C5%86%C4%81m> n.d. (skatīts 13.11.2019)
- [18] Latvijas nacionālais attīstības plāns 2014. – 2020. gadam.

## **5.2. ELEKTRISKO TRANSPORTLĪDZEKĻU UN TO DARBINOŠO TEHNOLOĢIJU ATTĪSTĪBAS RISKI**

Zemāk apkopoti ar baterijām darbināmo elektrisko transportlīdzekļu un elektromobilitātes **attīstības vispārīgie riski**, kādi būtībā ir aktuāli jebkuras industrijas jomas attīstībai [1].

- 1) Politiskie/juridiskie riski:
  - izmaiņas politikā un likumos;
  - aizkaves projektu apstiprināšanā un atļauju piešķiršanā.
- 2) Ekonomiski/tirgus riski:
  - finansiālie riski;
  - inflācija.
- 3) Sociālie/vides riski:
  - sabiedrības pretestība;
  - vides riski.
- 4) Pārvaldības riski:
  - tiesību un pienākumu nepiešķiršana vai nezināšana;
  - nekvalitatīva līdzekļu pārvaldība;
  - savstarpējas komunikācijas trūkums.

Zemāk apkopoti ar baterijām darbināmo elektrisko transportlīdzekļu **attīstības tehniskie riski** jeb bremzējošie faktori, kas no elektromobiļu iegādes attur daļu potenciālo pircēju.

- 5) Sākotnējā iegādes cena un veicamā attāluma ierobežojums pēc vienas pilnas uzlādes:
  - elektromobiļiem, kas pēc vienas pilnas uzlādes var veikt garus attālumus, ir salīdzinoši augsta sākotnējā iegādes cena salīdzinājumā ar iekšdedzes dzinēju automobiļiem;
  - elektromobiļi, kuru sākotnējā iegādes cena ir salīdzinoši lēta, attiecīgi ir spējīgi veikt ierobežotākus attālumus pēc vienas pilnas uzlādes;

- elektromobiļu bateriju ekspluatēšanas laikā pakāpeniski pasliktinās to elektriskie parametri un samazinās to ietilpība, tāpēc elektromobiļa ekspluatācijas laikā baterijas var nākties mainīt, kas maksā salīdzinoši dārgi.
- 6) Salīdzinot ar laiku, ko aizņem iekšdedzes dzinēja auto bākas uzpildīšana ar degvielu, elektromobiļu bateriju uzlādes laiks ir ilgāks un mērāms no 30 minūtēm līdz 12 stundām;
- bateriju, kam ir lielāka ietilpība, uzlādēšana prasa ilgāku laiku;
  - bateriju automobiļiem ir noteikti bateriju maksimālās uzlādes jaudas ierobežojumi un sakarā ar to nedrīkst izmantot uzlādes punktus, kuru lādēšanas jaudas ir augstākas;
  - arī uzlādes punktiem ir noteikti maksimālās jaudas ierobežojumi un sakarā ar to bateriju elektromobiļa uzlāde aizņem ilgāku laiku, ja attiecīgā uzlādes punkta maksimālā jauda ir zemāka par attiecīgā elektromobiļa noteikto maksimālo uzlādes jaudu;
  - aukstākos laika apstākļos jeb pie zemām apkārtējās vides gaisa temperatūrām bateriju elektromobiļu uzlādes laiks ir nedaudz ilgāks nekā siltākos laika apstākļos jeb pie augstākām apkārtējās vides gaisa temperatūrām.
- 7) Publiski pieejamas uzlādes infrastruktūras nepietiekamība:
- publisku uzlādes punktu nepieejamība atsevišķās teritorijās vai pieejamība nepietiekamā daudzumā;
  - birokrātiski šķēršļi vai līdzekļu nepietiekamība vairāk publisku uzlādes punktu izbūvēšanai;
  - neatbilstošs un nesakārtots uzlādes punktu tīkls, lai ar elektromobili varētu plānot veikt garus ceļojumus;
  - par iemeslu jaunu uzlādes punktu neizbūvēšanā var būt nepietiekams vai mazs skaits elektromobiļu, sakarā ar ko netiktu atpelnītas uzlādes infrastruktūras ierīkošanas izmaksas.
- 8) Elektrības cena un iespējamais tās pieaugums;
- bateriju elektromobiļu uzlādes pakalpojumu cenas pieaugums publiski pieejamajos lādēšanas punktos;
  - lielāki elektrības rēķini privātpersonām, kas izmanto privāti ierīkotos bateriju elektromobiļu uzlādes punktus.
- 9) Atbalsta nesniegšana elektromobilitātes attīstībā no valsts puses var kavēt elektrisko transportlīdzekļu izplatību un līdz ar to arī bremzēt to tirgus attīstības tempu:
- subsīdiju nepiešķiršana jauna bateriju elektromobiļa iegādei privātpersonām;
  - mazu subsīdiju, kādas var uzskatīt par ļoti nenožīmīgām uz pilno iegādes cenu fona, piešķiršana bateriju elektromobiļa iegādei privātpersonām;
  - dažādu privilēģiju nepiešķiršana bateriju elektromobiļu īpašniekiem, piemēram, atbrīvojums no ekspluatācijas nodokļa, tiesības pārvietoties pa sabiedriskā transporta joslām, tiesības bezmaksas izmantot pašvaldības stāvvietas, utt.;
  - papildus nodokļu vai apgrūtinājumu neuzlikšana transportlīdzekļiem, kas darbojas, izmantojot fosilos energoresursus, nepadarot iekšdedzes dzinēju automobiļu izmantošanu neizdevīgāku;
  - valsts vai pašvaldību sponsorētu jeb subsidētu publiski pieejamu bateriju elektromobiļu uzlādes punktu neizbūvēšana;
  - ambiciozu mērķu par elektromobilitātes attīstību, piemēram, plānotiem bateriju elektromobiļu skaitiem tuvākajos gados, neesamība;
  - prasību par bateriju elektromobiļu īpatsvaru no kopējā automobiļu skaita, kas pieder valsts un pašvaldību iestādēm, neizvirzīšana.
- 10) Bateriju elektromobiļiem alternatīvu un konkurējošu transportlīdzekļu veidu attīstība:

- ar ūdeņradi darbināmu elektrisko (H<sub>2</sub>) automobiļu izvēšanās;
- ar biodegvielu darbināmu automobiļu izvēšanās.

Zemāk apkopoti iespējami **riski** attiecībā uz bateriju elektromobiļu **optimāli funkcionējošu un ērtu energoapgādi** un attiecībā uz **atbalsta sniegšanas pārtraukšanu elektromobilitātes attīstībā** no valsts puses, kas var rasties strauja elektromobiļu skaita pieauguma gadījumā, mazinot elektromobiļu īpašnieku apmierinātības līmeni un tādējādi no elektromobiļu iegādes atturot daļu jauno potenciālo pircēju:

11) Elektriskā tīkla infrastruktūras nepilnības:

- elektromobiļu skaita pieauguma gadījumā pastāv iespēja, ka esošais elektriskais tīkls sakarā ar jaudas ierobežojumiem varētu nespēt nodrošināt pieprasīto elektriskās enerģijas apjomu, ar ko nodrošināt pietiekoši ātru elektromobiļu masveida uzlādēšanu publiski pieejamajos uzlādes punktos;
- iespēja, ka esošais elektriskais tīkls sakarā ar jaudas ierobežojumiem varētu nespēt nodrošināt pieprasīto elektriskās enerģijas apjomu, ar ko nodrošināt pietiekoši ātru elektromobiļa uzlādi mājas apstākļos ierīkotā uzlādēšanas punktā.

12) Bateriju elektromobiļu uzlādei paredzētās elektroenerģijas ražošana no neatjaunojamiem energoresursiem:

- ja bateriju elektromobiļu uzlādei paredzētās elektroenerģijas ražošanai vairāk tiek izmantoti neatjaunojamie energoresursi (nafta vai dabasgāze, kas termoelektrocentrālēs tiek izmantotas ģeneratoru, kas ražo elektroenerģiju, griezošo turbīnu darbināšanai), nevis atjaunojamie energoresursi (saules enerģija, vēja enerģija, viļņu enerģija, hidroelektrostacijas, atomelektrostacijas), pastāv neatjaunojamo energoresursu – naftas un dabasgāzes – izsīkšanas risks, kas attiecīgi aizkavētu un samazinātu bateriju elektromobiļu uzlādes nodrošināšanas iespējas.

13) Atbalsta sniegšanas elektromobilitātes attīstībā no valsts puses pārtraukšana:

- subsīdiu jauna bateriju elektromobiļa iegādei privātpersonām pārtraukšana, kas iespējama bateriju elektromobiļu skaita būtiska pieauguma gadījumā;
- dažādu privilēģiju noņemšana bateriju elektromobiļu īpašniekiem, piemēram, atbrīvojums no ekspluatācijas nodokļa, tiesības pārvietoties pa sabiedriskā transporta joslām, tiesības bezmaksas izmantot pašvaldības stāvvietas, utt., kas iespējama bateriju elektromobiļu skaita būtiska pieauguma gadījumā.

Zemāk apkopoti tehniskie riski, kas var aizkavēt bateriju elektromobiļu ražošanas tempu.

14) Līdz ar elektromobiļu pieprasījuma pieaugumu gaidāms arī straujš to bateriju pieprasījuma pieaugums, kuru bateriju ražošanas industrija varētu nespēt pietiekami apmierināt, padarot lēnākus bateriju elektromobiļu ražošanas tempus un izraisot to iegādes cenu pieaugumu, turklāt Eiropa ražo tikai 3% no bateriju elementu globālās produkcijas, savukārt Āzija – 85% [2];

- Eiropas Savienība lielā mērā ir atkarīga no akumulatoru elementu importa, kas var pakļaut nozari augstām izmaksām un riskiem piegādes ķēdē un iedragāt Eiropas autobūves nozares spēju konkurēt ar ārvalstu konkurentiem;
- Eiropā ir problemātiska piekļuve piecām svarīgākajām akumulatoru izejvielām (litijam, niķelim, kobaltam, mangānam un grafitam), jo tās pieejamas tikai no dažām valstīm;
- pastāv risks attiecībā uz piekļuvi bateriju izejvielām ārpus Eiropas un attiecībā uz šo izejvielu piegādes drošību.

- 15) Elektrotransportlīdzekļiem paredzētu materiālu – retzemju elementu, ko izmanto pastāvīgajos magnētos, kuriem piemīt liels enerģijas blīvums un kuri patlaban ir būtiski vislielākā jaudas blīvuma elektromotoru ražošanā, iespējamās piegādes problēmas [2];
- dažos gadījumos piekļuve šīm izejvielām var būt apdraudēta politiskās nestabilitātes dēļ, kas var izraisīt piekļuves pārtraukumu (arī augstu nodokļu un izvedmuitas nodokļu uzlikšanu), vai piekļuvi var kavēt neētiskas un neilgtspējīgas ieguves prakses plaša izmantošana.

#### Atsauces

- [1] L. Zhang, Z. Zhao, J. Chai, Z. Kan: "Risk Identification and Analysis for PPP Projects of Electric Vehicle Charging Infrastructure Based on 2-Tuple and the DEMATEL Model", World Electric Vehicle Journal, January 2019
- [2] Komisijas ziņojums Eiropas parlamentam, padomei, Eiropas ekonomikas un sociālo lietu komitejai, reģionu komitejai un eiropas investīciju bankai par stratēģiskā rīcības plāna akumulatoru jomā īstenošanu: stratēģiskas akumulatoru vērtībķēdes veidošana Eiropā, Briselē, 9.4.2019

## 6. SECINĀJUMI UN REKOMENDĀCIJAS

### 6.1. SECINĀJUMI

Tuvākās nākotnes uzdevumi ir definēti Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvā (ES) 2018/2001, 2018. gada 11. decembris (RED II) par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu, kas nosaka atjaunojamās enerģijas un moderno biodegvielu īpatnību transporta nozares enerģētikā līdz 2030. gadam. Bez modernajām biodegvielām joprojām tiks ražotas konvencionālās jeb pirmās paaudzes biodegvielas, tiks izmantots elektrotransporta, nebioloģiskas izcelsmes degvielas un pārstrādātā oglekļa degvielas. Pēdējo ražošanai izmanto elektroķīmiski iegūtu ūdeņradi, tātad to ražošanai tāpat kā elektrotransportam tiks patērēta atjaunojamā elektroenerģija. Neatkarīgi no tā, kā attīstīsies citas daļas, moderno biodegvielu daļa direktīvā ir definēta visai apjomīga. Latvija ir bagāta ar lignocelulozes resursiem (galvenais avots – mežsaimniecība) un ir nepieciešams steidzīgi analizēt to izmantošanas iespējas un attīstīt to izmantošanu gan moderno biodegvielu ražošanā, gan direktīvā noteikto uzdevumu izpildei kopumā.

Veiktais Pētījums uzskatāms par plaši izvērstu šo iespēju sākotnēju analīzi, izskatot gan politikas plānošanas dokumentus, gan iespējamās modernās biodegvielas un to ražošanas tehnoloģijas, gan elektrotransporta attīstības perspektīvas un lignocelulozes produktu izmantošanas iespējas šajā transporta veidā, gan analizējot vispārējos riskus atšķirīgo virzienu attīstībai, kā arī konkretizējot divus tālākas darbības virzienus. Elektrotransportā lignocelulozes izmantošana skatīta nevis kā enerģijas avots, bet kā materiāls atsevišķu mezglu (elektroenerģijas uzkrājēju) konstrukcijas pilnveidošanā. Uz zinātniskajā literatūrā publicēto darbu un tehnoloģiju realizācijas projektu aprakstu bāzes veiktais pētījums ļauj secināt, ka gan biodegvielu ražošana, gan elektrotransporta tuvākajā nākotnē strauji attīstīsies. Neskatoties uz to, ka elektrotransporta attīstība notiks straujāk, lignocelulozes izmantošanas apjoms moderno biodegvielu ražošanā saglabāsies ievērojami nozīmīgāks nekā citos virzienos, sevišķi attiecībā uz zemas kvalitātes lignocelulozes izmantošanu. Samazinoties biomasas enerģijas saturam, samazinās to ekonomiski pamatotais piegādes attālums līdz pirmās pārstrādes ražotnei un pieaug nepieciešamība veidot moderno biodegvielu ražotnes, kurās notiktu biomasas pārstrāde līdz augstvērtīgākai izejvielai ražotnēs, kuras būtu izvietotas tuvu biomasas avotam. Jāņem vērā arī to, ka gala produkts ir standartam atbilstoša transporta degviela, kuras ražošanai izmanto sarežģītu tehnoloģiju un ražošanas izmaksas parasti pieaug, samazinoties ražošanas apjomam. Vadoties no šiem apsvērumiem, tālākai izvērtēšanai piedāvāti divi atšķirīgi risinājumi: 1) mežsaimniecības biomasas sākotnēja pārstrāde vairākās vietās tuvu izejvielas avotam ar augstvērtīgākas izejvielas ieguvu sintētiskās naftas pārstrādei centralizētā ražotnē, kas varētu būt kopēja lielākam reģionam, un 2) celulozes rūpnīca, kuras ražošanas produktu klāstā būtu modernais bioetanolis.

Pašreiz joprojām tuvu 90% līmenim transporta sektora enerģētiku nodrošina naftas pārstrādes produkti (ogļūdeņraži). Kaut arī neviens no moderno biodegvielu veidiem nav nenozīmīgs, to iespējas aizvietot naftas pārstrādes produktus, ievērojot atbilstību esošajai degvielu uzglabāšanas un piegādes infrastruktūrai un iekšdedzes dzinēju prasībām, ir atšķirīgas. Tikai ogļūdeņražu modernās biodegvielas varētu tikt izmantotas pilnai naftas pārstrādes produktu aizstāšanai. Latvijā tās būtu: benzīns, dīzeļdegviela, aviācijas degviela un sašķidrinātais propāna-butāna maisījums (LPG). Skābekli saturošas degvielas ir ar zemāku enerģijas saturu un tās galvenokārt izmanto kā piedevas ogļūdeņražu degvielām līdz 10%. Tādējādi šīs modernās biodegvielas teorētiski ļautu aizstāt aptuveni 10% no naftas pārstrādes produktiem, kas būtu izcils sasniegums, tomēr kopējo siltumnīcefekta gāzu emisiju būtiski neietekmētu, jo pieaug kopējais enerģijas patēriņš nozarē. Tas nozīmē, ka ogļūdeņražu (sintētiskās naftas) degvielas turpinās izraisīt vislielāko interesi.

Konkrētu tehnoloģiju izvēle jāuzskata par visai sarežģītu uzdevumu, kuras realizācijai ir pieejams ļoti ierobežots speciālistu loks.

Apkopojot Pētījumā analizētos darba uzdevumus, ņemot vērā projekta mērķi un tvērumu, Pētījuma svarīgākie secinājumi, vērtējot moderno biodegvielu ražošanas iespējas Latvijā, kā arī ņemot vērā elektrotransportlīdzekļu izmantošanas perspektīvas, doti zemāk.

**6.1. tabula**

**Secinājumi**

<b>Politikas plānošanas dokumenti, stratēģijas, normatīvā vide</b>	
1)	Saskaņā ar Direktīvas prasībām, 2022.gadā moderno biodegvielu īpatsvaram jābūt vismaz 0,2% no transportā izmantojamās enerģijas, bet 2030.gadā – īpatsvaram jāpieaug uz 3,5%.
2)	Modernās biodegvielas iespējams ražot arī no mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru blakusproduktu (visu koku sugu papīrmalka (tehnoloģiskā koksne), atkritumu (skaidas, šķeldas) un atlikumu biomasas frakcijas (ciršanas atliekas (zari, galotnes, skujas, lapas, miza, nestandarta stumbra nogriežņi)); cita nepārtikas celulozes materiāla; cita lignocelulozes materiāla. Pašreizējās moderno biodegvielu ražošanas tendences liecina, ka sasniegt nepieciešamo moderno biodegvielu izmantošanas īpatsvaru transportā izmantojamā enerģijā ir izaicinoši.
4)	Nacionālā attīstības plāna 2021. – 2027.gadam gala redakcijas projektā nav iekļauts Pētījuma autoru priekšlikums par moderno biodegvielu ražošanas veicināšanu un elektrotransportlīdzekļu izplatības veicināšanu Latvijā.
5)	Eiropas līmeņa plānošanas dokumenti viennozīmīgi atbalsta biodegvielu ražošanu. Tieši moderno biodegvielu attīstības veicināšana ir aktualizējusies salīdzinoši nesen.
6)	Latvijas vēsturiskā pieredze un tiesiskais ietvars nav virzījis transporta sektora attīstību energoefektivitātes paaugstināšanas, ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšanas un atjaunojamo energoresursu, tai skaitā moderno biodegvielu, izmantošanas virzienā.
7)	Esošie Latvijas līmeņa plānošanas dokumenti un normatīvi, kas tieši vai netieši ietekmē moderno biodegvielu attīstību, nav savstarpēji saskaņoti to ražošanas un izmantošanas līmenī. Ņemot vērā, ka moderno biodegvielu integrēšana plānošanas dokumentos un normatīvos tikai ražošanas vai izmantošanas jomā neveicinātu to attīstību, ir nepieciešama sasaiste abos līmeņos.
8)	Vērtējot MBD attīstības iespējas, ir būtiski ņemt vērā esošo zināšanu līmeni attiecībā uz MBD ražošanu, tās ietekmi uz vidi, kā arī MBD lietošanas ietekmi uz tautsaimniecību.
<b>Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģijas</b>	
10)	Nozīmīgai naftas produktu aizstāšanai transportā ir nepieciešama moderno ogļūdeņražu ražošana no lignocelulozes biomasas. Ogļūdeņražu ieguvei nepieciešama Fišera-Tropša sintēzes stadijas izmantošana, kas dod naftai līdzīgu produktu, no kura iegūst visus transporta degvielu veidus.
11)	Ņemot vērā moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģiju attīstības līmeni un to piemērotību Latvijas apstākļiem, piemērotākās tehnoloģiskās pieejas, kā izejvielu izmantojot mežsaimniecības resursus, ir šādas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ogļūdeņražu degvielu ražošanu var nodrošināt termokīmiskās tehnoloģijas ar attālinātām ātrās pirolīzes ražotnēm, kuras iegūst bioeļļu. Bioeļļa piegādājama centralizētajai pārstrādes rūpnīcai, kura nodrošina sintētiskās naftas ieguvei, izmantojot Fišera-Tropša sintēzi, un tālāk to pārstrādā vai nogādā pārstrādei ražotnē ar naftas pārstrādes rūpnīcai atbilstošu tehnoloģiju;</li> <li>• bioķīmiskās tehnoloģijas spirtu fermentācijas process, iegūstot bioetanolu, ar iespēju nākotnē iegūt arī butanolu. Tomēr pašreiz pieejamās tehnoloģijas nenodrošinātu MBD ražotnes rentabilitāti ilgtermiņā. Perspektīvāka ir kompleksa celulozes rūpnīca, kurā bioetanolis ir blakusprodukts.</li> </ul>
12)	Biodegvielu ražošana no lignocelulozes biomasas Latvijā var radīt būtiskas izmaiņas transporta enerģētikā un nozares emisiju apjoma samazināšanā, kā arī nodrošināt direktīvas RED II prasību izpildi.

<b>Elektrotransportlīdzekļi</b>	
13)	Politiskā līmenī elektromobilitāte un elektrisko transportlīdzekļu attīstība tiek veicināta ar transportlīdzekļu radīto emisiju apjomu samazināšanas prasībām kā vieglajiem, tā smagajiem automobiļiem.
14)	Elektrisko transportlīdzekļu tirgus ir attīstījies ar ikgadēji pieaugošu dinamiku.
15)	No koksnes produktiem iegūtajai aktivētā oglei nav vislabākās īpašības, lai to pielietotu superkondensatoros.
15)	Koksnes produktu izmantošanu elektrotransportlīdzekļos sekmēs tādi nākotnes risinājumi kā enerģijas uzkrājēja integrēšana ETL dizaina elementos un bioloģiski noārdāmu materiālu plašāka izmantošana ražošanā.
<b>Elektrotransportlīdzekļi un moderno biodegvielu izmantošanas attīstības perspektīvu salīdzinājums</b>	
16)	Saskaņā ar RED II, moderno biodegvielu ražošanai 2030. gadā ES jānodrošina 3,5 % no kopējā transporta enerģijas patēriņa, saglabājoties konvencionālo atjaunojamo, pieaugot nebioloģiskas izcelsmes degvielu un elektrotransportlīdzekļu ražošanai.
17)	Elektrotransportlīdzekļu attīstības potenciāls ir liels, bet, tāpat kā biomasas potenciāls, nav neierobežots. OPEC valstu sanāksmes eksperti 2019.gada beigās izteica prognozi, ka elektrotransporta daļa 2040. gadā pasaules transporta enerģētikā būs 13 %, tātad lielāka par moderno biodegvielu daļu.
18)	Pasaules vidējie rādītāji nav izmantojami konkrētas valsts ražošanas virzienu attīstības plānošanai, jo tām ir atšķirīga izejvielu bāze, infrastruktūra, projektu sagatavošanas un realizācijas iespējas. Latvijas priekšrocība ir bagātīga lignocelulozes izejvielu bāze, kuras izmantošana degvielu ražošanai varētu būt nozīmīgāka.
<b>Riski</b>	
19)	<p>Neattīstot moderno biodegvielu ražotni, Latvija neizpildīs RED II prasību par MBD izmantošanas īpatsvaru no kopējā degvielu patēriņa nodrošināšanu sākot no 2022.gada. Uzsākot attīstīt moderno biodegvielu ražotni, būtiskākie riski ir šādi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nepietiekami attīstītas un universālas MBD ražošanas tehnoloģijas, kas prasa to tālāku pilnveidošanu;</li> <li>• MBD ražotnes komercializēšanas (TRL 9) līmeņa uzlabošanas nepieciešamība;</li> <li>• MBD ražotnes komercializēšana;</li> <li>• finansējuma nepieejamība un nozares finansiālā patstāvība;</li> <li>• fosilo degvielu ražotāju lobisjs;</li> <li>• augstas sākotnējās ražotnes izveides investīcijas.</li> </ul>

## 6.2. REKOMENDĀCIJAS

Lai konkretizētu modernās biodegvielas ražošanas realizācijas iespējas Latvijā, vajadzētu turpināt pētījumus, nākošajā stadijā veidojot citu darba grupu, kuras sastāvā tiktu iekļauti arī speciālisti ar pietiekamu pieredzi kompleksu ražotņu izveidē. Jaunās darba grupas uzdevums būtu saistīties ar perspektīvāko tehnoloģiju izstrādātājiem un piedāvātājiem (sākot ar šajā Pētījumā nosaukto perspektīvāko tehnoloģiju pārstāvjiem), lai precizētu tādos jautājumus kā prasības attiecībā uz izejvielas kvalitāti, ražošanas izmaksu veidi un to apjoms, degvielu vai starpproduktu kvalitāte un iznākums, un citi, kas ļautu nonākt pie iespējami augstākas pievienotās vērtības produktu ražošanas no lignocelulozes biomasas. Prasības attiecībā uz izejvielu kvalitāti var būt ļoti nozīmīgas, jo universāls pielietojums līdz šim tiek atzīts tikai tām tehnoloģijām, kuras sākas ar pirolīzi vai gazifikāciju un pieder termokīmiskajām tehnoloģijām.

Lai izvairītos no nepamatotas nozīmīgu virzienu izslēgšanas, Pētījuma rezultātā rekomendēts pievērst īpašu uzmanību termokīmiskajām tehnoloģijām ar mērķi ražot ogļūdeņražus ar no centrālās ražotnes atdalāmu 1. stadiju, un biotehnoloģijai bioetanola ražošanai, kas varētu tikt realizēta centrālā ražotnē reizē ar cita galvenā produkta, piemēram, celulozes ražošanu.

Veidojot lietišķu informācijas apmaiņu ar Karlsruhes TU un Ziemeļvalstu celulozes rūpnīcās realizēto bioķīmisko procesu tehnoloģiju piedāvātājiem, būtu iespējams samērā īsā laikā precizēt izvēlēto virzienu realizācijas iespējas.

Visu ogļūdeņražu degvielu veidu ražošana no lignocelulozes biomasas būtu daudz vienkāršāk realizējama sadarbībā ar kaimiņvalstīm, kurām RED II izvirza tieši tādos pašus uzdevumus kā Latvijai, jo naftas pārstrādes rūpnīcu būve visās valstīs nav nepieciešama.

Ieteicams attīstīt cilvēkresursus vai sadarboties ar reģiona zinātniekiem, kuri spētu analizēt zinātniskos sasniegumus koksnes resursu pielietojumā moderno biodegvielu ražošanā, enerģijas uzkrāšanās, elektronikā un elektroenerģijas atjaunīgajā ražošanā izsvērtus lēmumus par ražotņu izveidošanu un attīstību.

### 6.2. tabula

#### Rekomendācijas

Politikas plānošanas dokumenti, stratēģijas, normatīvā vide	
1)	Lai Latvija varētu sasniegt ES izvirzīto mērķi par 3,5 % MBD īpatsvaru transporta enerģijā 2030. gadā un līdz ar to izvairīties no soda naudas maksāšanas par saistību neizpildi, ir nepieciešams pilnveidot jaunievieštos plānošanas dokumentus - NEKP 2030, kā arī NAP 2021 – 2027 gala redakcijas projektu, iestrādājot politiskos pasākumus (piemēram, samazinātas nodokļa likmes, priekšrocības, investīcijas u.c.) MBD ražošanas un lietošanas atbalstam.
2)	Ņemot vērā ES prioritātes biodegvielu jomā un koksnes resursu nozīmīgumu Latvijas tautsaimniecībā, atbalsta uzsvars būtu jāliek uz koksnes ķīmisko pārstrādi transporta sektora vajadzībām. Jāizmanto “Eiropas Zaļā kursa” dokumentos ieteiktie principi, piemēram, “NO HARM” (nekaitēt), lai jaunu videi draudzīgu projektu sabiedriskajās apspriešanās mazinātu nepamatotas, tautsaimniecībai nepieciešamu un klimatam draudzīgu, projektu noraidīšanas iespējas.
3)	Latvijas normatīvi un plānošanas dokumenti attiecībā uz biodegvielu ražošanu, un normatīvi un plānošanas dokumenti attiecībā uz biodegvielu lietošanu, ir savstarpēji jāsaskaņo, nodrošinot, ka tie, papildinot viens otru, veicina vienotu mērķu attīstību.
4)	Plānojot MBD ražotnes izveidi, ieteicams meklēt sadarbības iespējas, piemēram, izejvielu iegūšanā, enerģijas piegādē, blakusproduktu izmantošanā u.c., kas varētu būtiski paaugstināt MBD ražošanas ekonomisko izdevīgumu, kā arī, iespējams, mazināt negatīvo ietekmi uz vidi.



<b>Moderno biodegvielu ražošanas tehnoloģijas</b>	
5)	Nepieciešams attīstīt termokīmisko tehnoloģisko procesu pētījumus zemas kvalitātes meža biomasas konversijai visu veidu modernajās biodegvielās.
6)	Latvijas zinātnieku rīcībā ir eksperimentālā bāze, lai veiktu jaunu termokīmisko procesu katalizatoru izstrādi, patentētu tos un piedāvātu savus produktus kopēju tehnoloģiju izstrādāšanai.
7)	Etanola bioķīmiskā ražošana no koksnes biomasas var tikt uzskatīta par potenciālu attīstāmu Latvijā.
8)	Biobutanola ražošanai ir augsts potenciāls, tā iekļaujama perspektīvo tehnoloģiju grupā. Šobrīd ražotnes izveide nav komerciāli pamatota.
<b>Elektrotransportlīdzekļi</b>	
9)	Ieteicams attīstīt cilvēkresursus vai sadarboties ar reģiona zinātniekiem, kuri spētu analizēt zinātniskos sasniegumus koksnes resursu pielietošanā enerģijas uzkrājumos, elektronikā un elektroenerģijas atjaunīgajā ražošanā un pieņemt izsvērtu lēmumu par izdevīgumu no pilotprojektu realizācijas un ražotņu izveides viedokļa.
<b>Elektrotransportlīdzekļi un moderno biodegvielu izmantošanas attīstības perspektīvu salīdzinājums</b>	
10)	Attīstīt visas tehnoloģijas, kas ļauj samazināt SEG emisijas.
<b>Riski</b>	
11)	Sašaurinot pētījumu loku, konkretizēt riskus izvēlētajās MBD ražošanas tehnoloģijas vai tās daļas realizācijai.

## 7. PIELIKUMI

### 7.1. RTU VĒSTULE PĀRRESORU KOORDINĀCIJAS CENTRAM



Rīgas Tehniskā universitāte, Reģ. Nr. 9000068977, Kaļķu iela 1, Rīga, LV-1658, Latvija  
Tālr. 67089999, fakss 67089710, e-pasts: rtu@rtu.lv, www.rtu.lv

Rīgā

25.11.2019. Nr. 04000-2.2.1-e/68

PĀRRESORU KOORDINĀCIJAS  
CENTRS  
E-pasts: pkc@pkc.mk.gov.lv

#### *Elektromobiļu un moderno biodegvielu izplatības veicināšana topošajā NAP*

Veicot pētījumu par moderno biodegvielu ražošanas iespējām Latvijā un elektrotransportīdzekļu attīstību, esam konstatējuši, ka Latvijas politikas plānošanas dokumenti un normatīvais regulējums nerada pietiekami labvēlīgu vidi pārejai uz transporta sektora dekarbonizāciju. Ņemot vērā izaicinājumu sasniegt ES mērķus transporta sektorā, kā arī moderno biodegvielu un elektrotransportīdzekļu uzsverto nozīmīgumu ES līmenī, iesakām Nacionālā attīstības plāna 2021. – 2027. gadam rīcības virziena "Daba un Vide" sadaļā veikt sekojošus precizējumus:

- Uzdevumu Nr. [274] izteikt šādā redakcijā: Tautsaimniecības siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana, izmantojot risinājumus klimata pārmaiņu mazināšanai un klimata tehnoloģiju atklājumus, un pieaugošas oglekļa dioksīda piesaistes nodrošināšana virzībā uz klimatnoturīgu ekonomikas attīstību, mērķtiecīgi sasniedzot augstu energoefektivitāti un transporta sektora dekarbonizāciju, tai skaitā elektrotransporta izplatības veicināšana Latvijā.
- Uzdevumu Nr. [278] izteikt šādā redakcijā: Vietējo resursu efektīvāka un pilnvērtīgāka izmantošana, t.sk. ekodizaina principu piemērošana, pakāpeniski fosilo degvielu aizstājot ar Latvijā ražotu moderno biodegvielu, un aprites ekonomikas ieviešana dažādos tautsaimniecības sektoros, vienlaicīgi attīstot bezatkritumu jomas tautsaimniecībā.

Zinātņu prorektors

T. Juhna

---

Krievs, oskars.krievs@rtu.lv

Dokuments parakstīts ar drošu elektronisko parakstu un satur laika zīmogu

## 7.2. MODERNO BIODEGVIELU IEGŪŠANAS TEHNOLOĢIJU RAKSTUROJUMS

Perspektīvāko moderno biodegvielu iegūšanas tehnoloģiju raksturojums tām modernajām lignocelulozes biodegvielām, kuru piegādei izmantojama esošā infrastruktūra un kuras lietojamas konvencionālos iekšdedzes dzinējos

Nr.	Modernās biodegvielas nosaukums (Pētījuma apakšsadaļas numurs)	Ražošanai nepieciešamās izejvielas, specifiskās prasības tās kvalitātei								
		Mežsaimniecības resursi - baltā šķelda (BŠ); enerģētiskā šķelda (EŠ)*	Lauksaimniecības lignoceluloze (salmi un zaļā biomasa)	Piezīmes	Ražošanas procesu galvenās stadijas	Tehnoloģiju gatavības līmenis, TRL	Galvenie šķēršļi tehnoloģijas turpmākai komercializācijai	Starpproduktu ražošanas iespējas no pārējā procesa atdalītā ražotnē	Pilna procesa realizēšanai nepieciešama liela pārstrādes rūpnīca (LPR), kuras mērogs ir salīdzināms ar naftas pārstrādes rūpnīcu vai celulozes rūpnīcu.	Starptautiskās sadarbības nepieciešamība ražošanas realizācijā.
1.	2.1.1.2. Dimetilēteris (DME)	BŠ, EŠ	✓	Jebkura lignoceluloze, specifisku prasību nav	Gazifikācija, gāzu attīrīšana, metanola un DME sintēze	9	Ražošanas augstās izmaksas	Ir, ja ir izveidota metanola ražotne.	LPR	Pilna apjoma ražotnes kopīga izveidošana ar Zviedriju.
2.	2.1.1.4. Oglūdeņraži no spirtiem	BŠ, EŠ	✓	Lignoceluloze, prasības tādas pašas, kā bioetanola ražošanai	Celulozes izdalīšana un fermentācija, etanola konversija ogļūdeņražos	9	Ražošanas augstās izmaksas	Ir, ja ir izveidota metanola ražotne.	LRP	Pilna apjoma ražotnes kopīga izveidošana ar kaimiņvalstīm.
3.	2.1.2.3. Hidrogenēta pirolīzes eļļa no biomasas visiem transporta veidiem (ietver 2.1.2.2. Biomasas pirolīze)	BŠ, EŠ	✓	Jebkura lignoceluloze, specifisku prasību nav.	Ātrā pirolīze, pirolīzes eļļas hidrogenēšana, hidrogenētas pirolīzes eļļas pārstrāde	8-9	Ražošanas augstās izmaksas	LPR, bet procesu var sadalīt	LRP	Pilna apjoma ražotnes kopīga izveidošana ar kaimiņvalstīm.
4.	2.1.2.5. Fišera – Tropša sintēze. Oglūdeņraži visiem transporta degvielu veidiem.	BŠ, EŠ	✓	Jebkura lignoceluloze, specifisku prasību nav.	Gazifikācija, gāzu attīrīšana, ogļūdeņražu sintēze un degvielu ražošana	9	Nav skaidrs, vai sintētiskās naftas daļas ražošanas apjomu izdosies samazināt un atdalīt no kopējā procesa	LPR, procesa sadalīšana nav izstrādāta pilnā apmērā. Sintētiskās naftas ieguvu un visa veida	LRP	Pilna apjoma ražotnes kopīga izveidošana ar kaimiņvalstīm.

Nr.	Modernās biodegvielas nosaukums (Pētījuma apakšsadaļas numurs)	Ražošanai nepieciešamās izejvielas, specifiskās prasības tās kvalitātei								
		Mežsaimniecības resursi - baltā šķelda (BŠ); enerģētiskā šķelda (EŠ)*	Lauksaimniecības lignoceluloze (salmi un zaļā biomasa)	Piezīmes	Ražošanas procesu galvenās stadijas	Tehnoloģiju gatavības līmenis, TRL	Galvenie šķēršļi tehnoloģijas turpmākai komercializācijai	Starpproduktu ražošanas iespējas no pārējā procesa atdalītā ražotnē	Pilna procesa realizēšanai nepieciešama liela pārstrādes rūpnīca (LPR), kuras mērogs ir salīdzināms ar naftas pārstrādes rūpnīcu vai celulozes rūpnīcu.	Starptautiskās sadarbības nepieciešamība ražošanas realizācijā.
								degvielu ražošanu var atdalīt.		
5.	2.1.3.1. Bioetanols. Spirta degviela, galvenokārt izmanto kā piedevu naftas degvielai	BŠ, EŠ	✓	Jebkura lignoceluloze (mainot izejvielu var mainīties tehnoloģija)	Priekšapstrāde, celulozes ieguve, hidrolīze līdz cukuram, fermentācija, etanola atgūšana	9	Ražošanas un ekspluatācijas izmaksas, galaprodukta cena	Nav	LRP	LPR (etanola ražotne no mežsaimniecības vai lauksaimniecības izejvielām)
6.	2.1.3.1. Bioetanols un 2.1.1.1. Biodīzeldegviela Skābekli saturošas degvielas, galvenokārt izmanto kā piedevas naftas degvielām.	BŠ	✓	Jebkuras izejvielas nav izmantojamas	Celulozes ieguve, hidrolīze līdz cukuram, fermentācija, etanola un biodīzeldegvielas iegūšana	9	Kompleksas pārstrādes rūpnīcas nepieciešamība.	Nav	LRP	Celulozes rūpnīca sadarbībā ar Somiju vai Zviedriju
7.	2.1.3.2. Biobutanols. Spirta degviela, galvenokārt izmanto kā piedevu naftas degvielai. Izmantošanas apjoms varētu būt lielāks nekā etanolam.	BŠ, EŠ	✓	Jebkura lignoceluloze (mainot izejvielu var mainīties tehnoloģija)	Priekšapstrāde, celulozes ieguve, hidrolīze līdz cukuram, fermentācija, butanola atgūšana	6-7	Zema efektivitāte (šobrīd).	Nav	LRP	LPR (biobutanola ražotne no lauksaimniecības vai mežsaimniecības izejvielām)

\* - enerģētiskā šķelda – piemēram, kārkli, koksne ar mizu, skuju, lapas, dažādu frakciju sajaukums

### 7.3. MODERNO BIODĒGVIELU RAŽOTNES IZVEIDES RISKI

#### Moderno biodegvielu (MBD)<sup>1</sup> ražotnes izveides risku apkopojums

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
<b>Moderno biodegvielu ražotnes attīstības-plānošanas stadija</b>					
1	Normatīvās vides atbilstība biodegvielu attīstībai.	Valsts normatīvajos un plānošanas dokumentos var nebūt iekļauti un pietiekami skaidri formulēti nosacījumi, kas atbilstību MBD tehnoloģiju attīstību, ražošanu un komercializāciju. Piemēram, nodokļu atvieglojumi MBD ražotājiem, tirgotājiem un gala patērētājiem, vai nodokļu palielinājums siltumnīcefekta gāzu emitējošai enerģētikai. Jebkura nekonsekvence normatīvajos aktos var apgrūtināt finansējuma piesaisti MBD izpētei un ražotnes izveidei kā arī mazināt sabiedrības un nevalstisko organizāciju atbalstu.	1	Sabiedrības informēšana par MBD ieviešanas un ražošanas nepieciešamību, iekļaujot arī klimata pārmaiņu nozīmību un ekonomiskos ieguvumus.	Eiropas komisija, Saeima, Ekonomikas ministrija, Satiksmes ministrija.

<sup>1</sup> **Moderno biodegvielu (MBD) izejvielas** (izejvielu definīcija saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes direktīvas 2018/2001

par no AER iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādātā redakcija) – mežsaimniecības un uz mežsaimniecību balstītu nozaru blakus produktu (visu koku sugu papīrmalka (tehnoloģiskā koksne) un atkritumu (skaidas, šķeldas) un atlikumu biomasas frakcija (ciršanas atliekas (zari, galotnes, skuju, lapas, miza, nestandarta stumbra nogriežņi)); cits nepārtikas celulozes materiāls; cits lignocelulozes materiāls.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
2	Neizveidojot MBD ražotni, Latvija neizpilda Direktīvas prasību par MBD izmantošanas īpatsvaru no kopējā degvielu patēriņa nodrošināšanu sākot no 2022.gada.	Latvijai jāmaksā soda naudas par Direktīvas prasību neizpildīšanu, kuru lietderīgāk būtu ieguldīt MBD attīstībā.	3	Līdzekļu izmantošanas racionāla plānošana. ES finansējuma izmantošana.	Eiropas komisija, Ministru kabinets, zinātniskās institūcijas pasaulē.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
3	MBD ražošanas tehnoloģijas, kuras prasa tālāku pilnveidošanu.	MBD ražošanas tehnoloģijas šobrīd ir sākuma attīstības stadijā un ir nepieciešams būtisks papildu izpētes darbs un investīcijas, lai apzinātu un izstrādātu tādas tehnoloģijas, kas stabili un nepieciešamajā apjomā un kvalitātē nodrošinātu nepieciešamos ražošanas apjomus. Atjaunojamo degvielu ražošanas pašizmaksa ir augstāka nekā naftas pārstrādei, jo naftas cenas ir zemas. Ražotnes bez papildus atbalsta nav finansiāli dzīvotspējīgas. MBD ražošanas iespējas nav tik strauji progresējušas un nav tik populāras elektrotransportlīdzekļi.	3	Finansējuma piešķiršana MBD tehnoloģiju attīstībai kā stratēģiski svarīgam virzienam, lai nodrošinātu nepieciešamo pētījumu attīstību zinātniskajās institūcijās un liela apjoma MBD ražotņu plānošanu starpvalstu sadarbības ietvaros, kas ļautu sasniegt definētos mērķus: 2022. gadā MBD īpatsvars būtu vismaz 0,2%, bet 2030. gadā 3,5% no kopējā enerģijas patēriņa transportā. ES finansējuma izmantošana.	Eiropas komisija, Saeima, komersanti, Izglītības un zinātnes ministrija, Ekonomikas ministrija, Vides un reģionālās attīstības ministrija, Zemkopības ministrija, zinātniskās institūcijas.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
4	MBD ražotnes komercializēšanas (TRL 9) līmeņa uzlabošanas nepieciešamība	Līdz TRL 9 līmenim ir attīstītas daudzas MBD ražošanas tehnoloģijas. MBD ražotņu/tehnoloģiju komercializēšanās kavēšanās var aizkavēt ražotnes izveidi un nostiprināt citu ne-fosilo alternatīvu tirgus pozīcijas.	3	Finansējuma piešķiršana MBD tehnoloģiju attīstībai.  Gatavu citu komersantu tehnoloģiju iegāde un izmantošana. ES finansējuma izmantošana.	Zinātniskās institūcijas, nozaru ministrijas; MBD tehnoloģiju ražotāji/valstis/komersanti, kuriem pieejamas komercializētas MBD tehnoloģijas.
5	MBD ražotnes komercializēšana	Vairums ražošanas tehnoloģiju ir sasniegušas TRL 9 līmeni, tomēr MBD ražošanu bez atbalsta vai atbalstošas nodokļu sistēmas realizēt nevar.	3	Finansējuma piešķiršana MBD tehnoloģiju attīstībai un lietišķas informācijas apmaiņai ar komercializētu tehnoloģiju gatavu ražotņu piedāvātājiem. ES finansējuma izmantošana.	Zinātniskās institūcijas, nozaru ministrijas; MBD tehnoloģiju ražotāji/valstis/komersanti, kuriem pieejamas komercializētas MBD tehnoloģijas.



Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
6	MBD ražotnes atrašanās vietas pieejamība un atbilstība prasībām	Piemērota vieta MBD ražotnes izveidei varētu neatbilst apkārtējo iedzīvotāju un citu komersantu prasībām, kā arī ražotnei nebūtu pieejami nepieciešamie inženiertīkli. Ja ražotnes izveidei papildu zemes iegādes un būvniecības izmaksām būs nepieciešami būtiski ieguldījumi inženiertīklos, tas var sadārdzināt projektu kopumā un apgrūtināt ražotnes rentabilitātes rādītāju sasniegšanu.	1	Analīze par pieejamo izejmateriālu izvietojumu valsts teritorijā. Pašvaldību, kuras ir ieinteresētas ražošanas attīstībā, apzināšana un uzrunāšana. MBD ražotnes izveides projekta dokumentācijas atbilstība noteiktajām prasībām.	Komersants, sabiedrība, valsts pārvaldes institūcijas, pašvaldība.
7	MBD ražotnes projektēšana un būvniecība	MBD ražotnes tehniskā projekta izveides un būvniecības process var aizkavēties, jo valstī var nebūt pieejami eksperti ar nepieciešamajām specifiskajām zināšanām par šāda veida ražotnes projektēšanu un būvniecību.	1	Iegādāties strādājošu un pārbaudītu MBD tehnoloģiju, piesaistīt atbilstošos ekspertus, tehnoloģijas attīstītājus. Sadarbība ar MBD ražotāju. Ieinteresētajām pusēm apmainoties ar pilnu informāciju par darbībā esošu ražotni.	Komersants un tā sadarbības partneri, sabiedrība, valsts pārvaldes institūcijas, Valsts vides dienests, pašvaldība.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
8	Nepilnīga vai nekvalitatīva komunikācijas stratēģija	Nepietiekamā apjomā un kvalitātē organizēti komunikācijas, sabiedriskās apspriešanas un ražotnes idejas skaidrošanas (prezentēšanas) pasākumi var apturēt vai būtiski sarežģīt ražotnes izveidi. Emocionālie, nepamatotie argumenti ņem virsroku pār faktiem.	2	1) Laikus piesaistīt komunikācijas ekspertus. 2) Laikus un detalizēti izstrādāt stratēģiskās komunikācijas plānu. 3) Komunikācijā uzsvērt ražotnes izveides ieguvumus un pozitīvos aspektus. 4) Argumentētas, pamatotas, uz faktiem balstītas informācijas sniegšana ieinteresētajām pusēm. 5) Uzsverams, ka papīrmalka tiek pārstrādāta Latvijā, nevis eksportēta uz ārzemēm. Ciršanas apjomi netiek mainīti.	Komersants, zinātniskās institūcijas, sabiedrība, valsts pārvaldes institūcijas, nozares ministrijas.
9	Finansējuma nepieejamība un nozares finansiālā patstāvība	MBD nozares tehnoloģijas šobrīd nav komercializētas, līdz ar to ražotnes darbība un finanšu stabilitāte bez subsīdijām un līdzfinansējuma šobrīd nebūtu iespējama. Tas var samazināt sabiedrības atbalstu, jo pastāv citas vajadzības, t.sk. sociālās, kurām ir nepieciešams valsts atbalsts vai līdzfinansējums. Ražotnes darbības ilgtermiņa izmaksas sadārdzinās un palielinās kopējās izmaksas.	3	Valsts politikas plānošanas dokumenta sagatavošana, kurā noteikts palielināts nodoklis fosilās izcelsmes degvielām, ar nodokļa ieņēmumu novirzīšanu MBD ražošanas attīstībai. ES finansējuma izmantošana. ES finansējuma izmantošana.	Komersants-ražotnes attīstītājs, finanšu institūcijas, Satiksmes ministrija, Ekonomikas ministrija.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
10	Fosilo degvielu ražotāju lobījs	Fosilo degvielu ražotāji ir lieli starptautiski uzņēmumi, kam starptautiskā līmenī ir spēcīgs lobījs un valdību atbalsts. Šīs nozares pārstāvji var īstenot aktivitātes un lobiju, lai kavētu MBD nozares, tehnoloģiju attīstību un popularizēšanu, kā arī izplatīt maldinošu informāciju par MBD izmantošanas iespējām un ieguvumiem.	3	Valsts politikas plānošanas dokumenta sagatavošana, kurā visiem degvielu piegādātājiem būtu jānodrošina noteikta MBD daļa no Latvijā ražotās MBD.	Eiropas komisija, Saeima, Ministru kabinets.
11	Apsteidzoša elektroauto attīstība	Elektroauto nozare šobrīd ļoti strauji attīstās, tā tiek atbalstīta gan finansiāli, gan dažādu valstu normatīvajos un politikas plānošanas dokumentos. Tas var radīt konkurenci MBD pieprasījumam atsevišķās nišās, bet nevar izmainīt noteiktos minimālos MBD ražošanas un izmantošanas apjomus.	1	Elektrotransports un MBD papildina viens otru. To robežas ir iezīmētas RED II, nosakot minimālo MBD daudzumu pa gadiem. Jāattīsta abas tehnoloģijas.	Komersants, zinātniskās institūcijas, sabiedrība, valsts pārvaldes institūcijas, nozares ministrijas.
12	Augstas sākotnējās investīcijas	MBD ražotnes izveides sākotnējās investīcijas ir ļoti augstas, jo Latvijā nav ne naftas pārstrādes ne celulozes rūpnīcas.	3	Jāpēta un jāmeklē tehnoloģijas, kurās atsevišķas stadijas var realizēt dažādās vietās. Jāattīsta savas lielās ražotnes vai jāveido savstarpēja sadarbība.	Komersants, zinātniskās institūcijas, sabiedrība, valsts pārvaldes institūcijas, nozares ministrijas.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
13	Valsts iestāžu un pašvaldību atbalsta nesaņemšana. Sabiedrisko-nevalstisko organizāciju iebildumi.	Var netikt saņemtas nepieciešamās atļaujas no valsts pārvaldes iestādēm ražotnes izveidei, kā arī var netikt saņemts sabiedrisko-nevalstisko organizāciju atbalsts. Tas var būtiski aizkavēt, apgrūtināt vai pat apturēt ražotnes izveides projektu.	1	1) Laikus piesaistīt komunikācijas ekspertus. 2) Laikus un detalizēti izstrādāt stratēģiskās komunikācijas plānu. 3) Komunikācijā uzsvērt ražotnes izveides ieguvumus un pozitīvos aspektus. 4) Argumentētas, pamatotas, uz faktiem balstītas informācijas sniegšana ieinteresētajām pusēm.	Komersants, Zinātniskās institūcijas, Valsts pārvaldes institūcijas, ministrijas, pašvaldības, sabiedrība

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
<b>Moderno biodegvielu ražotnes izveides un darbības stadija</b>					
14	Koksnes izejvielu pieejamība	Moderno biodegvielu ražotne netiek nodrošināta ar izejvielām nepieciešamajā apjomā un kvalitātē. Neskatoties uz to, ka kopumā valstī var būt pietiekams koksnes atlikumu apjoms, tas var būt izkaisīts teritoriāli un atrasties pie dažādiem īpašniekiem, atšķirīgos veidos, atkarībā no ražotāja apakšnozares. Koksnes atlikumi tiek izmantoti arī citu produktu ražošanai, kas var palielināt konkurenci par izejvielu pieejamību un palielināt tās cenu. Var rasties papildu izmaksas biomasas savākšanai un pārstrādei nepieciešamajā veidā. Var nebūt pieejams nepieciešamais specifikācijai atbilstošs izejvielu daudzums par samērīgām izmaksām. Tas var aizkavēt ražotnes darbību un mazināt ieņēmumus.	1	Izglītojošu pasākumu veikšana mežu īpašniekiem par mežaudžu kopšanas nepieciešamību, tādējādi palielinot tievās lietkoksnas (papīrmalkas) apjomu tirgū. Koksnes resursu novirzīšanas un priekšnosacījumu radīšana augstākas pievienotās vērtības produktu ražošanai Latvijā. Analīzes nepieciešamība par pieejamajiem koksnes resursiem un to pieprasījumu ilgtermiņā. Normatīvās vides sakārtošana (piemēram, Škeldas eksporta ierobežošana, ja Latvijā var iegūt augstākas pievienotās vērtības produktu).	Komersants, Ekonomikas ministrija, Zemkopības ministrija, mežu īpašnieki, sabiedrība.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
15	Koksnes izejvielu kvalitāte, tās nemainīguma nodrošināšana	Pieejamā koksnes izejviela, tās kvalitāte var neatbilst vajadzīgajām kvalitātes prasībām pārmērīgu piegādes termiņu vai ilgstošu nelabvēlīgu vides apstākļu ietekmes rezultātā. Turklāt izejvielu kvalitāte var atšķirties, atkarībā no izejvielu materiāla veida. Nevienmērīga un nepietiekama izejvielu kvalitāte rada risku par papildu izmaksām ražošanas gaitā un var sarežģīt/ paildzināt ražošanas procesu.	1	No pārējās ražošanas cikla atdalīta priekšapstrāde. MBD ražošanas tehnoloģiju meklēšana/izmantošana, kas pieņem pārstrādei dažādas koksnes kvalitātes parametrus.	Komersants, tehnoloģiju piegādātājs, mežizstrādes uzņēmumi.
16	Gatavās produkcijas pārdošana	Ražotnes vadībai var trūkt prasmes un kontakti, kas nepieciešami gatavās produkcijas pārdošanai tādā apjomā, lai ražotne darbotos ar vēlamajiem finanšu darbības rādītājiem. Izvēlēta pārdošanas stratēģija var nebūt atbilstoša tirgus situācijai un produkta specifikai, lai pietiekami veiksmīgi izveidotu un iekarotu pozīciju tirgū.	1	Pārdošanas speciālistu sagatavošana ietverama kopējo MBD attīstības pasākumu plānā.	Ekonomikas un citas ministrijas, komersants, Eiropas komisija.
17	Vides piesārņojums no ražotnes darbības	Ražotnes darbības laikā var rasties vides piesārņojums, ja netiktu ievēroti tehniskie vai drošības nosacījumi, ja notiktu tehniska kļūme.	1	Ražotnes darbības nodrošināšana, atbilstoši Valsts vides dienesta izsniegto atļauju prasībām. Ražotnes darbinieku apmācība, regulāras iekšējās un ārējās pārbaudes.	Komersants, Valsts vides dienests, pašvaldība, sabiedrība.

Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
18	Traucējumi apkārtējai videi no ražotnes darbības	Atkarībā no ražotnes atrašanās vietas tās darbība var traucēt apkārtējiem iedzīvotājiem vai citiem komersantiem, kas atrastos tās tuvumā. Piemēram, MBD ražotnes darbība var palielināt trokšņu līmeni, transporta plūsmas un citus aspektus, kas apkārtējiem iedzīvotājiem var likties negatīvi.  Tas var mazināt atbalstu ražotnes izveidei kā arī palielināt ražotnes izmaksas, lai novērstu radušos traucējumus.	1	Ražotnes atrašanās rūpnieciskajā zonā. Vides piesārņojošās darbības atļaujas saņemšana.  Ražotnes darbinieku apmācība, regulāras iekšējās un ārējās pārbaudes.	Sabiedrība, pašvaldība, Valsts vides dienests, komersants.
19	Koksnes izejvielu izmaksas	Koksnes izejvielas izmaksas ir pakļautas svārstībām atkarībā no nelabvēlīgiem laikapstākļiem, kaitēkļiem, dabas stihijām, kā arī no būvniecības nozares un ekonomiskās stabilitātes pasaulē, koksnes izejvielu pieprasījuma, attīstoties ražošanai, pieaugot konkurencei un pieprasījumam pēc koksnes izejvielām, kas var būtiski paaugstināt cenas koksnes izejmateriāliem un saražotajam gala produktam.	1	Nodefinēti Latvijas stratēģiskie attīstības virzieni, papildināti, precizēti valsts plānošanas dokumenti, nosakot meža biomasas prioritāro izmantošanu.	Saeima, Ministru kabinets, Pārresoru koordinācijas centrs, komersants.

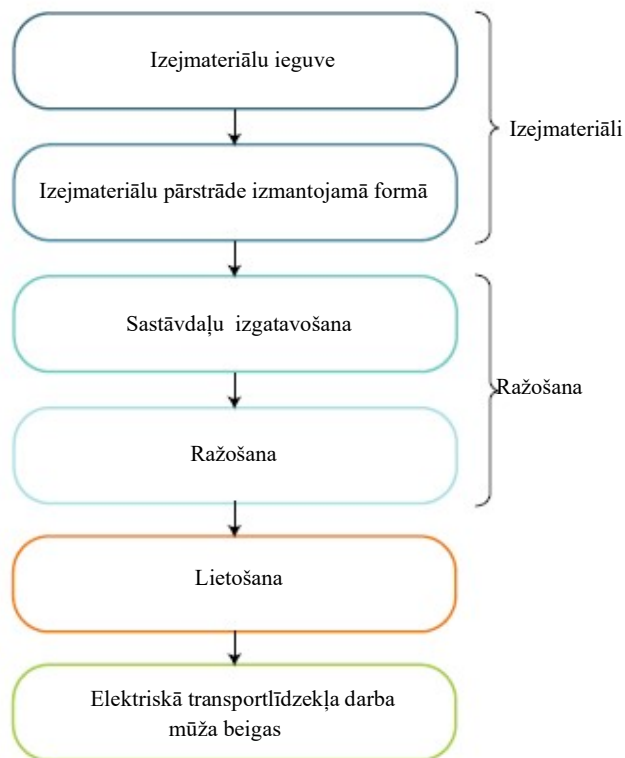
Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
20	Darbspēka un speciālistu pieejamība	Valstī kopumā ir darbspēka trūkums gan speciālistu, gan vadītāju līmenī, īpaši šis risks būtu izjūtams jaunā nozarē. Tas var apgrūtināt un bremsēt ražotnes attīstību, kā arī var netikt sasniegti vēlamie finanšu un darbības rādītāji.	2	Visu ieinteresēto personu informēšana par ražotnes izveides projektu. Izglītojošo, zinātnisko institūciju sadarbība ar komersantu. Finansējuma piešķiršana izglītībai un zinātnei. Tehnoloģijas ar augstu automatizācijas līmeni.	Komersants, zinātniskās institūcijas, Saeima, Ministru kabinets ( <i>emigrācijas mazināšana, savu speciālistu gatavošana noteiktam mērķim, kvalificētu speciālistu pieaicināšana no ārzemēm</i> ).
21	Ugunsdrošības riski	MBD ir viegli uzliesmojošs, un tas var radīt ugunsdrošības riskus ražošanas vai piegādes laikā.	1	Ražotnes darbības nodrošināšana, atbilstoši Valsts vides dienesta izsniegto atļauju prasībām. Ražotnes darbinieku apmācība, regulāras iekšējās un ārējās pārbaudes par ugunsdrošības prasību ievērošanu.	Komersants, Valsts vides dienests, pašvaldība, sabiedrība.
22	Emisiju bilances līdzsvars	Ražotnes darbības un izejvielu iegūšanas laikā radušās emisijas var pārsniegt piesaistītās CO <sub>2</sub> emisijas. Tas var būtiski ierobežot ražotnes atbalstu un darbības pamatojumu no vides aspekta.	1	Atjaunojamo energoresursu izmantošana (saules paneļi, vēja elektroenerģija), inovāciju ieviešana ražotnes darbībā. Brūnās šķeldas izmantošana ražotnē energoresursu ieguvei. Precīza ražošanas tehnoloģijas ievērošana.	Komersants, tehnoloģiju piegādātāji, Ministru kabinets, nozaru ministrijas, Eiropas komisija.



Nr.	Riska nosaukums	Riska scenārijs	Novērtējums	Ieviešamie risku mazināšanas pasākumi	Iesaistītās puses
	Īss riska formulējums	Kas var notikt, kādi iznākumi ir iespējami, ja risks netiek pārvaldīts un netiek ieviestas kontroles, ja risks iestājas?	Riska novērtējums (1-zems, 2-vidējs, 3-augsts)	Kādas darbības veicamas, lai risku mazinātu vai novērstu?	Potenciāli iesaistītā institūcija/-as, organizācija/-as, kas var palīdzēt mazināt vai novērst riska iestāšanos.
23	Tehniskā partnera sadarbības nosacījumi un saistītās izmaksas	Izvēlēta tehniskā partnera sadarbības nosacījumi var radīt ilgtermiņa piesaisti un grūtības mainīt tehnoloģiju vai izmantotās izejvielas, kā arī radīt augstu un konstantu izmaksu pozīciju ražotnes darbības laikā.	2	Rūpīga sadarbības partneru izvēle un izvērtēšana, sadarbības nosacījumi izvērtēšana un precīza atrunāšana līgumā. Tehnoloģijas attīstība, lai mazinātu nepieciešamību pēc esošas patentētas tehnoloģijas iegādes un atkarības no tās.	Komersants, tehnoloģiju piegādātāji, Ministru kabinets, nozaru ministrijas, Eiropas komisija.

## 7.4. ELEKTROTRANSPORTLĪDZEKĻU DZĪVES CIKLA IZVĒRTĒJUMS

7.1.attēlā parādīta elektriskā transportlīdzekļa dzīves cikla shēma, sākot ar izejvielu ieguvu un pārstrādi, elektriskā transportlīdzekļa ražošanu, lietošanu, un beidzot ar darba mūža beigām.

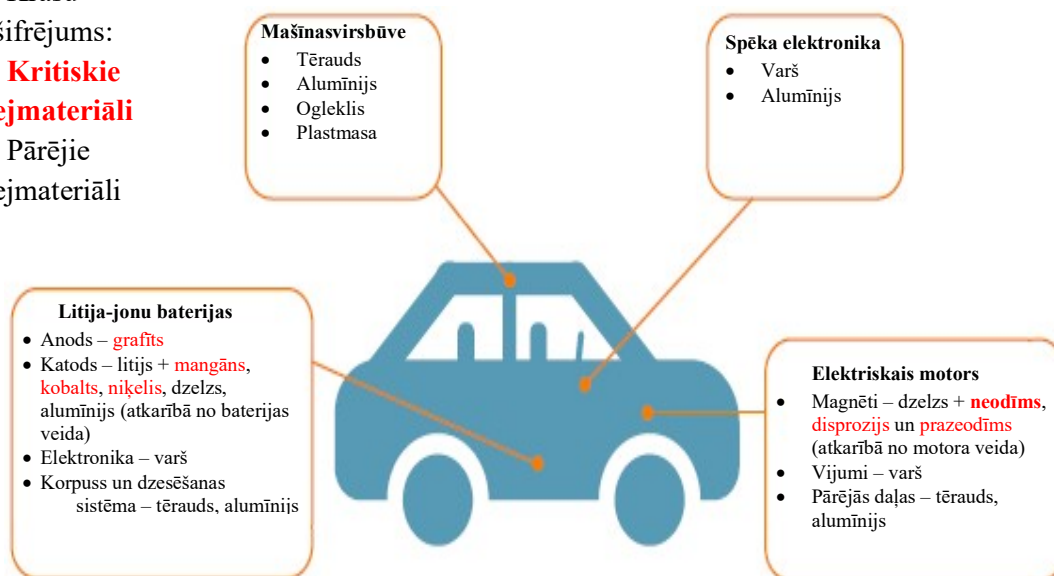


7.1. .att. Elektrisko transportlīdzekļu dzīves cikla shēma.

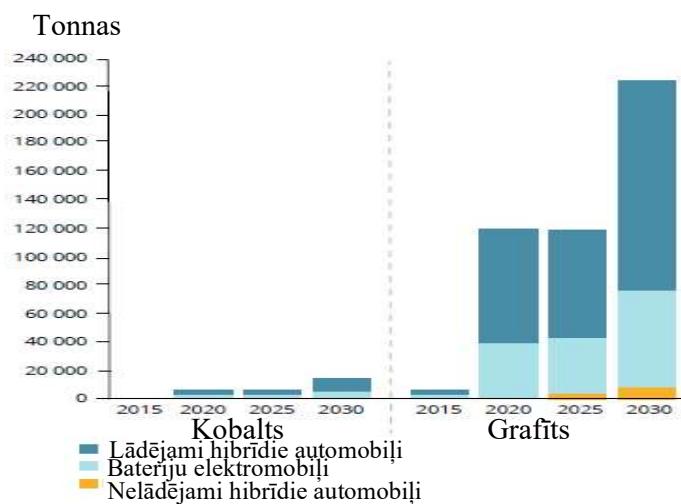
### Izejmateriālu fāze

- Elektriskajos transportlīdzekļos (attiecībā uz baterijām un elektriskajiem vilces motoriem) tiek izmantots vairāk vara, niķeļa un retzemju metālu nekā iekšdedzes dzinēju transportlīdzekļos.
- Transportlīdzekļu svara samazināšana (gan ETL, gan iekšdedzes dzinēju auto) nākotnē var palielināt oglekļa kompozītu un alumīnija izmantošanu, kā rezultātā izejmateriālu fāzē enerģijas patēriņš būs augstāks.
- Jautājumi par kritiskām izejvielām un retzemju elementiem ietver potenciālus resursu ierobežojumus nākotnē, kas saistīti ar to augsta riska piegādi, piemēram, ierobežotas ģeogrāfiskās pieejamības dēļ. Tas varētu radīt ekonomiskas sekas, jo augstais pieprasījums pēc šiem materiāliem palielināsies vairāk nekā iespējas tos piegādāt. Tas var būtiski ietekmēt bateriju cenas un līdz ar to pieprasījumu pēc elektriskajiem transportlīdzekļiem.
- Avotā tiek uzsvērts ar izejmateriālu ieguvu saistītais lielais enerģijas patēriņš un ar to saistītās siltumnīcefekta izraisošo gāzu emisijas, kā arī potenciālā negatīvā ietekme uz veselību un ekosistēmu.

Krāsu  
atšifrējums:  
**Kritiskie  
izejmateriāli**  
Pārējie  
izejmateriāli

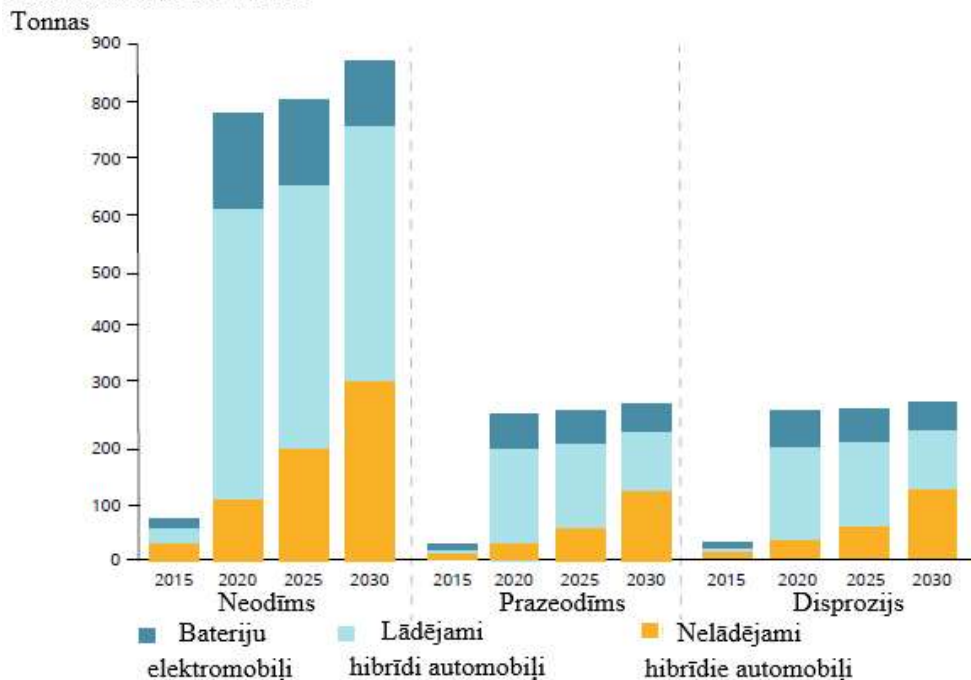


7.2.att. Bateriju elektromobiļos lietotie izejmateriāli.



7.3.att. Paredzamais kritisko izejmateriālu un retzemju metālu pieprasījums Eiropā bateriju ražošanai.

### Elektriskais vilces motors



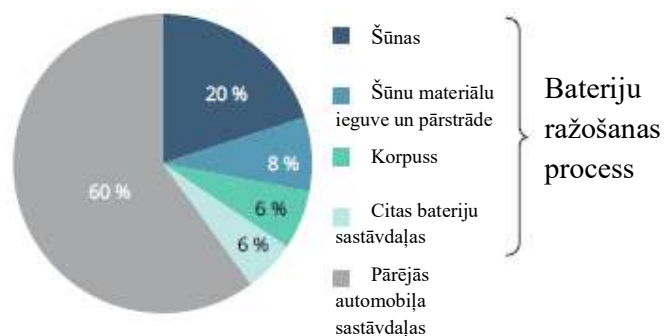
7.4.att. Paredzamais kritisko izejmateriālu un retzemju metālu pieprasījums Eiropā elektrisko vilces motoru ražošanai.

Indikatīvas bateriju masas un elektromobiļu masas dažādiem bateriju elektromobiļu segmentiem

Bateriju elektromobiļa veids	Tipiska bateriju masa (kg)	Tipiska elektromobiļa masa (kg)
Luksus mašīna	553	2100
Liela mašīna	393	1750
Vidēja mašīna	253	1500
Mini mašīna	177	1100

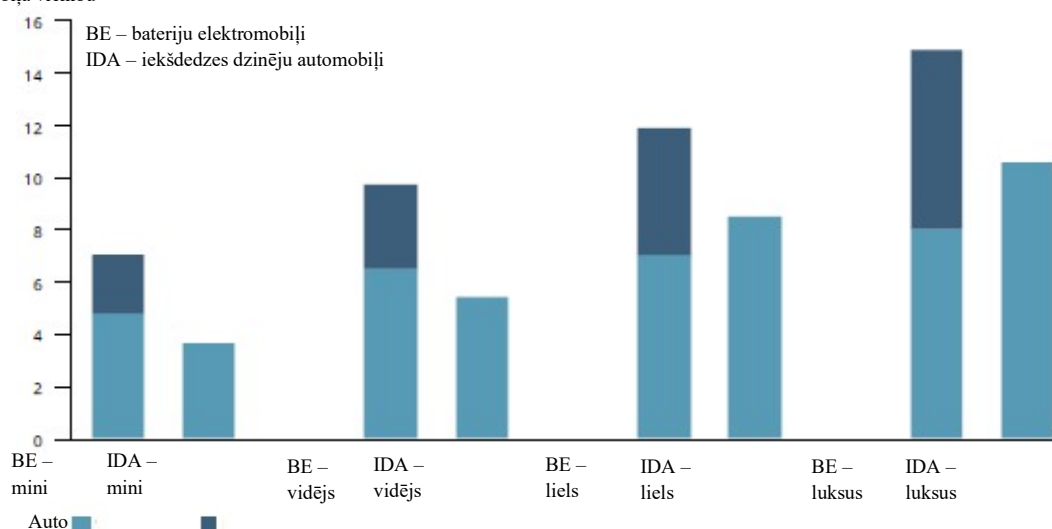
### Ražošanas fāze

- Skatoties no dzīves cikla perspektīvas, bateriju elektromobiļu ražošanas gaitā rodas vairāk siltumnīcefektu izraisošo gāzu un gaisu piesārņojošo emisiju nekā iekšdedzes dzinēju automobiļu ražošanas gaitā. Tas lielā mērā ir saistīts ar to, ka bateriju ražošanas procesa gaitā tiek patērēts vairāk enerģijas, un šī starpība, par kādu elektromobiļu ražošanas gaitā tiek patērēts vairāk enerģijas nekā iekšdedzes dzinēju automobiļu ražošanas gaitā, saistās ar plašāku negatīvo ietekmi uz veselību un ekosistēmām.
- Šī negatīvā ietekme ir mainīga atkarībā no baterijas ķīmijas un izmēriem, kā arī ražošanas procesā izmantotā enerģijas daudzuma.
- No aprites ekonomikas viedokļa, elektrisko transportlīdzekļu ražošanas negatīvo ietekmi uz vidi var samazināt, palielinot atjaunojamās elektroenerģijas izmantošanu bateriju elektromobiļu ražošanas procesu nodrošināšanā:
  - materiālu reciklēšana jeb pārstrāde – pārstrādātu materiālu izmantošanas palielināšana;
  - patēriņa paradumu izmaiņas, mudinot patērētājus izvēlēties pēc iespējas mazāku izmēru transportlīdzekļu kategorijas. To var atvieglot, izmantojot kopīgus mobilitātes pakalpojumus;
  - samazināt atkritumu rašanos – ierobežojot produkcijas izmērus un izmantojot jaunas tehnoloģijas bateriju un transportlīdzekļu ražošanā;
  - tādu bateriju veidu izvēle, kuriem uz patērētās enerģijas vienību ir vismazākā ietekme uz vidi.



7.5.att. Radīto siltumnīcefektu izraisošo gāzu sadalījums dažādās bateriju elektromobiļu ražošanas procesa sastāvdaļās.

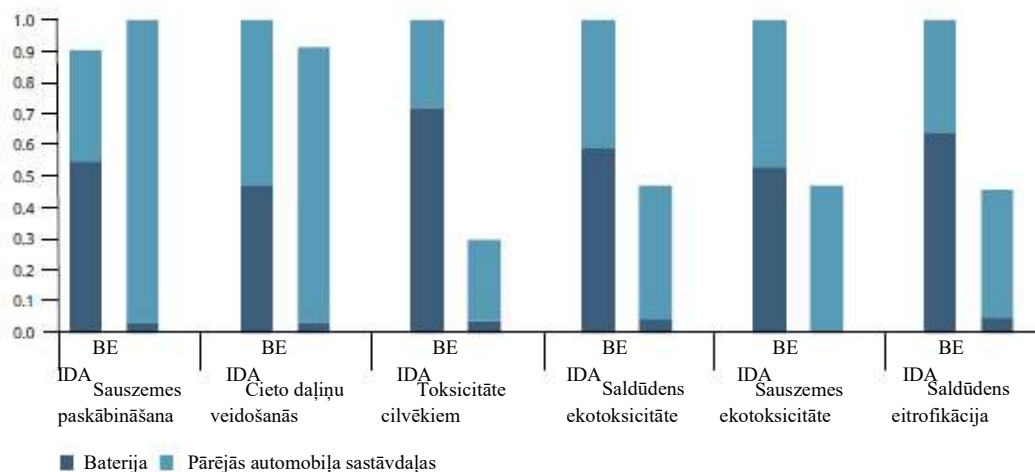
Tonnas CO<sub>2</sub> uz  
automobiļa vienību



7.6.att. Dažādu pasažieru auto izmēru kategoriju bateriju elektromobiļu un iekšdedzes dzinēju automobiļu radītās siltumnīcefektu izraisošās emisijas.

7.6.attēlā uzrādītās ražošanas procesā radušās emisijas iekļauj arī emisijas, kas rodas izejvielu ieguves un pārstrādes rezultātā.

Normalizētais ietekmes koeficients



7.7.att. Iekšdedzes dzinēju automobiļu un bateriju elektromobiļu ražošanas procesos radīto emisiju ietekmes uz vidi salīdzinājums dažādās ietekmes kategorijās.

## Lietošanas fāze

Dzīves cikla perspektīva.

- Lietošanas posmā jeb braukšanas laikā bateriju elektromobiļi neizdala nekādas siltumnīcefektu izraisošās izplūdes gāzes un nerada gaisa piesārņojumu. Tomēr emisijas rodas elektroenerģijas, ar ko tiek uzlādēti bateriju elektromobiļi, ražošanas rezultātā.
- Lietošanas laikā bateriju elektromobiļu radītās siltumnīcefektu izraisošo gāzu un gaisa piesārņotāju emisijas parasti ir mazākā apjomā, salīdzinājumā ar iekšdedzes dzinēju automobiļiem, pateicoties energoefektivitātes priekšrocībām un zemas oglekļa intensitātes elektrības avotu izmantošanai.
- Pie maza kustības ātruma bateriju elektromobiļi parasti ir klusāki par iekšdedzes dzinēju automobiļiem, bet pie lielākiem kustības ātrumiem attiecībā uz trokšņa piesārņojumu ir maz atšķirību.

Tomēr bateriju elektromobiļu izmantošanas laikā radīto siltumnīcefektu izraisošo gāzu apjoms uz kilometru ir ļoti atkarīgs no elektrības ražošanas veida.

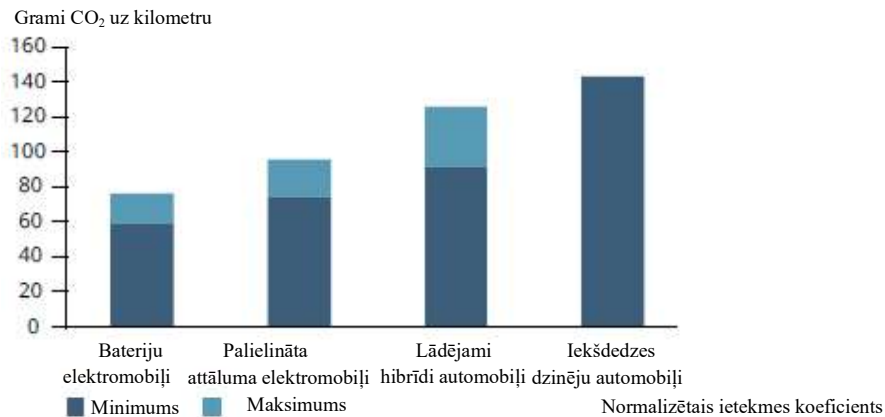
Atjaunojamās enerģijas perspektīva.

Siltumnīcefektu izraisošo gāzu un citu gaisa piesārņotāju emisijas, kas rodas bateriju elektromobiļu izmantošanas rezultātā, var tikt samazinātas:

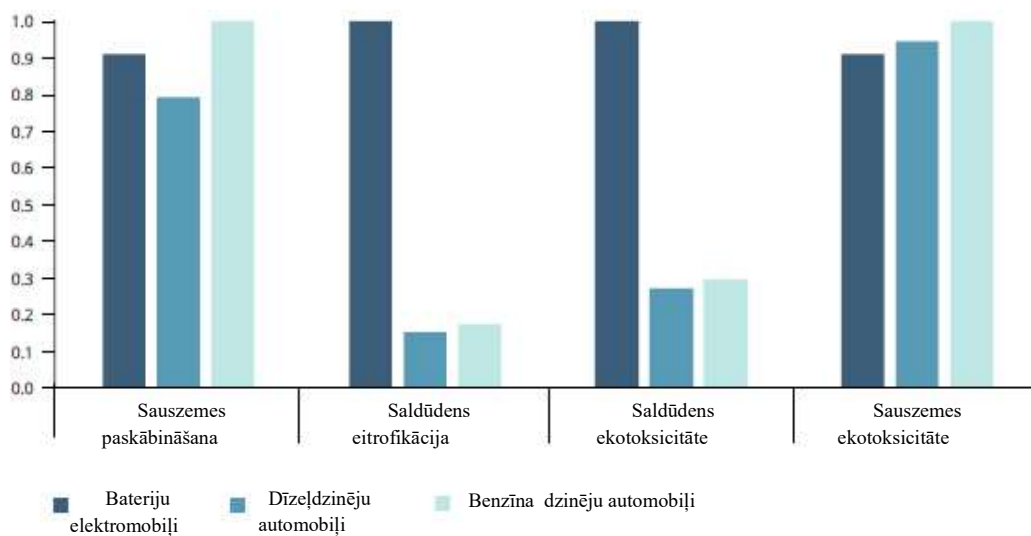
- zema oglekļa satura elektroenerģijas īpatsvara palielināšana tīkla struktūrā;
- veicinot elastīgu uzlādi, lai izmantotu zema oglekļa satura elektroenerģiju un izvairītos no elektroenerģijas pieprasījuma pīķu radīšanas.

Izmantošanas veidi.

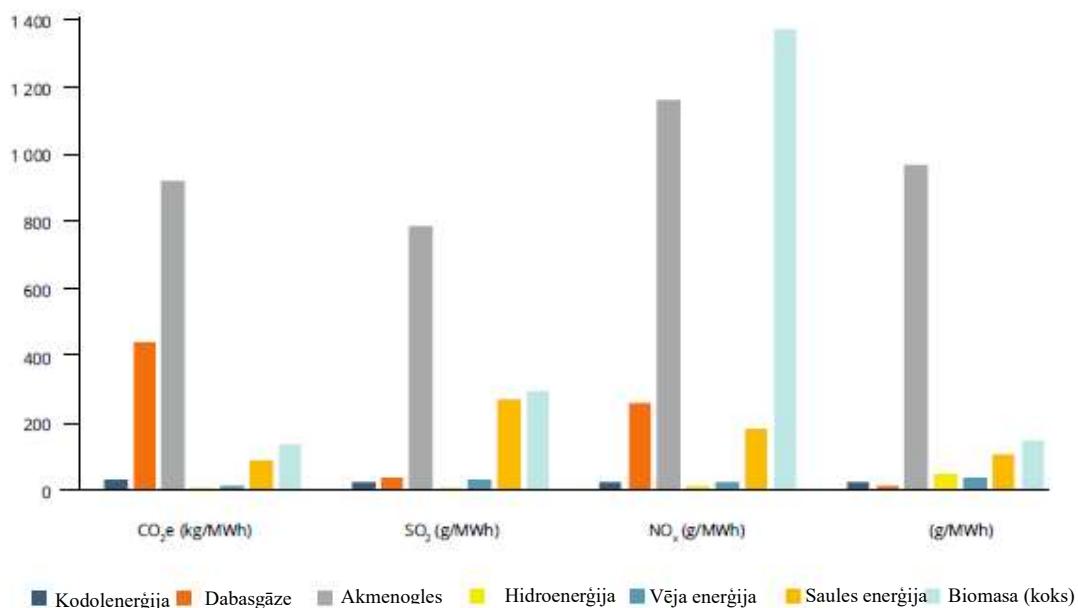
- Bateriju elektromobiļu izmantošanas ietekme uz vidi ir jāņem vērā vispārējās mobilitātes kontekstā. Dažu pētījumu rezultāti norāda uz iespējamu "atsitiena efektu", kurā bateriju elektromobiļi tiek izmantoti intensīvāk nekā iekšdedzes dzinēju automobiļi, līdz ar ko bateriju elektromobiļu priekšrocība attiecībā uz samazinātāku ietekmi uz vidi varētu samazināties. Lai izvairītos no šīs situācijas, liela nozīme būs stimulēšanai lietot sabiedrisko transportu.
- Patērētāji, kuri izvēlas maza izmēra transportlīdzekļus, piemērotus viņu ikdienas vajadzībām, mazinās ietekmi uz vidi.



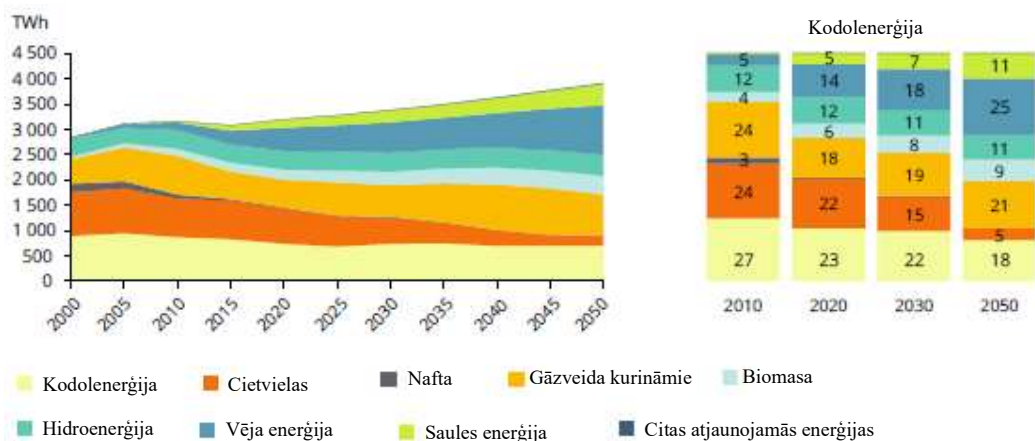
7.8.att. Dažādu automobiļu veidu izdalīto siltumnīcefektu izraisošo gāzu apjomu uz kilometru salīdzinājums.



7.9.att. Bateriju elektromobiļu, dīzeļdzinēju automobiļu un benzīna automobiļu izmantošanas posmā radīto emisiju ietekmes uz vidi salīdzinājums četrās ietekmes kategorijās.



7.10.att. Dzīves cikla laikā radītās siltumnīcefektu izraisošo gāzu un gaisa piesārņotāju emisijas no dažādiem elektrību ģenerējošiem avotiem.



7.11.att. Projicētās izmaiņas elektrību ģenerējošo avotu īpatsvaru sadalījumā Eiropā līdz 2050. gadam.

### Darba mūža beigu fāze

- Elektriskā transportlīdzekļa dzīves cikla beigu posmam, ja to aplūko atsevišķi, ir vismazākā ietekme uz visa dzīves cikla laikā radušos kopējo emisiju daudzumu. Tomēr šim posmam ir diezgan svarīga loma negatīvās ietekmes uz vidi samazināšanā jaunu elektrisko transportlīdzekļu dzīves ciklu laikā.
- No aprites ekonomikas viedokļa:
  - bateriju atkārtotai izmantošanai (t.i., to materiālu izmantošanai jaunu bateriju izgatavošanā), it īpaši enerģijas uzkrāšanas sistēmām, ir potenciāls ievērojami samazināt dzīves cikla beigu posma negatīvo ietekmi uz vidi īstermiņā un vidējā termiņā, kā arī piedāvāt sinerģiju ar atjaunojamās enerģijas attīstību;
  - bateriju pārstrāde sniedz priekšrocības resursu efektivitātes un izejvielu pieejamības ziņā.