



**Latvijas Universitātes Biznesa, vadības un ekonomikas fakultātes Produktivitātes
zinātniskais institūta “Latvijas Universitātes domnīcas LV PEAK” uzdevuma
izpildes ziņojums**

Sastādīšanas datums: 30.11.2022.

Projekts “Pasākumu īstenošana investīciju un produktivitātes jomā”				
Saskaņā ar iepirkuma līgumu Nr. EM 2022/40 “Pasākumu īstenošana investīciju un produktivitātes jomā”				
Projekta vadītāja	Prof., Dr. habil. oec. Inna Šteinbuka			
Projekta izpildītāji	Dr. oec. Olga Bogdanova, Dr. oec. Jurijs Spiridonovs, Mg. iur. Kārlis Piģēns			
Izpildes periods	no	19.09.2022.	līdz	30.11.2022.

**Zaļais kurss – virzība uz klimatneitralitāti
2050.gadā. Stratēģiskie investīciju virzieni
eksporta potenciāla attīstībai.**

**Nākotnes tehnoloģijas un investīciju
projekti Latvijai.**

Ja Jums ir komentāri, jautājumi vai ierosinājumi, lūdzam tos adresēt:

Latvijas Universitātes Biznesa, vadības un Ekonomikas fakultātes Produktivitātes zinātniskais institūts “Latvijas Universitātes domnīca LV PEAK”

Aspazijas bulvāris 5, Rīga, LV-1050

E-pasts: inna.steinbuka@lu.lv

Tīmekļvietne: <https://www.lvpeak.lu.lv/>

© LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIZNESA, VADĪBAS UN EKONOMIKAS FAKULTĀTES
PRODUKTIVITĀTES ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS “LATVIJAS UNIVERSITĀTES
DOMNĪCA LV PEAK”, 2022

Pārpublicēšanas un citēšanas gadījumā atsauce ir obligāta

Saturs

Zinojumā lietoto saīsinājumu skaidrojums.....	4
Ievads	5
1. Zaļā kursa attīstības pasaules scenāriji un zaļo mērķu sasniegšanas galvenie virzītājspēki un tehnoloģijas	6
2. Elektroenerģijas bāzes jaudu attīstība un sistēmas pakalpojumu eksports	12
3. Zaļā ūdeņraža ražošanas un eksporta potenciāls.....	19
4. Biogāzes ražošanas un eksporta potenciāls	29
5. Pazemes krātuvju pakalpojuma potenciāls Eiropas līmenī – Dobeles potenciāla izmantošana	37
6. CO ₂ emisiju krātuvju attīstības un to pakalpojumu eksporta potenciāls	45
7. Sintētiskās degvielas ražošanas un eksporta potenciāls.....	56
8. Digitalizācijas pakalpojumu un tehnoloģiju eksports	61
Secinājumi un rekomendācijas	66
Literatūras saraksts.....	73

Zinojumā lietoto saīsinājumu skaidrojums

ALTUM	Attīstības finanšu institūcija "Altum"
ASV	Ameriaks Savienotās valstis
CCS	Oglekļa dioksīda uztveršana
CO ₂	Oglekļa dioksīds
Covid-19	2019.gada ar koronavīrusu saistītā saslimšana/ <i>Corona Virus Disease 2019</i>
EHB	Eiropas Ūdeņraža Mugurkauls (<i>European Hydrogen Backbone</i>)
EK	Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
FCR	Elektroenerģijas frekvences stabilizācijas rezervves (<i>frequency containment reserve</i>)
FRR	Elektroenerģijas frekvences atjaunošanas rezerves (<i>frequency restoration reserve</i>)
HES	Hidroelektrostacija
IKT	Informācijas un komunikācijas tehnoloģijas
IT	Interneta tehnoloģijas
MVU	Mzie un vidējie uzņēmumi
OECD	Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija (<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>)
PEP	Pasaules enerģētikas padome (<i>World Energy Council</i>)
PSO	Pārvades sistēmas operators
RR	Aizvietošanas rezerves elektroenerģijas sistēmā (<i>replacement reserve</i>)
SDG	Sašķidrinātā dabasgāze

Ievads

Situācija mūsdienā pasaulei ir ļoti dinamiska un īsā laikā piedzīvota gan *Covid-19* pandēmijas radītā krīze, gan šobrīd pasaule un, jo īpaši Eiropas Savienība, izjūt energoresursu cenu straujo pieaugumu, kā arī daudzu ierasto loģistikas un piegāžu kēžu pārorientāciju, nesmot vērā Krievijas agresiju Ukrainā un tās radītās sekas.

Šī ziņojuma mērķis ir detalizētākā veidā apskatīt zaļo kursu – virzību uz klimatneitralitāti 2050. gadā, iezīmējot stratēģiskos investīciju virzienus eksporta potenciāla attīstībai un apzināt nākotnes tehnoloģijas un investīciju projektus Latvijai, kas stiprinātu visas tautsaimniecības attīstību.

Klimata pārmaiņas un vides degradācija ir eksistenciāls drauds Eiropai un pasaulei. Lai risinātu šīs problēmas, Eiropas zaļais kurss paredz Eiropas Savienību pārveidot par modernu, resursu ziņā efektīvu un konkurētspējīgu ekonomiku, kurā

- līdz 2050. gadam pielikts punkts siltumnīcefekta gāzu neto emisijām,
- ekonomikas izaugsme ir atsaistīta no resursu izmantošanas,
- novārtā nav atstāts neviens cilvēks un neviens reģions.¹

Eiropas zaļais kurss ir Eiropas Savienības risinājums, kā novērst *Covid-19* pandēmijas sekas. Eiropas zaļo kursu finansēs no Eiropas Savienības budžeta septiņiem gadiem, kā arī piešķirot vienu trešdaļu no 1,8 triljoniem EUR lielajām investīcijām atveselošanas plānā *Next Generation EU*.²

¹ Pieejams: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_lv

² Turpat.

1. Zaļā kursa attīstības pasaules scenāriji un zaļo mērķu sasniegšanas galvenie virzītājspēki un tehnoloģijas

Pāreju uz ilgtspējīgāku un drošāku enerģētiku iespējams panākt ar dažādiem politikas instrumentiem, kā rezultātā veidojas atšķirīga energosistēmu struktūra. Pasaules Enerģētikas Padomes (PEP) ekspertu darba grupa izpētes projekta ietvaros ir izvērtējusi vairākus enerģētikas politikas pārejas scenārijus līdz 2050. gadam, piemēram, *Bloomberg*, *IPCC*, *IEA*, *IRENA*, *BP*, *McKinsey*, *DNV*, *Shell*, *OECD*, *Equinor* un citus. Neskatoties uz dažādiem pieņēmumiem un atšķirīgām metodikām, redzams, ka tie visi, neskatoties uz pozitīvo ekonomikas attīstības tendenci un līdz ar to intensīvāku energoietilpīgāku iekārtu un procesu izmantošanu, prognozē ievērojamu SEG emisiju samazinājumu. Pieaugošais enerģijas pieprasījums tiek kompensēts ar ievērojamiem energoefektivitātes pasākumiem. Visiem PEP ekspertu apskatītajiem scenārijiem ir kopīgs secinājums, ka enerģijas pārejas process ievērojami balstās uz trim galvenajiem pīlāriem: (1) enerģijas pieprasījuma samazināšana, palielinot efektivitāti, (2) galapatēriņa elektrifikācija un (3) elektroenerģijas ražošanas dekarbonizācija.³ Attiecīgi tehnoloģijām, kas saistītas ar šo pīlāru realizēšanu ir augstāks komerciāls potenciāls.

Visi augstāk minētie scenāriji paredz strauju AER elektroenerģijas ražošanas pieaugumu – dažiem scenārijiem ir ambiciozāki mērķi, citiem – mazāk ambiciozi.

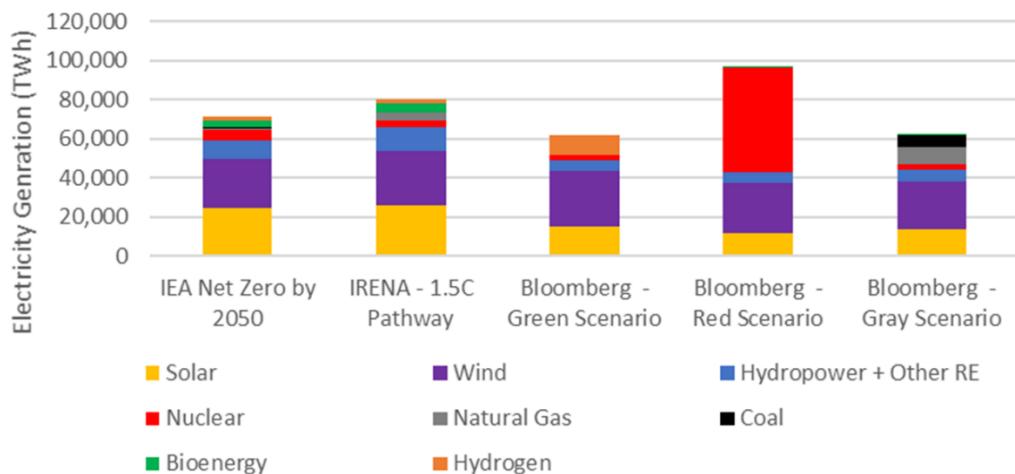
Pasaules Enerģijas Padomes eksperti enerģētikas transformācijas scenārijus grupē trīs kategorijās: normatīvie scenāriji (angl. *Normative*, vērsti uz konkrēta mērķa sasniegšanu, piemēram, klimatneitralitāti), pārskatu scenāriji (angl. *Outlooks*, nosacītās prognozes un bāzes scenāriji) un pieņēmumu scenāriji (angl. *Plausible*, balstīti uz alternatīviem nākotnes variantiem atkarībā, kvalitatīviem pieņēmumiem un nosacījumiem)

Apskatot 5 dažādus *normatīvos* scenārijus, var secināt, ka vēja enerģija ir atzīta par vadošo AER tehnoloģiju. Un lielāki attīstības tempi ir prognozēti tieši jūras vēja energijai.⁴ Pārsvarā

³ World Energy Council (2022). The World in 2050: Explore MAP Phase Insights. Visionario project Map Phase Analysis. Future Energy Leaders. Project leads: O.Bogdanova, J.Ohene-Akoto, R.Viggiano, G.Bence-Hebert. London, 2022 – 39 p. Pieejams: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/FEL_Visionario_MAP_Phase_Analysis_Presentation.pdf?v=1662554370

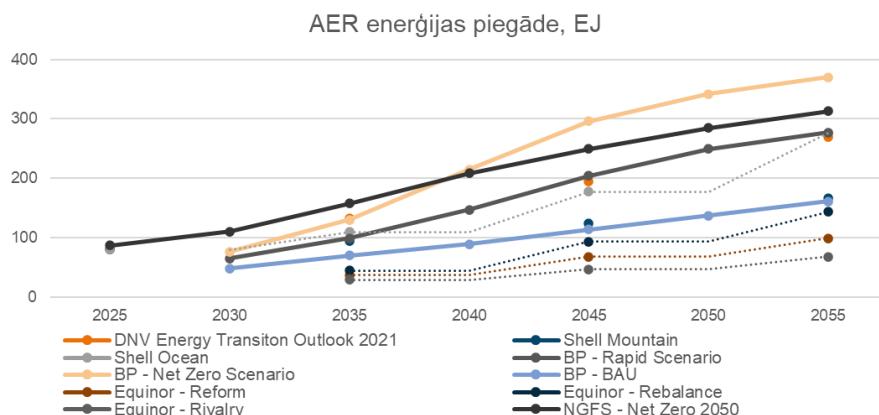
⁴ Turpat.

tas ir saistīts ar ierobežotām iespējām attīstīt liela mēroga vēja parkus sauszemē (kas ir lētākais vēja enerģijas risinājums, nekā jūras vēja ģenerācija⁵) dēļ ierobežotām zemes platībām un pašvaldību ieinteresētības trūkumu to darīt vai pat pretestību.



1.1.att. Elektroenerģijas ģenerācijas portfelis pēc tehnoloģijas (normatīvie scenāriji).⁶

Izvērtējot *pieņēmumu* grupas scenāriju, jākonstatē, ka visstraujākais AER daļas pieaugums enerģijas portfelī pasaulei ir prognozēts *BP – Net Zero* scenārijam, kuram seko *NGFS – Net Zero 2050* un *BP – Rapid Scenario*.



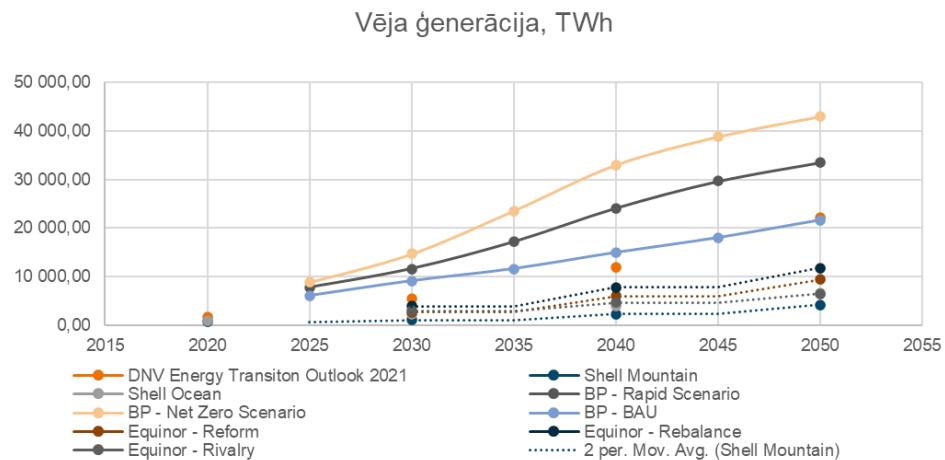
1.2.att. Atjaunojamo energoresursu daļa enerģijas portfeli.⁷

⁵ Hevia-Koch, P. and H. K. Jacobsen. 2019. Comparing offshore and onshore wind development considering acceptance costs. *Energy Policy*, Vol. 125. doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.019

⁶ World Energy Council (2022). The World in 2050: Explore MAP Phase Insights. Visionario project Map Phase Analysis. Future Energy Leaders. Project leads: O.Bogdanova, J.Ohene-Akoto, R.Viggiano, G.Bence-Hebert. London, 2022 – 39 p. Pieejams: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/FEL_Visionario_MAP_Phase_Analysis_Presentation.pdf?v=1662554370

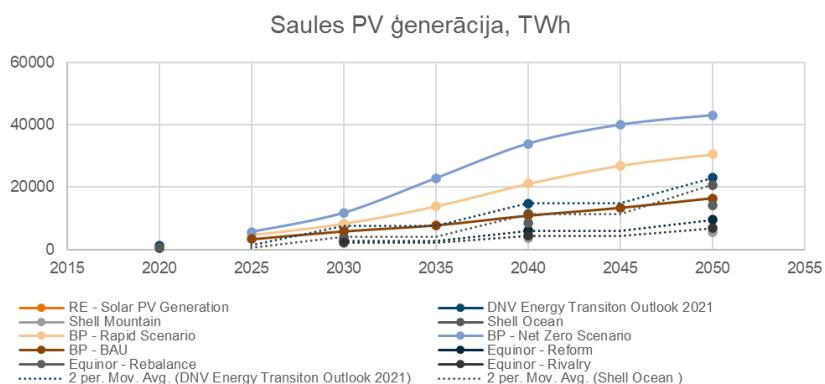
⁷ turpat

Detalizētāk analizējot konkrēto AER tehnoloģiju pienesumu katra *pieņēmumu* grupas scenārija progresā virzībā uz klimatneitralitāti, var secināt, ka arī *pieņēmumu* scenāriju grupa izvirza vēja enerģijas tehnoloģiju kā spēcīgāko pasaules virzītājspēku uz klimatneitralitāti.



1.3.att. Vēja enerģijas daļa elektroenerģijas ģenerācijas portfelī.⁸

Otrajā vietā pēc popularitātes ir saules enerģija (izņemot *Shell Mountain* scenāriju, kurš uzskata saules enerģijas tehnoloģijas par visperspektīvākajām).

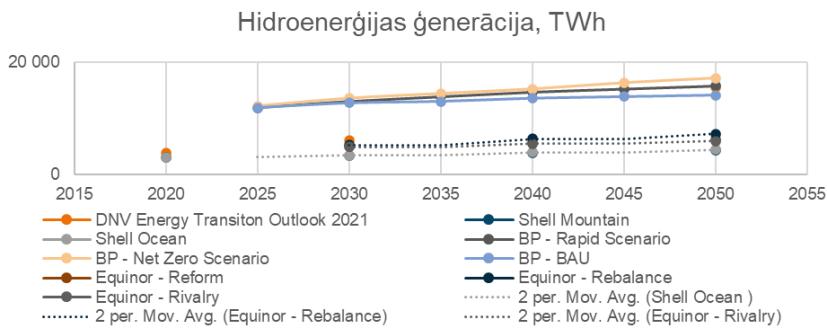


1.4.att. Saules enerģijas daļa elektroenerģijas ģenerācijas portfelī.⁹

Hidroenerģijas ģenerācijas pieaugums ir prognozēts minimālā līmenī pateicoties tam, ka šī AER tehnoloģija, kas uz doto brīdi ir lētākā, ir labi jau šobrīd attīstīta un HES izmaksu efektīvs potenciāls lielā mērā ir jau sasniedzis savu maksimumu, un jauno HES spēkstaciju attīstība varētu prasīt lielākus resursus.

⁸ Turpat.

⁹ Turpat.



1.5.att. Hidroenerģijas daļa elektroenerģijas ģenerācijas portfeli.¹⁰

Izvērtējot scenārijus, kuri paredz ambiciozāku virzību uz klimatneitralitāti (PWC/WEC, BP *Net Zero*, Equinor *Rebalance*, IEA), var izcelt šādus scenārijos minētos **instrumentus attiecīgo mērķu sasniegšanai**: pieejama infrastruktūra elektrolīzes tehnoloģijas/ ūdeņraža attīstībai, emisiju cenošana, ātra vēja un saules enerģijas tehnoloģiju attīstība, elektromobilitāte, starptautiskās publiskās investīcijas, privātās investīcijas un risku samazināšana investoriem, baterijas, pieprasījuma reakcija, elastīgas spēkstacijas, kuras atbalsta viedie un digitālākie elektroenerģijas tikli.¹¹

Vērtējot Latvijā saražotās vēja un saules enerģijas eksporta potenciālu, būtiski ņemt vērā šīs enerģijas konkurētspēju potenciālajos eksporta tirgos, kā arī tehniskās iespējas šādu energiju fiziski piegādāt. Baltijai sinhronizējot elektroenerģijas tīklu ar Eiropas kontinentāliem tīkliem, pastāvēs tehnoloģisks ierobežojums Baltijas reģionā saražotās elektroenerģijas pārpalikumus novirzīt Polijā. Vienlaikus elektroenerģijas novirzīšanai Zviedrijas dienvidu cenu zonai, būtu iespējams attīstīt Latvijas-Zviedrijas līdzstrāvas starpsavienojumu (*LasGo*). Līdz ar to būtu nepieciešams veikt attiecīgā starpsavienojuma ekonomiski-tehnisko izvērtējumu, nosakot tā potenciālās noslodzes efektivitāti, kas pēc būtības arī atspoguļos Zviedrijas tirgus pievilcīgumu Latvijā saražotajai vēja un saules enerģijai, kas pārsniedz vietējo pieprasījumu jeb attiecīgo pīķa slodzi. Starpsavienojuma izvērtējuma izmaksas būtu iespējams daļēji segt ar ES finansējumu, piesakoties, piemēram, uz CEF (*Connecting Europe*

¹⁰Turpat.

¹¹ World Energy Council (2022). The World in 2050: Explore MAP Phase Insights. Visionario project Map Phase Analysis. Future Energy Leaders. Project leads: O.Bogdanova, J.Ohene-Akoto, R.Viggiano, G.Bence-Hebert. London, 2022, 39 p. Pieejams: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/FEL_Visionario_MAP_Phase_Analysis_Presentation.pdf?v=1662554370

Facility). Šāds izvērtējums palīdzēs politikas plānotājiem saprast potenciāli saražotās AER enerģijas konkurētspēju Zviedrijas dienvidu apgabala cenu zonā.

Mazāka vienprātība valda attiecībā uz tehnoloģiju izvēli, kas nodrošinās **bāzes slodzi** brīdī, kad to nepastāvības dēļ AER nebūs pieejami pietiekamā daudzumā. Dabasgāzi pasaules analītiķi klasiski uzskatīja par ērtāko pārejas enerģijas avotu. Lielākajā daļā pirms 2018. gada publicēto scenāriju tika prognozēts straujš dabasgāzes izmantošanas pieaugums, kompensējot naftas un akmeņogļu samazinājumu. Tomēr virkne scenāriju, kas publicēti pēc 2020. gada, piemēram, *IRENA World Energy Transition Outlook*, *Bloomberg NEF un NGFS*, jau paredz dabasgāzes piegādes apjomu samazināšanos līdz 2050. gadam^{12 13 14}. Vairumā globālo scenāriju tiek arī pieņemts, ka pieauga kodolenerģijas izmantošanas intensitāte.¹⁵ Scenārijos izvērtētās fosilo energoresursu elektrostaciju pakāpeniska jaudu aizstāšana (papildus ātri augošai AER tehnoloģiju tirgus daļai) lielākoties tiek balstīta uz dabasgāzes, kodolenerģijas un ūdeņraža tehnoloģiju kombināciju. Vidēji PEP ekspertu izvērtētie scenāriji paredz, ka dabasgāzes pieprasījums elektroenerģijas ražošanas sektorā pasaulē augs līdz 2030.–2035. gadam. Vēlāk tās daļa sāks samazināties, un tikai pēc tam tiek prognozēts, ka dabasgāze arvien vairāk pildīs atjaunīgās enerģijas rezerves funkciju. Kopumā gandrīz visos aplūkotajos scenārijos tiek prognozēts kodolenerģijas ražošanas palielinājums. Tomēr nevienā no scenārijiem netiek minēts, ka kodolenerģija drīzumā pārsniegs dabasgāzes īpatsvaru kopējā enerģijas ražošanas jaudu apjomā.

Neskatoties uz to, ka ūdeņraža tehnoloģijas ir aktīvi pieminētas gandrīz visos scenārijos, tikai daži sniedz konkrētas prognozes. Vienlaikus daži scenāriji (piemēram, *Bloomberg*), uzskata ūdeņradi par nākotnes ekonomikas mugurkaulu. Tāpat *IRENA* scenārijs īpaši akcentē bateriju lomu nākotnes virzībai uz klimatneitralitāti. Savukārt *Bloomberg-Red* scenārijs uzskata, ka tieši kodolenerģija spēlēs vadošo lomu tīrās enerģijas nākotnē.¹⁶

¹² IRENA (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway. Pieejams: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>

¹³ Bloomberg NEF (2021) New Energy Outlook. Pieejams: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

¹⁴ NGFS (2021). Network for Greening the Financial System. Pieejams: <https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/>

¹⁵ World Energy Council (2022). The World in 2050: Explore MAP Phase Insights. Visionario project Map Phase Analysis. Future Energy Leaders. Project leads: O.Bogdanova, J.Ohene-Akoto, R.Viggiano, G.Bence-Hebert. London, 2022 – 39 p. Pieejams: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/FEL_Visionario_MAP_Phase_Analysis_Presentation.pdf?v=1662554370

¹⁶ Turpat.

Secinājumi:

1. Pāreju uz ilgtspējīgāku un drošāku enerģētiku iespējams panākt ar dažādiem politikas instrumentiem, kā rezultātā veidojas atšķirīga energosistēmu struktūra.
2. Enerģijas pārejas process ievērojami balstās uz trim galvenajiem pīlāriem: (1) enerģijas pieprasījuma samazināšana, palielinot efektivitāti, (2) galapatēriņa elektroenerģijas ražošanas dekarbonizācija. Attiecīgi tehnoloģijām, kas saistītas ar šo pīlāru realizēšanu ir augstāks komerciāls potenciāls.
3. Kopumā scenārijos pieprasījuma pēc fosilajiem energoresursiem samazināšanos pēc 2030. gada nosaka elektrifikācija, arvien pieaugoša AER izmantošana un zaļā ūdeņraža ieviešana enerģētikas, ēku un rūpniecības sektorā.
4. Pasaulē fosilo energoresursu elektrostaciju jaudu aizstāšana (papildus ātri augošai AER tehnoloģiju tirgus daļai) lielākoties tiek balstīta uz dabasgāzes, kodolenerģijas un ūdeņraža tehnoloģiju kombināciju.
5. Vēja enerģija ir atzīta par vadošo AER tehnoloģiju. Un lielāki attīstības tempi ir prognozēti tieši jūras vēja enerģijai. Pārsvarā tas ir saistīts ar ierobežotām iespējām attīstīt liela mēroga vēja parkus sauszemē (kas ir lētākais vēja enerģijas risinājums, nekā jūras vēja ģenerācija) dēļ ierobežotām zemes platībām un pašvaldību ieinteresētības trūkumu to darīt vai pat pretestību.

2. Elektroenerģijas bāzes jaudu attīstība un sistēmas pakalpojumu eksports

Šobrīd Latvijā un Baltijas valstu reģionā vērojamas vairākas būtiskas tendences saistībā ar elektroenerģijas sistēmas pakalpojumiem.

Pašlaik Baltijas energosistēma strādā sinhroni ar Krievijas apvienoto energosistēmu. Baltijas valstu pārvades sistēmu operatori (PSO) daļēji regulē Baltijas energosistēmas balansu, neizmaksot rupjākas patēriņa un ģenerācijas disbalansa novirzes, bet Krievijas elektroenerģijas pārvades sistēmas operators nodrošina, lai Baltijas energosistēmā nepārtraukti būtu precīzs balanss un stabila sistēmas frekvence. 2025.gadā ir plānota Baltijas valstu energosistēmas sinhronizācija ar Eiropas tīkliem, līdz ar ko Baltijas tirgū būs jānodrošina papildu elektroenerģijas sistēmas stabilizācijas pakalpojumu klāsts.¹⁷

Izaicinājumus un vienlaikus investīciju potenciālu Baltijas energosistēmas balansēšanā rada ģenerācijas struktūras izmaiņas, ievērojami palielinoties AER daļai enerģijas portfelī un desinhronizācijas no Krievijas apvienotas energosistēmas projekts. Saskaņā ar ENTSO-E caurskatāmības platformā publicētajiem datiem Baltijas ģenerācija pēdējo piecu gadu laikā ir samazinājusies par 30% - no 20,7 TWh 2017. gadā līdz 15,7 TWh 2021. gadā. 2017. gadā Baltijas elektrostacijās tika saražots 82% no Baltijas elektroenerģijas patēriņa, bet 2021. gadā vairs tikai 56%.¹⁸ Straujo samazinājumu pamatā radja ģenerācijas samazināšanās Igaunijas degakmens elektrostacijās, kuras zaudēja konkurētspēju ogļskābās gāzes izmešu kvotu sadārdzinājuma rezultātā. Ģenerācijas un darbā esošo ģenerācijas bloku samazināšanās rezultātā sagaidāms ne tikai saražotās elektroenerģijas piedāvājums patēriņa tirgus, bet arī balansēšanas resursu sarukums reģionā.¹⁹

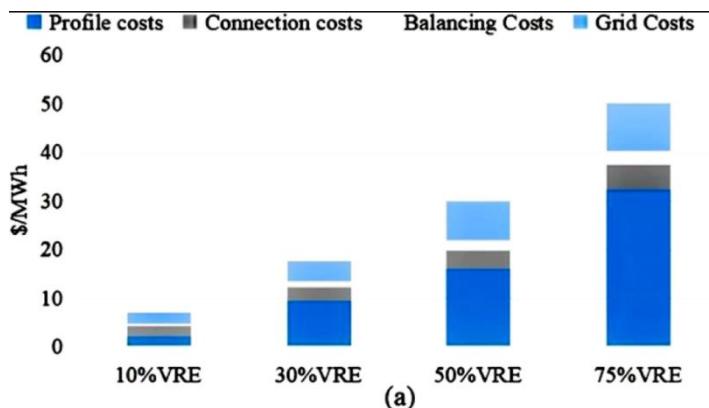
Vienlaikus Baltijā pieaug AER enerģijas ģenerācija. Piemēram, vēja elektrostacijās saražotās elektroenerģijas daudzums Baltijā pēdējo 10 gadu laikā ir četrkāršojies un 2021. gadā sasniedza 2,1 TWh. Aktīvā atjaunojamās ģenerācijas projektu attīstība reģionā ļauj pieņemt,

¹⁷ AS Augstsrieguma tīkls (2022). Sinhronizācija ar Eiropu. Pieejams: <https://ast.lv/lv/projects/sinhronizacija-ar-eiropu>

¹⁸ ENTSO-E (2022) Eiropas elektroenerģijas pārvades sistēmas operatoru platforma. Pieejama: <https://transparency.entsoe.eu>

¹⁹ Bogdanova O., Junghāns G. (2022). Baltijas energosistēmas balansēšanas tirgus vērienīgu izmaiņu priekšā // Jurista vārds, Nr.33 (1247). 16.augusts, 2022.

ka vismaz līdzīgs četrkārtīgs vēja ģenerācijas pieaugums varētu būt sagaidāms līdz 2030. gadam.²⁰ AER ģenerācijas nepastāvīgā rakstura dēļ pieaug nepieciešamība pēc papildus balansēšanas resursiem, kas spēj nodrošināt energosistēmas darbību arī brīžos, kad mainīgā ģenerācija nav pieejama (skat. 2.1.att.).



2.1.att. Balansēšanas pakalpojuma proporcija pret mainīgo ģenerāciju.²¹

Fiziskās izmaiņas Baltijas ģenerācijas struktūrā ir ieviesušas arī skaidri pamanāmas tendences Baltijas balansēšanas tirgū. Baltijas valstu energosistēmu novirze no plānotā balansa ir palielinājusies - 2021. gadā kopējais nebalansa apjoms bija par 21% lielāks, nekā 2018. gadā. Turklat, vislielākais nebalansa pieaugums ir novērojams valstīs, kurās ģenerācijas struktūras izmaiņas bija lielākas. Tā, piemēram, Igaunijā, kur būtiski samazinājās ģenerācija degakmens termoelektrostacijās un vienlaicīgi pieauga AER enerģijas ģenerācija, nebalansa apjoms pieauga par 24%. Lietuvā, kur notika starp Baltijas valstīm vislielākais AER ģenerācijas pieaugums, nebalansa apjoms arī pieauga par 24%. Latvijā pēdējos gados ģenerācijas struktūra mainījās salīdzinoši mazāk, un nebalansa apjoms 2021. gadā pieauga par 9%, salīdzinot ar 2018. gadu.²²

Tīkla stabilai darbībai PSO ir nepieciešamas šādi rezervju pakalpojumi:

- frekvences stabilizācijas rezervju (*frequency containment reserve – FCR*) mērķis ir stabilizēt frekvenci jeb apturēt frekvences kritumu sinhronajā zonā pēc tam, kad

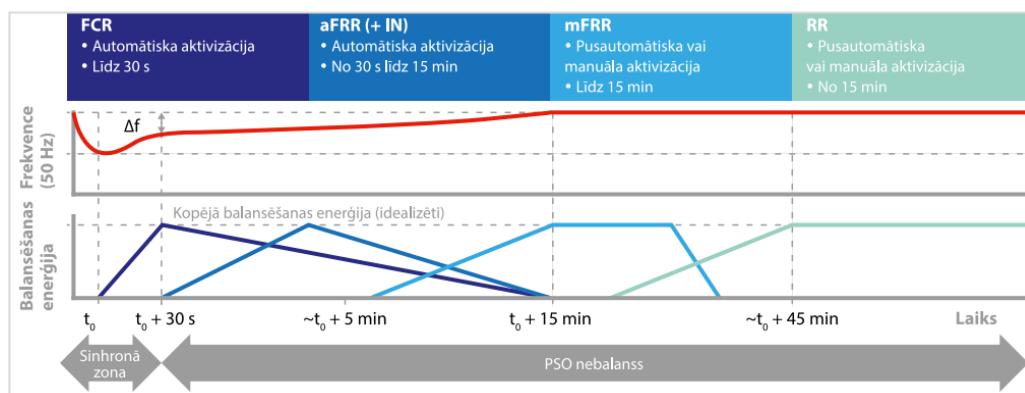
²⁰ Turpat.

²¹ Weiia T., Chua X., Yang D., etc.(2022). Power balance control of RES integrated power system by deep reinforcement learning with optimized utilization rate of renewable energy. Energy Reports Volume 8, Supplement 5, August 2022, Pages 544-553. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235248472200470X>

²² Bogdanova O., Junghāns G. (2022). Baltijas energosistēmas balansēšanas tirgus vērienīgu izmaiņu priekšā // Jurista vārds, Nr.33 (1247). 16.augusts, 2022.

sistēmā notikušas enerģijas balansa svārstības, piemēram, lielas elektrostacijas atslēgšanās dēļ.

- frekvences atjaunošanas rezerves (*frequency restoration reserve – FRR*) tiek aktivizētas frekvences atjaunošanas procesā, kas atgriež frekvenci pieļaujamās vērtības līmenī, aizstājot aktivizēto FCR rezervi.
- aizvietošanas rezervju aktivizācijas process nodrošina aktivizētās FRR rezerves aizvietošanu, aktivizējot aizvietošanas rezerves (*replacement reserve – RR*).²³



2.2.att. Frekvences regulēšanas rezervju veidi, to aktivizēšanas process un laiks.²⁴

Baltijas PSO ir veikuši tirgus pārbaudi, lai novērtētu pieejamo resursu apjomu, kas spētu nodrošināt FCR un FRR produktus, un secināja, ka FRR jaudas piedāvājums katrā valstī ir salīdzinoši zems, salīdzinot ar identificētajiem atsaucēs incidentiem (650 MW Igaunijā un 700 MW Lietuvā). Līdz ar to, attīstot Baltijas valstu kopējo balansēšanas tirgu, papildus balansēšanas jaudu apmaiņai liels uzsvars ir likts uz rezervju sadali, lai nodrošinātu pietiekamu FRR jaudas apjomu visā Baltijas balansēšanas zonā. Starp Baltijas PSO ir panākta vienošanās, ka, ņemot vērā nelīdzsvarotību starp konkrētā Baltijas balansēšanas zonā pieejamo balansēšanas jaudu un FRR rezervju prasību attiecīgajai zonai, visa balansēšanas jauda, kas tiek iepirkta starp Baltijas valstīm, var tikt uzskatīta par dalitu. Tas nozīmē, ka viens balansēšanas jaudas resurss ar vienu un to pašu līdzekli varēs apmierināt visu trīs Baltijas tirdzniecības zonu rezervju prasību izpildē.

²³ AS Augstspriguma tūkls (2022). Sistēmas regulēšana. Pieejams: <https://ast.lv/lv/content/sistemas-regulesana>

²⁴ Junghans G., Kalniņš M. (2020) Izstrādāti vienoti principi Baltijas elektroenerģijas sistēmas frekvences kontrolei un balansēšanai. Enerģija un Pasaule: 2020/5. 20.-23.lpp. Pieejams: https://www.ast.lv/sites/default/files/editor/EP_oct2020.pdf

Baltijas pārvades sistēmas operatori ir novērtējuši potenciālo balansēšanas tirgus apmēru, vadoties pēc plānotām AER ģenerācijas jaudām (skat. 2.1.tabulu zemāk).

2.1. tabula

Potenciālais Baltijas balansēšanas pakalpojumu tirgus apmērs²⁵

	Rezervju pieprasījums Baltijā, MW	PSO/BSO apjoms rezervju segšanai, MW	Baltijas jaudas tirgus daļa	
			MW	%
FCR uz augšu un leju	25	12	13	52
aFRR uz augšu	134	65	69	51
aFRR uz leju	134	65	69	51
mFRR uz augšu	677	177	500	74
mFRR uz leju	568	0	568	100
Kopā	1538	319	1219	79

Baltijas balansēšanas jaudas tirgus dizains neparedz rezerves jaudu apmaiņu vai dalīšanu ar blakus esošajām teritorijām ārpus Baltijas tirdzniecības zonām. Nemot vērā ierobežoto resursu apjomu Baltijā šobrīd un tuvākajā nākotnē, par ko liecina Baltijas PSO 2021.gadā veiktās tirgus pārbaudes rezultāti, Baltijas reģiona rezervju balansēšanas jaudas tirgus dizains paredz visu iespējamo Baltijā pieejamo resursu izmantošanu – neatkarīgi no atrašanās vietas, veida (ģenerācijas, patēriņa), lieluma, sastāva (atsevišķas tehnikas vienības un grupas) un īpašumtiesībām.

Lai iegūtu pēc iespējas lielāku elastību resursu izmantošanā, Baltijas balansēšanas kapacitātes tirgus dizains optimizēšanā izšķir divu veidu rezerves – primāros un rezerves resursus.

Primārie resursi ir rezerves, kuras izmanto normālos apstākļos, bez īpašiem ierobežojumiem, lai segtu FCR un FRR rezervju prasības Baltijas tirdzniecības zonās. Kā primārie resursi tiek izmantoti visi Baltijas balansēšanas jaudas tirgus dalībnieku piedāvājumi no rezerves resursiem, kas atrodas jebkurā no Baltijas tirdzniecības zonām.

Rezerves resursus var izmantot tikai gadījumā, ja ar primārajām rezervēm nav iespējams segt FCR un FRR rezervju prasības Baltijas tirdzniecības zonās pat pēc strap zonu pārvades jaudas

²⁵ AS "Augstsrieguma tīkls" (2022) veido elektroenerģijas balansēšanas tirgu, kas radīs jaunas investīciju un biznesa iespējas energouzņēmumiem. Pieejams: <https://ast.lv/lv/events/augstsrieguma-tikls-veido-elektroenergijas-balansesanas-tirgu-kas-radis-jaujas-investiciju>

(*cross-zonal transmission capacity – CZC*) palielināšanas līdz maksimālajam līmenim. Varētu būt Baltijas PSO īpašumā, iegādāti vai citā veidā pieejami resursi, kurus var izmantot kā rezerves resursus.²⁶

Kā jau tika minēts, fosilo energoresursu elektrostaciju pakāpeniska aizstāšana paralēli ātri augošai AER tehnoloģiju tirgus daļai, lielākoties ir balstīta uz dabasgāzes, kodolenerģijas un ūdeņraža tehnoloģiju kombināciju. Tāpat balansēšanas pakalpojumu tirgum var piedāvāt arī baterijas.

Nemot vērā augstāk minēto, Latvijas esošajiem un potenciālajiem uzņēmumiem, kuru rīcībā ir ģenerējošās jaudas būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojumus Baltijas vienotajā balansēšanas tirgū, t.i. sniedzot to ne tikai Latvijas tirgus dalībniekiem, bet pēc būtības eksportējot šo pakalpojumu arī Igaunijas un Lietuvas vajadzību apmierināšanai. Laikā, kad tirgus interese par AER ģenerāciju pieaug, šis balansēšanas pakalpojumu tirgus segments paliek nenosegts.

Kopumā Latvijai būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojuma eksportu uz pārējām Baltijas valstīm apmērā virs 1200 MW, bet vēlāk, pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrēšanas ES līmenī, arī valstīs ārpus Baltijas.

Lai Latvijas uzņēmēji apzinātu attiecīgā eksporta tirgus potenciālu, būtu nepieciešams nodrošināt informatīvo atbalstu, kā arī veicinošo tiesisko ietvaru balansēšanas pakalpojumu sniedzējiem konkurētspējīgo pakalpojumu piedāvāšanai Baltijas valstīs, bet pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrācijas ES - arī ārpus tā.

Secinājumi:

1. Vērtējot Latvijā saražotās enerģijas eksporta potenciālu, būtiski ļemt vērā šīs enerģijas konkurētspēju potenciālajos eksporta tirgos, kā arī tehniskās iespējas šādu enerģiju fiziski piegādāt. Baltijai sinhronizējot elektroenerģijas tīklu ar Eiropas kontinentāliem tīkliem, pastāvēs tehnoloģisks ierobežojums Baltijas reģionā saražotās elektroenerģijas pārpakumus novirzīt Polijā. Vienlaikus elektroenerģijas novirzīšanai Zviedrijas dienvidu cenu zonai, būtu iespējams attīstīt, piemēram,

²⁶ AS Augstsprieguma tīkls (2022). Sistēmas regulēšana. Pieejams: <https://ast.lv/lv/content/sistemas-regulesana>

Latvijas-Zviedrijas līdzstrāvas starpsavienojumu (*LasGo*). Līdz ar to būtu nepieciešams, piesaistot ES līdzfinansējumu, veikt attiecīgā starpsavienojuma ekonomiski-tehnisko izvērtējumu, nosakot tā potenciālās noslodzes efektivitāti, kas pēc būtības arī atspoguļos Zviedrijas tirgus pievilcīgumu Latvijā saražotajai vēja un saules enerģijai, kas pārsniedz vietējo pieprasījumu.

2. Neskatoties uz to, ka ūdeņraža tehnoloģijas ir aktīvi pieminētas gandrīz visos scenārijos, tikai daži sniedz konkrētas prognozes. Vienlaikus daži scenāriji (piemēram, *Bloomberg*), uzskata ūdeņradi par nākotnes ekonomikas mugurkaulu. Tāpat IRENA scenārijs īpaši akcentē bateriju lomu nākotnes virzībai uz klimatneitralitāti. Savukārt Bloomberg-Red scenārijs uzskata, ka tieši kodolenerģija spēlēs vadošo lomu tīrās enerģijas nākotnē.
3. Latvijas ģenerējošām jaudām būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojumus Baltijas vienotajā balansēšanas tirgū, t.i. sniedzot to ne tikai Latvijas tirgus dalībniekiem, bet pēc būtības eksportējot šo pakalpojumu arī Igaunijas un Lietuvas vajadzību apmierināšanai. Laikā, kad tirgus interese par AER ģenerāciju pieaug, šis balansēšanas pakalpojumu tirgus segments paliek nenosegts.
4. Latvijai būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojuma eksportu uz pārējām Baltijas valstīm apmērā virs 1200 MW, bet vēlāk, pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrēšanas ES līmenī, arī valstīs ārpus Baltijas.

Rekomendācijas:

1. Lai noteiktu Latvijā saražotās elektroenerģijas eksporta potenciālu, būtu iespējams veikt, piemēram, Latvijas-Zviedrijas starpsavienojuma *LasGo* ekonomiski-tehnisko izvērtējumu, attiecīgi novērtējot vēja enerģijas eksporta potenciālu no Latvijas uz Zviedrijas dienvidu cenu zonu. Tehnisko iespēju esība saražoto elektroenerģiju piegādāt cenu zonā ar augstāku cenas līmeni veicinās interesi par ģenerācijas attīstību Latvijā, ja attiecīgā cena būs konkurētspējīga plūsmai no Latvijas uz attiecīgo eksporta tirgu. Šādam izvērtējumam būtu rekomendējams piesaistīt ES līdzfinansējumu.

2. Nodrošināt informatīvo atbalstu, kā arī veicinošo tiesisko ietvaru balansēšanas pakalpojumu sniedzējiem konkurētspējīgo pakalpojumu piedāvāšanai Baltijas valstīs, bet pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrācijas ES - arī ārpus tā.

3. Zaļā ūdeņraža ražošanas un eksporta potenciāls

ES un pasaules tendences

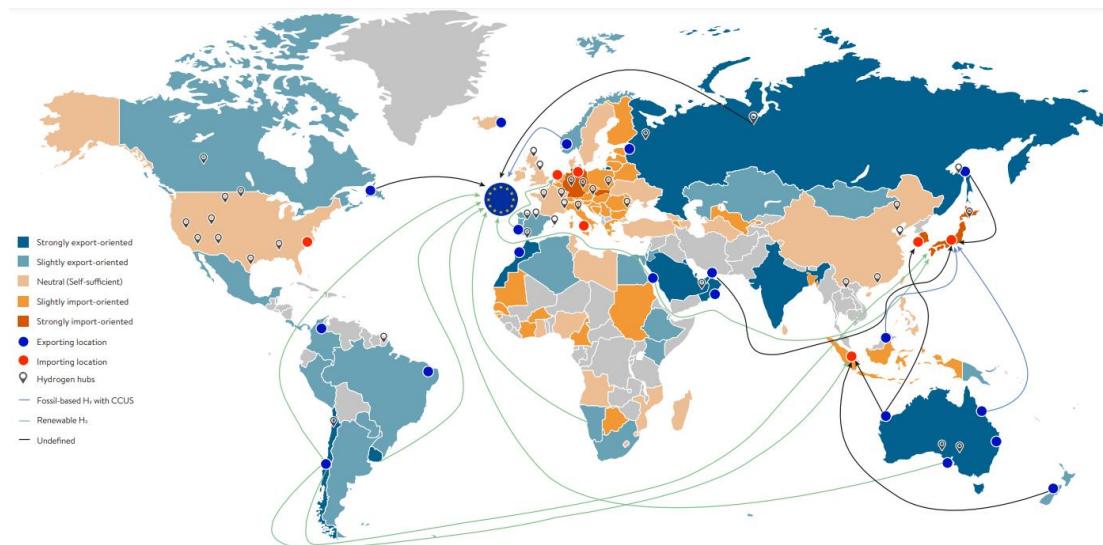
Eiropas Komisijas paziņojums “Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai” paredz, ka jau tuvākajā laikā ES ir iespējams pārvērst tīro ūdeņradi par dzīvotspējīgu risinājumu, kas palīdz dekarbonizēt dažādas nozares. Atbilstoši Eiropas Komisijas aplēsēm, līdz 2024. gadam ES varētu tikt uzstādītas atjaunīgā ūdeņraža elektrolīzeri ar kopējo jaudu 6 GW, bet līdz 2030. gadam — atjaunīgā ūdeņraža elektrolīzeri ar jaudu 40 GW un kāpināt ražošanu līdz **10 milj. t atjaunīgā ūdeņraža**. Šo plānu realizācija balstās uz Eiropas zaļā kursa, Komisijas “Jaunās Eiropas industriālās stratēģijas” un atveseļošanas plāna ambicioziem mērķiem un pasākumiem.

Galvenie ūdeņraža lietotāji varētu būt lielākās rafinētavās, tērauda ražotnēs un ķimiskās rūpniecības kompleksos. Ideālā gadījumā tos darbinās, tieši izmantojot vietējos atjaunīgos elektroenerģijas avotus. Tāpat būs nepieciešamas arī ūdeņraža uzpildes stacijas, lai sabiedriskajos autobusos un pēc tam arī kravas automobiļos varētu plaši izmantot ūdeņradi kā degvielu. Tas nozīmē, ka būs vajadzīgi elektrolīzeri, lai lokāli apgādātu aizvien vairāk ūdeņraža uzpildes staciju.

Atbilstoši Eiropas Komisijas vērtējumam, no 2025. līdz 2030. gadam ūdeņradim jākļūst par neatņemamu integrētas energosistēmas elementu. Svukārt, no 2030. gada līdz aptuveni 2050. gadam iecerēts, ka atjaunīgā ūdeņraža tehnoloģijas būs sasniegušas briedumu un tiks ieviestas plašā mērogā, tostarp visos grūti dekarbonizējamos sektoros, kur citu alternatīvu pašlaik izmantojamiem fosilajiem energoresursiem nav vai arī tās prasa lielākas izmaksas.²⁷

PEP veiktais pētījums liecina par to, ka centrālās Eiropas tirgus nespēs apmierināt savas vajadzības pēc ūdeņraža (skat. 3.1.attēlu), attiecīgi radot pievilcīgu tirgus potenciālu valstīm, kuras to spēj saražot eksportam nepieciešamā apjomā.

²⁷ Eiropas Komisija (2020). Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai: Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai. COM(2020) 301 final. 23.lpp. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>



3.1.att. Potenciālās zema oglekļa ūdeņraža importa-eksporta dinamikas karte 2040. gadā.²⁸

Attiecīgais attēls ir veidots vadoties pēc pašreizējām ūdeņraža ražošanas iniciatīvām un izmantojamiem energoresursiem, kurus būtu jāaizstāj ar zaļo ūdeņradi. Kā redzams no 2.attēla, ES varētu būt ļoti pievilcīgs tirgus ūdeņraža ražotājiem.

Ūdeņraža ražošanas ekonomika

Šobrīd ūdeņradis visbiežāk tiek iegūts, ūdenim reaģējot ar metānu vai oglekļa monoksīdu, kas izraisa ūdeņraža atdalīšanu no oglūdeņražiem pie ļoti augstām temperatūrām. Ūdeņradi var iegūt arī elektrolizējot ūdeni vai sālu šķidumus. Ūdeņradi, kas radies izmantojot AER elektroenerģiju tiek saukts par zaļo ūdeņradi.²⁹

“Atjaunīgais ūdeņradis” (vai zaļais ūdeņradis) ir ūdeņradis, kas saražots ūdens elektrolizes procesā (ar elektroenerģiju darbināmā elektrolīzē), ja elektroenerģija ir iegūta no AER. Parasti atjaunīgā ūdeņraža ražošanā tiek izmantota saules vai vēja enerģija.

Patlaban ne atjaunīgais ūdeņradis, ne mazoglekļa ūdeņradis (fosilais ūdeņradis ar oglekļa uztveršanu jeb CCS) izmaksu ziņā nespēj konkurēt ar “fosilo ūdeņradi” jeb ūdeņradi, kura ieguves procesā tiek izmanots metāns vai oglekļa monoksīds. Pašlaik fosilā ūdeņraža izmaksas ES tiek lēstas kā aptuveni 1,5 EUR/kg — šis skaitlis ir ļoti atkarīgs no dabasgāzes

²⁸ World Energy Council (2022). Regional Insights into Low-carbon Hydrogen Scale-up. World Energy Insights: Working Paper. World Energy Council, London – 56 p. Pieejams: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/regional-insights-low-carbon-hydrogen-scale-up-world-energy-council>

²⁹ U.S. Energy Information Administration (2022). Hydrogen explained. Production of hydrogen. Pieejams: <https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/production-of-hydrogen.php>

cenām, turklāt te nav ieskaitītas CO₂ izmaksas. Aplēstās izmaksas fosilajam ūdeņradim ar CCS ir aptuveni 2 EUR/kg, bet atjaunīgajam ūdeņradim — aptuveni 2,5–5,5 EUR/kg (balstoties uz pieņēmumu, ka dabasgāzes cenas ES ir 22 EUR/MWh, elektroenerģijas cenas — 35–87 EUR/MWh, bet jaudas izmaksas — 600 EUR/kW). Lai fosilais ūdeņradis ar CCS spētu konkurēt ar tradicionālo fosilo ūdeņradi, CO₂ cenai būtu jāiekļaujas diapazonā 55–90 EUR/t. Vienlaikus atjaunīgā ūdeņraža izmaksas strauji rūk.³⁰

1 kg ūdeņraža nodrošina 33,33 kWh enerģijas, vienlaikus, lai saražotu 1 kg ūdeņraža, izmantojot elektrolīzes tehnoloģiju, ir nepieciešams 39 kWh enerģijas. Šī proporcija arī nosaka ūdeņraža kā elektroenerģijas krātuves tehnoloģijas komerciālo interesi.

Zaļā ūdeņraža ražošanas izmaksas galvenokārt ir atkarīgas no elektroenerģijas cenas, kuru izmanto elektrolīzes procesa nodrošināšanai. Pie elektroenerģijas cenas USD 20/MWh ūdeņraža ražošanas izmaksas ir USD 1,00/kg H₂ bez CAPEX vai fiksētas OPEX (ar 70% efektivitāti, kas ir zemāka iespējamā sildīšanas vērtība).³¹

ES ūdeņraža stratēģijā ir minēts, ka Elektrolīzeru izmaksas pēdējos desmit gados jau ir samazinājušās par 60%, un paredzams, ka 2030. gadā, pateicoties apjomradītiem ietaupījumiem, tās būs uz pusi mazākas nekā pašlaik. Pamatojoties uz IEA, IRENA un BNEF izmaksu aplēsēm, pēc 2030. gada elektrolīzeru izmaksas samazināsies no 900 EUR/kW līdz 450 EUR/kW vai pat mazāk, bet pēc 2040. gada līdz pat 180 EUR/kW. CCS izmaksu dēļ dabasgāzes pārstrādes izmaksas pieauga no 810 EUR/kWh līdz 1512 EUR/kWh, bet 2050. gadā izmaksas varētu sasniegt 1152 EUR/kWh. Eiropas Komisija paredz, ka reģionos, kur AER elektroenerģija ir lēta, 2030. gadā zaļais ūdeņradis spēs konkurēt ar fosilo ūdeņradi. Pieņemot, ka pašreizējās elektroenerģijas un gāzes cenas nemainīsies, Eiropas Komisija prognozē, ka fosilā mazogleķla ūdeņraža cena 2030. gadā ES būs 2–2,5 EUR/kg, bet atjaunīgā ūdeņraža cena būs 1,1–2,4 EUR/kg. Šie būs galvenie faktori, kas virzīs pakāpenisku ūdeņraža tehnoloģiju attīstību visās ES ekonomikas nozarēs.³²

³⁰ Eiropas Komisija (2020). Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Eekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai: Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai. COM(2020) 301 final. 23 lpp. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

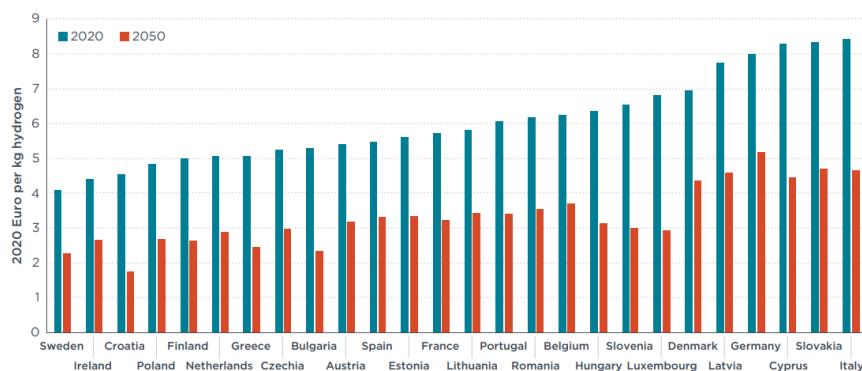
³¹ International Energy Agency (2021). Global Hydrogen Review 2021. International Energy Agency – 223 p. Pieejams: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>

³² Eiropas Komisija (2020). Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Eekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai: Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai. COM(2020) 301 final. 23 lpp. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

Vienlaikus ICCT pētījums uzskata, ka zaļā ūdeņraža cena ES varētu samazināties līdz 7 eiro par kg 2030. gadā un 5 eiro par kg ūdeņraža 2050. gadā. Šīs cenas ir ievērojami augstākas nekā Eiropas Komisijas mērķis – 1,8 eiro par kg ūdeņraža līdz 2030. gadam.³³

Ūdeņraža ražošanas iespējas Latvijā

ICCT pētījums, izvērtējot dažādu ES valstu zaļā ūdeņraža ražošanas potenciālās izmaksas, izmantojot lētāko iespējamo AER tehnoloģiju, uzskata, ka Latvijas izmaksas ir ievērojami augstākas par ES vidējo (skat. 3.2.attēlu).



3.2.att. Novērtētās ūdeņraža ražošanas izmaksas 26 ES valstīs, izmantojot vidējo izmaksu scenāriju.³⁴

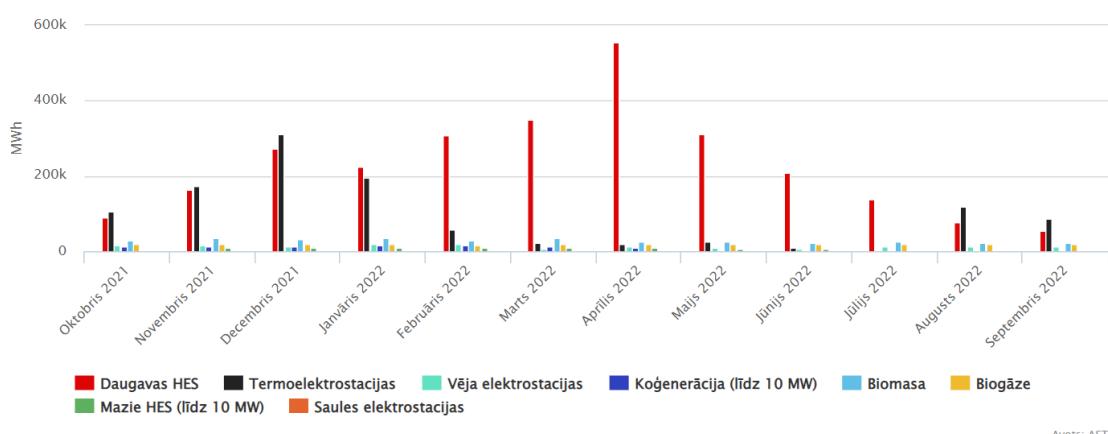
Minētajā pētījumā par lētāko AER tehnoloģiju Latvijā tiek uzskatīta vēja enerģija. Neskatotoies uz šo novērtējumu, ūdeņraža ražošana var būt vērtēta kā blakus ekonomiskā aktivitāte, attīstot vēja vai saules parkus un attiecīgi ģenerējot ūdeņradi brīžos, kad elektroenerģijas cena tirgū sasniedz komerciāli nepievilcīgu apakšējo robežu. Šajā gadījumā katrs projekts (vēja ģenerators plus ūdeņraža ražošana) būtu izvērtējams attiecībā uz tā komerciālo ilgtspēju, proti, vai elektrolīzes tehnoloģijas atdeves koeficients ir pietiekoši pievilcīgs projekta attīstītājam, balstoites uz šīs tehnoloģijas efektīvās noslodzes prognozēm (cik bieži elektrolīzes iekārta tiks ekspluatēta ūdeņraža ražošanai).

³³ International Council on Clean Transportation (2022) Cost of Renewable Hydrogen Produced Onsite at Hydrogen Refueling Stations in Europe. White paper. ICCT, 2022 – 17 p. Pieejams: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/fuels-eu-cost-renew-H-produced-onsite-H-refueling-stations-europe-feb22.pdf>

³⁴ International Council on Clean Transportation (2022) Cost of Renewable Hydrogen Produced Onsite at Hydrogen Refueling Stations in Europe. White paper. ICCT, 2022 – 17 p. Pieejams: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/fuels-eu-cost-renew-H-produced-onsite-H-refueling-stations-europe-feb22.pdf>

Tajā pašā laikā, Latvijas elektroenerģijas ražošanas bilanci veido 53% AER, pie tam hidroelektrostacijās (HES) ģenerētā elektrība, kas ir viena no šobrīd pasaulei lētākajām elektroenerģijas ģenerēšanas tehnoloģijām, absolūti dominē.

Daugavas HES ģenerējošo iekārtu jauda ir 1 558 MW. 2021.gadā HES tika saražotas 2,6 TWh elektroenerģijas.³⁵ Pretstatā ar citu valstu HES, pateicoties ģeogrāfiskajam izvietojumam bez straujām augstuma izmaiņām ūdens Daugavas upes baseinā elektrogenerācijai ir pieejams gandrīz visu gadu, ar īpaši augstu ūdens daudzumu pālu laikā.



Avots: AST

3.3.att. Latvijā saražotās elektroenerģijas bilance.³⁶

Jāatzīmē, ka mēnešos, kad reģionā ir salīdzinoši augsta ūdens pieejamība, elektroenerģijas cena NordPool biržā ir relatīvi zema. Attiecīgi ūdeņraža ražošanai nepieciešama **elektroenerģija**, kas tiktu ģenerēta HES, būtu konkurētspējīga salīdzinājumā ar citām ūdeņraža ražošanai izmantojamām AER tehnoloģijām. Nemot vērā to, ka zaļā ūdeņraža izmaksu būtiskākā pozīcija ir elektroenerģijas cena, šajos mēnešos HES saražotajai elektroenerģijai būtu lielāka pievienota vērtība, to izmantojot ūdeņraža ražošanai (kas pēc būtības ir elektroenerģijas uzglabāšana), nekā piedāvājot to elektroenerģijas tirgū. Ūdeņraža ražošanas projektu attīstot, AS Latvenergo nepieciešamo elektroenerģiju būtu iespējams saņemt no HES bez tirgus starpniecības, izmantojot tiešo pieslēgumu.

Papildus elektroenerģijai ūdeņraža ražošanai ir nepieciešams **ūdens**. Atbilstoši tehnoloģiskajam procesam, izmantojot aptuveni 9 kg ūdens var saražot 1 kg ūdeņraža. Kamēr

³⁵ AS Latvenergo (2022). Ražošana HES. Pieejams: <https://latvenergo.lv/lv/par-mums/razosana#hes>

³⁶ Augstsprieguma tīkls (2022). Elektroenerģijas tirgus pārskats. Pieejams: <https://ast.lv/lv/electricity-market-review>

kopumā ūdens pieprasījums ūdeņraža ražošanai ir diezgan zems, liela mēroga ūdeņraža ražotnes izveide var klūt par izaicinājumu saldūdens patēriņiem vietējā līmenī, jo īpaši reģionos ar ūdens trūkumu. Arī šajā gadījumā Daugavas upe nodrošina Latvijai konkurētspējas priekšrocību salīdzinot ar citām Eiropas valstīm.

Jūras ūdens izmantošana ir alternatīva piekrastes zonās. Reversās osmozes atsālošanai nepieciešamas 3–4 kWh elektroenerģijas uz m^3 ūdens, nedaudz palielinot kopējās ūdeņraža ražošanas izmaksas uz kg H₂. Dēļ jūras ūdens izmantošanas elektrolīzes procesā uz iekārtām veidojas korozija, tamdēļ dažādos pētniecības projektos tiek pētīti veidi, kā nākotnē uzlabot jūras ūdens izmantošanu elektrolīzē.³⁷ Ievērojot dabiskās neefektivitātes, kā arī ūdens demineralizācijas procesu, parasti ūdens patēriņš ir no 18 līdz 24 kg ūdens uz 1 kg ūdeņraža. Arī ūdeņraža kā enerģijas nesēja straujā izaugsme ir pamatā pieprasījumam pēc **nikela un cirkonija, ko izmanto elektrolizatoros**. Globālais pieprasījums pēc tehnoloģijām, kas vajadzīgas zema oglekļa ūdeņraža ražošanai, jo īpaši elektrolīzei, kā arī pieprasījums pēc to ražošanā izmantojamajiem materiāliem (t.i., tērauds, niķelis, platīns, irīdijs u.c.), pieaug, un tiem būtu jāpiešķir vairāk uzmanības turpmāk.³⁸

Pētījumos parasti min trīs plašāk izplatītus elektrolizatoru veidus: sārmainu (*alkaline*), protonu membrānu apmaiņa (*proton membrane exchange*) un cietais oksīds (*solid oxide*). Protonu membrānu apmaiņas tehnoloģijai ir salīdzinoši augstāki efektivitātes rādītāji.³⁹ Skābeklis ir ūdens elektrolīzes **blakusprodukts**. Ūdeņraža ražošanas procesa konkurētspēju uzlabo skābekļa pārdošana, ražotājiem gūstot papildu ieņēmumus. Publiskajā telpā ir ļoti ierobežota informācija par skābekļa vairumtirdzniecības cenu. Atbilstoši *Advanced Gas Technologies* aplēsēm (2021. gads), skābekļa pārdošanas cena varētu būt 0.13 euro par m^3 skābekļa. No 1 MW ienākošās elektroenerģijas var saražot 500 kg ūdeņraža dienā.⁴⁰

³⁷ International Energy Agency (2021) Global Hydrogen Review 2021. International Energy Agency – 223 p. Pieejams: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>

³⁸ World Energy Council (2022) Regional Insights into Low-carbon Hydrogen Scale-up. World Energy Insights: Working Paper. World Energy Council, London – 56 p. Pieejams: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/regional-insights-low-carbon-hydrogen-scale-up-world-energy-council>

³⁹ International Council on Clean Transportation (2022) Cost of Renewable Hydrogen Produced Onsite at Hydrogen Refueling Stations in Europe. White paper. ICCT, 2022 – 17 p. Pieejams: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/fuels-eu-cost-renew-H-produced-onsite-H-refueling-stations-europe-feb22.pdf>

⁴⁰ Creos, DESFA, Elering, etc. (2021) European Hydrogen Backbone. Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen. Gas for Climate. Imprint, 2021 – 113 p. Pieejams: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/EHB_Analysing-the-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen_June-2021.pdf

AS Latvenergo ir uzsākusi ar ūdeņraža saistīto pilotprojektu realizāciju. Iecere par ūdeņraža uzpildes staciju pie Ainažu VES paredz, ka pie Ainažu VES (1 MW) tiks uzbūvēts zaļā ūdeņraža ražošanas punkts un uzpildes stacija transportam. Tāpat AS “Latvenergo” ūdeņraža projekts paredz, ka tiks ražots zaļais ūdeņradis pielietojot polimēru elektrolīta membrānas elektrolīzes iekārtu un elektroenerģiju no mainīgas ģenerācijas vai no Daugavas hidroelektrostacijas, TEC-2 saules baterijām vai no vēja elektrostacijas. Saražotais ūdeņradis tiks uzglabāts, izmantots uzreiz sadedzināšanai gāzes turbīnās TEC-2 (piejaucot līdz 5% dabasgāzei) vai tiks ievadīts dabasgāzes pārvades tīklā.⁴¹

Infrastruktūra

Lai ūdeņradi kā energonesēju varētu plaši izmantot visā ES, ir jābūt pieejamai attiecīgajai infrastruktūrai, kas savieno piedāvājuma un pieprasījuma punktus. Ūdeņradi var transportēt gan pa cauruļvadiem, gan neizmantojot tīklu, piemēram, ar kravas automobiļiem vai kuģiem, kas piestāj pielāgotos sašķidrinātās dabasgāzes terminālos, ciktāl tas ir tehniski iespējams. Transportēt var gan tīru gāzveida ūdeņradi, gan sašķidrinātu ūdeņradi, gan ūdeņradi, kas saistīts lielākās, vieglāk transportējamās molekulās (piem., amonjakā vai šķidrājos organiskajos ūdeņraža nesējos). Ūdeņradi var arī cikliski vai sezonāli uzkrāt, piemēram, sāls alās (Apvienotajā Karalistē Jorkšīrā, britu uzņēmums trijās sāls alās aptuveni 400 m dzilumā pie 50 bāru spiediena glabā 1 milj. m³ tīra ūdeņraža (95 % H₂ un 3–4 % CO₂)). Eiropas tehniskais potenciāls uzglabāt ūdeņradi sāls alās ir aptuveni 85 PWh), kas ļauj ražot elektroenerģiju maksimālā pieprasījuma apmierināšanai pīķa stundās, nodrošināt apgādei nepieciešamo ūdeņradi un elastīgi ekspluatēt elektrolīzerus. Potenciāls glabāt ūdeņradi būtu arī Latvijā, nēmot vērā Latvijas ģeoloģiskās īpašības un attiecīgās labas iespējas gāzes krātuvju attīstībai.

Lai paātrinātu ūdeņraža izmantošanu un pildītu Eiropas klimata ambīcijas, kas līdz 2030. gadam paredz aizstāt 25–50 miljardus m³ importētās Krievijas gāzes gadā, tika izveidota Eiropas Ūdeņraža Muguraula (*European Hydrogen Backbone – EHB*) iniciatīva, kurā ietilps 31 Eiropas infrastruktūras sistēmas operators. EHB ir pieņēmusi ambiciozu darba

⁴¹ Ekonomistu apvienība (2022) Eiropas enerģētikas nākotne un transformācijas izaicinājumi Latvijai. Rīga, 2022 – 50 lpp. ISBN 978-9934-23-735-5 Pieejams: <https://www.ekonomisti.lv/2022/10/25/eiropas-energetikas-nakotne-un-transformacijas-izaicinajumi-latvijai/?download=3444>

programmu, izvirzot mērķi nodrošināt sava 2035. gada scenārija ieviešanu jau līdz 2030. gadam. Paātrinātā EHB vīzija liecina, ka līdz 2030. gadam varētu tikt izveidoti pieci Eiropas ūdeņraža piegādes un importa koridori 28 000 km garumā, kas savienos industriālos klasterus, ostas un ūdeņraža ielejas ar patēriņa reģioniem. EHB vīzija palīdzētu īstenot EK 2030. gada mērķi, veicināt 20,6 Mt atjaunojamo un zemu oglekļa emisiju Eiropas ūdeņraža tirgus attīstību.⁴²⁴³

Modelējot iespējamos ūdeņraža glabāšanas risinājumus, jāņem vērā elementa ķīmiskās īpatnības. Ūdeņraža divatomu molekulām ir ļoti niecīgs izmērs un masa, tādēļ tās ir ļoti kustīgas, kas apgrūtina ūdeņraža glabāšanu salīdzinot ar citām gāzēm – ūdeņradis var salīdzinoši viegli tikt cauri citām struktūrām. Tajā pašā laikā vidējās ūdeņraža uzglabāšanas izmaksas ir ap 9 €/MWh, salīdzinot ar 115 €/MWh vidējām izmaksām elektroenerģijas uzglabāšanai.⁴⁴

Baltijas dabasgāzes pārvades sistēmas operatori ir iniciējuši izpētes projektu par ūdeņraža ievadīšanu dabasgāzes pārvades tīklā.⁴⁵ Vienlaikus dabasgāzes un ūdeņraža sajauktās gāzes ievadīšanai pazemes gāzes krātuvē ir nepieciešams atsevišķs pētījums, kurš izvērtētu ģeoloģiskās struktūras iespējamās reakcijas ar ūdeņradi, kā arī ūdeņraža glabāšanai potenciāli paredzēto struktūru noturētspēju.

ES ūdeņraža stratēģijā ir minēts, ka koordinēts ES pētniecības un inovācijas atbalsts būtu jāpiešķir **liela mēroga un ietekmes projektiem visā ūdeņraža vērtības kēdē**, tostarp lieliem elektrolīzeriem, kuros tehnoloģiju iespējams testēt reālos apstākjos.

Pētniecības un inovācijas pamatprogrammas “Apvārsnis Eiropa” paspārnē tika izveidota institucionalizēta **Tīrā ūdeņraža partnerība**, kas galvenokārt strādās pie tādiem jautājumiem kā atjaunīgā ūdeņraža ražošana, pārvade, sadale un glabāšana, kā arī pie atsevišķām degvielas elementu tiešā lietojuma tehnoloģijām. Tīrā ūdeņraža partnerības galvenais uzdevums ir

⁴² AS Conexus Baltic Grid (2022) Eiropas ūdeņraža mugurkaula iniciatīvas ietvaros izstrādāta vīzija par ūdeņraža infrastruktūru. Pieejams: <https://www.conexus.lv/zinas-presei/eiropas-udenraza-mugurkaula-iniciativas-ietvaros-izstradata-vizija-par-udenraza-infrastrukturu>

⁴³ European Hydrogen Backbone (2022). Pieejams: www.ehb.eu

⁴⁴ Creos, DESFA, Elering, etc. (2021) European Hydrogen Backbone. Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen. Gas for Climate. Imprint, 2021 – 113 p. Pieejams: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/EHB_Analysing-the-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen_June-2021.pdf

⁴⁵ Conexus Baltic Grid (2022) Conexus ar starptautiskajiem partneriem uzsāk vienotu pētniecības un attīstības projektu ūdeņraža ievadīšanai un transportēšanai gāzes pārvadē. Pieejams: <https://www.conexus.lv/zinas-presei/conexus-ar-starptautiskajiem-partneriem-uzsak-vienotu-petniecibas-un-attistibas-projektu-udenraza-ievadisanai-un-transportesanai-gazes-parvade>

atbalstīt pētniecību, izstrādi un demonstrējumus, lai palīdzētu tehnoloģijām sasniegt tirggatavību, savukārt Tīrā ūdeņraža alianse koncentrēs resursus, lai nepieciešamās tehnoloģijas nonāktu rūpniecībā, jo tas ļaus vēl vairāk samazināt izmaksas un kāpināt konkurētspēju.⁴⁶

Turklāt ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmas (ES ETS) **Inovāciju fondam**, kurā nonāks aptuveni 10 miljardi euro, kas paredzēti mazolekļa tehnoloģiju atbalstam 2020.–2030. gada periodā, ir potenciāls sekmēt inovatīvu, uz ūdeņradi bāzētu tehnoloģiju pašus pirmos demonstrējumus. Fonds var ievērojami samazināt ar lieliem un sarežģītiem projektiem saistītos riskus, tāpēc tas piedāvā unikālu izdevību šādas tehnoloģijas sagatavot ieviešanai plašā mērogā.⁴⁷

Secinājumi:

1. Līdz ar to, Latvijai būtu jāizmanto ES piedāvātā finansiālā atbalsta iespējas, piemēram “Apvārsnis Eiropa”, piesakot izpētes projektu dabasgāzei piejauktā ūdeņraža glabāšanas īpatnību izvērtējumam Inčukalna pazemes gāzes krātuvē, kā arī atsevišķu tīrā ūdeņraža pazemes krātuvju potenciāla izvērtēšanai Latvijā, izmantojot valstī esošās vairākas unikālās ģeoloģiskās struktūras, kas varētu būt izmantotas gāžu pazemes glabāšanai.
2. Zaļajam ūdeņradim, kas saražots, izmantojot elektrolīzes tehnoloģiju un elektroenerģiju ģenerētu Daugavas HES, ir labs konkurētspējas potenciāls zaļā ūdeņraža tirgū. Augstas ūdens pieteces laikā ūdeņraža ražošana nodrošinātu attiecīgās elektroenerģijas izmantošanu ar augstāku pievienoto vērtību (ūdeņraža ražošanu un realizēšanu ar augstāku kopējo ekonomisko sniegumu), nekā elektroenerģijas pārdošana *NordPool* tirgū pie relatīvi zemas elektroenerģijas cenas reģionā.

⁴⁶ Eiropas Komisija (2020) Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai: Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai. COM(2020) 301 final. 23 lpp. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

⁴⁷ Eiropas Komisija (2022) Inovāciju fonds: ES iegulda 1,8 miljardus eiro tīro tehnoloģiju projektos. Pieejams: https://latvia.representation.ec.europa.eu/jaunumi/inovaciju-fonds-es-ie gulda-18-miljardus-eiro-tiro-tehnologiju-projektos-2022-07-12_lv

Rekomendācijas:

1. Izmantot Apvārsnis ES finansējumu Inčukalna pazemes gāzes krātuves izpēei, nosakot tehniskās iespējas glabāt dabasgāzi sajauktu ar ūdeņradi. Kā arī veikt izpēti Latvijas ģeoloģisko struktūru piemērotību tīrā ūdeņraža glabāšanai.
2. Veikt padziļinātu izpēti ūdeņraža ražošanas potenciālam Latvijā, izmantojot Daugavas HES.

4. Biogāzes ražošanas un eksporta potenciāls

Termins biodegviela attiecas uz šķidro, gāzes un cieto kurināmo, ko galvenokārt ražo no biomasas. Biodegvielas diskusijas ietver energoapgādes drošības apsvērumus, vides problēmas un sociālekonomiskos jautājumus, kas saistīti ar lauku nozari^{48 49}. Biogāzes var būt uzskatīta par vienu no biodegvielas veidiem, arī zinātniskajos rakstos tā tiek analizēta vienkopus ar citiem biodegvielas veidiem⁵⁰, līdz ar to uz to attiecas līdzīga rakstura diskusijas. Atjaunojamā biodegviela, ko iegūst no augiem un fotosintēzes mikroorganismiem, ir būtiska oglekļa neitrālai bioekonomikai. Tomēr ilgtspējīga biodegvielas ražošana joprojām gada daudzus zinātniskus sasniegumus⁵¹. Atkarībā no tehnoloģiju uzlabojumiem, turpmākajiem izmaksu samazinājumiem un atbalsta shēmām, biometāna ražošanas apjoms krasī pieauga, un šis pieaugums veicinās strauju tā izmantošanas pieaugumu transporta sektorā⁵². Pēdējos gados ir pieaudzis publikāciju skaits par inovācijām biometāna ražošanas jomā, piedāvājot dažādus risinājumus esošajās tehnoloģijās un analizējot jaunās iespējas.^{53 54 55 56}

Analizējot biogāzes nozari, nepieciešams precīzēt šā produkta definīciju un attīstības perspektīvas kontekstā ar to. Atbilstoši 2020. gadā pieņemtajai⁵⁷ EK metāna emisiju samazināšanas stratēģijai⁵⁸, tiek skaidri iezīmēta ES virzība uz biogāzes ražošanu, kurā tiek ievēroti vispārīgie bioenerģijas ilgtspējas kritēriji, kas izstrādāti atjaunīgās enerģijas tiesību aktu kontekstā, un Taksonomijas regulai. Attiecīgi biogāzes kontekstā būtu lietderīgi apskatīt biometāna ražošanas potenciālu eksporta vajadzībām, īpaši tāpēc, ka citas biogāzes ārējais

⁴⁸ Ayhan Demirbas, ‘Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections’, *Energy Conversion and Management*, 49.8 (2008). doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020

⁴⁹ Nicolae Scarlat, Jean François Dallemand, and Fernando Fahl, ‘Biogas: Developments and Perspectives in Europe’, *Renewable Energy*, 2018. doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006

⁵⁰ Yuzhong Liu and others, ‘Biofuels for a Sustainable Future’, *Cell*, 2021. doi.org/10.1016/j.cell.2021.01.052

⁵¹ Eva Mari Aro, ‘From First Generation Biofuels to Advanced Solar Biofuels’, *Ambio*, 45 (2016). doi.org/10.1007/s13280-015-0730-0

⁵² Scarlat, Dallemand, and Fahl.

⁵³ Lucía García Gómez and others, ‘Design and Development of a Tool for Selecting Operations to Obtain Biomethane from Biogas from Different Sources’, *International Journal of Energy Production and Management*, 7.1 (2022). doi.org/10.2495/EQ-V7-N1-35-47

⁵⁴ Cristian Moya and others, ‘Design of Biogas Upgrading Processes Based on Ionic Liquids’, *Chemical Engineering Journal*, 428 (2022). doi.org/10.1016/j.cej.2021.132103

⁵⁵ Nabin Aryal and others, ‘Microbial Electrochemical Approaches of Carbon Dioxide Utilization for Biogas Upgrading’, *Chemosphere*, 291 (2022). doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132843

⁵⁶ Kacper Świechowski and others, ‘The Influence of Low-Temperature Food Waste Biochars on Anaerobic Digestion of Food Waste’, *Materials*, 15.3 (2022). doi.org/10.3390/ma15030945

⁵⁷ European Commission, ‘Commission Adopts EU Methane Strategy’, 2020. Pieejams: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1833

⁵⁸ COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on an EU Strategy to Reduce Methane Emissions (European Commission, 2020). Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0663>

pieprasījums tiks ietekmēts politikas klimata pārmaiņu jomā rezultātā. Šī tendence novērojama arī Latvijas kontekstā⁵⁹.

Biogāzes pārveide par biometānu ir tehnoloģiski iespējama izmantojot vairākus risinājumus, bet tie prasa ievērojamas investīcijas. Tai pat laikā pētijumos secināts, ka lai gan biogāze nav ideāls risinājums globālajām siltumnīcefekta gāzu emisijām, tās vieta atkritumu apsaimniekošanas pasaulei ir ļoti nostiprinājusies un turpmākajos gados turpinās attīstīties⁶⁰. Attiecīgi, biometāna ražošanas kontekstā nozīmīgs ir pieejamais atbalsts nozarei, izmantošanas potenciāls valstī un tad eksporta potenciāls.

Biogāzes vai biometāna izmantošanas potenciāla jautājums eksportam nav nodalāms no jautājuma par infrastruktūras pieejamību, attiecīgi šis būtu pirmais aspekts, kuram būtu jāpieliek uzmanība. Atbilstoši stratēģijai, kas ir izstrādāta pirms Krievijas Federācijas kara Ukrainā (stratēģija 2019.-2025. gadam), Latvijas dabasgāzes pārvades sistēmas operators neparedz būtiskus projektus savā infrastruktūrā.

Stratēģijā minēts, ka Biometāna izmantošana nav plaši izplatīta dēļ tā ražošanas augstajām izmaksām salīdzinājumā ar biogāzi, kuru ir nepieciešams attīrīt un pārstrādāt, lai tā sasniegstu biometāna parametrus, kas piemēroti dabasgāzes iesūknēšanai. Izmēģinājuma projekti priekš elektroenerģijas pārveidošanas uz dabasgāzi notiek regulāri, taču pašreizējās tehnoloģijas uzņēmumiem vēl nepiedāvā ienesīgus risinājumus. Lai arī ir darbs pie jaunām, atjaunojamām dabasgāzes tehnoloģijām tiek veikts, nav paredzēts, ka līdz 2025. gadam šie jauninājumi būtiski ietekmēs dabasgāzes patēriņa prognozes⁶¹. Alternatīvi risinājumi, veidojot kurināmo transportam un tādējādi piekļūstot ārējiem tirgiem bez pārvades sistēmas izmantošanas, teorētiski ir iespējami, bet to īstenošanas praktiskie soli ir neskaidri: biogāzes ražošana Latvijā ir ļoti decentralizēta (kā tas tiks minēts tālāk, tas raksturīgs sistēmai kopumā), eksporta tirgus potenciāls nav pilnībā skaidrs, tāpat nav novērtējamās potenciālās investīcijas.

⁵⁹ LA.LV, ‘Biogāzes Nozari Rosinās Pārkārtot Biometāna Ražošanai’, 2021. Pieejams: <https://www.la.lv/biogases-nozari-rosinas-parkartot-biometana-razosanai>

⁶⁰ Amir Izzuddin Adnan and others, ‘Technologies for Biogas Upgrading to Biomethane: A Review’, *Bioengineering*, 2019. doi.org/10.3390/bioengineering6040092

⁶¹ AS Conexus, ‘Akciju Sabiedrības Conexus Baltic Grid PUBLISKĀ Daļa Vidēja Termiņa Stratēģija’. Pieejama: https://www.conexus.lv/uploads/filedir/Media/conexus_videja_termina_strategija.pdf

Globāli, pēc Eiropas biogāzes asociācijas vērtējuma, šobrīd sadales tīklam ir pieslēgti 47% biometāna ražotņu. Šī ir decentralizētā sistēma, kas atšķiras no centralizētās lielapjoma dabasgāzes pārvades tīkla darbības modeļa. Dažās valstīs pašreizējā lejupejošā struktūra no pārvades uz sadales tīklu tiek pielāgota, uzstādot apgrieztās plūsmas iekārtas⁶². Tas kopumā atstāj iespēju izmantot biometānu nevis kā dabasgāzes analogu, bet, piemēram, transportā vai ražojot elektroenerģiju. Jāatzīst, ka šajā jomā Latvijas virzība uz konkrētiem pasākumiem ir sākuma posmā, piemēram, 2022.gada jūlijā publicētajās vadlīnijās nacionālajam biogāzes ražošanas attīstības plānam, ir ietverts šāds pasākums: Izstrādāt normatīvo aktu bāzi un atbalsta mehānismus atkritumu pārstrādei ar biogāzes ražošanas principiem, tostarp, pielietojot principu “nauda seko atkritumu pārstrādātājam”, biogāzes un biometāna razotājiem, īpaši veicinot biometāna ražošanu un biogāzes attīrīšanai līdz biometāna kvalitātei, un infrastruktūras biometāna uzpildīšanai transportlīdzekļos un biometāna ievadei gažes tīkla izveidei⁶³. Uz virkni nepilnībām likumdošanā un atbalsta trūkumu vēsturiski norādījusi arī Latvijas Biogāzes asociācija⁶⁴. Šajā brīdī var secināt, ka stabila tiesiska vide biogāzes izmantošanas vai ražošanas jomā vēl nav izveidojusies, kas kavēs ambiciozu investīciju projektu īstenošanu, pat ja tiem būtu ekonomiskais potenciāls.

Tā nav tikai Latvijas raksturīgā problēma. Novērots, ka laika nepārtrauktības un skaidra politiskā virziena trūkums ir izaicinājums biogāzes risinājumu izstrādei. Biogāzes ražotāji saviem ieguldījumiem prasa samērā zemu risku, ko varētu nodrošināt ar ilgtermiņa līgumiem vai kāda veida apdrošināšanu. Tomēr stingrās sistēmas ir arī mazāk elastīgas un grūti pielāgojamas mainīgajiem apstākļiem. Tomēr plaša politiskā vienprātība par biogāzes risinājumu vērtību un nozīmi un koordināciju starp administratīvajiem līmeniem nozīmētu lielāku stabilitāti un uzlabotus apstākļus biogāzei⁶⁵.

⁶² Jaro Jens, David Gräf, and Matthias Schimmel, *Market State and Trends in Renewable and Low-Carbon Gases in Europe. A Gas for Climate Report*, 2021. Pieejams: <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2021/12/Gas-for-Climate-Market-State-and-Trends-report-2021.pdf>.

⁶³ Valsts vides dienests, *VADLĪNIJAS NACIONĀLAJAM BIOGĀZES RAŽOŠANAS ATTĪSTĪBAS PLĀNAM LATVIJĀ*, 2022. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/is->

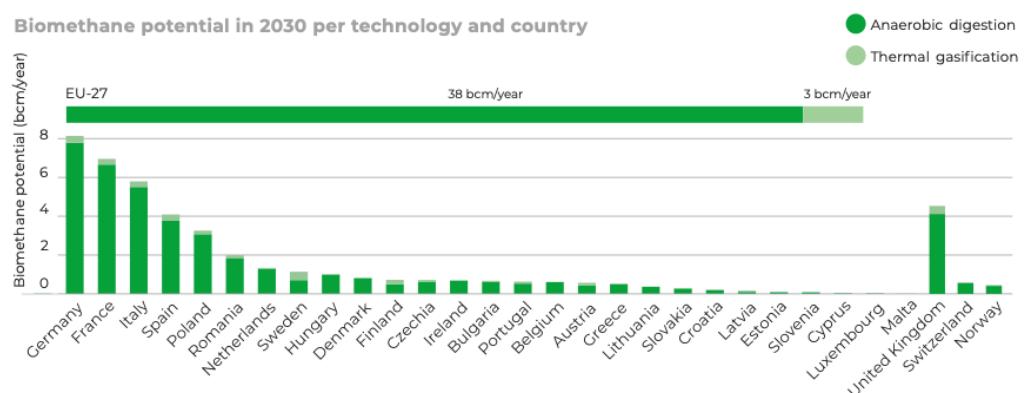
⁶⁴ Latvijas Biogāzes asociācija, ‘Biogāzes Ražošana Latvijā. Biometāna Legūšanas Un Izmantošanas Iespējas. Specifiskā Atbalsta Mērķis 4.5.1. “Attīstīt Videi Draudzīgu Sabiedriskā Transporta Infrastruktūru” Pasākums 4.5.1.2. “Attīstīt Videi Draudzīgu Sabiedriskā Transporta Inf”, 2016. Pieejams: https://www.sam.gov.lv/sites/sam/files/item_6133_6_lba_biometans_sm_06.20161_0.pdf

⁶⁵ M. Gustafsson and S. Anderberg, ‘Dimensions and Characteristics of Biogas Policies – Modelling the European Policy Landscape’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. doi.org/10.1016/j.rser.2020.110200

Tāpat ir novērots, ka attīstības valstis ar lielāku ekonomiskās globalizācijas pakāpi, spēj veicināt lielāku biodegvielas izmantošanu un ražošanu⁶⁶. Kaut uz Latviju nav pilnībā attiecināms raksturojums “attīstības valsts”, šis novērojams daļēji norāda uz to, ka, pastāvot zināmiem izaicinājumiem, ir lielāks potenciāls sasniegt labākus rezultātus noteiktajā jaunajā politikā. Šajā posmā Latvijai, pēc pētnieku domām, ir būtiskāk veidot skaidru politikas bāzi nozares attīstībai un koncentrēties uz pieejamo izejvielu efektīvāku izmantošanu vietējā produkta ražošanai, tas ļaus nākotnē plašāk diskutēt par paša produkta potenciālu valsts ekonomiskajos procesos.

Vienlaikus biometāna ražošanas potenciāls, pēc Eiropas Biogāzes asociācijas novērtējuma datiem, pieaug, kaut arī kopumā sastāda nebūtisku daļu gala enerģijas patēriņā (sk. iepriekšējās nodaļas). Var secināt, ka biometāna kā atsevišķa produkta eksportam potenciāls var būt salīdzinoši neliels, tāpat nav skaidrs šā produkta potenciāls, ievērojami samazinoties dabas gāzes patēriņam, kas var padarīt visu dabas gāzes pārvades infrastruktūru par grūti pārvaldāmu neliela biogāzes (biometāna) ražošanas apjoma gadījumā.

Pārskatot pasaules pētniecības progresu pēdējo 10 gadu laikā, redzams, ka biogāzes nozare ir izaugusi par ~ 90% (120 GW 2019. gadā salīdzinājumā ar 65 GW 2010. gadā⁶⁷.



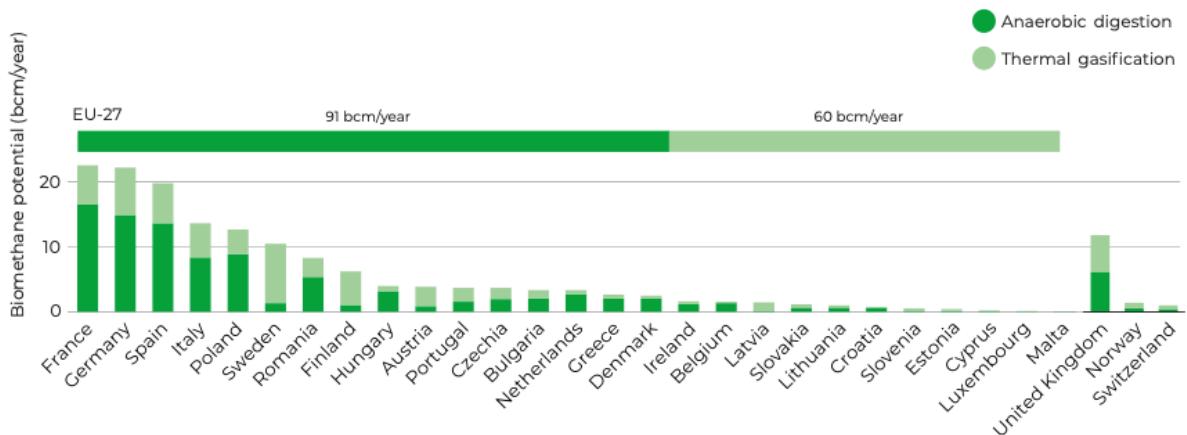
4.1. att. Biometāna ražošanas potenciāls ES valstīs, pēc tehnoloģijām, līdz 2030. gadam.⁶⁸

⁶⁶ Yogeeshwari Subramaniam and Tajul Ariffin Masron, ‘The Impact of Economic Globalization on Biofuel in Developing Countries’, *Energy Conversion and Management*: X, 10 (2021). doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100064

⁶⁷ S. Abanades and others, ‘A Critical Review of Biogas Production and Usage with Legislations Framework across the Globe’, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2022. doi.org/10.1007/s13762-021-03301-6

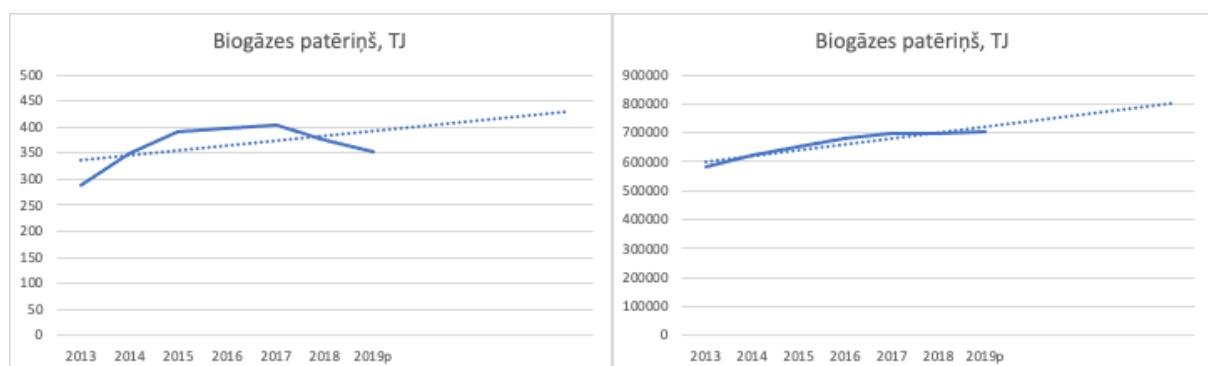
⁶⁸ Sacha Alberici, Grimme Wouter, and Gemma Toop, *Biomethane Production Potentials in the EU. Feasibility of REPowerEU 2030 Targets, Production Potentials in the Member States and Outlook to 2050*, 2022. Pieejams: <https://www.europeanbiogas.eu/biomethane-production-potentials-in-the-eu/>

Biomethane potential in 2050 per technology and country



4.2. att. Biometāna ražošanas potenciāls ES valstīs, pēc tehnoloģijām, līdz 2050. gadam.⁶⁹

Biogāzes nozare, neskatoties uz vairākiem minētajiem izaicinājumiem, demonstrē izaugsmi ES un pastāv iespēja saglabāt izaugsmes potenciālu arī Latvijā. Vienlaikus būtu jāmin, ka ES netika novēroti biogāzes patēriņa samazinājuma periodi kopš 2013. gada, bet Latvijā 2019. gada patēriņš bija zemāks par 2015. gada patēriņu.



4.3. att. Biogāzes patēriņš un potenciālais trends Latvijā (pa kreisi) un ES.⁷⁰

Biogāzes ražošana varētu palielināties, plaši izmantojot dažādas organisko atkritumu plūsmas, piemēram, pārtikas atkritumus, augu atliekas, noteķudeņu attīrišanas noteķudeņu dūņas vai mikro un makro alģes (saldūdens un jūras). Lai gan anaerobā fermentācija ir labi izveidota un zināmā mērā demonstrēta tehnoloģija, daži uzlabojumi un izmaksu

⁶⁹ Turpat.

⁷⁰ Darba autori, pamatojoties uz pieejamo informāciju no EUROSTAT, Energy Data 2020 Edition, 2020. doi.org/10.2785/68334

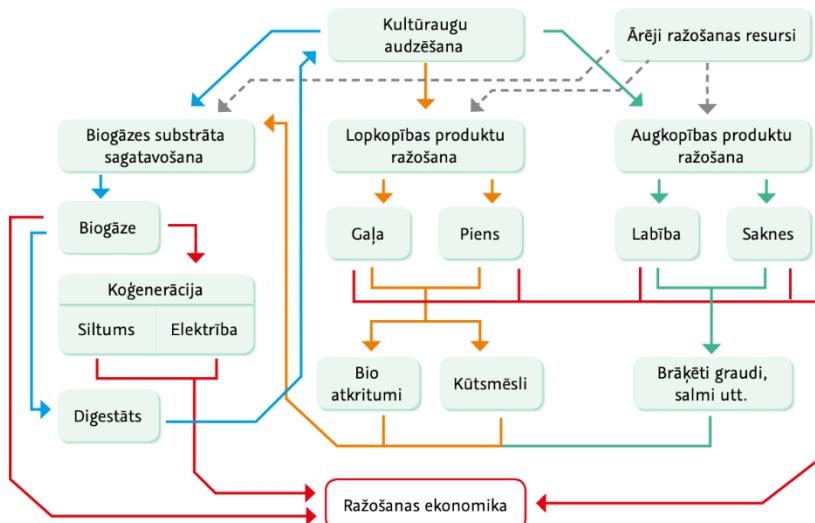
samazinājums varētu būt sagaidāms no uzlabotiem bioloģiskajiem procesiem, kas palielina bioloģisko efektivitāti un biogāzes ražošanas efektivitāti⁷¹.

Situācija Latvijā izriet no pieejamiem reģistriem, viens no tiem ir Pārtikas un veterinārā dienesta apkopojums par biogāzes ražošanas uzņēmumiem, izpildot Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 1069/2009 (2009. gada 21. oktobris), ar ko nosaka veselības aizsardzības noteikumus attiecībā uz dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem un atvasinātajiem produktiem, kuri nav paredzēti cilvēku patēriņam, un ar ko atceļ Regulu (EK) Nr. 1774/2002 (Dzīvnieku izcelsmes blakusproduktu regula) 24.panta pirmās daļas (g) punkta prasības. Tāpat publiski ir pieejama informācija par to, ka Latvijas valsts jau rezervējusi vairāk nekā 21 miljonu eiro ES atbalsta naudas biometāna iekārtu uzstādišanai atkritumu poligona biogāzes stacijās ES 2021.–2027. gada plānošanas periodā⁷². Tas atkārtoti apliecina divas tēzes: biometāna ražošanas attīstība notiek neatkarīgi no paša produkta eksporta potenciāla, tāpat šobrīd ekosistēma nav centralizēta vai arī nav pārstāvēta ar uzņēmumiem, kuru loma enerģētikas joma ievērojami ietekmētu valsti kopumā. Jāatzīst, ka tai pat laikā daudziem uzņēmumiem ir izteikta ietekme uz atsevišķiem reģioniem.

Apskatot biogāzes energijas ražošanas ciklu, tēze par nozares turpmāko attīstību apstiprinās, jo joprojām būs nepieciešami risinājumi attiecībā uz atsevišķiem atkritumu veidiem (sk. zemāk).

⁷¹ Scarlat, Dallemand, and Fahl.

⁷² Latvijā plāno atbalstīt vien no atkritumiem ražotu biogāzi, rosinot ražotājus kļūt par sanitāriem. LA. 11.01.2021. Pieejams: <https://www.la.lv/biogases-razotajus-rosinas-klut-par-sanitariem>



4.4.att. Biogāzes enerģijas ražošanas principiālā modeļa shēma.⁷³

Biogāzes būtiskākie izmantošanas veidi ir šādi⁷⁴:

- Sadedzināšana, ražojot siltumu
- Koģenerācija, ražojot elektrību un siltumu
- Transports, izmantojot kompresijas metodi sākotnēji “normalizētai” biogāzei
- Nonākšana dabasgāzes pārvades sistēmā tālākai izmantošanai

Iepriekš apskatīti izaicinājumi saistībā ar diviem pēdējiem punktiem. Attiecīgi, esošajā vidē Latvijā būtu jārisina jautājums par pakāpenisku nozares izaugsmi kontekstā ar klimata mērķiem, piemēram, atkritumu efektīvu izmantošanu⁷⁵. Paredzams, ka vidējā termiņā nozare turpinās pastāvēt un tai ir potenciāls attīstībai, kas sākotnēji varētu veicināt pirmo divu biogāzes izmantošanas veidu plašāku pielietojumu.

Šādā situācijā eksporta potenciāls biogāzei veidojas nevis no produkcijas tiešā eksporta, bet no importa samazināšanos vai cita produkta eksporta, ko biogāze aizvietos. Pētnieku skatījumā, atbildot uz pētījuma jautājumu par nozares eksporta potenciālu, būtu jāatbild noliedzoši, vienlaikus, ieguldījums nozarē palīdz sasniegt citus mērķus un, mazināt citu produktu importu vai palielināt aizvietoto produktu eksportu.

⁷³ Naglis-Liepa, 2013, atkārtoti, LLU. Klimatam draudzīga lauksaimniecības prakse Latvijā. Biogāzes ražošanas veicināšana. Latvijas Lauksaimniecības Universitāte. Pieejams: www.llu.lv/sites/default/files/files/lapas/Biogases-razosanas-veicinasana.pdf

⁷⁴ Abanades and others.

⁷⁵ Siti Noor Khaleeda Mhd Syahri and others, ‘Recent Challenges of Biogas Production and Its Conversion to Electrical Energy’, *Journal of Ecological Engineering*, 23.3 (2022). doi.org/10.12911/22998993/146132

Secinājumi:

1. Biogāze ES un pasaulē ir augošā nozare, Latvijā attīstība ir salīdzinoši lēna. Viens no būtiskiem faktoriem nozares attīstībai ir stabila tiesiskā vide un potenciāli nozares atbalsts.
2. Latvijas izaicinājumi tiesiskajā un atbalsta jomā nav unikāli, tāpēc jautājums par šo šķēršļu pārvarēšanu nav tiešā veidā saistīts ar ekonomisko prioritāti, bet vietu politikas veidotāju prioritāšu sarakstā. Tai pat laikā ir skaidra ES kopīgā nostāja biogāzes (konkrēti biometāna) jomā un klimata pārmaiņu jomā kopumā, kas būtu jāņem vērā, nosakot plānus nozares attīstībai.
3. Nozares eksporta potenciāls šajā brīdī ir zems, bet vidējā termiņā tas atkarīgs no pieejamās infrastruktūras un tiesiskā regulējuma (ieskaitot tā stabilitāti).

Rekomendācijas:

1. Politikas veidotājiem ir jābūt vienotai izpratnei par nozarē pilnveidojamajiem tiesību aktiem un veicamajiem darbiem šajā sakarā. Pastāvot atsevišķām rekomendācijām dažādos dokumentos (piemēram, Valsts vides dienesta publicētais materiāls 2022. gadā⁷⁶) tiek apgrūtinātā nozares attīstība.
2. Politikas veidotājiem ir jāapzinās, ka nozares attīstība prasīs papildu ieguldījumus, attiecīgi būtu jānosaka šāda potenciāla atbalsta mērķis, lai kopējais ekonomiskais labums valstij un sabiedrībai joprojām būtu pozitīvs, piemēram, biogāzes izmantošana, aizstājot fosilos kurināmos, palīdz sasniegt valsts noteiktos klimata mērķus, bet vienlaikus var veicināt importa samazināšanu.
3. Nepieciešams pārskatīt veidu, kādā veidā tiek koordinēta atbalsta sniegšana, ja atbalsta rezultātā veidojas ietekmē uz vairākām jomām (šajā gadījumā – lauksaimniecības, vides, klimata un enerģētikas jomu), kādā veidā rezultāti, kuri ir sagaidāmi no šāda atbalsta sniegšanas tiek ņemti vērā enerģētikas politikas dokumentos.

⁷⁶ Valsts vides dienests.

5. Pazemes krātuvju pakalpojuma potenciāls Eiropas līmenī – Dobeles potenciāla izmantošana

Eiropas Savienībā 2021. gadā tika patērieti 413,6 bcm (~4040,64 TWh) dabasgāzes (+4% salīdzinājumā ar 2020. gadu), tai skaitā 37% - ēkās, 28% - elektrostacijās un 27% - rūpniecībā.⁷⁷

Lielākais dabasgāzes patērētājs Eiropā ir Vācija, kas patērē gandrīz $\frac{1}{2}$ no visas Eiropas Savienības dabasgāzes patēriņa. Vācijas dabasgāzes imports 2021.gadā sasniedza 171,3 bcm, bet iekšzemes patēriņš - 93,6 bcm (*Destatis, Eurostat*). Tādējādi gandrīz 78 bcm tika reeksportēti caur dabasgāzes vairumtirgotājiem, kas tirgo dabasgāzes apjomus citur Eiropas Savienībā.⁷⁸ Savukārt, Latvijai tuvākas Polijas dabasgāzes patēriņš 2021. gadā veidoja 23,6 bcm apjoma,⁷⁹ savukārt Somijas patēriņš bija 2,5 bcm.⁸⁰ Baltijas valstis 2021. gadā kopā patērēja 4 bcm (Lietuva - 2,3 bcm, Latvija - 1,2 bcm, Igaunija 0,5 bcm).⁸¹ Kopš šī gada Latvijai un Baltijas reģionam kopumā ir dabasgāzes savienojums ar Eiropas un, primāri Polijas dabasgāzes tirgu, ko nodrošina ekspluatācijā nodotais (Polijas-Lietuvas) starpsavienojums (*Gas Interconnection Poland–Lithuania (GIPL)*).

Daļa Vācijas pazemes dabasgāzes krātuvju pieder Krievijas valdības kontrolētajam uzņēmumam “Gazprom”⁸² – pastāv šo krātuvju nacionalizācijas riski⁸³, un citi šobrīd neparedzami riski, kas var ietekmēt stabili un ilgtermiņā drošu Vācijas dabasgāzes apgādes sistēmas darbību.

Virzoties uz klimatneitralitāti un ES līmenī slēdzot ogļu stacijas, dabasgāzes nozīme tuvākajā nākotnē saglabāsies. Nēmot vērā Eiropas kontinentā notiekošo Krievijas agresiju Ukrainā, kā arī Krievijas agresīvās darbības pret ES dalībvalstīm, dažādu iemeslu dēļ samazinot dabasgāzes apjomu, nākotnē dabasgāzes, kas piegādāta, izmantojot pagājušajā gadsimtā izbūvēto dabasgāzes infrastruktūru no Krievijas paļauties nevajadzētu. Bet esošās dabasgāzes

⁷⁷ Pieejams: <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/european-commission-unveils-plan-cut-eu-gas-consumption-15.html>

⁷⁸ Pieejams: <https://www.kpler.com/blog/will-germany-have-to-cut-nat-gas-consumption-beyond-15>

⁷⁹ Pieejams: <https://www.enerdata.net/estore/energy-market/poland/>

⁸⁰ Pieejams: <https://gasgrid.fi/en/2022/02/21/gas-markets-in-2021/>

⁸¹ Pieejams: <https://ies.lublin.pl/en/comments/the-baltic-states-stop-russian-natural-gas-imports/>

⁸² Pieejams: <https://www.argusmedia.com/en/news/2326914-gazproms-european-gas-storage-empties-out>

⁸³ Pieejams: <https://www.reuters.com/business/energy/germany-prepares-possible-nationalisation-gazprom-germania-paper-2022-08-27/>

krātuves ES nosedz 25-30% no ES ikgadējā ziemas sezonas patēriņa.⁸⁴ Un šeit pastāv liels potenciāls Latvijas zemes dziļu potenciāla izmantošanā dabasgāzes uzglabāšanā, kas spētu Latviju izcelt reģionāla enerģētikas līdera statusā, būtiski arī uzlabojot tautsaimniecības attīstības iespējas.

Latvijā tikai divi lokālie pacēlumi – Inčukalna un Dobeles struktūra ir pētītas ar mērķi novērtēt to piemērotību glabātavu ierīkošanai.⁸⁵ Savukārt, tikai viens lokālais pacēlums - Inčukalna pazemes struktūra šobrīd tiek izmantots arī kā dabasgāzes pazemes krātuve.

Esošie dati par ģeoloģisko uzbūvi norāda, ka Latvijā, salīdzinājumā ar citām Ziemeļeiropas valstīm, ir atbilstošs visu ģeoloģisko apstākļu kopums dabasgāzes pazemes glabātavu izveidei. Piemēram, Igaunijā ģeoloģiskie apstākļi vispār nav piemēroti gāzes uzglabāšanai, Lietuvā analoga horizonta smilšakmeņi atrodas lielā dziļumā un to kolektorīpašības ir ievērojamī sliktākas. Par lielu glabātavu izveides potenciālu liecina arī tas, ka papildus jau esošajai Inčukalna gāzes krātuvei, var tikt ierīkotas jaunas. To apliecina Dobeles struktūras izpētes rezultāti, kā arī citu lielāko lokālpacēlumu – Ziemeļblīdenes, Snēpeles, Degoles u.c. pirmvērtējums. Pazemes dabasgāzes glabātavu veidošanai perspektīva ir Latvijas centrālā un rietumu daļa, jo šeit ir izplatīti lieli lokālpacēlumi, kolektorslānis ar labvēlīgām īpašībām, kuru pārsedz gāzi necaurlaidīgi ieži, ir piemēroti labvēlīgi hidrogeoloģiskie apstākļi un rezervuārs iegūl optimālā dziļumā. Saskaņā ar pirmvērtējumu, perspektīvāko struktūru (Dobeles, Ziemeļblīdenes, Snēpeles, Degoles) kopējais gāzes apjoms sasniedz 64 miljardus m³, aktīvās gāzes – 32 miljardus m³.⁸⁶

Saskaņā ar pašreizējo izpētes pakāpi, Latvijā 15 struktūras varētu būt piemērotas pazemes dabasgāzes glabātavu ierīkošanai, jo to struktūrgeoloģiskie apstākļi ir līdzīgi kā Inčukalna pacēlumā. Galvenie kritēriji, nosakot perspektīvos objektus, ir: pēc seismiskiem datiem noteikta lokālpacēluma esamība, struktūrlazda izmēri un ieguluma dziļums, kolektorslāņa īpašības un droša sprostslāņa klātbūtnē, kā arī izpētes pakāpe un infrastruktūras tuvums. Pēc šiem kritērijiem dabasgāzes pazemes glabātavu ierīkošanai perspektīvās struktūru prioritārā

⁸⁴ Pieejams: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/gas-storage_en

⁸⁵ Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra. Ģeoloģiskās struktūras dabasgāzes pazemes glabātavu izveidei. Rīga: 2007.gads, 8.lpp. Pieejams: https://videscentrs.lv/gmc/lv/files/files/Geologija/Geol_structuras.pdf

⁸⁶ Turpat.

secība ir šāda: Dobeles, Snēpeles, Ziemeļblīdenes, Degoles, Kalvenes, Vērgales, Usmas, Ēdoles, Ziemeļkuldīgas, Liepājas, Ziemeļlīgatnes, Lūku-Dūku, Aizputes, Dienvidkandavas un Viesatu lokālpacēlumi. Visas minētās perspektīvās gāzes glabātavu struktūras (izņemot Dobeles, kura jau daļēji izpētīta) vēl ir detalizēti jāpēta, lai apstiprinātu to piemērotību glabātavu veidošanai. Būtu jāizpilda seismiskie darbi, lai kartētu struktūru un tām pieguļošo lūzumzonu, kas var izsaukt gāzes noplūdi, izplatību. Šīs izpētes rezultātus nepieciešams pārbaudīt un konkretizēt ar urbumiem, lai precīzētu ģeoloģisko uzbūvi un iežu kolektorīpašības. Nepieciešami arī eksperimentālie pētījumi, jo jānosaka gāzes iesūknēšanas un atsūknēšanas iespējas⁸⁷

Šobrīd AS „Conexus Baltic Grid” ir vienigais dabasgāzes uzglabāšanas operators Latvijā un pārvalda vienīgo funkcionējošo dabasgāzes krātuvi Baltijas valstīs — Inčukalna pazemes gāzes krātuvi, rūpējoties par reģionālās gāzapgādes stabilitātes nodrošināšanu un reģiona enerģētisko drošību. AS „Conexus Baltic Grid” sertificētiem tirgotājiem sniedz iespēju uzglabāt dabasgāzi tirdzniecībai Latvijas vai citos tirgos. Inčukalna pazemes gāzes krātuvei lauj uzglabāt līdz pat 24 TWh (2,3 miljardi m³) aktīvās dabasgāzes⁸⁸, kas pilnīgi nosedz reģiona prasības, pieaugot energoresursa pieprasījumam apkures sezonā.⁸⁹

Dobeles struktūra – dabasgāzes uzglabāšanai piemērots lokālpacēlums Dabasgāzes pazemes glabātavas izveidei perspektīvā Dobeles struktūra jeb lokālpacēlums atrodas Latvijas centrālajā daļā 12 km uz rietumiem no Dobeles pilsētas vairāku pagastu teritorijā. Lokālpacēlumu kristāliskā pamatklintāja virsmas reljefā konstatēja jau 1969. gadā, veicot reģionālos magnetotelūriskās profilēšanas darbus. 1970.-1971. gadā struktūras laukumā izpildīja atstaroto vilņu metodes seismiskos pētījumus (seismisko profili kopgarums sasniedza apmēram 200 km). To rezultātā pēc seismiskā reflektora ordovika virsmā konstatēja lielu pielūzuma lokālpacēlumu, kurš tika ieteikts naftas meklēšanai. 1971.-1972. gadā struktūras laukumā izurba divus struktūrmeklēšanas urbumus: Dobele-91 – pacēluma

⁸⁷ Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra. Ģeoloģiskās struktūras dabasgāzes pazemes glabātavu izveidei. Rīga: 2007.gads, 8.lpp. Pieejams: https://videscentrs.lv/gmc/lv/files/files/Geologija/Geol_structuras.pdf

⁸⁸ Tehniskās jaudas pieejamība katru gadu atšķiras. AS "Conexus Baltic Grid" ir noteikusi tehniskās jaudas prognozi saskaņā ar Inčukalna pazemes gāzes krātuves (PGK) lietošanas noteikumiem nākamajam, 2023. /2024. gada krātuves ciklam 21.1 TWh apmērā. Pieejams: <https://www.conexus.lv/aktualitates-sistemas-lietotajiem/inculkalna-pgk-tehniskas-jaudas-prognoze-20232024-gada-kratuvies-ciklam>

⁸⁹ Pieejams: <https://www.conexus.lv/pazemes-dabasgazes-kratuve>

velvē un Dobele-92 – iegrīmušajā blokā, kuri sasniedza kristāliskā pamatklintāja iežus. Urbšanas rezultāti apliecināja pacēluma un lielas amplitūdas lūzuma esamību kristāliskajā pamatklintājā un apakšpaleozoja nogulumos. Oglūdeņražu pazīmes urbumos neatrada, toties konstatēja labas kembrija nogulumiežu ietilpības-filtrācijas īpašības, kas ļāva struktūru atzīt par perspektīvu objektu dabasgāzes glabāšanai kembrija nogulumos. 1987.-1990. gados ražošanas apvienība “Sojuzburgaz” veica Dobeles struktūras pētījumus, kuru mērķis bija izpētīt vai objekta ģeoloģiskie apstākļi ir piemēroti dabasgāzes pazemes glabātavas veidošanai. Līdz 1990.gadam laukumā izurba 18 meklēšanas un izpētes urbumus, kuri atsedza kolektorslāni. Visos urbumos izpildīts apjomīgs pētniecības darbu komplekss, kas ietvēra kembrija kolektoriežu, ordovika un silūra sprostslāňkopas serdes analīzi, kompleksu ģeofizikālo izpēti (karotāža), hidrogeoloģiskos un slāņa-kolektora hidrodinamiskos pētījumus. Izpētes rezultāti apliecināja, ka Dobeles struktūra ir piemērota dabasgāzes glabāšanai.⁹⁰

Kā viens no iespējamiem ieguvumiem tautsaimniecībai, plašāk izmantojot pazemes struktūru potenciālu (līdz 32 miljardi m³), būtu dabasgāzes uzglabāšana. Tālāk šī pētījuma ietvaros tiek apskatītas arī CO₂ uzglabāšanas perspektīvas.

Tarifs izejas punktam Latvijas lietotāju apgādei no 2021. gada 1. oktobra - 1.9296946 EUR/MWh.⁹¹ Jaudas produktiem, kuru rezervēšana paredzēta saskaņā ar AS “Conexus Baltic Grid” tīmekļvietnē publicēto krātuves jaudas izsoļu grafiku, uzglabāšanas jaudas produktu tarifi piemērojami saskaņā ar Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas 2021. gada 1. marta lēmumu.⁹²

Attiecīgi 32 miljardi m³ (340 800 000 MWh) zemes dzīļu potenciāla uzlabošanas tarifa ietvaros gadā pie šī brīža spēkā esošā tarifa nodrošinātu ieņēmumus 657,640 milj. EUR. Jāpiebilst, ka šāds uzglabāšanas apjoms pārsniegtu aptuveni 30 reizes 2022/2023. gada ziemā Inčukalna pazemes gāzes krātuvē uzglabāto apjomu (12,8 TWh). Attiecīgi šis potenciāls un tā izmantošana būtu jāskata visa Eiropas reģiona ietvaros, lai gūtu maksimālu rentabilitāti un

⁹⁰ Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra. Ģeoloģiskās struktūras dabasgāzes pazemes glabātavu izveidei. Rīga: 2007.gads, 10.-11.lpp. Pieejams: https://videscentrs.lvgmc.lv/files/files/Geologija/Geol_strukturas.pdf

⁹¹ Pieejams: <https://www.conexus.lv/purvade>

⁹² Pieejams: <https://www.conexus.lv/uzglabasana>

infrastruktūras noslodzi. Savukārt, pārvades pakalpojumam, ja skatās viena gada grupētās jaudas produkta tarifa ietvaros, ikgadējie ienākumi pārvades sistēmai veidotu 348,503 milj. EUR.

Secinājumi:

1. Zemes dzīļu potenciāla apgūšanā faktiski izmantota Latvijā tiek Inčukalna pazemes gāzes krātuve. Savukārt nogabala statuss ir noteikts gan Inčukalna pazemes gāzes krātuvei⁹³, gan Dobeles pazemes gāzes krātuvei⁹⁴. Taču pastāv vēl liels potenciāls zemes dzīļu izmantošanā, kas spētu Latviju izcelt reģionāla enerģētikas līdera statusā, būtiski arī uzlabojot tautsaimniecības attīstības iespējas.
2. Nēmot vērā Latvijas zemes dzīļu unikālās īpašības, Latvijā salīdzinoši ar citām Baltijas valstīm, būtu vieglāk realizēt jaunus uzglabāšanas projektus, bet tie būtu resursietilpīgi, praktiski skatoties, visdrīzāk tikai ar Vācijas (un/vai Polijas) iesaisti varētu veikt šādu projektu attīstību, nēmot vērā to dabasgāzes tirgu lielumus.
3. Perspektīvāko struktūru (Dobeles, Ziemeļblīdenes, Snēpeles, Degoles) kopējais gāzes apjoms sasniedz 64 miljardus m³, aktīvās gāzes – 32 miljardus m³. 32 miljardi m³ zemes dzīļu potenciāla spētu uztvert ~57,53 milj. tonnu CO₂. Taču, vienlaikus pastāv iespēja attīstīt (apgūt) nedz tikai lielākās Dobeles krātuves potencialu, bet, mazāka apjoma struktūru, atbilstoši tirgus un faktiskās situācijas pieprasījumam.
4. 32 miljardi m³ (340 800 000 MWh) zemes dzīļu potenciāla uzlabošanas tarifa ietvaros pie šī brīža spēkā esošā tarifa varētu pirmšķietami veidot ienēmumus ~657,640 milj. EUR/gadā. Savukārt, pārvades pakalpojumam, ja skatās viena gada grupētās jaudas produkta tarifa ietvaros, ienākumi pārvades sistēmai veidotu ~348,503 milj. EUR/gadā.

Rekomendācijas:

1. Nēmot vērā Latvijas zemes dzīļu unikālo īpašību kopumu, būtu jāveic ģeoloģiska rakstura pētījumi, lai apzinātu reālo potenciālu, izmantojot mūsdienu pētniecības

⁹³ Ministru kabineta 2022. gada 22. marta noteikumi Nr. 186 “Valsts nozīmes zemes dzīļu nogabala “Inčukalna dabasgāzes krātuve” izmantošanas noteikumi”. Pieejami: <https://likumi.lv/ta/id/330999-valsts-nozimes-zemes-dzili-nogabala-incukalna-dabasgazes-kratuve-izmantošanas-noteikumi>

⁹⁴ Ministru kabineta 2022. gada 22. marta noteikumi Nr. 187 “Valsts nozīmes zemes dzīļu nogabala “Dobeles struktūra”. Pieejami: <https://likumi.lv/ta/id/331000-valsts-nozimes-zemes-dzili-nogabala-dobeles-struktura-izmantošanas-noteikumi>

metodes. Iespējamais pētījuma organizētājs – Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs. Pēdējais apjomīgākais pētījums ticus veikts 1998. gadā, savukārt lielākā daļa ģeoloģisko darbību veiktas vēl pagājuša gadsimta vidū.

2. Būtu jāpieņem konceptuāls lēmums valstiskā līmenī par Latvijas pazemes krātuvju potenciāla izmantošanas mērķiem, attiecīgi arī to nostiprinot Latvijas normatīvo aktu sistēmā un stratēģiskajos politikas plānošanas dokumentos. Proti, izvēlēties starp dabasgāzes (ieskaitot arī citu gāzveida vietu - biogāze, ūdeņradis) vai potenciālo CO₂ uzglabāšanu (potenciāls tiek apskatīts tālāk šī pētījuma ietvaros), nēmot vērā tautsaimniecības intereses, kā arī noteikt valsts un zemes īpašnieku robežas attiecībā uz zemes dzīļu īpašumtiesībām, lai potenciālajiem investoriem būtu skaidras garantijas un interese attīstīt resursietilpīgos zemes dzīļu potenciāla apgūšanas projektus Latvijā.

Sašķidrinātās dabasgāzes termināļa eksporta potenciāls

Teorētiski un tehniski skatoties Baltijā plānotās Skultes vai Paldisku, vai jau esošās Klaipēdas sašķidrinātās dabasgāzes termināļa (SDG) infrastruktūrās būtu iespējamas arī eksporta plūsmas, kas būtu pretējas šobrīd plānotajam un esošajam importa virzienam uz Baltijas reģionu.

SDG pārvadātājs vai SDG kuģis ir tankkuģis, kas paredzēts sašķidrinātās dabasgāzes (SDG) transportēšanai temperatūrā -162C. Tipisks moderns SDG kuģis ir aptuveni 300 m garš un 43 m plats, un tā iegrime ir apmēram 12 m. SDG kuģu kravnesība ir no 1000 līdz 267,000 m³, bet lielākā daļa moderno kuģu ir no 125 000 līdz 150 000 m³. Mazāki sašķidrinātās dabasgāzes pārvadātāji (1000 – 25 000 m³ jauda) darbojas arī dažās lokālos rajonos, piemēram, Norvēģijā un Japānā.⁹⁵

Sauszemes uzglabāšanas tvertņu izmaksas veidotu aptuveni 1 milj. EUR par 1000 m³.⁹⁶ Ja pieņem, ka viena SDG kuģa ietilpība vidēji veido 150 000 m³, tad attiecīgi, piemēram sauszemes uzglabāšanas tvertņu uzbūvēšana apjomam, kas spētu uzglabāt viena kuģa

⁹⁵ Yong Bai, Wei-Liang Jin, in Marine Structural Design (Second Edition), 2016. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/liquefied-natural-gas>

⁹⁶ Ansole, A., Jansons, L., Bode, I., Dzelzitis, E., Zemite, L. and Broks, A.. "Study on Potential Role and Benefits of Liquified Natural Gas Import Terminal in Latvia" Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, vol.59, no.2, 2022, pp.37-54. doi.org/10.2478/lpts-2022-0010

ietilpību, veidotu 150 milj. EUR. Šāda apjoma uzglabāšana sauszemē arī veidotu uzturēšanās izmaksas. Var izdarīt pirmšķietami prezumēt, ka ekonomiskāk un drošāk, ja tiek attīstīts SDG eksporta virziens, būtu jāizmanto Inčukalna pazemes gāzes krātuves vai cita lokālā pacēluma Latvijā potenciālu dabasgāzes uzglabāšanai, lai pēc tam efektīvi un operatīvi spētu veikt SDG kuģu uzpildīšanu. Vienlaikus šādai gāzei nav jābūt tikai dabasgāzei, bet tā arī var būt cita veida gāze, piemēram ūdeņradis, biogāze, kas tiktu ievadīta kopējā Latvijas un Baltijas dabasgāzes pārvades sistēmā un pastāv jauns eksporta potenciāls virzienā no Baltijas valstīm uz Rietumeiropu, kur varētu izmantot arī SDG infrastruktūru.

Taču būtisks ir arī Latvijas, kā arī visa Baltijas un Eiropas dabasgāzes patēriņa samazinājuma faktors. Krievijas agresija Ukrainā ir ierosinājusi straujas enerģijas plūsmu un izmantošanas pārmaiņas Eiropā⁹⁷ un arī Latvijā, t.sk. dabasgāzes patēriņa ziņā. Latvijā patērētas dabasgāzes apmērs 2022. gada astoņos mēnešos samazinājies par 32% pret 2021. gadu, liecina Centrālās statistikas pārvaldes publiskotie dati.⁹⁸ Kopumā 2022. gada astoņos mēnešos Latvijā patērētas 5,488 TWh dabasgāzes. Būtisks un straujš dabasgāzes tirgus samazinājums rada nenoteiktību jaunu projektu realizēšanai, jo sarežģītākās un ilgās klūst veikto investīciju atpelnīšanās iespējas.

Vienlaikus, nemot vērā aktuālāko situāciju enerģētikas nozarē un dabasgāzes apgādes plūsmu izmaiņas Eiropas Savienībā, kopš 2022. gada pavasara tiek apskatīti dažādi jauni infrastruktūru scenāriji.

Tā, piemēram, Vācijas valdība jau iepriekš izteikusies, ka tā vēlas būvēt divus SDG terminālus dabasgāzes saņemšanai. Neskatoties uz to, ka pastāvēja stingri iebildumi pret jaunas fosilā kurināmā infrastruktūras būvniecību, organizācija *Bellona Deutschland* savos ieteikumos norādīja, ka gadījumā, ja šādas būves tiks būvētas, ir jāpastāv tehniskai iespējai, lai varētu apvienot šo infrastruktūru ar CO₂ transportēšanu un uzglabāšanu.⁹⁹

Teorētiski un tehniski skatoties Baltijā plānotās Skultes vai Paldisku, vai jau esošās Klaipēdas SDG infrastruktūrās būtu iespējamās arī eksporta plūsmas. Nepieciešamās kapitāla izmaksas

⁹⁷ Pieejams: <https://enmin.lrv.lt/en/news/lithuania-and-other-eu-member-states-agree-to-reduce-natural-gas-consumption-and-prepare-for-the-upcoming-heating-season>

⁹⁸ Pieejams: https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__EN__ENB/ENB020m

⁹⁹ Pieejams: <https://bellona.org/news/ccs/2022-04-pioneering-co2-export-terminal-underway-in-germany>

eksporta plūsmu nodrošināšanai būtu apjomīgas, piemēram, tikai sašķidrināšanas iekārtām izmaksas sasnietgtu ~1,5 miljardus EUR (ar jaudu līdz 2bcm gada).¹⁰⁰ ¹⁰¹ Papildus būtu nepieciešamas investīcijas SDG termināļa rezervuāru izveidei, lai maksimizētu iekārtu utilizāciju, kā arī drošas un lētas gāzes piegādes, vēlams ar maksimālu kontroli pār gāzes ražošanu, lai varētu iespējami efektīvāk izmantot iekārtas.

Secinājums:

Lai arī Latvijas SDG terminālim būtu eksporta potenciāls, šī potenciāla izmantošana prasītu būtisku investīciju veikšanu. Šāda veida projektam būtu jābūt Eiropas Savienības mērogā, lai varētu nodrošinātu maksimālu infrastruktūras izmantošanu un spētu efektīvi atgūt veiktās investīcijas.

Rekomendācijas:

1. Ja tiek attīstīts SDG eksporta virziens, būtu pirmšķietami jāizmanto Inčukalna pazemes gāzes krātuves vai cita lokālā pacēluma Latvijā potenciālu dabasgāzes uzglabāšanai, lai pēc tam efektīvi un operatīvi spētu veikt SDG kuģu uzpildīšanu.
2. Nemot vērā jaunākās tendences, būtu jāizvērtē šīs infrastruktūras iespējamo izmantošanu CO₂ transportēšanas un uzglabāšanas funkciju veikšanai.

¹⁰⁰ Pieejams: <https://www.offshore-technology.com/marketdata/sabine-pass-export-lng-liquefaction-terminal-the-us/>

¹⁰¹ ASV Sabine Pass SDG termināļa piemērs. Pieejams: <https://www.hydrocarbons-technology.com/projects/sabinepasslngtermina/> un <https://www.cheniere.com/where-we-work/sabine-pass>

6. CO₂ emisiju krātuvju attīstības un to pakalpojumu eksporta potenciāls

CO₂ ir siltumnīcefekta gāze, kura visvairāk tiek izdalīta cilvēka darbības rezultātā. Citas siltumnīcefekta gāzes tiek izdalītas mazākos apjomos, taču tās absorbē siltumu daudz efektīvāk nekā CO₂. Piemēram, metāns 20 gadu periodā ir vairāk nekā 80 reizes spēcīgāks par CO₂. Siltumnīcefekta gāzu emisijas apjomi ES 2019. gadā dalījumā atbilstoši to veidošanās galvenajām nozarēm: Enerģētikas nozare ir atbildīga par 77,01% no kopējā siltumnīcefekta gāzu emisiju apjoma 2019. gadā, aptuveni trešdaļa no kurām ir radījusi transporta nozare. Siltumnīcefekta gāzu emisijas, radītas lauksaimniecības nozarē, sastāda 10,55% no kopējā apjoma, rūpnieciskie procesi un produktu izmantošana - 9,10%, atkritumu apsaimniekošana - 3,32%.¹⁰²

Lai apkarotu klimata pārmaiņas, Eiropas Parlaments pieņēma Eiropas Klimata aktu, ar kuru ES 2030. gada emisiju samazināšanas mērķrādītājs ir paaugstināts no 40 % līdz vismaz 55 % un tiek noteikts, ka mērķis līdz 2050. gadam panākt klimatneitralitāti juridiski saistošs. ES emisijas kvotu tirdzniecības sistēmas (ETS) mērķis ir samazināt oglekļa apjomu, ko emitē rūpniecības nozare. Par katru emitēto tonnu CO₂ uzņēmumiem jābūt iegādātai atļaujai. Šīs atļaujas jeb emisijas kvotas uzņēmumiem jāpērk izsolē. Rūpniecības nozarē dažādos veidos tiek stimulēta inovācija.

Blīvi apdzīvotās valstīs trūkst svarīgu elementu, kas nepieciešami, lai plānotu "zemas oglekļa emisijas" energijas ražošanu ierobežotās teritorijās. Daži no svarīgiem nepieciešamajiem priekšnosacījumiem ir (i) pazemes telpa uzglabāšanai un ģeotermālās energija izmantošanai, (ii) ūdens uz virszemes, (iii) sabiedrības akcepts un (iv) zinātnieki, kas apskata katru konkrētu tehnoloģiju. Jaunu tehnoloģiju, piemēram, CO₂ uztveršanas un uzglabāšanas (CCS) iekļaušana ir ne tikai viens no vispārpieņemtajiem veidiem, kā samazināt siltumnīcefekta

¹⁰² Eiropas Parlaments (2019). Siltumnīcefekta gāzu emisijas valstu un sektoru dalījumā (infografika). Pieejams.: <https://www.europarl.europa.eu/news/lv/headlines/society/20180301STO98928/siltumnicefekta-gazu-emisijas-valstu-un-sektoru-dalijuma-infografika>

gāzu emisijas, bet arī viens no ātrākajiem un uzticamākajiem risinājumiem nepārtraukti augošajam enerģijas pieprasījumam.¹⁰³

Lēmumu pieņemējiem ir ļoti grūti izcelt optimālas lēmumu alternatīvas rentablati elektroenerģijas ražošanai un tādēļ vēlams izstrādāt afektīvus instrumentus, lai atbalstītu plānošanu ražošanas jaudas pārvaldībai. Tomēr blīvi apdzīvotās valstīs, piemēram, Itālija, kur ne manā pagalmā “NIMBY (*Not In My Back Yard*)” un ne zem mana pagalma “NUMBY (*Not Under My BackYard*)” sindromi dominē, problēma nav tehnoloģiju izmaksās, bet gan plānošanas spējā caur grūtāku šķērsli - sabiedrības pieņemšanas. Tas ir paradoxs, taču ir grūti atrast labāko pieeju sabiedrības skaidrošanas darbam par riskiem attiecībā uz algoritmiem potenciālo elektroenerģijas ražošanas lēmumu alternatīvu identificēšanai liberalizētā tirgū.¹⁰⁴ Arī Latvijas sabiedrībā šī problemātika ir ļoti izplatīta, lai gan Latvija kopumā nav blīvi apdzīvota, ja salīdzina ar citām ES valstīm, tomēr pēdējos gados redzams, ka sabiedrības pretestība enerģētikas projektu attīstībai ir milzīga un iespējams, ka šajos gadījumos nav pilnīgi veikts sabiedrības skaidrošanas darbs, skaidrojot, kā pie šāda lēmuma strettēģiskā līmenī ir nonākts un kāds no šāda lēmuma būs labums visai Latvijas sabiedrībai. Praktiskajā literatūrā nav pietiekami daudz apskatītas neskaidrības, kas pastāv reālās pasaules elektroenerģijas ražošanas darbībās, t.i., ģeoloģiskajā tvērumā, tādas kā rezerves, piegāde, uzglabāšanas jauda, tehnoloģiju attīstība, izmērišans un pārbaudes ierobežojumi. Uzsvars literatūrā lielā mērā koncentrējas uz “izmaksām”, bet patiesie šķēršļi ir saistīti ar socioloģiskiem un politiskiem aspektwmi: cik ļoti pilsoņi uzticas zinātnei un tehnoloģijām.¹⁰⁵ Attiecīgi, ņemot vērā ES līmeņa mērķus un Klimata akta ietverto tiesību regulējumu, aizvien lielāka interese no ES enerģētikas un rūpniecības sektora pārstāvjiem radīsies saistībā ar CO₂ emisiju realizāciju un šeit pastāv arī potenciāls Latvijai.¹⁰⁶

¹⁰³ Quattrocchi, F., Boschi, E., Spena, A., Buttinelli, M., Cantucci, B., Procesi, M. 2013. *Synergic and conflicting issues in planning underground use to produce energy in densely populated countries, as Italy: Geological storage of CO₂, natural gas, geothermics and nuclear waste disposal.* Applied Energy, Volume 101, 2013, ISSN 0306-2619. doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.028

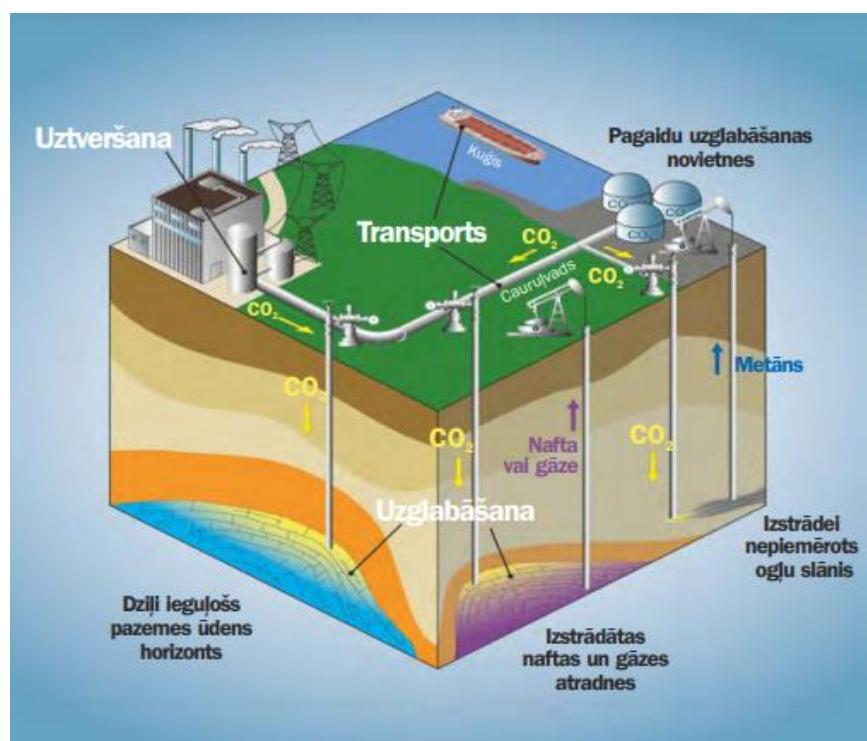
¹⁰⁴ Quattrocchi, F., Boschi, E., Spena, A., Buttinelli, M., Cantucci, B., Procesi, M. 2013. *Synergic and conflicting issues in planning underground use to produce energy in densely populated countries, as Italy: Geological storage of CO₂, natural gas, geothermics and nuclear waste disposal.* Applied Energy, Volume 101, 2013, ISSN 0306-2619. doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.028

¹⁰⁵ Turpat.

¹⁰⁶ Eiropas Parlaments. 2018. Oglekļa emisijas samazināšana: ES mērķi un veiktie pasākumi. Pieejams: <https://www.europarl.europa.eu/news/lv/headlines/society/20180305STO99003/oglekla-emisijas-samazinasana-es-merki-un-veiktie-pasakumi>

CO_2 uztveršana un uzglabāšana zemes dzīlēs ir process, kas iekļauj sevī CO_2 atdalīšanu no rūpnieciskiem un enerģētiskiem avotiem, transportēšanu uz uzglabāšanas vietu un ilglaicīgu izolāciju no atmosfēras.

Starp pasākumiem, kuri ir steidzami jāievieš, lai mazinātu klimata pārmaiņas un paskābināšanas procesus okeānos, nozīmīga loma varētu būt CO_2 uztveršanai un uzglabāšanai (CCS). Tās rezultātā CO_2 var samazināties par 33%, kas ir nepieciešamais apjoms līdz 2050.gadam. CCS nozīmē CO_2 uztveršanu gāzes un oglu elektrostatijās, kā arī rūpniecības iekārtās (tērauda un cementa rūpnīcas, naftas pārstrādes rūpnīcas u.tml.), CO_2 transportēšanu pa cauruļvadiem vai ar kuģiem līdz uzglabāšanas vietai un CO_2 iesūknēšanu, izmantojot urbumus, piemērotos iežos zemes dzīlēs ilgstošai uzglabāšanai.¹⁰⁷ Procesa shematisks atainojums redzams 6.1.attēlā.



6.1.att. CO_2 uzglabāšanas tehnoloģisks atainojums.

Avots: CO₂GeoNet Eiropas Ekselences centrs

Pasaulē šobrīd pastāv trīs atzītas CO_2 uzglabāšanas iespējas: 1) Izstrādātas dabas gāzes un naftas atradnes, kas ir labi izpētītas pateicoties to meklēšanai un ekspluatācijai. Tās ir labvēlīgas vietas ātri realizējamai CO_2 uzglabāšanai; 2) Mineralizēti pazemes ūdens horizonti

¹⁰⁷ CO₂GeoNet Eiropas Ekselences centrs. Ko īstenībā nozīmē CO_2 uzglabāšana zemes dzīlēs? 2012.gads, 4.-5.lpp.

piedāvā lielas CO₂ uzglabāšanas iespējas, taču tie nav tik labi izpētīti; 3) Izstrādei nepiemēroti oglu slāņi – nākotnes uzglabāšanas veids, jo nav atrisināta liela apjoma CO₂ iesūknēšana zemas caurlaidības oglu slāņos.¹⁰⁸

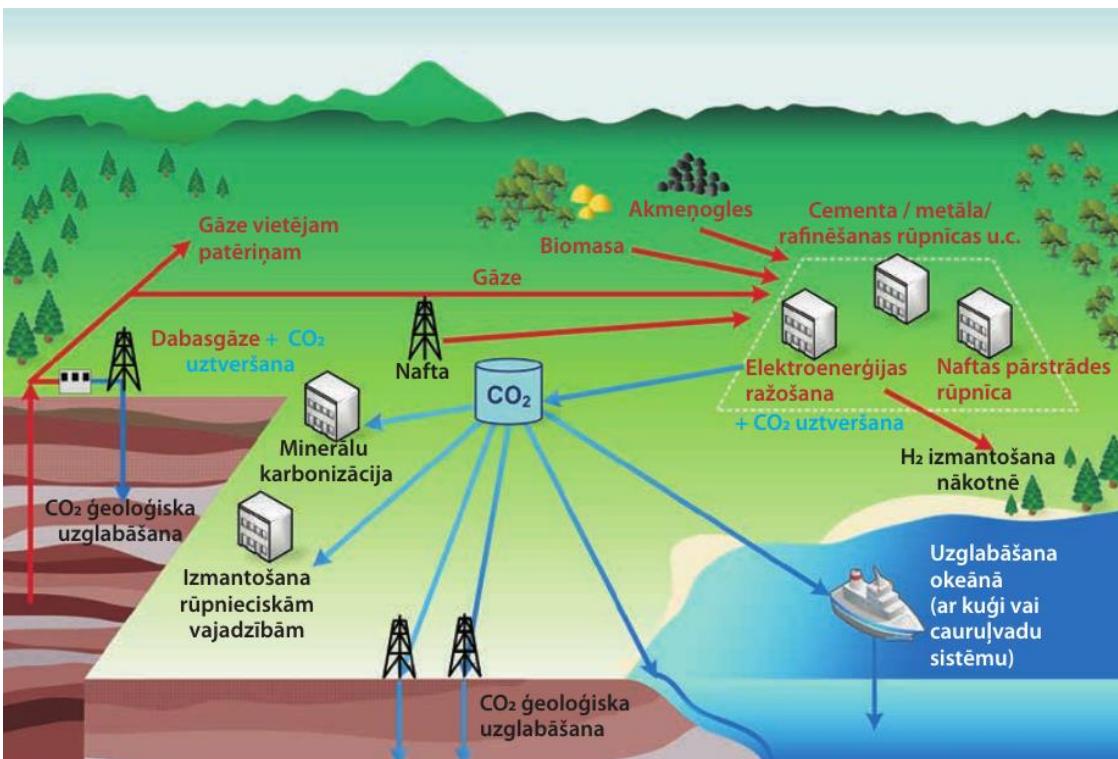
Pilnvērtīgi tehniskie risinājumi jau ir izstrādāti, un pašlaik pasaules sabiedrība pārliecinoši uzsāk izmēģinājumus. Papildus tehnoloģisko risinājumu attīstībai, tiek izstrādātas normatīvu, ekonomiskās un politiskās koncepcijas, kā arī novērtēta sabiedrības izpratne un atbalsts.¹⁰⁹

Viens no klimata tehnoloģiju attīstības virzieniem ir saistīts ar CO₂ uzglabāšanu, kas ļauj nodrošināt enerģijas ražošanu bez CO₂ emisijām atmosfērā. Enerģijas ražošana un rūpnieciskie procesi, kuros izmanto fosilo kurināmo, ir galvenie objekti, kuru radušos oglekļa dioksīdu ir iespējams tehnoloģiski uzglabāt speciālās krātuvēs. Pēc būtības CO₂ uzglabāšana ir CO₂ izmantošana ķīmisku reakciju un bioloģisku procesu realizēšanā. Šobrīd tiek izmantotas dažādi CO₂ uzglabāšanas veidi, kuriem ir gan priekšrocības, gan trūkumi. Visvairāk pētītās iespējas ir par CO₂ uzglabāšana dažādās krātuvēs: okeānos un jūrās, gāzes rezervuāros, oglu šahtās, dabiskos pazemes tukšumos, kā arī CO₂ mineralizācija un rūpnieciska izmantošana.¹¹⁰

¹⁰⁸ CO₂GeoNet Eiropas Ekselences centrs. Ko īstenībā nozīmē C0₂ uzglabāšana zemes dzīlēs? 2012.gads., 6.lpp.

¹⁰⁹ Turpat, 5.

¹¹⁰ Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. Klimats un ilgtspējīga attīstība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2016.



6.2.att. CO₂ uzglabāšana.

Avots: Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. Klimats un ilgtspējīga attīstība. Riga: LU Akadēmiskais apgāds, 2016.

Latvijas situācijā, perspektīva būtu CO₂ uzglabāšana dabiskos pazemes tukšumos, kur Latvijai ir unikālas reģionālas priekšrocības, kā arī iespējamā CO₂ mineralizācija un rūpnieciska izmantošana, vai arī singāzes ražošana (perspektīva apskatītā tālāk šī pētījuma ietvaros).

Oglekļa dioksīda uzkrāšanā labas izredzes ir mineralizācijas procesa ieviešanai, kura rezultātā CO₂ pārveido par cietu vielu, piemēram, kalcija karbonātu vai hidrogēnkarbonātu. Mineralizācijas procesa gala produktu ir vienkāršāk transportēt, uzglabāt virs zemes, izmantot kā izejvielu ražotnēs ar iespēju paaugstināt pievienoto vērtību, piemēram, ražojot celtniecības materiālus.¹¹¹

Eiropas Savienības līmenī tiesiskais ietvars CO₂ regulējumam tika izveidots 2009. gadā, pieņemot Eiropas Parlamenta un Padomes 2009. gada 23. aprīļa direktīvu Nr. 2009/31/EK par oglekļa dioksīdo ģeoloģisko uzglabāšanu un grozījumiem Padomes Direktīvā 85/337/EEK, Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvās 2000/60/EK, 2001/80/EK,

¹¹¹ Turpat.

2004/35/EK, 2006/12/EK, 2008/1/EK un Regulā (EK) Nr. 1013/2006¹¹² (turpmāk - Direktīva 2009/31/EK).

Lai nodrošinātu Direktīvas 2009/31/EK normu pārņemšanu, tika izstrādāts gan likumprojekts “Grozījumi likumā “Par piesārņojumu””¹¹³, kas Saeimā tika pieņemts 2011. gada 14. jūlijā, un stājās spēkā 2011. gada 4. augustā, gan Ministru kabineta 2011. gada 11. oktobra noteikumi Nr.780 “Oglekļa dioksīda plūsmas transportēšanas kārtība”¹¹⁴. Tāpat 2011. gadā arī tika veikti grozījumi likumā “Par ietekmes uz vidi novērtējumu”¹¹⁵, to papildinot ar objektiem un darbībām, kas saistītas ar oglekļa dioksīda uztveršanu un transportēšanu uz ģeoloģiskās struktūrās ierīkotām uzglabāšanas vietām.

Ar 2011. gada 14. jūlija likuma “Grozījumi likumā “Par piesārņojumu”” 8¹. pantu tika noteikts, ka Latvijas teritorijā, tās ekskluzīvajā ekonomiskajā zonā un kontinentālajā šelfā ir aizliegta oglekļa dioksīda uzglabāšana ģeoloģiskās struktūrās, kā arī vertikālajā ūdens slānī (atbilstoši Direktīvā 2009/31/EK 4.panta pirmajā punktā noteiktajām Dalībvalstu tiesībām). Saskaņā ar likuma “Grozījumi likumā “Par piesārņojumu”” pārejas noteikumu 32. punktu, 8¹. pants ir spēkā līdz 2012. gada 31. decembrim.

2013. gada 31. martā ar likumu “Grozījumi likumā “Par piesārņojumu””¹¹⁶ tika precizēti nosacījumi (likums “Par piesārņojumu” papildināts ar 8². pantu), kas izslēdza normu īslaicīgam oglekļa dioksīda uzglabāšanas ierobežojumam līdz 2012. gada 31. decembrim, paredzot, ka oglekļa dioksīda uzglabāšana ģeoloģiskās struktūrās, kā arī vertikālajā ūdens slānī Latvijas teritorijā, tās ekskluzīvajā ekonomiskajā zonā un kontinentālajā šelfā ir aizliegtas. Minētā tiesību norma un tajā paredzētais aizliegums ir spēkā arī uz šī darba izstrādes brīdi.

Taču, Direktīvā 2009/31/EK 4. pants nosaka, ka dalībvalstis saglabā tiesības noteikt apgalbalus, kuros var izvēlēties uzglabāšanas vietas saskaņā ar šīs direktīvas prasībām. Tas

¹¹² Eiropas Parlaments un Padome. Direktīva Nr.2009/31/EK par oglekļa dioksīda ģeoloģisko uzglabāšanu un grozījumiem Padomes Direktīvā 85/337/EEK, Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvās 2000/60/EK, 2001/80/EK, 2004/35/EK, 2006/12/EK, 2008/1/EK un Regulā (EK) Nr.1013/2006. 23.04.2009. *Eiropas Savienības Oficiālais Vēstnesis*. L 140/114, 5.6.2009. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0031&from=LV>

¹¹³ Grozījumi likumā “Par piesārņojumu”: Latvijas Republikas likums. 03.08.2011. *Latvijas Vēstnesis*. 120.

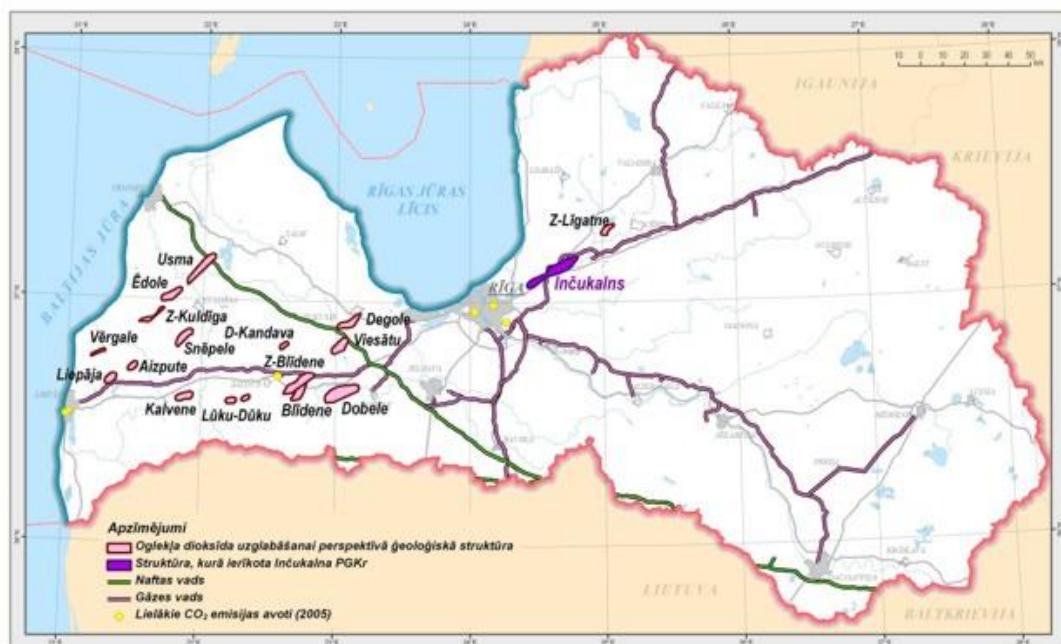
¹¹⁴ Oglekļa dioksīda plūsmas transportēšanas kārtība: Ministru kabineta 2011.gada 11.oktobra noteikumi Nr.780. 11.10.2011. *Latvijas Vēstnesis*. 162.

¹¹⁵ Grozījumi likumā ““Par ietekmes uz vidi novērtējumu””: Latvijas Republikas likums. 14.12.2011. *Latvijas Vēstnesis*. 196.

¹¹⁶ Grozījumi likumā “Par piesārņojumu”: Latvijas Republikas likums. 20.02.2013. *Latvijas Vēstnesis*. 36.

ietver dalībvalstu tiesības aizliegt jebkādu uzglabāšanu atsevišķās savas teritorijas daļās vai visā valsts teritorijā. Tādējādi, aizliegums neizriet no Eiropas Savienības līmeņa dokumentiem un tas ir apzināta Latvijas izvēle un pieņemts lēmums.

Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs skaidro, ka saskaņā ar pašreizējo ģeoloģiskās izpētes pakāpi, no 60 zināmām ģeoloģiskām struktūrām CO₂ uzglabāšanai zemes dzilēs perspektīvākās struktūras ir: Dobeles (gadījumā, ja tajā neveidos dabasgāzes pazemes glabātavu), Snēpeles, Degoles, Ziemeļblīdenes un Blīdenes, Liepājas, Aizputes, Usmas, Ēdoles, Kalvenes, Vērgales, Ziemeļkuldīgas, Dienvidkandavas, Viesatu, Lūku-Dūku, Ziemelīlgatnes. Tās ir izvietotas Latvijas rietumu un centrālajā daļā. CO₂ uzglabāšanai perspektīvāko struktūru izvietojumu var skatīt 6.3.attēlā.



6.3.att. CO₂ uzglabāšanai perspektīvāko struktūru izvietojums.

Avots: Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs

Vienlaikus Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs skaidro, ka bez minētām, arī citas Latvijā konstatētās ģeoloģiskās struktūras (pēc jaunu pētījumu veikšanas) varētu tikt aplūkotas kā potenciālie ģeoloģiskie objekti CO₂ uzglabāšanai. Bez tam, arī Baltijas jūrā esošās vairāk nekā 10 struktūras nākotnē varētu radīt interesi CO₂ uzglabāšanai naftas (ja tāda tiks atklāta un izstrādāta) izstrādes procesā, CO₂ izmantojot naftas pieteces intensifikācijai. Dabasgāzes vai siltumnīcas efektu izraisošo gāzu uzglabāšanas rezervuārs (kolektors) ir

kembrija sistēmas nogulumi - samērā viendabīgs smilšakmens ar labām filtrācijas un ietilpības īpašībām. Rajonos, kur atrodas visperspektīvākie lokālpacēlumi (struktūras) CO₂ uzglabāšanai, rezervuāra virsma ieguļ optimālā: 700-1100 m zjl. dziļumā. Struktūru augstums (amplitūda) svārstās no 25 līdz 100 m, platība - no 10 līdz 100 km², tilpums – no 2 līdz 60 miljardi m³. Minētajās 16 perspektīvākajās struktūrās kopā varētu uzglabāt vidēji 404 Mt CO₂ (optimistiskākajā gadījumā – 790 Mt).

6.1.tabula

Sagaidāmais CO₂ uzglabāšanas apjoms

Struktūras nosaukums	Platība, km ²	Rezervuāra tilpums, MMm ³	CO ₂ ietilpība, Mt optimistisks vērtējums)	CO ₂ ietilpība, Mt konservatīvs vērtējums)
Aizpute	51	587	31	14
Blīdene	43	2091	112	58
Ziemeļblīdene	95	2655	142	74
Degole	41	782	41	21
Dobele	67	2000	105	56
Ēdole	19	283	16	7
Kalvene	19	525	27	14
Liepāja	40	660.0	31	6
Lūku-Dūku	50	1440	75	40
Ziemeļkuldīga	18	490	21	13
Ziemelīlgatne	30	810	41	23
Dienvidkandava	69	1573	82	44
Snēpele	26	602	31	17
Usma	20	180	5	2
Vērgale	10	194	9	5
Viesātu	19	424	21	10
Kopā			790	404

Avots: Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs

Oglekļa uztveršanas krātuve bieži tiek izmantota zemāko izmaksu dekarbonizācijas paņēmienos, un tāpēc tai ir pievērsta arvien lielāka uzmanība, jo oglekļa emisiju samazināšana (*Net zero* politika) kļūst par plaši izplatītu politikas mērķi. Vienlaikus šīs tehnoloģijas plašāku ieviešanu ir kavējusi augsto izmaksu uztvere staciju līmenī, jo īpaši enerģētikā, kur vēja un saules enerģija ir konkurētspējīgāka, pamatojoties uz izlīdzinātām elektroenerģijas izmaksām (*LCOE*). Izmaksu analīze ir svarīgs rīks projektu izstrādātājiem,

investoriem un elektroenerģijas tīklu plānotājiem, lai noteiktu ekonomiski dzīvotspējīgākos zemas oglekļa emisijas elektroenerģijas ražošanas avotus, kā arī ļautu pētniekiem novērtēt jaunizveidotās tehnoloģijas. Tomēr arvien vairāk tiek atzīts, ka elektroenerģijas ražošanas izmaksu noteikšanai var būt ierobežota vērtība optimāla ģenerācijas portfeļa nodrošināšanai nepieciešamo tehnoloģiju noteikšanai dekorbonizētā tīklā. Padziļinātaka tehnoloģiju izmaksu un vērtības analīze pie *Net zero* politikas var palīdzēt saprast, kāpēc vairākas valstis turpina izmantot oglekļa uztveršanu enerģētikas sektorā (skatīt attēlu zemāk).¹¹⁷

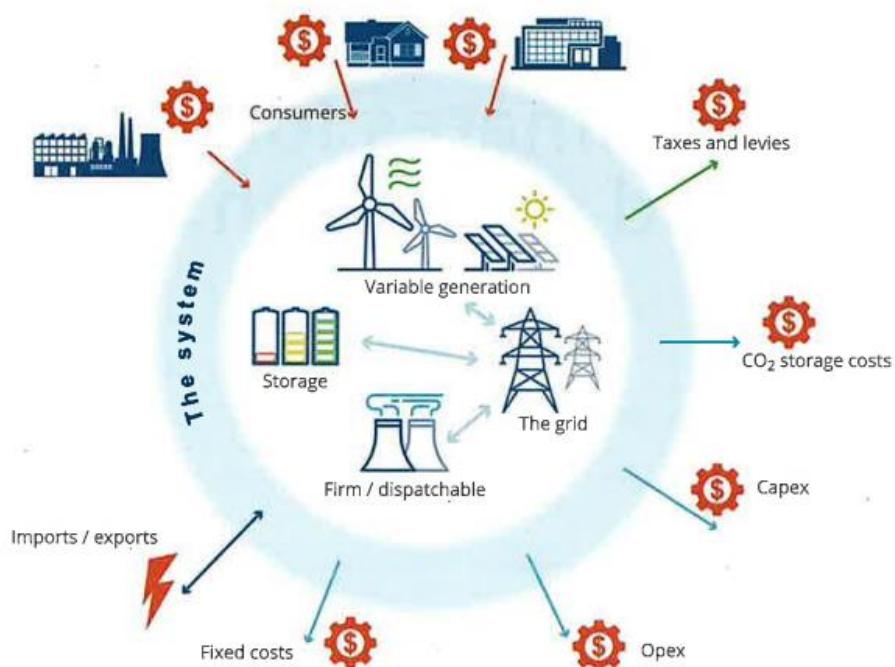


Fig. 2. The boundaries of the electricity 'system' considered by total system cost analysis, showing the cash flows in and out of the system (Byrom and others, 2021).

6.4.att. Tehnoloģiju izmaksu un vērtības analīze.

Avots: Byrom and others, 2021.

Vēl viens iespējamais ieguvums tautsaimniecībai, plašāk izmantojot pazemes struktūru potenciālu (līdz 32 miljardi m³) (papildus iepriekš apskatītajam dabasgāzes uzglabāšanas variantam būtu CO₂ uzglabāšana). CO₂ uzglabāšanas projekti pamatā tiek diferencēti atkarībā no trim faktoriem: sauszemes un piekrastes; noplicinātās naftas un gāzes lauki un dziļurbumi kā iespēja atkārtoti izmantot esošās akas. Izmaksu aplēses, kas dokumentētas, atšķiras no EUR 1–7 par tonnu CO₂, ko uzglabā lētākajam variantam (sauzemes un

¹¹⁷ Lockwood T. A review of cost estimates for Carbon Capture and Storage in the power sector. 8 December 2021, ISBN 978–92–9029–640-9, p.74.

piekrastes; noplicinātās naftas un gāzes lauki ar atkārtoti izmantojamām iedobēm) līdz EUR 6–20 par tonnu CO₂, ko uzglabā dārgākajā variantā (atklātā jūrā). Nenoteiktības robežas katrā gadījumā galvenokārt izriet no uzglabāšanas kandidātu dabiskās mainības (t.i., rezervuāra ietilpība un sadedzināmība).¹¹⁸ Attiecīgi 32 miljardi m³ zemes dzīļu potenciāla spētu uztvert ~57,53 miljrs. tonnu CO₂.¹¹⁹ Attiecīgi potenciālais CO₂ uzglabāšanas ieguvums varētu veidotos aptuveni 57,53 miljrs. EUR - 402,71 miljrs. EUR.

Saeimas Ilgtspējīgas attīstības komisija 2022. gada 12. oktobrī sprieda par konkrētiem CO₂ samazināšanas mērķiem enerģētikas, lauksaimniecības un transporta nozarēs saistībā ar Eiropas zaļā kurga atbalsta programmu 2021.-2027. gadam. Tādējādi, CO₂ uzglabāšana varētu būt aktuāli nākotnē, kas varētu palīdzēt sasniegt arī CO₂ samazināšanas mērķus.

Šobrīd CO₂ uzglabāšana nav plaši izpētīta un ieviesta, taču, tuvākajā desmitgadē šim jautājumam paredzama būtiska attīstība un darba autoru ieskatā Latvija ar tās unikālo zemes dzīļu poru īpašībām var kļūt arī par reģionālu spēlētāju CO₂ tirgū.

Rezultāti liecina, ka uztvertā CO₂ tirdzniecība varētu samazināt reģionālo CO₂ uzglabāšanas jaudas ierobežojumu ietekmi. Starp reģionu tirdzniecību ar uztverto CO₂ ir spekulatīvs, bet iespējams risinājums, lai palīdzētu sasniegt CCS plaša mēroga izvēršanu. Veiktā uztvertā CO₂ globālā tirgus analīze pēc būtības ir pētnieciska, taču tā liecina, ka šādā tirgū varētu būt noteikti ieguvēji un zaudētāji. Reģioni ar labi raksturotiem uzglabāšanas resursiem, kas pārsniedz iekšzemes pieprasījumu, jo īpaši Tuvie Austrumi, bet arī ASV, ES un Krievija, varētu gūt labumu no globālā tirgus, pārdodot CO₂ uzglabāšanu citiem reģioniem. Ķīna, Indija, Dienvidamerika un citi varētu būt pircēji šajā tirgū, jo tām var būt grūtības novērtēt un attīstīt liela mēroga iekšzemes CO₂ uzglabāšanu. Lai izveidotu uztverto CO₂ globālo tirgu, būtu nepieciešama liela mēroga jauna infrastruktūra, tirdzniecības sistēmas izstrāde un, pats galvenais, CO₂ tirgus.¹²⁰

¹¹⁸ The Advisory Council of the European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants. *The Costs of CO₂ Storage*, 35. lpp. Pieejams: <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/119816/costs-co2-storage-post-demonstration-ccs-eu.pdf>

¹¹⁹ One ton of CO₂ occupies 556.2m³ of volume. Pieejams: <https://www.icbe.com/carbondatabase/CO2volumecalculation.asp>

¹²⁰ Grant, N., Gambhir, A., Mittal, S., Greig, C., Köberle, A.C. 2022. *Enhancing the realism of decarbonisation scenarios with practicable regional constraints on CO₂ storage capacity*. International Journal of Greenhouse Gas Control Volume 120, ISSN 1750-5836. doi.org/10.1016/j.ijgge.2022.103766

Secinājums:

Latvijā pastāv ģeoloģiskais potenciāls CO₂ uzglabāšanai, taču šobrīd vēl tehnoloģijas iespējams vēl nav nobriedušas līdz līmenim, lai šādas darbības būtu ekonomiski izdevīgas. Vienlaikus, lai Latvijai Eiropas Savienībā būtu priekšrocības, kad šāds risinājums kļūtu ekonomiski izdevīgs ir savlaicīgi nepieciešams tiesiskajā regulējumā paredzēt iespējamību šādu zemes dzīļu derīgo īpašību izmantošanai un noteikt skaidrus nosacījumus normatīvajos aktos, t.sk. attiecībā uz īpašumtiesību piederības robežām.

Rekomendācija:

Būtu jāpārvērtē 2013. gadā likuma “Par piesārņojumu” 8.² pantā ietverto (pirms tam 2011. gadā kā pagaidu noregulējums tika iekļauts likuma “Par piesārņojumu” 8.¹ pantā) aizliegumu oglekļa dioksīda uzglabāšanai ģeoloģiskās struktūrās, kā arī vertikālajā ūdens slānī Latvijas teritorijā, tās ekskluzīvajā ekonomiskajā zonā un kontinentālajā šelfā, ņemot vērā šī brīža tehnoloģijas, ekonomiskās izmaksas un Latvijas unikālo ģeoloģisko potenciālu.

7. Sintētiskās degvielas ražošanas un eksporta potenciāls

Šajā sadaļā apskatītā informācija ir saistīta ar iepriekšējo sadaļu, jo, gadījumā, ja tiek attīstītas CO₂ krātuves, tad pastāv teorētisks variants, ka no CO₂ tiek saražota sintētiskā degviela.

Viens no galvenajiem globālās sasilšanas cēloņiem ir pārmērīga CO₂ uzkrāšanās atmosfērā. Svarīgs veids, kā samazināt pārmērīgu CO₂ daudzumu ir to pārveidot par oglūdeņražu (HC) degvielu.¹²¹

Alternatīvo degvielu attīstības plānā 2017.–2020. gadam¹²² pieminēts, ka sintētiskās degvielas, kas aizstāj dīzeļdegvielu, benzīnu un reaktīvo dzinēju degvielu, var ražot no dažādām izejvielām, pārvēršot biomasu, gāzi, akmeņogles vai plastmasas atkritumus šķidrās degvielās, metānā un dimetilēterī (DME). Sintētiskās parafina dīzeļdegvielas, tādas kā hidrogenētās augu eļjas (HVO) un Fišera-Tropša sintēzes dīzeļdegviela var iejaukt fosilajā dīzeļdegvielā ļoti augstās piejaukuma proporcijās vai izmantot neatšķaidītā veidā visos esošajos vai nākotnes dīzeļdegvielas transportlīdzekļos¹²³, kā arī HVO ir pilnībā saderīgas ar esošo uzpildes infrastruktūru un tās iespējams izmantot kuģos, lokomotīvēs un lidmašīnās¹²⁴.

Sintētiskās degvielas, ar ko aizstāj benzīnu, tādas kā metanols un citi alkoholi, var sajaukt ar benzīnu, un tehniski ir iespējams tās izmantot ar pašreizējām transportlīdzekļu tehnoloģijām, veicot nelielus pielāgojumus.¹²⁵

Eiropā sintētiskās un parafinizētās degvielas ir komerciālās izmantošanas sākumposmā. Kopumā ar šobrīd saražotajām parafinizētajām degvielām (kas būtu 24 000 000 vienā dienā) varētu uzpildīt 10 000 000 vieglo transportlīdzekļu vai 250 000 autobusu, kas ir vairāk nekā kopējais dīzeļdegvielas pieprasījums Nīderlandē. Arī parafinizētās degvielas var piemaisīt dīzeļdegvielialai vai arī izmantot tīrā veidā. Būtiski ļemt vērā, ka daļa no sintētiskajām un parafinizētajām biodegvielām ir no atjaunojamiem energoresursiem ražotas nebioloģiskas izcelsmes šķidrās vai gāzveida transporta degvielas, kuras atjaunojamo energoresursu

¹²¹ Mustapha D. Garba, Muhammad Usman, Sikandar Khan, Farrukh Shehzad, Ahmad Galadima, Muhammad Fahad Ehsan, Akram S. Ghanem, Muhammad Humayun, CO₂ towards fuels: A review of catalytic conversion of carbon dioxide to hydrocarbons, Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 9, Issue 2, 2021, 104756, ISSN 2213-3437. doi.org/10.1016/j.jece.2020.104756.

¹²² Ministru kabineta 2017.gada 25.aprīļa rīkojums Nr.202 "Par Alternatīvo degvielu attīstības plānu 2017.–2020. gadam". Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/290393-par-alternatīvo-degvielu-attīstības-plānu-20172020-gadam>

¹²³ Eiropas Parlamenta un Padomes 2014.gada 22.oktobra Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu.

¹²⁴ Pētījums par ūdeņraža transporta degvielas uzpildes infrastruktūras ieviešanu Rīgas reģionā.

¹²⁵ Eiropas Parlamenta un Padomes 2014.gada 22.oktobra Direktīva 2014/94/ES par alternatīvo degvielu infrastruktūras ieviešanu.

izmantošanas 10% mērķī var ieskaitīt dubultā saskaņā ar Degvielas kvalitātes direktīvā noteikto. Sintētiskās degvielas var izmantot kā dīzeldegvielas, benzīna un reaktīvās degvielas aizstājēju esošajos iekšdedzes un benzīna transportlīdzekļos vai, veicot nelielas pielāgošanas, kas nerada būtiskas papildu izmaksas.¹²⁶

Uztverto CO₂ var pārvērst par oglekļa ziņā neitrālu kurināmo, bet ir vajadzīgi tehnoloģiski sasniegumi. Jaunos pētījumos jauns katalizators par aptuveni 1000 reizēm palielināja ilgās ķēdes oglūdeņražu ražošanu kīmiskajās reakcijās salīdzinājumā ar esošajām metodēm.¹²⁷

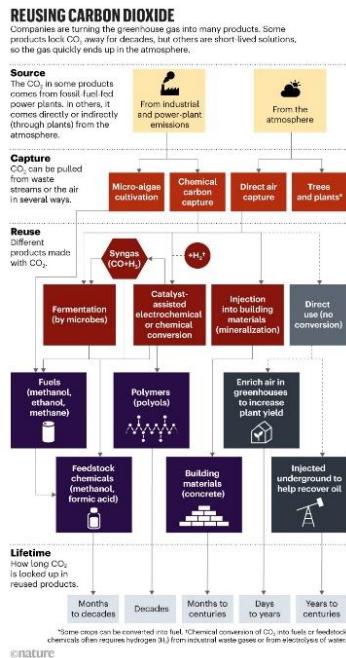
CO₂ kā kīmiskas sastāvdaļas izmantošana nav jauna ideja. Katru gadu procesos tiek izmantoti aptuveni 200 miljoni tonnu CO₂, lielākā daļa no tiem reaģē ar amonjaku, lai pagatavotu urīnvielu minerālmēsliem (ražojot amonjaku, rodas papildu CO₂, un urīnvielas ogleklis tiek ātri izdalīts pēc tam, kad tas ir izkaisīts uz lauka, tāpēc nav nekādu ieguvumu klimatam). Naftas rūpniecība arī iepludina CO₂ pazemē, lai varētu iegūt naftu, bet, izmantojot to, nafta var radīt vairāk CO₂ gāzes, nekā tiek uzglabāts.¹²⁸ Šobrīd ir daudz uzņēmumu, kas virza jaunas CO₂ pārstrādes metodes tirgū. Pieejas ir dažādas, sākot no bioloģisko procesu līdzizvēles līdz elektroķīmisko šūnu vai katalizatoru izmantošanai.¹²⁹ Zemāk 7.1.attēlā shematiiski atainots CO₂ atkārtotas izmantošanas iespējas.

¹²⁶ State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union. Final Report, European Commission, 2015.

¹²⁷ Pieejams: <https://news.stanford.edu/2022/02/09/turning-carbon-dioxide-gasoline-efficiently/>

¹²⁸ Pieejams: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00807-y>

¹²⁹ Turpat.



7.1.att. CO₂ atkārtotas izmantošanas iespējas.

Avots: Žurnāls "Nature"¹³⁰

Daudzi lielākie tirgus dalībnieki izmanto katalizatorus, kas palīdz apvienot CO₂ ar ūdeņradi, lai ražotu degvielu un dažādu izejvielu ķīmiskās vielas. To galvenās izmaksas ir saistītas ar enerģiju, kas vajadzīga ūdeņraža ražošanai, CO₂ plūsmu uztveršanai un šīs molekulas spēcīgo oglekļa-skābekļa saišu izjaukšanai, lai ražotu jaunas molekulas. Tāpēc tik daudzas ražotnes atrodas tur, kur ir daudz augstas tīrības pakāpes CO₂ plūsmu, plaši pieejams rezerves ūdeņradis un siltums (kas attiecīgi veicina metanola ražošanu), vai lēta atjaunojamā elektroenerģija.¹³¹

Piemēram, uzņēmums *Carbon Recycling International* (CRI), 2012. gadā atvēra pirmo CO₂-metanola rūpnīcu blakus ģeotermālajai spēkstacijai Īlandē. Tur caurules ielaistas karstā ūdenī un tvaikā, kas nāk ar nevēlamu CO₂. Rūpnīca paļaujas uz Islandes relatīvi zemo oglekļa emisiju elektrotīklu, lai radītu "zaļu" ūdeņradi no ūdens, izmantojot elektrolīzi. Pēc tam gāzes tiek kombinētas, karsētas, spiestas un pārnestas uz katalizatoru, kas atvieglo CO₂ molekulu sadalīšanu. Katru gadu Īlandes rūpnīca pārstrādā 5,500 tonnas CO₂.¹³²

¹³⁰ Turpat.

¹³¹ Pieejams: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00807-y>

¹³² Turpat.

Termiskā katalīze¹³³, fotokatalīze, elektrokatalīze, fotoelektroekatalīze un organokatalīze var efektīvi mazināt siltumnīcefekta gāzu CO₂. Katalizators ir dažādu CO₂ samazināšanas sistēmu galvenā komponente. Piemērots katalizators var ne tikai samazināt enerģijas patēriņu, bet arī atvieglot elektronu ražošanu un pārvadi. No vienas puses, no enerģijas patēriņa viedokļa mēs vēlamies noslēgt CO₂ pārveidošanu, vienlaikus, izmantojot pēc iespējas mazāk enerģijas avotu, lai saudzētu enerģiju un vidi. [...] **Kopumā CO₂ pārvēršanai vērtīgās degvielās vai ķīmiskajās vielās, šķiet, ir spoža nākotne, un ir vajadzīgi nepārtraukti centieni, lai uzlabotu katalizatoru efektivitāti, katalīzes līmeni un produkta selektivitāti.**¹³⁴

Pētnieki no Kembrijas Universitātes jau iepriekš ir pierādījuši, ka bioloģiskie katalizatori jeb fermenti var ražot degvielu, izmantojot atjaunojamos enerģijas avotus, bet ar zemu efektivitāti. Viņu jaunākie pētījumi laboratorijas vidē ir 18 reizes uzlabojuši degvielas ražošanas efektivitāti, pierādot, ka piesārņojošās CO₂ emisijas var efektīvi pārvērst “zaļajā” degvielā bez izniekotās enerģijas. Par rezultātiem ziņots divos saistītos referātos: *Nature Chemistry*¹³⁵ un *Proceedings of the National Academy of Sciences*¹³⁶ žurnālos.¹³⁷

Secinājums:

Teorētiski viens no eksporta produktīviem Latvijā nākotnē varētu būt no CO₂ saražotās sintētiskās degvielas eksports, ņemot gan vēl vērā vispirms Latvijas iekšējā tirgus pieprasījuma apmierināšanas vajadzības. Taču, šobrīd šādām tehnoloģijām vēl nepieciešama attīstība pāris gadu perspektīvā, lai CO₂ pārveidošana uz degvielu būtu ekonomiski pamatota un varētu tikt ieviesta bez jebkādiem valsts atbalsta instrumentiem.

Rekomendācija:

Latvijas eksporta veicināšanai perspektīvs nākotnē varētu būt virziens, kurā tiktu izmantots CO₂ ar “zaļo” ūdeņradi, lai ražotu degvielu un dažādu izejvielu ķīmiskās vielas.

¹³³ Vārds “katalīze” - ķīmisko reakciju ātruma maiņa katalizatoru ietekmē. Pieejams: <https://tezaurs.lv/katal%C4%ABze>

¹³⁴ Xu L, Xiu Y, Liu F, Liang Y, Wang S. Research Progress in Conversion of CO₂ to Valuable Fuels. Molecules. 2020 Aug 11;25(16):3653. doi: 10.3390/molecules25163653. PMID: 32796612; PMCID: PMC7465062.

¹³⁵ Samuel J Cobb et al. ‘Fast CO₂ hydration kinetics impair heterogeneous but improve enzymatic CO₂ reduction catalysis.’ *Nature Chemistry* (2022). DOI: 10.1038/s41557-021-00880-2

¹³⁶ Esther Edwardes Moore et al. ‘Understanding the Local Chemical Environment of Bioelectrocatalysis.’ *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2022). DOI: 10.1073/pnas.2114097119

¹³⁷ University of Cambridge. New, nature-inspired concepts for turning CO₂ into clean fuels. Skat: <https://www.cam.ac.uk/research/news/new-nature-inspired-concepts-for-turning-co2-into-clean-fuels>

“Zaļā” ūdeņraža apjoms, savukārt, varētu pieaugt, jo tas tiktu saražots no AER, kad tā saražotā elektroenerģija netiktu realizētā kopējā elektroenerģijas tirgū (zemas tirgus cenas, vai citu elektroenerģijas tirgus iemeslu dēļ).

8. Digitalizācijas pakalpojumu un tehnoloģiju eksports

Digitalizācija ietekmē visas tautsaimniecības nozares un enerģētikas nozare nav izņēmums.

Tā, piemēram, paredzams, ka globālais enerģijas pārvaldības sistēmu tirgus pieaugus no 27,31 milj. ASV dolāru 2022. gadā līdz 60,54 miljardiem ASV dolāru līdz 2029. gadam¹³⁸, bet viedās enerģijas pārvaldības tirgus sasniegus 47,64 miljardus ASV dolāru līdz 2029. gadam¹³⁹. Starptautiskā enerģētikas aģentūra arī secina, ka enerģētikas digitalizācijas temps palielinās. Dažu pēdējo gadu laikā enerģētikas uzņēmumu investīcijas digitālajās tehnoloģijās ir strauji pieaugušas. Piemēram, globālās investīcijas digitālajā elektroenerģijas infrastruktūrā un programmatūrā kopš 2014. gada ir pieaugušas par vairāk nekā 20% gadā, sasniedzot 47 miljardus ASV dolāru 2016. gadā¹⁴⁰.

Pasaule virzās uz progresīvāku sabiedrību, kurā gala patēriņiem ir piekļuve vietējai, uz atjaunojamiem energoresursiem balstītai ražošanai un progresīviem informācijas un tehnoloģiju veidiem. Līdz ar to pašlaik notiek pāreja starp tradicionālo pieeju elektroenerģijas ražošanai un sadalei, kur elektroenerģijas galapatētāji parasti ir bijuši neaktīvi, iesaistoties enerģijas tirgos, un jaunu pieeju, kas integrē viņu aktīvu līdzdalību¹⁴¹. Eiropas direktīvas mudina patēriņus aktīvi darboties elektroenerģijas sistēmā un sadarboties, lai saglabātu tās stabilitāti, ko vēsturiski ir nodrošinājušas lielās ražošanas elektrostacijas.

Tomēr sistēmas operatoram nav viegli tikt galā ar patēriņu un ražotāju līdzāspastāvēšanu tajos pašos tirgos. Šādos apstākļos jauns dalībnieks ļauj mazajiem privātajiem un komerciālajiem patēriņiem piedalīties elastības tirgos: pieprasījuma aggregators. Tomēr pieprasījuma aggregatoriem atvērtie līdzsvarošanas tirgi joprojām rada vairākus šķēršļus, kas neļauj tiem praktiski piedalīties¹⁴². Tas prasa jaunus tehnoloģiskus risinājumus, gan ražošanas (piemēram, iekārtas), gan pakalpojumu jomā.

¹³⁸ ‘Energy Management System Market Size, Share | Report [2029]. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/energy-management-system-market-101167>

¹³⁹ ‘Smart Energy Management Market by Size, Share, Forecasts, & Trends Analysis’. Pieejams: https://www.meticulousresearch.com/product/smart-energy-management-market-5255?utm_source=Globenewswire&utm_medium=Paid&utm_campaign=Product&utm_content=28-04-2022

¹⁴⁰ International Energy Agency, *Digitalization & Energy*, 2017. Pieejams: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>

¹⁴¹ Kody T. Ponds and others, ‘Aggregator of Demand Response for Renewable Integration and Customer Engagement: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats’, *Energies*, 11.9 (2018). doi.org/10.3390/en11092391

¹⁴² Mattia Barbero and others, ‘Critical Evaluation of European Balancing Markets to Enable the Participation of Demand Aggregators’, *Applied Energy*, 264 (2020). doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114707

Elektronisko iekārtu klāsts digistalizācijas kontekstā enerģētikas nozarē ir ārkārtīgi plašs, ar tendenci mainīties, veidojoties jaunām tehnoloģijām un izaicinājumiem. Piemēram, elektrostacijas dzīves ciklā digitalizācijai ir vislielākā ietekme uz iekārtām – to izgatavošanu, izvietojumu, darbību un apkopi –, paaugstinot stacijas produktivitāti un uzticamību un tādējādi potenciāli samazinot darbaspēka intensitāti. Termoģenerācijā digitalizācija var mainīt esošās darbības un uzturēšanas uzdevumus, vienlaikus radot jaunas darba vietas datu zinātnē. Atjaunojamo energoresursu nozarē robotu izmantošana saules paneļu tīrīšanai un dronu izmantošana vēja turbīnu uzraudzībai varētu samazināt vajadzību pēc dažiem darbiniekiem¹⁴³.

Lielākā daļa atjaunojamo enerģijas avotu, piemēram, vēja un saules, ir mainīgi, tos nevar kontrolēt tīkla operatori vai tirgus vajadzības, bet tie ir atkarīgi no laikapstākļiem. Šīs piedāvājuma svārstības var radīt neatbilstību starp ražošanu un pieprasījumu, kas prasa papildu elastību, lai līdzsvarotu energosistēmu¹⁴⁴. Tas būtībā ir vēl viens plašs skaidrojums digitalizācijas potenciālam enerģētikas nozarē.

Neierobežojot citas iespējamās tehnoloģijas, kuras potenciāli attiecināmas uz diskutējamu jautājumu, var minēt vismaz vēl šādus praktiskus digitalizācijas piemērus enerģētikas jomā:

1. Deloitte (ASV) 2021. gada rūpniecisko tīklu mijiedarbības apsekojumā 41% respondentu ražošanas nozarē norādīja, ka, pievienojot ģenerēšanu uz vietas, tajā tiks iekļauta arī uzglabāšana. Akumulatoru komplektu izmaksas pēdējā desmitgadē ir samazinājušās gandrīz par 90%, un tās turpina kristies, un tādējādi šī tendence, iespējams, nostiprināsies.
2. EV (*electric vehicles*) un EV lādētāji kļūst arvien izplatītāki, jo organizācijas elektrificē autoparkus. Rūpniecības uzņēmumiem ar noliktavām, ražošanas iekārtām, tirdzniecību uz vietas un pēcpārdošanas pakalpojumiem transportlīdzekļu dažādība var būt no autoiekkrāvējiem līdz servisa kravas automašīnām.
3. Mikrotīkls ir lokāla energoresursu grupa, ko kontrolē programmatūra, kas sinhronizē un pārvalda resursus, lai sasniegtu tās organizācijas mērķus, kurai mikrotīkls pieder

¹⁴³ International Energy Agency.

¹⁴⁴ M Antretter and others. *Digitalisation of Energy Flexibility*. European Commission, Directorate-General for Energy. (Publications Office of the European Union, 2022). doi.org/doi/10.2833/113770

vai kas nomā. Mikrotīkli parasti ir savienoti ar tradicionālo elektrotīklu, un tie var atvienoties vai “izslēgt” no lielākā tīkla, lai apkalpotu klientu pārtraukuma vai maksimālās cenas periodā. Viens no iespējamiem ieguvumiem ir tas, ka tas var darbināt iekārtu, kad centralizētais tīkls to nevar nodrošināt. Vadības ierīces, kas nodrošina šo noturību, var palielināt sistēmas izmaksas, taču tās var būt tā vērtas, salīdzinot ar ilgstošas darbības pārtraukuma izmaksām.¹⁴⁵

Arī populārā “viedo pilsētu” koncepcija veido pieprasījumu pēc tehnoloģiskiem un digitalizācijas risinājumiem enerģētikas jomā. Svarīgs jautājums, kas jānosaka ilgtspējīgam enerģētikas risinājumam vietējā kopienā, ir noteikt, cik lielā mērā kopiena var līdzsvarot savu elektroenerģijas piegādi un pieprasījumu par stundu, un cik lielā mērā tai jāļauj paļauties uz kaimiņvalstu palīdzību reģionos¹⁴⁶.

Var droši apgalvot, ka enerģētikas nozarē vienlaikus ar tradicionāliem sarežģītā vai liela mēroga (piemēram, turbīnas, kabeļu ražošana utt.) aprīkojuma ražotājiem, veidojas plašas iespējas citiem ražotājiem, kuru uzdevums būtu piedāvāt daudz mazāka mēroga risinājumus (mazas sistēmas dizains, daļa no nepieciešamā tehniskā nodrošinājuma, daļa no procesa kontroles programatūras utt.). Šajā sakarā būtu jāpieņem, ka valsts ekonomiskās politikas veidotājiem nebūtu produktīvi noteikt precīzu produktu, kura ražošanu atbalstīt (tie var būt ļoti specifiski kā optimāls šūnu dizains, izmantojot 3D drukāšanu kā ierīces izgatavošanas metodi¹⁴⁷), bet drīzāk jāapzinās, ka, atbalstot nozari kopumā (piemēram, ar uzsvaru uz risinājumiem enerģētikas jomā), tā spēs realizēt tajā esošo potenciālu.

Latvijas kontekstā ievērojama loma ir Latvijas Elektrotehnikas un elektronikas rūpniecības asociācijai un tās vairāk nekā 90 biedriem¹⁴⁸. Nozare uzrāda izaugsmi, tāpat atbilstoši Ekonomikas ministrijas vērtējumam, 2021.gadā lielāko devumu preču eksporta pieaugumā nodrošina mehānismu un elektroiekārtu eksporta kāpums¹⁴⁹.

¹⁴⁵ ‘Smart Energy Management for Industrials | Deloitte Insights’. Pieejams: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/smart-energy-management.html>

¹⁴⁶ J. Z. Thellufsen and others. ‘Smart Energy Cities in a 100% Renewable Energy Context’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129 (2020). doi.org/10.1016/j.rser.2020.109922

¹⁴⁷ Tsukasa Yoshida, He Sun, and Ajit Khosla, ‘Smart Energy Systems’, *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*, 22.4 (2019). doi.org/10.15407/spqeo22.04.452

¹⁴⁸ ‘Letera’. Pieejams: <https://www.lettera.lv/par-nozari/>

¹⁴⁹ Ekonomikas ministrija. LATVIJAS EKONOMIKAS ATTĪSTĪBAS PĀRSKATS, 2021. Pieejams: <https://www.em.gov.lv/lv/media/12820/download?attachment>



8.1.att. Elektronisko iekārtu ražošanas attīstība Latvijā.¹⁵⁰

Nozares dalībnieku skaits un stabils nozares apgrozījuma pieaugums demonstrē, ka Latvijā privātais sektors ir izveidojis pietiekamu infrastruktūru tālākai nozares attīstībai. Protams, šajos datos papildu būtu jāietver IT nozares devums, tāpat atsevišķu uzņēmumu sniegums, kuri savu darbību klasificē specifiski enerģētikas jomā. Pastāvot ārējam un iekšējam pieprasījumam,

Secinājumi:

1. Pasaulē ir vērojams straujš pieprasījuma pieaugums enerģētikas jomā, arī nozares digitalizācijas kontekstā. Pieprasījums veidojas vairāku iemeslu rezultātā, tai skaitā tiesību aktu ietekmes rezultātā, bet arī tehnoloģiskās attīstības un inovāciju rezultātā, kas maina šo konservatīvu nozari.
2. Latvijā ir veiksmīgs specializēto uzņēmumu klasteris, kura piedāvātie pakalpojumi un produkti ir saistīti ar digitalizācijas jomu. Nav iespējams precīzi noteikt produkcijas vai pakalpojumu apjomu, kuram ir tieša loma enerģētikas nozares digitalizācijā, bet valdības vai politikas veidotāju loma nav noteikt konkrētu atbalstāmu produktu, bet palīdzēt vietējai nozarei izmantot iespēju piedalīties tirgū ar augstu globālās izaugsmes potenciālu.

¹⁵⁰ ‘Letera’. Pieejams: <https://www.lettera.lv/par-nozari/>

Rekomendācijas:

1. Izmantojot valstij pieejamus finanšu instrumentus, fokusēt tos un piešķirt lielāku lomu atbalstam enerģētikas nozares digitalizācijas risinājumiem. Šāda fokusa un prioritātes noteikšana ļautu nozares uzņēmumiem pievērsties tirgus apzināšanai un iespējamās dalibas tajā novērtēšanai, īpaši, ja kādu iemeslu dēļ tā nebija uzņēmuma prioritāte. IKT nozares finansējuma modeļa trūkumi minēti, t.sk. *OECD* 2021. gadā publicētajā pētījumā par Latviju¹⁵¹.
2. Nepieciešams organizēt specializētus nozares pieprasījuma – piedāvājuma apzināšanas pasākumus arī vietējā un reģionālā mērogā. Kaut lieliem enerģētikas uzņēmumiem ir prakse informēt par to plānotiem iepirkumiem, trūkst tematisku pasākumu par vidējā termiņā pieprasījumu tehnoloģisko, IT risinājumu jomā, kuri apvienotu lielas pašvaldības, lielus uzņēmumus, MVU un potenciālus risinājumu vietējus piegādātājus. Tas attiecas arī uz pasākumiem energoefektivitātes jomā.

¹⁵¹ OECD (2021). *Digitalizācija Latvijā*. OECD Publishing, Paris. doi.org/10.1787/a58d1c1a-lv

Secinājumi un rekomendācijas

Šī ziņojuma ietvaros secinājumi un rekomendācijas ir vērstas uz esošās Latvijas rīcībpolitikas izmaiņu nepieciešamību, iezīmējot stratēģiskos investīciju virzienus eksporta potenciāla attīstībai, kā arī apskatot nākotnes tehnoloģijas un investīciju projektus Latvijai, kas palīdzētu valstij efektīvāk stiprināt tautsaimniecības attīstību. Lai uzlabotu eksporta potenciāla attīstību Latvijā un veicinātu inovāciju iepirkumu, šī ziņojuma ietvaros tiek sniegtas šādas rekomendācijas.

SECINĀJUMI

Balstoties uz projekta ietvaros veikto izvērtējumu, tika noformulēti sekojoši secinājumi:

1. Pāreju uz ilgtspējīgāku un drošāku enerģētiku iespējams panākt ar dažādiem politikas instrumentiem, kā rezultātā veidojas atšķirīga energosistēmu struktūra.
2. Enerģijas pārejas process ievērojami balstās uz trim galvenajiem pīlāriem: (1) enerģijas pieprasījuma samazināšana, palielinot efektivitāti, (2) galapatēriņa elektrifikācija un (3) elektroenerģijas ražošanas dekarbonizācija. Attiecīgi tehnoloģijām, kas saistītas ar šo pīlāru realizēšanu ir augstāks komerciāls potenciāls.
3. Vēja enerģija ir atzīta par vadošo AER tehnoloģiju. Un lielāki attīstības tempi ir prognozēti tieši jūras vēja enerģijai. Pārsvarā tas ir saistīts ar ierobežotām iespējām attīstīt liela mēroga vēja parkus sauszemē (kas ir lētākais vēja enerģijas risinājums, nekā jūras vēja ģenerācija) dēļ ierobežotām zemes platībām un pašvaldību ieinteresētības trūkumu to darīt vai pat pretestību.
4. Vērtējot Latvijā saražotās enerģijas eksporta potenciālu, būtiski ņemt vērā šīs enerģijas konkurētspēju potenciālajos eksporta tirgos, kā arī tehniskās iespējas šādu enerģiju fiziski piegādāt. Baltijai sinhronizējot elektroenerģijas tīklu ar Eiropas kontinentāliem tīkliem, pastāvēs tehnoloģisks ierobežojums Baltijas reģionā saražotās elektroenerģijas pārpakumus novirzīt Polijā. Vienlaikus elektroenerģijas novirzīšanai Zviedrijas dienvidu cenu zonai, būtu iespējams attīstīt, piemēram, Latvijas-Zviedrijas līdzstrāvas starpsavienojumu (*LasGo*). Līdz ar to būtu

nepieciešams, piesaistot ES līdzfinansējumu, veikt attiecīgā starpsavienojuma ekonomiski-tehnisko izvērtējumu, nosakot tā potenciālās noslodzes efektivitāti, kas pēc būtības arī atspoguļos Zviedrijas tirgus pievilcīgumu Latvijā saražotajai vēja un saules enerģijai, kas pārsniedz vietējo pieprasījumu.

5. Pasaulē fosilo energoresursu elektrostaciju jaudu aizstāšana (papildus ātri augošai AER tehnoloģiju tirgus daļai) lielākoties tiek balstīta uz dabasgāzes, kodolenerģijas un ūdeņraža tehnoloģiju kombināciju.
6. Neskatoties uz to, ka ūdeņraža tehnoloģijas ir aktīvi pieminētas gandrīz visos scenārijos, tikai daži sniedz konkrētas prognozes. Vienlaikus daži scenāriji (piemēram, *Bloomberg*), uzskata ūdeņradi par nākotnes ekonomikas mugurkaulu. Tāpat IRENA scenārijs īpaši akcentē bateriju lomu nākotnes virzībai uz klimatneitralitāti. Savukārt Bloomberg-Red scenārijs uzskata, ka tieši kodolenerģija spēlēs vadošo lomu tīrās enerģijas nākotnē.
7. Kopumā scenārijos pieprasījuma pēc fosilajiem energoresursiem samazināšanos pēc 2030. gada nosaka elektrifikācija, arvien pieaugoša AER izmantošana un zaļā ūdeņraža ieviešana enerģētikas, ēku un rūpniecības sektorā.
8. Latvijas ģenerējošām jaudām būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojumus Baltijas vienotajā balansēšanas tirgū, t.i. sniedzot to ne tikai Latvijas tirgus dalībniekiem, bet pēc būtības eksportējot šo pakalpojumu arī Igaunijas un Lietuvas vajadzību apmierināšanai. Laikā, kad tirgus interese par AER ģenerāciju pieaug, šis balansēšanas pakalpojumu tirgus segments paliek nenosegts.
9. Latvijai būtu iespēja piedāvāt balansēšanas pakalpojuma eksportu uz pārējām Baltijas valstīm apmērā virs 1200 MW, bet vēlāk, pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrēšanas ES līmenī, arī valstīs ārpus Baltijas.
10. Zaļajam ūdeņradim, kas saražots, izmantojot elektrolīzes tehnoloģiju un elektroenerģiju ģenerētu Daugavas HES, ir labs konkurētspējas potenciāls zaļā ūdeņraža tirgū. Augstas ūdens pieteces laikā ūdeņraža ražošana nodrošinātu attiecīgās elektroenerģijas izmantošanu ar augstāku pievienoto vērtību (ūdeņraža

ražošanu un realizēšanu ar augstāku kopējo ekonomisko sniegumu), nekā elektroenerģijas pārdošana *NordPool* tirgū pie relatīvi zemas elektroenerģijas cenas reģionā.

11. Zemes dzīļu potenciāla apgūšanā faktiski izmantota Latvijā tiek Inčukalna pazemes gāzes krātuve. Savukārt nogabala statuss ir noteikts gan Inčukalna pazemes gāzes krātuvei gan Dobeles pazemes gāzes krātuvei. Taču pastāv vēl liels potenciāls zemes dzīļu izmantošanā, kas spētu Latviju izcelt reģionāla enerģētikas līdera statusā, būtiski arī uzlabojot tautsaimniecības attīstības iespējas.
12. Nēmot vērā Latvijas zemes dzīļu unikālās īpašības, Latvijā salīdzinoši ar citām Baltijas valstīm, būtu vieglāk realizēt jaunus uzglabāšanas projektus, bet tie būtu resursietilpīgi, praktiski skatoties, visdrīzāk tikai ar Vācijas (un/vai Polijas) iesaisti varētu veikt šādu projektu attīstību, nēmot vērā to dabasgāzes tirgu lielumus.
13. Perspektīvāko struktūru (Dobeles, Ziemeļblīdenes, Snēpeles, Degoles) kopējais gāzes apjoms sasniedz 64 miljardus m³, aktīvās gāzes – 32 miljardus m³. 32 miljardi m³ zemes dzīļu potenciāla spētu uztvert ~57,53 milj. tonnu CO₂. Taču, vienlaikus pastāv iespēja attīstīt (apgūt) nedz tikai lielākās Dobeles krātuves potenciālu, bet, mazāka apjoma struktūru, atbilstoši tirgus un faktiskās situācijas pieprasījumam.
14. Lai arī Latvijas SDG terminālim būtu eksporta potenciāls, šī potenciāla izmantošana prasītu būtisku investīciju veikšanu. Šāda veida projektam būtu jābūt Eiropas Savienības mērogā, lai varētu nodrošinātu maksimālu infrastruktūras izmantošanu un spētu efektīvi atgūt veiktās investīcijas.
15. Latvijā pastāv ģeoloģiskais potenciāls CO₂ uzglabāšanai, taču šobrīd vēl tehnoloģijas iespējams vēl nav nobriedušas līdz līmenim, lai šādas darbības būtu ekonomiski izdevīgas. Vienlaikus, lai Latvijai Eiropas Savienībā būtu priekšrocības, kad šāds risinājums kļūtu ekonomiski izdevīgs ir savlaicīgi nepieciešams tiesiskajā regulējumā paredzēt iespējamību šādu zemes dzīļu derīgo īpašību izmantošanai un noteikt skaidrus nosacījumus normatīvajos aktos, t.sk. attiecībā uz īpašumtiesību piederības robežām.

- 16.** Teorētiski viens no eksporta produktīviem Latvijā nākotnē varētu būt no CO₂ saražotās sintētiskās degvielas eksports, ņemot gan vēl vērā vispirms Latvijas iekšējā tirgus pieprasījuma apmierināšanas vajadzības. Taču, šobrīd šādām tehnoloģijām vēl nepieciešama attīstība pāris gadu perspektīvā, lai CO₂ pārveidošana uz degvielu būtu ekonomiski pamatota un varētu tikt ieviesta bez jebkādiem valsts atbalsta instrumentiem.
- 17.** Biogāze ES un pasaule ir augošā nozare, Latvijā attīstība ir salīdzinoši lēna. Viens no būtiskiem faktoriem nozares attīstībai ir stabila tiesiskā vide un potenciāli nozares atbalsts.
- 18.** Latvijas izaicinājumi tiesiskajā un atbalsta jomā nav unikāli, tāpēc jautājums par šo šķēršļu pārvarēšanu nav tiešā veidā saistīts ar ekonomisko prioritāti, bet vietu politikas veidotāju prioritāšu sarakstā. Tai pat laikā ir skaidra ES kopīgā nostāja biogāzes (konkrēti biometāna) jomā un klimata pārmaiņu jomā kopumā, kas būtu jāņem vērā, nosakot plānus nozares attīstībai. Nozares eksporta potenciāls šajā brīdī ir zems, bet vidējā terminā tas atkarīgs no pieejamās infrastruktūras un tiesiskā regulējuma (ieskaitot tā stabilitāti).
- 19.** Pasaule ir vērojams straujš pieprasījuma pieaugums enerģētikas jomā, arī nozares digitalizācijas kontekstā. Pieprasījums veidojas vairāku iemeslu rezultātā, tai skaitā tiesību aktu ietekmes rezultātā, bet arī tehnoloģiskās attīstības un inovāciju rezultātā, kas maina šo konservatīvu nozari.
- 20.** Latvijā ir veiksmīgs specializēto uzņēmumu klasteris, kura piedāvātie pakalpojumi un produkti ir saistīti ar digitalizācijas jomu. Nav iespējams precīzi noteikt produkcijas vai pakalpojumu apjomu, kuram ir tieša loma enerģētikas nozares digitalizācijā, bet valdības vai politikas veidotāju loma nav noteikt konkrētu atbalstāmu produktu, bet palīdzēt vietējai nozarei izmantot iespēju piedalīties tirgū ar augstu globālās izaugsmes potenciālu.

REKOMENDĀCIJAS

Balstoties uz projekta secinājumiem, ir izvirzītas sekojošas rekomendācijas:

1. Lai noteiktu Latvijā saražotās elektroenerģijas eksporta potenciālu, būtu iespējams veikt, piemēram, Latvijas-Zviedrijas starpsavienojuma *LasGo* ekonomiski-tehnisko izvērtējumu, attiecīgi novērtējot vēja enerģijas eksporta potenciālu no Latvijas uz Zviedrijas dienvidu cenu zonu. Tehnisko iespēju esība saražoto elektroenerģiju piegādāt cenu zonā ar augstāku cenas līmeni veicinās interesi par ģenerācijas attīstību Latvijā, ja attiecīgā cena būs konkurētspējīga plūsmai no Latvijas uz attiecīgo eksporta tirgu. Šādam izvērtējumam būtu rekomendējams piesaistīt ES līdzfinansējumu.
2. Nodrošināt informatīvo atbalstu, kā arī veicinošo tiesisko ietvaru balansēšanas pakalpojumu sniedzējiem konkurētspējīgo pakalpojumu piedāvāšanai Baltijas valstīs, bet pēc balansēšanas tirgu turpmākas integrācijas ES - arī ārpus tā.
3. Veikt padzīlinātu izpēti ūdeņraža ražošanas potenciālam Latvijā, izmantojot Daugavas HES.
4. Izmantot Apvārsnis ES finansējumu Inčukalna pazemes gāzes krātuves izpētei, nosakot tehniskās iespējas glabāt dabasgāzi sajauktu ar ūdeņradi. Kā arī veikt izpēti Latvijas ģeoloģisko struktūru piemērotību tīrā ūdeņraža glabāšanai.
5. Nemot vērā Latvijas zemes dzīļu unikālo īpašību kopumu, būtu jāveic ģeoloģiska rakstura pētījumi, lai apzinātu reālo pazemes krātuvu potenciālu, izmantojot mūsdienu pētniecības metodes. Iespējamais pētījuma organizētājs – Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs. Pēdējais apjomīgākais pētījums tīcīs veikts 1998. gadā, savukārt lielākā daļa ģeoloģisko darbību veiktas vēl pagājuša gadsimta vidū.
6. Būtu jāpieņem konceptuāls lēmums valstiskā līmenī par Latvijas pazemes krātuvu potenciāla izmantošanas mērķiem, attiecīgi arī to nostiprinot Latvijas normatīvo aktu sistēmā un stratēģiskajos politikas plānošanas dokumentos. Proti, izvēlēties starp dabasgāzes (ieskaitot arī citu gāzveida vietu - biogāze, ūdeņradis) vai potenciālo CO₂ uzglabāšanu (potenciāls tiek apskatīts tālāk šī pētījuma ietvaros), nemot vērā tautsaimniecības intereses, kā arī noteikt valsts un zemes īpašnieku robežas attiecībā

uz zemes dzīļu īpašumtiesībām, lai potenciālajiem investoriem būtu skaidras garantijas un interese attīstīt resursietilpīgos zemes dzīļu potenciāla apgūšanas projektus Latvijā.

7. Ja tiek attīstīts SDG eksporta virziens, būtu pirmšķietami jāizmanto Inčukalna pazemes gāzes krātuves vai cita lokālā pacēluma Latvijā potenciālu dabasgāzes uzglabāšanai, lai pēc tam efektīvi un operatīvi spētu veikt SDG kuģu uzpildīšanu.
8. Nemot vērā jaunākās tendences, būtu jāizvērtē šīs infrastruktūras iespējamo izmantošanu CO₂ transportēšanas un uzglabāšanas funkciju veikšanai.
9. Būtu jāpārvērtē 2013. gadā likuma “Par piesārņojumu” 8.² pantā ietverto (pirms tam 2011. gadā kā pagaidu noregulējums tika iekļauts likuma “Par piesārņojumu” 8.¹ pantā) aizliegumu oglekļa dioksīda uzglabāšanai ģeoloģiskās struktūrās, kā arī vertikālajā ūdens slānī Latvijas teritorijā, tās ekskluzīvajā ekonomiskajā zonā un kontinentālajā šelfā, nemot vērā šī brīža tehnoloģijas, ekonomiskās izmaksas un Latvijas unikālo ģeoloģisko potenciālu.
10. Latvijas eksporta veicināšanai perspektīvs nākotnē varētu būt virziens, kurā tiktu izmantots CO₂ ar “zaļo” ūdeņradi, lai ražotu degvielu un dažādu izejvielu ķīmiskās vielas. “Zaļā” ūdeņraža apjoms, savukārt, varētu pieaugt, jo tas tiktu saražots AER enerģijas, kad tā saražotā elektroenerģija netiktu realizētā kopējā elektroenerģijas tirgū (zemas tirgus cenas, vai citu elektroenerģijas tirgus iemeslu dēļ).
11. Biogāzes jomā: politikas veidotājiem ir jābūt vienotai izpratnei par nozarē pilnveidojamajiem tiesību aktiem un veicamajiem darbiem šajā sakarā. Pastāvot atsevišķām rekomendācijām dažādos dokumentos (piemēram, Valsts vides dienesta publicētais materiāls 2022. gadā¹⁵²) tiek apgrūtinātā nozares attīstība.
12. Tāpat, biogāzes jomā, politikas veidotājiem ir jāapzinās, ka nozares attīstība prasīs papildu ieguldījumus, attiecīgi būtu jānosaka šāda potenciāla atbalsta mērķis, lai kopējais ekonomiskais labums valstij un sabiedrībai joprojām būtu pozitīvs,

¹⁵² Valsts vides dienests.

piemēram, biogāzes izmantošana, aizstājot fosilos kurināmos, palīdz sasniegt valsts noteiktos klimata mērķus, bet vienlaikus var veicināt importa samazināšanu.

13. Biogāzes ražošanas atbalsta pasākumos nepieciešams pārskatīt veidu, kādā veidā tiek koordinēta atbalsta sniegšana, ja atbalsta rezultātā veidojas ietekmē uz vairākām jomām (šajā gadījumā – lauksaimniecības, vides, klimata un enerģētikas jomu), kādā veidā rezultāti, kuri ir sagaidāmi no šāda atbalsta sniegšanas tiek ņemti vērā enerģētikas politikas dokumentos.
14. Izmantojot valstij pieejamus finanšu instrumentus, fokusēt tos un piešķirt lielāku lomu atbalstam enerģētikas nozares digitalizācijas risinājumiem. Šāda fokusa un prioritātes noteikšana ļautu nozares uzņēmumiem pievērsties tirgus apzināšanai un iespējamās dalības tajā novērtēšanai, īpaši, ja kādu iemeslu dēļ tā nebija uzņēmuma prioritāte. IKT nozares finansējuma modeļa trūkumi minēti, t.sk. OECD 2021. gadā publicētajā pētījumā par Latviju¹⁵³.
15. Nepieciešams organizēt specializētus nozares pieprasījuma – piedāvājuma apzināšanas pasākumus arī vietējā un reģionālā mērogā. Kaut lieliem enerģētikas uzņēmumiem ir prakse informēt par to plānotiem iepirkumiem, trūkst tematisku pasākumu par vidējā termiņā pieprasījumu tehnoloģisko, IT risinājumu jomā, kuri apvienotu lielas pašvaldības, lielus uzņēmumus, MVU un potenciālus risinājumu vietējus piegādātājus. Tas attiecas arī uz pasākumiem energoefektivitātes jomā.

¹⁵³ OECD (2021). *Digitalizācija Latvijā*. OECD Publishing, Paris. doi.org/10.1787/a58d1c1a-lv

Literatūras saraksts

- Abanades, S., H. Abbaspour, A. Ahmadi, B. Das, M. A. Ehyaei, F. Esmaeilion, and others, 'A Critical Review of Biogas Production and Usage with Legislations Framework across the Globe', *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2022. doi.org/10.1007/s13762-021-03301-6
- Adnan, Amir Izzuddin, Mei Yin Ong, Saifuddin Nomanbhay, Kit Wayne Chew, and Pau Loke Show, 'Technologies for Biogas Upgrading to Biomethane: A Review', *Bioengineering*, 2019. doi.org/10.3390/bioengineering6040092
- Alberici, Sacha, Grimme Wouter, and Gemma Toop, *Biomethane Production Potentials in the EU. Feasibility of REPowerEU 2030 Targets, Production Potentials in the Member States and Outlook to 2050*, 2022. Pieejams: <https://www.europeanbiogas.eu/biomethane-production-potentials-in-the-eu/>
- Ansone, A., Jansons, L., Bode, I., Dzelzitis, E., Zemite, L. and Broks, A. "Study on Potential Role and Benefits of Liquified Natural Gas Import Terminal in Latvia" Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, vol.59, no.2, 2022. doi.org/10.2478/lpts-2022-0010
- Antretter, M, M Klobasa, M Kühnbach, M Singh, K Knorr, J Schütt, and others, *Digitalisation of Energy Flexibility*. European Commission, Directorate-General for Energy. (Publications Office of the European Union, 2022). doi.org/doi/10.2833/113770
- Aro, Eva Mari, 'From First Generation Biofuels to Advanced Solar Biofuels', *Ambio*, 45 (2016). doi.org/10.1007/s13280-015-0730-0
- Aryal, Nabin, Yifeng Zhang, Suman Bajracharya, Deepak Pant, and Xuyuan Chen, 'Microbial Electrochemical Approaches of Carbon Dioxide Utilization for Biogas Upgrading', *Chemosphere*, 291 (2022). doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132843
- AS Augstsrieguma tīkls (2022). Sinhronizācija ar Eiropu. Pieejams: <https://ast.lv/lv/projects/sinhronizacija-ar-eiropu>
- AS Augstsrieguma tīkls (2022). Sistēmas regulēšana. Pieejams: <https://ast.lv/lv/content/sistemas-regulesana>
- AS Augstsrieguma tīkls (2022). veido elektroenerģijas balansēšanas tirgu, kas radīs jaunas investīciju un biznesa iespējas energouzņēmumiem. Pieejams: <https://ast.lv/lv/events/augstsrieguma-tikls-veido-elektroenergijas-balancesanas-tirgu-kas-radis-jaunas-investiciju>
- AS Augstsrieguma tīkls (2022). Elektroenerģijas tirgus pārskats. Pieejams: <https://ast.lv/lv/electricity-market-review>
- AS Latvenergo (2022). Ražošana HES. Pieejams: <https://latvenergo.lv/lv/par-mums/razosana#hes>
- AS Conexus. 'Akciju Sabiedrības Conexus Baltic Grid PUBLISKĀ Daļa Vidēja Termiņa Stratēģija'. Pieejama: https://www.conexus.lv/uploads/filedir/Media/conexus_videja_termina_strategija.pdf
- AS Conexus Baltic Grid (2022). Eiropas Ūdeņraža mugurkaula iniciatīvas ietvaros izstrādāta vīzija par ūdeņraža infrastruktūru. Pieejams: <https://www.conexus.lv/zinas-presei/eiropas-udenraza-mugurkaula-iniciativas-ietvaros-izstradata-vizija-par-udenraza-infrastrukturu>
- AS Conexus Baltic Grid. Tehniskās jaudas pieejamība katru gadu atšķiras. AS "Conexus Baltic Grid" ir noteikusi tehniskās jaudas prognozi saskaņā ar Inčukalna pazemes gāzes krātuves (PGK) lietošanas noteikumiem nākamajam, 2023. /2024. gada krātuves ciklam 21.1 TWh apmērā. Pieejams: <https://www.conexus.lv/aktualitates-sistemas-lietotajiem/inculkalna-pgk-tehniskas-jaudas-prognoze-20232024-gada-kratuves-ciklam>
- Barbero, Mattia, Cristina Corchero, Lluc Canals Casals, Lucia Igualada, and F. Javier Heredia, 'Critical Evaluation of European Balancing Markets to Enable the Participation of Demand Aggregators', *Applied*

Energy, 264 (2020). doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114707

Bloomberg NEF (2021). New Energy Outlook. Pieejams: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

Bogdanova O., Junghāns G. (2022). Baltijas energosistēmas balansēšanas tirgus vērienīgu izmaiņu priekšā // Jurista vārds, Nr.33 (1247). 16.augusts, 2022.

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS on an EU Strategy to Reduce Methane Emissions (European Commission, 2020). Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0663>

Creos, DESFA, Elering, etc. (2021). European Hydrogen Backbone. Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen. Gas for Climate. Imprint, 2021. Pieejams: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/EHB_Analysing-the-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen_June-2021.pdf

Demirbas, Ayhan, 'Biofuels Sources, Biofuel Policy, Biofuel Economy and Global Biofuel Projections', *Energy Conversion and Management*, 49.8 (2008). doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020

Ekonomikas ministrija. *LATVIJAS EKONOMIKAS ATTĪSTĪBAS PĀRSKATS*, 2021. Pieejams: <https://www.em.gov.lv/lv/media/12820/download?attachment>

'Energy Management System Market Size, Share | Report [2029]'. Pieejams: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/energy-management-system-market-101167>

ENTSO-E (2022). Eiropas elektroenerģijas pārvades sistēmas operatoru platforma. Pieejama: <https://transparency.entsoe.eu>

European Commission. 'Commission Adopts EU Methane Strategy', 2020. Pieejams: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1833

Eiropas Komisija (2020). Komisijas Paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un Sociālo Lietu Komitejai un Reģionu Komitejai: Ūdeņraža stratēģija klimatneitrālai Eiropai. COM(2020) 301 final. Pieejams: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

Eiropas Komisija. State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union. Final Report, European Commission, 2015.

Eiropas Parlaments (2018). Oglekļa emisijas samazināšana: ES mērķi un veiktie pasākumi. Pieejams: <https://www.europarl.europa.eu/news/lv/headlines/society/20180305STO99003/oglekla-emisijas-samazinasana-es-merki-un-veiktie-pasakumi>

Eiropas Parlaments (2019). Siltumnīcefekta gāzu emisijas valstu un sektoru dalījumā (infografika). Pieejams: <https://www.europarl.europa.eu/news/lv/headlines/society/20180301STO98928/siltumnicefekta-gazu-emisijas-valstu-un-sektoru-dalijuma-infografika>

Ekonomistu apvienība (2022). Eiropas enerģētikas nākotne un transformācijas izaicinājumi Latvijai. Rīga, 2022. ISBN 978-9934-23-735-5 Pieejams: <https://www.ekonomisti.lv/2022/10/25/eiropas-energetikas-nakotne-un-transformacijas-izaicinajumi-latvijai/?download=3444>

EUROSTAT. *Energy Data 2020 Edition*, 2020. doi.org/10.2785/68334

European Hydrogen Backbone (2022). Pieejams: www.ehb.eu

Grant, N., Gambhir, A., Mittal, S., Greig, C., Köberle, A.C. 2022. *Enhancing the realism of decarbonisation scenarios with practicable regional constraints on CO₂ storage capacity*.

Hevia-Koch, P. and H. K. Jacobsen. 2019. Comparing offshore and onshore wind development considering acceptance costs. *Energy Policy*, Vol. 125. doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.019

International Energy Agency. *Digitalization & Energy*, 2017. Pieejams:

- <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>
- International Energy Agency (2021). Global Hydrogen Review 2021. International Energy Agency. Pieejams: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>
- International Council on Clean Transportation (2022). Cost of Renewable Hydrogen Produced Onsite at Hydrogen Refueling Stations in Europe. White paper. ICCT, 2022. Pieejams: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/02/fuels-eu-cost-renew-H-produced-onsite-H-refueling-stations-europe-feb22.pdf>
- International Journal of Greenhouse Gas Control. Volume 120, ISSN 1750-5836. doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103766
- IRENA (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway. Pieejams: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>
- Junghans G., Kalniņš M. (2020). Izstrādāti vienoti principi Baltijas elektroenerģijas sistēmas frekvences kontrolei un balansēšanai. Enerģija un Pasaule: 2020/5. Pieejams: https://www.ast.lv/sites/default/files/editor/EP_oct2020.pdf
- Gómez, Lucía García, Susana Luque, A. M. Gutiérrez, and J. R. Arribalzaga, 'Design and Development of a Tool for Selecting Operations to Obtain Biomethane from Biogas from Different Sources', *International Journal of Energy Production and Management*, 7.1 (2022). doi.org/10.2495/EQ-V7-N1-35-47
- Gustafsson, M., and S. Anderberg, 'Dimensions and Characteristics of Biogas Policies – Modelling the European Policy Landscape', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. doi.org/10.1016/j.rser.2020.110200
- Jens, Jaro, David Graß, and Matthias Schimmel, *Market State and Trends in Renewable and Low-Carbon Gases in Europe. A Gas for Climate Report*, 2021. Pieejams: <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2021/12/Gas-for-Climate-Market-State-and-Trends-report-2021.pdf>
- Kļaviņš, M., Zaļoksnis, J. Klimats un ilgtspējīga attīstība. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 2016.
- LA.LV. 'Biogāzes Nozari Rosinās Pārkārtot Biometāna Ražošanai', 2021. Pieejams: <https://www.la.lv/biogazes-nozari-rosinas-parkartot-biometana-razosanai>
- LA.LV. "Latvijā plāno atbalstīt vien no atkritumiem ražotu biogāzi, rosinot ražotājus kļūt par sanitāriem", 11.01.2021. Pieejams: <https://www.la.lv/biogazes-razotajus-rosinas-klut-par-sanitariem>
- Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra. Ģeoloģiskās struktūras dabasgāzes pazemes glabātavu izveidei. Riga: 2007. gads. Pieejams: https://videscentrs.lvgmc.lv/files/files/Geolojija/Geol_structuras.pdf
- Latvijas Biogāzes asociācija. 'Biogāzes Ražošana Latvijā. Biometāna Iegūšanas Un Izmantošanas Iespējas. Specifiskā Atbalsta Mērķis 4.5.1. "Attīstīt Videi Draudzīgu Sabiedriskā Transporta Infrastruktūru" Pasākums 4.5.1.2. "Attīstīt Videi Draudzīgu Sabiedriskā Transporta Inf", 2016. Pieejams: https://www.sam.gov.lv/sites/sam/files/item_6133_6_lba_biometans_sm_06.20161_0.pdf
- 'Letera'. Pieejams: <https://www.letera.lv/par-nozari/>
- Liu, Yuzhong, Pablo Cruz-Morales, Amin Zargar, Michael S. Belcher, Bo Pang, Elias Englund, and others, 'Biofuels for a Sustainable Future', *Cell*, 2021. doi.org/10.1016/j.cell.2021.01.052
- Lockwood T. *A review of cost estimates for Carbon Capture and Storage in the power sector*. 8 December 2021, ISBN 978-92-9029-640-9.
- Moya, Cristian, Rubén Santiago, Daniel Hospital-Benito, Jesús Lemus, and José Palomar, 'Design of Biogas Upgrading Processes Based on Ionic Liquids', *Chemical Engineering Journal*, 428 (2022). doi.org/10.1016/j.cej.2021.132103
- Mustapha D. Garba, Muhammad Usman, Sikandar Khan, Farrukh Shehzad, Ahmad Galadima, Muhammad Fahad Ehsan, Akram S. Ghanem, Muhammad Humayun, CO₂ towards fuels: A review of catalytic

conversion of carbon dioxide to hydrocarbons, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 9, Issue 2, 2021, 104756, ISSN 2213-3437. doi.org/10.1016/j.jece.2020.104756.

- NGFS (2021). Network for Greening the Financial System. *Pieejams: https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/*
- Ponds, Kody T., Ali Arefi, Ali Sayigh, and Gerard Ledwich, ‘Aggregator of Demand Response for Renewable Integration and Customer Engagement: Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats’, *Energies*, 11.9 (2018). doi.org/10.3390/en11092391
- Quattrocchi, F., Boschi, E., Spena, A., Buttinelli, M., Cantucci, B., Procesi, M. 2013. *Synergic and conflicting issues in planning underground use to produce energy in densely populated countries, as Italy: Geological storage of CO₂, natural gas, geothermics and nuclear waste disposal*. *Applied Energy*, Volume 101, 2013, ISSN 0306-2619. doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.04.028
- Scarlat, Nicolae, Jean François Dallemand, and Fernando Fahl, ‘Biogas: Developments and Perspectives in Europe’, *Renewable Energy*, 2018. doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006
- ‘Smart Energy Management for Industrials | Deloitte Insights’. *Pieejams: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/smart-energy-management.html*
- ‘Smart Energy Management Market by Size, Share, Forecasts, & Trends Analysis’. *Pieejams: https://www.meticulousresearch.com/product/smart-energy-management-market-5255?utm_source=Globnewswire&utm_medium=Paid&utm_campaign=Product&utm_content=28-04-2022*
- Subramaniam, Yogeeswari, and Tajul Ariffin Masron, ‘The Impact of Economic Globalization on Biofuel in Developing Countries’, *Energy Conversion and Management*: X, 10 (2021). doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100064
- Świechowski, Kacper, Bartosz Matyjewicz, Paweł Telega, and Andrzej Białowiec, ‘The Influence of Low-Temperature Food Waste Biochars on Anaerobic Digestion of Food Waste’, *Materials*, 15.3 (2022). doi.org/10.3390/ma15030945
- Syahri, Siti Noor Khaleeda Mhd, Hassimi Abu Hasan, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Ahmad Razi Othman, Peer Mohamed Abdul, Raja Farzarul Hanim Raja Azmy, and others, ‘Recent Challenges of Biogas Production and Its Conversion to Electrical Energy’, *Journal of Ecological Engineering*, 23.3 (2022). doi.org/10.12911/22998993/146132
- Valsts vides dienests. *VADLĪNIJAS NACIONĀLAJAM BIOGĀZES RAŽOŠANAS ATTĪSTĪBAS PLĀNAM LATVIJĀ*, 2022. *Pieejams: www.eea.europa.eu/publications/is-*
- Thellufsen, J. Z., H. Lund, P. Sorknæs, P. A. Østergaard, M. Chang, D. Drysdale, and others, ‘Smart Energy Cities in a 100% Renewable Energy Context’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129 (2020). doi.org/10.1016/j.rser.2020.109922
- The Advisory Council of the European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants. *The Costs of CO₂ Storage*. *Pieejams: https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/119816/costs-co2-storage-post-demonstration-ccs-eu.pdf*
- U.S. Energy Information Administration (2022). Hydrogen explained. Production of hydrogen. *Pieejams: https://www.eia.gov/energyexplained/hydrogen/production-of-hydrogen.php*
- Xu L, Xiu Y, Liu F, Liang Y, Wang S. Research Progress in Conversion of CO₂ to Valuable Fuels. *Molecules*. 2020 Aug 11;25(16):3653. doi: 10.3390/molecules25163653. PMID: 32796612; PMCID: PMC7465062.
- Yoshida, Tsukasa, He Sun, and Ajit Khosla, ‘Smart Energy Systems’, *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*, 22.4 (2019). doi.org/10.15407/spqeo22.04.452

Yong Bai, Wei-Liang Jin, in Marine Structural Design (Second Edition), 2016. Pieejams:
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/liquefied-natural-gas>

Weia T., Chua X., Yang D., etc.(2022). Power balance control of RES integrated power system by deep reinforcement learning with optimized utilization rate of renewable energy. Energy Reports Volume 8, Supplement 5, August 2022. Pieejams:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235248472200470X>

World Energy Council (2022). The World in 2050: Explore MAP Phase Insights. Visionario project Map Phase Analysis. Future Energy Leaders. Project leads: O.Bogdanova, J.Ohene-Akoto, R.Viggiano, G.Bence-Hebert. London, 2022. Pieejams:
https://www.worldenergy.org/assets/downloads/FEL_Visionario_MAP_Phase_Analysis_Presentation.pdf?v=1662554370

World Energy Council (2022). Regional Insights into Low-carbon Hydrogen Scale-up. World Energuy Insights: Working Paper. World Energy Council, London. Pieejams:
<https://www.worldenergy.org/publications/entry/regional-insights-low-carbon-hydrogen-scale-up-world-energy-council>