



TARTU ÜLIKOOL
RAKE

**TAL
TECH**
Energiatehnoloogia
instituut

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL



KLIIMAMINISTEERIUM

Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüs

Lõpparuanne



Detsember
2024



Rahastanud Euroopa Liit
NextGenerationEU



Eesti
tuleviku heaks

Uuringu tellis Kliimaministeerium. Uuringu teostasid Tartu Ülikooli sotsiaalteaduslike rakendusuuringute keskus ja Tallinna Tehnikaülikooli energiatehnoloogia instituut. Tööd rahastati Euroopa Liidu NextGenerationEU vahenditest REPowerEU eesmärgil.

Tiim:

Tartu Ülikool RAKE

Veiko Sepp projektijuht, strateegilise planeerimise ekspert

Sille Teiter analüütik

Mati Mõtte analüütik ja projektijuht (kuni mai 2024)

Anneli Saaroja analüütik

Indrek Kuusk analüütik

Tallinna Tehnikaülikool

Alar Konist juhtivekspert

Ülo Kask juhtivanalüütik

Oliver Järvik juhtivanalüütik

Janek Reinik jätkusuutliku energeetika ekspert

Eduard Latõšov kaugküttelahenduste ekspert

Mari-Liis Ummik energiatehnoloogia ekspert

Igor Krupenski energiatehnoloogia ekspert

Janika Laht energiatehnoloogia ekspert

Kaanefoto: MS Copilot nägemus biogaasi tootmisjaamast 2050. aastal

KONTAKTANDMED:

Lossi 36, 51003, Tartu

+372 516 0975

veiko.sepp@ut.ee

<http://rake.ut.ee/>

SISUKORD

TÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	9
EXECUTIVE SUMMARY	12
1. SISSEJUHATUS	14
1.1. Töö eesmärk	14
1.2. Uuringu metoodiline disain	14
2. HETKEOLUKORRA ÜLEVAADE	19
2.1. Taastuvenergia kasutuselevõtu strateegiad ja eesmärgid	19
2.1.1. Strateegiate ülevaade	19
2.1.2. Energeetika, keskkonna- ja kliimaeesmärkidega seotud arengukavad ning teekaardid	21
2.1.3. Kehtivate ja rakenduvate regulatsioonide analüüs	25
2.1.4. Järeldused	33
2.2. Ülevaade Eestis tekkivast biogaasi toormest	34
2.2.1. Põllumajanduslik toore	34
2.2.2. Jäätmed	47
2.2.3. Reoveesetted	54
2.2.4. Rohevesinik ja CO ₂ sünteetilise metaani toormena	58
2.2.5. Järeldused	62
2.3. Ülevaade biogaasi tootmistehnoloogiatest ja tootmismahtudest Eestis	65
2.3.1. Biogaasi tootmistehnoloogiad	66
2.3.2. Biogaasi ja biometaaniga tootmisjaamad Eestis	71
2.3.3. Järeldused	75
2.4. Ülevaade maagaasi ja biogaasi kasutamisest	76
2.4.1. Tarnimise ja tarbimise alused	76
2.4.2. Gaasitarbimise prognoosid	78
2.4.3. Senise gaasitarbimise statistika	84
2.4.4. Järeldused	91
2.5. Otsesed ja kaudsed toetusmeetmed ning turutõrked	93
2.5.1. Senised toetusmeetmed ja kasutusaktiivsus	93
2.5.2. Turutõrked biogaasi tootmisel ja tarbimisel	96
2.5.3. Järeldused	99
2.6. Kokkuvõte	99

3. BIOGAASI JA/VÕI BIOMETAANI TOOTVATE JAAMADE ÄRIMUDELID	103
3.1. Potentsiaalsete biogaasi/biometaani jaamade ressursivajadus ja toodang	103
3.2. Biogaasi- ja biometaanijaamade ärimudelite arvutuste meetoodika	109
3.3. Suured põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad	110
3.4. Keskmised põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad	112
3.5. Väikesed põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad	113
3.6. Piirkondlikud biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaamad	114
3.7. Tsentraalsed biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaamad	115
3.8. Piirkondlikud rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad	116
3.9. Tsentraalsed rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad	117
4. BIOGAASI/BIOMETAANI TARBIMISE JA TOOTMISE STSENAARIUMID	119
4.1. Stsenaariumite eristamise alused ja põhitunnused	119
4.2. Stsenaariumite kvantitatiivsete väärtuste arvutamise lähtekohad	126
4.3. Stsenaarium A: Loodud ja töös olevate tootmisvõimsuste kasutamine	133
4.4. Stsenaarium B: Biometaan transpordikütusena	138
4.5. Stsenaarium C: Biometaan juhitava elektrivõimsuse põhikütusena	143
4.6. Stsenaarium D: Biometaan olemasolevas ja loodavas tööstuses	147
4.7. Stsenaarium E: Biometaan kodudes ja ärides	150
4.8. Stsenaarium F: Biometaan ja biogaas soojusmajanduses	153
4.9. Stsenaarium G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstuses maagaasi osalise asendajana	157
4.10. Kokkuvõte	163
5. STSENAARIUMITE TEOSTATAVUSE TEGURITE JA RISKIDE NING MÕJUDE ANALÜÜS	165
5.1. Võrdlev koondhinnang stsenaariumitele	165

5.2. Biogaasi tootmiseks vajaliku ressursi piisavus stsenaariumi realiseerimiseks	170
5.3. Tarbimisnõudluse olemasolu	175
5.4. Tehnoloogiline ja materiaal-tehniline teostatavus	186
5.5. Poliitiline teostatavus	189
5.6. Äriline teostatavus	191
5.7. Majanduslikud mõjud, sh mõjud regionaalsele arengule	196
5.8. Kliima- ja keskkonnamõju	202
5.9. Mõju energiajulgeolekule	205
5.10. Kokkuvõte	206
6. KESTLIKU BIOGAASI TOOTMISE JA KASUTUSELEVÕTU SUURENDAMISE TEEKAARDI ETTEPANEK	207
6.1. Lähteolukorra kirjeldus	208
6.2. Visioon	210
6.3. Prioriteetsed ülesanded	211
6.4. Tegevuskava	219
7. KOKKUVÕTE	223
8. SUMMARY IN ENGLISH	236

Mõisted

Mõiste	Selgitus
Biogaas	biomassist toodetud gaaskütus, mis koosneb 50–70% metaanist (CH ₄), 30–40% süsinikdioksiidist (CO ₂) ja teistest komponentidest, nagu N ₂ , O ₂ , NH ₄ , H ₂ S. Biogaasi kütteväärtus on vahemikus 5–7 kWh/m ³ .
Biojätmed	biolagunevad aia- ja haljastusjätmed, kodumajapidamistest, büroodest, restoranidest, hulgimüügiärritustest, sööklatest, toitlustus- ja jaemüügiärritustest pärinevad toidu- ja köögijätmed ning samalaadsed toiduainetööstuse jätmed (määratletud direktiivi 2008/98/EÜ artikli 3 punktis 4).
Biomajandus	biomajandus (ingl <i>bioeconomy</i> , <i>biobased economy</i>) on taastuva biomassi tootmine ja kasutamine toiduks, söödaks, aga ka materjalide, kemikaalide ja kütuste tootmiseks, järgides ressurside kasutamise nn täistsüklit ning kaskaadkasutuse (astmelise kasutamise) printsiipi. Kaaskaadkasutus tähendab bioressursside astmelist kasutamist esmalt kõrgema lisandväärtusega toodete tootmiseks, millele seejärel järgneb madalama lisandväärtusega toodete tootmine, minimeerides toorme kasutust ja jäätmete teket. Toote eluea lõppedes suunatakse see ümbertöötlemisele või energia tootmisesse, järgides kliimaneutraalse majanduse tagamiseks võimalikult neutraalset süsinikuvoogu.
Biomass	põllumajandusest (kaasa arvatud taimsed ja loomsed ained), metsamajandusest ja sellega seotud tööstusharudest, sealhulgas kalandusest ja vesiviljelusest pärit bioloogilise päritoluga toodete, jäätmete ja jääkide biolagunev fraktsioon ning jäätmete, sealhulgas bioloogilise päritoluga tööstus- ja olmejäätmete biolagunev fraktsioon. Alajaotusse kuulub põllumajanduslik ehk põllumajanduses toodetud biomass.
Biokütused	transpordis kasutatav vedelkütus, mis on toodetud biomassist.
Biometaan	biogaasi puhastamisel saadud gaaskütus, mis sisaldab 97–99% metaani ja on maagaasiga võrdse kütteväärtusega (u 10 kWh/m ³). Biometaani saab tarnida surugaasina (CBM – ingl <i>compressed biomethane</i>), mis on samaväärne surumaagaasiga (CNG) või veeldatud gaasina (LBM – ingl <i>liquefied biomethane</i>), mis on samaväärne veeldatud maagaasiga (LNG – ingl <i>liquefied natural gas</i>). Käesolevas uuringus ei kasutata ega võrrelda andmeid naftagaasiga ehk propaani-butaaniga ehk vedelgaasiga (LPG – ingl <i>liquefied petroleum gas</i>).
Jätmed	mis tahes ained või esemed, mille valdaja ära viskab, kavatseb ära visata või on kohustatud ära viskama.
Jäätmekäitlus	jäätmete kogumine, vedu, taaskasutamine (sealhulgas sortimine) ja kõrvaldamine, sealhulgas nende toimingute järelevalve ning jäätmekõrvaldamiskohtade järelhooldus, sealhulgas vahendaja ja edasimüüja tegevus.
Kvalitatiivne meetod	meetod, millega otsitakse vastust küsimustele „kuidas?“, „miks?“, „millist?“ jne. Verbaalne andmestik.
Kvantitatiivne meetod	meetod, mis keskendub uuritava tunnuste kirjeldamise läbi mõõtmiste. Annab vastused küsimustele „mida?“, „kui palju?“ jne. Andmed numbrilisel kujul.
Kõrvaldamine	mis tahes toiming, mis ei ole taaskasutamine, isegi kui toimingul on teisene tagajärg ainete või energia taasväärtustamise näol. Jäätmedirektiivi (2008/98/EÜ) I lisas esitatakse kõrvaldamistoimingute mitteammendav loetelu.
Ringlussevõtt	taaskasutamistoiming, mille käigus jäätmematerjalid töödeldakse toodeteks, materjalideks või aineteks kasutamiseks nende esialgsel või

	mõnel muul eesmärgil. See hõlmab orgaaniliste ainete töötlemist, kuid ei hõlma energiakasutust ja töötlemist materjalideks, mida kasutatakse kütustena või kaeveõõnete täitmiseks.
Ringmajandus	alternatiiv valitsevale lineaarsele „võta-tee-viska-ära“ tootmise ja tarbimise majandusmudelile, mis vajab suurt kogust võrdlemisi odavat materjali ja sisendit ning toodab samas palju jäätmeid. Ringmajandus on ennast taastootev süsteem, kus hoitakse tooted, komponendid ja materjalid jätkuvalt nende kõige suurema kasuliku väärtuse juures. Ringmajanduse oluliseks osaks on ringdisain (ingl <i>circular design</i>) ja korduskasutamine, mis on disainiprotsess, mille eesmärk on toodetele ja teenustele uuenduslike ja jätkusuutlike lahenduste loomine, rõhutades loodusvarade mõistlikku tarbimist, jäätmete vähendamist ja uute innovaatiliste ärimudelite loomist.
Taaskasutamine	mis tahes toimingud, mille peamine tulemus on jäätmete kasutamine kasulikult otstarbel selliselt, et need asendavad teisi materjale, mida muidu oleks kasutatud teatava funktsiooni täitmiseks, või jäätmete ettevalmistamine selle funktsiooni täitmiseks kas tootmises või majanduses laiemalt. Jäätmedirektiivi (2008/98/EÜ) II lisas esitatakse taaskasutamistoimingute mitteamendav loetelu.
Taastuenergia	taastuvatest mittefossiilsetest allikatest pärit energia, nimelt tuuleenergia, päikeseenergia (päikese soojusenergia ja fotogalvaaniline päikeseenergia), geotermiline energia, ümbritseva keskkonna energia, loodete, lainete ja muu ookeanienergia, hüdroenergia ning biomassist, prügilagaasist, reoveepuhasti gaasist ja biogaasist toodetud energia.
Toetuskava	liikmesriigi või liikmesriikide rühma rakendatav vahend, kava või mehhanism, mille abil edendatakse taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamist, vähendades nimetatud energiaga seotud kulusid, tõstes selle võimalikku müügihinda või suurendades taastuenergia kasutamise kohustuse abil või muul viisil sellise energia ostumahtu, mis hõlmab investeringutoetust, maksuvabastusi või maksuvähendusi, maksutagastusi, toetuskavasid taastuenergia kasutamise kohustuse täitmiseks, sealhulgas toetuskavasid, milles kasutatakse rohelisi sertifikaate, ja otseseid hinnatoetuskavasid, sealhulgas sisseostu muutuvaid või fikseeritud hindu ja lisamakseid, kuid ei pea nendega piirduma.
Toidujäätmed	Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 178/2002 (3) artiklis 2 määratletud toit, mis on muutunud jäätmeteks.

Lühendid

Lühend	Selgitus
AFIR	Alternatiivkütuste taristu määrus
CHP	Elektri ja soojuse koostootmisjaam (ingl <i>combined heat and power station</i>)
CBM	Biometaanist toodetud surugaas (ingl <i>compressed biomethane</i>)
CNG	Surumaagaas (ingl <i>compressed natural gas</i>)
EED	Energiatõhususe direktiiv
EPBD	Hoonete energiatõhususe direktiiv
HKS	Heitkogustega kauplemise süsteem
IE	Inimekvivalent
JJM	Jõupingutuste jagamise määrus
KHG	Kasvuhoonegaas
KLIM	Kliimaministeerium
LNG	Veeldatud maagaas (ingl <i>liquefied natural gas</i>)

LULUCF	Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse määrus
MKM	Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium
Mtoe	Miljon tonni naftaekvivalenti (ingl <i>million tonnes of oil equivalent</i>)
PVT	Parim võimalik tehnika
RED	Taastuvenergia direktiiv (ingl <i>renewable energy directive</i>)
ReM	Regionaal- ja põllumajandusministerium

TÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

„Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsile“ seati **kolm eesmärki**: (1) anda terviklik ülevaade biogaasi/biometaani kasutusvõimalustest ning rollist energia- ja kliimaeesmärkide saavutamisel Eestis; (2) kaardistada olemasolev biogaasi/biometaani potentsiaal Eestis ja luua erinevad stsenaariumid selle rakendamiseks; (3) koostada riikliku biogaasi/biometaani teekaardi ettepanek.

Seatud eesmärkide täitmiseks viidi töö läbi **viies omavahel seotud uurimuslikus etapis**: (1) hetkeolukorra ülevaate koostamine; (2) biogaasijaamade toime- ja ärimudelite koostamine; (3) biogaasi ja biometaani tootmise ja tarbimise suurendamise stsenaariumite koostamine; (4) stsenaariumite teostatavuse, riskide ja mõjude analüüs; (5) teekaardi ettepaneku koostamine.

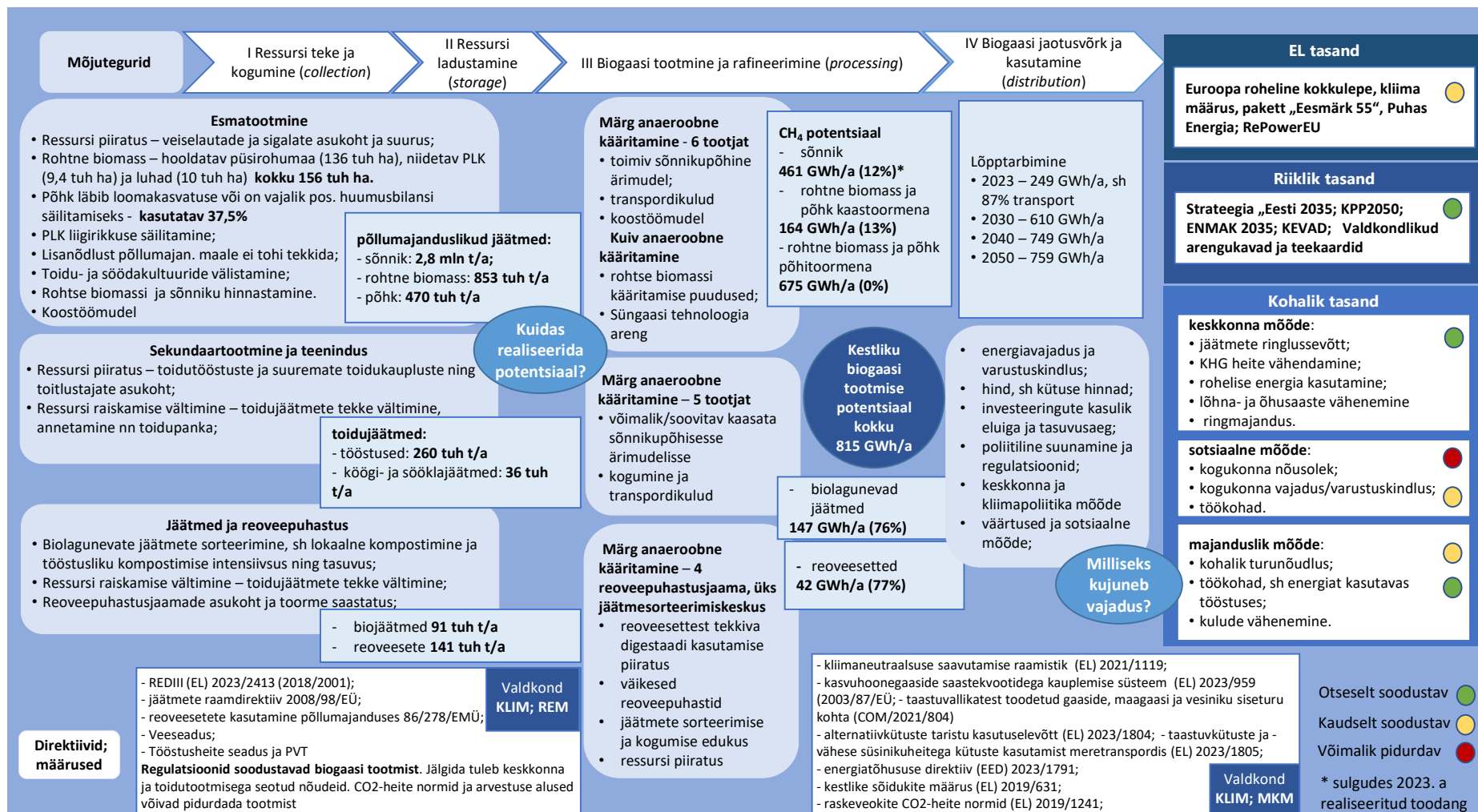
Eestis tekkiva ja biogaasi tootmiseks sobiliku **toorme kaardistuse ja analüüsi tulemused näitavad, et siseriikliku toorme baasil on võimalik suurendada kestliku biogaasi tootmist Eestis 815 GWh-ni aastas**. Üle poole sellest (461 GWh) põhineks põllumajandusloomade sõnnikul. Lisaks on oluline toore veel biolagunevad jäätmed (145,6 GWh/a), reoveesetted (42,3 GWh/a) ja rohtne biomass põllumajanduslikes biogaasijaamades täiendava substraadina (19% kogu põhu ja rohtse biomassi mahtudest – 163,6 GWh/a). Ressurss koondub suurema elanike arvuga maakondadesse ja ka tugeva traditsioonilise põllumajandusega Kesk-Eesti maakondadesse.

Töös **kirjeldatakse ja analüüsitakse kokku seitset kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise stsenaariumi**, mille esmaseks eristuse aluseks on biogaasi/biometaani tarbimise peamine sektor – kas transport, tööstus, elektritootmine, soojusmajandus või kodugaas (sh ärides ja avaliku sektori asutustes). Lisaks eristatakse olemasoleva olukorra jätkustsenaariumina stsenaarium (nn BAU stsenaarium), kus biometaani põhikasutus on transport, kuid tootmis- ja tarbimismahud on võrrelduna transpordi põhistsenaariumiga (ja kõigi teiste stsenaariumitega) väiksemad. Ainsa sektoriülese sünteesiva stsenaariumina on kirjeldatud stsenaarium, milles kombineeritakse biometaan transpordi üleminekukütusena prognoosiperioodi esimeses pooles biogaasi tarbimisega kohaliku kütusena ringmajanduslikes tööstusparkides (koos võimaliku kaastarbimisega kodude ja äride soojavarustuse tagamisel, energiakogukondades) prognoosiperioodi teises pooles. Analüüsi uurimisdisaini mõttes on tegemist järeldusega sektoraalsete stsenaariumite analüüsi esialgsetest tulemustest.

Stsenaariumite teostatavuse ja mõjude temaatiliste kriteeriumite hinnangute koondpilt näitab, et kõigi ambitsioonikamate stsenaariumite elluviimisel võib prognoosida olulisi takistusi ja piiranguid. Ootuspäraselt on teostatavaim loodud ja loodavate tootmisvõimsuste rakendamise stsenaarium A, mis tugineb varasematele poliitikaotsustele ja investeeringutele. Koondhinnangus parima punktiskoori saanud biometaani üleminekukütuse ja ringmajandusliku regionaalse tööstuse **stsenaariumi G teostatavus on võrdluses teiste stsenaariumitega hea lühi- ja keskpikas vaates**, kus see suures osa kattub loodud tootmisvõimsuste transpordisektoris kasutamise stsenaariumiga. **Biogaasi tarbimise suunamine transpordinõudluse kahanemisel kohalikku ringmajanduslikku tootmisesse nõuab vastupidiselt olulisi muutusi nii Eesti energiapoliitikas** (hajutatud, autonoomse ja kogukondliku energiasektori arengu prioriseerimine) **kui ka regionaal-, majandus- ja tööstuspoliitikas** (lõimitud valitsemisvaldkondade ülesed

lahendused, riigi sekkumiste kasv nn turutõrkepiirkondades). Stsenaariumi potentsiaalsed positiivsed mõjud on siiski jõupingutust väärivad. Sellega visioneeritakse teekaardi ettepaneku aluseks olev arengutee, mis võib tagada biogaasile/biometaanile hinnakonkurentsivõime ja pikaajalise autonoomse tarbimisniši.

Arengutee on kooskõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus (02.12.2024 versioon) sätestatud ringmajanduse põhimõtte (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärindamise (§ 23) ülesannetega. Järk-järgult minnakse üle kohalikule võrguvabale biogaasi tarbimisele biogaasijaamade läheduses laienevates või kujunevates piirkondlikes tööstussümbioosi mudelit rakendavates tööstusparkides ja/või energiakogukondades. Sellega välditakse ülemäärast energiakulu biogaasi muundamisel ja transpordil ning riske, mis kaasnevad gaasivõrgu arenguga. Samuti tagatakse teisese toorme maksimaalne kohapealne väärindamine. **Teekaardis ühendatakse biogaasi tootmise keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid regionaalpoliitiliste eesmärkidega.** Regionaal- ja tööstuspoliitiliste eesmärkide lisandumise tõttu biogaasi tootmisvõimsuste kasvuga ei kiirustata. Siseriiklikul ressursil põhinev kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise optimaalne maht 0,8 TWh/a saavutatakse aastaks 2035.



Joonis 1. Biogaasi tootmist mõjutavate sotsiaal-majanduslike näitajate, regulatiivsete dokumentide ja ressursipotentsiaali hetkeolukord (Allikas: autorite koostatud, põhineb aruandes kasutatud allikatel)

EXECUTIVE SUMMARY

The analysis aimed at exploring opportunities to increase the production and consumption of sustainable biogas sets out **three main objectives**: (1) to provide a comprehensive overview of the potential uses of biogas/biomethane and its role in achieving Estonia's energy and climate targets; (2) to map the existing potential of biogas/biomethane in Estonia and develop various scenarios for its implementation; (3) to draft a proposal for a national roadmap for biogas/biomethane.

To achieve these objectives, the study was conducted in **five interconnected research phases**: (1) preparing an overview of the current situation; (2) developing operational and business models for biogas plants, (3) drafting scenarios for increasing biogas and biomethane production and consumption; (4) analyzing the feasibility, risks, and impacts of the scenarios; (5) drafting a proposal for the roadmap.

The mapping and analysis of feedstocks suitable for biogas production in Estonia indicate that **sustainable biogas production could be increased to 815 GWh per year based on domestic resources**. Over half of this potential (461 GWh) would rely on manure from livestock. Additional significant feedstocks include biodegradable waste (145.6 GWh/year), sewage sludge (42.3 GWh/year), and grassy biomass used as a supplementary substrate in agricultural biogas plants (accounting for 19% of total straw and grassy biomass – 163.6 GWh/year). These resources are concentrated in regions with larger populations and areas of strong traditional agriculture in Central Estonia.

The study describes and **analyzes a total of seven scenarios for sustainable biogas production and consumption, distinguished primarily by the main sector of biogas/biomethane consumption**: transport, industry, electricity generation, heating, or household gas (including businesses and public institutions). Additionally, a baseline scenario (BAU scenario) is presented, in which biomethane's primary use remains in transport, but production and consumption volumes are smaller compared to the main transport scenario and all other scenarios.

The only cross-sectoral synthesis scenario combines the use of biomethane as a transitional fuel in transport during the first half of the forecast period with biogas consumption as a local fuel in circular economy industrial parks during the second half (potentially supplemented by its use in homes and businesses for heating and in energy communities). From a research design perspective, this represents a conclusion based on the preliminary results of sectoral scenario analyses.

The thematic assessment of feasibility and impact of the scenarios shows significant obstacles and limitations in implementing the most ambitious scenarios. Predictably, the most feasible scenario is Scenario A, based on existing and planned production capacity, which builds on previous policy decisions and investments. **Scenario G, which combines biomethane as a transitional fuel and biogas use in regional circular economy industries, received the highest overall score in terms of feasibility and impacts**, performs well in the short and medium term. This scenario overlaps then substantially with the scenario where existing production capacities are utilized primarily in the transport sector. **Redirecting biogas**

consumption to local circular economy production in response to declining transport demand, however, requires substantial changes to Estonia's energy policy (prioritizing decentralized, autonomous, and community-based energy systems) **as well as regional, economic, and industrial policies** (integrated cross-sectoral solutions and increased state intervention in market failure areas).

Despite these challenges, the potential positive impacts of this scenario justify the efforts required. It envisions a development pathway that forms the basis of the roadmap proposal, ensuring price competitiveness and a long-term autonomous niche for biogas/biomethane consumption.

The pathway aligns with the principles of circular economy, energy efficiency improvements, and the local valorization of resources outlined in the draft Climate Resilient Economy Act (version 02.12.2024). Gradually, Estonia will transition to local off-grid biogas consumption in areas near biogas plants, expanding or emerging in regional industrial parks that apply industrial symbiosis models and/or energy communities. This approach avoids excessive energy consumption in biogas conversion and transport, as well as risks associated with gas network developments. It also maximizes the local valorization of secondary feedstocks.

The roadmap integrates the environmental and energy policy objectives of biogas production with regional policy goals. Due to the addition of regional and industrial policy objectives, the growth of biogas production capacity will not be accelerated. **The optimal volume of sustainable biogas production and consumption based on domestic resources – 0.8 TWh per year – is expected to be achieved by 2035.**

1. SISSEJUHATUS

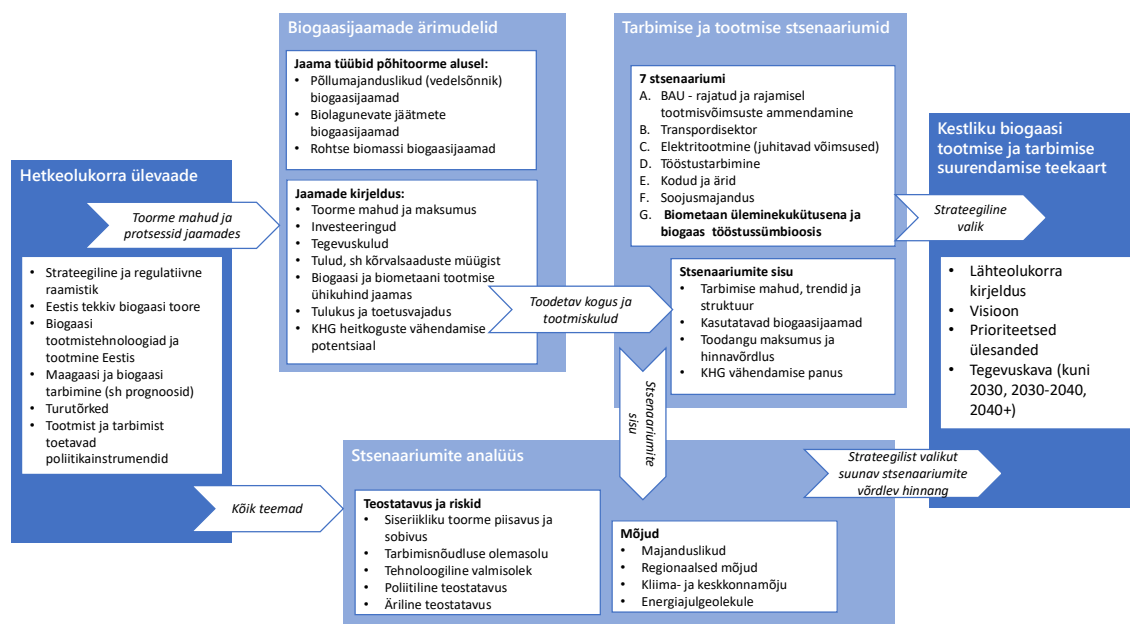
1.1. Töö eesmärk

Töole seati kolm eesmärki.

1. Anda terviklik ülevaade biogaasi/biometaani kasutusvõimalustest ning rollist energia- ja kliimaeesmärkide saavutamisel Eestis.
2. Kaardistada olemasolev biogaasi/biometaani potentsiaal Eestis ning luua erinevad stsenaariumid selle rakendamiseks, arvestades siseriiklikke ja Euroopa Liidu (EL) poliitika suundasid ning siseriiklikke võimalusi ja eripärasid.
3. Koostada riikliku biogaasi/biometaani teekaardi ettepanek, mis tooks huvipooli kaasates välja soovitud poliitikakujundajatele nii õigusloome, tehnoloogiaarenduste kui ka turukorralduse osas ning esitaks loetelu kliima- ja energiaeesmärke toetava kestliku biogaasi/biometaani tootmise ja kasutuselevõtu suurendamiseks vajalikest õigusaktide muudatustest ning organisatsioonilistest ja rahalistest sekkumistest ning nende allikatest.

1.2. Uuringu meetodiline disain

Seatud eesmärkide saavutamiseks viidi töö läbi viies omavahel seotud uurimuslikus etapis. Töö sissejuhatavas etapis kujundati ühine arusaam uuringu eesmärkidest ja meetodikast. Selle etapi tulemus oli lähtearuanne, mis andis suuna järgnevate etappide läbiviimiseks. Töö uurimuslike etappide sisu ja omavahelisi seoseid kirjeldab kokkuvõtlikult allolev joonis 2.



Joonis 2. Uuringu meetodiline disain

Hetkeolukorra ülevaade hõlmab viis teemat: (1) strateegiline ja regulatiivne raamistik; (2) Eestis tekkiv biogaasi toore; (3) biogaasi tootmistehnoloogiad ning nende kasutus Eesti biogaasijaamades; (4) maagaasi ja biogaasi tarbimine, sh prognoosid; (5) biogaasi tootmist ja tarbimist kujundanud ja kujundavad poliitikainstrumentid. Regulaatiivses raamistikus toodi eraldi välja biogaasi tootmist ja tarbimist otseselt ja kaudselt soosivad regulatsioonid ning regulatsioonid, mis võivad seda ka pidurdada. Biogaasi tootmise ülevaates kirjeldatakse Eestis juba loodud, aga ka kavandatavaid, biogaasi tootmisvõimsusi. Maagaasi ja biogaasi tarbimise trendide ja prognooside ülevaade annab tausta tuleviku tarbimisnõudluse hindamiseks. Tarbimissektorite põhiseid andmeid (sh prognoosiandmeid) kasutatakse valdkondlike stsenaariumite tarbimismahude modelleerimisel.

Ülevaate osa **kõige olulisem sisend järgnevatesse etappidesse on biogaasi tootmiseks sobiva ressursi (toorme) mahtude kaardistus**. See määrab potentsiaalsete tüüpiliste (toorme liigi ja tootmismahu alusel eristatud) biogaasijaamade võimaliku arvu Eestis. Eraldi kaardistatakse taimne ja loomne toore põllumajandusest, biolagunevate jäätmete ressursid ja reoveesetete ressurss. Käsitlust leiab ka sünteetilise metaani tootmiseks vajaliku toorme (CO₂ ja rohevesinik) kättesaadavus Eestis.

Iga olukorra ülevaate teema kohta sõnastati järeldused kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise võimaluste jaoks. Olukorra ülevaate koostamisel koondati ja analüüsiti asjakohaseid statistilisi ja aruandluse andmeid. Tekstilisi andmeid sünteesiti temaatilises dokumendianalüüsis. Aruande olukorra ülevaadet toetab aruande lisa 1 Exceli failina, kuhu on koondatud olulisemad sisendandmete tabelid.

Biogaasi ja/või biometaani tootvate jaamade ärimudelite analüüsi alusena eristati olukorra ülevaatest lähtuvalt (nt tootmiseks kättesaadav toore, Eestis tegutsevate biogaasijaamade suurused) esmalt seitset tüüpi biogaasi- ja biometaanijaamasid: suured (u 200 000 tonni tooret aastas), keskmised (u 150 000 tonni tooret aastas) ja väikesed (u 100 000 tonni tooret aastas) põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad, piirkondlikud ja tsentraalsed biojätmete biogaasi- ja biometaanijaamad ning piirkondlikud ja tsentraalsed rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad. Seejuures on rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamade kirjeldused hüpoteetilised, sest Eestis selliseid jaamu praegu ei ole, mujal maailmas töötavad üksnes taimsel toormel põhinevad jaamad enamasti maisisilol.

Ärimudelite analüüsis kirjeldati detailselt nende erinevate biogaasijaamade toimetumodelite komponente: biogaasi tootmisel kasutatav ressurss, jaamade suurus, sisendsubstraadi ja toodangu mahud ning rahaline väärtus. Samuti arvutati iga tüüpilise jaama kohta välja selle investeeringumaksumus, investeeringu kogukulud arvestades kapitali hinda, samuti tootmise tegevuskulud. Nende sisendkulude põhjal arvutati omakorda välja iga jaamatüübi biogaasi ja biometaani energiaühiku keskmistatud tootmiskulu. Samuti kirjeldati mudelites tüüpiliste jaamade võimalikku kaastoodangut (digestaat; veeldatud CO₂) ja lisatulusid (nt biojätmete värvatasud).

Järgmise etapina koostati uuringu raames **seitse tarbimisstsenaariumit**, mille kohta määrati prognoositavad tarbimismahud perioodil 2025–2050 sektorite ja kütuse liigi (biogaas, biometaan gaasivõrgus, muu biometaan surugaasina (CBG) ja veeldatud gaasina (LBG)) kaupa. Viie stsenaariumi eristuse aluseks on biogaasi/biometaani tarbimise peamine sektor – kas transport, tööstus, elektritootmine, soojusmajandus või kodugaas (sh ärides ja avaliku sektori asutustes). Ainsa sektoriülese sünteesiva stsenaariumina on kirjeldatud stsenaarium, milles kombineeritakse biometaan üleminekukütusena (valdavalt transpordis) prognoosiperioodi esimeses pooles

biogaasi tarbimisega kohaliku kütusena ringmajanduslikes tööstusparkides (koos võimaliku kaastarbimisega kodude ja äride soojavarustuse tagamisel, energiakogukondades) prognoosiperioodi teises pooles. Lisaks eristatakse nn olemasoleva olukorra jätkustsenaariumina stsenaarium (nn BAU stsenaarium), kus biometaanil põhikasukasutus on transport, kuid tootmis- ja tarbimismahud on võrrelduna transpordi põhistsenaariumiga (ja kõigi teiste stsenaariumitega) väiksemad.

Eristatakse biogaasist toodetud energia brutotarbitamist ja lõpptarbitamist. Biogaasist toodetud energia tootmisvajaduse sidumiseks energia lõpptarbitamise mahtudega jagatakse see läbi n-ö muundamiskordajatega, mis arvestavad biogaasist/biometaanist soojus- ja elektrienergia tootmise kasuteguritega.

Iga stsenaariumi kohta arvatati tarbitamise katmiseks vajalike biogaasijaamade arv ja struktuur biogaasijaama tüübi alusel, energiaühiku hind ning biogaasi tootmise ja tarbijani transportimise hind. Biogaasi ja biometaanil tootmise keskmine hind stsenaariumites kujuneb stsenaariumi tarbitamisvajaduse katmiseks vajalike biogaasi/biometaanil jaamade energiakoguse tootmise summaarsete kulude (sisaldab jaamade investeeringute kulu, kapitalikulu ja tegevuskulusid) jagamisel jaamades toodetud kütuse energiahulgaga.

Konkurentsituatsiooni hindamiseks arvatati iga stsenaariumi energiatarbitamise mahu kohta alternatiivkütuste/energiaallikate kütusekomponendi summaarne hind. Konkurentkütuste hindade arvutamisel on baasandmeteks vastava kütuse või energiaallika hetkehinnad Eestis ja/või maailmaturul ning varasemalt tehtud pikaajalised hinnaprognosid. Hinnavõrdluse baasiks on n-ö kütuse komponent energiavarustuses. Arvestatud ei ole kuludega, mida peavad tegema energia kasutajad või mis on vajalik lõppenergia transportimiseks lõpptarbijani. Lisaks arvatati iga stsenaariumi kohta biogaasi tootmisel ja tarbitamisel saavutatud KHG heite vähenemise maht siseriikliku KHG inventuuri meetoodika ja/või taastuvenergia direktiivi väärtuste alusel.

Biogaasi ja biometaanil tootmisega saavutatava KHG heite vähenemise arvutamise aluseks on stsenaariumites kasutusse võetavates biogaasijaamades kasutatava põhiressursi liik (sõnnik põllumajanduslikes jaamades, biojäätmel ja rohtne biomass vastavates jaamades) ning toodetav-tarbitav biogaasi/biometaanil maht. Põllumajanduslike biogaasijaamade puhul arvestatakse Eesti tingimustes sõnnikust biogaasi eraldamisel ja digestaadiks töötlemisel metaaniheite vähenemist 81,6% võrra¹. Biojätmete puhul on RED II direktiivi lisa VI vaikeväärtuse alusel metaaniheite vähenemine 23% ning rohtse biomassi ja energiakultuuride biogaasijaamades 19%.

Seejärel viidi läbi **koostatud stsenaariumite mõjude ja teostatavuse analüüs**. Stsenaariumite **teostatavuse hindamisel** keskenduti viiele valdkonnale: **(1) tarbitava biogaasi/biometaanil tootmiseks vajaliku siseriikliku ressursi piisavus ja sobivus; (2) tarbitamisnõudluse olemasolu; (3) tehnoloogiline valmisolek; (4) poliitiline teostatavus siseriikliku ning EL-i regulatiivse ja strateegilise raamistiku suuniste mõttes; (5) äriline teostatavus.**

Biogaasi/biometaanil tootmise ja tarbitamise suurendamise stsenaariumite teostatavuse baaslävend on kliima- ja keskkonnapoliitika põhimõtetega kooskõlas oleva siseriikliku bioressursi maht, mis kaardistati uuringu ülevaate osas. Tarbitamisnõudluse olemasolu hindamise aluseks olid nii

¹ http://www.klab.ee/wp-content/uploads/2024/03/Arendus2023_aruanne_final.pdf.

varasemalt koostatud uuringuid ja prognoosid kui ka uuringu raames läbi viidud konsultatsioonid ja arutelud turuosalistega. Poliitilise teostatavuse hindamine tugineb samuti hetkeolukorra ülevaates sisalduvale. Eraldi analüüsi stsenaariumite kooskõla kliimakindla majanduse SE (02.12.2024 versioon) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024 versioon). Tehnoloogilise valmisoleku hindamise peamine lähtekoht oli erialakirjandus ja uuringu meeskonna ekspertteadmised.

Stsenaariumite ärilise teostatavuse keskne tegur on biogaasi/biometaani tootmise- ja transpordihind võrdluses konkurentkütuste hinnaga (sh aktsiisid, HKS ühikute maksumus) sama energiakoguse eest samas tarbimissektoris. Vastavad arvutused tehti stsenaariumite kirjeldamise raames. Analüüsis keskendutakse biometaani ja biogaasi otsestele konkurentidele kütuste turul, arvestades ka regulatiivse raamistiku mõjusid kütuste turule. Kuni gaasivõrgu dekarboniseerimiseni aastaks 2040 on biogaasi/biometaani peamine hinnakonkurent maagaas, selle järgselt imporditava biometaani või sünteetilise metaani hind ning laiemalt kõik mittefossiilsed kütused.

Stsenaariumite **mõjude hindamisel** keskenduti kolmele dimensioonile: **(1) majanduslikud mõjud, sh mõjud regionaalsele arengule; (2) kliima- ja keskkonnamõju; (3) mõju energiajulgeolekule.**

Majanduslike mõjude hindamise arvuline alus on **biogaasi ja biometaani tootmise panus sisemajanduse kogutoodangusse** ning loodavate otseste ja kaudsete töökohtade arv. Eristatakse otsest, kaudset ja tuletatud majanduslikku mõju SKT-le. Kaudsete ja tuletatud mõjude hindamisel on käesolevas uurimuses kasutatud riigi tasandi multiplikaatoreid, kuna kaudsed tarneahela mõjud ja tuletatud mõjud avalduvad suures osas väljaspool seda regiooni, kus biogaasijaam asub. Seega jääks regionaalsete multiplikaatorite kasutamisel osad mõjud arvesse võtmata, mistõttu on eelistatud riikliku multiplikaatori kasutamine. Stsenaariumite otsesed majanduslikud mõjud tulenevad otseselt biogaasijaama enda tegevusest: mõjud avalduvad investeringutes biogaasijaamade rajamisse, biogaasijaamade iga-aastastes majandamiskuludes ning biogaasi tootmises loodud töökohtades ja vastavates personalikuludes.

Stsenaariumite **mõju KHG bilansile** arvutatakse kahes vaates – (1) stsenaariumites ringmajanduslikku kasutusse võetud biometaani KHG heite arvestuslik maht CO₂ ekvivalenttonnides, arvestades toormes sisalduva metaangaasi mahte; (2) stsenaariumite KHG heitkogused, arvestades biogaasi/biometaani kasutusega saavutatavat KHG heite vähendamist. Kuivõrd stsenaariumites ei kirjutata ette, milliseid täpsemaid tootmismudeleid (digestaadi hoidmise tehnoloogiate, transpordilahenduste ja energiakasutuse mõttes) biogaasijaamades rakendatakse ning puudub põhjus/põhjendus ühe või teise tootmismudeli sidumiseks (välja arvatud niivõrd, kui see seisneb toodangu liigis – kas biogaas või biometaan) konkreetse stsenaariumiga, siis arvutatakse stsenaariumite võrdlemiseks KHG väärtused äärmuslike juhtumite kohta taastuenergia direktiivi lisa VI mõttes – (minimaalne heide) suletud digestaadihoidlad ja kohapeal tootmiseks biogaasist toodetud elekter ja soojus vs (maksimaalne heide) avatud digestaadihoidlad ning võrguelekter ja -soojus.

Stsenaariumite teostatavuse ja mõjude ulatust ja laadi hinnati üldistatuna 4-pallisel skaalal: 4 – oluline positiivne mõju, lihtne teostatavus; 3 – pigem positiivsed mõjud, vähesed ületatavad takistused; 2 – neutraalsed või teineteist tasakaalustavad mõjud, teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – negatiivsed mõjud, ilmsed takistused teostamisel. Vajadusel eristati hindamisvaldkondade siseselt hinnatavaid alamkriteeriume ning valdkonna üldhinnang kujunes alamkriteeriumite

keskmistamisel. Sarnaselt kujunes ka teostatavuse ja mõjude koondhinnang igale stsenaariumile. Hindamise viisid kogutud tõenditele tuginedes läbi uuringumeeskonna liikmed.

Uuringu tulemustele tuginedes koostati **kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise teekaardi ettepanek**. Teekaardi ettepaneku sisuline alus on tarbimissektorite põhistest stsenaariumitest sünteesitud stsenaarium, milles kombineeritakse biometaani kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades.

Teekaart koosneb analüüsi tulemusi kokku võtvast olukorra kirjeldusest, visioonist, prioriteetsetest ülesannetest ja tegevuskavast. Tegevuskavas eristatakse lühiajalist perioodi kuni 2030. aastani ning keskpikka perioodi 2030–2040. Teekaardi ettepanek koostati koostöös Kliimaministeeriumi ning Regionaal- ja Põllumajandusministeeriumiga. Teekaardi ettepanek esitatakse ka eraldiseisva lisana, mahus u 20 lk.

Töö põhiväljund on analüüsi lõpparuanne, mida täiendavad kaks lisa MS Excel failidena.

Lisasse 1 on koondatud olulisemad olukorra ülevaate koostamisel kasutatud sisendandmed. Lisa 2 põhisisu jaguneb kaheks: (1) biogaasijaamade ärimudelite sisendandmed komponentide kaupa ning ärimudelite arvutused; (2) koostatud stsenaariumite arvuline sisu (mh tarbimismahud tarbijarühmades, tarbimise katmiseks kasutatavate biogaasijaamade arv ja struktuur, toodangu maksumus ja hinnavõrdlus konkurentkütustega, KHG heite vähendamise mahud) 5-aastaste intervallide kaupa (2025–2050). Biogaasijaamade ärimudelite ja stsenaariumite andmestik on lisa 2 failis omavahel valemitega seostatud ning näidatud on ka seoseid biogaasi tootmiseks sobiliku toorme kaardistuse tulemustega. Samuti sisalduvad lisa 2 uuringu lõpparuande tabelid ja osa jooniseid, mis on seotud biogaasijaamade ja stsenaariumite arvutustega, aruandes esitatud kujul eraldi faili lehtedena ja nummerdatuna (T – tabel; J – joonis).

2. HETKEOLUKORRA ÜLEVAADE

2.1. Taastuenergia kasutuselevõtu strateegiad ja eesmärgid

2.1.1. Strateegiate ülevaade

Euroopa roheline kokkulepe²

Euroopa roheline kokkulepe on poliitiliste algatuste pakett, mille eesmärk on suunata Euroopa Liit keskkonnasäästliku ülemineku teele, mille lõppeesmärk on saavutada kliimaneutraalsus 2050. aastaks. Euroopa roheline kokkuleppe avaldati 2019. aasta detsembris.

Leppes rõhutatakse vajadust tervikliku ja valdkondadevahelise lähenemisviisi järele, mille puhul aitavad kõik asjaomased poliitikavaldkonnad kaasa lõpliku kliimaeesmärgi saavutamisele. Pakett sisaldab algatusi, mis hõlmavad kliimat, keskkonda, energeetikat, transporti, tööstust, põllumajandust ja säästvat rahastamist, mis on omavahel tihedalt seotud.

Euroopa roheline kokkuleppe alla kuuluvad ka **kliimamäärus, pakett „Eesmärk 55“, Puhas Energia, Euroopa tööstusstrateegia ja ringmajanduse tegevuskava**.

Kliimamäärusega³ sätestatakse, et Euroopa Liidu õigusega reguleeritud kasvuhoonegaaside (KHG) heide ja sidumine kogu liidus tasakaalustatakse hiljemalt 2050. aastaks ning seega vähendatakse selleks ajaks netoheidet nullini ja liit püüab pärast seda saavutada negatiivsed heitkogused. Kliimaneutraalsuse eesmärgi saavutamiseks on liidu siduv 2030. aasta kliimaeesmärk vähendada liidus KHG-de netoheidet (heidet pärast sidumise mahaarvamist) 2030. aastaks vähemalt 55% võrreldes 1990. aasta tasemega.

Õigusaktide paketiga **„Eesmärk 55“⁴** luuakse kõigis EL-i majandussektorites võimalused selle eesmärgi saavutamiseks. Eesmärk 55 raames reformiti EL-i heitkogustega kauplemise süsteemi (HKS), võeti vastu jõupingutuste jagamise määrus (JJM) ning maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse määrus (LULUCF). Vaadati üle ning uuendati sõiduautode ja kaubikute süsinikdioksiidiheite norme, taastuenergia direktiivi (RED), energiatõhususe direktiivi (EED), alternatiivkütuste taristu määrust (AFIR) ja hoonete energiatõhususe direktiivi (EPBD).

² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_et.

³ Euroopa kliimamäärus – Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2021/1119, 30.06.2021, millega kehtestatakse kliimaneutraalsuse saavutamise raamistik ning muudetakse määruseid (EÜ) nr 401/2009 ja (EL) 2018/1999.

⁴ <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.

Euroopa 2040. aasta kliimaeesmärgi eelnõuga⁵ on Euroopa Komisjon teinud ettepaneku vähendada 2040. aastaks kasvuhoonegaaside netoheitkoguseid 90% võrra 1990. aasta tasemega võrreldes. See ambitsioonikas siht on osa laiemast plaanist saavutada 2050. aastaks kliimaneutraalsus, mis on sätestatud Euroopa rohelises kokkuleppes ja Euroopa kliimamääruses. Komisjoni ettepanek põhineb põhjalikul mõju hindamisel⁶. Selleks, et saavutada kasvuhoonegaaside netokoguste 90%-line vähendamine, on mõju hindamise dokumendis leitud, et EL-i kasvuhoonegaaside heitkoguste tase peaks 2040. aastal olema alla 850 miljoni tonni CO₂-ekvivalendi ja süsiniku eemaldamine peaks ulatuma kuni 400 miljoni tonnini CO₂. Mõjuhindamise aruandes leitakse, et maagaasi, biometaan ja biogaasi tarbimine ulatub 2040. aastaks ligikaudu 105–155 Mtoe-ni (4,5–6,5 EJ). 2050. aastal jääb nende gaasiliste kütuste tarbimine EL-is kõigi stsenaariumide puhul vahemikku 70–80 Mtoe (3,0–3,5 EJ). Nafta on viimane fossiilkütus, mille tarbimine väheneb, ja 2050. aastal on see hinnanguliselt umbes veerand 2020. aasta tarbimisest.

RePowerEU⁷

Venemaa invasioon Ukrainasse tekitas ulatuslikke väljakutseid ja globaalseid häireid energiaturul, mille leevendamiseks käivitas Euroopa Komisjon plaani „REPowerEU“. Selle plaani eesmärk on aidata Euroopa Liidul säästa energiat, toota puhtamat energiat ja mitmekesistada oma energiavarustust.

2023. aasta märtsis lepiti EL-is kokku rangemates õigusnormides, et suurendada taastuvenergia osakaalu, tõstes liiduülest siduvat taastuvenergia osakaalu eesmärki praeguselt 32%-lt 2030. aastaks vähemalt 42,5%-ni. Sellega sihib EL eesmärki suurendada taastuvenergia osakaalu 45%-ni. See tähendaks taastuvenergia osakaalu peaaegu kahekordistamist EL-is. Lisaks on oluline vähendada energiatarbimist, et vähendada heitkoguseid ja energiakulusid nii tarbijate kui ka tööstuse jaoks.

Strateegia „Eesti 2035“⁸

Strateegiaga seatakse Eesti riigile ja rahvale strateegilised sihid ning määratakse kindlaks nende saavutamiseks vajalikud muutused. „Eesti 2035“ näeb ette kliimaneutraalsusele ülemineku, kuid toob ka välja, et kliimaneutraalsele ja head õhukvaliteeti tagavale energiatootmisele üleminek eeldab alternatiivide kaalumist ning valikute tegemist. Tuleb tagada energiapuuduse ja varustuskindluse toimepidevus nii kliimaneutraalsele energiatootmisele üleminekul kui ka enne seda. Seega tuuakse vajalike muudatustena esile üleminek kliimaneutraalsele energiatootmisele, tagades energiapuuduse.

„Eesti 2035“ toetab materjalide ringlussevõttu ja teisese toorme kasutuse suurendamist. Seda saab teha läbi ressursi-, sealhulgas energiatõhususe edendamise, näiteks tööstussümbioosi,

⁵ Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, Nõukogule, Euroopa majandus- ja sotsiaalkomiteele ning regioonide komiteele „Meie tuleviku kindlustamine – Euroopa kliimaeesmärk aastaks 2040 ja tee kliimaneutraalsuse saavutamisele 2050. aastaks, ehitades jätkusuutlikku, õiglast ja jõukat ühiskonda“.

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52024SC0063>.

⁷ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_et.

⁸ <https://valitsus.ee/strateegia-eesti-2035-arengukavad-ja-planeering/strateegia>.

digitaliseerimise ja ressursitõhusamate tehnoloogiate toetamise kaudu. Jäätmemajanduses tuleb lähtuda jäätmehierarhiast ja kasutusele võtta uuenduslikud lahendused.

Kliimapoliitika põhialused aastani 2050 (KPP2050)⁹

Eesti pikaajaline siht on tasakaalustada kasvuhoonegaaside heide ja sidumine hiljemalt 2050. aastaks ehk vähendada selleks ajaks kasvuhoonegaaside netoheide nullini. Soodustatakse kodumaiste taastuvate energiaallikate järk-järgult laiemat kasutuselevõttu lõpptarbimise kõigis sektorites, pidades silmas ühiskonna heaolu kasvu ning vajadust tagada energiapuuduse ja varustuskindlus. Soodustatakse kodumaiste bio- ning teiste taastuvenergiaressursside laialdast kasutuselevõttu nii elektri- ja soojusenergia tootmisel kui ka transpordikütustena.

2.1.2. Energeetika, keskkonna- ja kliimaeesmärkidega seotud arengukavad ning teekaardid

Kliimakindla majanduse seadus (KKMS, eelnõu)¹⁰

Kliimakindla majanduse seaduse eesmärk on panustada kliimamuutuste leevendamisse ja kliimamuutustega kohanemisse, aidates kaasa kliimamuutustele vastupanuvõimelisema ühiskonna kujunemisele, suurendades majandus- ja ettevõtluskeskkonna kliimakindlust ning luues eeldused puhta majanduse kasvuks. KKMS-is määratakse Eesti kliimaeesmärgid, sh kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise sihttasemed riigi kohta üldiselt ja olulisemate tegevusvaldkondade kohta. Seaduse üldeesmärk on saavutada 2050. aastaks kliimanetraalsus, eelkõige kasvuhoonegaaside heitkogust vähendades.

Alates 2040. aastast peab elektri ja soojuse tootmine Eestis olema CO₂ neutraalne. Seaduseelnõu seletuskirja alusel kavandatakse elektritootmise juhitavate võimsuste tagamiseks ehitada uued gaasijaamad, mis töötavad algul maagaasil ja alates 2040. aastast alternatiivkütustel (nt biometaanil või taastuvesinikul) ehk CO₂ heite vabalt. Transpordisektori konkurentsivõime suurendamise võimalusi nähakse senisest suuremal kohalikel ressurssidel põhinevate kütuste, sh taastuvelektri, biometaanil ja roheline vesiniku tootmisel ja tarbimisel. Töötlevas tööstuses kavandatakse seletuskirja alusel maagaas asendada taastuvkütustega 20% ulatuses.

Seaduses rõhutatakse ringmajanduslike põhimõtete tähtsust ning seatakse ülesandeks suurendada toorme kohapealset väärimist ning teise toorme kohapealset kasutamist. Energiatõhusust tuleb tõsta kõikides energiaahela etappides alates energiatootmisest ja energia edastamisest kuni lõpptarbimiseni.

⁹ <https://kliimaministerium.ee/sites/default/files/documents/2023-03/310022023003%20%281%29.pdf>.

¹⁰ <https://kliimaministerium.ee/eesti-kliimaseadus>.

Energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035; eelnõu)¹¹

Energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035) koostamise eesmärk on ajakohastada kehtivat energiamajanduse arengukava aastani 2030 (ENMAK 2030). ENMAK 2030 uuendatakse lähtuvalt Euroopa Liidu ning Eesti energia- ja kliimapolitiika eesmärkidest ja suundumustest aastani 2030 ja 2050 ning strategiast „Eesti 2035“.

Arengukava hõlmab energiatootmise ja -tarbimisega ning energiatõhususe suurendamisega seotud tegevusi: energiajulgeoleku tagamine, taastuenergiale üleminek, energiatõhususe suurendamine.

Strateegia seab Eestile energiamajanduse arengu visiooni aastaks 2050, mille kohaselt kasutab Eesti aastal 2050 oma energiavajaduse tagamiseks peamiselt kodumaiseid ressursse, mitte ainult elektri-, vaid ka soojuse tootmises ja transpordisektoris nt biometaani tarbimise näol.

2030. aastaks on arengukava 13.11.2024 versioonis seatud järgmised eesmärgid: taastuenergia peab moodustama 100% Eesti elektrienergia summaarsest lõpptarbimisest ja 63% soojuse summaarsest lõpptarbimisest. 2035. aastaks moodustab taastuvelektri toodang 131% ja taastuenergia osakaal soojuse summaarsest lõpptarbimisest 78%. Gaasivõrgus peab aastaks 2035 taastuva gaas asendama vähemalt 1/3 ulatuses maagaasi.

Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021–2035¹²

Arengukavas tuuakse välja transpordipoliitika üldeesmärgid ja indikaatorid, kirjeldatakse transpordi riiklikku korraldust ja juhtimismudelit, taristu arendamise põhimõtteid, liikuvusteenuste korraldamise eesmäärke ning hinnatakse arengukava elluviimise maksumust. Mõõdikutena tuuakse välja 2035. aastaks transpordi CO₂-heite vähendamine 1700 kilotonnini (kt) ehk 669,05 kt võrra võrreldes 2019. aastaga ning transpordi energiakulu 8,3 TWh, millest taastuenergia osakaal transpordis on vähemalt 24%.

Põllumajanduse ja kalanduse valdkonna arengukava aastani 2030 (PõKa 2030)¹³

Arengukava tegevussuunad võimaldavad põllumajanduse, kalanduse, vesiviljeluse ja toidutööstuse valdkondades bioressurssi efektiivsemalt ning kestlikumalt kasutada ja väärindada. Üldeesmärgi saavutamiseks peavad põllumajandus- ja kalandussektor muutuma. Need sektorid ei hõlma ainult toitu, vaid ka põllumajanduse, kalanduse, vesiviljeluse ja biomajanduse sekundaarsektorite tooteid ning teenuseid laiemalt. Aktiivselt tuleb kasutada biomajanduse võimalusi ja vähendada jäätmeid.

PõKa 2030 panustab biomajanduse arengusse eelkõige põllumajanduse, kalanduse ja vesiviljeluse ning toidutööstusega seotud väärtusahelates. Eestil on võimalus vastata üha suurenevale globaalsele nõudlusele toidu, sööda, bioenergia, biomaterjalide ja muude bioressursil põhinevate toodete järele. Selle potentsiaali rakendamiseks on tähtis sektorite tõhus koostöö ja strateegiliste arengusuundade kokkuleppimine riigi tasemel.

¹¹ https://kliimaministeerium.ee/energiamajanduse_arengukava.

¹² <https://www.mkm.ee/transport-ja-liikuvus/transpordi-tulevik>.

¹³ <https://www.agri.ee/pollumajanduse-ja-kalanduse-valdkonna-arengukava-aastani-2030>.

Biomajanduse üks oluline suund on biojääkide ja kaassaaduste kasutuselevõtt väärtusliku ressursina. Lähtuvalt kestlikult hallatavate ressursside kättesaadavusest tuleks panustada esmatootjatele sobivate biorafineerimistehaste loomisesse, toetades vajalikku arendustegevust, sh piloot- ja näidisprojekte.

Riigi jäätmekava 2023–2028¹⁴

Riigi jäätmekava peamine eesmärk on korrastada ning korraldada jäätmehooldust süsteemselt valdkonna kõigil tasanditel, ühtlustada eesmärgid riigi kui terviku jaoks, seada sihid ja ülesanded kohalikele omavalitsustele, ettevõtjatele, tootjatele ja elanikkonnale. Jäätmekavas tuuakse välja, et biolagunevate jäätmete ringlussevõtu võimekus on madal. Kuigi on vaja oluliselt suurendada biojäätmete ringlussevõttu, tuleb samaaegselt tegeleda ka jäätmetekke vähendamisega. Jäätmekava seab eesmärgiks 70% biojäätmete (köögi- ja sööklajajätmed ning aia- ja haljastusjätmed) ringlussevõtu aastaks 2028, aastal 2020 oli vastav ringlussevõtt 21%.

Jäätmekava näeb ette ka täiendavate biojäätmete käitlusvõimekuste rajamise. Praegu on Eestis olemas 22 bioloogilise töötlemise käitist (kompostimine, mehaanilis-bioloogiline töötlus, jt) koguvõimsusega 104 000 tonni jätmeid aastas. Juurde tuleks rajada seitse regionaalset keskust jäätmekäitlussuutlikkusega 30 000 tonni aastas.

Eesti vesiniku teekaart¹⁵

Aastatel 2021–2030 on teekaardi järgi Eesti vesinikusektori piloteerimise etapp, kus keskendutakse poliitikameetmete väljatöötamisele ja katseprojektide elluviimisele. Vesiniku väärtusahel ei ole suure tõenäosusega üheski lõigus ega ka tervikuna sel perioodil majanduslikult tasuv ja sõltub riigi toest. Riik toetab riigieelarvest vähemalt 67 miljoni euro ulatuses investeringuid vesinikutehnoloogiate tööstusesse ning taaste- ja vastupidavusrahastu toel 49 miljoni euro ulatuses vesiniku kasutuselevõttu. Kohalik heitkoguste vähenemine ei ole märkimisväärne. Katseprojektid on oluline sisend edasiste tegevuste planeerimisel ja nende kaudu hangitakse kogemusi väärtusahelate toimimiseks vajalikust majanduslikust ning tehnoloogilisest baasist, rahvusvahelistest koostöövõimalustest ja õigusruumi kujundamise vajadustest.

Teekaardi järgi võib vesinik leida pikemas perspektiivis kasutust praamiliikluses, lennunduses või pikamaavedudel, kus mass ja ruumala ning pikad laadimisajad välistavad akutoite kasutamise. TEN-T põhivõrgus tuleb hiljemalt 2030. aastaks rajada üksteisest maksimaalselt 100–200 km kaugusele vesinikutanklad. Igas tanklas peab tootmis-hoiustamisvõimsus olema vähemalt 2 tonni vesinikku päevas. See tähendab Eesti jaoks minimaalselt 3–5 vesinikutanklat võimsusega u 2000 tonni vesinikku aastas.

Eesti biogaasi teekaart 2035

Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni koostatud teekaart seab eesmärgiks suurendada oluliselt biometaani rolli ja toota aastaks 2035 biometaani 100 miljonit Nm³ ehk 1 TWh aastas. Teekaardis

¹⁴ <https://kliimaministerium.ee/jaatmekava>.

¹⁵ <https://www.mkm.ee/energeetika-ja-maavarad/taastuenergia/vesinik>.

tehakse ettepanek defineerida biometaan väga selgelt taastuva kütusena ja tagada biometaani kütuseaktsiisivabastus üle-euroopaliselt kuni aastani 2050.

Ringbiomajanduse teekaart¹⁶

Ringbiomajanduse teekaardis toodud ringbiomajanduse arendamise peamised tegevussuunad on valitud tuginedes eelkõige RITA1 biomajanduse projekti¹⁷ tulemustele, ringbiomajanduse teemaga otsesemalt seotud teekaartide ja tegevuskavade – eelkõige TAIE teekaartide¹⁸, ringbiomajanduse valge raamatu¹⁹ – tegevustele ning aruteludes koos ettevõtjate, teadusarendus- ning riigiasutuste esindajatega.

Ringbiomajanduse teekaardi esimene tegevussuund on suurem lisandväärtus ringbiomajandusest, mille alla kuuluvad ka järgmised tegevused.

- Kasutamata või alakasutatud kõrvalsaaduste ja jääkide (sh kalandusest ja vesiviljelusest) kasutamine keemia-, kosmeetika- ja farmaatsiatööstuses ning väetiste/mullaparandajate tootmiseks.
- Biolagunevate jäätmete kogumise, logistika, eeltöötlemise ja säilitamise taristu ning piirkonnapõhiste lahenduste (sh väikelahenduste), tehnoloogia ja väärtusahelate arendamine.
- Biogaasijaamade edasiarendamine kaskaadkasutuse põhimõttel toimivateks rafineerimisüksusteks, mis lisaks energiale toodavad ka biopõhiseid materjale ja kemikaale.

Rohetiigri transpordi teekaart 2040²⁰

Teekaardis tuuakse välja, et Eesti siseriikliku transpordisektori energiatarbimisest 98% moodustab maanteetransport. Alates 2018. aastast on biokütuste tarbimine energia mahult maanteetranspordis iga-aastaselt kasvanud, kuid fossiilkütuste osakaal on jätkuvalt üle 90%. Ettepanekutena tuuakse muu hulgas välja automaksu sidumine keskkonnaeesmärkidega, tõhusamate (pikemate ja raskemate) EURO VI taastuvkütustega ja elektriveokitega autorongide lubamine, veokite ostutoetused biometaani ja elektriveokite kasutuse suurendamiseks, avaliku sektori transpordi- ja veoteenuste hangetes taastuvkütuste ja EURO VI veokite kasutamine ning Eesti kohaliku veokipargi uuendamine EURO VI ja taastuvkütuseid kasutavate veokitega.

¹⁶ <https://www.agri.ee/maaelu-pollumajandus-toiduturg/maaelu-maettevotlus-maakasutus/ringbiomajandus>.

¹⁷ <https://taltech.ee/biomajandus>.

¹⁸ <https://www.taie.ee/taie-fookusvaldkonna-teekaart>.

¹⁹ https://ringmajandus.envir.ee/sites/default/files/2022-06/Ringmajandus_valge_raamat.pdf.

²⁰ <https://transporditeekaart.rohetiiger.ee/>.

2.1.3. Kehtivate ja rakenduvate regulatsioonide analüüs

Euroopa Liidus ja Eestis on mitmeid regulatsioone, mis mõjutavad otseselt või kaudselt biogaasi tootmist, kasutamist ja edendamist. Õigusraamistik toetab suures osas biogaasi arendamist. Õigusaktid, mis keskenduvad süsinikdioksiidi heitkoguste vähendamisele, taastuvenergia kasutamise suurendamisele ja orgaaniliste jäätmete käitlemisele, aitavad kaasa biogaasi jaoks soodsa tootmiskeskonna loomisele. Paljud regulatsioonid ei mõjuta otseselt biogaasi tootmist ja kasutamist, kuid moodustavad osa üldisest strateegiast, mille eesmärk on rohelisem ja säästvam tulevik.

Otseselt toetavad regulatsioonid

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2021/1119, millega kehtestatakse kliimaneutraalsuse saavutamise raamistik ning muudetakse määruseid (EÜ) nr 401/2009 ja (EL) 2018/1999 (Euroopa kliimamäärus)**. Eesmärk on saavutada kliimaneutraalsus 2050. aastaks, kusjuures heitkoguseid tuleb vähendada 2030. aastaks 55% võrra võrreldes 1990. aasta tasemega. Kliimamäärus seab õiguslikult siduva kohustuse kliimaneutraalsuse saavutamiseks ning seeläbi suunab kasutusele võtma alternatiivseid energiaallikaid, sh biogaasi.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **direktiiv (EL) 2018/2001, taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta (RED)**, viimati muudetud Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiviga (EL) 2023/2413, millega muudetakse direktiivi (EL) 2018/2001, määrust (EL) 2018/1999 ja direktiivi 98/70/EÜ seoses taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamisega ning tunnistatakse kehtetuks nõukogu direktiiv (EL) 2015/652 (REDIII). Direktiivis on biogaas selgesõnaliselt lisatud taastuvenergia alla ja taastuvenergia kasutamisele seatakse konkreetsed eesmärgid. 2030. aastaks peab vähemalt 42,5% kogu EL-i energiatarbimisest olema pärit taastuvatest energiaallikatest, kusjuures eesmärk on suurendada seda 45%-ni. Direktiivis rõhutatakse biomassienergia tootmise jätkusuutlikke tavasid, tagades, et biogaasi tootmine biomassist vähendab negatiivset mõju bioloogilisele mitmekesisusele, keskkonnale ja kliimale. See on oluline biogaasi kui taastuvenergiaallika pikaajalise jätkusuutlikkuse seisukohast. Direktiivis on täpsustatud täiustatud biokütuste ja biogaasi eesmärgid transpordisektoris, nõudes, et 2025. aastaks oleks nende osakaal vähemalt 1% ja 2030. aastaks 5,5%. Sellega toetatakse konkreetselt biogaasi rolli energiakogumises, eelkõige transpordisektoris. REDIII-ga antakse võimalus lisaks traditsioonilisele taastuvenergia eesmärkide saavutamise viisile (biokütuste panust mõõdetakse toodetud ja kasutatud biokütuse mahu alusel) arvestada ka KHG heitkoguste mõõtmist (arvesse võetakse KHG koguheitmeid biokütuse elutsükli jooksul). Uue arvestusmeetodiga on teatud toormaterjalist ja teatud tehnikaid kasutades võimalik saada negatiivse heitega kütus.
- Komisjoni teatistes Euroopa Parlamendile, Nõukogule, Euroopa Majandus- ja sotsiaalkomiteele ning Regioonide Komiteele metaaniheite vähendamise EL-i strateegia kohta esitatakse **metaaniheite vähendamise strateegia**. Selles kirjeldatakse terviklikku poliitikaraamistikku, milles on ühendatud konkreetsed EL-is võetavad sektoriülesed ja sektoripõhised meetmed ning millega edendatakse sarnaseid meetmeid rahvusvahelisel tasandil. Põllumajandussektor ja jäätmesektor on Eesti jaoks olulisemad sektorid, kus on

võimalik metaaniheite vähendamisest suurimat üldist kasu saada. Tuuakse välja nii sektoriüleised kui ka sektorite sisesed meetmed. Sektoriüleste meetmete hulgas on esitatud võimalused biogaasi tootmiseks.

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **direktiiv 2003/87/EÜ, millega luuakse ühenduses kasvuhoonegaaside saastekvootidega kauplemise süsteem ja muudetakse nõukogu direktiivi 96/61/EÜ (EL HKS direktiiv)**. Kehtestab KHG-de heitkogustega kauplemise süsteemi EL-is. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2023/959, millega muudetakse direktiivi 2003/87/EÜ, millega luuakse liidus kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem, ja otsust (EL) 2015/1814, mis käsitleb EL-i kasvuhoonegaaside heitkogustega kauplemise süsteemi turustabiilsusreservi loomist ja toimimist, seadis eesmärgi vähendada heitkoguseid 2030. aastaks 62%, võrreldes 2005. aasta tasemega. Süsinikdioksiidi heitkoguste maksumuse järkjärgulise suurendamisega stimuleeritakse taastuvate energiaallikate kasutuselevõttu. Euroopa Liidu HKS direktiiviga kohaldatakse alates 2027. aastast uut eraldi heitkogustega kauplemise süsteemi (HKS2) hoonetes, maanteetranspordis ja teatavates täiendavates sektorites kasutatavatest kütustest tulenevate KHG-de heitkoguste suhtes.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **direktiiv (EL) 2023/1791, mis käsitleb energiatõhusust** ja millega muudetakse määrust (EL) 2023/955 (EED), kirjeldab kütte- ja jahutustehnoloogiate tõhususe võimalusi, loetledes biogaasi ühe taastuva energiaallikana. Selles seatakse siduv eesmärk vähendada 2030. aastaks energiatarbimist täiendavalt 11,7% võrreldes 2020. aasta stsenaariumidega, piirates EL-i üldist energiatarbimist 992,5 Mtoe-ni primaarenergia ja 763 Mtoe-ni lõppenergia osas.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2023/1804, milles käsitletakse alternatiivkütuste taristu kasutuselevõttu** ja millega tunnistatakse kehtetuks direktiiv 2014/94/EL (AFIR). Määrus keskendub alternatiivsete kütuste, sh biogaasi infrastruktuuri arendamisele ja laiendamisele. See hõlmab tanklate ja muude vajalike rajatiste rajamist, et muuta biogaas kui kütusevõimalus kättesaadavamaks, eelkõige transpordisektoris. Määrusega ühtlustatakse alternatiivsete kütuste infrastruktuuri tehnilised spetsifikatsioonid ja standardid kogu EL-is.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2023/2405, milles käsitletakse võrdsete võimaluste tagamist kestliku lennutranspordi jaoks**. Määrus seab lennundussektorile ambitsioonikad heitkoguste vähendamise eesmärgid. Sellega stimuleerib määrus kestlike alternatiivsete kütuste arendamist.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2023/1805, mis käsitleb taastuvkütuste ja vähese süsinikuheitega kütuste kasutamist meretranspordis** ning millega muudetakse direktiivi 2009/16/EÜ, kehtestab KHG-de heitemahukuse piirangud meretranspordis, soodustades taastuvkütuste, sh biogaasi kasutamist.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus taastuvallikatest toodetud gaaside, maagaasi ja vesiniku siseturu kohta** (COM/2021/804 final, EL Parlamendi ja Nõukogu kokkulepe). Soodustab taastuvate ja vähese süsinikdioksiidiheitega gaaside, sealhulgas biometaani kasutamist gaasisektori süsinikdioksiidiheite vähendamiseks. Määrus näeb ette, et Komisjon toetab ja soodustab taastuva gaasi ning vähese süsinikdioksiidiheitega gaasi, eelkõige vesiniku ja biometaani, kaasamist liidu energiasüsteemi, eelkõige kivisöe- ja süsinikdioksiidimahukates piirkondades, eesmärgiga suurendada taastuva gaasi osakaalu eelkõige tööstusprotsesside, kaugkütte ja energiasalvestuse valdkonnas ning kiirendada seeläbi tahkete fossiilkütuste kasutamise lõpetamist tööstus- ja kaugküttesektoris.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2020/852, millega kehtestatakse kestlike investeeringute hõlbustamise raamistik ja muudetakse määrust (EL) 2019/2088**

(taksonoomiamäärus). Kehtestab kestlike investeeringute raamistiku. Määruses sätestatakse kriteeriumid, mille alusel määratakse kindlaks, kas majandustegevus on keskkonnasäästlik. See raamistik põhineb kuuel keskkonnaeesmärgil: kliimamuutuste leevendamine, kliimamuutustega kohanemine, vee- ja mereressursside säästev kasutamine ja kaitse, üleminek ringmajandusele, reostuse vältimine ja kontroll ning bioloogilise mitmekesisuse ja ökosüsteemide kaitse ja taastamine. Määrusega püütakse luua turustiimuleid, et ettevõtted läheksid üle säästvamatele tavadele ja investorid suunaksid kapitali säästvatesse projektidesse, pakkudes selleks standardiseeritud raamistikku. Taksonoomiamäärust täiendavad mitmed delegeeritud määrused.

- Komisjoni delegeeritud **määrus (EL) 2021/2139**, 4. juuni 2021, millega täiendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrust (EL) 2020/852, **kehtestades tehnilised sõelumiskriteeriumid, millega määratakse kindlaks, millistel tingimustel võib majandustegevust pidada kliimamuutuste leevendamisele või nendega kohanemisele oluliselt kaasa aitavaks, ja mille alusel otsustatakse, ega see majandustegevus ei kahjusta oluliselt muid keskkonnaeesmärke**, muudetud Komisjoni delegeeritud määrusega (EL) 2023/2486. Määruse I lisas on toodud tehnilised sõelumiskriteeriumid, millega määratakse kindlaks, millistel tingimustel võib majandustegevust pidada kliimamuutuste leevendamisele oluliselt kaasa aitavaks, ja mille alusel otsustatakse, ega see majandustegevus ei kahjusta oluliselt muid keskkonnaeesmärke. Biogaasi tootmise ja kasutamise seoses on ära toodud järgmised tegevused.
 - Elektrienergia tootmine bioenergiast.
 - Biogaasi ja biokütuste tootmine transpordis kasutamiseks ning vedelate biokütuste tootmine.
 - Taastuvatest energiaallikatest toodetud ja vähese süsinikuheitega gaaside ülekande- ja jaotusvõrgud.
 - Soojus-/jahutus- ja elektrienergia koostootmine bioenergiast.
 - Soojus-/jahutusenergia tootmine bioenergiast.
 - Reoveesetete anaeroobne kääritamine.
 - Biojäätmete anaeroobne kääritamine.
 - Prügilagaasi kogumine ja kasutamine.
 - Transport.
- Komisjoni delegeeritud **määrus (EL) 2023/2486**, millega täiendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrust (EL) 2020/852 ja **nähakse ette tehnilised sõelumiskriteeriumid, mille alusel määratakse kindlaks, millistel tingimustel võib majandustegevust pidada vee ja mereressursside kestlikule kasutamisele ja kaitsele, ringmajandusele üleminekule, saastuse vältimisele ja tõrjele või elurikkuse ja ökosüsteemide kaitsele ja taastamisele oluliselt kaasa aitavaks**, ning mille alusel otsustatakse, ega see majandustegevus ei kahjusta oluliselt muid keskkonnaeesmärke, ning millega muudetakse komisjoni delegeeritud määrust (EL) 2021/2178 seoses sellise majandustegevusega seotud teatava avalikustamisega. Määruses toodud tegevusaladest on biogaasi tootmisega seotud biojäätmete taaskasutamine anaeroobse kääritamise või kompostimise teel ja sellele tegevusele on seotud kriteeriumid.
- Komisjoni delegeeritud **määrus (EL) 2023/2772, millega täiendatakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2013/34/EL seoses kestlikkusaruandluse standarditega**. Euroopa kestlikkusaruandluse standardite (ESRS) eesmärk on määrata kindlaks kestlikkusalane teave, mida ettevõtja avalikustab kooskõlas Euroopa Parlamendi

ja nõukogu direktiiviga 2013/34/EL, mida on muudetud Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiviga (EL) 2022/2464. ESRS-i kohane aruandlus ei vabasta ettevõtjaid muudest liidu õiguses sätestatud kohustustest. Täpsemalt on ESRS-is esitatud teave, mida ettevõtja avalikustab oma oluliste mõjude, riskide ja võimaluste kohta seoses keskkonna-, sotsiaal- ja juhtimisteemadega seotud kestlikkusaspektidega. ESRS-is ei nõuta, et ettevõtjad avalikustaksid ESRS-iga hõlmatud keskkonna-, sotsiaal- ja juhtimisteemade kohta teavet, kui ettevõtja on hinnanud kõnealuse teema mitteoluliseks. ESRS-i kohaselt avalikustatav teave võimaldab kestlikkusaruande kasutajatel mõista ettevõtja olulist mõju inimestele ja keskkonnale ning kestlikkusaspektide olulist mõju ettevõtja arengule, tulemustele ja seisundile.

- **Nõukogu direktiiv asulareovee puhastamise kohta (91/271/EMÜ) (Komisjoni muudatusettepaneku 2022/0345 (COD)).** Ettepaneku kohaselt peavad liikmesriigid tagama, et taastuvatest energiaallikatest saadav aastane koguenergia, mis on toodetud siseriiklikul tasandil asulareovee reoveepuhastusjaamades, kus töödeldakse vähemalt 10 000 IE ja rohkem, on samaväärne reoveekäitise kasutatava kogue energiaga vähemalt 50% 31. detsembriks 2030, 75% 31. detsembriks 2035 ja 100% 31. detsembriks 2040.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus, millega kehtestatakse meetmete raamistik Euroopa nullnetotehnoloogia toodete tootmise ökosüsteemi tugevdamiseks** (nullnetotööstuse määrus; Komisjoni ettepanek 2023/0081 (COD)). Ettepaneku kohaselt kehtestatakse meetmete raamistik nullnetotehnoloogiate innovatsiooniks ja tootmise võimsuse suurendamiseks liidus, et toetada liidu 2030. aasta eesmärki vähendada heite netokogust 1990. aasta tasemega võrreldes vähemalt 55% ning liidu 2050. aasta kliimanetraalsuse eesmärki, mis on sätestatud määruuses (EL) 2021/1119, ning tagada liidule juurdepääs turvalisele ja kestlikule nullnetotehnoloogiate pakkumisele, mis on vajalik, et kaitsta liidu energiasüsteemi vastupanuvõimet ja aidata luua kvaliteetseid töökohti. Nulltehnoloogiate alla kuuluvad taastuvenergiatehnoloogiad, sh kestlik biogaas.

Kaudselt toetavad regulatsioonid

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2023/955, millega luuakse kliimameetmete sotsiaalfond** ja muudetakse määrust (EL) 2021/1060 (Sotsiaalne kliimafond): Pakub sihtotstarbelist rahastamist, et aidata haavatavaid elanikkonnarühmi keskkonnasäästliku ülemineku ajal. See fond võib kaudselt toetada biogaasiprojekte, toetades infrastruktuuri muutusi ja leevendades energia ülemineku sotsiaalseid mõju.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2018/842, milles käsitletakse liikmesriikide kohustust vähendada kasvuhooonegaaside heidet aastatel 2021–2030**, millega panustatakse kliimameetmetesse, et täita Pariisi kokkuleppega võetud kohustused, ning millega muudetakse määrust (EL) nr 525/2013 (JIM), viimati muudetud Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EL) 2023/857, millega muudetakse määrust (EL) 2018/842, milles käsitletakse liikmesriikide kohustust vähendada kasvuhooonegaaside heidet aastatel 2021–2030, millega panustatakse kliimameetmetesse, et täita Pariisi kokkuleppega võetud kohustused, ning määrust (EL) 2018/1999. Määrus sätestab riiklikud heitkoguste vähendamise eesmärgid EL-i HKS-ist välja jäävatele sektoritele, sealhulgas transpordisektor, jäätmesektor ja lokaalne energiakasutus hoonetes. Kokku moodustavad jõupingutuste jagamise määrusega hõlmatud heitkogused peaaegu 60% EL-i siseriiklikest heitkogustest. Eesti uus kehtestatud eesmärk on vähendada nendes sektorites summaarselt KHG heitkoguseid 24% (endine 13%) võrreldes 2005. aasta tasemega. 2023. aasta uute riiklike eesmärkidega aitavad liikmesriigid ühiselt kaasa heitkoguste

vähendamisele EL-i tasandil jõupingutuste jagamise sektorites 40% võrreldes 2005. aasta tasemega.

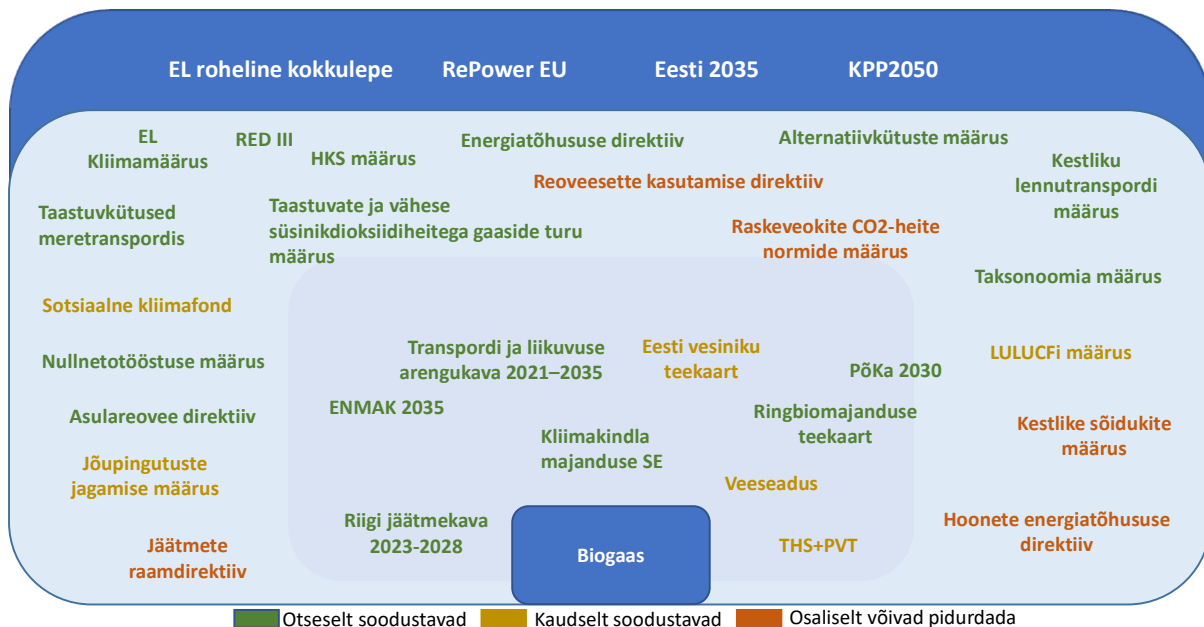
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2018/841, millega lisatakse maakasutusest, maakasutuse muutusest ja metsandusest tulenev kasvuhoonegaaside heide ja sellest tulenevate kasvuhoonegaaside sidumine 2030. aasta kliima- ja energiapoliitika raamistikku** ning millega muudetakse määrust (EL) nr 525/2013 ja otsust nr 529/2013 (LULUCF), mida muudeti Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EL) 2023/839, millega muudetakse määrust (EL) 2018/841 kohaldamisala, aruandlus- ja täitmiskoostade lihtsustamise ning liikmesriikidele 2030. aastaks eesmärkide kehtestamise osas, ning määrust (EL) 2018/1999 seire, aruandluse, edusammude jälgimise ja läbivaatamise parandamise osas. Eestil on kohustus 2030. aastaks võrreldes aastate 2016–2018 keskmise tasemega täiendavalt suurendada kasvuhoonegaaside sidumist või vähendada heidet 434 kt võrra, edendades jätkusuutlikke maakasutustavasid, mis võivad soodustada biogaasi tootmist orgaanilistest jäätmetest ja jääkidest.
- **Veeseadus.** Veeseadusega nähakse ette piirangud sõnniku, sh sõnnikust toodetud digestaadi laotamisele. Vedelsõnnikut ei tohi laotada 1. novembrist kuni 20. märtsini ja juhul, kui maapind on külmunud, lumega kaetud, perioodiliselt üle ujutatud või veega küllastunud. Poolvedel-, tahe- ja sügavallapanusõnnikut ning muud orgaanilist väetist ei tohi laotada 1. detsembrist kuni 20. märtsini ja juhul, kui maapind on külmunud, lumega kaetud, perioodiliselt üle ujutatud või veega küllastunud. Kõikidel loomapidamishoonetel, kus peetakse üle viie loomühiku loomi, peab olema lähtuvalt sõnnikutüübist sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla. Sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla peab mahutama peetavate loomade vähemalt kaheksa kuu sõnniku ja virtsa ning vajaduse korral, sõltuvalt loomapidamishoones kasutatavast tehnoloogiast, ka sealt pärit reovee. Lisaks nähakse veeseaduses ette täiendavad nõuded reoveesette ja reoveesetest toodetud digestaadi kasutamiseks.
- **Tööstusheite seadus ja parim võimalik tehnika (PVT).** Tööstusheite seadus reguleerib suure keskkonnanahuga tööstuslikud tegevusvaldkonnad, sh intensiivse sea-, veise- ja linnukasvatuse. Tööstusheite seadusega reguleeritud valdkonnad peavad vastama PVT nõuetele. Sea- ja linnukasvatuse PVT on reguleeritud EL-i tasemel PVT järeldustega (EL) 2017/302. PVT järeldustes on biogaasi tootmine sõnnikust loetud üheks parimaks võimalikuks sõnnikukäitluse tehnikaks. Intensiivne veisekasvatus on reguleeritud Eesti-sisese PVT järeldusega, mis näeb ette, et uutele ja renoveeritavatele lautadele enam laguun-tüüpi hoidlaid ei rajata. Rõngasmahutite rajamine on ettevõtetele kulukas, mis suunab leidma sõnnikukäitlusele alternatiivseid lahendusi.

Regulatsioonid, mis toetavad, aga samas võivad ka pidurdada

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, mis käsitleb jäätmeid ja millega tunnistatakse kehtetuks teatud direktiivid (**jäätmete raamdirektiiv**). Määratleb, kuidas jäätmeid, sh biogaasi tootmiseks sobivaid orgaanilisi jäätmeid, tuleks käidelda, edendades ringlussevõttu ja korduskasutust. Eesmärkide hulka kuulub olmejäätmete ringlussevõtu ja korduskasutamise suurendamine vähemalt 55%-ni aastaks 2025, 60%-ni aastaks 2030 ja 65%-ni aastaks 2035. Komisjon on teinud ettepaneku direktiivi muutmiseks (COM(2023) 420 final) ja praegu toimuvad läbirääkimised. Ettepanekuga soovitakse vähendada 2030. aastaks toidujäätmete teket 10% võrra töötlemisel ja tootmises ning 30% võrra jaemüügis, restoranides ja kodumajapidamistes võrreldes 2020. aastaga.

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2019/631, millega kehtestatakse uute sõiduautode ja uute väikeste tarbesõidukite CO₂-heite normid ning millega tunnistatakse kehtetuks määrused (EÜ) nr 443/2009 ja (EL) nr 510/2011 (**kestlike sõidukite määrus**), viimati muudetud Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusega (EL) 2023/851, millega muudetakse määrust (EL) 2019/631, et karmistada uute sõiduautode ja uute väikeste tarbesõidukite CO₂-heite norme kooskõlas liidu suurendatud kliimaeesmärkidega. Määrus kehtestab konkreetsed eesmärgid uute autode ja väikeste tarbesõidukite KHG heitkoguste vähendamiseks, sealhulgas 15%-line vähendamine 2025. aastaks ja 55%-line vähendamine autode puhul (50%-line vähendamine väikeste tarbesõidukite puhul) 2030. aastaks, mis viib 100%-lise vähendamiseni 2035. aastaks.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **direktiiv 2010/31/EL hoonete energiatõhususe kohta** (EPBD), (2021/0426(COD), EL Parlamendi ja Nõukogu kokkulepe). Liikmesriigid püüavad asendada fossiilkütusel töötavad lokaalsed katlad olemasolevates hoonetes, et olla kooskõlas fossiilkütusel töötavate katelde järkjärgulise kasutuselt kõrvaldamise riiklike kavadega. Komisjon annab suunised selle kohta, mida loetakse fossiilkütusel töötavaks katlamajaks. Direktiiviga nähakse ette kütte- ja jahutussüsteemide dekarboniseerimine, sealhulgas kaugkütte ja -jahutuse võrgustike kaudu, ning fossiilkütuste kasutamise järkjärguline lõpetamine kütte- ja jahutussüsteemist, pidades silmas täielikku fossiilkütusel töötavate katelde järkjärgulist kasutuselt kõrvaldamist aastaks 2040.
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu **määrus (EL) 2019/1242, millega kehtestatakse uute raskeveokite CO₂-heite normid** ning muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusi (EÜ) nr 595/2009 ja (EL) 2018/956 ning nõukogu direktiivi 96/53/EÜ (Raskeveokite CO₂ heitenormide määrus (2023/0042(COD) Euroopa Parlamendi ja nõukogu kokkulepe). Kokkuleppe kohaselt jäid alles komisjoni ettepanekus seatud eesmärgid raskete veoautode ja busside suhtes, 2030. aastaks (45%), 2035. aastaks (65%) ja 2040. aastaks (90%), lisaks 2025. aastaks seatud 15%-lisele vähendamise eesmärgile, mis oli juba ette nähtud praeguses määruses. Kavandatava muudatusega kehtestatakse linnaliinibussidele 100%-line heitevaba eesmärk aastaks 2035, samas kui 2030. aastaks on sellele kategooriale kehtestatud 90%-line vahe-eesmärk. Linnadevahelised bussid jäetakse sellest eesmärgist välja ja seda tüüpi raskeveokid kuuluvad busside üldiste eesmärkide alla. Heitevabad raskeveokid on raskeveokid, millel puudub sisepõlemismootor, või sisepõlemismootoriga raskeveokid, kui heitkogused ei ületa määrusega kehtestatud heitepiirväärtuseid.
- **Nõukogu direktiiv keskkonna ja eelkõige pinnase kaitsmise kohta reoveesetete kasutamisel põllumajanduses (86/278/EMÜ)**. Direktiiviga seatakse nõuded reoveesette, sh töödeldud reoveesette kasutamiseks põllumajanduses, muuhulgas keelatakse reoveesette kasutamine:
 - rohumaal või söödataimede kasvatamisel, kui rohumaad kavatakse kasutada karjamaana või saak kavatakse koristada enne teatava ajavahemiku lõppemist;
 - pinnasel, milles kasvatatakse köögivilja- või marjakultuure, välja arvatud viljapuid;
 - saagikoristusele eelneva 10 kuu jooksul ja saagikoristuse ajal pinnasel, mis on mõeldud puu- ja juurviljade kasvatamiseks, mis tavapäraselt puutuvad pinnasega vahetult kokku ja mida tarvitatakse toorelt.

Kokkuvõtvalt on eelpool märgitud strateegiad, arengukavad ja olulised regulatsioonid toodud Joonis 3. Valdavalt on viidatud dokumendid biogaasi tootmist soosivad, kuid esineb siiski ka mõningal määral piiravaid sätteid.



Joonis 3. Biogaasi tootmist ja kasutamist mõjutavad strateegiad ja regulatsioonid (Allikas: autorite koostatud)

Juhime täiendavalt tähelepanu, et biogaasi tootmise potentsiaali võimaldavad strateegiad ja regulatsioonid omakorda ei pea jälgima seatud piire ja praegu on võimalik riigi tasandil leida koostöös ettevõtjatega võimalikud head lahendused taastuenergia kasutuselevõtu laiendamiseks. **Ühtlasi ei ole õigusaktides toodud piiravad sätted otseselt takistuseks biogaasi tootmisele, kuid nende mõju tuleb hoolikalt jälgida, et tagada sektori kestlik areng.**

Euroopa Liidu poliitilisi suundumusi on võimalik jälgida ajaraamistikus lühike (kuni 5 aastat), keskpikk (5–15 aastat) ja pikk vaade (15 ja enam aastat). Peamised eesmärgid on esitatud järgnevas jaotuses.

Kokkuvõte EL-i poliitilistest suundumustest ja nendest tulenevatest eesmärkidest

Lühike vaade (kuni 5 aastat)

Jäätmed: Jäätmete raamdirektiiv – olmejäätmete, sh biojäätmete ringlussevõtt 55% tekkivatest olmejäätmetest 2025. aastaks.

Transport: REDIII – täiustatud biokütuste ja biogaasi ning muude kui bioloogilise päritoluga taastuvkütuste kombineeritud osakaal transpordisektorile tarnitud energias on 2025. aastal vähemalt 1%.

Kestlike sõidukite määrus – uute autode ja väikeste tarbesõidukite KHG heitkoguste 15%-line vähendamine 2025. aastaks.

Raskeveokite CO₂ heitenormide määrus – raskete veoautode ja busside KHG heitkoguste 15%-line vähendamine alates 2025. aastast.

Keskpikk vaade (5–15 aastat)

Kliima: Euroopa kliimamäärus – EL-i eesmärk 2030 KHG heitkoguse vähendamine 55% võrreldes 1990. aastaga.

JJM: Aastaks 2030 EL HKS-ist välja jäävatele sektorite, sealhulgas transpordisektor, jäätmesektor ja lokaalne energiakasutus hoonetes KHG heitkoguste vähendamine 24% võrreldes 2005. aasta tasemega.

Energia: REDIII – taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaal liidu summaarses energia lõpptarbimises on 2030. aastal vähemalt 42,5%. Liikmesriigid püüavad ühiselt suurendada taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaalu liidu summaarses energia lõpptarbimises 2030. aastaks 45%-ni.

Hooned: EED – liikmesriigid tagavad ühiselt, et 2030. aastaks vähendatakse energiatarbimist vähemalt 11,7% võrreldes 2020. aasta EL-i võrdlusstsenariumi prognoosidega, nii et liidu energia lõpptarbimine 2030. aastal ei ületa 763 Mtoe.

Transport: REDIII – täiustatud biokütuste ja biogaasi ning muude kui bioloogilise päritoluga taastuvkütuste kombineeritud osakaal transpordisektorile tarnitud energias on 2030. aastaks vähemalt 5,5%.

Kestlike sõidukite määrus – 2030. aastaks on EL-i uute sõiduautode sõidukipargi keskmise KHG heite sihttase vähendatud 55% ja uute väikeste tarbesõidukite sõidukipargi keskmise KHG heite sihttase on vähenenud 50% võrreldes 2021. aasta sihttasemega.

Raskeveokite CO₂ heitenormide määruse kokkulepe – 2030. aastaks uute raskete veoautode ja busside KHG heitkoguste sihttase vähendatud 45% võrreldes 2019. aasta tasemega ja 65% aastaks 2035.

Raskeveokite CO₂ heitenormide määruse kokkulepe – 2030. aastaks uute linnaliinibusside KHG heitkoguste sihttase vähendatud 90% võrreldes 2019. aasta tasemega ning 100%-liselt heitevabad aastaks 2035.

Kestlike sõidukite määrus – 2035. aastaks EL-i uute sõiduautode sõidukipargi keskmise heite sihttase on vähenenud 100%.

Jäätmed: Jäätmete raamdirektiiv – olmejäätmete, sh biojäätmete ringlussevõtt 60% tekkivatest olmejäätmetest 2030. aastaks ning 65% 2035. aastaks.

Jäätmete raamdirektiivi muudatusettepanek – aastaks 2030 vähendada toidujäätmete teket toidu tootmises ja tööstustes 10% ning jaekaubanduses, toitlustuses ja kodumajapidamistes kokku 30% võrreldes 2020. aastal tekkinud kogustega.

Reoveesete: 2023. aasta lõpuks katavad üle 10 000 IE reoveepuhastid taastuvatest energiaallikatest toodetud energiaga 20% RVP-te aastasest koguenergiast, 2025. aasta lõpuks 40%, 2024. aasta lõpuks 70% ja 2024. aasta lõpuks 100%.

Maakasutus: LULUCF – 2030. aastaks võrreldes 2016–2018 keskmise tasemega täiendavalt suurendada KHG sidumist või vähendada heidet 434 kt võrra.

Pikk vaade (15+a)

Kliima: Euroopa 2040. aasta kliimaeesmärk – KHG heitkoguste vähendamine 90% võrra 1990. aasta tasemega võrreldes aastaks 2040.

Euroopa kliimamäärus – kliimaneutraalsus aastaks 2050.

Hooned: EPBD – fossiilkütusel töötavate katelde järkjärguline kasutuselt kõrvaldamine aastaks 2040.

Transport: raskeveokite CO₂ heitenormide määruse kokkulepe – 2040. aastaks raskeveokite KHG heite vähendamine 90%.

Reoveesete: Asulareovee direktiivi muudatusettepanek – 2040. aasta lõpuks üle 10 000 IE reoveekäitlejad kliimaneutraalsed.

2.1.4. Järeldused

- Biogaasi tootmist ja kasutamist mõjutavad erinevad strateegiad ja õigusaktid nii Euroopa Liidu kui ka riiklikul tasandil (vt joonis 3). Kuigi regulatsioonid on oma olemuselt erinevad, mõjutavad nad üheskoos biogaasisektorit. Valdavalt on strateegiad ja õigusaktid pigem biogaasi soosivad, kuid mõned õiguslikud alused võivad selle sektori arengut ka pidurdada.
- Kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise võimaluste strateegilist ning regulatiivset raamistikku Eestis kujundavad kõige olulisemana kliimakindla majanduse seadus (KKMS) ja energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035). Seaduse ja arengukava eelnõude (vastavalt 02.12.2024 ja 13.11.2024 seisuga) kohaselt peab alates 2040. aastast elektri ja soojuse tootmine Eestis olema CO₂ neutraalne. Transpordisektori konkurentsivõime suurendamise võimalusi nähakse senisest suuremal kohalikel ressurssidel põhinevate kütuste, sh taastuvelektri, biometaani ja roheline vesiniku tootmisel ja tarbimisel. Töötlevas tööstuses kavandatakse maagaas asendada taastuvkütustega 20% ulatuses.
- Kestlik biogaasi tootmine peab arvestama ka laiemate keskkonnanäesmärkidega (mullakaitse, elurikkus, ressursitõhusus) ning Eesti ühiskonna üldiste sotsiaal-majanduslike väljakutsetega, mis leiavad väljenduse strateegias Eesti 2035.

2.2. Ülevaade Eestis tekkivast biogaasi toormest

2.2.1. Põllumajanduslik toore

Kuigi biogaasi tootmiseks sobib igasugune taimset päritolu ja biolagunev toore, tuleb põllumajandusliku ressursi kasutamisel jälgida, et kogutud toore ei konkureeriks toiduainete tootmiseks vajaliku toormega. Tuleb mõista, et enamik **põllumajanduslikust biomassist on toidu- ja söödakultuurid**, mille tootmise eesmärk on tagada inimeste toiduga varustus. Taimekasvatuses on oluline külvikord ja sellega kaasnev viljavaheldus, mis on agrotehnilised võtted mullaviljakuse ja loodusliku taimekaitse tagamiseks. Praktikas ei ole viljavahelduse käigus kultuuride vahetuseks kasutatavad põllud pindvõrdsed, mis tähendab, et vahekultuuride kasvatamisel võib tekkida biomassi ülejääk. Siiski on oluline mõista, et vahe- ja täiendkultuurid on külvikorras **eesmärgiga säilitada huumusvaru** ja lisatud nn mullaväsimuse vältimiseks, mis tähendab seda, et valdavalt on vajalik vahekultuuride biomass mulda tagasi viia või tagada vajalikus mahus sõnniku/digestaadi kasutamine. Üldistatult on keerukas leida lahendust, kus ilma sõnnikut või biomassi mulda tagasi viimata saaks säilitada positiivset huumusbilanssi, mis tähendab, et juhul kui biomassist toota biogaasi, tuleb digestaat tagastada samasse asukohta (tagada ringmajandus). **Siinkohal on määravaks biomassi (biolagunevate jäätmete ja muude bioloogilist päritolu toormete) transport biogaasi tootmisjaama ja digestaadi transport põllumajandusmaale tagasi.** Biomassist, sh sõnnikust biogaasi tootmisel on mitmeid keskkonna ja ühiskonnaga seotud mitterahalisi väärtuseid, mis samuti tuleb arvesse võtta (nt ebameeldiva lõhnareostuse teke sõnnikuga väetamisel). Kuigi taastuenergia direktiiv REDIII märgib ära, et täiend- ja vahekultuuride biomassist on bioenergia tootmine lubatud, kui see ei tekita nõudlust täiendava maa järele, tuleks praktikas eelkõige jälgida iga konkreetse põllu huumusbilanssi. Positiivse huumusbilansi leidmist vastavalt külvikorras olevatele kultuuridele saab katsetada Eesti Maaülikooli välja töötatud huumusbilansi kalkulaatoriga²¹.

Lisaks peab arvestama, et taastuenergia direktiivi REDIII artikli 29 lõike 3 kohaselt ei saa kasutada rohtset biomassi ka nõmmedelt ega suure elurikkusega üle ühe hektari suurustelt looduslikelt rohumaadelt (st rohumaad, mis inimsekkumiseta jääks rohumaaks ja mis säilitab loodusliku liigilise koostise ja ökoloogilised omadused ning protsessid), aga ka mittelooduslikelt rohumaadelt (mis inimsekkumiseta ei jääks rohumaaks ning mis on liigirikas ja rikkumata, ning mille asjaomane pädev asutus on tunnistanud suure elurikkusega maa-alaks). Erandjuhtude kasutamiseks on vajalik tõendada, et tooraine kogumine on vajalik selle kui suure elurikkusega rohumaad seisundi säilimiseks.

Eelnevat kokku võttes on oluline kasutada biogaasi tootmiseks loomakasvatuse jäätmeid ja kõrvalsaadusi (nt sõnnik) või muid biojätmeid (nt sorteerimisel tekkivad teraviljajätmed, juurviljade ja kartuli jätmed jne) ning toiduks mittekasutatavat tselluloosmaterjali, millele lisandub toiduainetööstuses tekkiv jäätmete ja jääkide biolagunev fraktsioon. Käesoleva uuringu

²¹ <http://devpk.emu.ee/et/struktuur/mullateadus/teadustoo/huumusbilansi-kalkulaator/>.

autorid juhivad tähelepanu, et nii taastuvenergia direktiivi REDIII kui ka jäätmeseaduse § 1 lõike 2 punkti 2 **kohaselt liigitub sõnnik jäätmeks, kui seda kasutatakse biogaasi tootmisel**. Siinkohal on oluline jälgida ka ringmajanduse ja jäätmehierarhia põhimõtteid ning vältida negatiivset mõju keskkonnale ja bioloogilisele mitmekesisusele ning lisanõudluse tekkimist maa järele.

Käesoleva peatüki eesmärk on koondada ja süstematiseerida Eesti erinevate piirkondade (NUTS III regioonide) kohta esitatud põllumajandustootmise biomassi andmed vastavalt taastuvenergia direktiivi REDIII IX lisa A osas loetletud biokütuste ja biogaasi lähteainete põhiselt.

- Vetikad, kui need on kasvatatud tiikides oleval maal või fotosünteesil põhinevates bioreaktorites;
- õled (põhk);
- loomasõnnik;
- maisiteradest puhastatud maisitõlvikud;
- muu toiduks mittekasutatav tselluloosmaterjal: õled, maisivarred, teraviljakestad ja koored, väikese tärglisesisaldusega rohttaimsed energiakultuurid, nagu raihein, vitshirss, siidpööris, harilik hiidroog ja muud haljasväetistaimed (rohu-kaunviljade segu);
- muu lignotselluloosmaterjal, välja arvatud saepalgid ja vineeripakud.

Taimakasvatus

Biogaasi tootmispotentsiaal sõltub sobilikust biomassist, mis omakorda on seotud Eesti põllu- ja metsamaa kasutusega. Vaatleme eelnevates uuringutes kogutud andmeid, mida uuendame neis uuringutes viidatud registrite/andmekogude baasil. Keskendume eelkõige **biogaasi tootmiseks sobiliku biomassi andmete esitamisele**.

Eelnevatest uuringutest on teada, et Eestis toodetakse peamiselt teravilja ja õlikultuure, mille kõrvalsaadus (edaspidi jääk) on põhk, ning külvikorras kasvatatakse teravilja negatiivse mõju vältimiseks ka toiduks mittekasutatavaid vahekultuure, nagu kõrreliste ja kaunviljade segu, raihein, ristik, lupiin jne. Vahekultuurid jagunevad lämmastikku siduvateks ja mitte siduvateks ning osaliselt kasutatakse neid loomasöödaks, aga eelkõige haljasväetiskultuurina (purustatakse ja viiakse mulda).

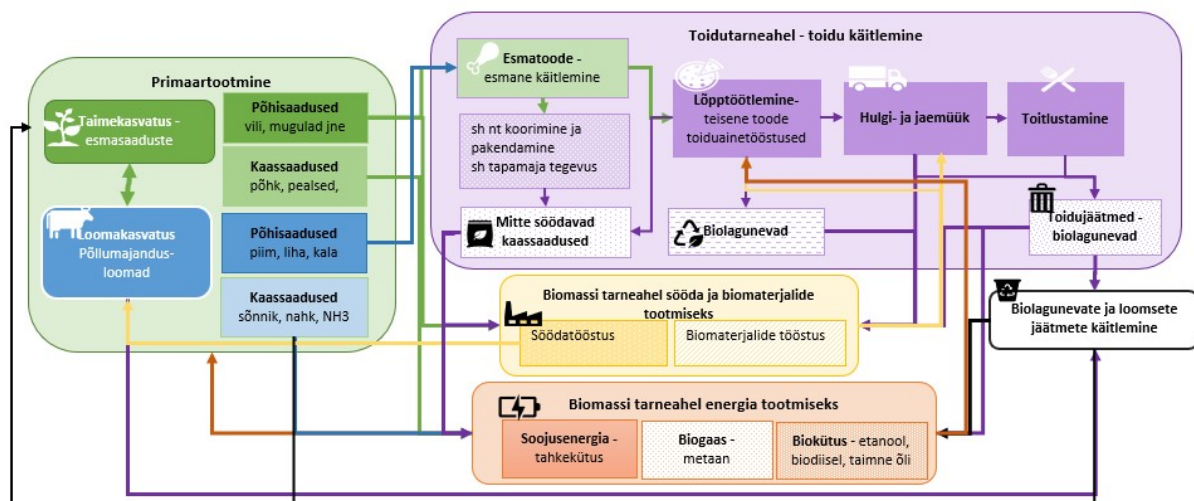
Eesti biomajanduse ressursside hetkeseisu analüüsi (ADDVAL-BIOEC, 2021)²² andmetel moodustab põllumajandusmaast 69,3% põllumaa, 30% püsirohumaa ja 0,7% muud kultuurid. Püsirohumaa ja lühiajalise rohumaa pindala on kokku 421 700 ha, põhiliselt kasutatakse rohumaid loomasööda tootmiseks, need on olulised ka loodusliku mitmekesisuse ja mulla orgaanilise aine hoidmisel. **Rohtse biomassi kasutamist põllumajandussektoris võib vähendada kliimaeesmärkide täitmise ja inimeste toitumistavade muutumisega kaasnev loomakasvatuse võimalik vähenemine**. Sellised maad võiksid sobida biomassi (nt kõrreliste heintaimed või

²² https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2021-08/ADDVAL-BIOEC_TP1.1_Eesti_biomajanduse_ressursside_hetkeseisu_anal%C3%BC%C3%BCs_0.pdf.

päideroog) kasvatamiseks, mida oleks võimalik uudselte väärtustada nii energeetika kui ka materjalide tootmise väärtusahelates. Autorid leidsid, et lisaks on kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa hulgas umbes 80 000 ha looduslike rohumaid, mille piiratud majandamine oleks võimalik ka praegu. Teraviljakasvatusest tekib aastas kokku 1,25 mln tonni põhku ja 40 600 tonni jäätmeid. Valdav osa põhust on oluline huumusbilansi säilitamiseks mulda tagastada, enamik loomakasvatajatest kasutab põhku allapanuna. **Teoreetilistele arvutustele tuginedes järeldati, et Eestis on aastas võimalik kasutada muuks otstarbeks 37,5% kogu põhusaagist ehk u 500 000 tonni põhku.** Eestis jääb juba praegu kasutamata ligikaudu 260 000 tonni rohtset biomassi aastas, millele lisaks oleks võimalik kasvatada väheväärtuslikel maalidel kõrrelisi heintaimi. **Prognooside koostamisel juhiti tähelepanu ilmastikust tingitud saakide volatiivsusele, mida tuleb arvesse võtta ka käesolevas töös.**

Kartuli ja köögivilja osatähtsuse kohta märgiti eelviidatud uuringus, et nende jäätmete osakaal esmatootmises on väike. Pealsete ja esmatöötlemise jäätmete kogumine biogaasi tootmiseks vajab piirkondlike lahendusi, kuid ühe ettevõtte tasandil ei ole täiendav töötlemine hinnanguliselt tasuv (kartuli keskmine kasvupind ettevõtte kohta on PRIA andmetel 1,0 ha). 2018. aastal oli PRIA põllumassiivide registri andmetel Eestis üle 10-hektarise kartuli kasvupinnaga tootjaid üksnes 54. Soovitati kaaluda alates 10 hektarist jäätmete kogumise ja väärdamise võimalusi, milleks on peamiselt biokütuste või -energia tootmine.

ADDDVAL-BIOEC (2021) uuringu autorid märkisid, et **Eestis on võimalik suurendada biogaasi tootmise potentsiaali eelkõige biomassi kaskaadkasutamise põhimõtetel tööstuste arendamisel, kus biogaasi toodetakse kaassaadustest ja töötlemise jääkidest.** Biomassi töötlemiseks kulub olulisel määral energiat, mida saab tagada biogaasi baasil, mistõttu tööstuse tarbitav energiakoormus riiklikule võrgule ei suureneks. Biomajanduse uuringus ilmastati põllumajanduse ja toidutootmisega seotud ressursside kasutamist mitmete skeemidega, millest oluline on põhiskeem ressursside väärtusahela kohta (Joonis 4).



Joonis 4. Põllumajandus- ja toidutootmise põhiskeem ning võimalik bioressursi kasutamine (Allikas: ADDVAL-BIOEC, 2021²²)

Põllumajanduses toodetav biomass jaguneb kaheks: põhitoodang (kasvatatavate kultuuride vili, nt teravili, õlikultuurid, kartul) ning sellega kaasnevad jäägid (nt põhk, koored, kestad, varred) ja kaassaadused, mida võiks väärdada. Käesoleva uuringu autorid juhivad tähelepanu, et mitmed teised autorid on kaardistanud biomassi kasutamist **biogaasi tootmiseks absoluutkoguste**

kasutamise võimaluse maksimaalse vaadena, jättes arvestamata võimalikud lisandväärtust ja ressursi kaskaadkasutust võimaldavad ahelad.

Looduslike ja poollooduslike koosluste rohumaade energiapotentsiaali on uuritud 2009. aastal.²³ Uurimistöö peamine eesmärk oli muu hulgas leida kuuel uurimisalal kasvava ja niidetava heina saagis, selle energeetiline väärtus muundatuna eri biokütusteks ning viimaste kasutusvõimalused koristusaladel ja naabruses. Kuivainele arvatult oli keskmine heinasaak 4 t/ha, sellele lisandub veel mõnevõrra väiksem ädalasaak. Niidujärgsest heinasilost saadakse 28 ööpäeva kestva kääritamise keskmiselt 119 m³/t biogaasi kütteväärtusega 6 MWh/1000 m³. Heina otsepõletamisel saaks tarbijatele edastada ligi 38% rohkem energiat kui suure omatarbega biogaasi kääritamiseadme, samas saab biogaasist võrreldes heina otsepõletamisega efektiivsemalt elektrit toota. Looduslikult kasvaval heinal on eelis põlluheina ees, kuna see ei konkureeri toidu- ja söödakultuuride kasvatamiseks kasutatava maaga ning jõelamme ei ole vaja ka väetada, sest seda teeb loodus üleujutuste ajal ise.

Villem Vohu magistritöö „Eesti biometaani ressursside kasutuselevõtu analüüs“²⁴ tarbeks teostatud analüüsis saadi Eesti põllumajandusmaa ressursiks 1,14–1,24 miljonit hektarit, kasutamata põllumajandusmaa suuruseks peaaegu 300 000 ha. Märgitakse, et kuna valdavalt esineb kasutamata põllumajandusmaa väikeste maaüksustena, oleks tõenäoline kasutusse võetava maa suurus 105 000 ha, aga ka kogu selle maa kasutamine biometaani tootmiseks oleks kaheldav, sest need maatükid on liiga hajutatud. Küll aga väidetakse samas töös PRIA loomade registri andmetele tuginedes, et praegu jääb Eestis ligikaudu 64% rohtsest biomassist (kokku 1,4 miljonit tonni kuivainet) loomasöödana kasutamata ja seeläbi toiduks väärindamata. Enamasti jäetakse see biomass kas purustatuna põldudele või virnastatuna põlluservadesse lagunema. Seega oleks biometaani tootmine üks võimalus selle ressursi paremaks kasutamiseks. **Samas on biometaani tootmine üksnes rohtsest biomassist tehnilistel põhjustel keerukas** ja sellele tuleks lisada ka näiteks vedelsõnnikut, maisisilo vms. Kui võtta lisaks arvesse ka praegu kasutusest väljas olevalt põllumajandusmaalt saadav biometaan, saaks rohtsest biomassist toota kokku 375 mln m³ biometaani aastas, mis moodustaks enam kui 80% Eesti biometaani ressursist.

Käesoleva töö autorid hindasid saadud tulemust analüüsi ajalise piiratuse tõttu statistilistel andmetel (lisa 2) ja Eesti maahõive kaardistuse 2023²⁵ põhjal. Kuna kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa pindalaks on **viimase 20 aasta jooksul märgitud ligikaudu 300 000 ha, siis tekitab küsimusi selle maa praegune tegelik olukord** (nt 20 aastaga maad võsastuvad ja metsastuvad). Kui koostada baasarvutus kasutatava põllumajandusmaa (PRIA andmed) ja põllumajandusmaa kokku (Maa-ameti kaartidel) võrdluses, saame võrreldava tulemuse eelnevalt esitatud uurimistöös välja toodud andmetega. Eesti maahõive kaardistuse 2023. aasta detailandmetest selgub, sh topograafiliste andmete kaardistamise juhendit jälgides²⁶, et haritava maa klassifikatsiooni kuuluvad põllud ja aiandusmaa, aga lisaks haritavale maale kaardistatakse muud lagedad alad (92 900 ha), põõsastikud (27 800 ha), puittaimede read (9600 ha) ja rohumaad

²³ „Hooldatavalt lamminiitidelt kogutava biomassi väärastamine biokütusteks“. TTÜ, STI, 2009.

²⁴ <https://digikogu.taltech.ee/et/item/528fdf66-b933-4469-b442-a2054344be16>.

²⁵ <https://keskkonnaportaal.ee/et/eesti-maah%C3%B5ive-kaardistus-2023>;

<https://storymaps.arcgis.com/stories/620cc347bf084faab3c722f59211a1d4>.

²⁶ https://geoportaal.maaamet.ee/docs/ETAK/ETAK_juhend2016.pdf?t=20160708150835.

(235 200 ha). **Nimetatud maa liike arvestatakse eraldi, mis moodustab ülejäänud osa ja loetakse kasutusest väljas olevaks põllumajandusmaaks.** Oluline on jälgida definitsioone.

- Rohumaadeks loetakse alad, mis ei sobi intensiivseks põllukultuuride kasvatamiseks, sealhulgas ka kasutusest ebarahuldava kuivenduse või ebasobiva asukoha tõttu välja langenud endine haritav maa.
- Puisniidud loetakse rohumaaks, kui esimese rinde võrade kattuvus on väiksem kui 50%.
- Muu lagedana kaardistatakse alad, mida ei saa kaardistada ühegi teise kõlvikuna, sh tehnovõrgu trass puistus, ehitus- ja karjääriala, ilutaimedeta liiklussaared ja eraldusribad, välja arvatud teekattemärgistusega tekitatud alad.

Siinkohal ilmneb kattuvus poollooduslike koosluste ja puisniitude alaga rohumaadeks liigitamise vaates, aga oluline on mõista ka muude lagedate alade sisu, mille hulka jäävad nt tehnovõrgu trassid (elektriliinide alused). Seega on oluline, et **kasutusest väljas olevaks põllumaaks saab lugeda eelkõige rohumaade osa (235 000 ha)**, kuid kui kasutada andmeid teistest registritest (nt PRIA), **esineb kindlasti kattuvus poollooduslike kooslustega (puisniidud, loopealsed, ranna-, lammi-, aru- ja soostunud niidud, puiskarjamaad ning nõmmed)**. Tuleb mõista, et mitmed nimetatud rohumaatüübid ei ole niidetavad ja aktiivselt majandatavad rohtse biomassi kogumiseks.

Käesoleva töö autorid hindavad, et kasutusest väljas olev põllumajandusmaa, mis on leitud maakatastris oleva põllumajandusmaa (Maa-Ameti andmed) ja kasutatava põllumajandusmaa (ESA ja PRIA andmed) vahena, on rohtse biomassi ressursi määramiseks ebatäpsed. Varasemalt on jäetud määramata detailid poollooduslike koosluste kohta. Lisaks arvestades perioodil 2014–2023 põllumajandusmaa hinna ja kasutamise intensiivsuse muutust nii teravilja kui ka õlikultuuride kasvatamiseks, aga ka loomasööda varumisel, tähendaks potentsiaalse põllumajandusmaa kasutamata jätmine Eestis ebatõhusat majandamist.

Kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa kasutamise võimalusi on hinnanud Viira, A.-H. jt (2023)²⁷ maakasutuse muutuste uuringus. Autorid koostasid ka võimalikud tulevikustsenaariumid, kus väärivad tähelepanu S1 – Kestlik biomajandus koos stsenaariumiga S5 – BAU: Kesktee. Esimeses nimetatud stsenaariumis modelleeriti, et 80 000 ha praegu kasutamata põllumajandusmaad metsastatakse ja 15 000 ha metsastus. Lisaks aga muudetakse 68 327 ha kasutatavast põllumajandusmaast rohealadeks. Tegemist on viletsa loodusmaastiku sidususega põllumajandusmaa muutumisega rohealaks. Metsastamiseks valiti madalama põllumajandusmaa põllumajandusliku kasutuse potentsiaali koondnäitaja väärtusega põllumassiivid. Nende suhteline sagedus on suurem Otepää ja Haanja kõrgustiku alal, samuti Harjumaal ja rannikualadel. Stsenaariumi narratiivina nähakse biorafineerimise ja keemilise väärindamise kaudu paremini ära kasutada maapiirkonna bioressursse ning põllumajandus-, toidu- ja metsandussektori jääke ja kõrvalsaadusi ning see toob maapiirkonda uusi, kõrgtehnoloogial põhinevaid teadmismahukaid

²⁷ Viira, A.-H., Kauer, K., Melts, I., Jürgenson, E., Maasikamäe, S., Rasva, M., Põdra, K., Lillemets, J., Ariva, J., Azadi, H. 2020. Põllumajandusliku maakasutuse muutuse analüüs sõltuvalt tulevikustsenaariumitest. Uuringu lõpparuanne. Eesti Maaülikool.

töökohti. Põllumajandussektor on vähendanud KHG heitkoguseid ja suurendanud atmosfäärist süsiniku sidumist. Atmosfääri süsinikku aitavad siduda pärändniidud, mida hoitakse korras kariloomi karjatades, metsastatud põllumajandusmaa, maastikuelemendid, looduslikud alad ja märgalad. KHG heitkoguste vähenemisele on kaasa aidanud tehnoloogiatesse tehtud investeeringud. Kasutatakse täppisviljeluse ja minimeeritud mullaharimise tehnoloogiaid. Sõnnikuhoidlad on kaetud ja valdavalt toodetakse nende kõrval biometaani. Suurematel loomakasvatusettevõtetel on oma biogaasijaamad, väiksemad ettevõtted on biogaasijaamad rajanud koostöös teiste ettevõtete ja kohalike omavalitsustega. Biogaasi tootmisest saadavat digestaati kasutatakse väetisena. Biolagunevate jäätmete kompostimine ja kääritsemine biogaasijaamades on põllumajandusse juurde toonud kohalikke orgaanilisi väetisi ja vähendanud mineraalväetiste kasutamist. **Biogaasi tootmisest saadavat elektrit, soojust ja biometaani kasutavad valdavalt kohalikud tööstusettevõtted.** Suuremate loomakasvatajate ja biogaasitootjate läheduses on arendatud kohalikke tööstusalasid ning katmikalaaiandust.

Aruandes „Riigi üldine energiatõhususkohustus aastatel 2021–2030 ning taastuvenergia eesmärkide täitmine“²⁸ tuuakse välja asjaolu, et rohtse biomassi hind on liiga kõrge (50 €/t) selleks, et see suudaks konkureerida silo hinnaga. Rohtse biomassi hinna muudab kõrgeks peamiselt transpordikulu ja see muutuks konkurentsivõimelisemaks, juhul kui bioenergia tootiskohad asuksid rohtse biomassi ressurssidele lähemal ehk meil oleks rohkem biogaasi/biometaani tootjaid. Sama aruande hinnangul saaks energiakultuuride kasvatamiseks kasutada umbes 10% põllumajandusmaa pindalast ehk 100 000 ha ja sellelt maalt võiks koguda umbes 500 000 t rohtset biomassi, millest saaks toota 75 mln m³ biogaasi, mille energiasisaldus on 450 GWh/a. Püsirohumaadelt kogutava rohu teoreetiliseks energiasisalduseks on hinnatud 934 GWh/a, realselt kogutav ja pärast muundamist saadav energiasaagis võiks olla umbes 300 GWh/a.

Kokkuvõtvalt on Eesti tingimustes potentsiaali kasutada biogaasi tootmiseks hooldatavaid püsirohumaad ja kasutusest väljas olevaid, kuid majandamise võimalusega rohumaad. Erinevalt varem mainitud uuringutest järeldame, et **rohumaad üleüldiselt ei loeta kõige optimaalsemaks toormeks biogaasi ja biometaani tootmiseks, kuna need konkureerivad põllumaa mõttes loomasööda kasvatamise või ka inimese toidulauaga. Biogaasi tootmiseks tuleks eelistatult kasutada erinevaid jääke (näiteks põllumajandus- ja biojätmed).**

Järgnevas tabelis 1 on esitatud uuendatud andmed põhu ja rohtse biomassi mahtude kohta maakondade lõikes. Kokku on sellist taimset biomassi 1,3 miljonit tonni, mille biogaasi arvutuslik energiasisaldus on 971,7 GWh. Kuivõrd põhk ja rohtne biomass on riigi territooriumil väga hajutatud, siis tuleb ka kõige optimistlikemates stsenaariumites arvestada, et kogu seda biomassi ei saa kasutada biogaasijaamade toormena. Näiteks jääb Hiiu maakonnas põhu ja rohtse biomassi aastane kogus oluliselt väiksemaks, kui on ühe piirkondliku rohtse biomassi biogaasijaama aastane ressursivajadus (vt aruande ptk 3.8). Ka teistes maakondades ja piirkondades võib eeldada, et osa sellest biomassist jääks biogaasijaamadest ebamõistlikult kaugemale. Edasistes

²⁸ <https://www.mkm.ee/sites/default/files/documents/2022-03/Riigi%20%C3%BCldine%20energiat%C3%B5hususkohustus%20aastatel%202021-2030%20ning%20taastuvenergia%20eesm%C3%A4rkide%20t%C3%A4itmine.pdf>.

biogaasijaamade vajaduse ja biogaasi toodangu arvutustes eeldatakse, et selliste kadude osakaal on keskmiselt 13% ehk **põhu ja rohtse biomassi maksimaalne potentsiaal biogaasijaamade toormena on energeetilises väärtuses 842,7 GWh/a**. Sellest 19% (164 GWh/a) leiaks kasutust põllumajanduslikes biogaasijaamades (vedelsõnnikut täiendava substraadina) ning 81% (675 GWh/a) nõuaks üksnes rohtset biomassi toormena kasutatavate biogaasijaamade rajamist. Valdav osa Eesti eksperte on seisukohal, et ainult taimsest biomassist biogaasi tootmine ei ole majanduslikult mõistlik, kuivõrd see ei anna vajalikku saagist ja selle eeltöötlemine on kulumahukas. Seega saab **kestliku biogaasi tootmise suurendamise potentsiaalina arvesse võtta eelkõige seda osa (19% ehk 164 GWh/a) põhust ja rohtsest biomassist, mida on võimalik kasutada põllumajanduslikes biogaasijaamades**. Ülejäänud 81% rohtse biomassi toormest on kaasatud edasisse analüüsi kui teoreetiline võimalus biogaasi tootmist olulises mahus suurendada, aga mille praktilisel kasutusel on väga tugevad ärilised ja keskkonnakaitselikud takistused.

Tabel 1. Taimse biomassi arvutuslik kogus ja biometaani toodang (Allikas: autorite arvutused ESA andmetel; biogaasijaamade teadolevad andmed)

Maakond	Põhk		Rohtne biomass		Põhk ja rohtne biomass kokku		Realiseeritud potentsiaalsest*	
	Kogus, t	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	Potentsiaal kokku biogaasi energeetilises väärtuses MWh/a	Biogaasijaamades kasutatava biomassi energeetiline väärtus, MWh/a	Kogus, t	Osa-kaal, %
Harju maakond	23 108	17 701	88 813	63 643	81 345	70 770		0.0%
Hiiu maakond	1660	1272	2616	1875	3146	0		0.0%
Ida-Viru maakond	14 841	11 369	43 859	31 429	42 798	37 234		0.0%
Jõgeva maakond	54 475	41 729	47 940	34 354	76 083	66 192		0.0%
Järva maakond	42 961	32 909	25 948	18 594	51 503	44 808	12 550	18.2%
Lääne maakond	13 015	9969	46 308	33 185	43 154	37 544		0.0%
Lääne-Viru maakond	63 912	48 958	27 624	19 796	68 753	59 815	13 750	15.0%
Põlva maakond	28 247	21 638	23 795	17 052	38 690	33 660		0.0%
Pärnu maakond	30 773	23 573	149 701	107 276	130 849	113 838		0.0%
Rapla maakond	28 830	22 084	59 422	42 582	64 666	56 259		0.0%
Saare maakond	11 011	8435	31 519	22 587	31 022	26 989		0.0%
Tartu maakond	68 152	52 206	110 053	78 864	131 070	114 031	9750	5.5%
Valga maakond	13 261	10 158	53 601	38 410	48 568	42 254		0.0%
Viljandi maakond	56 103	42 976	66 547	47 687	90 663	78 877	3000	2.4%
Võru maakond	20 087	15 387	75 391	54 026	69 413	60 389		0.0%
Kokku	470 436	360 364	853 112	611358	971 723	842 662	39 050	2,95%

Rohtse biomassi toormest oli 2022. aasta seisuga biogaasi tootmisel kasutusel 39 tonni ehk 2,95%. Eestis tegutsevate biogaasijaamade esindajate küsitlusandmetele tuginedes²⁹ kasutati 2022. aastal põllumajanduslikes biogaasijaamades 20 730 tonni rohusilo ja silojääke, mis moodustas keskmiselt 5,7% (minimaalselt 2,2% ja maksimaalselt 9,3%) summaarsest substraatide kogusest.

Loomakasvatus

2023. aastal oli Eestis 251 039 veist ja 271 763 siga³⁰. Võrreldes 2010. aastaga on veiste arv u 10 000 looma võrra suurenenud, sigade arv aga rohkem kui 100 000 looma võrra vähenenud. 2020. aasta andmetel peeti laudas (tahe- ja vedelsõnnikutehnoloogial) u 79% ja pidevalt vabas õhus 21% veistest. Eeldades, et see suhe oli ka 2023. aastal enam-vähem sama, võib öelda, et 2023. aastal peeti laudas u 200 000 veist, kelle sõnnik on potentsiaalselt kasutatav biogaasi tootmiseks. Sigu kasvatakse ainult sisetingimustes, seega on kõigi loomade sõnnik biogaasi tootmiseks potentsiaalselt kättesaadav. Kodulindude arv oli 2020. ja 2023. aasta võrdluses praktiliselt sama (1,9 miljonit).

Kuna Eesti loomakasvatuses tekkiva sõnniku kohta puudub täpne statistika, siis on võimalik sõnniku kogus leida arvustuslikult. Selleks on soovitatav kasutada sõnnikuhoidlate planeerimiseks määratud eri tüüpi sõnniku koguse koefitsiente loomaliikide lõikes³¹. Maaeluministri 30.09.2019. a määruse nr 73 „Eri tüüpi sõnniku toitainesisalduse arvutuslikud väärtused, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid ja sõnnikuhoidla mahu arvutamise meetodika“ lisa 1³² kohaselt toodab piimalehm aastas 24,7 tonni sõnnikut, lehmullikas alates kuue kuu vanusest kuni poegimiseni 11,1 tonni, pullmullikas alates kuue kuu vanusest kuni realiseerimiseni 7 tonni ja vasikas keskmiselt 2,5 tonni. Sead toodavad aga 0,45 (võõrdepörsad) kuni 4,2 tonni (pörsastega emis) sõnnikut aastas (vt lisa 1).

Kui vaadata veiste arvu maakonniti (andmed 2023. aasta IV kvartali seisuga)³³, on näha, et kõige rohkem on veiseid Järva (31 000), Pärnu (29 900) ja Lääne-Viru maakonnas (27 400). Üle 15 000 veise on veel Jõgeva, Rapla, Saare ja Viljandi maakonnas, teistes maakondades on veiste arv väiksem.

Arvestuslikult tekkis 2023. aastal Eesti piimalehmade pidamisel 2 mln tonni sõnnikut, millele lisandub noorloomade sõnnik (0,8 mln tonni) ja lihaveiste sõnnik (valdavalt sügavallapanu ja karjamaale jääv). Seakasvatuses tekkiv sõnnikukogus on võrreldes piimakarjakasvatusega oluliselt väiksem (sigade arv 2023. aastal oli 275 000), mis annab arvestuslikuks sõnniku koguseks

²⁹ <https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/8812>.

³⁰ Eesti Statistikaamet. https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajanduslike-majapidamiste-struktuur__loomakasvatus/PMS041/table/tableViewLayout2.

³¹ Maaeluministri 30.09.2019 määruse nr 73 „Eri tüüpi sõnniku toitainesisalduse arvutuslikud väärtused, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsiendid ja sõnnikuhoidla mahu arvutamise meetodika“ lisa 3.

³² https://www.riigiteataja.ee/aktiilisa/1011/0201/9011/MM_m73_lisa_1.pdf#.

³³ https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__pellumajandus__pellumajandussaaduste-tootmine__loomakasvatussaaduste-tootmine/PM09/table/tableViewLayout2.

472 000 tonni. Linnusõnnikut toodeti Eestis arvutuslikult u 34 000 tonni, mis on suhteliselt väike kogus. Linnusõnniku puhul tuleb arvestada ka asjaoluga, et sellest saab valmistada graanulvæetist. **Kuna eelnevalt on hinnatud, et veisesõnnikust 80% on vedelsõnnik, korrigeerime käesolevas töös potentsiaalset kogust antud osatähtsusega.**

Seadi, T. Al jt (2008)³⁴ andmetel on biogaasi saagis sea vedelsõnnikust vahemikus 0,25–0,5 m³/kg, veise vedelsõnnikust 0,2–0,3 m³/kg ja kodulindude vedelsõnnikust 0,35–0,6 m³/kg kohta. Käsiraamatu „Biogaasi tootmine ja kasutamine“³⁵ andmetel saab tahesõnnikust toota rohkem biogaasi (40–65 m³/t) kui vedelsõnnikust (20–35 m³/t). Sõltumata toormest on sõnnikust toodetud biogaasi metaanisaldus enam-vähem sama (60%), ainus erand on sea vedelsõnnik, millest toodetud biogaasi metaanisaldus võib ulatuda 70%-ni. Veise ja sea vedelsõnnikut saab madala kuivainesisalduse tõttu hästi segada teiste substraatidega. Tahesõnnikut aga tuleb pumbatavasse konsistentsi saamiseks enne lahjendada, lisaks tuleb seda ka homogeniseerida.

Vesiviljeluses tekib 1 tonni forelli kasvatamisel hinnanguliselt u 400 kg sõnnikut, mida on võimalik mh kasutada ka biogaasi tootmiseks. 2020. aastal kasvatati Eestis 870 tonni vikerforelli³⁶, järelikult tekkis selle tegevuse käigus u 348 tonni sõnnikut.

Tervikuna ei ole kogu Eesti looma- ja linnukasvatases tekkiv sõnnik biogaasi tootmise kontekstis toormena majanduslikult tasuvalt kasutatav. Piiravad tegurid on järgmised. **1. Ettevõtte suurus. Väikese loomade arvu korral on tekkiva sõnniku kogus tagasihoidlik. 2. Pidamisviis. Loomade karjatamisel vegetatsiooniperioodil satub suur osa väljaheidetest karjamaale, kust sõnnikut ei koguta. 3. Ettevõtte asukoht. Eraldiasuvatest ja eeskätt väiksematest loomakasvatustevõtetest ei ole sõnniku transport biogaasijaama ja kääritusjäägi transport tagasi põllumajandustootjale majanduslikult otstarbekas.** Selles kontekstis on mõeldav väiksemate (spetsialiseerunud) koostööprojektide teke, kus eelnevalt on hinnatud majanduslikku tasuvust.

Seega on biogaasi tootmiseks atraktiivsed just suuremad ja intensiivse tootmistüübiga piimatootmise ja sea- või linnukasvatusega tegelevad ettevõtted. Suurtootmises tekkiva looma- ja linnusõnniku ressurss jaguneb Eestis küllatki ebaühtlaselt. Suurima kontsentratsiooniga on Kesk-Eesti ja Virumaa ning Lõuna-Eesti, samuti Saaremaa. Lääne- ja Põhja-Eestis ning Hiiumaal on sõnniku ressurss biogaasi tootmiseks tagasihoidlik.

Liisa Marie Reiniku magistritöös on Rootsi andmete³⁷ toetudes väidetud, et biogaasi tootmiseks kasutatav vedel- ja tahesõnniku hulk on 66,7% tooraine hulgast (50% on tagasihoidlikult optimistlik stsenaarium ja 80% väga optimistlik stsenaarium). Teoreetiliselt oleks biogaasijaamades sisendmaterjalina võimalik kasutada umbes 2,7 miljonit tonni sõnnikut. Sellest omakorda vedelsõnnik põhisubstraadina moodustab 2,22 miljonit ning tahe- ja sügavallapanusõnnik 0,48 miljonit tonni. Arvestuslikult kasutati 2022. aastal biogaasi tootmiseks

³⁴ <https://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>.

³⁵ https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/7/7b/Eesti_P%C3%B5llumeeste_Keskliit_Biogaasi_tootmine_ja_kasutamine_K%C3%A4siraamat.pdf.

³⁶ https://haldus.taltech.ee/sites/default/files/2021-10/J%C3%A4rgid%20ja%20kaassaadused%20teemakokkuv%C3%B5te_EST_21-10-2021_A4-2.pdf.

³⁷ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1355437/FULLTEXT01.pdf>.

360 165 tonni sõnnikut ehk 13% eri tüüpi looma- ja linnusõnnikust.³⁸ Vedel- ja tahesõnnikust ning biojätmetest on võimalik biometaanit toota kokku 0,53 TWh/a, kui aga arvestada, et 2022. aastal toodeti juba 0,17 TWh biometaanit, on kasutamata potentsiaal 0,36 TWh/a. Andmed on kasutatavad ka käesolevas töös ning uuendasime need Statistikaameti andmetabelite põhjal (lisa 1). Järgnevas tabelis 2 on esitatud uuendatud andmed potentsiaalse sõnniku koguse kohta.

Tabel 2. Sõnniku arvutuslik kogus ja biometaanit toodang (Allikas: autorite arvutused ESA andmetel; biogaasijaamade teadolevad andmed)

Maakond	Veiste vedelsõnnik			Sigade vedel-sõnnik ³⁹	Linnusõnnik ⁴⁰	Sõnnik kokku	Realiseeritud potentsiaalsest ⁴¹		
	Kogus, t	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	Osa-kaal, %
Harju maakond	118 488	1 990 598	18 632				-		0%
Hiiu maakond	25 796	433 373	4056				-		0%
Ida-Viru maakond	34 536	580 205	5431				-		0%
Jõgeva maakond	188 968	3 174 662	29 715				-		0%
Järva maakond	342 824	5 759 443	53 908				160 000		47%
Lääne maakond	39 264	659 635	6174				-		0%
Lääne-Viru maakond	280 352	4 709 914	44 085				91 165		33%
Põlva maakond	144 812	2 432 842	22 771				-		0%
Pärnu maakond	280 156	4 706 621	44 054				-		0%
Rapla maakond	180 396	3 030 653	28 367				-		0%
Saare maakond	159 652	2 682 154	25 105				-		0%
Tartu maakond	144 144	2 421 619	22 666				28 000		19%
Valga maakond	105 948	1 779 926	16 660				-		0%
Viljandi maakond	184 868	3 105 782	29 070				81 000		44%
Võru maakond	58 584	984 211	9212				-		0%
Kokku	2 288 788	38 451 638	359 907	91 865	9692	461 465	360 165	56 635	13%

³⁸ *Ibid.*

³⁹ Statistikaamet ei avalda andmeid konfidentsiaalsuse piirangu tõttu maakondade lõikes.

⁴⁰ Sama.

⁴¹ Maakondade lõikes detailne statistika puudub. Kasutatud on hinnangulist jaotust biogaasijaamade asukohtadest tulenevalt.

Järeldame, et **kokku oleks võimalik sõnnikust** toota 48,4 mln m³/a biometaanit, mille ligikaudne energeetiline väärtus on **461 GWh/a**. Sellest on kasutusel 13%.

Konkurentsi sõnniku kui väetise ja sõnniku kui biogaasitoorme vahel ei tohiks tekkida, kuna on võimalus kasutada sõnnikut esmalt biogaasi tootmiseks ja hiljem väetada põldu kääritusjäägi ehk digestaadiga. EL-is läheb 67% kääritusjäagist põllule otse ja 16% selle töötlemise tulemusel saadud bioväetisena.⁴²

Digestaadi omadused

Biogaasi tootmisel anaeroobse kääritamise meetodil on oluline jälgida kaassaadusena tekkivat digestaati, mida on võimalik kasutada väetisena. Turule võib digestaadi lasta, kui see vastab jäätmesaaduse alusel kehtestatud keskkonnaministri 10.05.2016. a määruse nr 12 „Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta“ paragrahvides 6–8 sätestatud biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi tootmise nõuetele⁴³. Määruse reguleerimisvaldkonda ei kuulu reoveesetted. Sõnniku ja põllumajanduslike jäätmete kasutamisel biogaasi tootmisel ei ole digestaadi sertifitseerimine vajalik.

Käesoleva ülevaate koostamiseks on kasutatud Värniku jt (2023) koostatud uuringu aruannet⁴⁴. Biogaasi tootmisel anaeroobse kääritamise puhul väheneb mikroobide koguarv kääritusjäagis. Kääritamisel võib laguneda 20–95% substraadis sisalduvast orgaanilisest kuivainest. Substraati jäävad alles bioloogiliselt raskesti lagundatavad ühendid, millel on mulla orgaanilisele ainele ja viljakusele pikaajaline mõju. Kääritatud vedelsõnnik erineb kääritamata vedelsõnnikust ka kõrgema pH, väiksema kuivainesisalduse ja viskoossuse ning suurema NH₄-N : N_{üld} suhtarvu poolest. Lämmastiku kogusisaldus (kogu substraadis sisalduv N, nii taimedele omastatav kui ka omastamatu) substraadi kääritamisel kas ei muutu või väheneb veidi, sest pH kasv ja NH₄ sisalduse tõus soodustavad NH₃ teket ja emissiooni. Samas võib lämmastiku kogusisaldus olla digestaadis suurem, sest substraadi maht (kuivaine kogus) kääritamisel väheneb. NH₄-N on kääritusjäagis rohkem kui substraadis. See annab kääritusjäagile väetisena olulise eelise, sest NH₄-N on taimedele koheselt omastatav. Samas on seetõttu ülioluline, et digestaadi laotamine toimuks õigel ajal, sünkroonis taimekasvuga. Liiga suured laotuskogused sügisel suurendavad lämmastiku leostumise ohtu. Kääritusjäägi NH₄-N sisaldus sõltub substraadi proteiinisaldusest ja suureneb selle kasvades. Proteiinirikkad substraadid on toidujäätmed, teravilja terad, liblikõieliste ja kõrreliste biomassist toodetud silo, sea- ja kanasõnnik ning tapajäätmed. Fosfori ja mineraalelementide kogus kääritusprotsessi käigus ei muutu. Vedelsõnniku ja digestaadi omadused on esitatud järgnevas tabelis 3.

⁴² *Ibid.*

⁴³ <https://www.riigiteataja.ee/akt/114042023009?leiaKehtiv>.

⁴⁴ Värnik, R., Kriipsalu, M., Kaasik, A., Orupõld, K., Raave, H., Aro, K. 2023. Kääritusjäägi (digestaadi) ohus, sobivus mullaparandaja või väetisena kasutamiseks ja kääritusjäägi kasutamise majanduslik tasuvus. Uuringu lõpparuanne. Eesti Maaülikool. Tartu.

Tabel 3. Vedelsõnniku ja digestaadi omaduste võrdlus väetisena (Allikas: Värnik jt, 2023)

Näitaja	Vedelsõnnik	Kääritusjääk
NH ₄ -N kontsentratsioon, kg t ⁻¹	1,94	2,56
N _{üld} kontsentratsioon, kg t ⁻¹	4,1	3,85
P kontsentratsioon, kg t ⁻¹	0,89	0,89
NH ₄ /P	2,2	2,9
N _{üld} /P	4,6	4,3
Väetise kogus, mis on vajalik 170 kg N _{üld} mulda viimiseks, tonni ha ⁻¹	170 / 4,1 = 41,5	170 / 3,85 = 44,2
Väetise kogus, mis on vajalik 25 kg P mulda viimiseks, tonni ha ⁻¹	25 / 0,89 = 28,1	25 / 0,89 = 28,1
Lubatud P koguse andmisel mulda viidav		
NH ₄ -N kogus, kg ha ⁻¹		
N _{üld} kogus, kg ha ⁻¹	28,1 * 1,94 = 54,5 28 * 4,1 = 115,2	28,1 * 2,56 = 71,9 28,1 * 3,85 = 108,2

Lisaks toodi eelmainitud uuringus välja, et digestaadi kasutamisel mulla süsinikuvaru säilib ja suureneb sarnaselt vedelsõnniku kasutamisele. **Seega aitab digestaadi kasutamine säilitada huumusvaru.**

Kääritusjäägiga väetamine vähendab mineraalväetiste vajadust ja hoiab toitaineringe suletuna. Ligikaudu 55–95% loomasöödas leiduvast lämmastikust väljub loomast ekskrementidega ning sama juhtub ka suure osa fosfori ja mineraalelementidega. Kääritusjäägiga viiakse need tagasi mulda, kust taimed saavad neid kasutada uue biomassi kasvatamiseks.

Digestaadi oluliseks eeliseks mineraalväetise ees on väiksem keskkonnajalajalg, mille mineraalväetistel muudab suureks nende tootmisel eralduv kasvuhoonegaaside kogus. Kääritusjäägi ladustamisel, transportimisel ja põllule laotamisel eraldub samuti kasvuhoonegaase, kuid kokku tekib neid vähem kui mineraalväetiste tootmisel ja laotamisel. Kui kääritusjäägiga väetada energiakultuure, mille biomassist toodetakse biogaasi, on energiasisend võrreldes mineraalväetistega, keskmiselt 34% väiksem ja biogaasist saadava netoenergia kogus selle võrra suurem.

Biogaasijaamades ja suurtes loomakasvatuskompleksides on probleemiks toiteelementide kuhjumine. Eriti suur probleem on fosforiga, mida koguneb sinna rohkem, kui lähiümbruse põldudel kasvavad kultuurid suudavad omastada. Sellel on negatiivne mõju keskkonnale, sest üleväetamise tõttu on suurenenud nendelt põldudelt fosfori leostumine. Sama probleemi on täheldatud ka lämmastiku puhul. Probleemi lahendamaks toiteelementide hajutamine suuremale pinnale, selleks aga tuleks vähendada kääritusjäägi kaalu ja mahtu, näiteks saab kääritusjäägi tahesest toota graanuleid (pelleteid) või selle kompostida, kasutades seda mullaparandusainena põldudel või aedades.

Sõnniku kääritusjäägi puhul märgitakse positiivse küljena sageli selle väiksemat viskoossust võrreldes kääritamata sõnnikuga, tänu millele imbub see kiiremini mulda. Samas on selle pH kõrgem ja NH₄-N sisaldus suurem, mistõttu on selle kasutamisel oht NH₃ emissiooniks suurem. Seetõttu soovitatakse kääritusjääk kas laotamise käigus või kohe pärast seda mulda sisestada.

Emissiooni aitab vähendada ka see, kui lisada hoidlas või laotamisel kääritusjääki pH-d alandavat hapet. Sõnnikul põhineva kääritusjäägi mõju mulla süsinikusaldusele on kääritamata sõnnikuga samaväärne, seda vaatamata sellele, et kääritamisel liigub osa sõnnikus olevast süsinikust biogaasi.

Kääritusjäägiga väetamisel on riskidena nimetatud kääritusjäägis sisalduda võivaid raskmetalle, antibiootikume, mikroplasti ja patogeenseid mikroorganisme. Raskmetallide sisaldus on kõrge eelkõige tööstusest ja veepuhastusjaamadest pärit toorainet kasutavate biogaasijaamade kääritusjäägis. Põllumajanduslikul toormel töötavates biogaasijaamades see enamasti probleemiks ei ole. Lämmastiku leostumise oht on kääritusjäägi ja vedelsõnniku kasutamisel sarnane.

Kui biogaasitootja on eraldiseisev põllumajandustootjast, tuleks analüüsida, milliste sisendite kooskasutamisel saadakse kõrgem gaasitootlikkus põllumajanduslikust biomassist ning milliseid lisisendeid on mõistlik täiendavalt kasutada, et mitte kahjustada kääritusjäägi kvaliteeti. Tagamaks nii biogaasitootja kui ka vedelsõnniku- ja põllumaomaniku pikaajaline koostöö ning huvide minimaalne lahknevus, on soovitatav, et viimane oleks kaasatud biogaasitootmise ettevõtte omanikeringi. Ainult nii on võimalik tagada huvi sisendi kvaliteedi ja tekkiva kääritusjäägi maksimaalse väärtuse vastu. See omakorda võib eeldada põllumajandustootjatelt ka investeeringuid biogaasi tootmisse. Seni kuni mõlemad osapooled on rahul, mis tähendab, et biogaasitootja saab põllumajandustootjalt sisendina vedelsõnnikut ja see muudetakse biogaasiks ning selle kõrvalsaadusena tekkiv kääritusjääk läheb tagasi probleemideta põllumajandustootja põllule, pole olulist vajadust senise süsteemi muutmiseks.

Värniku jt (2023) koostatud uuringus toodi välja piimatootjate hinnang, mis näitas, et tekkiva vedelsõnnikuga väetatakse oma põlde ja kohati võib seda isegi puudu jääda. Taimekasvatuse ning eelkõige teravilja ja õlikultuuridega tegelevate ettevõtjate puhul võib kujuneda probleemiks, et ei ole piisavalt vajalikku orgaanikat. Kui mõelda orgaanilise väetise kättesaadavusele, oleks otstarbekas lõpetada sügisel selle laotamine rohumaaadele ja põllule, sest see on ressursi raiskamine. Probleem on seotud vedelsõnniku ja kääritusjäägi hoiustamisega sügisel ja ületalve ning sellele tuleb leida ratsionaalne keskkonnahoidlik lahendus. Üks võimalus on rajada rohkem vastavaid hoidlaid, kuid teine lahendus on kääritusjäägi väärindamine separeerimisel tahkeks ja vedelaks osaks. Eriti oluliseks muutub tahke osa eraldamine kääritusjäägis siis, kui põllud asuvad kaugemal ja vedela massi vedu on seetõttu oluliselt kulukam.

Loomakasvatuses soovitakse ja eelistatakse põldude väetamiseks kasutada veise vedelsõnnikut, kuid teatud juhtudel koostöös biogaasitootjatega soovitakse vedelsõnnik ära anda ja saada tagasi kääritusjääk. Paljudel juhtudel ei omata ise vastavat vedelsõnniku/digestaadi laotamistehnoloogiat, vaid see ostetakse sisse tervikteenusena pakkujalt. Teenus on mõistlik sisse osta seetõttu, et töö ei ole enamasti ajakriitiline ning nüüdisaegse ja tootliku masinagregaadiga osutatud teenuse ostmine on väiksemate laotamismahtude juures põhjendatud nii majanduslikust (väiksem ühikukulu) kui ka keskkondlikust seisukohast (väiksemad heitmekogused laotatud ühiku kohta, täpsem doseerimine, kvaliteetsem töö tänu kogenumale juhile).⁴⁵ Masinaid kasutatakse kindlal perioodil, kui on vedelsõnniku/digestaadi mulda viimiseks optimaalne aeg. Alati ei pruugi

⁴⁵ https://epkk.ee/wp-content/uploads/2019/12/Trykis_Sõnnikulaotamise_tehnoloogiad_EST.pdf.

sel perioodil olla ettevõttes vaba tööjõudu ja teenuse tellimine on riskikindlam. Samas võib ikkagi tekkida olukord, kus sõnnikut/digestaati ei laotata alati kõige optimaalsemal ajal. Alternatiivne võimalus oleks ka vedelsõnniku või kääritusjäägi granuleerimine (pelletiseerimine), mis aga eeldab täiendavaid investeeringuid vastavasse tehnoloogiasse.

2.2.2. Jäätmed

Alustuseks märgime ära, et põllumajanduslikud loomsed kõrvalsaadused, nagu sõnnik, liigitatakse jäätmesaaduse alusel samuti jäätmeteks, kui seda kasutatakse biogaasi tootmisel. Nimetatud jäädet kajastasime eelnevas peatüki. Käesolevas peatükis jälgime „jäätmete“ ja eelkõige „biojäätmete“ ning „toidujäätmete“ definitsiooni nn jäätmedirektiivi alusel⁴⁶. Biogaasi tootmiseks kasutatavad jäätmed sõltuvad suurel määral jäätmehierarhiast. See tähendab, et kui biojäätmete teket välditakse, siis ei ole biogaasi tootmiseks vajalikku ressursi. Jäätmedirektiivis märgitakse muuhulgas meetmeid toidujäätmete tekke vältimiseks esmatootmisel, töötlemisel ja valmistamisel ning toidu jaemüügi ja muul viisil tarnimise käigus, samuti restoranides ja toitlustamisel ning kodumajapidamistes, et aidata saavutada ÜRO kestliku arengu eesmärki, mille kohaselt tuleb 2030. aastaks vähendada kogu maailmas jaekaubanduses ja tarbimises ühe elaniku kohta tekkivaid toidujäätmeid 50% ning vähendada tootmis- ja tarneahelas tekkivat toidukadu. Vältimismeetmeteks on ka toidu annetamise soodustamine ja toidu muul viisil inimtarbimiseks ümberjaotamine, eelistades seda, et toit jääb inimeste toiduks, mitte ei saa söödaks, ning et seda ei töödeldaks ümber toiduks mittekasutatavateks toodeteks. **Biogaasi tootmiseks biojäätmete kasutamine tähendab jäätmehierarhias ringlussevõttu** (hierarhias on võimalik nii taaskasutamine kui ka kõrvaldamine). Jäätmedirektiivi kohaselt võib biojäätmel ringlusse võtta ka tekkekohal, mis tähendab nt biojäätmel, sh toidujäätmel kompostimist eramajapidamistes. Tegevus võib vähendada oluliselt biogaasi tootmiseks sobiva ressursi kogust. Biojäätmel koguse hindamisel on oluline teada, kui suures mahus suudetakse rakendada nende eraldi kogumist ja kui palju võetakse tekkekohal ringlusse.

Taastuvenergia direktiivi REDIII IX lisa A ja B alusel on biogaasi tootmiseks sobilikud jäätmed järgmised:

- metsanduse ja metsatööstuse jäätmel ja jääkainel biomassi osa (puukoor, oksad, kommertskasutusele eelneva harvendusraie saadused, lehed, okkad, puuladvad, saepuru, puitlaastud, must leelis, pruun leelis, kiusedel, ligniin ja tallõli);
- eramajapidamistest kogutud, direktiivi 2008/98/EÜ artikli 3 punktis 4 määratletud biojäätmel, mille suhtes kohaldatakse nimetatud direktiivi artikli 3 punktis 11 määratletud liigiti kogumist;

⁴⁶ Jäätmedirektiiv – Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, 19. november 2008, mis käsitleb jäätmeid ja millega tunnistatakse kehtetuks teatud direktiivid – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20240218>.

- tööstusjäätmete biomassi osa, mis ei sobi kasutamiseks toidu- või söödaahelas, sealhulgas jae- ja hulgikaubandusest ning põllumajanduslikust toidutööstusest, kalandusest ja vesiviljelusest pärit materjal, välja arvatud käesoleva lisa B osas loetletud lähteained;
- reoveesete;
- palmiõli tootmiskäitise heitvesi ja tühjad palmiviljade kobarad;
- tallõli pigi;
- toorglütserool;
- suhkruroo pressimisjäätmed;
- viinamarjade pressimisjäädid ja veinisete;
- pähklikoored;
- biokütuste ja transpordis kasutatava biogaasi tootmiseks kasutatavad lähteained, mille panus artikli 25 lõike 1 esimese lõigu punktis a osutatud eesmärkide saavutamisse on piiratud järgmisega:
 - kasutatud toiduõli;
 - loomsete kõrvalsaaduste määruse⁴⁷ kohaselt 1. või 2. kategooriasse klassifitseeritud loomarasv.

Kokkuvõtvalt on eelmärgitud nimekirjast biogaasi tootmiseks sobilikud eramajapidamiste ning jae- ja hulgikaubandusest, toidutööstusest, toitlustusasutustest, kalandusest ja vesiviljelusest pärit biojäätmed (sh kasutatud toiduõli ja 1. või 2. kategooriasse klassifitseeritud loomarasv). Kui käsitleme toidujäätmeid, siis tuleb mõista, et **toidujäätmete hulka ei kuulu kaod toiduinete tarneahela etappides**, eelkõige põllumajandus- ja kalandussaadused enne saagi koristust või tapale viimist, (määruse (EÜ) nr 78/2002 artikkel 2⁴⁸). Tootmiskaod on omakorda loomulik osa põllumajandustootmises, mida püütakse vältida, kuid kao osa saagist ei ole valdavalt kasutatav (mitte segamini ajada toidukaoga).

Kaardistades Eestis läbiviidud jäätmevaldkonna uuringuid, leidsid Piirsalu jt (2021)⁴⁹ toidujäätmete tekke hindamisel, et kogu toidutarneahelas tekib 167 000 tonni toidujäätmeid aastas. Tinglikult jagati toidujäätmete kogus Eestis elaniku kohta (tulemus 127 kg elaniku kohta aastas), kuid biojäätmete kogumise vaates tuleb eristada tekkekohta ja ringlussevõtu võimalusi. Kuigi uuringus eristati toidujäätmeid ja toidukadu, on biojäätmete tekke ja biogaasi tootmise ressursi vaates oluline eelkõige toidujäätmete ehk biojäätmete kogus. Märgitud autorid väitsid, et ligikaudu pool toidujäätmetest (80 500 tonni, 48%) tekib kodumajapidamistes, 19% toidutööstuses, 14% esmatootmises, 12% kaubanduses ning 6% toitlustussektoris (joonis 5).

⁴⁷ Loomsete kõrvalsaaduste määrus – Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 1069/2009, 21. oktoober 2009, milles sätestatakse muuks otstarbeks kui inimtoiduks ettenähtud loomsete kõrvalsaaduste ja nendest saadud toodete tervise-eeskirjad ning tunnistatakse kehtetuks määrus (EÜ) nr 1774/2002.

⁴⁸ Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 178/2002, 28. jaanuar 2002, millega sätestatakse toidualaste õigusnormide üldised põhimõtted ja nõuded, asutatakse Euroopa Toiduohutusamet ja kehtestatakse toidu ohutusega seotud menetlused.

⁴⁹ Piirsalu, E., Moora, H., Väli, K., Aro, K., Värnik, R., Lillemets, J., 2021. Toidujäätmete ja toidukao teke Eesti toidutarneahelas. SEI Tallinn.

Uuringus märgiti, et eramajapidamistes visati toidukaona ära eelkõige aed- ja juurvilju, valmistoitude jääke, puuvilju ja marju ning piimatooteid. Liha- ja kalatooteid läheb toidujäätmete hulka võrdlemisi vähe (ligikaudu 1%). Lisaks toodi välja probleeme, kus biojätmeid visatakse olulises mahus segaolmejäätmete hulka (18,5% segaolmejäätmetest moodustavad biojätmed).

Toitlustuses tekivad toidujätmed neljas peamises etapis: toidu valmistamisel (26%), toidu serveerimisel, toidu söömisel ning toidu käitlemisel ja säilitamisel (valmistoidu jäägid, enam valmistatud ja riknenud toit kokku 74%).

Piirsalu jt (2021) järeldasid, et kaubanduses tekivad toidujätmed maha müümata (kölblik kuni tähtaja ületanud) kaubast, sealjuures sõltuvad kogused kaupluse suuruselt. Ligikaudu pool (49%) kauplustes maha müümata jäänud toiduainetest moodustas puu- ja köögivilja (puuvili eraldi 27% ja köögivilja 22%). Suhteliselt suur oli ka pagaritoodete osakaal (keskmiselt 16%). Maha kantud toiduainete üldkoguses oli valmistoidu osakaal 13%, lihatoodete osakaal 11% ning piimatoodete osakaal 8%. Kõige vähem kanti maha kalatooteid (2%) ja kuivaineid (1%).

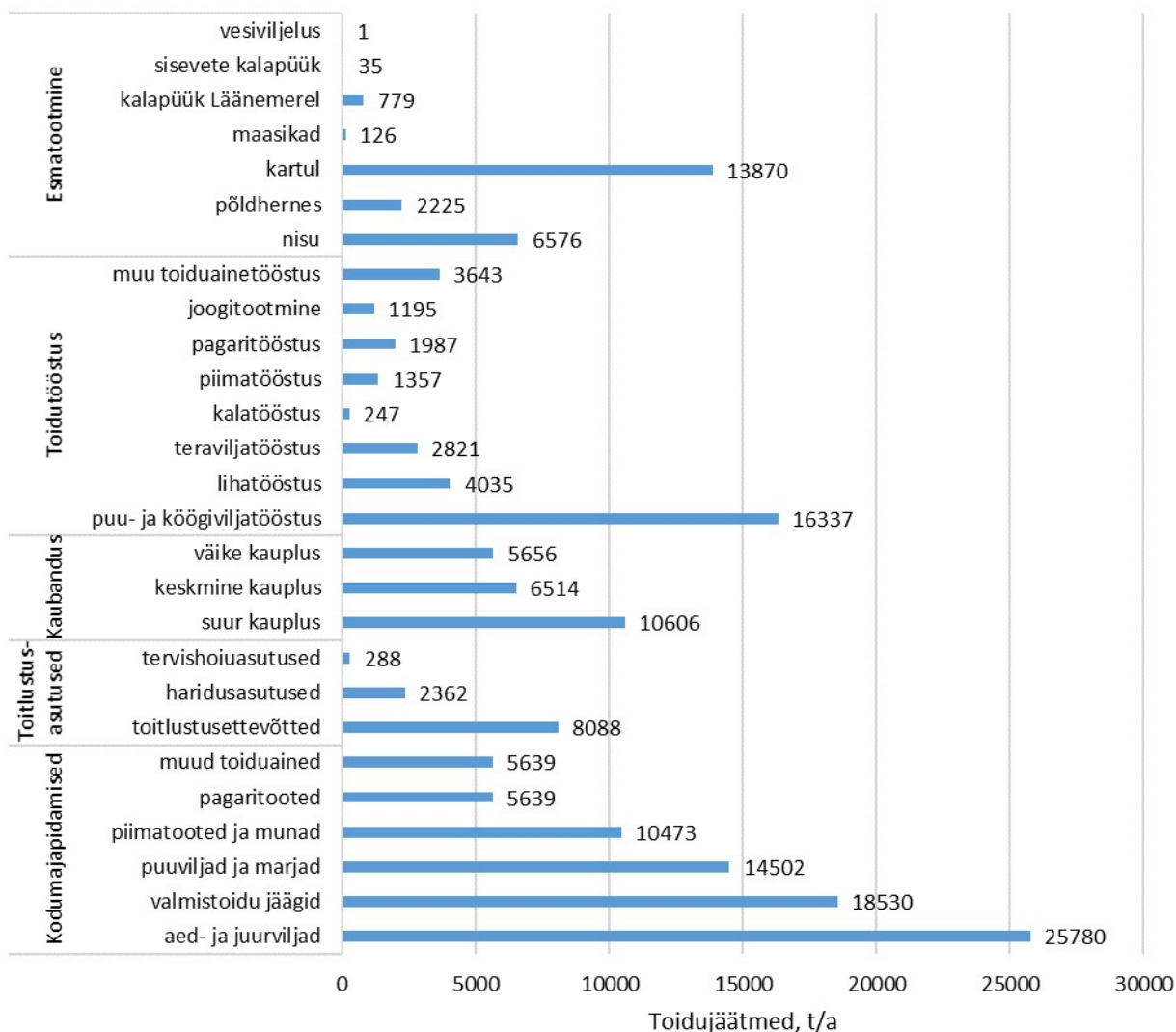
Toidutööstuses tekivad toidujätmed eelkõige mittesöödavatest taime- ja lihasaaduste osadest ning on tootmisprotsessi iseärasuste tõttu paratamatud. Kõige kõrgem osakaal toidutööstuse toidujäätmete tekkes oli puuvilja- ja köögiviljatööstusel (52%), lihatööstusel (13%) ja teraviljatööstusel (9%). Teiste sektorite osakaal oli väiksem. Toidutööstuses tekkis toidujätmeid kõige vähem kalatööstuses.

Esmatootmise etapis tekkis kõige enam toidujätmeid kartulikasvatuses (ligi 60% esmatootmises tekkinud toidujätmetest). Maasikakasvatuses, vesiviljeluses ja kalapüügil tekkinud toidujäätmete osakaal kokku jäi alla 4%. Veise- ja seakasvatuses ning piimatootmises 2020. aastal uuringu andmetel toidujätmeid ei tekkinud. Nisukasvatuses visatakse toidujätmetena ära 1,2% toodangust peamiselt nisu eelpuhastamisel (terade kehva kvaliteedi tõttu) ning kuivatamisel (elektrikatkestuse või seadmete rikke tõttu).

2020. aastal koostas SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus uuringu aruande⁵⁰ segaolmejäätmete ja eraldi kogutud jäätmete koostise ja koguse kohta. See uuring on oluline, kuna tulemusi kasutatakse edasi Keskkonnaagentuuri jäätmevaldkonna analüüsides.

Uuringus vaadeldi Tallinna, Narva ja Rakvere linna ning Rakvere valla piirkonda. Uuringu tulemustes toodi esile **biolagunevate jäätmete fraktsiooni** osakaalu segaolmejäätmetes ja selle alajaotusi. Biolagunevad jätmed hõlmavad endas paber- ja papijätmeid, biojätmeid, puitu ning looduslikust kiust tekstiili ja rõivaid ning selle fraktsiooni kaalutud keskmine osakaal Eestis on 52,5%. **Meid huvitava biojätmete fraktsiooni vastav näitaja on Eestis 31,7%**. Biojätmetest kõige suurema osa moodustasid köögijätmed (keskmiselt 73%). Toodi esile, et biojätmete osakaal segaolmejäätmetes on jäänud sisuliselt samale tasemele eelmise (2012) uuringu aegsete tulemustega.

⁵⁰ Moora, H., Väli, K., Staal, I., 2020. Segaolmejäätmete, eraldi kogutud paberi- ja pakendijätmete ning elektroonikaromu koostise ja koguste uuring. SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus.



Joonis 5. Toidujäätmete teke Eesti toidutarneahelas 2020. aastal (Allikas: autorite koostatud Piirsalu jt, 2021 andmetel)

Kirjeldatud uuringu tulemustel saab eeldada, et alates 2024. aasta 1. jaanuarist kogutakse oluline osa biojätmetest eraldi, kuid ressursi kasutamise vaates on oluline teada üleantavat kogust jäätmevedajale. Biojätmete eraldi kogumise nõude rakendamise eelselt ehitati Eestisse uus biogaasijaam (Maardu biogaasijaam novembris 2022), kus tooraineks on eelkõige biojätmed. Jaama projekteeritud võimsus on töödelda 20 000 tonni biolagunevaid jätmeid aastas ning toodanguks on biometaan, vedel kääritusjäak ja tahke kääritusjäak.

Keskonnaagentuuri koostatud jätmete ringlussevõtu võimekuse analüüsis⁵¹ tuuakse detailsemalt välja biojätmete liigiti kogumise sortimisuuringute tulemustel interpolateeritud aegread. Ühtlasi tuuakse välja, et tulemused ei kajasta tekkekohal ringlusse võetud biojätmeid (st

⁵¹ Keskonnaagentuur, 2022. Jätmete ringlussevõtu võimekuse analüüs. <https://storymaps.arcgis.com/collections/524ba61e26a74a39b63cc255c03ae5f9>.

mõttelist osa enne 2024. aastat). Oluline on tähele panna, et 2021. aastal koguti liigiti 20 418 tonni aia- ja haljastusjätmeid ning segaolmejätmete hulgas oli selle liigi arvutuslik kogus 26 714 tonni (vastavalt 43% ja 57%). Meid huvitavate biojätme alaliigiks on köögi- ja sööklajajätmed, mida koguti eraldi 24 610 tonni ja arvutuslikuks koguseks segaolmejätmete hulgas leiti 73 717 tonni (vastavalt 25% ja 75%).

Võrreldes jätmete ringlussevõtu võimekuse analüüsis esitatud koguseid toidujätmete tekke uuringuga (Piirsalu jt, 2021) võiks liigiti kogutud toidujätmeid eeldada toitlustusasutuste ja kaubanduse valdkonnas, kus kokku tekkis vastavalt 31 622 tonni ja 20 042 tonni toidujätmeid. Eelduslikult on võimalik nimetatud kahest valdkonnast suhteliselt lihtne toidujätmeid eraldi koguda. Seega on eelmärgitud kogusest tinglikult suudetud eraldi koguda 24 610 tonni toidujätmeid, mis moodustab 47,6%. Kuna Piirsalu jt (2021) järeldasid, et kodumajapidamistest tekib 80 564 tonni toidujätmeid, mille kohta võiks arvata, et enamik visatakse segaolmejätmete hulka, siis andmed kattuvad jätmete ringlussevõtu võimekuse analüüsiga, eeldades, et tekkekohal osa toidujätmetest kompostitakse. Enne 1. jaanuari 2024 võiks arvutuslikuks tekkekohal kompostimise mahuks olla u 6847 tonni, mis on vahe segaolmejätmete hulgas arvestatud biojätmete ja kogu kodumajapidamiste biojätmete koguse vahel. **Peamine küsimus, mis nii biogaasi tootmise ressursi kui ka biojätmete eraldi kogumisega seostub, on seotud eraldi kogumise mahu ja tekkekohal kompostimise koguse kasvuga, mis moodustab tasakaaluvõrrandi jätmevedajale üleantava biojätmete kogusele.**

Jätmete ringlussevõtu võimekuse analüüsis on esitatud ka biojätmete töötlemise võimekus. Aluseks on võetud jäätmekäitluskohtade keskkonnakaitseloa andmed (Allikas: Keskkonnaagentuur 2022).

- Tallinna jätmete taaskasutuskeskuse kompostimisväljak (kuni 35 000 t/a).
- Aardlapalu ümberlaadimisjaam (kuni 5000 t/a).
- Aravete biogaasi- ja koostootmisjaam (kuni 9000 t/a).
- Paikuse prügila kompostimisväljak (kuni 3000 t/a).
- Väätsa prügila kompostimisväljak (kuni 2500 t/a).
- Ecobio Maardu käitlustehas (kuni 20 000 t/a).
- Torma prügila kompostimisväljak (kuni 5000 t/a).
- Vinni Biogaas (kuni 3500 t/a).

Tulemustest ilmneb, et 2021. aasta seisuga oli biojätmete ringlusevõtu käitlemisvõimekus 63 650 tonni biojätmeid (köögi- ja sööklajajätmed ning aia- ja haljastusjätmed) aastas. Ühtlasi prognoositakse, et arvestades eraldi kogumise trendi, **ei tõuse biojätmete eraldi kogumine üle 65% (94 600 tonni) järgmise viie aasta jooksul**. See tähendab, et on saavutatud võimekus suunata ringlusesse kõik biojätmed, mis Eestis tekivad.

Mikrotasandil ülevaade piirkonna ressursside ja kasutamise võimaluste kohta on koostatud uuringus „Bioressursside kõrgema väärimise huvi tõstmine ja ressursside uuring“. Nimetatud

uuringus kaardistasid ja süstematiseerisid Värnik jt (2022)⁵² Võru, Valga ja Põlva maakonna bioressursid koos kõrvalsaaduste ja biolagunevate jäätmete väärindamise jaamade asukohtadele/paiknemisele, suurusele, põhitoodangule ja üldisele tehnoloogiale. Esmatootmises tekkivate toidujäätmete kohta leiti (282 ettevõtte kohta), et kartuli, köögivilja ja püsikultuuride koristamise järgselt tekib jäätmeid eelkõige säilitamise käigus, kus toodang muutub realiseerimis- või kasutuskõlbmatuks. Lisaks tekib jäätmeid esmatöötlemisel, kui sellega tegeletakse. Realiseerimiskõlbmatut puu- ja köögivilja, marju või kartulit jääb küsitletud ettevõtjatel üle kolmes maakonnas kokku umbes 145 tonni aastas. Sellest suurema osa (100 tonni) moodustab hinnanguliselt kartul, ära visatakse ka peeti ja kaalikat (32 tonni) ning õunu (13 tonni). Kolmel ettevõtjal tekkis kartuli ja köögiviljade koori sõltuvalt ettevõtte muudest tegevustest 300–2000 tonni aastas, mis kompostitakse kohapeal või antakse vähemalt 80 kilomeetri kaugusel Ilmatsalus asuvasse biogaasijaama biometaani tootmiseks.

Hinnanguliselt on võimalik viidatud uuringu andmeid kasutada esmatootjate jäätmetekke interpoleerimiseks kogu Eestile, kuna on võimalik jälgida valimi ja üldkogumi andmeid. Kahjuks ei ole uuringus tehtud interpoleerimist maakonna tasandile, vaid jäädud telefoniküsitlusele vastanud ettevõtjate tasandile.

Toiduainete ja joogitootjate vaates (24 ettevõtjat) ilmnes, et toidujäätmete kogused on väga varieeruvad. Värnik jt (2022) uuringus märgiti küsitlustulemustele tuginedes ja arvutuslikult ära, et nimetatud tööstustes tekib kõige enam vadakut (2500 tonni aastas), reoveesetet (2500 tonni aastas) ning puu- ja köögiviljade koori, marjade kesti (2300 tonni aastas). Toiduainete ja joogitootmises antakse kõrvalsaadused ja biolagunevad jäätmed peamiselt jäätmekäitlejale (27%), aga sageli ka loomasöödaks (17%) ja kompostitakse (17%). 2025. aasta suundumuste osas arvati, et jäätmekäitlejale üleandmine suureneb 10 protsendipunkti võrra, bioenergia tootmine kuue protsendipunkti võrra ja oluliselt väheneb kompostimine (12 protsendipunkti võrra).

Uuringust ilmnes veel, et huvi biojätmete väärindamise alase koostöö suhtes Kagu-Eesti piirkonnas on kõrge (55% küsitletutest on huvitatud koostööst). Kui huvi puudub, on põhjuseks eelkõige väikesed jäätmete kogused või koguni jäätmete puudumine. See on oluline asjaolu biojätmete tegelike tekkekohtade vaatlusel. Biojätmete väärindamise võimalustena nähti bioenergia tootmist, sh biogaasi tootmist ning enamikul juhtudel hinnati koostöö tingimuseks tulusust (eelkõige kogumis- ja transpordikulude katmist; digestaadi/väetise saamise võimalust). Uuringu lõpus esitati potentsiaalsed biogaasijaamade asukohad lähtuvalt põhisubstraadi kättesaadavusest, mis ei tugine jäätmetele, vaid loomakasvatuse kõrvalsaaduseks olevale sõnnikule.

Tulemusena järeldati, et biogaasijaamade rajamine on selles uuringus selgelt väljajoonistuv ärimudel loomakasvatustlike jäätmete ja taimse biomassi väärindamiseks. Biogaasijaama tüübiks on sobilik kasutada märgkääritamise tüüpi reaktorit.

Juhime tähelepanu asjaolule, et Kagu-Eesti biogaasijaamade asukohavalikul ei kasutatud toiduainetööstuses, kodumajapidamistes ja kaubanduses tekkivate toidujäätmete koguste

⁵² Värnik, R., Kriipsalu, M., Kaasik, A., Orupõld, K., Lillemets, J., Aro, K., 2022. Projekt „Bioressursside kõrgema väärindamise huvi, tõstmine ja ressursside uuring“ Kagu-Eesti bioressursside uuringu aruanne. Eesti Maaülikool.

hindamist. Juhul kui toidujäätmete ja üldistades suure kuivainesisaldusega biojätmete osakaal piirkonnas on suur, siis on sobilik kasutada eraldiseisvat kuivkäärutamise tüüpi reaktorit (läbivoolureaktorit).

Uuendasime Keskkonnaagentuuri keskkonnaportaali jäätmete infopäringu andmetel eelkirjeldatud uuringutes esitatud näitajad, mis on esitatud järgmises tabelis 4. Kuna jäätmestatistikas esitatakse üksnes jäätmekäitlejale üle antud kogus, kuid praktikas on kogus suurem, mida ilmestab teadaolev biogaasi toodang 2023. aastal toidu- ja biojätmetest. Uuringu autorid juhivad tähelepanu, et praktikas võib olla kõikide jäätmete kogus isegi mitu korda suurem, kui Keskkonnaagentuuri keskkonnaportaali jäätmete infopäring seda kajastab.

Tabel 4. Biolagunevate jäätmete teke ja kasutamine 2022. aastal (Allikas: Jäätmete infopäring alates aastast 2020; Elering AS toodangu statistika; autorite arvutused)

	Bio-jäätmed kokku, t	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Potent-siaali teoreeti-line biogaasi tootmis-mahu energeeti-line väärtus, MWh/a	Kaod ja muu kasu-tus	Biogaasi-jaamades kasutusele võetavate biolagunevate jäätmete energeetiline potentsiaal, MWh/a	Biometaani tootmine		
						Kasutatud kogus, t ⁵³	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/a
Harju maakond	92 190	5 171 859	48 409	25%	36 306	-	-	
Hiiu maakond	504	28 274	265			-	-	
Ida-Viru maakond	12 637	708 936	6636	25%	4977	-	-	
Järva maakond	81 959	4 597 900	43 036	25%	32 277	-	-	
Jõgeva maakond	7827	439 095	4110	25%	3082	-	-	
Lääne maakond	1609	90 265	845			-	-	
Lääne-Viru maakond	25 613	1 436 889	13 449	25%	10 087	-	-	
Pärnu maakond	9539	535 138	5009	25%	3757	-	-	
Põlva maakond	1386	77 755	728	25%	546	-	-	
Rapla maakond	2179	122 242	1144			-	-	
Saare maakond	2346	131 611	1232			-	-	
Tartu maakond	106 833	5 993 331	56 098	25%	42 073	-	-	

⁵³ Maakondade lõikes detailne statistika puudub. Rakendatud on teadaolevaid indikatiivseid biogaasijaamade parameetreid ja proportsionaalset jaotust maakondade vahel.

	Bio-jäätmed kokku, t	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Potent- siaali teoreeti- line biogaasi tootmis- mahu energeeti- line väärtus, MWh/a	Kaod ja muu kasu- tus	Biogaasi- jaamades kasutusele võetavate biolagunevate jäätmete energeetiline potentsiaal, MWh/a	Biometaani tootmine		
						<u>Kasutatud kogus, t⁵³</u>	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/ a
Valga maakond	31 196	1 750 096	16 381	25%	12 286	-	-	
Viljandi maakond	3012	168 973	1582	25%	1186	-	-	
Võru maakond	8111	455 027	4259	25%		-	-	
Kokku	386 941	21 707 390	203 181		146 577	150 000	11 964 744	111 990

Biogaasijaamade toorme ressursina ei arvestata väga väikese kogusega maakondade hajutatud biojätmete ressursi. Erandiks on Viljandi ja Põlva maakonnad, kus on parimad võimalused biojätmete kasutuseks põllumajanduslikes biogaasijaamades. Lisaks eeldatakse, et muude kasutuste (nt kompostimine) ja kadude arvele jääb veel 25% biolagunevatest jäätmetest. Kokku oleks biolagunevatest jäätmetest võimalik toota aastas biogaasi energeetilisest väärtusest 146,6 GWh. Oluline osa sellest – 112 GWh/a – on juba kasutusel Maardu biolagunevate jäätmete biogaasijaamas ja teistes biogaasijaamades täiendava substraadina.

2.2.3. Reoveesetted

Reoveesette regionaalse tekke kindlaks tegemiseks ja selle käitlemise lahenduste väljatöötamiseks valmis Keskkonnaministeeriumi tellimusel 2016. aastal uuring⁵⁴. Uuringus antakse ülevaade reoveesette käitlemisest ja kogustest, aga pakutakse ka välja käitlemiseks sobivaid lahendusi. Praeguseks on uuringus esitatud reoveesette kogused mõningal määral vananenud, kuna andmed koguti 2013. aasta kohta. Selle tõttu ei ole otstarbekas nimetatud uuringus kogutud andmeid otseselt kasutada, kuna reoveesetete kogus sõltub vee kasutusest, aga ka reoveepuhastusjaamade tõhususest, mis viimase kümne aasta jooksul on Eestis oluliselt muutunud. Uuringus toodi välja, et kasutati 62 reoveepuhasti andmeid, milles puhastati vähemalt 2000 IE koormusega reoveekogumisalade reovett. Valikul tugineti asjaolule, et põhiosa reoveesette tekkekogustest tekib just neid reoveekogumisaladid teenindavates puhastites, aga ka andmete täpsus on oluliselt suurem. Ühtlasi märgiti ära, et väiksemate puhastite settekogused veetakse kokku suurematesse

⁵⁴ OÜ Aqua Consult Baltic, 2015(16). Regionaalsete reoveesette käitlemise lahenduste väljatöötamine ja jäätmete lakkamise kriteeriumite väljatöötamine reoveesette kohta. Tellija: Keskkonnaministeerium.

puhastitesse ja seega on ülevaade kogustest juba olemas. **Käesolevas töös uuendasime reoveesette andmed Keskkonnaameti keskkonnaportaali jäätmete infopäringu alusel.**

Kliimaministeeriumi andmetel oli 2023. aastal Eestis 56 reoveekogumisala, mille reostuskoormus on üle 2000 IE, ja 474 reoveekogumisala, mille reostuskoormus on alla 2000 IE. Järgnevalt vaatleme andmeid maakonna tasandil.

Viimastel aastatel on Eestis kokku tekkinud reoveesetet üle 140 000 tonni aastas. Kõige rohkem tekib reoveesetet maakondades, kus on Eesti suurimad linnad (Tallinn, Tartu, Narva; Tabel 5)⁵⁵.

Tabel 5. Olme- ja tööstusreovee puhastusette tekke- ja taaskasutuskogused perioodil 2020–2022 (Allikas: Jäätmete infopäring alates aastast 2020)

Maakond	Kogu- teke 2022, tonni	Taaskasutamine ja biogaasi tootmine				Täiendav biogaasi tootmise potentsiaal			Kokku MWh/a
		Komposti mine, tonni	Biogaasi toot- miseks, tonni ⁵⁶	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/ a	Bio- gaasi toot- miseks, tonni	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/ a	
Harju maakond	82 679	44 809	37 870	2 049 524	19 184				
Hiiu maakond	66	0	-	-					
Ida-Viru maakond	11 497	4734	6763	366 014	3426				
Järva maakond	2369	10 826	-	-					
Jõgeva maakond	1697	1452	-	-					
Lääne maakond	1000	1500	-	-					
Lääne-Viru maakond	4413	3050	-	-		4413	238 743	2235	
Pärnu maakond	3732	0	-	-		3732	201901	1890	
Põlva maakond	3535	3493	-	-		3535	191 244	1790	
Rapla maakond	1365	25 350	-	-					
Saare maakond	2056	0	5264	284 888	2667				
Tartu maakond	16 088	2 28	13 960	755 515	7072				

⁵⁵ Jäätmete infopäring alates aastast 2020 – https://tableau.envir.ee/views/Avalikud_pringud_2020-2022/Riigitasand?%3Aembed=y&%3Aiid=4&%3AisGuestRedirectFromVizportal=y.

⁵⁶ Maakondade lõikes detailne statistika puudub. Kasutatud on hinnangulist jaotust biogaasijaamade asukohtadest tulenevalt. Jäätmeliigi koodid reoveesette leidmiseks olid 19 08 05 (olmereovee puhastusseted), 19 08 12 (tööstusreovee biopuhastusseted) ja 19 08 14 (muud tööstusreovee puhastusseted).

Maakond	Kogu- teke 2022, tonni	Taaskasutamine ja biogaasi tootmine				Täiendav biogaasi tootmise potentsiaal			Kokku MWh/a
		Komposti mine, tonni	Biogaasi toot- miseks, tonni ⁵⁶	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/ a	Bio- gaasi toot- miseks, tonni	CH ₄ toodang, m ³ /a	MWh/ a	
Valga maakond	1494	1535	-	-					
Viljandi maakond	7916	8429	-	-		7916	428 256	4008	
Võru maakond	745	838	-	-					
Kokku	140 652	108 144	63 857	3 455 941	32 348	19 596	1 060 144	9923	42 271

2023. aastal toodeti Eestis 210 617 MWh biometaani, millest 33 583 MWh toodeti reoveesetetest. Ühtlasi tähendab see, et u 45% Eestis tekkivast reoveesettest kasutati biogaasi tootmiseks. Kogu Eesti reoveesette arvutuslik potentsiaalne biogaasi toodang oleks u 72 GWh/a. Kestliku biogaasi tootmise suurendamise võimaluste analüüsis eeldame, et reoveesetetest biogaasi tootmist on võimalik laiendada veel kuni neljas suurema reoveesetete hulgaga maakonnas (Pärnu, Lääne-Viru, Viljandi ja Põlva maakonnas), mille arvelt oleks potentsiaali suurendada biogaasi toodangut 9,9 GWh aastamahu, kokku 42,3 GWh aastas.

Reoveesette taaskasutamine toimub eelkõige kompostimisega, kuid suuremate linnade puhul kasutatakse ka biogaasi tootmist. Biogaasijaama rakendavad reoveesette taaskasutamiseks Tallinna Vesi AS, Tartu Vesi AS, Narva Vesi AS ja Kuressaare Veevärk AS. Näitena toome, et Tallinna Vesi AS reoveepuhastusjaamas tekkis 2022. aastal 37 800 tonni reoveesetet⁵⁷, mida oli enne aeroobset järelkompostimist biogaasi saamiseks anaeroobselt kääritatud. Biogaasist toodeti 11 688 MWh soojusenergiat, mis kattis ettevõtte soojusenergia vajaduse sajaprotsendiliselt. Harjumaa reoveesette kogusest moodustas 2022. aastal Tallinna Vesi AS toodetud kogus 46%. Reoveesette arvestuses tuleb jälgida, et lisaks on vastavale kalendriaastale eelnevalt tekkinud laoseis, mis võib sõltuvalt maakonnast moodustada võrreldava aasta tekkekogusest üle 100%.

Ülejäänud reoveesette kogust ja töötlemise võimalusi biogaasi tootmiseks tuleb hinnata teiste reoveepuhastusjaamade töötlemismahu ja asukoha alusel. Tartu Vesi AS reoveesette kasutamise kohta on teada, et ettevõtte omab territooriumil biogaasijaama (käitlusmaht 11 520 t/a) ja varem tehti koostööd Tartu Biogaas OÜ biogaasijaamaga (Ilmatsalu biometaanijaam). Viimases töödeldakse põllumajanduses tekkinud taimsete kudede jäätmeid (sh ka sõnnikut) ja reovee kohtpuhastusetteid. Biogaasijaam kasutab kuni 300 tonni reovee kohtpuhastusetteid aastas, mis arvutuslikult on suhteliselt väike osa Tartu maakonna reoveesetete kogusest.

Kuna reoveesette kompostimise käigus tekib CO₂ heide, omab reoveesette ringlusse võtmise biogaasi tootmise kaudu olulist mõju nii CO₂ kui ka teiste lenduvate ühendite heite

⁵⁷ Tallinna Vesi AS, 2022. Keskkonnaaruanne 2022. <https://tallinnavesi.ee/sotsiaalne-vastutus/keskkonnaaruanded/>.

vähendamiseks. Euroopa Komisjon on teinud Euroopa rohelise kokkuleppe nullsaaste eesmärgi poole liikumiseks asulareovee direktiivi⁵⁸ läbivaatamiste algatuse. Reoveesetest biogaasi tootmist nähakse võimalusena nii CO₂ heite vähendamisel, aga veelgi enam kava „RepowerEU“ eesmärgi saavutamiseks suurendada biometaanitootmist EL-is 2030. aastaks. Direktiivi eelnõu artiklis 11 esitatakse asulareoveepuhastite energianeutraalsuse alus, kus nähakse ette energianeutraalsuse saavutamise kohustus riigi tasandil kõigi vähemalt 10 000 IE asulareoveepuhastite puhul. 2045. aasta 31. detsembriks peavad liikmesriigid tagama, et kõigi asulareoveepuhastite aastane toodetav taastuvenergia kokku oleks riigi tasandil võrdne kõigi selliste asulareoveepuhastite aastase kasutatava energiakogusega.

Reoveesete kasutamisel biogaasi tootmiseks võib tekkida probleem reoveesete ja biojätmete kooskäritamisel tekkiva kääritusjäägi edasisel kasutamisel. Praegu on Eestis ainult kaks suurt reoveepuhastit, mis suudavad oma reoveesete ära käidelda, ilma et oleks vaja juurde lisada muid (bio)jätmeid. Ülejäänud reoveepuhastusjaamad (umbes 30) peavad tegema koostööd biogaasijaamadega, kus toormena kasutatakse peamiselt sõnnikut, millele saaks lisada reoveesetet.

Praegu kehtivad õigusaktid reguleerivad reoveesete käitlust järgmiselt.

- Kui biogaasi tootmisel käideldakse koos biojätmeid ja reoveesetet, mis pärineb kas liha, kala või muude loomsete toiduainete valmistamisest ja töötlemisest; köögi- ja teravilja töötlemisest; pagari- ja kondiitritööstusest; alkoholsete ja alkoholivabade jookide tootmisest või tselluloosi, paberi ja kartongi tootmisest, kohaldatakse keskkonnaministri 2016. aasta määrust nr 12 „Nõuded biolagunevatest jätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta“.
- Kui biogaasi tootmisel kasutatakse olmereoveesetet või olmereoveesete ja biolagunevate jätmete segu, siis kohalduvad keskkonnaministri 2017. aasta määrus nr 24 „Reoveesetest toote valmistamise nõuded“ või keskkonnaministri 2019. aasta määrus nr 29 „Haljastuses, rekultiveerimisel ja põllumajanduses kasutatava reoveesete kvaliteedi piirväärtused ning kasutamise nõuded“.
- Kui biogaasi toodetakse sõnnikust, kohalduvad sellele kääritusjäägile ainult veeseadusest tulenev sõnniku regulatsioon.
- Kui aga biojätmetele või sõnnikule lisatakse kasvõi väikse koguse reoveesetet, kohaldatakse reoveesete regulatsiooni.

See tekitab olukorra, kus biojätmeid kääritavad biogaasijaamad keelduvad vastu võtmast olmereoveesetet ka juhul, kui sette osakaal kääritatavatest jätmetest oleks vaid 5%, kuna ei soovita kohaldada reoveesete regulatsiooni. Näiteks peab sertifitseerimata digestaadi kasutajal selliseks tegevuseks olema Keskkonnaameti väljastatud keskkonnaluba. Registreeringu alusel on olmereoveesete kääritamisel saadud digestaati lubatud kasutada ilma koguselise piiranguta põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel.

Olmereoveesetest valmistatud toote või reoveesete kui jäätme kasutamisel tuleb järgida veeseadusest tulenevaid nõudeid, lisaks põllumajanduses kasutamise erisusi. Nimelt on maal, kus

⁵⁸ Ettepanek: Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv asulareovee puhastamise kohta (uuesti sõnastatud) – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:52022PC0541>.

kasvatatakse köögivilja- või marjakultuure ning ravim- või maitsetaimi, reoveesette kasutamine keelatud. Lisaks ei tohi maal, kuhu on laotatud reoveesetet:

- aasta jooksul pärast laotamist kasvatada köögivilja- või marjakultuure ning ravim- või maitsetaimi toiduks või söödaks;
- kahe kuu jooksul pärast laotamist karjatada loomi või varuda loomasööta.

Need erisused on reoveesette direktiivist (86/278/EMÜ) otsekohalduvad ning direktiiv ei sätesta erandeid biojäätmete ja reoveesette segudele, sh digestaadile, isegi kui reoveesette osakaal on ainult 3 või 5%. Seetõttu ei ole võimalik neid nõudeid ka siseriiklikult muuta.

Sõnniku ja biojäätmete kääritajad ei soovi reoveepuhastusjaamadega koostööd teha tulenevalt reoveesette direktiivi rangusest. Valitseb suur ebakindlus investeerimisotsuste tegemisel, kuna direktiivi tulevik on ebaselge – teadaolevalt avatakse peaaegu 40 aastat vana direktiivi arutelu ja ajakohastamine 2025. aasta kevadel.

2.2.4. Rohevesinik ja CO₂ sünteetilise metaani toormena

Biogaasi ja biometaani kõrval kuulub taastuvgaaside hulka ka kestlikkuse kriteeriumitele vastavalt toodetud sünteetiline metaan ehk sünteetiline maagaas (SNG). Sünteetilise metaani kui taastuvgaasi toormeks on rohevesinik ja CO₂ (või vastavate tehnoloogiate kasutamisel ka CO).

Uurimistöös „Vesiniku ja sünteetilise gaasi kasutamise potentsiaal ja ühenditest tulenev mõju ülekandeturustikele ja lõpptarbija seadmetele”⁵⁹ loetletakse olulisemate **potentsiaalsete CO₂ allikatena sünteetilise metaani tootmisel** järgmist.

1. Süsinikdioksiid CCUS (näiteks süsiniku püüdmismehhanismidest fossiilkütuseid põletavates elektrijaamades ja katlamajades).
2. Süsinikdioksiid biomassist, eraldatuna kääritamise või termilise gaasistamise kõrvalproduktina.
3. Süsinikdioksiid biogaasi või muu jäätmegaasi komponendina.
4. Süsinikdioksiid tööstusprotsesside jääkproduktina.
5. Süsinikdioksiid atmosfäärist.

Atmosfäärist püütava CO₂ toorme varud on kahtlemata suurimad, kuid tegemist on kõige kallima CO₂ hankimise viisiga⁶⁰ ja stsenaariumite koostamisel selle ressursiga sageli ei arvestata – muuhulgas põhjendusega, et selle tehnoloogia turuküpsus saabub peale 2050. aastat.⁶¹

⁵⁹ Agabus, et al., 2019: https://elering.ee/sites/default/files/2021-10/Vesiniku%20ja%20s%C3%BCnteetilise%20gaasi%20kasutamise%20potentsiaal%20ja%20%C3%BChenditest%20tulenev%20m%C3%B5ju%20%C3%BClekandeturustikele%20ja%20%C3%B5pptarbija%20seadmetele%2C%202020_0.pdf.

CO₂ kinni püüdmine tööstusprotsessidest on oluline teema EL-i tööstusstrateegias. Siin on oluline tegur CO₂ kui toorme kontsentreeritud mahtude olemasolu. Eesti kontekstis nähti perspektiivika CO₂ allikana tsemenditööstust⁶², kuid 2020. aasta märtsis lõpetati seal klinkri tootmine ja sellega seonduv CO₂ heide lakkas. Eestis on räägitud ka võimalusest püüda kinni põlevkivitööstuse CO₂ heide ja sellega muu hulgas pikendada ka põlevkivist elektri tootmist. ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) selle lahendusega ei arvestata. Aastaks 2040 väljub Eesti põlevkivienergeetikast, sh põlevkivi otsepõletusest elektrienergia tootmises aastaks 2035 ja põlevkivi kasutusest kütuse või energiakandjate tootmiseks aastaks 2040. Küll aga on süsiniku püüdmine ja kasutamine osa lahendusest, millega saavutada arengukava eesmärk 2050. aastaks – vähendada KHG heide nulli. Seejuures ei saa ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) alusel 2050. aastast alates kliimanetraalseks energiatootmiseks enam kasutada KHG heite sidumiseta biomassi, biogaasi ega taastuvgaasi.

Kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise analüüsi raames pakub suurimat huvi **biogaasi üheks komponendiks olev CO₂, mis puhastatakse biometaani tootmisel biogaasist välja**. Võttes lähtekohaks eelnevalt kirjeldatud biogaasi tootmiseks sobiliku toorme teoreetilise biogaasi sisalduse ning CO₂ keskmise sisalduse biogaasis, oleks Eesti jääkide ja jäätmete toormel töötavates biometaanijaamades võimalik toota aastas u 102 500 tonni CO₂. Juhul kui arvestada ka rohtse biomassi jaamade biogaasi toodangut, oleks teoreetiline aastane tootmismah 198 800 tonni. Sellise koguse CO₂ metaanimisel taastuvate energiaallikate vahendusel nt elektrolüüserites saadud vesinikuga (nn taastuvvesinikuga) sünteetiliseks metaaniks oleks toodetava taastuvgaasi energeetiline väärtus vastavalt 0,58 TWh/a ja 1,12 TWh/a.

Eestis 2024. aasta sügise seisuga CO₂ spetsiaalselt ei toodetud (st ei eraldatud gaasilisest heitest edasise kasutamise eesmärgil), kuid töös on kaks projekti, kus biometaani tootmisprotsessi lisatakse CO₂ kinnipüüdmine ja veeldamise seadmed. Kahe biometaani tootmise jaama toodang on u 10 000 tonni CO₂, mis müüakse toiduainetööstusele. Eesti CO₂ turu maht on umbes 20 000 – 25 000 tonni. CO₂ kasutatakse liha- ja joogitööstuses, pakendamisel, pudeldamisel, keevitamisel. Toote eksporti piiravad kõrged transpordikulud. Tootmine on äriliselt tasuv tänu investeerimistoetustele CO₂ kogumise ja veeldamise seadmete soetamiseks.

Ka **rohevesiniku tootmine** on võimalik erinevaid tehnoloogiaid kasutades. Kõige levinum ning ka taastuenergia direktiivi taastuvkütuste nõuetele vastav tehnoloogia on rohevesiniku tootmine taastuvelektril töötavas vee elektrolüüseris. Tööstuslikus mastaabis rohevesiniku tootmine Eestis seni puudub, küll toodetakse aga järjest suuremas koguses taastuvelektrit. ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) alusel kavandatakse 2035. aastal toota 16,4 TWh elektrit ja tarbida 11,3–18,5 TWh mahus vastavalt erinevatele tarbimisprognoosidele.

Sünteetilise metaani tootmise peamiseks väljakutseks ongi hinnatud taastuvelektri kättesaadavust – täpsemalt odava taastuvelektri kättesaadavust rohevesiniku tootmiseks⁶³. Laiapõhjalise

⁶⁰ *Ibid.*

⁶¹ TYNDP2022_Joint_Scenario_Full-Report-April-2022.

⁶² Agabus, *et al.*, 2019.

⁶³ BEST ACE. BIOGAS – ESTABLISHED SUSTAINABLE TECHNOLOGY. IN A CIRCULAR ECONOMY. BIOGAS BUSINESS ROADMAP.

sünteeetilise metaani tootmise strateegiate võrdleva analüüsi aastateks 2030 ja 2050 on koostanud Jachin Gorre koos kolleegidega⁶⁴.

Eesti biogaasijaamade toimekeskkonnale vastab kõige paremini selle analüüsi „Püsiva tootmise“ strateegia, kus sünteeetilise metaani tootmine toimub aastaringelt (sarnaselt biogaasi ja biometaani tavapärasele tootmistsüklile) ning vesiniku tootmisel arvestatakse keskmise elektri hinnaga. Tootmishindade modelleerimise tulemustest järeldatakse, et püsivalt opereeriv sünteeetilise metaani tootmistehas ei ole kasumlik 24 eurost MWh kõrgema taastuvelektri hinna korral. Eestis oli 2024. aastal (jaanuar–oktoober) elektrienergia keskmine börsihind 97,90 eurot MWh, koos maksude ja võrgutasuga 184,9 eurot MWh. Ka keskpikas vaates olulist hinnalangust ei prognoosita – taastuenergia võimsuste lisandumisel võib loota aastaks 2035 kuni 30% elektri hinna vähenemist, kuid samal ajal kasvab võrgu- ja keskkonnatasude osa lõpphinnas. Prognoositakse, et elektri lõpptarbijale on keskmine elektri hind 2030. aastal 179 eurot MWh ja 2035. aastal 154 eurot MWh⁶⁵. Analüüsi ühe tulemusena esitatakse ka sünteeetilise metaani tootmishind elektri hinna 100 eurot MWh juures, mis on väga lähedane elektri keskmisele börsihinnale Eestis aastal 2024 ja ka prognoositavale taastuvelektri hinnale⁶⁶. Selleks tootmishinnaks on 204,82 eurot MWh kohta aastal 2030. Analüüsis eeldatakse, et tehnoloogiate arengu tulemusel sünteeetilise metaani tootmishind väheneb 2050. aastaks u 15% ehk hind oleks siis 170 eurot MWh kohta.

Analüüsis kirjeldatakse ka pandlikuma tootmistsükliga strateegiaid, milles kasutatakse taastuvelektri suuri hinnakõikumisi (sh 0-eurost hinda). Need strateegiad eeldavad aga olulises mahus täiendavaid investeerimiskulusid vesiniku ja CO₂ hoidlatesse ning mõlema gaasi salvestamise opereerimiskuludesse. Parimat konkurentsivõimet tagava lahendusena nähakse olukorda, kus sünteeetilise metaani tootmine toimub tuuleparkide vahetus läheduses.

Rohevesinik on samaaegselt sünteeetilise metaani tootmise toore ja selle peamine konkurent kütuste turul pikaajalises perspektiivis. Sünteeetilise metaani lühiajalised konkurentsieelised tulenevad turu valmisolekust toodet tarbida – seda toetab olemasolev (maagaasi) transporditaristu (täiendavalt on vajalik sisestuspunktide ehitamine) ja kasutusseadmete park⁶⁷. Samuti nõuab metaangaasi salvestus vähem ruumi või rõhku võrdluses vesinikuga⁶⁸. Pikemaajalises vaates – peale vesinikutaristu välja arendamist ja kasutusseadmete (nt vesinikusõidukid) tehnoloogilise küpsuse saavutamist – on sünteeetilisel metaanil keeruline rohevesinikuga konkureerida. Esmane põhjus selleks on juba sünteeetilise metaani tootmisprotsessi keemilises ja energeetilises olemuses, kus rohevesiniku tootmise energiakulu sisaldub sünteeetilise metaani tootmise kuludes, kuid millele lisanduvad alati veel ka metaanimise kulud. Kuigi nii rohevesiniku kui ka sünteeetilise metaani tootmise kulud võivad – tehnoloogilistest eripäradest ja

⁶⁴ Gorre, *et al.*, 2019: Production costs for synthetic methane in 2030 and 2050 of an optimized Power-to-Gas plant with intermediate hydrogen storage. Selle analüüsi tulemusi kasutavad ka Agabus *et al.*, 2019.

⁶⁵ https://energiatalgud.ee/sites/default/files/2024-05/Memo%20elektrihinnast_FIN.pdf.

⁶⁶ Viide, nt ENMAK 2035 protsessi raames ametnike poolt avalikus meedias välja öeldule.

⁶⁷ Jan Stambasky Power to Methane. An Integral Part of Biomethane Industry.

⁶⁸ *Ibid.*; vt ka laiemat sünteeetilise metaani võrdlust alternatiivsete energiasalvestuse tehnoloogiatega:

Power-to-Methane: A state-of-the-art review. Karim Ghaib, Fatima-Zahrae Ben-Fares 2018

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117311346>.

esmajoones taastuvelektri hinnast sõltuvalt – varieeruda suurtes piirides, siis üldistatuna jääb rohevesiniku tootmishind sünteetilise metaani tootmishinnast poole odavamaks⁶⁹.

Nende asjaoludega kooskõlaliselt leiab sünteetiline metaan erinevates Eesti ja EL-i energiatootmise ja tarbimise prognoosides ja stsenaariumites küll käsitlemist gaasisektori dekarboniseerimisel, kuid erinevalt biogaasist/biometaanist ja vesinikust ei nähta sellele olulist osakaalu. Nii näiteks sisaldub ENTSOE and ENTSO-E kümne aasta võrgustike arendamise plaani aluseks oleva stsenaariumianalüüsi⁷⁰ EL-i energiaautonoomia stsenaariumis aastaks 2050 biometaani tootmismahuks 980 TWh aastas, kuid sünteetilise metaani tootmismahuks üksnes 40 TWh aastas. Mõlemad on stsenaariumite võrdluses suurimad tootmismahud, mida prognoositakse. „Mängu muutjana“ nähakse aga (rohe)vesinikku.

Gaasitarbimise puhtale energiale ülemineku uuringu raames koostatud Eesti gaasitarbimise prognoosi aastani 2050⁷¹ arvutustes sünteetilist metaani eraldiseisvalt ei käsitleta. Uuringu biometaani stsenaariumi kohaselt kasvab aastaks 2050 summaarne gaasitarbimine u 25% ja üle 90% gaasivajadusest kaetakse bio- ja sünteetilise metaaniga. Samas nenditakse, et „vesiniku ja sünteetilise metaani kasutuselevõtmine eeldab suures ulatuses soodsa taastuvelektri kättesaadavust“.

Dekarboniseerimise uuringu „Gaasi dekarboniseerimise teed Eestile“ taastuvmetaani stsenaariumis on võrgusisene sünteetiline metaan eraldi välja toodud. Eeldati, et aastal 2025 toodetakse ja sisestatakse gaasivõrku 345 GWh sünteetilist metaani ning et selle tootmine on aastani 2050 püsivas langustrendis, vähenedes 2050. aastaks 150 GWh tasemele (vrd 2,5 TWh biometaani ja biogaasi mahtudega samas stsenaariumis).

Rohetiigri transpordi teekaart sünteetilist metaani lahendusena ei näe ja ka muude e-kütuste (e-bensiin, e-diisel) osas ollakse skeptilised. Nenditakse, et Eestis 2022. aasta seisuga e-kütuseid müüdnud ei ole.

Optimistlik vaade sünteetilise metaani tootmisele sisaldub biogaasi teekaardis, kus seatakse eesmärgiks soodustada ja toetada Power-to-Gas tehnoloogiate kasutusele võtmist. Biometaani puhastusseadmetest saadava CO₂ segamisel rohelise vesinikuga kavandatakse tösta roheliste metaangaaside tootmist aastaks 2050 kuni 2,5 TWh-ni aastas.

Seega on sünteetilise metaani tootmiseks Eestis piisavalt CO₂ nii heite kui ka toormena ja ka taastuvelektrit rohevesiniku tootmiseks. Takistuseks on taastuvelektri kõrge keskmine hind hetkeseisuga ja tulevikuprognoosides, samuti taastuvelektrijaamade ja biogaasijaamade asukohtade lahutatus, mis muudab sünteetilise metaani tootmise biogaasijaamades võrdluses biogaasi ja biometaani ning konkurentkütustega (sh rohevesinikuga) kuni mitmekordselt kallimaks.

Sünteetilise metaani tootmisel biogaasijaamades ringmajanduslikult kasutusse võetav CO₂ moodustaks KHG CO₂ ekvivalenttonnides u 10% biogaasi tootmisel ja kasutusse võtmisel saavutatavast KHG vähendamise mahust. Sünteetilise metaani tootmise sidumine biogaasi ja

⁶⁹ Availability and costs of liquefied bio- and synthetic methane The maritime shipping perspective.

⁷⁰ <https://2022.entsos-tyndp-scenarios.eu>.

⁷¹ Civitta, 2021: <https://elering.ee/sites/default/files/2021-10/Eesti%20gaasitarbimise%20uuring.pdf>.

biometaani tootmise ärimudelitega muudab need oluliselt vähem konkurentsivõimelisemaks ning väga oluliselt toetustest ja regulatiivsetest hinnamehhanismidest sõltuvaks. Sünteetilise metaani tootmisel on peamine kriitiline tegur odav (mh võrguvaba) taastuvelekter ja võimalike tootmisüksuste kavandamisel tuleks prioriseerida odava taastuvelektri kättesaadavust.

Sünteetilist metaani on kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise stsenaariumites asjakohane käsitleda kui täiendavat teoreetilist võimalust biometaani impordi kõrval, kuidas katta stsenaariumite biogaasi/biometaani siseriiklikku tootmispotentsiaali ületavaid tarbimismahtusid taastuvgaasi arvelt. Stsenaariumite ärilise konkurentsivõime analüüsi on sünteetiline metaan hõlmatud kui biometaani konkurentkütus.

2.2.5. Järeldused

- 2023. aastal toodeti Eestis 210 617 MWh biometaani, millest 61 729 MWh toodeti loomsest sõnnikust.⁷² Kuna praegu kasutatakse biogaasi tootmiseks u 13% potentsiaalsest sõnnikukogusest ja biogaasijaamad asuvad intensiivse loomakasvatusega aladel, tuleks uurida biogaasi tootmise võimalusi ka ekstensiivsema loomakasvatusega aladel. Taimse biomassi (põhk ja rohtne biomass) majanduslikult mõistlikud kasutusvõimalused on põllumajanduslikes biogaasijaamades koos sõnnikuga. Kogu põhu ja rohtse biomassi mahust leiab sellistes biogaasi jaamades kasutust 19% toormest.
- Kuivõrd biogaasitootmises tekkiva kääritusjäägi kasutus põldudel on kõrgete transpordikulude tõttu majanduslikult põhjendatud valdavalt 10 km raadiuses, tuleks ka seetõttu jälgida, et uued rajatavad biogaasijaamad Eestis oleksid piisavalt hajutatud, vältimaks piirkonniti toitainete kuhjumist muldades.
- Biogaasi toorme väärtusahelas on suurimad biojäätmete tekkekohad eramajapidamistes, kaubanduses ja toitlustusasutustes. Toidutööstuse võrdluses tekib biojäätmepuuvilja- ja köögiviljatööstuses. Oluline osa tekkivatest biojäätmetest on juba leidnud kasutuse biometaani tootmises.
- Reoveesette täiendav potentsiaal biogaasi tootmisel on tagasihoidlik. Piiravateks teguriteks on ressursi hajutus, kõrged transpordikulud ja reoveesette kääritamisel tekkiva digestaadi omadused. Reoveesetet saab käsitleda biogaasi tootmisel eraldiseisvalt muust toormest, kuna digestaadi suunamisele ringlusse on kehtestatud piirangud.
- Sünteetilise metaani tootmiseks on Eestis piisavalt CO₂ nii heite kui ka toormena ja ka taastuvelektrit rohevesiniku tootmiseks. Takistuseks on taastuvelektri kõrge keskmine hind hetkeseisuga ja tulevikuproгноosides, samuti taastuvelektrijaamade ja biogaasijaamade asukohtade lahutus, mis muudab sünteetilise metaani tootmise biogaasijaamades võrdluses biogaasi ja biometaaniga ning konkurentkütustega (sh rohevesinikuga) kuni mitmekordselt kallimaks. Sünteetilise metaani tootmise sidumine biogaasi ja biometaani tootmise ärimudelitega muudab need oluliselt vähem konkurentsivõimelisemaks ning väga oluliselt toetustest ja regulatiivsetest hinnamehhanismidest sõltuvaks.

⁷² Biometaani päritolutunnistused | Elering <https://elering.ee/biometaani-paritolutunnistused>.

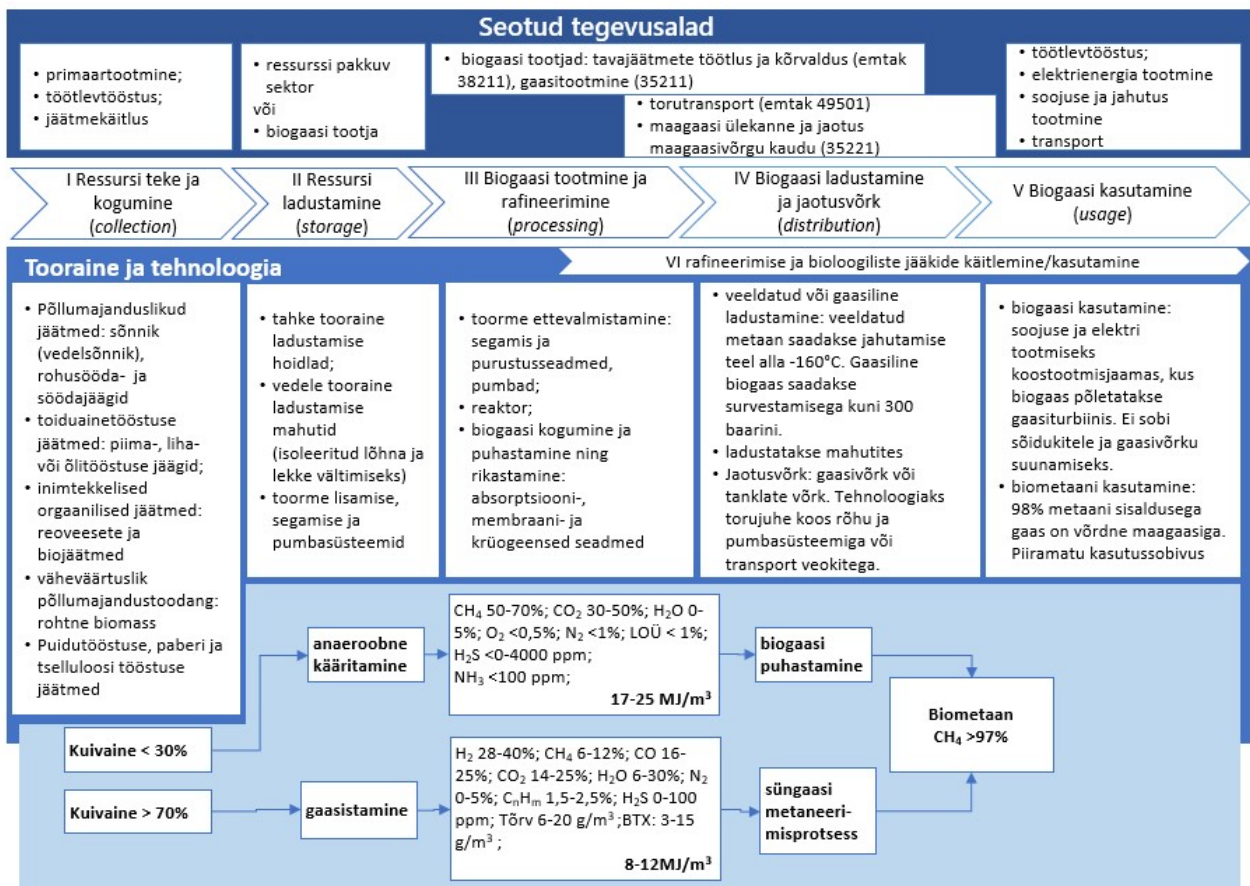
Eelneva kaardistuse alusel on siseriikliku toorme baasil võimalik suurendada kestliku biogaasi tootmist 815 GWh-ni aastas. Üle poole sellest (461 GWh) põhineks põllumajandusloomade sõnnikul. Lisaks on oluline toore veel biolagunevad jäätmed (145,6 GWh/a), reoveesetted (42,3 GWh/a) ja rohtne biomass põllumajanduslikes biogaasijaamades täiendava substraadina (19% kogu põhu ja rohtse biomassi mahtudest – 163,6 GWh/a). Ressurss koondub suurema elanike arvuga maakondadesse ja ka tugeva traditsioonilise põllumajandusega Kesk-Eesti maakondadesse.

Tabel 6. Biogaasi tootmiseks potentsiaalne ressurss ja biometaanilise potentsiaalne toodang maakondade lõikes (Allikas: autorite koostatud, aruandes kasutatud allikatele tuginevad arvutused)

Maakond	Põllumajandusloomade sõnnik		Rohtne biomass	Põhk	Rohtne biomass + põhk	Biolagunevad jäätmed		Reoveesetted		Biogaasi-jaamades kasutatav CH ₄ potentsiaal kokku, MWh/a
	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Biogaasi-jaamades kasutatav sõnnik, MWh/a	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Biogaasi-jaamades kasutatav põhk ja rohtne biomass, MWh/a	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Biogaasi-jaamades kasutatavad biolagunevad jäätmed, MWh/a	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	Biogaasi-jaamades kasutatavad reoveesetted, MWh/a	
Harju maakond	1 990 598	18 632	6 803 076	1 890 234	70 770	5 171 859	36 306	4 472 934	19 184	144 891
Hiiu maakond	433 373	4056	200 386	135 788	0	28 274	0	3571	0	4056
Ida-Viru maakond	580 205	5431	3 359 599	1 213 994	37 234	708 936	4977	621 988	3426	51 068
Jõgeva maakond	3 174 662	29 715	3 672 204	4 456 055	66 192	4 597 900	32 277	128 163	0	128 184
Järva maakond	5 759 443	53 908	1 987 617	3 514 210	44 808	439 095	3082	91 808	0	101 798
Lääne maakond	659 635	6174	3 547 193	1 064 627	37 544	90 265	0	54 100	0	43 718
Lääne-Viru maakond	4 709 914	44 085	2 115 998	5 228 002	59 815	1 436 889	10 087	238 743	2235	116 222
Põlva maakond	2 432 842	22 771	1 822 697	2 310 605	33 660	535 138	3757	201 901	1890	62 078
Pärnu maakond	4 706 621	44 054	11 467 097	2 517 231	113 838	77 755	546	191 244	1790	160 228
Rapla maakond	3 030 653	28 367	4 551 725	2 358 294	56 259	122 242	0	73 847	0	84 626
Saare maakond	2 682 154	25 105	2 414 355	900 700	26 989	131 611	0	111 230	667	54 760
Tartu maakond	2 421 619	22 666	8 430 060	5 574 834	114 031	5 993 331	42 073	870 361	7072	185 842
Valga maakond	1 779 926	16 660	4 105 837	1 084 750	42 254	1 750 096	12 286	80 825	0	71 201
Viljandi maakond	3 105 782	29 070	5 097 500	4 589 225	78 877	168 973	1186	428 256	4008	113 142
Võru maakond	984 211	9212	5 774 951	1 643 117	60 389	455 027	0	40 305	0	69 601
Kokku*	49 301 782	461 465	65 350 294	38 481 665	842 662	21 707 390	146 577	7 609 273	42 271	1 492 974

2.3. Ülevaade biogaasi tootmistehnoloogiatest ja tootmismahjustest Eestis

Biogaasi tootmine on seotud mitmete erinevate tegevusaladega, kuna nii ressursikasutust, aga ka jaotusvõrku ning kasutusvõimalusi arvestades on vajalik suunata toode tarbijateni. Kokkuvõtvalt oleme biogaasi väärtusahela ja tootmiskeemi koondanud Joonis 6.



Joonis 6. Biogaasi tootmine ja puhastamine (Allikas: autorite koostatud Ardolino, F ja Arena, U 2019⁷³ põhjal)

Põhiline biogaasi tootmise tehnoloogia on anaeroobne kääritamine, teine võimalus on termokeemiline gaasistamine. Järgnevas peatükis kirjeldame detailselt mõlemat tehnoloogiat.

⁷³ F. Ardolino ja U. Arena, „Biowaste-to-Biomethane: An LCA study on biogas and syngas roads”, Waste Manag., kd 87, lk 441–453, märts 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2019.02.030.

2.3.1. Biogaasi tootmistehnoloogiad

Biogaasi tootmine on mitmeetapiline protsess, mis algab orgaanilise tooraine (substraadi) kogumisest/transpordist, millele järgnevad tooraine hoiustamine, eeltöötlemine ja kääritamine ning digestaadi ja biogaasi edasine käitlemine. Biogaasi tootmise südameks on anaeroobne bioreaktor (kääriti), milles tooraine muundatakse sobiva mikroorganismide koosluse elutegevuse toimele biogaasiks. Bioreaktorite ehitus ja tooraine eelneva töötlemise vajadus varieeruvad sõltuvalt peamiselt tooraine füüsikalistest omadustest. Kuigi keskkonnavaateliselt oleks bioreaktorite disainil õige lähtuda maksimaalsest biogaasi saagisest või substraadi konversiooniastmest, mis on määratud tooraine keemilise koostisega, siis reaalsuses lähtutakse iga konkreetse tooraine korral bioreaktori disainil majanduslikest kaalutlustest.

Biogaasi tootmise protsesse võib klassifitseerida erinevate kriteeriumite alusel:

- märg või kuiv kääritamine, sõltuvalt kasutatavast toorainest, sealjuures anaeroobse kääritamise puhul on kuivainesisaldus tavaliselt alla 30%;
- perioodiline, poolperioodiline või pidev protsess, sõltuvalt sellest, kuidas reaktoreid opereeritakse;
- ühe- või kaheastmeline protsess, sõltuvalt sellest, kas hüdrolyüsi ja metanogeneesi etapid toimuvad samas või eraldi reaktorites;
- mesofiilne, termofiilne või psührofiilne protsess, sõltuvalt töötemperatuurist.

Biogaasi tootmise ja puhastamise tehnoloogiaid on põhjalikult käsitletud näiteks nii Liise Marie Reinik oma magistritöös⁷⁴ kui ka Nelli-Anett Klippberg bakalaureusetöös⁷⁵.

Eraldi võib vaadelda kuivade ainete, nagu lignotselluloossed põllumajandus- ja metsandusjäätgid, tselluloosne materjal ja saepuru termokeemilist gaasistamist, kus tooraine kuivainesisaldus on tavaliselt üle 70%. Detailsed skeemid tehnoloogia erinevuse kohta on koondanud Ardolino, F. ja Arena, U. (2019)⁷³ artiklis, millega soovitame tutvuda.

Anaeroobne kääritamine

Biogaasi tootmine tehnilistes rakendustes toimub peamiselt kahes temperatuuripiirkonnas: mesofiilne ja termofiilne kääritusprotsess. Mesofiilse kääritamise jaoks on optimaalne temperatuur vahemikus 35(37)–43 °C, termofiilse protsessi jaoks tavaliselt 50–55(60) °C. Parasvöötme kliimas kasutatakse praktikas sagedamini mesofiilset temperatuurivahemikku.

Biogaasi tootmisprotsess koosneb neljast etapist ja toorme viibeaeg reaktoris on enamasti vähem kui 25 päeva.

- **Hüdrolyüs.** Selles etapis lagundavad happelise katalüsaatori mõjul erinevad bakterid (näiteks *Clostridia* ja bifidobakterid) biomassi suuri orgaanilisi polümeere

⁷⁴ Liise Marie Reinik magistritöö, 2023. „Biometaani tootmise ja kasutamise sotsiaal-majanduslik mõju Eestis“.

⁷⁵ Nelli-Anett Klippberg bakalaureusetöö, 2020. „Biogaasi tootmine ja väärindamine“.

(valgud, rasvad, süsivesikud) lihtsamateks ühenditeks, nagu suhkrud, rasvhapped ja aminohapped. Peamised saadused on atsetaat ja vesinik.

- **Atsidogenees.** Hüdrolüüsi käigus saadud produktid lagundatakse happelises keskkonnas, tootes ammoniaaki, süsinikdioksiidi, divesiniksulfiidi, alkohole ja muid jääkprodukte.
- **Atsetogenees.** Atsidogeneesi saadused muundatakse anaeroobselt äädikhappeks, vesinikuks ja süsinikdioksiidiks.
- **Metanogenees.** Protsessi viimases etapis toodavad teatud bakterid (nagu *Methanosarcina barkeri*, *Methanosaeta concilii* ja *Methanococcus mazei*) atsetogeneesi saadustest (peamiselt äädikhapest ning osaliselt ka süsinikdioksiidist) metaani ja CO₂.

Sobiva temperatuuri hoidmiseks käärítés on vajalik lisaenergia allikate kasutamine. See tagab, et protsess toimub optimaalsetes tingimustes ja võimaldab saavutada kõrge biogaasi saagise.

Biogaasi toodetakse anaeroobsetes reaktorites ehk käärítusseadmetes (käärítites). Protsess võib toimuda üheastmeliselt või kaheastmeliselt. Üheastmeliseks nimetatakse biogaasi tootmisprotsessi, kui kõik etapid viiakse läbi ühes ja samas käärítuskambris. Kaheastmeline protsess on efektiivsem, sest mikroorganismidele on vaja erinevaid tingimusi ja kaheastmelises protsessis on seda võimalik tagada. Kaheastmelistes käärítusseadmetes toimuvad anaeroobse protsessi kaks esimest etappi (hüdrolüüs, atsidogenees) ühes mahutis ja kaks järgnevat (atsetogenees, metanogenees) teises.

Anaeroobsed käärítid

Toorgaasi tootmisüksuse kõige tähtsam osa on anaeroobne reaktor ehk kääríti. Käärítid varieeruvad nii materjalide, kuju kui ka suuruse poolest. Paigutus võib olla maa all või pinna peal.

Lähtuvalt sisend- ja väljundvoo iseärasusest leidub põhiliselt kahte tüüpi reaktoreid: perioodilised ja pidevtoimelised reaktorid. Perioodilise reaktori tüübi puhul toimub värske sisendi laadimine perioodiliselt ja peale protsessi toimumist järele jäänud jääk eemaldatakse. Protsess kordub, tehes seda iga kindla aja tagant uue värske lähteaine kogusega. Vastavaid reaktoreid on lihtsam ehitada ja rohkem rakendatakse neid kuivkäärítamise puhul. Perioodiliste käärítite eeliseks on madalad töö- ja ehituskulud. Puuduseks on aga kõrged hoolduskulud ja energiatarve töötamise ajal.

Pidevtoimelise kääríti puhul toimub pidev värske sisendvoo liikumine reaktorisse ja materjal liigub läbi kääríti kas mehaaniliselt või värske materjali surve tõttu nii, et töödeldud kogust surutakse pideva voona reaktorist lahkuma. Pidevad reaktorid jagunevad veel kolme alarühma:

- vertikaalsed reaktorid;
- horisontaalsed reaktorid;
- mitme paagiga süsteemid.

Sõltuvalt substraadi segamise viisist võivad käärítid olla kas täielikult segunemise või väljatõrjereaktorid. Enamkasutatavad reaktorite tüübid.

- Segunemisreaktor (CSTR). Kasutatakse sageli vedelsõnniku ja energiakultuuride puhul (madala ja keskmise kuivainesisaldusega tooraine). Tegemist on tavaliselt vertikaalse mahutiga, kus reaktori sisu pidevalt segatakse, et intensiivistada toitainete kontakti mikroorganismidega ja kiirendada sellega anaeroobset käärítamisprotsessi. See reaktori tüüp sobib mitmesuguste orgaaniliste jäätmete

jaoks ja on üks levinumaid põllumajandusjäätmete kääritamisel kasutatavaid reaktoritüüpe, mida võib opereerida nii pidevas, poolpidevas kui ka perioodilises režiimis.

- Väljatõrjereaktor (PFR). Tavaliselt horisontaalsed reaktorid, mis sobivad suure kuivainesisaldusega lähteainete, näiteks sõnniku ja orgaaniliste jäätmete kääritamiseks, aga ka kuivkääritamiseks, kusjuures toorainet ei ole vaja eelnevalt töödelda. PFR-is liigub orgaaniline materjal aeglaselt läbi horisontaalse või kergelt kaldu oleva toru, kus toimub samal ajal kääritamine, ja neid võib opereerida nii pidevas kui ka poolpidevas režiimis.

Lisaks on olemas veel spetsiifilisi reaktorite tüüpe, mis ei ole klassifitseeritavad STR-ks või PFR-ks.

- Ülesvoolu anaeroobne aktiivmuda kihiga reaktor (*upflow anaerobic sludge blanket* – UASB). UASB-reaktorites liigub reovesi ülesvoolu läbi graanulite, mille pinnal elavad anaeroobsed mikroorganismid, kihi. UASB-reaktorid on eriti tõhusad tööstusliku reovee puhastamisel.
- Kuivkääritid (või tahkefaasilised kääritid). Seda meetodit kasutatakse orgaaniliste jäätmete puhul, millel on suur kuivainesisaldus (>20%), näiteks tahkete olmejäätmete orgaaniline osa, aiapäätmed ja tahke sõnnik. Protsess toimub suletud reaktorites, kus materjal vinnastatakse.

Termokeemiline gaasistamine

Biomassi termokeemiline gaasistamine ei ole nii laialt levinud kui anaeroobne kääritamine. Biometaani tootmine termilisel gaasistamisel on vähem arenenud tehnoloogia. Biomassi gaasistamist saab jagada kaheks etapiks: gaasistamine ja metaanimisprotsess.

- Gaasistamise käigus lagundatakse biomass kõrgel temperatuuril (700–800 °C), kõrgel rõhul ja madala hapnikusisaldusega keskkonnas ning saadakse gaaside segu, mis sisaldab peamiselt CO, CO₂, H₂, CH₄ ja veeauru. Tekkinud süngaas jahutatakse ning see läbib filtrid ja gaasipesurid, et eemaldada tõrv, vesi, kloriidid, H₂S ja tahked osakesed.
- Metaanimisprotsess viiakse läbi katalüütilises reaktoris. Kuna CH₄ sisaldus süngaasis on suhteliselt madal, tuleb läbi viia metaanimisprotsess, mille käigus saab CO ja H₂ muuta metaaniks. Täiendav vajadus töötlemise järele vähendab aga protsessi efektiivsust ja suurendab ka investeringukulud. Selle protsessi eeliseks on aga võimalus toota metaani suuremas mahus.

Biogaasi puhastamine

Anaeroobsel kääritamisel saadud biogaasist on samuti võimalik toota biometaani. Biometaani eraldamine biogaasist on juba ennast tõestanud ja laialdaselt kasutust leidnud tehnoloogia, mida saab lisada nii uute kui ka juba töötavate biogaasijaamade juurde. Puhastusprotsessi läbinud biometaan on oma omadustelt identne maagaasiga, sisaldades üle 97 mahu% metaani (CH₄).

Tavaline puhastamata biogaas sisaldab ligikaudu 50–70% metaani (CH₄), 30–50% süsinikdioksiidi (CO₂) ja teisi komponente, nagu vesiniksulfiid (H₂S), lämmastikuühendeid (N₂), hapnikku (O₂), siloksaane, lenduvaid orgaanilisi ühendeid, süsinikmonoksiidi (CO), ja ammoniaaki (NH₃), mis kõik tuleb eemaldada.

- Veeauru eemaldamine. Biogaas sisaldab harilikult 1–5% veeauru. Vee eemaldamiseks veeaur harilikult kondenseeritakse, kasutades madalaid

temperatuure või kõrget rõhku, aga kasutatakse ka muid füüsikalisi separatsioonimeetodeid, nagu adsorptsioon või absorptsioon. Adsorptsiooni puhul vesi adsorbeeritakse molekulaarsõelade või aktiivsõe abil. Absorptsiooni puhul kasutatakse vee adsorbeerimiseks glükoolilahuseid, näiteks etüleenglükooli, dietüleenglükooli või trietüleenglükooli. Füüsikalise separatsiooni näide on tsüklonid, kus veepiiskade eraldamiseks kasutatakse tsentrifugaaljõudu.

- Divesiniksulfiidi eemaldamine. H_2S kontsentratsioon biogaasis sõltub tooraine valgusisaldusest, taimsete jäätmete puhul on see madalam ja valgurikaste toorainete puhul kõrgem. Lihtsaim ja kulutõhusaim meetod H_2S sisalduse vähendamiseks gaasis on hapniku või õhu lisamine otse kääritsesse, mille tulemusel sulfiide oksüdeerivad *Thiobacillus* bakterid tarbivad H_2S ning muudavad selle tiosulfaadiks, sulfitiks, sulfaadiks või elementaarseks väävliks. Lisatud hapniku või õhu kogus peab olema võimalikult optimaalne, kuna liigne hapnikukogus pärsib anaeroobset kääritusprotsessi. Vesiniksulfiidi eemaldamiseks on veel teisi meetodeid, näiteks sadestamine, adsorptsioon, kemisorptsioon ja membraaneraldus. Sadestamine on meetod, kus rauasool lisatakse otse kääritsesse. Raudhüdrosiidide või kloriidide lisamine otse kääritsesse põhjustab raudsulfiidide moodustumist, mis vähendab H_2S kontsentratsiooni. H_2S eemaldamiseks adsorptsiooni meetodil saab kasutada aktiivsütt, kuid sel juhul on vaja lisada kääritsesse eelnevalt 4–6% hapnikku. Membraanipõhiseks eraldamiseks kasutatakse tavaliselt polüimiidi, polüsulfooni ja tselluloosatsetaadi polümeerseid membraanmaterjale. Vesiniksulfiidi keemiliseks eemaldamiseks kasutatakse naatriumhüdrosiidi ($NaOH$) või kaltsiumhüdrosiidi ($Ca(OH)_2$), mille tulemusel moodustuvad väävelsoolad.
- Lenduvate orgaaniliste ühendite eemaldamine. Harilikult on lenduvate orgaaniliste ühendite sisaldus (VOC või LOÜ) puhastamata biogaasis kuni 1 mahu%. Lenduvad orgaanilised ühendid jagunevad erinevatesse keemilistesse kategooriatesse, nagu aromaatsed ühendid, alkaanid, alkoholid, halogeenid, väävliühendid, ketoonid ja siloksaanid. Siloksaane saab eemaldada keemilise absorptsiooni teel, kasutades väävelhappe ja lämmastikhappe segu või kasutades aktiivsõe adsorptsiooni meetodit.
- Süsihappegaasi eemaldamine. Praegu on kommertskasutuses järgmised süsihappegaasi eemaldamise tehnoloogiad: veega pesemine, kõikuvrõhu adsorptsioon (ingl *pressure swing adsorption*), absorptsioon orgaanilisse lahustisse, kemisorptsiooni ning membraanpuhastus. Vähem on kasutust leidnud krüogeenne eraldamine, bioloogiline separeerimine ning hübriidlahendused.
- Vesipuhastustehnoloogia põhiprintsiip on see, et vastavalt Henry seadusele on süsinikdioksiidi (CO_2) ja metaani (CH_4) lahustuvus vees erinev. CO_2 lahustuvus on tavatingimustes kuni 26 korda kõrgem kui CH_4 lahustuvus. Absorptsiooni massiülekanne intensiivistamiseks ja faasidevahelise kontakti suurendamiseks kasutatakse täitematerjale. Protsessi efektiivsuse tõstmiseks viiakse absorptsioon läbi atmosfäärirõhust kõrgemal rõhul. Teine oluline parameeter on temperatuur, kuna protsess on efektiivsem madalamatel temperatuuridel, seega võib suviti vajalik olla süsteemi jahutamine. Vesipuhastus on üks lihtsamatest tehnoloogiatest. Selle peamised eelised on saavutatav kõrge metaani puhtuseaste, väiksed kaod ja madalad hoolduskulud. Puuduseks on aga suur veekulu ning komprimeerimiseks ja jahutamiseks vajalik lisaenergia.

- Absorptsioon orgaanilisse lahustisse toimub samal põhimõttel veega pesemisega, kus vee asemel kasutatakse orgaanilist lahustit, nagu näiteks dimetüüleetrit, polüetüleenglükooli või metanooli. Turul on mitmeid levinud segusid, näiteks Selexol, mis on polüetüleenglükooli dimetüüleetrite segu. Negatiivne külg on see, et lahusti regenereerimiseks (CO₂ eraldamiseks) on vaja kasutada kõrgeid temperatuure.
- Kemosorptsioon sarnaneb vesipuhastusmeetodiga, kuid reaktsioon toimub keemilise lahusti (absorbent) ja neeldunud gaaside vahel. Lahustitena kasutatakse orgaanilisi amiine, nt monoetanoolamiin, dietanoolamiin, metüüldietanoolamiin ja diglükolamiin. Kemosorptsiooni puhul toimub seotud CO₂ eraldamine absorbendist segu kuumutamisel kõrge temperatuurini. Seega on protsessi läbiviimiseks vajalik lisasoojuse andmine. Keemilise absorptsiooni eeliseks võrreldes vesipuhastusega on kiirem protsess ja absorbendi oluliselt suurem CO₂ absorbeerimisvõime. Lisaks saab protsessi edukalt läbi viia atmosfäärirõhul, mistõttu ei ole vaja biogaasi eelnevalt komprimeerida. Probleeme põhjustab aga amiini reageerimisel happeliste gaasidega (v.a CO₂) tekkivate soolade sadestumine, nende soolade käsitlemine ning samuti amiini vahutamine.
- Kõikuvrõhu adsorptsiooni põhimõte seisneb selles, et poorsest materjalist adsorbent seob (adsorbeerib) van der Waalsi jõudude toimele gaasisegust tänu CO₂ ja CH₄ molekulide suuruse erinevustele CO₂ adsorbendi pinnale. CH₄ seevastu ei seota. Rõhu vähendamisel CO₂ omakorda eraldub. Adsorbeerivad materjalid on suure eripinnaga tahked ained. Kõige levinumad adsorbendid on süsinik ja tseoliidid. Selle meetodi eeliseks on saavutatav kõrge gaasikvaliteet (madal CO₂ kontsentratsioon), kuiv protsess, madal energiavajadus ja kemikaalide puudumine. Puuduseks on protsessi keerukus.
- Membraanseparatsiooni tehnoloogia puhul kasutatakse CO₂ eraldamiseks biogaasist spetsiaalsetest õneskiududest valmistatud membraanmooduleid. Membraan on tavaliselt valmistatud polümeersest materjalist, nagu polüsulfiid, polüimiid või polüdimetüüsiloksaan, mis paiknevad roostevabast terasest korpustes. Membraanmaterjalid on väga hea CO₂/CH₄ selektiivsusega ning sobivad ideaalselt gaaside eraldamiseks, lastes läbi ainult CO₂, H₂O ja NH₃, kuid CH₄ mitte. Membraantehnoloogia eelised on protsessi lihtsus ja madal energiakulu. Puuduseks on vajadus eelpuhastuse järele. Membraantehnoloogiat kasutatakse ka mitmetes Eesti biometaanijaamades. Näiteks Bioforce OÜ kasutab membraantehnoloogiat. Samuti on see kasutusel OÜ Oisu Biogaasijaam, OÜ Vinni Biogaasijaam ning OÜ Tartu Biogaas tootmisjaamades.
- Krüogeense separeerimise tehnoloogia on praegu veel arendusfaasis. Põhiprintsiip on see, et iga biogaasi komponent kondenseerub eri temperatuuril. Kui gaasisegu jahutatakse temperatuurini -100 °C ja komprimeeritakse, siis CO₂ veeldub, samas kui CH₄ jääb gaasiliseks. See krüogeenne protsess nõuab aga suuri investeeringuid, kuna jahutamiseks kulub palju energiat.
- Bioloogilise separeerimise üheks meetodiks on kemoautotroofne protsess, kuhu lisatakse H₂, et muundada hüdrogenotroofsete metanogeensete bakterite abil süsinikdioksiid metaaniks vastavalt keemilisele reaktsioonile: $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ($\Delta G = -131 \text{ kJ}$). Teiseks bioloogiliseks meetodiks on näiteks fotoautotroofne meetod, mis viiakse läbi fotobioreaktorites, kus CO₂ eemaldatakse mikrovetikate ja prokarüootsete tsüanobakterite abil.

- Hübriidlahendused – igal biogaasi puhastusmeetodil on oma plussid ja miinused ning seetõttu on uuritud hübriidlahendusi, kus erinevad biogaasi puhastustehnoloogiad on omavahel kombineeritud, näiteks membraan-krüoogeneenne tehnoloogia, et muuta puhastusprotsess kiiremaks.

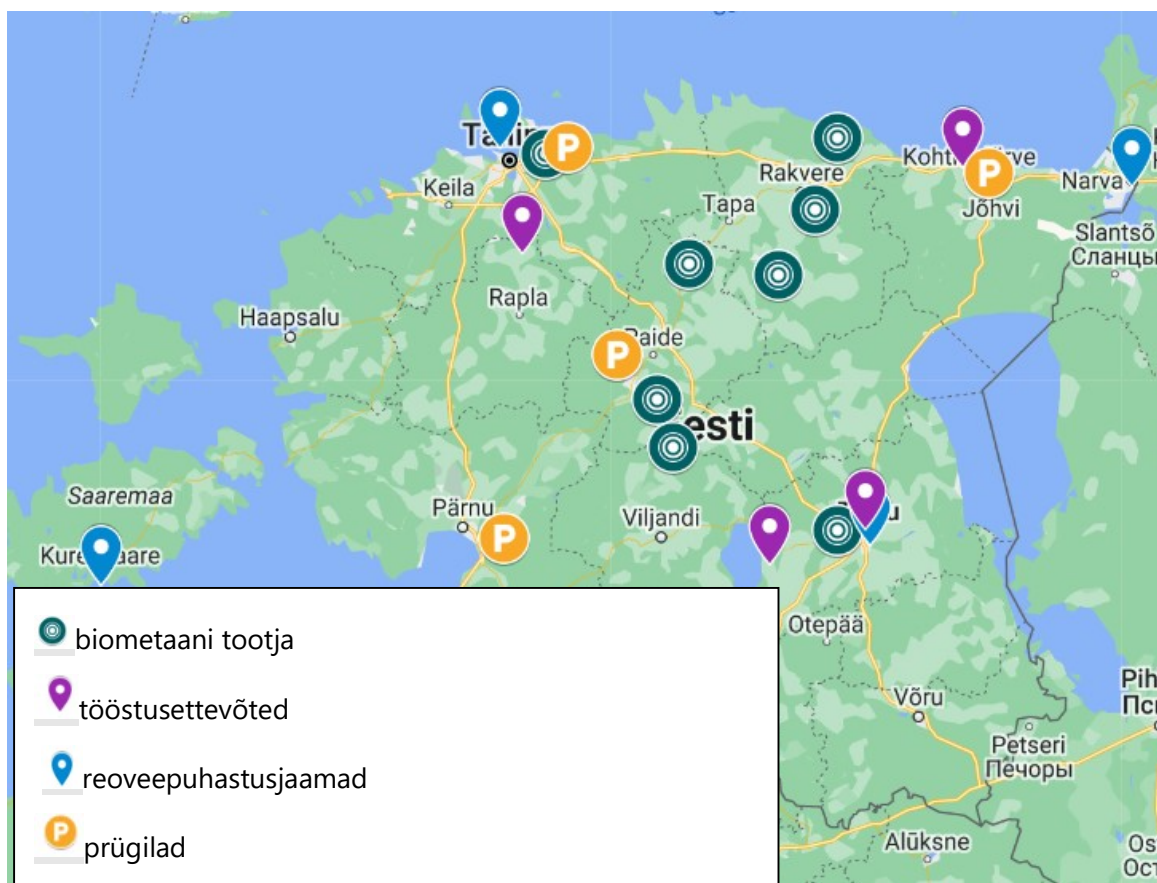
Membraanseparatsioon, vesipuhastus ja keemiline puhastus on kõige levinumad biometaani puhastustehnoloogiad ning nende osakaal 2019. aastal oli 74% kõikidest Euroopas kasutusel olevatest tehnoloogiatest.

Järeldused

- Biogaasi toodetakse valdavalt anaeroobse kääritamise teel ja valdavalt kasutatakse mesofiilset temperatuurivahemikku.
- Biogaasi tootmisel kasutatakse tavaliselt substraati, mille kuivainesisaldus on alla 30%.
- Biogaasist biometaani tootmiseks on enim levinud tehnoloogiad membraanseparatsioon, vesipuhastus ja keemiline puhastus.
- Biomassi termokeemiline gaasistamine, mis sobib kõrgema kuivainesisaldusega materjali biogaasistamiseks, ei ole veel laialt levinud.

2.3.2. Biogaasi ja biometaani tootmisjaamad Eestis

Eestis on praegu kaheksa biometaani tootjat: Rohegaas OÜ, Biometaan OÜ, Vinni Biogaas OÜ, Tartu Biogaas OÜ, Oisu Biogaas OÜ, Bioforce Aravete OÜ, Ebavere Bioforce OÜ, EKT Ecobio OÜ. Lisaks on Eestis neli tööstusettevõtet, kes toodavad toomisjääkidest ja reoveest biogaasi omatarbeks: Eastman OÜ, Salutaguse Pärmitehas OÜ, Estover Piimatööstus OÜ, A Le Coq biogaasijaam. Neli suuremat reoveepuhastusjaama (Tallinna Vesi AS, Tartu Vesi AS, Narva Vesi AS, Kuressaare Veevärk AS) toodavad samuti biogaasi, mis leiab kasutust omatarbeks. Prügilagaasi kasutavad ära Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus AS, Paikre OÜ, Uikala Prügila AS, Väätša Prügila AS.



Joonis 7. Eesti biogaasitootjad (Allikas: <https://www.eestibiogaas.ee/biogaasijaamad-eestis>)

Rohegaas OÜ (GreenGas OÜ – Keskkonnakaitse nr L.ÕV/332914)

Estonian Cell AS toodab Kundas Eesti haabadest puitmassi, mida kasutatakse paberi ja kartongi tootmiseks. Puitmassi tootmisel tekkivast reoveest toodetakse juba alates 2014. aastast biogaasi. Biogaasi toodetakse tehase tootmisprotsessis tekkivast reoveest peaaegu 8 miljonit m³ aastas, metaanisaldusega 75–76%. Estonian Cell võõrandab kogu toodetud biogaasi Rohegaas OÜ-le, kes toodab sellest biometaanii. Rohegaas OÜ toodetud biometaan suunatakse otse gaasivõrku, sest Gaasivõrgud AS jaotusvõrk on tootmise lähedal, juurde oli vaja ehitada 400 meetri pikkune torustik.

Rohegaas OÜ kasutab H₂S eraldamiseks vesipuhastusmeetodit. Kogu eraldatud jääkgaas (põhiliselt süsinikdioksiid ja H₂S) suunatakse järelpõletisse, kus läbi termilise oksüdatsiooniprotsessi viiakse läbi jääkide lõppkäitlus. Rohegaas OÜ biometaanii aastatoodang on umbes kuus miljonit kuupmeetrit.⁷⁶

⁷⁶ <https://www.estoniacell.ee/udised/toeostusest-september-2018-kundas-toodetakse-biometaanii/>.

Biometaan OÜ (Keskkonnakaitse nr KL-519978)

Biometaan OÜ tootmiskompleks asub Viljandimaal Põhja-Sakala vallas Koksvere külas Siimani farmi vahetus naabruses, kasutades tooraineks Siimani farmi 1700 veise ja noorlooma vedel- ja tahesõnnikut. Lisatoormeks kasutatakse väheväärtuslikel turbamaadel kasvatatud rohusilo. Kokku saab selles tootmises aastas transpordikütuseks ümber töödelda umbes 81 000 tonni vedelsõnnikut ning 10 000 tonni silo ja sõnnikut. Toodang läheb sajabrotsendiliselt transpordis tarbimiseks. Biometaan OÜ-s toodetakse ligi 1,5 miljonit normaalkuupmeetrit biometaani, mis on kütteväärtuselt samaväärne 1 500 000 liitri bensiiniga. Biometaan OÜ toodab ühest osast oma toodetud biometaanist ka kütuseelemendi vahendusel elektrit ja soojust.

Biogaasist biometaaniks väärindamisel kasutatakse Hollandi ettevõtte DMT Environmental Technology B.V membraanpuhastuse tehnoloogiat nimega DMT Carborex MS. Selliselt on puhastatud biogaas ehk biometaan kasutatav kõikjal, kus praegu kasutatakse maagaasi, sealhulgas on see kasutatav surugaasiautodes ilma piiranguteta nii puhtal kujul kui ka segus maagaasiga. Biometaan jõuab Siimani biometaanijaamast tarbijani 250 bar rõhu all balloonide konteineris, mida veab tarbijateni surubiometaaniga sõitev 400-hobujõuline Iveco Stralis veoauto. Iveco valmistas selle auto eritellimusel, sest vaja oli transpordivahendit, mis oleks vähemalt 320-hobujõuline, vastaks ohtlike veoste standardile ja võimaldaks vedada gaasi kokkusurutuna või veeldatuna. Praegu saab Siimani farmist pärit biometaani päritolutunnistuste alusel tankida kõikidest metaankütust müüvatest tanklatest üle Eesti. Biometaani saab tankida ka Siimani biometaanijaama kõrvale rajatud avalikust biometaani tanklast.⁷⁷

Vinni Biogaas OÜ (Keskkonnakaitse nr KKL/318726)

Vinni biogaasijaamas toimub tooraine ja biolagunevate jäätmete anaeroobne lagundamine biogaasi tootmiseks. Ettevõtte taaskasutab aastas kuni 150 000 tonni toorainet (sh 84 100 tonni biolagunevaid jäätmeid). Vinni Biogaas OÜ toodab alates 2020. aastast biometaani⁷⁸, kuid keskkonnaloal oleva info põhjal põletatakse tekkiv biogaas koguses 6 043 480 m³ koostootmisjaamades CHP1 (nimisoojusvõimsus 2 016 kW_{th}) ja CHP2 (nimisoojusvõimsus 1 301 kW_{th}) elektrienergia tootmiseks. Ettevõtte suudab toota kuni 3,8 mln m³ biometaani aastas. Biogaasi puhastatakse membraanseparatsiooniga. Selle tulemusena saadakse 96–97%-lise metaanisaldusega biometaan.

Tootmisprotsessis tekib anaeroobse lagundamise protsessi tulemusena ka kääritusjääk. SA Taaskasutatavate Materjalide Sertifitseerimiskeskus väljastas 13.07.2020 Vinni Biogaas OÜ-le sertifikaadi nr 8, mis tõendab, et Vinni Biogaas OÜ täidab biolagunevatest jäätmetest kääritusjäägi tootmisel keskkonnaministri 10.05.2016. a määrusega nr 12 „Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta” sätestatud nõudeid ning ettevõtte toodetud kääritusjäägi ohutus- ja kvaliteedinäitajad on keskkonnaministri 10.05.2016. a määruse nr 12 „Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta” lisas 2

⁷⁷ <https://www.biometaan.ee/>.

⁷⁸ <https://rohegaasijaam.ee/firmast/>.

toodud kääritusjäägi ohutus- ja kvaliteedinäitajate piirväärtuste piires. 2023. aasta seisuga ettevõttel kehtivat sertifikaati ei ole⁷⁹.

Tartu Biogaas OÜ (Keskkonnakaitse luba nr KL-510203)

Tartu Biogaas OÜ biogaasijaamas (Ilmatsalu biometaanijaam) töödeldakse põllumajanduses tekkinud taimsete kudede jäätmeid, kõrvalsaadusi (sh ka sõnnikut) ja reovee kohtpuhastusetteid. Ettevõtte taaskasutab aastas kuni 33 250 tonni toorainet (sh 300 tonni reovee kohtpuhastusetteid). Anaeroobse lagundamise protsessi käigus tekkiva planeeritava biometaani aastatoodangu ligikaudne maht on 3 mln m³ ja päevane tootlikkus 15 342 m³.

Oisu Biogaas OÜ (Keskkonnakaitse luba nr L.ÕV/300816)

Sõnniku ja biolagunevate jäätmete töötlemiseks teostatakse metaankääritust, mille tulemusel saadakse biogaas ja digestaat. Metaankääritamiseks vajalik vedel toore (vedelsõnnik jms) kogutakse vastuvõtumahutisse (max 330m³ üheaegselt). Mahuti täitmine toimub kõrvalasuvast laudast tuleva torustiku kaudu või tsisternautodega transporditava vedeltoormega. Biogaasi reaktoris toimub enamasti anaeroobne mesofiilne protsess temperatuurivahemikus 35–42 °C.

Bioforce Aravete OÜ

Bioforce ehitab olemasoleva **Aravete Biogaas OÜ (Keskkonnakaitse luba nr KKL-509621)** tootmisüksuse kõrvale uue jaama, mis hakkab aastas tootma ligikaudu 35 GWh biometaani. Tooraine tuleb kõrvalasuvast Aravete Agro lehmalaudast, ülejäänud tuuakse toidutööstusest. Aravete toodetud biometaan läheb peamiselt Tallinna gaasibussidesse⁸⁰. Biogaasi toodetakse peamiselt veiste vedelsõnniku, veiste tahesõnniku ja muude sõnnikute ning biojäätmete anaeroobse kääritamise teel. Põhiline rõhk on biogaasi tootmisel, mis müüakse ettevõttele Bioforce Aravete OÜ, kes toodab sellest biometaani.

Ebavere Bioforce OÜ (Keskkonnakaitse luba nr KKL-520648)

Ebavere Bioforce OÜ toodab aastas kuni 140 000 tonnist biolagunevatest jäätmetest biogaasi. Käitises võetakse vastu taimsete kudede jäätmed, loomaväljaheited ning toiduainete ja jookide valmistamisel ja töötlemisel tekkinud tarbimis- või töötlemiskõlbmatud materjalid. Tooraine on pärit peamiselt käitise ümbruskonnas olevatest lautadest. Tahke ja vedel tooraine suunatakse kahefaasilisse kääritusse, kus toimub anaeroobne töötlus ja biogaasi tootmine. Kääritusse lisatakse toorainet igapäevaselt ning kääritites on segajad, mis tagavad selle pideva liikumise. Kääritusprotsess toimub 37–42 °C juures ning kestab keskmiselt 35 päeva. Kääritusprotsessi lõpus suunatakse materjal 6000 m³ järelkääritusse, kus toimub keskmiselt 10 päeva jooksul täiendav käärimisprotsess. Toodetud biogaas suunatakse puhastuskonteinerisse, kus see vääridatakse membraantehnoloogia abil biometaaniks. Biometaan komprimeeritakse ning pumbatakse

⁷⁹ <https://www.recycling.ee/wp-content/uploads/2023/12/Sertifitseeritud-toodete-nimistu-dets.-2023-1.pdf>.

⁸⁰ <https://bioforce.ee/>.

spetsiaalsetesse gaasikonteineritesse, transpordipuhvritesse või kiirtankuritesse. Ebaveres toodetud biometaan suunatakse Tallinna linna bussidesse ja raskeveokitesse.⁸¹

EKT Ecobio OÜ (Keskkonnakaitseluba nr KL-511859)

EKT Ecobio OÜ Maardu linnas asuv biogaasitehas on Eestis praegu ainulaadne – biogaasijaam, mis toodab biometaani liigiti kogutud jäätmetest. Ettevõtte kasutab aastas summaarselt kuni 20 000 tonni biolagunevaid köögi- ja sööklajajäätmeid ning biolagunevaid aia- ja haljastusjäätmeid.

Tehasesse vastu võetud jäätmed vajavad eeltötlust. Jäätmed purustatakse ja eemaldatakse võõrised, näiteks kile- ja paberkotid, oksad, metall ja muud jäätmeliigid. Eeltöödeldud jäätmetest toodetakse anaeroobses keskkonnas kuivkääritamise teel biogaasi. Tekkiv biogaas juhitakse gaasipuhastussüsteemi ja väärintatakse biometaaniks. Kääritamise tulemusena tekib vedelat kääritusjääki kuni 15 000 tonni ning tahket kääritusjääki kuni 5000 tonni aastas. Vedelat ja tahket kääritusjääki on võimalik sertifitseerida vastavalt keskkonnaministri 10.05.2016. a määruse nr 12 „Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta“ nõuetele ning turustada tootena.

2023. aastal toodeti Statistikaameti andmetel olemasolevates biogaasijaamades kokku 249 GWh⁸², sh 211 GWh biometaani (päritolutunnistuste alusel⁸³). Arendamisel on üks väiksem põllumajanduslik biogaasijaam Laatres (23 GWh/a). 2024. aasta sügisel tegi Keskkonna- investeringute Keskus rahastamisotsuse nelja uue biogaasijaama rajamise toetamiseks. Biogaasijaamad ehitatakse Viiratsi alevikku Viljandimaal, Tahula külla Saaremaal, Langerma külla Pärnumaal ning Kohala külla Lääne-Virumaal. Uute jaamadega suureneb biometaani tootmismahut 26 miljoni kuupmeetri⁸⁴ ehk 260 GWh võrra aastas. **Seega võib varasemalt loodud tootmisvõimsuste säilimisel prognoosida aastaks 2030 biogaasi iga-aastase tootmismahuna vähemalt 520 GWh.**

2.3.3. Järeldused

- Eestis tegutsevast kuueteistkümnest biogaasitootjast, sh prügilagaasi tootjast kaheksa toodavad biometaani. Biometaani toodavad kõik biogaasitootjad, kes sisendina kasutavad põllumajandusest pärit jäätmeid (tahe- ja vedelsõnnik). Biometaani toodab ka Eesti ainus biojäätmeid biogaasistav ettevõtte ning üks tööstusettevõtte annab tööstuses toodetava biogaasi edasi biometaani tootmiseks.
- Biogaasijaamad, mis algselt kasutasid biogaasi koostootmisjaamades elektri- ja soojuste tootmiseks, on nüüd üle läinud ka biogaasi puhastamisele ja toodavad biometaani.

⁸¹ <https://www.postimees.ee/7970754/puhta-energia-tootja-bioforce-ebavere-pani-kredexi-abil-toole-uu-biometaanitehase>.

⁸² https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus_energeetika_energia-tarbimine-ja-tootmine_aastastatistika/KE0230.

⁸³ <https://elering.ee/biometaani-paritolutunnistused>.

⁸⁴ <https://www.kik.ee/et/uudised/eesti-saab-juurde-neli-biometaani-tootmisjaama>.

- Eestis on loodud või loomisel võimekus toota biogaasi ja biometaani üle 500 GWh aastas.

2.4. Ülevaade maagaasi ja biogaasi kasutamisest

2.4.1. Tarnimise ja tarbimise alused

Biogaasist on võimalik toota otse soojust ja elektrit või toota biometaani. Biometaani kasutamise võimalused on laiemad kui biogaasil. Kui biometaan on puhastatud selliselt, et vastab ülekandevõrku sisestatava võrgugaasi kvaliteedinäitajatele, saab biometaan asendada maagaasi kõikides valdkondades – nii kodumajapidamistes, koostootmisjaamas elektri ja soojuste tootmiseks kui ka transpordikütusena.

Elektri ja soojuste tootmine

Biogaas on lokaalne kütus, mis võimaldab edendada hajaenergeetikat ning vähendada võrgukadusid. Uuringus „Biogaasi kasutamise avalikud hüved“⁸⁵ on leitud, et biogaasijaamade optimeerimisest, mis lähtuvad toorme asukohast ja tarbimise olemasolust, võivad võrgukaod väheneda kuni 10%. Biogaasi tootmine tagab stabiilse energiavarustuse, mistõttu on ka kogu energiavarustussüsteemi balansseerimiskulud väiksemad. Samuti leitakse, et biogaasijaama abil saab vähendada soojahinda.

Biogaasi kasutamine otse soojuste ja elektri tootmiseks hõlmab võrreldes biogaasi muundamisega biometaaniks vähem töötlemistappe. Selline lihtsam protsess vähendab süsteemi keerukust ja võimalikke tõrkepunkte või ebaefektiivsust. Biogaasi biometaaniks muundamise käigus läheb osa energiast kaduma. See kaotus tekib seetõttu, et töötlemisprotsess, mis hõlmab süsinikdioksiidi ja muude lisandite eemaldamist, nõuab energiat. Seetõttu on biogaasi otsekasutuse korral üldine energiatoodang suurem. Biogaasi otsene kasutamine elektri ja soojuste tootmiseks võib olla majanduslikult elujõulisem, sest lihtsama süsteemi puhul, mis ei nõua täiendavaid protsesse biogaasi biometaaniks rikastamiseks, on kapitali- ja tegevuskulud madalamad. Biogaasi kasutamine otse kohapeal elektri ja soojuste tootmiseks võib olla mugavam ja logistiliselt lihtsam. Kui biogaasi kasutada kohapeal CHP-s ainult elektri tootmiseks (soojus jääb kasutamata), on selle protsessi efektiivsus ~40%. Seega tuleb planeerimisel arvestada, et kogu soojus oleks võimalik realiseerida nt mõne asula kaugküttevõrku või muule soojustarbijale. Koostootmine ilma soojust müümata ei ole majanduslikult mõttekas. Biogaasi otsesel kasutamisel soojuste tootmiseks on efektiivsus ~92% ning koostootmise puhul on kasutegur kuni 90%. Kui puhastada biogaas

⁸⁵ https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/a/a6/Oja%2C_A._Biometaani_kasutamise_avalikud_h%C3%BCved.pdf.

biometaaniks ja sisestada see gaasivõrku ning kasutada eemal asuvas CHP seadmes, on protsessi efektiivsus ~37% (eeldusel, et biogaasi puhastamisprotsessi efektiivsus biometaaniks on ~92%). Kui biogaas puhastada biometaaniks ning seda veeldada ja transportida (kui gaasivõrku ja tarbimist pole lähedal), on protsessil suured lisaenergiakulud, kuna veeldatud biometaani tuleb hoida -162 °C juures. Sellisel juhul on efektiivsus ~34%.⁸⁶

Transport

Biometaani saab kasutada CNG ja LNG asemel või segatult. Biometaani kasutamiseks sise põlemismootoriga autodes on biometaan vaja komprimeerida või veeldada. Komprimeerimisel 250 baarini on biometaani puhastamise ja komprimeerimise efektiivsus kokku ~89%. Sel juhul pole aga arvestatud, et rõhu hoidmine nõuab samuti energiat. Veeldamise puhul on efektiivsus ~20% ja koos biometaani puhastamisega on efektiivsus kokku vaid ~18%. Sise põlemismootorite efektiivsus on vahemikus ~30–35%, kuid enamasti ei tööta mootor optimaalsel režiimil ehk efektiivsus on ~20%. Elektriautode puhul on aga elektrienergia muundamisel mehaaniliseks energiaks kasutegur 59–62% ja nende efektiivsus on 1,8 korda kõrgem sise põlemismootoritest.⁸⁶ Samas tuleb laiemas vaates arvesse võtta ka elektri tootmise, edastamise ja jaotamise kasutegureid, mille puhul võib elektriauto efektiivsus olla väiksemgi kui sise põlemismootoriga autol.

Biometaani tarbitakse Eestis peamiselt ühistranspordis, kus suur roll on siiani olnud suurematel linnadel. Tallinna säästva energiamajanduse ja kliimamuutustega kohanemise kava 2030⁸⁷ näeb ette, et aastaks 2035 on ühistransport fossiilkütusevaba ning alternatiivsete kütustena nähakse nii biometaani, elektrit kui ka vesinikku. Tallinnas sõidab biogaasiga 542 bussist 350, mis on soetatud viimastel aastatel. Tartu linna bussiliine teenindab 64 madalapõhjalist bussi ja kõik bussid sõidavad biogaasiga. Tartu abilinnapea Raimond Tamme sõnul ei kaaluta veel biogaasibusside väljavahetamist, sest vesiniku- ja elektribussid on suur lisakulu. Tartu liiniveoleping kehtib kuni 2029. aasta juunikuuni lõpuni.⁸⁸

Transpordiameti statistika⁸⁹ kohaselt on Eestis hetkeseisuga registreeritud 2619 CNG sõidukit. Viimase viie aastaga on CNG sõidukite arv oluliselt kasvanud, võrreldes näiteks 2018. aastaga, kui registreeritud CNG sõidukite arv oli vaid 652. Võrreldes aga elektriautode arvu hüppelise kasvuga on CNG sõidukite arvu kasv siiski tagasihoidlikum. 2023. aastal oli Eestis registreeritud elektriautosid 5747 ning 2018. aastal 1416.

Gaasivõrk

Selleks, et gaasi transportida gaasivõrgu kaudu, peab olemasolev gaasivõrk olema maksimaalselt 5 km kaugusel biometaanijaamast. Nendes kohtades, kus tootmisüksuse lähedal ei paikne olemasolevat gaasivõrku või tanklat, tuleb biometaani transportida veokitega kas veeldatud või

⁸⁶ R. Hakawati, B. M. Smyth, G. McCullough, F. De Rosa, ja D. Rooney, „What is the most energy efficient route for biogas utilization: Heat, electricity or transport?“, Appl. Energy, kd 206, lk 1076–1087, nov 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.068.

⁸⁷ https://www.riigiteataja.ee/aktiis/4160/6202/1001/Kliimaneutraalne_Tallinn_12.pdf#.

⁸⁸ <https://www.err.ee/1609237821/omavalitsused-biogaasil-soitvaid-busse-valja-vahetama-ei-torma>.

⁸⁹ <https://www.mntstat.ee/>.

komprimeeritud kujul. Üldiselt on biometaani komprimeerimine kuluefektiivsem, kuid kui biometaani on vaja transportida üle 100 kilomeetri kaugusele, on veeldatud gaas paremaks alternatiiviks.⁹⁰

Gaasivõrguga liitumine on reguleeritud õigusaktidega, milleks on maagaasiseadus ja selle alusel majandus- ja taristuministri kehtestatud määrus „Gaasituru toimimise võrgueeskiri“. Lisaks tuleb gaasivõrguga liitumisel lähtuda Eleringi gaasi ülekandevõrguga liitumise tingimustest ja gaasi ülekandevõrgu liitumistasu arvestamise meetodikast. Eleringi andmetel⁹¹ on alates Balticconnector'i valmimisest ja Karksi gaasimõõtejaama rekonstrueerimisest gaasisüsteemi tehniline läbilaskevõime suurenenud 81% võrra, s.o 147 GWh-lt päevas 266 GWh-ni päevas. Samuti näitavad viimastel aastatel liitumiste eeluuringute raames koostatud võrguanalüüsid, et erinevalt elektrivõrgust on gaasivõrgus piisavalt vaba ülekandevõimsust ka suurte liitumisprojektide realiseerimiseks, vajamata liitumistasust kaetavaid täiendavaid investeeringuid ülekandevõrgu läbilaskevõime suurendamiseks. Süsteemihalduri Elering AS-i omanduses on Eesti ülekandevõrk. Suurim jaotusteenust osutav ettevõtja on AS Gaasivõrk (Eesti Gaas AS tütarettevõte). Lisaks AS-ile Gaasivõrk on Eestis veel 20 tegutsevat maagaasi jaotusvõrguettevõtet.⁹² 2024. aasta seisuga sisestatakse biometaani üksnes jaotusvõrku.

Tanklad

Tanklad, kus saab tankida CNG-d, saavad klientidele pakkuda ka biometaanist toodetud surugaasi ehk CBM-i (*compressed biomethane*). Eesti Gaasi tanklates üle Eesti on valida kahe toote vahel: rohegaas ja maagaas+. Rohegaas on Eestis toodetud CBM ja maagaas+ on CNG ja CBM-i segu muutuv vahekorras. Rohegaasi ja maagaasi keemiline koostis ning kvaliteet on ühesugused, seega võib neid paralleelselt kasutada. Mõlemad gaasid on surugaasid, mis tähendab, et gaas on 200 korda kokku surutud ja tavalisest torugaasist suurema rõhu all⁹³. CBM-i saab tankida üle Eesti eri kütusemüüjate juures, ülevaatlik teave tanklate asukohtadest on leitav lingilt <https://www.biometaan.info>.

2.4.2. Gaasitarbimise prognoosid

Järgnevalt toome ülevaate uuringutest, milles on koostatud gaasitarbimise prognoose või tulevikustsenaariume. Civitta Eesti AS koostas 2021. aastal uuringu⁹⁴, kus käsitleti gaasitarbimise

⁹⁰ „IEA_transport_T37_END_HIGH.pdf“. Vaadatud: 19. veebruar 2023. [Online]. Available at: https://task37.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/sites/32/2022/02/IEA_transport_T37_END_HIGH.pdf.

⁹¹ Eesti gaasiülekandevõrgu arengukava 2023–2032.

⁹² <https://www.konkurentsiamet.ee/elekter-gaas-soojus-ja-vesi/gaas/gaasi-valdkonna-tutvustus>.

⁹³ <https://www.gaas.ee/cng/>.

⁹⁴ Civitta Eesti AS 2021. Gaasitarbimise puhtale energiale ülemineku uuring – Eesti gaasitarbimise prognoos kuni 2050. aastani. Tellija: Elering AS.

prognoosi aastani 2050. Uuringu eesmärk oli prognoosida Eesti siseriikliku võrgugaasi tarbimise mahtu 2050. aastani maagaasi, biometaan, sünteetilise metaani, vesiniku ja nende seguna ning selle põhjal hinnata praeguse võrgugaasi tarbimise asendamise võimalikkust elektri või vesiniku tarbimisega. Tuleb tähele panna, et uuringu eesmärk oli seotud gaasitarbimise võimaliku asendamise või koguni lõpetamisega (üleminek elektrienergiale või muule energiaallikale). Uuringu käigus võeti vaatluse alla gaasitarbimisele olulist mõju avaldavad 27 suurtarbijat Eestis ja seejärel ülejäänud võrgugaasi tarbijad. Tarbijagruppide põhjal töötati välja ühtsed Eesti siseriikliku võrgugaasi tarbimise stsenaariumid 5-aastase sammuga perioodiks 2025–2050. Stsenaariumite koostamisel rakendati mitmeid eelduseid ja need olid praegust võrgugaasi asendava iseloomuga, kuid fookuses oli ka maagaasi tarbimise muutus.

Prognoos on oluline selle tõttu, kuna hinnati nii võimalikku tarbimise muutust tulenevalt energiatõhususe suurenemisest kui ka maagaasi asendavate võimalike alternatiivide võrdluses. **Käesoleva uuringu autorite arvates on oluline jälgida nii alternatiivide prognoosi nimetatud uuringust, aga ühtlasi tuleb arvestada sellega, et prognoos ei võta arvesse 2022. aasta veebruaris alanud sõda Ukrainas.**

Teiseks uuringuks, mida vaatleme on Elering AS-i tellitud ja 2020. aastal valminud Eesti pikaajaline gaasitarbimise prognoos.⁹⁵ Siinkohal märgime, et erinevaid prognoose võrreldes on oluline jälgida tarbimise gruppe järgmiselt:

- võrgugaasi kasutamine energeetikas (elektri tootmine, energiasektori omatarve, soojuse tootmine);
- võrgugaasi lokaalne tarbimine (kodumajapidamised);
- tööstustarbimine ja tarbimine toorainena;
- tarbimine transpordisektoris;
- tarbimine põllumajandus- ja metsandussektoris.

Nii esimene kui ka käesolev viidatud gaasitarbimise prognoos hõlmavad nimetatud tarbijate gruppe ja jaotust. Pikaajalises gaasitarbimise prognoosis on aluseks võetud nii biogaasi tootmise arengut kui ka energiatõhust suurendavaid investeeringuid Eestis. Hinnati nii CNG sõidukite kasutamist, elektri ja maagaasi hinda, kuid olulises osas lähtuti varasemast aegreast ja selle trendist. Prognoosi pikkus oli 10 aastat ehk prognoos liigitub keskpikka vaatesse. Arvestades nii valdkonna investeeringuid kui ka reaalselt ehitusprotsesside kestust, ei saa eeldada kiireid ja suuri muutuseid.

Kuna Tallinna Tehnikaülikooli koostatud prognoos on veelgi varasem eelnevalt kirjeldatud Civitta Eesti AS-i koostatud prognoosist, ei kajastu ka selles 2022. aasta veebruaris Ukrainas alanud sõja mõju.

Kolmandaks vaatleme Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi tellitud uuringut „Gaasivõrgu dekarboniseerimine“⁹⁶, mille väljund oli ühelt poolt regionaalse gaasituru dekarboniseerimiseks vajalik regulatiivse raamistiku vaatlus, aga ka pikaajaline prognoos (sh biogaasi stsenaarium

⁹⁵ Tallinna Tehnikaülikool 2020. Eesti pikaajaline gaasitarbimise prognoos. Tellija: Elering AS.

⁹⁶ Aeby, L., Ying Lee, L., Dedecca, J.G., Nuffel, L. (Trinomics), Keypour, J., Muthukumaran, G., Tool, B. (SEI). 2023., Gas Decarbonisation Pathways for Estonia (3 Baltic states + Finland), 2023.

gaasivõrgu dekarboniseerimiseks). Nimetatud uuringu Aeby jt (2023)⁹⁶ puhul on oluline, et prognoosi mõjutas 2022. aasta veebruaris Ukrainas alanud sõda ja seetõttu toimusid muutused gaasi tarbimises perioodil august 2022 kuni jaanuar 2023. Näiteks Eestis vähenes gaasi tarbimine 32% võrreldes samade kuudega aastatel 2017–2022. Uuringus oli esikohal soovitude välja töötamine piirkondliku gaasituru dekarboniseerimiseks. Selleks võrreldi piirkonna jaoks tavapärasest äritegevuse (BAU, ingl *business as usual*) stsenaariumit kolme gaasisektori jaoks CO₂ heite vähendamise stsenaariumiga. Käesoleva uuringu vaates on oluline mõista kasutatud stsenaariumite aluseid ja eeldatud suundumusi.

Uuringus koostatud stsenaariumid olid järgmised.

- Taastuva metaani (REN-Methane) stsenaarium, mis kasutab biogaasi ja biometaanivõrgupõhiste ja -väliste lahenduste jaoks, eelistades vesinikku võrguväliste raskesti dekarboniseeritavate lahenduste jaoks.
- Taastuva vesiniku (REN-Hydrogen) stsenaarium, mis hõlmab vesiniku kasutamist võrgus ja väljaspool võrku ning piirkondliku piiriülese vesinikuvõrgustiku arendamist 2050. aastaks.
- Minimaalse kulu stsenaarium (ingl *cost minimal*, CM), mis uurib konkurentsi taastuvate gaaside ja maagaasi vahel, et leida vähima kulupõhise dekarboniseerimise lahendus modelleeritud perioodil, arvestades seatud piiranguid ja modelleerimise piire.

Uuringu tulemusena leiti, et nii majanduse kui ka energiasüsteemi mõju hindamise põhjal on kõik kolm stsenaariumit võrreldes BAU stsenaariumiga kasulikud. Järeldati, et kuigi CO₂ heite vähendamise viisid nõuavad suuremaid investeeringuid kui BAU stsenaarium, kaaluvad positiivsed otsesed ja kaudsed mõjud majanduse, tööhõive, energiakulude ja impordisõltuvuse osas üles suuremad üldised kapitalikulud. Uuringus on esitatud ka mitmeid olulisi hinnanguid ja parameetreid (koefitsiente). Näiteks on biometaanitootmise arengu jaoks hinnatud tooraine muutust, kus 2050. aastaks moodustavad Eestis põllumajanduslikud kaassaadused 50% (järgnevalt sulgudes 2022. aasta seis, 64%), reoveesetted 4% (4%), prügilad 0% (32%) ja biojätmed 46% (0%) toorainest.

REN-Methane stsenaariumi alus oli järgmine. Aastate jooksul on eeldatud, et maagaasi osakaal üldisest gaasinõudlusest väheneb järk-järgult ning aastaks 2050 lõpeb maagaasi nõudlus/kasutamine. Biometaanipotentsiaali alusel tehti prognoosid järk-järgult kuni aastani 2050, et kasutada ära maksimaalselt majanduslikult teostatav potentsiaal, mis on analüüsi eelduste kohaselt 2,4 TWh. FCHJU uuringu (ingl *fuel cells and hydrogen joint undertaking report*, 2020) põhjal on roheline vesiniku kogutarbimine väljaspool võrku tööstuse ja transpordisektori jaoks 2030. aastaks 0,013 TWh/aastas, ning nõudlus suureneb järk-järgult kuni aastani 2050, ulatudes 0,071 TWh-ni. Tehnilise piirangu tõttu vesiniku segamisel gaasijuhtmesse eeldatakse, et vesiniku juhtimine maagaasi võrku ei ületa 10% (mahuprotsentuaalselt) ja maksimaalne segamisprotsent (st 10 mahuprotsenti) jääb püsima kuni aastani 2050. Pärast olemasoleva biometaanitootmise ja piiratud tehnilise kättesaadavusega vesiniku kasutamist maagaasivõrgus rahuldatakse ülejäänud nõudlus, mis on 2050. aastaks 0,175 TWh, juhtides SNG-d maagaasivõrku

(väljaspool võrku kasutamata). Gaasinõudlus 2030. aastaks on prognoosi kohaselt 3655 GWh, mis väheneb 2040. aastaks 2699 GWh-ni ja 2050. aastal on mahuks 2501 GWh.

Lisaks juhime tähelepanu asjaolule, et Euroopa Komisjoni tellitud gaasituru tulevikustsenaariumite analüüsis⁹⁷ langevad nii stsenaariumid kui ka tulemid teatud määral kokku gaasituru dekarboniseerimise uuringu tulemustega kogu Balti-Soome piirkonna kohta. Nimetatud uuringus jõuti järgmistele järeldustele.

- Elektrifitseerimise stsenaarium: 2050. aastaks väheneb kogu gaasitarbimine Euroopas u 40%.
- Biometaani stsenaarium: summaarne gaasitarbimine kasvab u 25% ning üle 90% gaasivajadusest kaetakse bio- ja sünteetilise metaaniga.
- Vesiniku stsenaarium: summaarne gaasitarbimine ei muutu ja üle 80% gaasivajadusest kaetakse vesinikuga.

Järgnevalt esitame kolme eelmärgitud uuringu põhjal gaasi tarbimise prognooside võrdluse. Varasemates töodes toodud andmetel vaadeldud prognoosid tarbijate lõikes näitavad, et väga oluline on arvestada parameetritega (koefitsientidega), mida on prognooside koostamisel kasutatud. Samal ajal 2020. aastal ja 2021. aastal erinevatel alustel koostatud prognooside tulemused kuni 2030. aastani ei erine märkimisväärselt (Tallinna Tehnikaülikool prognoosis 2030. aastaks 4796 GWh/a ja Civitta Eesti AS 4528 GWh/a; Tabel 7.).

Tabel 7. Gaasi tarbimise prognooside võrdlus tarbijate lõikes Eestis perioodil 2025–2050, GWh (Allikas: Civitta Eesti AS, 2021; Aeby jt 2023)

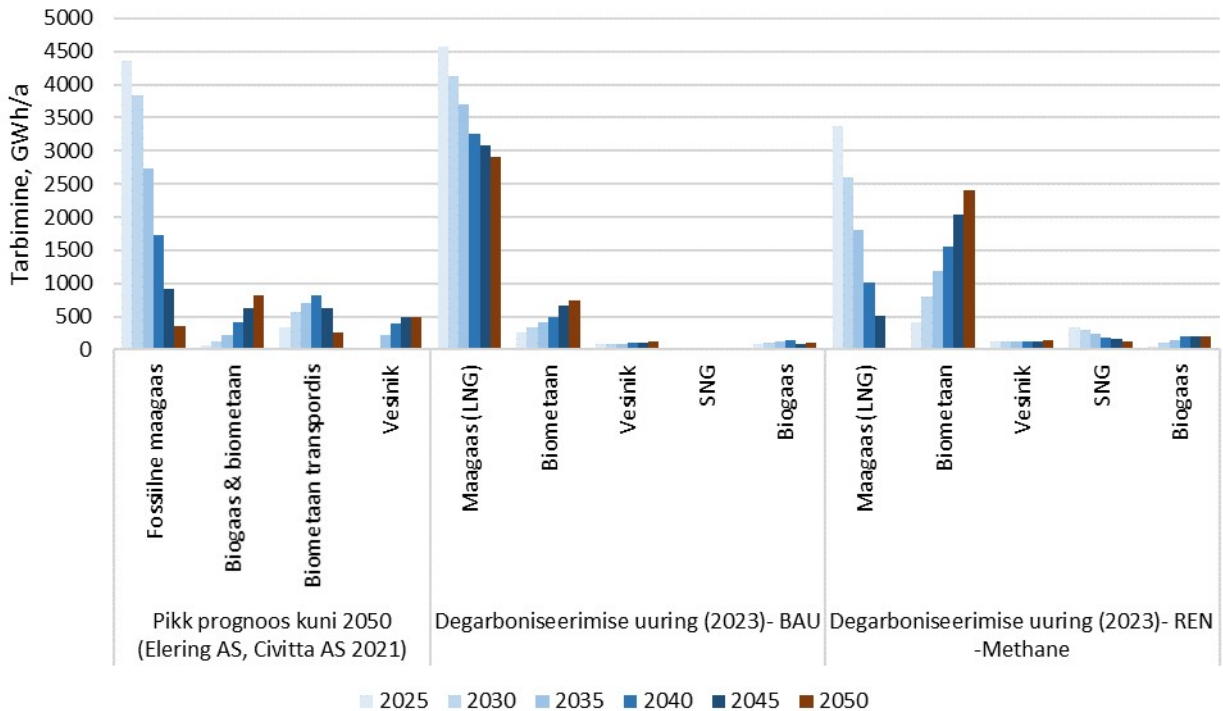
Baasprognoosid	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Maagaas + biogaas							
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks	1800	1614	1484	1460	1460	1460	1460
Keskpikk prognoos kuni 2030 + samal tasemel jätkumine (Elering AS, TTÜ 2020)							
Kodumajapidamised	746	775	800	800	800	800	800
Äri- ja avaliku teenuse sektor	948	975	1000	1000	1000	1000	1000
Tööstussektor	1286	1280	1280	1280	1280	1280	1280
Tooraineks	0	0	0	0	0	0	0
Transport	83	137	182	185	185	185	185
Põllumajandus ja metsandus	53	50	50	50	50	50	50
Kokku	4916	4831	4796	4775	4775	4775	4775

⁹⁷ Cătuți, M., Egenhofer, C., Elkerbout, M. 2019. The future of gas in Europe: Review of recent studies on the future of gas. https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2019/08/RR2019-03_Future-of-gas-in-Europe.pdf.

Baasprognosisid	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Maagaas							
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks	1586	1269	982	560	236	72	0
Kodumajapidamised	744	646	548	354	189	64	0
Äri- ja avaliku teenuse sektor	948	835	684	387	170	40	0
Tööstussektor	1343	1350	1263	1095	822	542	270
Tooraineks (sh CCGT)	30	30	30	30	30	30	30
Transport	78	234	324	318	285	164	48
Kokku	4729	4364	3831	2744	1732	912	348
Biogaas ja biometaan							
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks	0	0	0	13	22	28	31
Kodumajapidamised	0	0	0	15	25	28	21
Äri- ja avaliku teenuse sektor	0	0	0	15	22	22	19
Tööstussektor	0	64	119	170	354	545	750
Tooraineks	0	1	2	3	4	5	6
Transport	91	338	576	709	811	617	249
Kokku	91	403	697	925	1238	1245	1076
Gaas kokku	4820	4767	4528	3669	2970	2157	1424

Pikk
prognosis
kuni 2050
(Elering
AS,
Civitta AS
2021)

Võrreldes erinevate gaasiliikide tarbimist kahe erineva pika prognoosi võrdluses, tuleb esile samuti stsenaariumi alustest tingitud erinevus (joonis 8). Ühtlasi on näha, et Elering AS prognoosi kohaselt toimub 2050. aastaks enamikus sektorites maagaasi tarbimise lõpetamine ja tarbitavaks koguseks kujuneb 348 GWh/a. Biogaasi tarbimise prognoos on 1076 GWh/a. Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringus eeldatakse oluliselt suuremat gaasi tarbimist. BAU stsenaariumis on jätkates tavapärase sektori arenguga prognoositud maagaasi tarbimiseks 2900 GWh/a. Ühtlasi on prognoositud ja majanduslikult läbi arvatud biogaasi stsenaarium, mis võimaldaks dekarboniseerida gaasivõrku, aga ka saavutada piisavalt head majanduslikud tulemused.



Joonis 8. Gaasi tarbimise prognooside võrdlus liigiti Eestis perioodil 2025–2050 (Allikas: Civitta Eesti AS, 2021; Aeby jt 2023)

Biogaasi stsenaariumis (REN-Methane) on 2050. aastaks prognoositud 2400 GWh/a biometaani kasutamist, mis siinse töö raames läbi viidud biogaasi tootmise toorme kaardistuse põhjal (vt aruande ptk 2.2) ületab mitmekordselt siseriiklikku ressursipotentsiaali biometaani tootmiseks, kuid maagaasi kasutamine selleks ajaks lõpeb. Lisaks prognoositakse vesiniku, sünteetilise gaasi (SNG) ja biogaasi tarbimist.

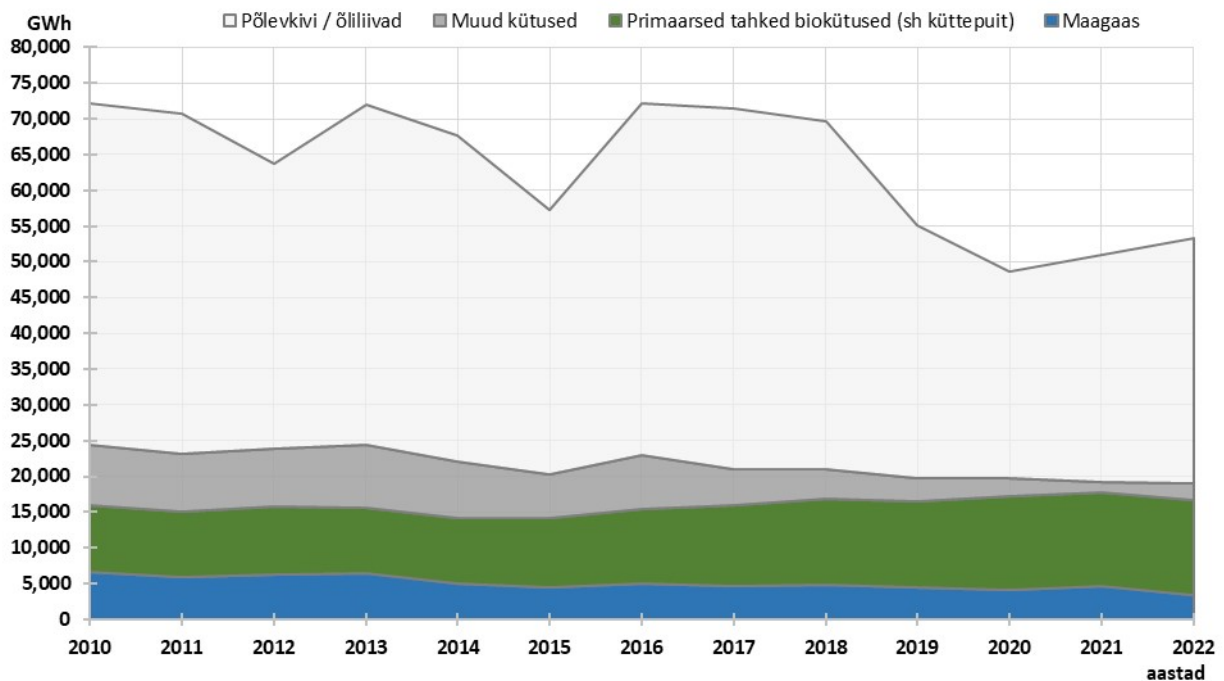
Gaasitarbimise prognooside koostamisel ja valideerimisel võiks soovitavalt lähtuda Euroopa akadeemiate teadusnõukoja (EASAC, *European Academies' Science Advisory Council*) raportis „Future of the Gas“ esitatud soovitudest.

- **Esmatähts on energiatõhusus:** oluline on vähendada energiavajadust hoonetes, tööstuses ja transpordis.
- **Taastuenergiaallikatel** põhineva energiatootmise arendamine: aluseks maagaasi, kivisöe ja nafta kasutamise lõpetamisele.
- **Gaasikatelde keelamine elamutes:** gaasikatlad tarbivad 39% EL-is kasutatavast maagaasist. Alternatiiviks on üle minna soojuspumpadele, taastuvatest allikatest toodetud elektrile või taastuvkütusel põhinevale kaugküttele.
- **Arendada ja kasutada EL-is säästvaid tehnoloogiaid** ning mitmekesistada kriitiliste toorainete ja alternatiivsete kütuste tarneid, et maksimeerida EL-i energia varustuskindlust.
- **Toetada kodumajapidamisi ja ettevõtteid**, et piirata energiapuudust ja kõrgetest energiaarvetest põhjustatud pankrotte.
- **Soodustada EL-i tööjõu ümberõpet** energiasäästu tehnoloogiate ja taastuvkütuste ning taastuenergia tootmistehnoloogiate arendamiseks.

2.4.3. Senise gaasitarbimise statistika

Balti riikide ja Soome üldine gaasinõudlus oli 2022. aastal ligikaudu 40% väiksem kui 2021. aastal, kui see langes 66,7 TWh-lt 2021. aastal 40 TWh-le 2022. aastal. Gaasitarbimise vähendamisel mängis olulist rolli gaasihinna tõus. Gaasitarbijad läksid üle odavamatele energiaallikatele, mis viis gaasinõudluse vähenemiseni⁹⁸.

Käesolevas peatükis on kasutatud Tallinna Tehnikaülikooli uurimistö⁹⁹ tulemusi, mida on uuendatud aastani 2022. Maagaas moodustas Eesti sisemaisest kütuste tarbimisest 2022. aastal 44 024 GWh, mis on 6% kogu kütuste tarbimisest (vt joonis 9). Väärtused on pärit Statistikaameti andmebaasist ja arvatud vastavalt Eurostati metoodikale.

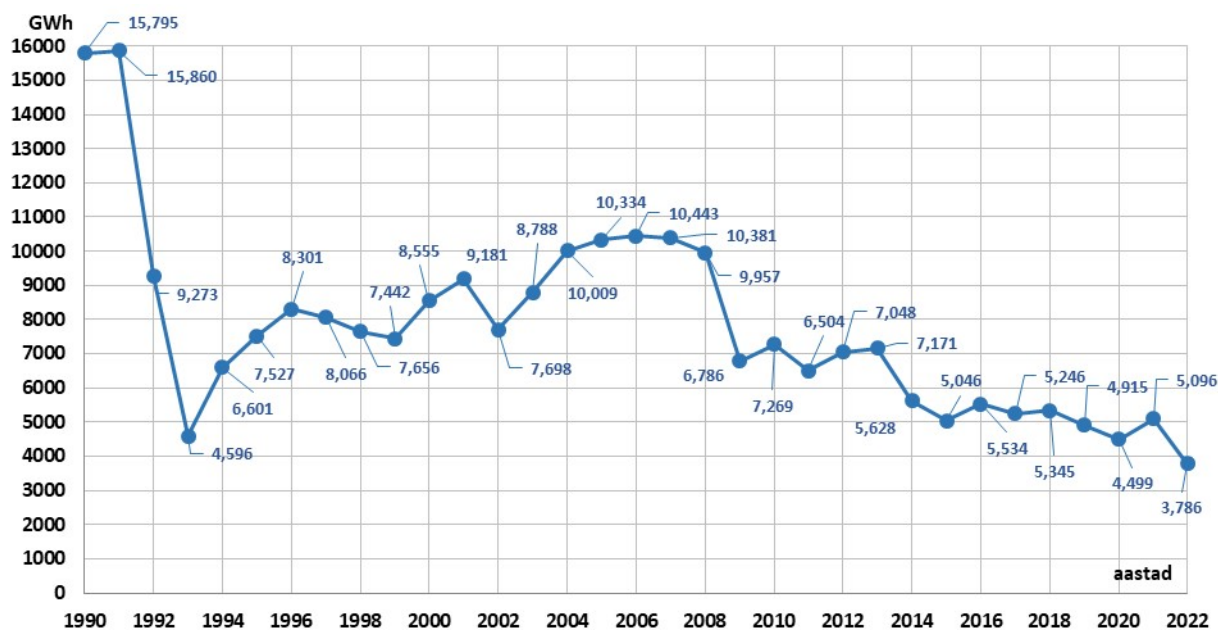


Joonis 9. Eesti sisemaise kütuste tarbimine kütuse liikide järgi aastatel 2010–2022

Maagaasi tarbimiskoguse analüüs näitab, et Eestisse imporditud ja siin tarbitud maagaasi aastane kogus olnud kõikum, kuid üldine tendents on vähenemise suunas (Joonis 10).

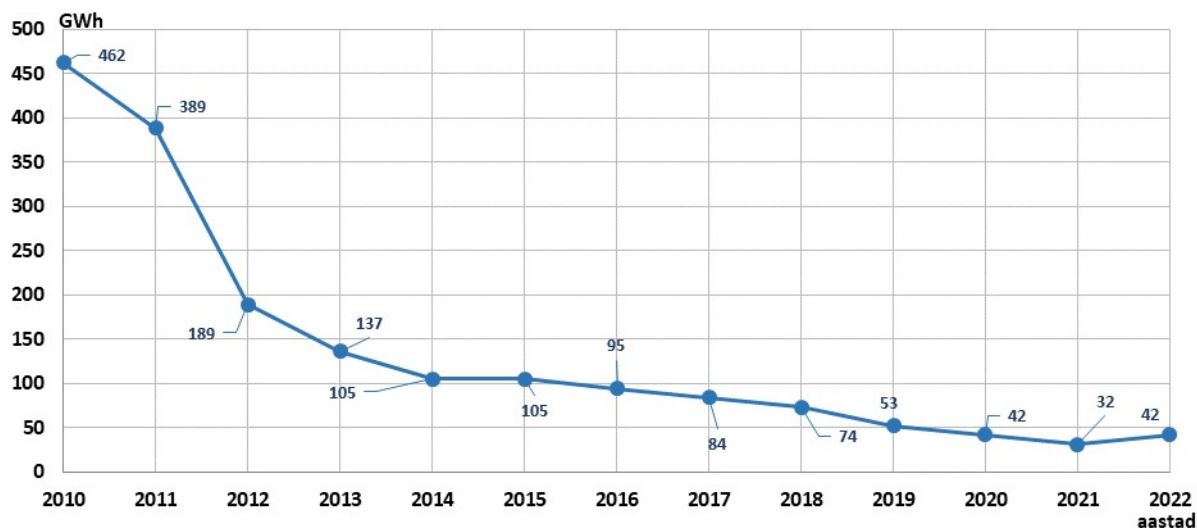
⁹⁸ Elering.ee.

⁹⁹ „Eesti pikaajaline gaasitarbimise prognoos“, 2020. <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/2abefdff-cfce-4fba-bf27-da0e028ec824>.



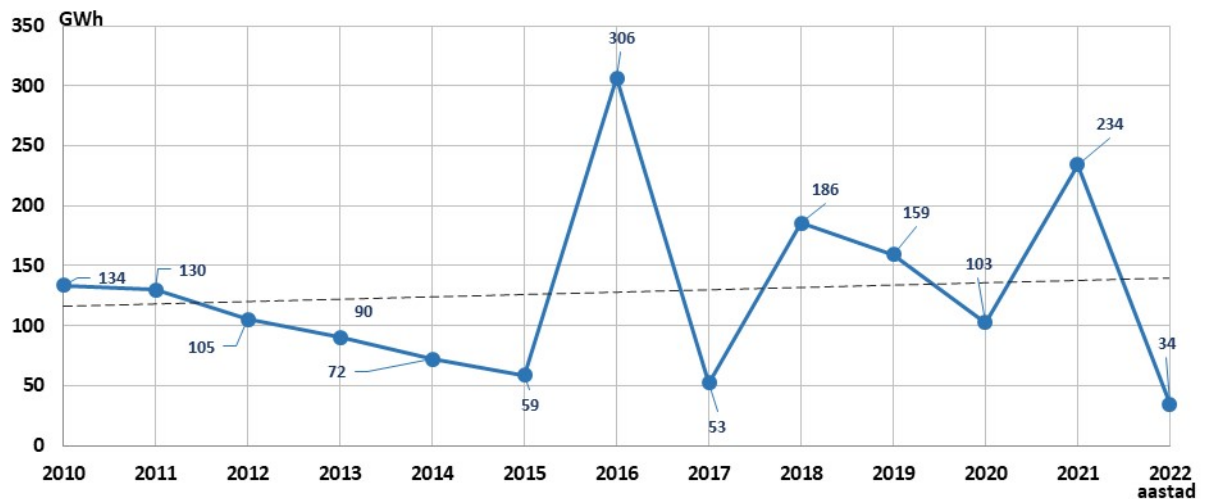
Joonis 10. Maagaasi sisemine tarbimine Eestis aastatel 1990–2022

Maagaasi kasutamine elektri tootmiseks on pidevas languses (vt joonis 11). Aastal 2022 oli maagaasi tarbimine elektri tootmiseks umbes üheksa korda väiksem võrreldes aastaga 2010 ja moodustas 42 GWh ehk alla 1% maagaasi kogutarbimisest aastal 2022.



Joonis 11. Maagaasi kasutamine elektri tootmiseks aastatel 2010–2022

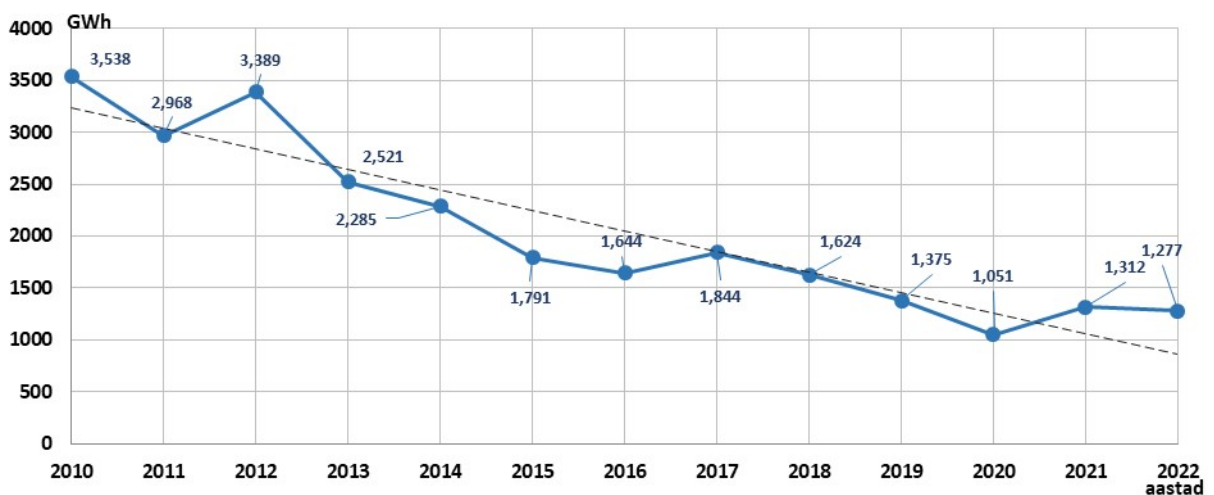
Maagaasi kasutus energiasektori omatarbeks oli aastatel 2010–2022 muutliku iseloomuga (joonis 12). Aastatel 2015, 2016 ja 2019 oli maagaasi tarbimine ligikaudu ekvivalentne vastavalt 7 MW, 39 MW ja 24 MW kütusevõimsusega (taandatuna ühtlasele aastatarbimisele, vt joonis 13).



Joonis 12. Maagaasi energiasektori omatarbeks aastatel 2010–2022

Vastavalt Statistikaameti kasutatud definitsioonile on energiasektori omatarve energiatootjate ja muundamisettevõtete enda jaoks toodetud ning ostetud energia. Energiasektori omatarve märgib energiasektoris kasutatud koguseid, mis on vajalikud kaevandamiseks, muundamisprotsessideks ning elektri ja/või soojustootmiseks. See, kes ja millises ulatuses esitab Statistikaametile andmeid maagaasi tarbimise kohta energeetiliseks omatarbeks, ei ole kindlalt teada. Teoreetiliselt võiks maagaasi tarbimine selleks otstarbeks olla seotud maagaasi kasutamisega uute ehitatavate energiatootmiseadmete ehitamise/käivitamise/testimise ajal.

Aastast 2010 on näha pideva gaasitarbimise languse trendi soojustootmiseks (vt joonis 13). Languse peamine põhjus on energiasäästumeetmete rakendamine kaugküttepiirkondades ja üleminek kohalikele kütustele (puiduhake, turvas, olmejäätmed).



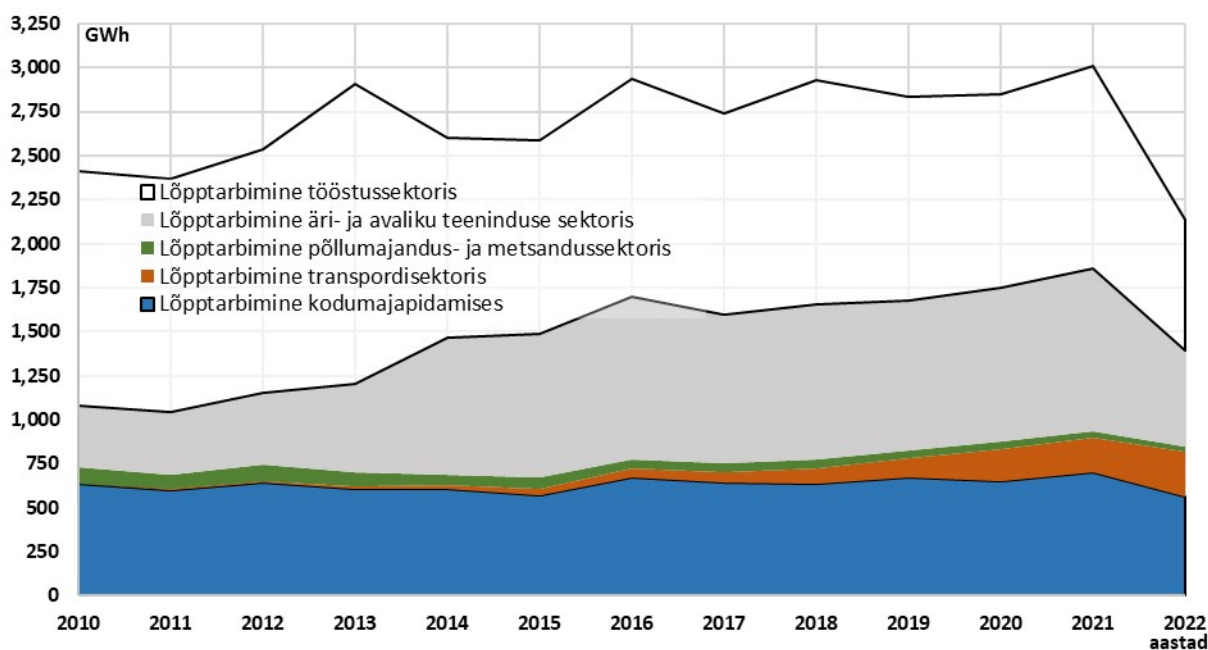
Joonis 13. Maagaasi tarbimine soojustootmiseks aastatel 2010–2022

Näiteid peamistest gaasitarbimist vähendanud projektidest (üleminek kohalikele kütustele).

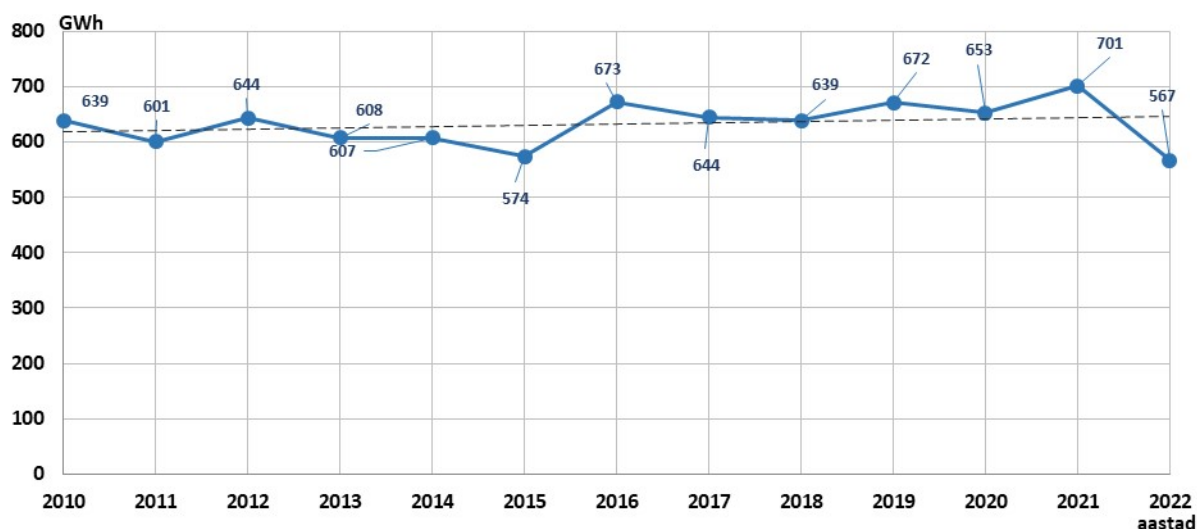
- 2008. aasta lõpus valmis puiduhakkel töötav Tallinna elektrijaam (aastane soojuse toodang kuni 480 GWh) ja Tartu KTJ (planeeritud soojuse toodang ~300 GWh/aastas).
- 28. jaanuaril 2011 avati Pärnu KTJ (planeeritud soojuse toodang 220 GWh aastas).
- 2013. aasta suvel avati Iru KTJ prügipõletusplokk (aastane hinnanguline soojuse toodang kuni 430 GWh).
- 2013. aastal valmis Adven Eesti AS Rakvere koostootmisjaam (hinnanguline soojuse toodang 25 GWh aastas).
- 2014. a sai valmis 4 MW tahke biokütuste katel Põlvas (soojuse toodang umbes 25 GWh aastas).
- 2019. a sügisel avati Mustamäe KTJ (47 MWs ja 10 MWel).
- Paigaldati mitmed suitsugaaside kondensaatorid maagaasil töötavatele kateldele (suurim, soojusliku võimsusega 10 MW Kristiine katlamaja maagaasikateldele 2018. a suvel).
- Paigaldati mitmed suitsugaaside kondensaatorid hakkepuidul töötavatele kateldele. Tänu nendele kasvab biokütustega toodetav soojuslik võimsus (u 20–30% sõltuvalt kütuse niiskusest ja küttegaafikust), mis omakorda vähendab tippkoormust katvate maagaasikatelde toodangut.

Jälgides aastatel 2010–2022 toimunud muutusi maagaasi tarbimisel soojuse tootmiseks, on näha vähenemise trendi, kuid 2021. ja 2022. aastal on märgata ka väikest tõusu.

Aastal 2022 moodustas võrgugaasi lokaalne tarbimine, mis koosneb võrgugaasi tarbimisest kodumajapidamistes ning äri- ja avaliku teeninduse sektoris, üle poole ehk 52% kogu võrgugaasi tarbimisest (joonis 14).



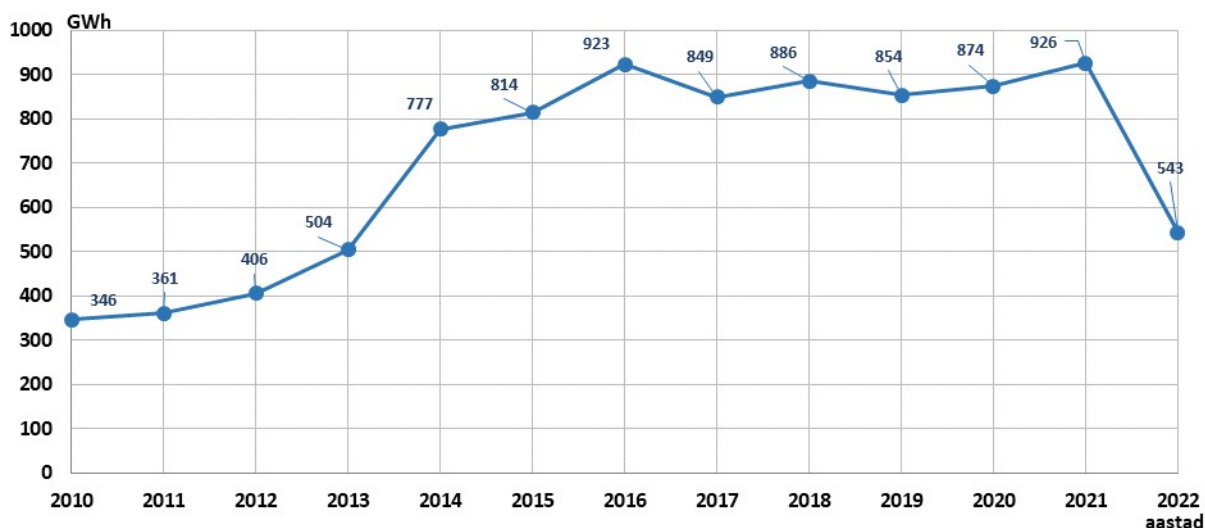
Joonis 14. Võrgugaasi lõpptarbimine gruppide kaupa aastatel 2010–2022



Joonis 15. Maagaasi lõpptarbimine kodumajapidamistes aastatel 2010–2022

Jooniselt 15 on näha, et kodumajapidamiste tarbimine on mõnevõrra kõikum, ja vaatamata 2022. aasta olulise langusele on senini olnud tegemist tarbimise kasvutrendiga. Kõikumisi võib põhjendada aastate välistemperatuuri erinevuste ja sellega kaasneva gaasitarbimise kasvuga.

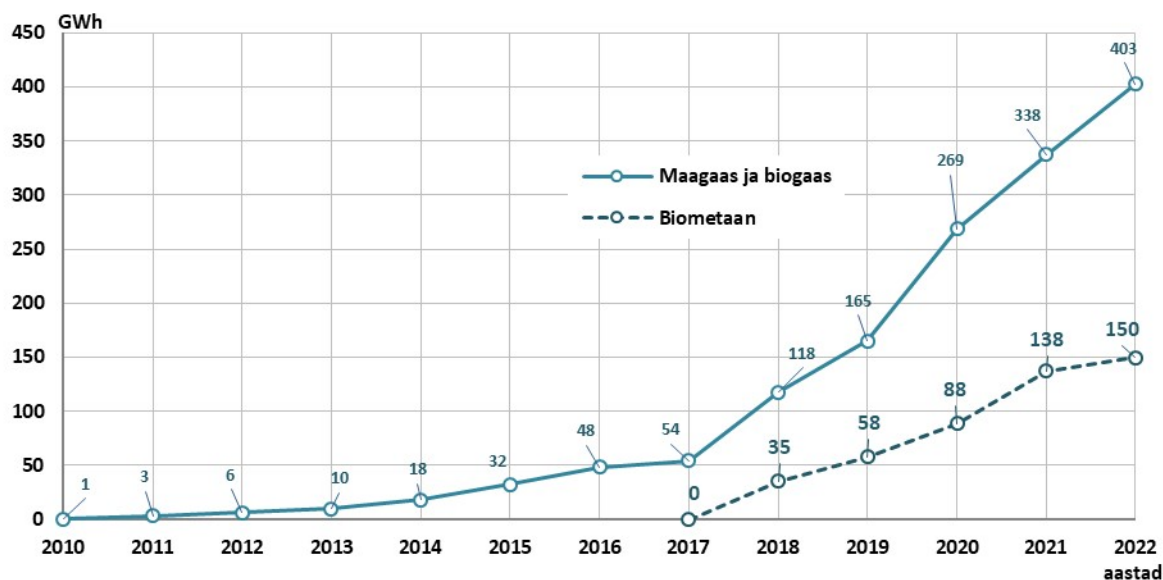
Äri- ja avaliku teeninduse sektoris on kõikumised tõenäoliselt seotud uute tarbijate tulekuga ja muutustega kütuste/energia tarbimise struktuuris olemasolevate tarbijate juures. 2022. aasta gaasitarbimise langus on äri- ja avalikus sektoris oluliselt suurem kui kodumajapidamiste tarbimises (joonis 16).



Joonis 16. Maagaasi lõpptarbimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris aastatel 2010–2022

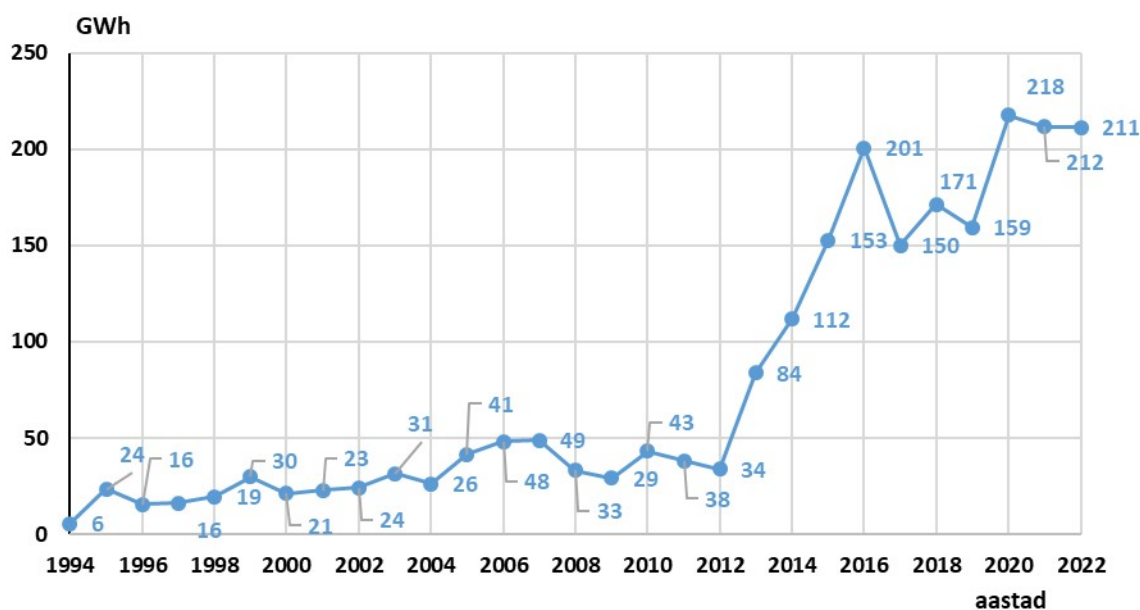
Maagaasi tarbitakse Eestis maanteetranspordis surugaasina (CNG), mida on täiendavalt puhastatud, kuivatatud ja komprimeeritud. Seda tangitakse surugaasisõiduki gaasimahutitesse

rõhul u 200 baari automootorite käitamiseks. Alates 2018. a aprillist antakse maagaasi jaotusvõrku ka biometaani, mis tarbitakse ära transpordisektoris analoogselt CNG-ga. Statistikaameti energiabilansis kajastus maagaasi tarbimine Eesti transpordisektoris esmakordselt aastal 2010 (joonis 17). Statistikas on biometaan kajastatud biogaasina.



Joonis 17. Maagaasi ja biometaani kumulatiivne tarbimine transpordisektoris aastatel 2010–2022

Biogaasi on Eestis toodetud statistikaameti andmetel alates 1994. aastast (joonis 18). Perioodil 1994–2022 toodeti biogaasi maksimaalselt 2020. aastal 218 GWh, kuid 2023. aastal tõusis biogaasi toodang 249 GWh-ni.



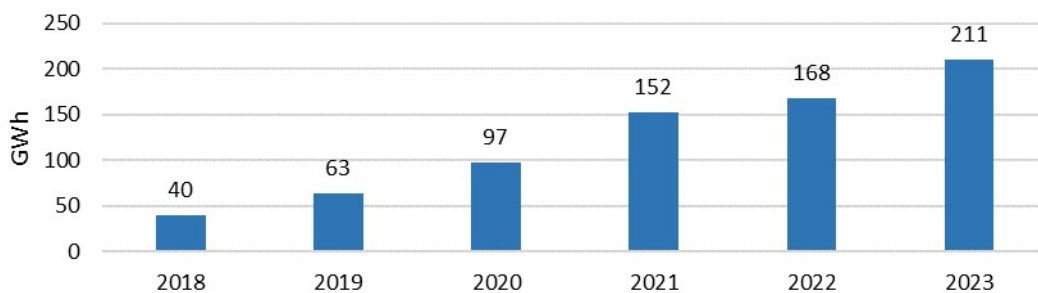
Joonis 18. Biogaasi tootmine Eestis aastatel 1994–2022

Statistikaameti andmetel on valdav enamik biogaasist leidnud kasutust transpordisektoris (joonis 19). Vähesel määral on biogaas leidnud kasutust tööstuses ja teistes sektorites, millest peamise osa moodustab äri- ja avaliku teeninduse sektor. Kodumajapidamistes ei ole biogaas kasutatud leidnud.



Joonis 19. Biogaasi (biometaani) lõpptarbimine Eestis aastatel 2015–2022

Biogaasist biometaani tootmine on alates 2018. aastast pidevalt suurenenud. Biometaani tootmise ja tarbimise tõendamiseks kasutatakse biometaani päritolutunnistusi. Elering AS väljastab tootjale toodetud biometaani eest päritolutunnistused tootja taotluse alusel megavatt-tunni täpsusega. Päritolutunnistus tõendab, et tootja on tootnud biometaani. Riiklik biometaani tootmise ja tarbimise statistika põhineb samuti biometaani päritolutunnistustel. Eleringi andmetel tarbitakse kogu Eestis toodetud biometaan transpordisektoris (joonis 20).¹⁰⁰



Joonis 20. Biometaani tootmine Eestis päritolutunnistuste alusel, 2018–2023

2.4.4. Järeldused

- **Biogaasist elektri- ja soojatootmisel ei ole mõistlik biogaasi eelnevalt biometaaniks töödelda.** Biogaasi puhastamiseks on vaja täiendavat tehnoloogiat ja samuti kulutada täiendavat energiat.
- Biogaasi puhastamisel saadava biometaani kasutusala pakuvad täiendavaid kasutusvõimalusi, mis mõjutab nii hinda kui ka turgu laiemalt. Biometaani saab sisestada gaasivõrku või kasutada CNG asemel transpordikütusena.
- **Eestis on maagaasitarbimise suundumus olnud aastate jooksul üldiselt langev.** Kuigi maagaasitarbimine on olnud kõikum, viitab üldine suund tarbimise vähenemisele. Konkreetselt on maagaasi kasutamine elektrienergia tootmisel oluliselt vähenenud, kusjuures 2022. aasta tarbimine on umbes üheksa korda väiksem kui 2010. aastal.
- Alates 2010. aastast on maagaasi kasutamine soojuse tootmiseks pidevalt vähenenud. See on tingitud peamiselt energiasäästumeetmete rakendamisest kaugküttepiirkondades ja üleminekust kohalikele kütustele, nagu hakkepuu, turvas ja olmejäätmed. Sellele vähenemisele on oluliselt kaasa aidanud mitmesugused projektid ja nende toetused (KIK-i vahendusel), näiteks biomassil põhinevate küttejaamade ehitamine.

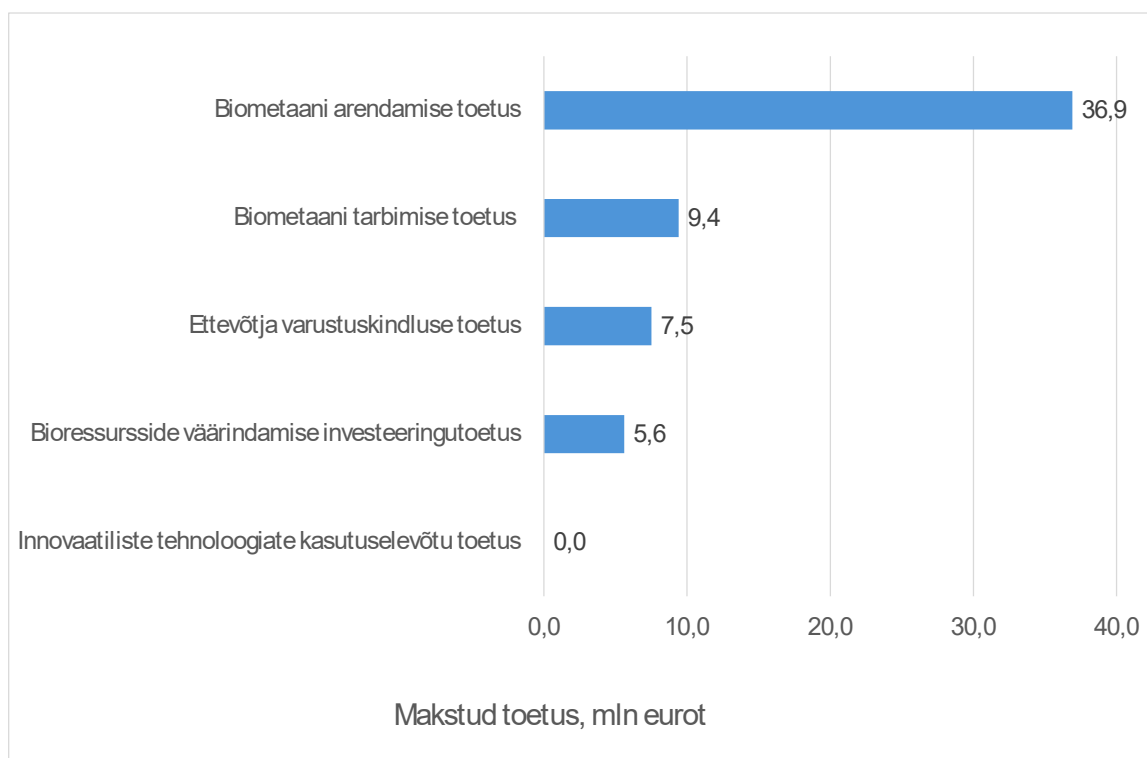
¹⁰⁰ <https://elering.ee/biometaani-paritolutunnistused>.

- Maagaasi kasutatakse peamiselt soojuse tootmiseks, kodumajapidamistes, äri- ja avaliku teeninduse sektoris ja tööstuses. 2022. aastal tarbiti Eestis 3 786 GWh maagaasi, millest 33% (1277 GWh) tarbiti soojuse tootmiseks, 30% (1100 GWh) tarbisid kodumajapidamised ja äri- ja avaliku teeninduse sektor ning 22% tööstussektor.
- **Biometaani tootmine ja tarbimine Eestis on aastatel 2018–2023 näidanud kasvutrendi.** See kasv näitab, et biometaanile kui alternatiivsele energiaallikale pööratakse üha enam tähelepanu, eelkõige transpordisektoris. Eestis toodetav biogaas (biometaan) leiab peamiselt kasutust transpordisektoris. See sektor moodustas 2022. aastal 87% biogaasi lõpptarbimisest.
- Vaadeldud gaasituru prognoosides on hinnatud biogaasisektori arengut või tulenevalt elektrifitseerimisest maagaasi tarbimise lõpetamist 2050. aastaks. Siiski on vaadeldud prognoosid erinevad tulenevalt sellest, kas arendada gaasivõrku või elektrifitseerida. Elering AS prognoosi kohaselt toimub 2050. aastaks enamikus sektorites maagaasi tarbimise lõpetamine ja tarbitavaks koguseks kujuneb vaid 348 GWh/a. Biogaasi tarbimise prognoos on 1076 GWh/a. Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringus eeldatakse BAU stsenaariumis tavapärase sektori arengu jätkamist ja maagaasi tarbimiseks on prognoositud 2900 GWh/a. Biogaasi stsenaariumis (REN-Methane) on 2050. aastaks prognoositud siseriiklikku tootmispotentsiaali mitmekordselt ületavalt 2400 GWh/a biometaani kasutamist, kuid maagaasi kasutamine selleks ajaks lõpeb. Lisaks prognoositakse mõlemas uuringus vesiniku, sünteetilise gaasi (SNG) ja biogaasi tarbimist.

2.5. Otsesed ja kaudsed toetusmeetmed ning turutõrked

2.5.1. Senised toetusmeetmed ja kasutusaktiivsus

Seni kasutatud toetustest annab ülevaate Joonis 8.. Jätsime statistikast välja taastuvelektri tootmise toetuse, kuna seda toetust on makstud 378,2 miljonit eurot, kuid biogaasist toodetud elektri osa on marginaalne. Biometaani turu ja investeringutoetuste makstud summa perioodil 2020–2024 kokku on 74,0 miljonit eurot.



Joonis 8. Biogaasi tootmise ja tarbimise soodustamiseks makstud toetused perioodil 2020–2024 (Allikad: Elering AS¹⁰¹, EAS¹⁰², RTK¹⁰³)

Euroopa Liidu taasterahastu NextGenerationEU vahenditest eraldati 2024. aasta sügisel veel 19 miljonit eurot nelja uue biometaani tootmisjaama rajamiseks.

¹⁰¹ <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat/8-biometaan/87-biometaanituru-toetused>.

¹⁰² <https://eas.ee/toetatud-projektid/>.

¹⁰³ <https://pilv.rtk.ee/s/Mig46PpedQosEam?path=%2FToetatud%20projektide%20tabelid>.

Järgnevalt kirjeldame rakendatud toetuskeeme.

Biometaanituru arendamise toetus¹⁰⁴ ehk biometaani tootmise tegevustoetuse eesmärk on aidata kaasa biometaani tarbimise ja tootmise hoogustamisele ning toetada tegevusi, mis aitavad panustada eesmärki, et aastaks 2030 moodustab transpordikütuste tarbimises taastuvatest energiaallikatest toodetud kütus 14%. Toetust anti biokütuse säästlikkuse kriteeriumitele vastava biometaani tootjale tõendatud biometaani tarne eest. Toetuse kaudu kiirendatakse biometaani tarbimise laiendamist Eestis, eesmärgiga võimaldada lõpptarbija tarbida biometaani maagaasi hinnaga, samal ajal tagades turupõhiselt tootmise intensiivistumise ja investeerimiskindluse sellesse sektorisse.

Toetuse taotlemiseks oli vaja end esmalt registris¹⁰⁵ registreerida biometaani tootjaks. Toetuselust biometaani tootsid Rohegaas OÜ, Biometaan OÜ, Vinni Biogaas OÜ, Tartu Biogaas OÜ, Oisu Biogaas OÜ, Bioforce Aravete OÜ ja Bioforce Ebavere OÜ.

Toetustaotluste vastuvõtt toimus perioodil 6.02.2018–30.06.2024. Kasutada olevate vahendite maht võrdus otseselt heitkoguse ühikute müügi enampakkumisel saadava tegeliku tuluga. Toetuse eelarve oli 38,49 mln eurot.

Innovaatiliste tehnoloogiate kasutuselevõtu toetust¹⁰⁶ jagatakse Euroopa Liidu Innovatsioonifondist¹⁰⁷, et suurendada uute ja EL-i tasemel innovaatiliste ning madala süsinikuheitega tehnoloogiate arendamist ja kasutuselevõttu. Innovatsioonifondi fookusvaldkonnad on taastuenergia tootmine ja kasutamine; süsiniku kinnipüüdmine, ladestamine ja utiliseerimine; energiaintensiivne tööstus, sh süsinikuintensiivsete toodete asendamine; energia salvestamine, sh energia salvestamise lahendused tööstuses; transport ja ehitised.

Toetuse sihtrühm on ettevõtjad (keskmised ja suured ettevõtted, korporatsioonid, iduettevõtted). Toetatakse 60% innovaatilisest tehnoloogiast. Taotlused esitatakse elektrooniliselt Euroopa Komisjoni taotluste esitamise portaali kaudu. Keskkonnainvesteeringute Keskus pakub ettevõtjatele tuge eelnõustamise teel, et valideerida projekti sobivust. 23.11.2023–09.04.2024 taotlusvooru eelarve oli 4 miljardit eurot. Eestist on esitatud 2020. aastal üks energiasalvestamise väikeprojekt¹⁰⁸.

Biometaani transpordisektoris tarbimise toetus¹⁰⁹ (meede 6.4.1) eesmärk on biometaani tarbimise ja tarnimise arendamine, et aidata kaasa sektori arengule ja toetada taastuenergia transpordieesmärgi saavutamist, tekitades taastuvatest energiaallikatest toodetud kütustele nõudlust ja arendades seeläbi biometaani tootmist. Toetust antakse biometaani tarnimise ja tankimisvõimaluse pakkumiseks avalikus lahus- või võrgutanklas ning avaliku liiniveo

¹⁰⁴ <https://www.riigiteataja.ee/akt/115092017009?leiaKehtiv>.

¹⁰⁵ aadressil biometaan.elering.ee.

¹⁰⁶ <https://kik.ee/et/toetatavad-tegevused/innovaatiliste-tehnoloogiate-kasutuselevott>.

¹⁰⁷ Euroopa Liidu Innovatsioonifond https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund_en.

¹⁰⁸ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects_en.

¹⁰⁹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/125112015009?leiaKehtiv>.

korraldamisel biometaani tarbivate gaasibusside kasutusele võtmiseks. Toetust antakse Euroopa Regionaalarengu Fondist (ERDF), rakendusüksus on Keskkonnainvesteeringute Keskus. Kokku on 19 projektile toetust välja makstud 22.02.2024 seisuga 9,406 miljonit eurot.

Ettevõtja varustuskindluse toetust¹¹⁰ saab kasutada Ukraina sõjaga kaasnenud energiakriisist tingitud võimalike varustushäirete ennetamiseks uuele energiaallikale üleminekul ja varustuskindluse tagamiseks tehtavateks investeeringuteks. Toetus on suunatud peamiselt töötleva tööstuse ettevõtetele ja määruse alusel toetatakse ettevõtjate üleminekut taastuenergia allikale, samuti salvestusseadmete soetamist ning liitumist kaugküttevõrguga. Maksimalne toetus on kuni 300 000 eurot mikro- ja väikeettevõtetele ning kuni 500 000 eurot keskmise suurusega ja suureettevõttele¹¹¹. Toetuse eelarve on 20 miljonit eurot. Toetuse taotlemine on jooksev. Toetust rahastatakse Euroopa Liidu taasterahastu „NextGenerationEU” vahenditest, rakendusüksuseks on Ettevõtjate ja Innovatsiooni SA. Seisuga 08.03.2024 on toetust makstud 53 projektile summas 5,697 miljonit eurot.¹¹²

Taaste- ja vastupidavusrahastu **bioressursside väärimise investeeringutoetus**¹¹³ panustab bioressursile kõrgema majandusliku lisandväärtuse andmisse, teadus- ja arendustegevuse võimekusse ning innovatsioonivõimekuse kasvatamisse ja kasvuhoonegaaside heite vähendamisse. Toetatakse bioressursside, sh kõrvalsaaduste ja jääkide ning biojätmete eeltöötlemiseks või töötlemiseks vajaliku ehitise ehitamist, masinate ja seadmete soetamist või väljavahetamist uuenduslike, ressursitõhusate ja bioressursile kõrgemat lisandväärtust anda võimaldavate masinate ja seadmete vastu; teadus- ja arendustöötaja kaasamist ülalmainitud tegevusega seotud teadus- ja arendustegevuseks.

Toetuse sihtrühm on äriühing või positiivselt evalveeritud teadus- ja arendusasutus. Maksimalne toetus on kuni 500 000 eurot ühe taotluse ja 5 miljonit eurot ühe taotleja kohta. Rakendusüksus on Põllumajanduse Registrate ja Informatsiooni Amet (PRIA). Taotlusvoorus 24.10.2022–29.12.2022 esitati 18 toetuse taotlust, taotletud kogusumma oli 50,81 miljonit eurot. Toetus määrati 14 taotlusele kogusummas, 28,27 mln eurot (äriühingutele, 26,81 mln eurot ning teadus- ja arendusasutustele 1,49 mln eurot).¹¹⁴ Neist neli projekti olid seotud biogaasi või biometaani ja nendega seotud tegevuste toetamisega (nt CO₂ eraldamine ja veeldamine).¹¹⁵

Taastuenergiast toodetud elektri toetus. Elektrituruseaduse¹¹⁶ § 59 ja § 108 lõike 3 kohaselt makstakse toetust taastuenergiast toodetud elektri eest.

¹¹⁰ <https://eas.ee/toetused/varustuskindlus/>.

¹¹¹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/101062023004?leiaKehtiv>.

¹¹² <https://eas.ee/toetatud->

projektid/?sort=project_recipient%3Aasc&recipient=&grant_size_from=0&grant_size_to=30000000&s%5Bprogram%5D=ettev-tja-varustuskindluse-toetus&s%5Byear%5D=all.

¹¹³ www.riigiteataja.ee/akt/123082022003.

¹¹⁴ <https://www.pria.ee/toetused/bioressursside-vaarindamise-investeeringutoetus-2022#toetuse-valjamaksmine>.

¹¹⁵

https://pilv.rtk.ee/s/Mig46PpedQosEam/download?path=%2FToetatud%20projektide%20tabelid&files=2024_03_31_Taaste-%20ja%20vastupidavusrahastust%20rahastatud%20projektid.xlsx.

¹¹⁶ <https://www.riigiteataja.ee/akt/107032023067?leiaKehtiv>.

Perioodil 2007–2013 toetati biogaasitootmist meetmest „**Bioenergia tootmise investeeringutoetus**“ (MAK meede 1.4.3).¹¹⁷ Toetust sai kasutada biomassi töötlemiseks ja bioenergia tootmiseks vajaliku hoone ehitamiseks, sinna juurde kuuluvate kommunikatsioonivõrkude ja teede ehitamiseks, elektriseadmete ostmiseks ja paigaldamiseks, energiavõsa rajamiseks, bioenergia tootmiseks vajalike seadmete soetamiseks ja paigaldamiseks jmt. Meetmes „Mitmekesistamine mittepõllumajandusliku tegevuse suunas“ (meede 3.1.1) toetati bioenergia tootmisele suunatud investeeringuid, kus toodetud energia turustati. Meetme „Taastuenergiaallikate laialdasem kasutamine energia tootmiseks“¹¹⁸ raames toetati taastuval energiavõrkudel põhinevate elektri ja soojuste koostootmisjaamade rajamist, katlamajade taastuenergiaallikale üleminekut ning küttevõrkude parendamist ja rekonstrueerimist energiasäästu eesmärgil.

Muud biometaani kasutamist soodustavad tegurid Eestis

Biometaani aktsiisivabastus. Alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seaduse¹¹⁹ kohaselt on biogaas, sh biometaan kui kaup aktsiisivaba (rohegaasi tarbimist on vajalik tõendada kas tarnelepingu või päritolulubadusega).

Biometaani kasutamisel, mida toodetakse põllumajandusjäätetest ja reoveesetest, on **CO₂ emissioon kokkuleppeliselt 0** (taastuenergia direktiivi REDIII lisa V pt C Metoodika).

Biometaani transpordistatistika. Biometaani tarbimise andmisel väljastatakse transpordistatistika tarbimise andjale, kes on biometaaniregistris kustutanud biometaani päritolulubaduse, tõendamaks tarbimist transpordisektoris. 2024. aasta I ja II kvartalis oli transpordistatistika eelkauplemise keskmine ühikuhind 106,51 eurot MWh. Transpordistatistikat on võimalik kasutada vedelkütuse seaduse taastuval kütuste tarnimise ning atmosfääriõhu kaitse seaduse KHG heitkoguste vähendamise kohustuste täitmiseks.

2.5.2. Turutõrked biogaasi tootmisel ja tarbimisel

Biogaasi kogutoodangu maht on suhteliselt väike ja see paneb küsima, et millised tegurid takistavad biogaasi kui energiaallika laiemat kasutuselevõttu. Biogaasi tootmise ja tarbimisega seotud erinevad takistused on toodud tabelis 8. Biogaasi tootmine nõuab algselt **suurt investeeringut seadmetesse ja infrastruktuuri**, mis võib osutuda väljakutseks. Infrastruktuuri probleemid mõjutavad eelkõige transpordisektorit¹²⁰, st piiratud juurdepääs tankimisjaamadele,

¹¹⁷ <https://www.riigiteataja.ee/akt/104092012002>.

¹¹⁸ <https://www.riigiteataja.ee/akt/13358041>.

¹¹⁹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/101072023008?leiaKehtiv>.

¹²⁰ Ammenberg, J., Anderberg, S., Lönnqvist, T., Grönkvist, S., & Sandberg, T., 2018. Biogas in the transport sector—Actor and policy analysis focusing on the demand side in the Stockholm region. Resources, Conservation and Recycling, 129, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.010>.

mis omakorda takistab biometaanu kasutamist transpordis ning vastavate sõidukite kasutamist, tekitades biometaanile kui sõidukite kasutatavale kütusele halva maine. Põllumajandustootjate investeerimisotsuseid mõjutasid peamiselt kapitali maksumus ja individuaalne riskitaluvus. Teised tegurid, nagu jätkusuutlikkus ja mittemajanduslikud eesmärgid, avaldasid vähem mõju. Piiratud ratsionaalsus mõjutab tegelike otsustajate käitumist ja nende käitumine ei vasta alati normatiivsetele prognoosimudelite tulemustele.

Tabel 8. Biogaasi tootmise ja tarbimisega seotud takistused (Allikas: Autorite kohandatud Reise jt, 2012¹²¹; Nevzorova ja Kutcherov, 2019¹²²; Sok, 2012¹²³, Aeby jt, 2023⁹⁶ põhjal)

Takistused	Alamtakistused
Tehnilised	Infrastruktuurilised probleemid (nt tehase suurus, ressursside vähene kättesaadavus, gaasitanklate piiratud arv)
	Tehnilised tõrked ja probleemid ning ebaõnnestunud biogaasijaamade põhjustatud negatiivne maine
	Vajadus spetsialiseeritud tehnilise personali ja oskusteabe järele (sh tehnilise koolituse ja teadmiste puudumine)
	Halb toorme kogumine, ebaõige sorteerimine, sõidukite ja piisava jäätmeveo puudumine
Majanduslikud	Ebapiisavad järeleteenused
	Sõltuvus imporditud materjalidest
	Suured investeeringud / olemasoleva kapitali puudumine
	Toetuste ja rahaliste toetusprogrammide mittevastavus/vähesus/vastuolulisus (sh fossiilkütuste subsideerimine)
Turutõkked	Biogaasi tootmise, transpordi, puhastamise ja ajakohastamise kõrged kulud
	Pangalaenu (sh soodustingimustel) kättesaamatus
	Teadus- ja arendustegevuse rahastamise vähesus/puudumine
	Fossiilsete kütuste madalamad hinnad
Institutsionaalsed	Biogaasi/biometaanu kõrge hind
	Konkurents teiste kütustega / küttepuude kerge kättesaadavus ilma erakuluta
	Ebakindlus seoses biometaanu sisestamisega võrku
	Poliitilise toetuse / seadusandluse puudumine

¹²¹ Reise, C., Musshoff, O., Granoszewski, K., & Spiller, A., 2012. Which factors influence the expansion of bioenergy? An empirical study of the investment behaviours of German farmers. *Ecological Economics*, 73, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.10.008>.

¹²² Nevzorova, T., & Kutcherov, V., 2019. Barriers to the wider implementation of biogas as a source of energy: A state-of-the-art review. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100414. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100414>.

¹²³ Sok, J. (2012). Economic and institutional aspects of biogas production. <https://edepot.wur.nl/199056>.

Takistused	Alamtakistused
	Ebakindel poliitikamaastik (sh poliitiline ebastabiilsus ja vastuolulised sõnumid)
	Erasektori vähene osalemine ning avaliku ja erasektori vähene koordineerimine
	Kõrge bürokraatia tase (nt keerulised haldus- ja õigusmenetlused)
Sotsiaal- kultuurilised	Avalikkuse osaluse ja tarbijate huvi puudumine
	Soov säilitada <i>status quo</i> / vastupanu muutustele
	Madal teadmiste tase
	Teabe ja teabe jagamise puudumine
Keskkonna- takistused	Lõhnakaebused
	Mürakaebused
	Vajadus rikkalike veevarude järele biogaasi kääritite jaoks / Piisava vee kättesaadavuse puudumine
	Saaste

Biogaasi kasutuselevõtu ühe takistusena tuuakse välja ka biogaasijaamade sagedast remondivajadust ja nende hooldusele pööratava tähelepanu puudumist. Tehnilised tõrked ja ka ebaõnnestunud biogaasiprojektid võivad põhjustada usalduse kaotust.

Viimastel aastatel on Eesti ettevõtted panustanud oma kõrvalsaaduste ja jääkide väärindamisse kohapeal. Näiteks Estover on püüdnud investeerida energiasäästlikesse lahendustesse pidevalt ja ehitas Rannu piimatööstuse juurde biogaasijaama. Selle eesmärgiks on toota piimatööstuse reoveest ja vadakust biogaasi, mida kasutatakse omakorda piimatööstuse katlamajas soojusenergia tootmiseks ja tulevikus elektri tootmiseks¹²⁴.

Ühe turutõrkena saab välja tuua ka bürokraatiat ja **administratiivprotsessi kiirust**. Kui biogaasitootjad soovivad toetust biojätmete kääritamiseks, võib menetlusprotsessi haldamine olla pikk ja bürokraatlik. Näiteks võib jäätmeloa saamine aega võtta kuni 15 kuud. Biogaasitootjate hinnangul on see biojätmetega tegelemisel liigselt takistav.

Fossiilkütuste madalamad hinnad ja **biogaasi kõrge hind** on oluline takistus turul. Biogaasi omahind on kallim kui maagaasil ja see asjaolu mõjutab lõpptarbijaid. Biogaasi hind peab olema konkurentsivõimeline võrreldes teiste kättesaadavate kütustega.

Varasemalt on Värnik jt (2024)¹²⁵ uurinud põllumajandustootjate valmisolekut kasutada taimekasvatuse mineraalväetise asemel peamiselt põllumajandustoormest toodetud biogaasi kõrvalsaadust ehk kääritusjääki (digestaati). Kui valida vedelsõnniku ja kääritusjäägi vahel, eelistaks 33% küsitletutest kasutada põllumajandusmaa väetamiseks vedelsõnnikut. Siiski on mitmeid

¹²⁴ <https://eas.ee/piimaenergiat-tootmiseks-kasutav-estover-energiatohusus-aitab-ellu-jaada/>.

¹²⁵ Värnik, R., Kriipsalu, M., Kaasik, A., Orupõld, K., Raave, H., & Aro, K. (2024). Kääritusjäägi (digestaadi) ohutus, sobivus mullaparandaja või väetisena kasutamiseks ja kääritusjäägi kasutamise majanduslik tasuvus: Uuringu lõpparuanne. <https://doi.org/10.15159/EDS.REP.24.01>.

põhjendusi, mis on käsitletavad eksiarmustena, nt kääritusjääk sisaldab raskmetalle või et kääritusprotsessis hävinevad elusorganismid, mis on sõnniku käärimiseks vajalikud.

Põllumajandustootjad on valmis asendama mineraalväetise orgaanilise väetisega juhul, kui:

- o orgaaniline väetis on kättesaadav nii koguseliselt kui ka ajaliselt;
- o orgaanilise väetise kasutamine oleks majanduslikult kasulik, sh sobiv müügihind, madalad transpordi- ja laotuskulus jne;
- o ettevõttes oleks olemas orgaanilise väetise ladustamistingimused ja laotustehnika;
- o orgaanilise väetise laotamise tehnoloogia võimaldaks kiiret ja ühtlast väetamist, eriti arvestades lubatud väetamise lühikest perioodi ja suurt põllumaa pindala, mida tuleb väetada (mõnel põllumajandustootjal võib haritava põllumajandusmaa pindala ulatuda mitme tuhande hektarini);
- o saadaval oleks rohkem teavet kääritusjäagi ja selle kasutamise, sh toitainesisalduse, käitlemise tehnoloogia jne kohta;
- o mineraalväetise kättesaadavus halveneks.

Mineraalväetiselt orgaanilisele väetisele üleminek saaks toimuda järk-järgult, kohandades väetuskeeme, et tagada mullale ja taimedele kõik vajalik. Samuti sõltuks üleminek hinnast, olemasolevast tehnikast jne. Aiandussektoris tegutsevate ettevõtjate jaoks oli orgaaniliste väetiste kasutamisel peamine takistus väetiste koostise ja väetusomaduste stabiilsus ja püsivus, laotamise keerukus ning hind. Paljud loomakasvatajad ei soovi ära anda veisevedelsõnnikut biogaasi tootmiseks, neil on kartusi ja **eelarvamusi** sõnniku asemel saadava kääritusjäagi väetusomaduste, ohutuse ja kvaliteedi osas.¹²⁵

2.5.3. Järeldused

- Biogaasi tootmise ja kasutamise arendamiseks on Eestis seni rakendatud mitmekülgset toetuste paketti. Tootmise ja arendustegevuste investeringutoetuste puhul nähtub ka teatud määral puudujääk.
- Biometaani **konkurentsivõime kütuste turul tagab biometaani transpordistatistika turuinstrument**.
- Biogaasi tootmise arendamisel tuleb jälgida sarnaselt teistele sektoritele mitmeid turutõrkeid, millest olulisemad on **juurdepääs ressursile, suur investering seadmetesse ja infrastruktuuri ning biogaasi kõrge omahind** (või fossiilkütuste madalam hind).

2.6. Kokkuvõte

Kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise võimalusi kujundavad tegurid teemavaldkondade lõikes on järgmised.

Strateegiad, arengukavad ja regulatsioonid

- Strateegiad ja arengukavad hõlmavad kogu energiasektorit või kliimaneutraalsuse saavutamiseks erinevaid valdkondi, kuid **biogaasi tootmise vaade on esitatud**

suhteliselt üldiselt. Oluline on, et **taastuenergia direktiiv (RED III) liigitab biogaasi selgesõnaliselt taastuenergiaks** ja seab konkreetsed eesmärgid taastuenergia kasutamiseks. Taastuenergia osakaalu eesmärk on EL-i üleselt siduv ja selleks on 2030. aastaks vähemalt 42,5%. Alternatiivsete kütuste infrastruktuuri määruse alusel nähakse ette **biogaasi infrastruktuuri arendamist ja laiendamist ning seda eelkõige transpordisektoris.** Säästva lennunduse ja merenduse eeskirjad toetavad säästvate alternatiivsete kütuste, sealhulgas potentsiaalselt biogaasi stimuleerimist.

- Kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise võimaluste strateegilist ja regulatiivset raamistikku Eestis kujundavad kõige olulisemana **kliimakindla majanduse seadus (KKMS) ja energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035).** Seaduse ja arengukava eelnõude (vastavalt 02.12.2024 ja 13.11.2024 seisuga) kohaselt peab alates 2040. aastast elektri ja soojuse tootmine Eestis olema CO₂ neutraalne. Transpordisektori konkurentsivõime suurendamise võimalusi nähakse senisest suuremal kohalikel ressurssidel põhinevate kütuste, sh taastuvelektri, biometaani ja roheline vesiniku tootmisel ja tarbimisel. Töötlevas tööstuses kavandatakse maagaas asendada taastuvkütustega 20% ulatuses.
- Valdavalt on strateegiad ja õigusaktid pigem biogaasi soosivad, kuid mõned õiguslikud alused võivad biogaasi tootmise arengut ka pidurdada või tekitavad ebakindlust. **Seetõttu tuleb biogaasi tootmise planeerimisel arvestada teiste sektorite kaudu avalduva mõju ja seeläbi riskidega.** Tegemist on n-õ teiste valdkondade regulatoorsete sätete või valikuvõimaluste kasutamisega. Näiteks toidujäätmete 30% tekke vähendamise eesmärgiga väheneb ka biogaasi tooraine. Transpordisektoris on seatud eesmärgiks 100%-line KHG vähendamine, mida on võimalik saavutada biometaani kasutamisega seni, kuni biometaani käsitletakse null KHG heitega kütusena. Hoonete energiatõhususe direktiiv näeb ette fossiilkütustest loobumist, kuid fossiilkütusel töötavate katelde järkjärguline kasutuselt kõrvaldamine võib mõjutada ka biogaasi tarbimist gaasivõrgus. Energiatõhususe direktiivi siduvaks eesmärgiks on vähendada energiatarbimist 2030. aastaks 11,7% võrra, mille tõttu tarbimine ei saa jätkuda samas mahus. Euroopa 2040. aasta kliimaeesmärgi täitmise prognoosides nähakse ette 40–50%-list maagaasi ja biogaasi tarbimise vähenemist.

Põllumajanduslik toore, jäätmed ja reoveesetted

- Siseriikliku toorme baasil on võimalik suurendada kestliku biogaasi tootmist Eestis 815 GWh-ni aastas. Üle poole sellest (461 GWh) põhineks põllumajandusloomade sõnnikul. Lisaks on oluline toore veel biolagunevad jäätmed (145,6 GWh/a), reoveesetted (42,3 GWh/a) ja rohtne biomass põllumajanduslikes biogaasijaamades täiendava substraadina (19% kogu põhu ja rohtse biomassi mahtudest – 163,6 GWh/a). Ressurss koondub suurema elanike arvuga maakondadesse ja ka tugeva traditsioonilise põllumajandusega Kesk-Eesti maakondadesse.
- Ainult taimsest biomassist biogaasi tootmine ei ole majanduslikult mõistlik, kuivõrd see ei anna vajalikku saagist ja selle eeltöötlemine on kulumahukas. Seega saab **kestliku biogaasi tootmise suurendamise potentsiaalina arvesse võtta eelkõige seda osa põhust ja rohtsest biomassist, mida on võimalik kasutada põllumajanduslikes biogaasijaamades.** Ülejäänud 81% rohtse biomassi toormest, mille biogaasi tootmispotentsiaal on 657 GWh, on kaasatud edasisse analüüsi kui teoreetiline võimalus biogaasi tootmist olulises mahus suurendada,

mille praktilisel kasutusel on aga väga tugevad ärilised ja keskkonnakaitselised takistused.

Tabel 9. Biogaasi tootmise potentsiaalne ja kasutatud ressurss ning biometaanipotentsiaalne ja tegelik toodang (Allikas: autorite koostatud, aruandes kasutatud allikatele tuginevad arvutused)

Nimetus	Ressurss, tuh tonni/a		Biometaanipotentsiaalne toodang, GWh/a		Realiseeritud ressurss
	Potentsiaalne	Kasutatud	Potentsiaalne	Toodetud	
Põllumajanduslikud jäätmed ja jäägid	4112	399	1304	77	6%
Sõnnik	2788	360	461	57	12%
Põhk ja rohtne biomass	1324	39	843	21	2%
Sh kasutus põllumajanduslikes biogaasijaamades (19,4%)	257	39	163	21	13%
Sh kasutus rohtse biomassi biogaasijaamades (80,6%)	1067		679		0%
Biolagunevad jäätmed	285	150	147	112	76%
Reoveesetted	141	64	42	32	77%
Kokku	3471	613	814	222	27%
Kokku koos rohtse biomassi biogaasijaamadega	4537	613	1493	222	14%

Tootmistehnoloogia

- Biogaasi toodetakse valdavalt anaeroobse kääritamise teel ja valdavalt kasutatakse mesofiilset temperatuurivahemikku. Substraadi kuivainesisaldus on alla 30%. **Põhu ja rohtse biomassi kääritamine ei ole levinud, kuna suurenevad tootmiskulud.**
- Biomassi termokeemiline gaasistamine, mis sobib kõrgema kuivainesisaldusega toorme biogaasistamiseks, ei ole veel laialt levinud tehnoloogia puuduste tõttu. Tegemist on kõrgtehnoloogiliste seadmetega ja protsessis on küllatki suur energiakulu. **Arengut süngaasi tootmises võib prognoosida järgmise kümne aasta jooksul, mistõttu on võimalik tehnoloogia kasutusele võtmisega arvestada keskpikas ja pikas vaates.**

Gaasi tarbimine

- Maagaasi tarbimine on olnud pikaajalises trendis kahanev, biogaasi tarbimine kasvav. 2023. aastal moodustas biogaas metaangaaside sisemisest tarbimisest 7%. Biogaasi tarbitakse valdavalt biometaanikujul
- Aastal 2023 toodetud biometaan tarbiti peamiselt transpordis, kuna biometaan on kasutusele võetud mitme Eesti linna ühistranspordis. Ühtlasi on rajatud sõidukite tankimiseks mitmeid gaasitanklaid, aga biometaan on võimalik müüa ka koos CNG-ga. Mitmes biogaasijaamas kasutatakse koostootmismeetodit, kus biogaasist

toodetakse nii soojus- kui ka elektrienergiat. Lähiperspektiivis võib eeldada biometaani jätkuvat kasutamise kasvu transpordisektoris.

- Nii Euroopa Komisjoni tellitud gaasituru tulevikutsenaariumite kui ka Balti-Soome gaasituru dekarboniseerimise uuringu tulemustes prognoositakse ühe versioonina gaasitarbimise vähenemist u 40%. Prognoosid sõltuvad küsimusest, kas arendada gaasivõrku või elektrifitseerida. Elering AS prognoosi kohaselt toimub 2050. aastaks enamikus sektorites maagaasi tarbimise lõpetamine ja tarbitavaks koguseks kujuneb 348 GWh/a. Biogaasi tarbimise prognoos on 1076 GWh/a. Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringu biogaasi stsenaariumis (REN-Methane) eeldatakse, et 2050. aastal on biometaani tarbimine 2400 GWh/a, kuid maagaasi kasutamine lõpeb. Arvestades siinses töös kaardistatud siseriikliku biometaani tootmispotentsiaali (815 GWh/a), eeldaks see suures mahus biometaani importi.

Otsesed ja kaudsed toetusmeetmed ning turutõrked

- Biogaasi tootmise ja kasutamise arendamiseks on Eestis seni rakendatud mitmekülgset toetuste paketti. Praegu tagab biometaani konkurentsivõime kütuste turul biometaani transpordistatistika instrument.

Biogaasi tootmise arendamisel tuleb jälgida sarnaselt teistele sektoritele mitmeid turutõrkeid, millest olulised on **juurdepääs ressursile, suur investering seadmetesse ja infrastruktuuri ning biogaasi kõrge omahind** (või fossiilkütuste madalam hind).

3. BIOGAASI JA/VÕI BIOMETAANI TOOTVATE JAAMADE ÄRIMUDELID

3.1. Potentsiaalsete biogaasi/biometaani jaamade ressursivajadus ja toodang

Selles peatükis kirjeldatakse seitset tüüpi biogaasi- ja biometaanijaamade ärimudeleid: suured (u 200 000 tonni tooret aastas), keskmised (u 150 000 tonni tooret aastas) ja väikesed (u 100 000 tonni tooret aastas) põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad, piirkondlikud ja tsentraalsed biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaamad ning piirkondlikud ja tsentraalsed rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad (rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamade kirjeldused on üsna hüpoteetilised, sest Eestis selliseid jaamu praegu ei ole, mujal maailmas töötavad sellised jaamad enamasti maisisilol). Kuna tööstuste biogaasi- ja biometaanijaamad on tööstuse enda ärimudeli osa ja reoveesetel töötavad biogaasijaamad reoveepuhastusjaama ärimudeli osa, siis seda tüüpi jaamu selles töös põhjalikult ei kirjeldata. Nelja linna (Tallinn, Tartu, Narva, Kuressaare) reoveepuhastusjaamades on biogaasijaamad juba rajatud, töö autorite hinnangul oleks majanduslikult mõistlik reoveesetest biogaasi toota lisaks veel neljas linnas, seega saaks reoveesetest biogaasi toota kuni 42,3 GWh mahus aastas. Väiksemates veepuhastusjaamades ei teki piisavalt reoveesetet, et majanduslikult jätkusuutlikke biogaasijaamu rajada, seega jääb osa reoveesette biogaasi tootmise potentsiaalset kasutamata. Samuti oleks praeguste majanduslike tingimuste juures jätkusuutmatu reoveesette kokkuvedu ühte suuremasse jaama. Tulevikus, kui reoveepuhastusjaamadele rakendub kohustus kasutada omatarbeks taastuvatest allikatest saadud elektrit, võivad nad seda toota mittepõlevate taastuvate energiaallikate baasil või osta vajaliku taastuvelektri võrgust. Samuti ei kirjeldata prügilagaasi koguvaid biogaasijaamu, sest nende tähtsus väheneb pidevalt.

Tabelis 10 on toodud põllumajanduslike biogaasi/biometaani jaamade potentsiaalne ressurss ja maksimaalne võimalik jaamade arv Eestis. Arvestades kättesaadavat sõnniku ressursi, lautade paiknemist ja suurust, on Eestisse võimalik rajada kümme suurt, neli keskmist ja kaks väikest põllumajanduslikku biogaasi/biometaani jaama, mille peamine ressurss on põllumajandusloomade sõnnik ning rohtne biomass ja põhk. Kuna suured põllumajanduslikud jaamad (tootmiskaht u 44 000 MWh/a) paiknevad enamasti suurte veisekasvatustevõtete läheduses, on nende peamine toore veisesõnnik, millele lisatakse alla 10% rohtset biomassi ja põhku. Keskmised ja väikesed jaamad kasutavad lisaks veisesõnnikule ning rohtsele biomassile ja põhule toormena ka veise- ja linnusõnnikut ning väikesed jaamad ka toidujäätmeid. Kokku on kõigi kuueteistkümne põllumajandusliku biogaasi/biometaani jaama aastane tootmiskaht u 628 000 MWh, toodangust annab peaaegu kolmveerandi põllumajandusloomade sõnnik, millest omakorda u 85% on veise vedelsõnnik.

Tabel 10. Põllumajanduslike biogaasi/biometaani jaamade potentsiaalne ressurss ja jaamade arv Eestis

Jaama tüüp	Veiste vedel-sõnnik	Sigade vedel-sõnnik	Linnu-sõnnik	Bio-metaan sõnnik-kokku	Rohtne biomass		Toidujäätmed		Kokku ressurss	Jaamade keskmine bio-metaani tootmis-maht aastas	Potent-siaal-ne jaamade arv
	Kogus, t	Kogus, t	Kogus, t	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	GWh/a	GWh/a	
Suur põllu-majanduslik biogaasijaam	2 000 000	0	0	314 496	173 910	124 689	0	0	439 185	43 919	10
Keskmine põllu-majanduslik biogaasijaam	320 000	280 000	0	104 832	52 172	37 406	0	0	142 238	35 560	4
Väike põllu-majanduslik biogaasijaam	160 000	24 000	16 000	43 730	2166	1553	1634	858	46 141	23 070	2
Kokku	2 480 000	304 000	16 000	463 058	228 248	163 648	1634	858	627 564		16

Peamise toormena biojätmeid kasutavate biogaasi/biometaani jaamade võimalik arv Eestis on 16, neist poole moodustavad piirkondlikud (aastane toodang u 3800 MWh) ja poole tsentraalsed (aastane toodang u 14 000 MWh) jaamad (vt tabel 11). Kokku on nende jaamade aastane ressurssivajadus u 277 000 tonni biojätmeid ja kogutoodang u 146 000 MWh.

Tabel 11. Biojätmete biogaasi/biometaani jaamade potentsiaalne ressurss ja jaamade arv Eestis

Jaama tüüp	Toitlustusest ja kodumajapidamistest kogutud toidujäätmed, t/a			Jaamade keskmine biogaasi tootmismahut aastas	Potentsiaalne jaamade arv
	Kogus, t	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	MWh/a	MWh/a	
Piirkondlik biojätmete biogaasijaam	58 400	3 276 240	30 666	3833	8
Tsentraalne biojätmete biogaasijaam	219 000	12 285 900	114 996	14 375	8
Kokku	277 400	15 562 140	145 662		16

Kuigi biogaasi/biometaani tootmiseks ainsa toormena rohtset biomassi ja põhku kasutavate jaamade rajamine ei ole praeguses ja prognoositavas majandus- ja keskkonnakaitselises raamistikus kestliku biogaasi tootmiseks eesmärgipärane, on Eestis selliste jaamade rajamiseks

piisavalt tooret ning seega on töös kirjeldatud ka selliste jaamade ärimudelid. Kui lähikümneanditel arendataks välja toormena rohtset biomassi ja põhku kasutavate biogaasi/biometaani jaamade tööks vajalik tehnoloogia, oleks Eestis ressursi 22 sellist tüüpi jaama rajamiseks (vt tabel 12). Neist jaamadest 7 oleksid piirkondlikud (aastane toodang u 20 000 MWh) ja 15 regionaalsed (aastane toodang u 36 000 MWh). Kokku oleks seda tüüpi jaamade aastane toodang 675 000 MWh ja tooraine vajadus 942 000 tonni.

Tabel 12. Rohtse biomassi biogaasi/biometaani jaamade potentsiaalne ressurss ja jaamade arv Eestis

Jaama tüüp	Rohtne biomass ja põhk			Jaamade keskmine biogaasi tootmismaht aastas	Potentsiaalne jaamade arv
	Kogus, t	CH ₄ potentsiaal, m ³ /a	MWh/a	MWh/a	
Piirkondlik rohtse biomassi biogaasijaam	91 625	14 678 475	137 391	19 627	7
Tsentraalne rohtse biomassi biogaasijaam	750 000	57 450 000	537 732	35 849	15
Kokku	941 625	72 128 475	675 123		22

Biogaasi ja biometaani tootmispotentsiaalset ning kasvuhoonegaaside heite vähendamiseks jaamatüüpide kaupa annab ülevaate tabel 13. Tabelist nähtub, et suurim biogaasi/biometaani tootmispotentsiaal on suurtel põllumajanduslikel (439 GWh biometaani aastas) ja tsentraalsetel rohtse biomassi jaamadel (538 GWh biometaani aastas). Suurim kasvuhoonegaaside heite vähendamise potentsiaal (642 000 CO₂ ekvivalenttonni aastas) on suurtel põllumajanduslikel jaamadel. Nagu eelnevalt juba korduvalt öeldud, on rohtse biomassi jaamade kasutusele võtmine praegu veel tehnoloogiliselt võimatu, seega on potentsiaalsed tootmismahud ja kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine välja arvatud ka ilma rohtse biomassi jaamadeta. Biometaani tootmispotentsiaal ilma rohtse biomassi jaamadeta on 815 GWh/a ja kasvuhoonegaaside heite vähenemine 1,04 miljonit CO₂ ekvivalenttonni.

Tabel 13. Eri tüüpi biogaasi/biometaani jaamades toodetava biogaasi ja biometaani kogused ning KHG heite vähendamine

Jaama tüüp	Biogaasi tootmis-potentsiaal kokku, GWh/a	Biometaani tootmis-potentsiaal kokku, GWh/a	Jaamas ringmajanduslikku kasutusse võetud biometaani KHG heite arvestuslik vähenemine CO ₂ ekvivalenttonnides kokku	CO ₂ tootmise potentsiaalne kogus jaamades kokku, t
Suur põllumajanduslik biogaasijaam	439	439	642 280	59 052
Keskmine põllumajanduslik biogaasijaam	138	142	208 014	18 517
Väike põllumajanduslik biogaasijaam	44	46	67 478	5877
Piirkondlik biojäätmete biogaasijaam	30	31	12 641	4010
Tsentraalne biojäätmete biogaasijaam	112	115	47 402	15 038
Olemasolev reoveesetete biogaasijaam	32	32	47 687	0
Potentsiaalne reoveesetete biogaasijaam	10	10	14 630	0
Piirkondlik rohtse biomassi biogaasijaam	146	137	46 784	19 590
Tsentraalne rohtse biomassi biogaasijaam	570	538	183 108	76 671
Kokku rohtse biomassi jaamadeta	805	815	1 040 132	102 495
Kokku	1520	1491	1 270 023	198 756

Eri tüüpi biogaasi/biometaani jaamade investeerimis-, kapitali- ja majandamiskuludest ning arvestuslikust toetusvajadusest annab ülevaate tabel 14. Mida suurem on jaama biogaasi/biometaani toodang, seda suuremad on üldiselt ka kogukulud. Kui teoreetiliselt rohtse biomassi jaamu mitte arvestada, on kõige kallim suure põllumajandusliku jaama (koos kapitalikuludega 22,54 mln €) ja kõige odavam piirkondliku biojäätmete jaama (koos kapitalikuludega 6,23 mln €) rajamine. Ka kõik muud kulud ja tulud jaama kohta aastast sõltuvad jaama suurusest. Tulude-kulude vahe on põllumajanduslikel ja biojäätmete jaamadel positiivne, jäädes vahemikku 0,25–1,01 miljonit eurot. Rohtse biomassi jaamade tulude-kulude vahe on negatiivne, 1 MWh biometaani tootmiseks on piirkondliku rohtse biomassi jaama puhul toetusvajadus 25 eurot, tsentraalse jaama puhul aga 53 eurot.

Tabel 14. Eri tüüpi biogaasi/biometaani jaamade investeerimis-, kapitali- ja majandamiskulud, tulud kõrvalsaaduste müügist ning arvestuslik toetusvajadus

Jaama tüüp	Jaama investeeringu- maksumus koos kapitali- kuludega, €	Biogaasi tootmise käidukulud, €/a	Biogaasi bio- metaaniks puhastamise kulud, €/a	Kulud jaama kohta kokku, €/a	Tulud jaama kohta kokku, €/a	Tulude- kulude vahe jaama kohta, €/a	Toetus- vajadus 1 MWh kohta, € (eeldusel, et 1 MWh müügihind on 105 eurot)
Suur põllumajanduslik biogaasijaam	22 539 091 €	527 022 €	834 452 €	4 093 198 €	4 611 446 €	518 248 €	- €
Keskmine põllumajanduslik biogaasijaam	21 290 765 €	426 714 €	675 631 €	3 479 110 €	3 733 749 €	254 640 €	- €
Väike põllumajanduslik biogaasijaam	15 786 410 €	276 845 €	438 339 €	1 995 375 €	2 422 397 €	427 023 €	- €
Piirkondlik biojätmete biogaasijaam	6 229 491 €	57 498 €	72 831 €	417 479 €	664 921 €	247 442 €	- €
Tsentraalne biojätmete biogaasijaam	20 901 580 €	215 618 €	273 116 €	1 483 580 €	2 493 454 €	1 009 874 €	- €
Piirkondlik rohtse biomassi biogaasijaam	21 824 256 €	235 527 €	372 917 €	3 111 737 €	2 991 608 €	120 130 €	25 €
Tsentraalne rohtse biomassi biogaasijaam	36 795 374 €	430 186 €	842 447 €	6 742 649 €	5 464 124 €	1 278 525 €	53 €

Biogaasi ja biometaani tootmishinnad eri tüüpi jaamades on toodud tabelis 15. Tabelist nähtub, et kõige odavam on nii biogaasi kui ka biometaani toota biojätmete jaamades, kõige kallim aga rohtse biomassi jaamades.

Tabel 15. Eri tüüpi biogaasi/biometaani jaamade biogaasi ja biometaani tootmishinnad

Jaama tüüp	Biogaasi MWh tootmise hind, €	Biogaasi MWh tootmise netohind, €	Biogaasi MWh tootmise netohind koos CHP investeeringukuluga, €	Biometaani MWh tootmise hind, €	Biometaani tootmise MWh netohind, €
Suur põllumajanduslik biogaasijaam	68	70	85	93	93
Keskmine põllumajanduslik biogaasijaam	75	74	90	98	98
Väike põllumajanduslik biogaasijaam	65	63	79	86	86
Piirkondlik biojätmete biogaasijaam	86	17	33	109	40

Jaama tüüp	Biogaasi MWh tootmise hind, €	Biogaasi MWh tootmise netohind, €	Biogaasi MWh tootmise netohind koos CHP investeeringukuluga, €	Biometaani MWh tootmise hind, €	Biometaani tootmise MWh netohind, €
Tsentraalne biojätmete biogaasijaam	80	11	27	103	35
Piirkondlik rohtse biomassi biogaasijaam	126	88	103	159	111
Tsentraalne rohtse biomassi biogaasijaam	150	117	133	188	141

Eeldame, et biogaasi/biometaani toorme hulk kuni aastani 2050 võrreldes praegusega oluliselt ei muutu, nii loomade arv kui ka püsirohumaade pind jäävad enam-vähem samaks, seega jäävad enam-vähem samaks ka nii sõnniku kui ka rohtse biomassi kogus. Eesti rahvastikuprognosi¹²⁶ kohaselt riigi rahvaarv aastaks 2050 küll väheneb, aga jääb ka kõige negatiivsema stsenaariumi kohaselt üle 1,2 miljoni, seega väheneb nii biojätmete kui ka reoveesette hulk maksimaalselt 10% võrra.

Biogaasi- ja biometaanijaamade võimalikku paiknemist on uurinud Hendrik Eelmäe oma bakalaureusetöös „Biogaasijaamade asukohtade optimeerimine Eestis“¹²⁷. Töös on keskendunud peamiselt sõnnikust biogaasi tootvatele jaamadele. Töö hinnangul on biogaasijaamade asukohtade peamised võtmetegurid tooraine kogused, veokulu ja turu lähedus ehk siis tuleb biogaasijaamade planeerimisel arvestada eelkõige loomade paiknemise ja teede võrgustikuga, lisaks tuleb arvestada ka gaasitrassi lähedusega. Biogaasijaamade asukohtade leidmiseks kasutati traditsioonilisi asukohateooriaid koos Eesti konteksti sobiva metoodika ja GIS-iga. Veiste ja sigade andmed saadi PRIA-st seisuga 01.12.2023, lisaks kasutati Eesti topograafilise andmekogu (ETAK) andmeid. Läga vedamise kauguseks arvestati kuni 50 km. Biogaasijaamade asukohtade leidmiseks kasutati just selle töö tarbeks kirjutatud koodi.

Töös leiti võimalikud asukohad 21 biogaasijaamale, millest 14 olid võimsusega 18 GWh/a, ülejäänud jaamade võimsus oli veidi väiksem. Sellise koguse biogaasi tootmiseks vajalik loomade arv oli 26 000 isendit. Kui kasutada biogaasi tootmiseks ainult veise- ja sealäga, oleks kõige rohkem biogaasijaamu mõistlik rajada Järva- (4 jaama) ja Viljandimaale (3 jaama). Kaks jaama oleks mõistlik rajada Lääne-Viru-, Saare-, Põlva-, Tartu- ja Jõgevamaale. Rapla-, Pärnu-, Harju ja Hiiumaale oleks mõistlik rajada üks biogaasijaam. Ainult läga kasutamisel ei oleks biogaasijaamu mõistlik rajada Ida-Viru, Lääne-, Võru- ja Valgamaale. Kõik potentsiaalsed biogaasijaamad asuvad suurte maanteed läheduses, kuhu on kõige parem läga kokku vedada.

Veisesõnniku kogusest ja selle biometaani potentsiaalset maakonniti annab ülevaate tabel 2, mille kohaselt ongi suurim veisesõnniku kogus ja biometaani potentsiaal Järva, Lääne-Viru, Pärnu ja Viljandi maakonnas. Praegu tegutsevad põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad asuvad Lääne-Viru, Järva, Viljandi ja Tartu maakonnas.

¹²⁶ [Rahvastikuprognosis | Statistikaamet.](#)

¹²⁷ [Biogaasijaamade asukohtade optimeerimine Eestis.](#)

Biojätmete jaamad on mõistlik rajada suuremate linnade lähedusse, ainus praegu Eestis tegutsev seda tüüpi jaam asub Tallinna lähedal Maardus. Biojätmete kogus ja nende biometaanipotentsiaal maakonniti on toodud tabelis 4, mille kohaselt on suurim biojätmete biometaanipotentsiaal Harju-, Tartu-, Järva- ja Lääne-Virumaal.

Kui Eestisse peaks rajatama rohtsel biomassil töötavad biogaasi- ja biometaanijaamad, on nende asukohta valikul kõige olulisem rohtse biomassi kättesaadavus. Rohtse biomassi potentsiaalset maakonniti annab ülevaate tabel 1, mille kohaselt on biogaasi/biometaanitootmiseks sobivat rohtset biomassi kõige rohkem ning seega ja suurim biogaasi/biometaanipotentsiaal Pärnu, Tartu, Harju, Võru ja Viljandi maakonnas, kuhu on mõistlik suur osa seda tüüpi jaamu rajada.

Kõik praegu Eestis tegutsevad biogaasi- ja biometaanijaamad on toodud joonisel 7.

Täpsemad arvutused biogaasi- ja biometaanijaamade kohta sisalduvad aruande MS Excel formaadis lisas.

3.2. Biogaasi- ja biometaanijaamade ärimudelite arvutuste metoodika

Biogaasi ja biometaanitootvate jaamade ärimudelid kirjeldavad eri tüüpi sisendressursside jaamades tooteks väärindamise võimalusi n-ö kõikselt – biogaasiks, biometaaniks, veeldatud biometaaniks. Täpsemad valikud, millist põhitoodet (biogaas, biometaan, veeldatud biometaan) jaamad toodavad ja kuidas toodang jaamast toote tarbijani transporditakse, on tehtud kooskõlas stsenaariumites (vt ptk 4) eeldatud tarbimissektori (tehnoloogiliste) vajadustega. Biogaasi/biometaanitootmise ja transpordi hinna võrdlevates arvutustes kasutatakse vastava tarbijatele sobiva toote tootmis- ja transpordikuluseid biogaasi/biometaanitootmisjaamade mudelitest.

Kõigis jaamatüüpides toodetava biogaasi ja biometaanitootmise koguse arvutamisel on kasutatud töö lisas 1 (Sisendandmed) toodud biogaasi/biometaanitootmise saagise koefitsiente. Ressursi hinna puhul on eeldatud, et sõnniku saavad biogaasi- ja biometaanijaamad tasuta, maksta tuleb sõnniku veoga eest, veo hind sõltub veokaugusest, töös on arvestatud sõnniku veoga kuni 20 km kauguselt. Põhu ja rohtse biomassi maksumuseks koos veoga on arvestatud 50 €/t. Toidujätmete maksumus koos veoga on põllumajanduslikel jaamadel 15 €/t, biojätmete jaamades on toidujätmete maksumus null ja jätmete tootajalt võetakse väravatasu 30 €/t.

Investeeringute maksumuse puhul on investeeringute puhul arvestatud olemasolevate sama tüüpi jaamade maksumusega (€/MWh), millele on lisatud kapitalikulud, mis koosnevad 15 aastaks võetud tööstuslaenu tagasimaksetest ja investeeritud omakapitalist (arvestatud on biogaasisektori arvestusliku omakapitali aastase kuluga 7%). Jaama tööajaks on arvestatud 30 aastat.

Jaama käidukulude puhul on arvestatud elektrienergia, jaama hoolduse, kemikaalide, analüüside, katlamaja hoolde ja kütuse, aktiivsõe, tegevus- ja tööjõukuludega. Lisaks on kulude hulgas veel biogaasi puhastamise kulud biometaaniks, biometaanitranspordikulud ja amortisatsioonikulud.

Biogaasijaamade käidukulud sõltuvad osaliselt jaama tüübist. Põllumajanduslike jaamade käidukulud 1 MWh biogaasitootmiseks on 12 eurot, biolagunevate jätmete jaamade käidukulud

15 eurot. Biogaasi biometaaniks puhastamise kulude ühikuhinnaks on ekspertkirjandusel tuginedes arvestatud läbivalt 19 €/MWh.

Tulude puhul on kõigis jaamatüüpides arvestatud biometaani müügiga hinnaga 105 €/MWh. Põllumajanduslikes jaamades tagastatakse digestaat loomakasvatajatele, kellelt saadi sõnnik, teiste jaamatüüpide puhul arvestatakse ka digestaadist toodetud komposti müügiga.

Lisaks on kõigi jaamatüüpide puhul välja arvatud kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine ja võimalik tulu CO₂ tootmisest.

3.3. Suured põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad

Sellesse jaamatüüpi kuuluvad kõik kuus praegu Eesti tegutsevat põllumajanduslikku põhitoormena sõnnikut kasutavat biogaasi- ja biometaanijaama, kaks neist asuvad Lääne-Viru, kaks Järva, üks Viljandi ja üks Tartu maakonnas. Kuna tabeli 8 kohaselt on Eestis ruumi kokku kümnele seda tüüpi jaamale, võiks veel kaks seda tüüpi jaama lisanduda Järva- ja kaks jaama Viljandimaale.

Põhinäitajad: näidisarvutuses 548 t sõnnikut päevas ehk 200 000 t aastas. Jaama maksumus on 300 €/MWh, kogumaksumus 13,1 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 22,5 mln €, aastane biometaani toodang 43 918 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine (92%) on veise vedelsõnnik, ülejäänud (8%) moodustab rohtne biomass. Selline sõnniku – rohtse biomassi suhe sai valitud seetõttu, et see on Saksamaa seda tüüpi jaamade keskmine¹²⁸. Eeldame, et seda tüüpi jaamades on pool veisesõnnikust pärit farmist, mille juures biogaasijaam tegutseb, pool aga veetakse kohale kuni 15 km kauguselt ümbruskonna farmidest. Kogu rohtne biomass veetakse kohale lähedal asuvatelt rohumaadelt.

Koostöö

Kuna pool veisesõnnikust on pärit biogaasi- ja biometaanijaama juures asuvast farmist ja pool veetakse sisse, samuti ostetakse sisse ja veetakse kohale ka kogu rohtne biomass, on vaja mitme osapoole huvi ja koostööd. Ühe varustusriskina tuleb koostoimivate ettevõtete puhul arvestada taudide ajal kehtestatavate liikumiskiirangutega (sõnniku vedu lautade vahel võib katkeda).

Protsess

Märgkäiritus ja mesofiilne protsess. Teatavatel juhtudel (kui lisatakse nt toidujäätmeid) tuleb arvestada vajadusega käiritusjäak hügieniseerida (kuumutatakse umbes 70 °C juures).

¹²⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002306>.

Väljundid

Kuna uuringu üks eesmärk on kindlaks teha, kui palju biometaan on Eestis võimalik toota, eeldame, et enamik toodetud biogaasist väärindatakse biometaaniks. Seega tekib seda tüüpi jaamal kolme tüüpi toodangut.

1. Biometaan (enamasti müüakse maha (kas gaasivõrku või balloonides), vajadusel kasutatakse töötlemata biogaasi osaliselt biogaasijaama kütmiseks või biometaan oma tarbeks soojuse ja elektri koostootmiseks kütuseelemendis).
2. Digestaat (laotatakse oma põldudele või tagastatakse sõnnikut toonud teistele loomakasvatajatele, lisaks kasutavad digestaati taimekasvatjad).
3. CO₂, võimalusel müüakse maha, aga see võib osutuda keeruliseks.

Turustuskanalid

Biometaan tarnitakse kliendile kas surubiometaanina balloonides autotranspordiga või juhitakse võimaluse korral maagaasi ülekandevõrku; arvutustes on arvestatud biometaan sisestamisega võrku. Digestaat tarnitakse kliendile üldjuhul farmide omanikfirmadele kuuluvate paakautodega (sama auto, mis toob vedelsõnnikut, viib ära vedela digestaadi).

Arvutuste alused, biometaan tootmise tasuvus

Kui võtta suure põllumajandusliku biogaasijaama keskmiseks sõnnikukoguseks päevas 458 tonni, tähendab see 200 000 tonni sõnnikut aastas. Kuna nii suuri lautasid, kus tekiks selline kogus veisesõnnikut, on Eestis väga vähe, tuleb seda tüüpi jaamade puhul enamasti arvestada sõnniku veoga. Eeldame, et sõnniku enda eest maksta ei tule; juhul kui sõnnik veetakse kohale kaugemalt, lisandub sellele transpordikulu (eeldame, et seda tüüpi jaamas vajalik sõnnik veetakse kohale kuni 15 km kauguselt, sel juhul on transpordi hind 2,2 €/m³). Rohtse biomassi hind koos transpordiga on 50 €/t. Kogu jaamas kasutatav rohtne biomass (17 319 tonni aastas) tuleb kohale vedada. Arvutuste kohaselt tuleb sellist tüüpi jaamas maksta toorme ja selle vedamise eest 1 069 550 eurot aastas. Sellise jaama aastane toodang on 43 918 MWh biometaan. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 300 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 13,17 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 22,5 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 751 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (toorme maksumus ja transport, investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaan võrku sisestamine) on 4,1 miljonit eurot (1 MWh biometaan tootmise hind on 93,20 eurot) ja tulud (eeldades biometaan müüki hinnaga 105 €/MWh) 4,6 miljonit eurot, tulude-kulude vahe on 518 000 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 64 228 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.4. Keskmised põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad

Sellise suurusega põllumajanduslikke biogaasi- ja biometaanijaamu meil praegu ei ole, toorme kättesaadavaust arvestades mahuks neid Eestisse neli, sobivaimate asukohtadena võiks kaaluda Saare-, Põlva- ja Jõgevamaad.

Põhinäitajad: näidisarvutuses 411 t sõnnikut päevas ehk 150 000 t aastas. Jaama maksumus on 350 €/MWh, kogumaksumus 12,45 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 21,3 mln €, aastane biometaani toodang 35 600 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine (92%) on veise ja sea vedelsõnnik, ülejäänu (8%) moodustab rohtne biomass. Eeldame, et seda tüüpi jaamades on kolmandik veisesõnnikust pärit farmist, mille juures biogaasi- ja biometaanijaam tegutseb, kaks kolmandikku sõnnikust veetakse kohale kuni 15 km kauguselt. Sea vedelsõnnik veetakse kohale kuni 20 km kauguselt. Kogu rohtne biomass veetakse samuti kohale.

Koostöö

Kuna osa sõnnikust on pärit jaama juures asuvast farmist ja osa veetakse sisse, samuti ostetakse sisse ja veetakse kohale ka kogu rohtne biomass, on vaja mitme osapoole huvi ja koostööd. Ühe varustusriskina tuleb koostoimivate ettevõtete puhul arvestada taudide ajal kehtestatavate liikumispiirangutega (sõnniku vedu lautade vahel võib katkeda).

Protsess

Märgkäiritus ja mesofiilne protsess. Teatavatel juhtudel tuleb arvestada vajadusega käiritusjäak hügieniseerida (kuumutatakse umbes 70 °C juures).

Väljundid (vt suur põllumajanduslik biogaasi- ja biometaanijaam).

Turustuskanalid (vt suur põllumajanduslik biogaasi- ja biometaanijaam).

Arvutuste alused, biometaani tootmise tasuvus

Kui võtta keskmise põllumajandusliku biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks sõnnikukoguseks päevas 411 tonni, tähendab see 150 000 tonni sõnnikut aastas (millest 80 000 tonni on veise- ja 70 000 tonni seasõnnik). Kuna selliseid lautu, kus tekib sellest kogusest rohkem veisesõnnikut, on Eestis väga vähe ja eeldatavasti läheb nende sõnnik suurtesse biogaasi- ja biometaanijaamadesse, tuleb seda tüüpi jaamade puhul arvestada sõnniku veoga. Eeldame, et sõnniku enda eest maksta ei tule; juhul kui sõnnik veetakse kohale kaugemalt, lisandub sellele transpordikulu (kuni 15 km kauguselt on transpordi hind 2,2 €/m³ ja kuni 20 km kauguselt 2,7 €/m³). Lisaks tuleb juurde vedada 13 043 tonni rohtset biomassi aastas, rohtse biomassi hind koos transpordiga on 50 €/t. Arvutuste kohaselt tuleb sellist tüüpi jaamas maksta toorme ja selle vedamise eest 929 568 eurot aastas. Sellise jaama aastane toodang on 35 600 MWh biometaani. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 350 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 12,44 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 21,3 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 710 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (toorme maksumus ja

transport, investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaanini võrku sisestamine) on 3,5 miljonit eurot (1 MWh biometaanini tootmise hind on 97,84 eurot) ja tulud (eeldades biometaanini müüki hinnaga 105 €/MWh) 3 733 749 eurot, tulude-kulude vahe on 255 000 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 52 004 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.5. Väikesed põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad

Sellise võimsusega jaamu oleks Eestisse mõistlik rajada kolm, jaamade soovitatavad asukohad võiksid olla Rapla-, Pärnu- ja Harjumaa.

Põhinäitajad: arvutustes on arvestatud 252 t sõnnikuga päevas ehk 92 000 t sõnnikuga aastas. Jaama maksumus on 400 €/MWh, kogumaksumus 9,23 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 15,8 mln €, aastane biometaanini toodang 23 070 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine (92%) on veise ja sea vedelsõnnik ning linnu tahesõnnik, ülejäänud (8%) moodustab rohtne biomass, põhk ning põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil ning toiduainete valmistamisel ja töötlemisel tekkinud jäätmed. Eeldame, et väikestes põllumajanduslikes biogaasi- ja biometaanijaamades veetakse sisse kogu toore.

Koostöö

Seda tüüpi jaamades on vaja sisse osta ja kohale vedada kogu toore (sõnnik, rohtne biomass ja biolagunevad jäätmed). Seega on vaja mitme osapoole huvi ja koostööd. Ühe varustusriskina tuleb koostoimivate ettevõtete puhul arvestada taudide ajal kehtestatavate liikumispiirangutega (sõnniku vedu lautade vahel võib katkeda).

Protsess

Märgkäiritus ja mesofiilne protsess. Teatavatel juhtudel tuleb arvestada vajadusega käiritusjääd hügieniseerida (kuumutatakse umbes 70 °C juures).

Väljundid (vt suur põllumajanduslik biogaasi- ja biometaanijaam).

Turustuskanalid (vt suur põllumajanduslik biogaasi- ja biometaanijaam).

Arvutuste alused, biometaanini tootmise tasuvus

Kui võtta väikese põllumajandusliku biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks sõnnikukoguseks päevas 252 tonni, tähendab see 92 000 tonni sõnnikut aastas (millest 80 000 tonni on veise-, 12 000 tonni sea- ja 8000 tonni linnusõnnik). Kuna sellised jaamad saavad toorme väiksematest farmidest, ei asu need ühegi lauda juures ja seega tuleb seda tüüpi jaamade puhul arvestada kogu sõnniku sisseveoga. Eeldame, et kogu veisesõnnikust veetakse kokku kuni 15 km kauguselt (veo hind 2,2 €/m³), sea- ja linnusõnnik veetakse kokku kuni 20 km kauguselt (veo hind 2,7 €/m³), sõnniku enda eest ei maksta. Lisaks tuleb juurde vedada 1083 tonni rohtset biomassi (hind koos

transpordiga 50 €/t) ja 817 tonni biojätmeid aastas. Arvutuste kohaselt tuleb sellist tüüpi jaamas maksta toorme ja selle vedamise eest 275 495 eurot aastas. Sellise jaama aastane toodang on 23 070 MWh biometaani. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 400 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 9,23 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 15,8 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 526 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (toorme maksumus ja transport, investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaani võrku sisestamine) on 2,0 miljonit eurot (1 MWh biometaani tootmise hind on 86,49 eurot) ja tulud (eeldades biometaani müüki hinnaga 105 €/MWh) 2 422 397 eurot, tulude-kulude vahe on 427 000 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 33 739 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.6. Piirkondlikud biojätmete biogaasi- ja biometaanijaamad

Ühtegi seda tüüpi jaama Eestis praegu ei tegutse, biojätmete kogust arvestades võiks selliseid jaamu olla kaheksa. Tekkivate biojätmete koguseid arvestades võiksid jaamade võimalikud asukohad olla Ida-Viru, Järva, Jõgeva, Lääne-Viru, Rapla, Saare, Valga ja Võru maakond.

Põhinäitajad: arvutustes on arvestatud 20 t biojätmetega päevas ehk 7300 t biojätmetega aastas. Jaama maksumus on 950 €/MWh, kogumaksumus 3,6 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 6,2 miljonit €, aastane biometaani toodang 3833 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine on toitlustusest ja kodumajapidamistest kogutud biojätmed. Kogu toore veetakse kohale, toorme enda transpordi eest jaam ei maksa, jäätmetooja maksab biogaasi- ja biometaanijaama toodavate jätmete eest väravatasu 30 €/t.

Koostöö

Kuna biogaasi- ja biometaanijaam ei asu ühegi ettevõtte juures, veetakse kogu tooraine sisse. Vajalik on koostöö jaama ja jäätmevedajate vahel.

Protsess

Kuivkääritus, jätmed vajavad eel- või järeltöötlust (purustamine, võõriste eemaldamine, sõelumine), samuti on vaja kääritusjäak hügieniseerida.

Väljundid

Kuna uuringu üks eesmärk on kindlaks teha, kui palju biometaani on Eestis võimalik toota, eeldame, et enamik toodetud biogaasist väärindatakse biometaaniks. Seega tekib seda tüüpi jaamal kolme tüüpi toodangut.

1. Biometaan (enamasti müüakse maha (kas gaasivõrku või balloonides), vajadusel kasutatakse töötlemata biogaasi osaliselt biogaasi- ja biometaanijaama kütmiseks või biometaani oma tarbeks soojuse ja elektri koostootmiseks kütuseelemendis).
2. Digestaat kompostitakse ja kompost müüakse maha.
3. CO₂, võimalusel müüakse maha, võib osutada keeruliseks, kuna turg on väike.

Turustuskanalid

Biometaan tarnitakse kliendile kas surubiometaanina balloonides autotranspordiga või juhitakse võimaluse korral maagaasi ülekandevõrku. Kompost müüakse maha.

Arvutuste alused, biometaani tootmise tasuvus

Kui võtta piirkondliku biojätmete biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks biojätmete koguseks päevas 20 tonni, tähendab see 7300 tonni biojätmeid aastas. Sellise toormekogusega jaama aastane toodang on 3833 MWh biometaani. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 950 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 3,6 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 6,2 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 208 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaani võrku sisestamine) on 417 000 eurot (1 MWh biometaani tootmise hind on 108,91 eurot, 1 MWh biometaani tootmise netohind 40,45 eurot) ja tulud (eeldades biometaani müüki hinnaga 105 €/MWh ja komposti müüki hinnaga 7 €/t) 664 000 eurot, tuludekulude vahe on 247 000 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 1580 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.7. Tsentraalsed biojätmete biogaasi- ja biometaanijaamad

Praegu on Eestis üks seda tüüpi biometaanijaam Harjumaal Maardus, biojätmete kogust arvestades võiks teise sama tüüpi jaama rajada veel ka Tartumaale.

Põhinäitajad: arvutustes on arvestatud 75 t biojätmetega päevas ehk 27 375 t biojätmetega aastas. Jaama maksumus on 850 €/MWh, kogumaksumus 12,2 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 20,9 mln €, aastane biometaani toodang 14 375 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine on toitlustusest ja kodumajapidamistest kogutud biojätmed. Kogu toore veetakse kohale, toorme enda transpordi eest jaam ei maksa, jäätmetooja maksab biogaasi- ja biometaanijaama toodavate jätmete eest väravatasu 30 €/t.

Koostöö

Kuna biogaasi- ja biometaanijaam ei asu ühegi ettevõtte juures, veetakse kogu tooraine sisse. Vajalik on koostöö jaama ja jäätmevedajate vahel.

Protsess

Kuivkääritus, jäätmed vajavad eeltöötlust (purustamine, võõriste eemaldamine), samuti on vaja kääritusjääk hügieniseerida.

Väljundid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Turustuskanalid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Arvutuste alused, biometaanii tootmise tasuvus

Kui võtta tsentraalse biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks biojäätmete koguseks päevas 75 tonni, tähendab see 27 375 tonni biojäätmepäevas. Sellise toormekogusega jaama aastane toodang on 14 375 MWh biometaanii. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 850 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 12,2 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 20,9 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 697 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaanii võrku sisestamine) on 1,5 miljonit eurot (1 MWh biometaanii tootmise hind on 103,21 eurot, 1 MWh biometaanii tootmise netohind 34,75 eurot) ja tulud (eeldades biometaanii müüki hinnaga 105 €/MWh ja komposti müüki hinnaga 7 €/t) 2 493 454 eurot, tulude-kulude vahe on 1 miljon eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 5925 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.8. Piirkondlikud rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad

Kuna sellist tüüpi jaamade tehnoloogiat praegu maailmas veel välja töötatud ei ole, ei ole Eestis praegu ka sellist tüüpi jaamu. Kui selliste jaamade rajamine aga tulevikus võimalikuks osutub ja neid Eestisse rajama hakatakse, oleks selliste potentsiaalsete jaamade arv seitse ning need võiksid asuda maakondades, kus rohtset biomassi on vähem, aga sellist tüüpi jaamale siiski piisavalt (nt Põlva- ja Saaremaa).

Põhinäitajad: arvutustes on arvestatud 75 t biomassiga päevas ehk 27 375 t biomassiga aastas. Jaama maksumus on 650 €/MWh, kogumaksumus 12,76 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 21,8 mln €, aastane biometaanii toodang 19 672 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine on rohtne biomass, põhk ja söödajäätmed. Kogu toore veetakse kohale, rohtse biomassi hind koos veoga on 50 €/t.

Koostöö

Kuna biogaasi- ja biometaanijaam ei asu ühegi ettevõtte juures, veetakse kogu tooraine sisse. Vajalik on koostöö jaama ja põllumajandustootjate/maahooldajate vahel.

Protsess

Kuivkäätitus; rohtne biomass ja põhk vajavad eeltöötlust (sileerimist).

Väljundid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Turustuskanalid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Arvutuste alused, biometaani tootmise tasuvus

Kui võtta piirkondliku rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks tooraine koguseks päevas 75 tonni, tähendab see 27 375 tonni rohtset biomassi aastas. Kogu toore tuleb kokku vedada, toorme maksumus koos transpordiga on 1 368 750 eurot. Sellise toormekogusega jaama aastane toodang on 19 627 MWh biometaani. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 650 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 12,76 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 21,8 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeaks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 727 000 eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (toorme maksumus ja transport, investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaani võrku sisestamine) on 3,1 miljonit eurot (1 MWh biometaani tootmise hind on 158,54 eurot, 1 MWh biometaani tootmise netohind on 11,12 eurot) ning tulud (eeldades biometaani müüki hinnaga 105 €/MWh ja komposti müüki hinnaga 7 €/t) 2 991 608 eurot, tulude-kulude vahe on -120 000 eurot ehk 1 MWh biometaani tootmiseks on vaja toetust 6 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 6683 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

3.9. Tsentraalsed rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad

Sarnaselt eelmise jaamatüübiga sellist tüüpi jaamu Eestis praegu ei ole. Kui töötatakse välja vastav tehnoloogia, võiks selliseid jaamu Eestis olla 15 ja nende sobivaimaks asukohaks on maakonnad, kus on kõige rohkem biogaasi/biometaani tootmiseks kättesaadavat rohtset biomassi. Kolm seda tüüpi jaama mahuks Pärnu- ning kaks Tartu- ja Harjumaale. Ühe jaama jagu oleks rohtset biomassi veel Ida-Viru, Jõgeva, Lääne, Rapla, Valga, Viljandi ja Võru maakonnas. Üks jaam oleks mõistlik rajada Järva ja Lääne-Viru maakonna koostöös.

Põhinäitajad: arvutustes on arvestatud 137 t biomassiga päevas ehk 50 000 t biomassiga aastas. Jaama maksumus on 600 €/MWh, kogumaksumus 21,5 mln €, maksumus koos kapitalikuludega 36,8 mln €, aastane biometaani toodang 35 849 MWh.

Ressurss

Peamine tooraine on rohtne biomass, põhk ja söödajäätmed. Kogu toore veetakse kohale, kuna tegemist on tsentraalse jaamaga, on rohtse biomassi hind koos veoga võrreldes piirkondliku jaamaga kõrgem, 70 €/t.

Koostöö

Kuna biogaasi- ja biometaanijaam ei asu ühegi ettevõtte juures, veetakse kogu tooraine sisse. Vajalik on koostöö jaama ja põllumajandustootjate/maahoolajate vahel.

Protsess

Kuivkääritus; rohtne biomass ja põhk vajavad eeltötlust (sileerimist).

Väljundid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Turustuskanalid (vt piirkondlik biojäätmete biogaasi- ja biometaanijaam).

Arvutuste alused, biometaani tootmise tasuvus

Kui võtta tsentraalse rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaama keskmiseks tooraine koguseks päevas 137 tonni, tähendab see 50 000 tonni rohtset biomassi aastas. Kogu toore tuleb kokku vedada, toorme maksumus koos transpordiga on 3 500 000 eurot. Sellise toormekogusega jaama aastane toodang on 35 849 MWh biometaani. Kui võtta sellist tüüpi jaama maksumuseks keskmiselt 600 €/MWh, oleks jaama rajamise maksumus 21,51 miljonit eurot, koos kapitalikuludega 36,8 miljonit eurot. Kui arvestada jaama tööeaks 30 aastat, on aastane investeeringukulu 1,2 miljonit eurot. Seda tüüpi jaama aastased kulud (toorme maksumus ja transport, investeeringud, biogaasi tootmine ja puhastamine ning biometaani võrku sisestamine) on 6,7 miljonit eurot (1 MWh biometaani tootmise hind on 188,08 eurot, 1 MWh biometaani tootmise netohind on 140,66 eurot) ning tulud (eeldades biometaani müüki hinnaga 105 €/MWh ja komposti müüki hinnaga 7 €/t) 5 464 124 eurot, tulude-kulude vahe on -1,3 miljonit eurot ehk 1 MWh biometaani tootmiseks on vaja toetust 34 eurot.

Kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine

Seda tüüpi jaama arvestuslik kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamise kogus on 12 207 CO₂ ekvivalenttonni aastas.

4. BIOGAASI/BIOMETAANI TARBIMISE JA TOOTMISE STSENAARIUMID

4.1. Stsenaariumite eristamise alused ja põhitunnused

Töös kirjeldatakse kokku seitset stsenaariumi, mille esmaseks eristuse aluseks on biogaasi/biometaani tarbimise peamine sektor – kas transport, tööstus, elektritootmine, soojusmajandus või kodugaas (sh ärides ja avaliku sektori asutustes). Seejuures arvestatakse stsenaariumi algperioodil olemasoleva (transpordisektori) tarbimise püsimist ning seejärel 2030ndatel kuhtumist. Lisaks eristatakse nn olemasoleva olukorra jätkustsenaariumina stsenaarium (nn BAU stsenaarium), kus biometaani põhikasutus on transport, kuid tootmis- ja tarbimismahud on võrrelduna transpordi põhiststsenaariumiga (ja kõigi teiste stsenaariumitega) väiksemad. Eeldatakse, et tarbimismaht jääb u 0,5 TWh/a tasemele. Teiste sõnadega eeldatakse, et peale seda, kui 2024. aasta KIK toetustega kaetud jaamad aastaks 2027 välja ehitatakse, uusi jaamasid ei rajata.

Ainsa sektoriülese sünteesiva stsenaariumina on kirjeldatud stsenaarium, milles kombineeritakse biometaan transpordi üleminekukütusena prognoosiperioodi esimeses pooles biogaasi tarbimisega kohaliku kütusena ringmajanduslikes tööstusparkides (koos võimaliku kaastarbimisega kodude ja äride soojavarustuse tagamisel, energiakogukondades) prognoosiperioodi teises pooles. Kohaliku tarbimishõudluse kõikumist puhverdavana on stsenaariumi teise poolde sisse kirjutatud ka veeldatud biometaani tootmine tarbimisega spetsiifilistes transpordisektorites (laevandus, rasked põllumajandusmasinad). Tegemist on järeldusega sektoraalsete stsenaariumite analüüsist (vt ptk 5) – kui arengutee, mis võib tagada biogaasile/biometaanile hinnakonkurentsivõime ja pikaajalise autonoomse tarbimisniši. Sellisena on see stsenaarium võetud aluseks teekaardi visiooni ja selle visiooni elluviimiseks vajalike muudatuste sõnastamisel (vt ptk 6).

Alljärgnev tabel 16 kirjeldab kokkuvõtlikult stsenaariumite sisu tarbimismahtude piirväärtuste ja peamiste tarbimissektorite osas, keskmist ühikuhinda kogu perioodi (2025–2050) kohta, keskmiselt ringmajanduslikku kasutusse võetava metaani kogust aastas CO₂ ekvivalenttonnides ning stsenaariumite kooskõla kliimakindla majanduse SE (02.12.2024) ja ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) eesmärkide ja eeldustega.

Tabel 16. Stsenaariumite tarbimise iseloom ja kooskõla siseriiklike poliitikadokumentidega

Stsenaariumi nimetus	Stsenaariumi tarbimisfookus	Stsenaariumi tarbimismahtude kirjeldus	Max tarbimine, GWh/a	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind, eurot MWh	Vähendatava metaani KHG heite arvestuslik maht CO ₂ ekvivalent-tonnides (aasta-keskmine)	Stsenaariumi kooskõla kliimakindla majanduse SE (05.08.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024)
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	Ühistranspordi linnaliinid, siseriiklik kaubavedu, avaliku sektori hooned	Tarbimises jätkub praegune praktika, kus valdav osa biogaasi kasutatakse biometaanitootmiseks ja seda kasutatakse transpordisektoris. Ühistranspordi tarbimismahte ei suudeta olulisel määral kasvatada, see jääb 250 GWh/a tasemele. Keskpikas vaates panustab transpordisektori nõudlusesse veokisektor, täpsemalt siseriiklike kaubaveokite CBG nõudlus (50 GWh/a). Kliimakindla majanduse SE eesmärgid vähendada hoonete sektori KHG heitkogust (2035. aastaks 16%; 2040. aastaks 37%) ning avalikule sektorile seatavad spetsiifilised kohustused (sh arvestada hangete korraldamisel KHG heite mõjuga ja lõpetada fossiilkütuste kasutus aastaks 2040) motiveerivad biometaanitootmist kui üleminekukütuse kasutamist avaliku sektori hoonetes (140 GWh/a mahus). Kokku tarbitakse ja toodetakse stsenaariumi maksimumtarbimise perioodil u 0,5 TWh/a. EL-i regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad alates 2035. aastast vähendama biometaanitootmist (ühis)transpordisektoris ning teistes sektorites vähenemist kompenseerivat nõudlust ei teki.	519	62	574 684	Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuvenergia osakaalu transpordikütustes 2022. aasta 28,48%-lt 49%-ni 2035. aastal ning selleks ette nähtud tegevusega „toota ja sisestada gaasivõrku taastuvgaase loomaks võimalust mh transpordis taastuvgaaside kasutuseks“. Biometaanitootmist ühistranspordi linnaliinides kasutamise tarbimise lakkamise eeldus on kooskõlas kliimakindla majanduse SE nõudega, et aastast 2040 kasutatakse vähemalt 50 000 elanikuga linna territooriumil ühistransporditeenuse osutamiseks nullheitega sõidukeid.

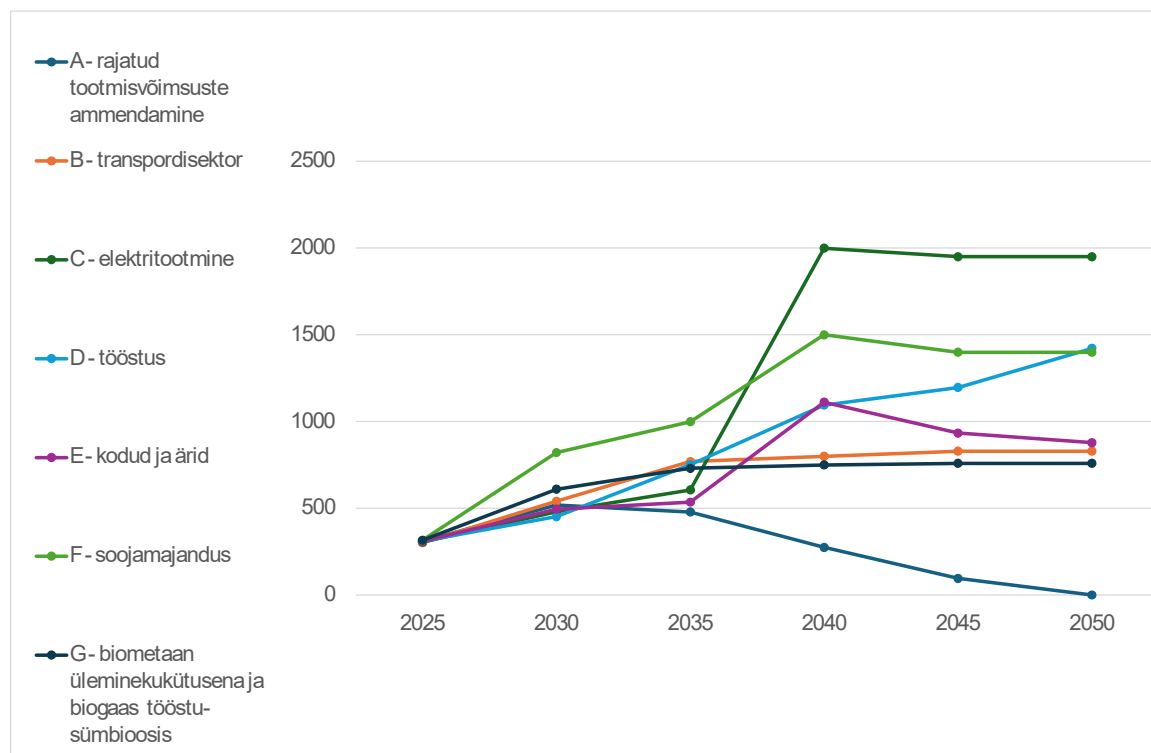
Stsenaariumi nimetus	Stsenaariumi tarbimisfookus	Stsenaariumi tarbimismahdade kirjeldus	Max tarbimine, GWh/a	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind, eurot MWh	Vähendatava metaani KHG heite arvestuslik maht CO ₂ ekvivalent-tonnides (aasta-keskmine)	Stsenaariumi kooskõla kliimakindla majanduse SE (05.08.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024)
B: Transpordisektor	Ühistransport ja rasketransport, põllumajandustehnika, laevandus	Tarbimises jätkub praegune praktika, kus valdav osa biogaasi kasutatakse biometaanitoomiseks ja seda kasutatakse transpordisektoris. Suuremad linnad jätkavad (eesialgsete kavatsuste alusel) biogaasibusside kasutust ka peale praeguste lepingute lõppu ja ka kümnendi lõpul sõlmitavad hanked lubavad biogaasibusside kasutust. Ühistranspordi kõrval hakkab kasvama ka biometaanit kasutus raskeveokites, põllumajandustehnikas ja laevanduses, mis alates 2040. aastast on peamised biometaanit tarbijad. Biometaanit tarbimise maht põhisektoris saavutab maksimumilähedase taseme (670 GWh/a) aastaks 2035, peale mida eeldatakse perioodi lõpuni vähest kasvu kuni 730 GWh-ni aastas.	829	71	1 264 537	Stsenaarium toetab ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) määratud sihttaseme suurendamist taastuvenergia osakaalu transpordikütustes 2022. aasta 28,48%-lt 49%-ni 2035. aastal ning saab tugineda selleks ette nähtud tegevusele „toota ja sisestada gaasivõrku taastuvgaase loomaks võimalust mh transpordis taastuvgaaside kasutuseks“.
C: Elektritootmine	Juhtivat võimsust tagav elektritootmine gaasijaamades	Stsenaariumi tarbimismahdade määramisel lähtutakse kliimakindla majanduse seaduseelnõuga seotud juhitava võimsusega gaasijaamade vajadusprognosist (2030 – 500 MW ja 2035 – 750 MW) ning taastuvgaasi nõutud osakaalust gaasivõrgus – vastavalt 33,3% 2035. aastal ja 100% 2040. aastal. Arvestades 750 MWh gaasijaamade aastaseks tootmisperioodiks 2200 tundi, on kavandatud taastuvgaasidel põhinev elektritootmise maht 1,65 TWh. Biometaanist elektri tootmise 45% kasuteguri eelduse korral on kavandatud gaasijaamade töös hoidmiseks vajalik toota ligi 4 TWh biometaanit. Sellist tootmismahtu ei suudeta siseriikliku ressursi arvelt katta. Tekib vajadus biometaanit importida või kasutada taastuvgaasina biometaanist kõrgema tootmishinnaga sünteetilist metaanit.	1999	136	1 845 085	Stsenaariumi tarbimismahdade määramisel lähtutakse kliimakindla majanduse seaduseelnõuga seotud juhitava võimsusega gaasijaamade vajadusprognosist. Stsenaarium on kooskõlas kliimakindla majanduse SE ja ENMAK 2035 eelnõu eesmärkidega, et 2040. aastaks peab elektritootmine olema süsinikuneutraalne ning gaasivõrgud dekarboniseeritud.

Stsenaariumi nimetus	Stsenaariumi tarbimisfookus	Stsenaariumi tarbimismahude kirjeldus	Max tarbimine, GWh/a	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind, eurot MWh	Vähendatava metaani KHG heite arvestuslik maht CO ₂ ekvivalent-tonnides (aasta-keskmine)	Stsenaariumi kooskõla kliimakindla majanduse SE (05.08.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024)
D: Tööstus	Olemasolev tööstustarbimine ning reindustrialiseerimise kava ja EIS välis-investeeringute portfelist välja kasvav uus energiamahukas tööstus	Stsenaariumi lähtekoht on Eleringi 2022. aastal tellitud gaasitarbimise pikaajaline prognoos. Täiendava nõudluse mahuna eeldatakse lisaks EIS müügiportfelli 13 energiamahuka tööstusprojekti (5,8 TWh/a) 25% realiseerumisega 2030. aastaks ja 50% realiseerumisega aastaks 2035. Samuti eeldatakse, et nende tööstuste energiavarustus kaetakse 18% ulatuses metaangaasiga, mis vastab 2022. aasta maagaasi osakaalule tööstuste energiavarustuse katmisel. Kokku oleks neil eeldustel põhineva tööstuse energiatarbimise mahuks ligi 1,4 TWh, mis saavutatakse ühtlaselt kasvavas tempos analüüsiperioodi lõpuks 2050. aastal.	1421	76	1 408 561	Stsenaarium on kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024 versioon) eesmärgiga, et gaasivõrk on 2035. aastaks dekarboniseeritud 1/3 mahus ja täies mahus 2040. aastaks. Stsenaariumiga täidetakse kliimakindla majanduse SE seletuskirjas sisalduv siht, et tööstus peab tarbima 20% ehk u 150 GWh taastuvgaasi.
E: Kodud ja ärid	Võrgugaas kodudes ja ärides	Stsenaariumi lähtepunkt on maagaasi tarbimise mahud äri- ja avaliku sektori asutustes (2022. aastal 540 GWh) ja kodudes (2022. aastal 570 GWh). Eeldatakse, et metaangaasi nõudlus neis sektorites väheneb tulenevalt hoonete rekonstrueerimisest proportsionaalselt tempos, mis on prognoositud ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioonis) – 2030. aastaks 94%-ni, 2040. aastaks 80%-ni ja 2050. aastaks 68%-ni. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus kavandatud gaasivõrgu dekarboniseerimise tempoga eeldatakse lisaks, et biometaan (või muu taastuvgaas) asendab maagaasi kodude ja äride tarbimisstruktuuris 2030. aastal 25%, 2035. aastal 33% ja 2040. aastal 100% ulatuses. Nende eelduste alusel kasvab biometaan tarbimine sektoris 2035. aastaks 320 GWh/a ning 2040. aastaks 890 GWh-ni aastas. Perioodil lõpul on tarbimine kerges langustrendis 2050. aasta 750 GWh/a tasemeni. Kuni 2040. aastani säilib vähendatud mahus tarbimine ka linnaliinibussides.	1111	73	1 242 225	Stsenaarium on kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024 versioon) eesmärgiga, et gaasivõrk on 2035. aastaks dekarboniseeritud 1/3 mahus ja täies mahus 2040. aastaks. Stsenaariumiga täidetakse kliimakindla majanduse SE eesmärk, et aastaks 2040 on soojuse tootmine CO ₂ neutraalne.

Stsenaariumi nimetus	Stsenaariumi tarbimisfookus	Stsenaariumi tarbimismahude kirjeldus	Max tarbimine, GWh/a	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind, eurot MWh	Vähendatava metaani KHG heite arvestuslik maht CO ₂ ekvivalent-tonnides (aasta-keskmine)	Stsenaariumi kooskõla kliimakindla majanduse SE (05.08.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024)
F: Sooja-majandus	Soojamajandus	Stsenaariumi tarbimismahude määramisel on lähtekoht uuringu „Eesti üleminek süsinikuneutraalsele soojus- ning jahutusmajandusele aastaks 2050“ tehnoloogianeutraalse stsenaariumi metaangaaside tarbimismahud – 2030. aastal 2326 GWh ja 2040. aastal 1084 GWh, millele rakendatakse kliimakindla majanduse SE ja ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) nõudeid tösta taastuvgaaside osakaal soojatootmises aastaks 2035 33,3%-ni ja aastaks 2040 100%-ni. Stsenaariumi maksimaalne tarbimismahut soojamajanduses on 1,2 TWh/a (biometaani tootmismahu koguvajadus 1,5 TWh/a) ja see saavutatakse aastaks 2040. Seejärel eeldatakse tarbimismahude stabiliseerumist.	1499	80	1 588 208	Stsenaarium on kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024 versioon) eesmärgiga, et gaasivõrk on 2035. aastaks dekarboniseeritud 1/3 mahus ja täies mahus 2040. aastaks. Stsenaariumiga täidetakse kliimakindla majanduse SE eesmärk, et aastaks 2040 on soojuse tootmine CO ₂ neutraalne.

Stsenaariumi nimetus	Stsenaariumi tarbimisfookus	Stsenaariumi tarbimismahdade kirjeldus	Max tarbimine, GWh/a	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind, eurot MWh	Vähendatava metaani KHG heite arvestuslik maht CO ₂ ekvivalent-tonnides (aasta-keskmine)	Stsenaariumi kooskõla kliimakindla majanduse SE (05.08.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024)
G: Biometaan ülemineku-kütusena ja biogaas ringmajanduslikus tööstussümbioosis	ÜT, raskeveokid, laevandus ning kohalik tööstus ja energia-kogukonnad	Stsenaariumis kombineeritakse biometaan kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades. Tarbimine transpordisektoris saavutab maksimumtaseme (520 GWh/a) aastaks 2035, misjärel see kahaneb kiiresti. Aastal 2050 eeldatakse üksnes LGB tarbimisnõudluse säilimist laevanduses (110 GWh/a). Biogaasi tarbimine tööstussümbioosis ja energiakogukondade kohaliku võrguvaba kütusena toimub alates 2035. aastast (210 GWh/a) ning kasvab ühtlaselt kuni aastani 2050 (550 GWh). Koos energiasektori omatarbimise ja LBG tootmisega on biogaasi tootmisvajadus tarbimise katmisel perioodi lõpus 853 GWh/a.	759	66	1 304 729	Biogaasi kohalik autonoomne võrguvaba kasutus tööstussümbioosis ja energiakogukondades panustab ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) sõnastatud Eesti energiajulgeoleku tagamise ühe peamise väljakutsega tegelemisesse – tõsta hajapiirkonna võimekust toota lokaalselt energiat. ENMAK 2035 eesmärk suurendada biometaan osakaalu tööstustarbimises 20% ehk u 150 GWh/a saavutatakse biogaasi tarbimisega ringmajanduslikes tööstusparkides. Kohalikele võrguvabale biogaasi tarbimisele üleminek on kooskõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus sätestatud ringmajanduse põhimõttega (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärindamise (§ 23) ülesannetega.

Tulenevalt energia tarbimissektorite prognoositava ja eesmärgistatava biogaasi/biometaani tarbimisvajaduse iseloomust erinevad ka stsenaariumite aastased tarbimismahud, seda nii stsenaariumite omavahelises võrdluses kui ka ajas perioodil 2025–2050. Stsenaariumite tarbimismahtude üldisest ajalisest muutusest annab ülevaate alljärgnev joonis 22.



Joonis 9. Stsenaariumite energiatarbimise mahtude muutus, 2025–2050

Biogaasi ja biometaani tootmismahude jaoks oluline ka kasutegur, millega biogaasist või biometaanist lõppenergiat toodetakse. Eriti oluline on see tsentraalsetes gaasijaamades biometaanist elektri tootmisel, kus kasutegur 45% kahekordistab biometaani tootmise vajaduse võrdluses gaasijaamades toodetava elektrienergia kogusega. Enamiku stsenaariumite puhul ületab vajalik tootmismahut biolagunevatest jäätmetest ja jääkidest ning põllumajanduse kontsentreeritud kõrvalsaadustest toodetava biogaasi/biometaani ressursi potentsiaali u 0,8 TWh/a. Stsenaariumi B (transpordisektor) ja G (biometaan transpordi üleminekukütusena ning biogaas tööstussümbioosis ja energiakogukondades) puhul on see puudujääk minimaalne (u viie rohtse biomassi BGJ mahus), mistõttu ei järeldu sellest koheselt biometaani impordi või sünteetilise metaani tootmise vajadus. Täiendavalt vajalikele rohtse biomassi biogaasijaamadele on kõige tõenäolisemalt võimalik leida keskkonnakaitseliselt sobiv asukoht, juhul kui see on majanduslikult mõistlik.

Tööstussektori, kodugaasi ja soojamajanduse stsenaariumite biometaani tootmisvajadus ei ületa oluliselt peatükis 3 modelleeritud rohtse biomassi biogaasijaamade tootmisvõimsuse piire või jääb sellest allapoole. Arvestades selliste jaamade biogaasi/biometaani oluliselt kõrgemat tootmishinda (50–80 eurot 1 MWh kohta võrdluses teist tüüpi biogaasijaamadega) ning olemasolevaid ja karmistuvaid keskkonnakaitselisi piiranguid, võib eeldada, et nende

stsenariumite realiseerimine sektorite prognoositava tarbimisnõudluse mahus nõuab siiski biometaani importi või rohelise sünteetilise metaani tootmist. Juhitavate gaasielektrijaamade stsenaariumi gaasiliste kütuste vajadus ületab biometaani tootmispotentsiaali mitmekordselt ning selle realiseerumine eeldab, et peamise taastuvgaasina kasutatakse sünteetilist metaani. Stsenaariumite maksimaalsetest tootmismahudest ja ressursipotentsiaaliga kaetud biogaasijaamade rakendatuse määradest annab ülevaate tabel 17.

Tabel 17. Stsenaariumite maksimaalsed tootmismahud ja ressursipotentsiaaliga kaetud biogaasijaamade rakendatuse määrad

Stsenaariumi nimetus	Max tootmine, GWh/a	BGJ jaamade rakendatuse määr			Biometaani impordi või sünteetilise metaani tootmise vajadus
		Põllu- majanduslik BGJ	Biolagunevate jäätmete BGJ	Rohtse biomassi BGJ	
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	526	64%	25%	0%	Ei
B: Transpordisektor	856	100%	100%	10%	Pigem ei – vaja on 5 rohtse biomassi jaama, millele on võimalik vajadusel leida keskkonnakaitseliselt sobiv asukoht
C: Elektritootmine	4041	100%	100%	444%	Jah – 3/4 vajalikust tootmismahust
D: Tööstus	1434	100%	100%	93%	Pigem jah
E: Kodud ja ärid	1434	100%	100%	53%	
F: Soojamajandus	1516	94%	100%	108%	Jah
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstus-sümbioosis	853	100%	100%	15%	Pigem ei – vaja on 5 rohtse biomassi jaama, millele on võimalik vajadusel leida keskkonnakaitseliselt sobiv asukoht

Täpsem biogaasi/biometaani vajalike tootmismahude ja biogaasijaamade vajaduse ajaline muutus, tarbimise struktuur sektoraalselt ja kütuseliikide kaupa ning selgitused stsenaariumite seostest riiklike poliitikadokumentidega on esitatud iga stsenaariumi alapeatükis.

4.2. Stsenaariumite kvantitatiivsete väärtuste arvutamise lähtekohad

Tarbimine

Tarbimisprognooside lähtekoht (0-aasta) on 2023. aasta Statistikaameti andmed kütuste energiatootmises kasutamise ja majandusvaldkondades tarbimise struktuuris. Eristatakse biogaasi, võrku suunatud biometaani ja muu biometaani (CBG, LBG) tarbimist. Energiasektori omatarbe all sisaldub biogaasijaamade endi energiatarve ning see kasvab 2023. aasta seisust proportsionaalselt stsenaariumis sisalduva biogaasi tootmis- ja tarbimismahu kasvuga. Muus osas lähtutakse tarbimismahude prognoosides iga stsenaariumi spetsiifilistest eeldustest, millel on

kaks peamist lähtekohta – (a) varasemalt koostatud gaasiliste kütuste (sh biogaas/biometaan) tarbimisprognosisid ning (b) siseriiklikes poliitikadokumentides seatavad konkreetset eesmärgid ja tähtajad tarbimisvaldkondade CO₂ heite neutraalseks muutmisele, gaasivõrgu dekarboniseerimisele ning taastuvgaasi tarbimise mahule ja osakaalule gaasilistes kütustes. Eeldatakse, et siseriiklik poliitiline tahe sisaldub kahes eelnõus – kliimakindla majanduse seaduseelnõus koos seletuskirjaga (02.12.2024 versioon) ja energiamajanduse arengukava ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon). Vastavad eeldused on esitatud iga stsenaariumi tarbimismahtude ja struktuuri kirjelduste alguses ning need on ka oluline sisend stsenaariumite poliitilise teostatavuse ja riskide hindamisele viiendas peatükis.

Olulise lävendi stsenaariumite tarbimis- ja tootmismahudele seab **kestliku biogaasi ja biometaani tootmiseks sobiliku kohaliku ressursi maht (põhistsenaariumina jäätmeid, jääke ja kõrvaltoodangut arvestav tootmismahut 0,81 TWh/a tasemel** ning rohtse biomassi kättesaadavaimat osa hõlmav tootmismahutude osas optimistlik stsenaarium 1,49 TWh/a tasemel). Kuivõrd stsenaariumite aluseks olevad varasemad prognoosid ja siseriiklike poliitikadokumentide ootused taastuvgaasi tootmis- ja tarbimismahutude kohta ei arvesta alati siinse uuringu raames määratud biogaasi/biometaani tootmise ressursipiiridega, võivad stsenaariumites sisalduvad tarbimismahud neid piire ka ületada. Tegemist on olulise takistuse või riskiga stsenaariumi teostatavusel, kuid nende piiride ületamine ei muuda stsenaariume teostatamatuks. Puuduvat siseriiklikku ressursi on võimalik katta mitmeti – (a) biometaani impordi arvel, (b) sünteetilise metaani kui taastuvgaasi tootmisega roheelektrist ja rohevesinikust või ka (c) täiendava rohtse biomassi ja energiakultuuride baasil. Stsenaariumite biogaasi/biometaani hinnaarvutustes kasutatakse selle täiendava tootmismahu summaarsete tootmiskulude määramisel kõige kõrgema ühikuhinnaga rohtse biomassi biogaasijaamade ühikuhindasid.

Eristatakse biogaasist toodetud energia brutotarbitmist ja lõpptarbitmist. Biogaasist toodetud energia tootmisvajaduse sidumiseks energia lõpptarbitmise mahutudega jagatakse see läbi n-ö muundamiskordajatega, mis arvestavad biogaasist/biometaanist soojus- ja elektrienergia tootmise kasuteguritega. Biogaasist otse soojuse tootmisel koostootmisjaamades või kaugküttekateldes rakendatakse biogaasist soojuse tootmise erinevate tehnoloogiate keskmist väärtust 92%: biogaasist toodetud soojus katlaga, kasutegur 92%; biogaasist toodetud soojus kondensatsioonkatlaga, kasutegur 98%; biogaasist toodetud soojus koostootmisjaamas – soojatootmise kasutegur 43% ja elektritootmisel 42%. Viimane on ka aluseks biogaasis sisalduvate energiaühikute teisendamisel koostootmisjaamades toodetud elektrienergia ühikuteks – 84%. Võrku sisestatud biometaani kasutamisel elektrienergia tootmisel lähtutakse kasutegurist 45%, kuigi kütuseelemendi kasutusel võib kasutegur ulatuda keskmiselt 60%-ni. 35–40% tekib ka soojusenergiat, kuid see on kasutatav üksnes juhul kui gaasielektrijaam on suure (Tallinna) kaugküttevõrgu vahetus läheduses. Väiksemad kaugküttevõrgud ei pruugi suuta tippkoormusel toodetud soojusenergiat kasutusse võtta. Kõige tõenäolisemalt ei ehitata elektri sagedusvõimsuse tagamise ning juhitava võimsuse elektrijaamu Tallinnasse, mistõttu arvutustes selle võimalusega ei arvestata. Biometaani veeldamisel LBG-ks on kasutegur eksperthinnangu alusel 0,95. Muudel juhtudel on kasuteguriks arvestatud 1 ehk 100% – brutotarbitmise ja lõpptarbitmise mahud on arvestatud samaväärsetena.

Iga stsenaariumi kohta esitatakse tarbitmisele vastav summaarne arvestuslik tootmisvajadus nelja tootegrupi kaupa – biogaas, biometaan gaasivõrgus, muu biometaan surugaasina (CBG) ja veeldatud gaasina (LBG).

Biogaasi ja biometaani tootmisjaamade vajadus

Biogaasi/biometaani tootmisjaamade vajadust stsenaariumites kirjeldatakse jaamatüüpide kaupa. Stsenaariumitesse jaamade valimisel võetakse lühiperioodil (kuni 2030) arvesse olemasolevate ja kavandatavate jaamade tüüpe (siinse tüpologia mõistes valdavalt suured põllumajanduslikud biogaasijaamad ja üks tsentraalne biojäätmete biogaasijaam), mida täiendatakse muude ressursibaasiga kaetud jaamadega (vt ptk 3). Valik tehakse selliselt, et esimesena valitakse stsenaariumi teenistusse odavaima biogaasi/biometaani MWh tootmise netohinnaga jaamad ja kõige lõpuks kõige kallima netohinnaga jaamad (vt tabel 10). Netokulude puhul on arvestatud lisaks tootmiskuludele ka teatud lisatuludega biogaasijaama tegevuses (kompost, väravatasu, substraat).

Tabel 18. Biogaasijaamade potentsiaalne valik stsenaariumite tarbimisvajaduse katmiseks

Jaama tüüp	Võimalik jaamade arv	Biometaani MWh jaama kohta	Biometaani MWh kokku	Biogaasi MWh tootmise hind, €	Biogaasi MWh tootmise netohind koos CHP investeeeringukuluga, €	Biometaani MWh tootmise hind, €	Biometaani tootmise MWh netohind, €
Suur põllumajanduslik biogaasijaam	10	43 919	439 185	68 €	85 €	93 €	93 €
Keskmine põllumajanduslik biogaasijaam	4	34 430	142 238	75 €	90 €	98 €	98 €
Väike põllumajanduslik biogaasijaam	2	21 856	46 141	65 €	79 €	86 €	86 €
Piirkondlik biojäätmete biogaasijaam	8	3728	30 666	86 €	33 €	109 €	40 €
Tsentraalne biojäätmete biogaasijaam	8	13 980	114 996	80 €	27 €	103 €	35 €
Olemasolev reoveesetete biogaasijaam	4	8087	32 348	86 €			
Potentsiaalne reoveesetete biogaasijaam	4	2481	9924	86 €			
Piirkondlik rohtse biomassi biogaasijaam	7	20 813	137 391	126 €	103 €	159 €	111 €
Tsentraalne rohtse biomassi biogaasijaam	15	38 016	537 732	150 €	133 €	188 €	141 €

MWh ilma rohtse biomassi biogaasijaamadeta 815 498

MWh koos rohtse biomassi biogaasijaamadega 1 490 620

Lähtudes tarbimissektorite vajadustest, määratakse eraldi biogaasi tootvate jaamade ja biometaani tootvate jaamade arvestuslik vajadus. Et valdav osa stsenaariume eeldab tarbimist biometaani kujul, suunab nende jaamade vajadust biometaani tarbimine. Biogaasi tootmisjaamade arvestuslikud mahud määratakse biogaasi tootmise proportsioonina (mis valdavalt leiab kasutust jaamade omatarbimises) biometaani tootmisjaamade toodangust. Jaamade lõikes ei eristata gaasi põhivõrku suunatavat ja mittesuunatavat biometaani ega ka surubiometaanit ja veeldatud biometaani. Vastavad täiendavad kulud võetakse arvesse biometaani tarbimisstruktuurist lähtudes biometaani liigi summaarse tarbimismahu kohta. Jaamade potentsiaalseks valikuks vajalikud tootmismahud ja -hinnad on toodud tabelis 18.

Jaamade vajadus arvutatakse stsenaariumites ühe komakohaga ehk siis eeldatakse, et mõned jaamad võivad töötada ka osakoormusel ning see ei mõjuta oluliselt tootmise ühiku- ja kogukulusid.

Hinnakomponendid

Biogaasi ja biometaani hinnad

Biogaasi ja biometaani tootmise keskmine hind stsenaariumites kujuneb stsenaariumi tarbimisvajaduse katmiseks vajalike biogaasi/biometaani jaamade energiakoguse tootmise summaarsete kulude (sisaldab jaamade investeeringute kulu, kapitalikulu ja tegevuskulusid, vt ptk 3) jagamisel jaamades toodetud kütuse energiahulgaga (vt tabel 10). Rahvusvahelistele analüütilistele prognoosidele¹²⁹ tuginedes eeldatakse, et tehnoloogilise arengu tulemusel langeb biogaasi ja biometaani tootmishind aastaks 2030 90% tasemele võrdluses hetkekuludega, aastaks 2040 70% ja aastaks 2050 60% tasemele. Uuringus eeldati, et reoveesetetest toodetud biogaasi tarbitakse vee-ettevõtete laiema ärimudeli sees ja seetõttu eraldi reoveesetetest biogaasi tootvate jaamade ärimudeleid koos ühikuhindadega ei kirjeldatud. Erialakirjandusele tuginedes eeldatakse, et biogaasi tootmishind on võrdne biolagunevate jäätmete põhise biogaasi tootmise ühikuhinnaga. Täpsemalt kasutatakse arvutustes n-ö väiksemate biolagunevate jäätmete biogaasijaamade biogaasi tootmise ühikukulude taset – 86,36 eurot MWh. Ka siin arvestatakse kulude prognoosis üldist biogaasi ja biometaani tootmishinna languse trendi.

Biometaani veeldamise täiendavate kuludena veeldatud biometaani (LBG) tootmisel arvestatakse ekspertkirjandusele tuginedes väga konservatiivselt 10 eurot 1 MWh kütuse kohta¹³⁰. Stsenaariumis G, milles eeldatakse aastast 2035 biogaasi kasutust tööstussümbiootilistes

¹²⁹ https://www.engie.com/sites/default/files/assets/documents/2021-07/ENGIE_20210618_Biogas_potential_and_costs_in_2050_report_1.pdf; <https://www.commonfutures.com/files/Common-Futures-2022-report---Comparing-the-cost-of-solar-wind-and-biomethane-on-a-dispatchable-basis.pdf>; <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>.

¹³⁰ https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_190236_Availability_and_costs_of_liquefied_bio_and_synthetic_methane_Def.pdf.

tööstusparkides ja energiakogukondades soojuse ja elektri tootmiseks, on täiendavate kuludena arvestatud ärimudeli toimimiseks vajaliku koostootmisjaama üksuse investeeringu kapitalikulu – 15,67 eurot 1 MWh toodangu kohta aastas. Kapitalikulu arvestuse aluseks on 4 GWh aastase toodangumahu ja püsiva aastase tootmistsükliga (8000 tundi aastas) biogaasijaama CHP investeeringu maksumus 454 000 eurot, millele lisandub põhjendatud kapitali tootlikkus¹³¹.

Hinnavõrdlusel teiste kütustega liidetakse biogaasi ja biometaani tootmishinnale toodangu transporditasu tootjalt müügipunkti. Komprimeeritud biometaani (CBG) ja veeldatud biometaani (LBG) keskmine transpordikulu biogaasijaamast müügijaama on määratud keskmistatud ekspertteadmise alusel. CBG puhul on transpordikulu kuni 50 km distantidel 5–10 eurot MWh ehk keskmiselt 7,5 eurot MWh ning LBG puhul kuni 50 km distantidel 10–20 eurot MWh ehk keskmiselt 15 eurot MWh. Jaotusvõrgu kasutamise eest biometaani tootjad ei maksa. Tootjate seni tehtud kulusid sisestuspunktide rajamisel ei ole mudelis arvestatud.

Hinnakomponendiks on ka kütuseaktsiis, mis biometaani puhul on hetkeseisuga 0 eurot. Energiamaksustamise direktiivi muudatusettepaneku alusel muudetakse aktsiisi miinimumtasemete struktuuri. Aktsiisimäärad muutuvad energiasalduse põhiseks ning energiaallikad/kütused jagatakse eeldatavalt nelja gruppi. Kaob võimalus määrata aktsiisiks nulltasest, kuid millega see asendatakse, ei ole kokku lepitud. Seda saab arvesse võtta edasistes arvutustes.

Biometaani kasutamisel transpordikütusena arvestatakse täiendava (miinusväärtusega) hinnakomponendina ka biometaani transpordistatistika hinda. Arvutuste aluseks on 2024. aasta I ja II kvartali eelkauplemise keskmine ühikuhind – 106,51 eurot MWh.

Konkurentkütuste hinnad

Konkurentkütuste hindade arvutamisel on baasandmeteks vastava kütuse või energiaallika hetkehinnad Eestis ja/või maailmaturul ning varasemalt tehtud pikaajalised hinnaprognosid. Hinnavõrdluse baasiks on n-ö kütuse komponent energiavarustuses. Arvestatud ei ole kuludega, mida peavad tegema energia kasutajad või mis on vajalik lõppenergia transportimiseks lõpptarbijani.

Maagaasi puhul on 2025. aasta hinnaks arvestatud 2024. aasta jaanuar–november GET Baltic börsi kaalutud keskmine maagaasi hind (34,25 eurot MWh) ja pikemaajalise vaate tarvis World Energy Outlook 2023 prognoosid, mille alusel maagaasi hind maailmaturul pigem langeb (stsenariumite keskmine 2030. aastal 21,5 eurot, 2050. aastal 20,4 eurot). Maailmaturu hinnale on lisatud regionaalne hinnakomponent 4 eurot MWh kohta, mis tuleneb Eesti kaugest asendist LNG-d Euroopasse toovatest sadamatest.¹³² Veeldatud maagaasile (LNG) on lisatud veeldamise ühikuhind 10 eurot MWh veeldamiseks.

¹³¹ https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/01/IEA-Bioenergy_Task37_Presentation_webinar_20210121.pdf.

¹³² Kaasik, 2024 – ettekanne gaasituru aastakonverentsil 2024, „Gaasituru olukord Baltikumis“.

Hinnavõrdluses kasutatakse ka rohelisest vesinikust ja kinni püütud süsinikust toodetud sünteetilise metaani kui taastuvgaasi tootmishinda. Uuringute alusel¹³³ sõltub sünteetilise maagaasi tootmishind peamiselt tootmistsükli pidevusest ja elektri hinnast. Tehnoloogilise arengu tulemusel võib prognoosida tootmishinna langust ajas. Hinnavõrdluses lähtutakse eeldusest, et sünteetilise metaani tootmistsükkel on pidev (u 80% aastast) ning tootmises kasutatava (taastuv)elektri tootmishind on 100 eurot MWh. Sellisel juhul prognoosivad Gorre, *et al*, 2019 sünteetilise metaani 1 MWh hinnaks 2030. aastal 204 eurot ja 2050. aastal u 170 eurot. See on märkimisväärselt kõrgem kui kõrgeima ühikuhinnaga rohtse biomassi biogaasijaamade tootmise ühikuhind.

Biomassist (hakkepuut) toodetud elektri kütusekomponendi hinnaprognosi aluseks on uuringus arvestatud eksperthinnangut hakkepuudust toodetava energia tootmishinna kohta (keskmiselt 55 eurot MWh kohta) ning kütusekomponendi osakaalu tootmishinnas (u 60% – ehk kütusekomponendi hinda alates 33 eurost). Eeldatakse ka mõõdukat hinnatõusu, mis on kooskõlas uuringu „Transitioning to a climate-neutral electricity generation“ hakkepuudu hinnamuutuse prognoosiga.

Biomassist (hakkepuudust) toodetud soojuse kütusekomponendi hind on arvatud konkurentsiameti kehtestatud piirhindade keskmisest väärtusest (u 80 €/MWh), kus eksperthinnangute alusel on kütusekomponendi osaks arvestatud 40%. Eeldatakse, et hakkepuudust toodetud elektri- ja soojusenergia vastab EL-i keskkonnasäästlike tegevuste taksonoomia mõttes kestliku majandustegevuse kriteeriumitele ning HKS ühikuid energia tootmisele ja müügile ei rakendata.

Rohediislikütus HVO transpordikütusena on hetkehinna määramise aluseks EMTA sisseostuhind 133,1 eurot MWh. Prognoosis eeldatakse, et aastaks 2030 langeb HVO hind 15% ja 2040. aastaks 20% võrdluses hetketasemega. Võrdluseks, 2024. aasta esimese poolaasta hulgimüügi keskmine hind Saksamaal oli 160 eurosent liitri kohta¹³⁴.

Tavadiislikütuse hetkehinna määramise aluseks on diislikütuse sisseostu hind EMTA andmetel, mis oli 60,1 eurot MWh¹³⁵. Selle liidetakse aktsiismäär. Diislikütuse aktsiisimäär 2024. aastal on 399 eurot 1000 liitri diislikütuse kohta ning alates 2027. aastast 493 eurot 1000 liitri diislikütuse kohta. Eeldatakse diislikütuse hinna kasvu 25% aastaks 2030, 40% aastaks 2040 ja 70% aastaks 2050. Sellele lisanduvad HKS ühikuhinnad (vt allpool).

Rohevesinikust toodetud elektri kütusekomponendi hetkehinna arvutuses lähtutakse rohevesiniku tootmise omahinnast 1 kg – 8 eurot ehk 240 €/MWh. Hinnaprognosi aluseks on gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringu BAU stsenaariumi eeldused, kus arvutatakse piirkonna keskmine vesiniku tasandatud tootmiskulu 2050. aastaks on 102 €/MWh; kütuseelemendis on muundamiskadu keskmiselt 45%, gaasiturbiinis 65%. Eeldame kütuseelemendi kasutust.

¹³³ Gorre, *et al*, 2019. Production costs for synthetic methane in 2030 and 2050 of an optimized Power-to-Gas plant with intermediate hydrogen storage. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113594>.

¹³⁴ <https://www.statista.com/statistics/1295994/biodiesel-fuel-wholesale-price-in-germany/>.

¹³⁵ Vrd. https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/weekly-oil-bulletin_en, mille alusel 1000 l diislikütuse hind ilma maksudeta on 825 eurot ehk 79 eurot MWh).

Elektrihinna prognoosi lähtekoht on 2024. aasta (tava)elektri sisseostuhind EMTA andmetel – 97,90 eurot MWh. Prognoosis eeldatakse, et aastast 2030 on tegemist rohelise taastuvelektriga ning üleminek fossiilselt elektrilt taastuvelektrile suudetakse ellu viia (lõpetada) selliselt, et aastast 2035 väheneb elektrihind 10% võrra. Elektriaktsiisi määr aastal 2025 on alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seaduse alusel 1,45 eurot MWh ning aastaks 2027 tõuseb see 4,47 euroni MWh kohta. Selle määraga arvestatakse kuni prognoosiperioodi lõpuni.

Tootmishinnale on lisatud elektri keskmine võrgutasu MWh kohta (Civitta, 2022 hinnang, sh 5 aasta kaupa 5% kasv) ja soojuse tootmisel on eeldatud soojuspumpade kasutust (keskmine kasutegur, SCOP =2,8).

Sarnaselt biogaasi ja biometaani hindadele on maagaasile ja elektrienergiale lisatud võrgutasud. Samuti on energiahinnas arvestatud kehtivate ning alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seaduse alusel ettevaatavalt määratud aktsiisitõusudega. Maagaasi puhul on arvestatud, et aktsiisi tõuseb 2027. aastaks (praegu on see kõige hilisem aasta seaduses) 79,14 euroni 1000 m³ maagaasi kohta.

Fossiilkütuste puhul on oluline hinnakomponent kehtiva HKS1 ja 2027. aastast jõustuva HKS2 ühikuhindade väärtus turul. HKS1 ühikuhinnaks on aastaks 2025 arvestatud riigieelarve strateegias 2025–2028 lubatud heitkoguste ühikute müügiprognoosi keskmine ühikuhind 54,7 eurot tonni kohta ehk 11 eurot MWh. Hinnaprognosi aluseks on WEO (*World Energy Outlook*) 2023 (2030–2050, Net Zero Emissions by 2050 Scenario: Advanced economies with net zero emissions pledges) väärtused, mille alusel kasvab HKS1 ühikuhind 2050. aastaks 256 euroni tonni kohta. Lisaks on 2025–2035 arvestatud Eesti HKS1 süsteemi haaratud ettevõtetele tasuta eraldatud ühikute osakaalu. HKS1 süsteemi hõlmatud soojusettevõtjate tõendatud heitkoguste ühikute ja tasuta eraldatud ühikute (65 000) summaarne vahe/proportsioon aastal 2022 oli 58%, kütusemüüjatel 42% ja elektritootjatel 92% (arvestatud on 100%, tasuta ühikud puuduvad). Eeldatud on, et tasuta eraldatud ühikute osakaal väheneb ja aastaks 2040 jõuab 0%-ni. HKS1 ühikuhinda arvestatakse täiendava hinnakomponendina elektritootmises ning 50% ulatuses kaugküttes.

HKS2 süsteem käivitub aastal 2027 ning selle prognoositav ühikuhind aastal 2030 on uuringu raames ametnikega läbi viidud konsultatsioonide alusel 45 eurot tonn ehk 9 eurot MWh. Aastaks 2040 eeldame eksperthinnangutele tuginedes, et ühikuhind ei tõuse üle 60 euro tonni kohta (12 eurot MWh). HKS2 ühikuhinda rakendatakse arvutustes transpordikütuse fossiilsete konkurentkütuste täiendava hinnakomponendina 100% ulatuses, samuti 50% ulatuses kaugküttes ja 100% ulatuses mujal soojuse tootmises fossiilsetest kütustest.

Biogaasi ja biometaani hinnakonkurents teiste kütuste ja energiaallikatega

Iga stsenaariumi kohta arvutatakse majandussektorite tarbimise struktuurile ja mahule vastav biogaasi/biometaani tootmishind (koos transpordikuludega biogaasi tootjalt edasimüüjale või biogaasi/biometaani sisendina kasutavale (energia)tootjale) ning sama energiakoguse kütusekomponendi (sh võrgu- ja veotasud, aktsiisid, lisanduvad HKS hinnad) hinnad konkurentkütustel. Võrdlused esitatakse kolmes peamises energiatarbimise sektoris –

transpordikütusena, soojuse tootmises ja elektritootmises. Eraldi vaadeldakse ka biogaasi/biometaani tootmishinna konkurentsivõimet fossiilsete ja mittefossiilsete kütustega.

Biogaasi ja biometaani tootmisega saavutatav KHG heite vähenemine

Biogaasi ja biometaani tootmisega saavutatava KHG heite vähenemise arvutamise aluseks on stsenaariumites kasutusse võetavates biogaasijaamades kasutatava põhiressursi liik (sõnnik põllumajanduslikes jaamades, biojäätmel ja rohtne biomass vastavates jaamades) ning toodetav-tarbitav biogaasi/biometaani maht.

Põllumajanduslike biogaasijaamade puhul arvestatakse Eesti tingimustes sõnnikust biogaasi eraldamisel ja digestaadiks töötlemisel metaaniheite vähenemist 81,6% võrra¹³⁶. Biojätmete puhul on RED II direktiivi lisa VI vaikeväärtuse alusel metaaniheite vähenemine 23% ning rohtse biomassi ja energiakultuuride biogaasijaamades 19%.

4.3. Stsenaarium A: Loodud ja töös olevate tootmisvõimsuste kasutamine

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumis eeldatakse, et tarbimises jätkub praegune praktika, kus valdav osa biogaasi kasutatakse biometaani tootmiseks ja seda kasutatakse transpordisektoris. Ühistranspordi tarbimismahte ei suudeta olulisel määral kasvatada, see jääb 250 GWh/a tasemele. Keskpikas vaates panustab transpordisektori nõudlusesse veokisektor, täpsemalt siseriiklike kaubaveokite CBG nõudlus (50 GWh/a). Toimib biometaani KHG transpordistatistika turg, mis katab enamiku toodetud biometaanist ning muudab selle transpordikütusena konkurentsivõimeliseks. Kliimakindla majanduse SE eesmärgid vähendada hoonete sektori KHG heitkogust (2035. aastaks 16%; 2040. aastaks 37%) ning avalikule sektorile seatavad spetsiifilised kohustused (sh arvestada hangete korraldamisel KHG heite mõjuga ja lõpetada fossiilkütuste kasutus aastaks 2040) motiveerivad biometaani kui üleminekukütuse kasutust avaliku sektori hoonetes (140 GWh/a mahus).

Arvestades ehitatud, ehitamisel ja riiklike toetuste abil kavandatavate biogaasijaamadega (investeeringutoetused nelja jaama ehitamiseks aastaks 2026, kokku toodangu mahuga u 180 GWh/a), saavutatakse hiljemalt 2030. aastaks tootmiskaht 0,5 TWh/a. Tegevused on kooskõlas kliimakindla majanduse SE meetmetes sisalduva ülesandega avada aastaks 2030 5–7 uut biogaasijaama.

¹³⁶ http://www.klab.ee/wp-content/uploads/2024/03/Arendus2023_aruanne_final.pdf.

Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad alates 2035. aastast vähendama biometaanit tarbimist (ühis)transpordisektoris ning teistes sektorites vähenemist kompenseerivat nõudlust ei teki. Biometaanit ühistranspordi linnaliinides kasutamise tarbimise lakkamise eeldus on kooskõlas kliimakindla majanduse SE nõudega, et aastast 2040 kasutatakse vähemalt 50 000 elanikuga linna territooriumil ühistransporditeenuse osutamiseks nullheitega sõidukeid. Rajatud biogaasijaamad tegutsevad kuni amortiseerumiseni.

Tabel 19. Biogaasi ja biometaanit tarbimine, stsenaarium A

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks		9	9	9	5	2
	Biogaas	9	9	9	5	2
Elektri tootmiseks		5	5	5	3	1
	Biogaas	5	5	5	3	1
Soojatootmiseks		4	4	4	2	1
	Biogaas	4	4	4	2	1
Energiasektori omatarve		20	40	40	30	5
	Biogaas	20	40	40	30	5
Äri- ja avaliku teenuse sektor		10	140	140	0	0
	Biogaas	0	0	0	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	140	140	0	0
	Muu biometaan	0	0	0	0	0
Tööstussektor		30	30	39	39	39
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames		30	30	39	39	39
Transport		250	300	250	200	50
	Muu biometaan (CBG)	250	300	250	200	50
Ühistranspordibussid		250	250	200	150	50
	Muu biometaan (CBG)	250	250	200	150	50
Veoad autod		0	50	50	50	0
	Muu biometaan (CBG)	0	50	50	50	0
Kokku tarbimine		309	519	478	274	96
	Biogaas	59	79	88	74	46
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	140	140	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	300	250	200	50
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0

Kuna biogaasist ja biometaanist soojuse ja elektri tootmiseks tekivad teatud kaod, on biogaasi ja biometaani arvestuslik tootmisvajadus eelpool nimetatud tarbimisvajadusest veidi suurem, jõudes sarnaselt tarbimisega maksimumini (526 GWh) 2030. aastal.

Tabel 20. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks, stsenaarium A

	2025	2030	2035	2040	2045
Kokku	314	526	486	281	100
Biogaas	64	86	96	81	50
Biometaan gaasivõrgus	-	140	140	-	-
Muu biometaan	250	300	250	200	50

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

Kuna peamine biogaasi tootmise ressurss Eestis on sõnnik, kasutatakse selles stsenaariumis biogaasi ja biometaani tootmiseks peamiselt sõnnikul (millele lisatakse keskmiselt 8% rohtset biomassi) töötavaid põllumajanduslikke biogaasijaamu. Biometaani tootmise vajaduse katavad kuni 2030. aastani arvestuslikult viis (suurt) põllumajanduslikku biogaasijaama, neli biojätmete biogaasijaama ja neli reoveesetete biogaasijaama, tootmise tippajal ehk 2035. aastal lisandub vajadus veel nelja suure põllumajandusliku biogaasijaama ja nelja reoveesetete jaama järele (vt tabel 21).

Tabel 21. Biometaani ja biogaasi tootmisjaamade vajadus, stsenaarium A

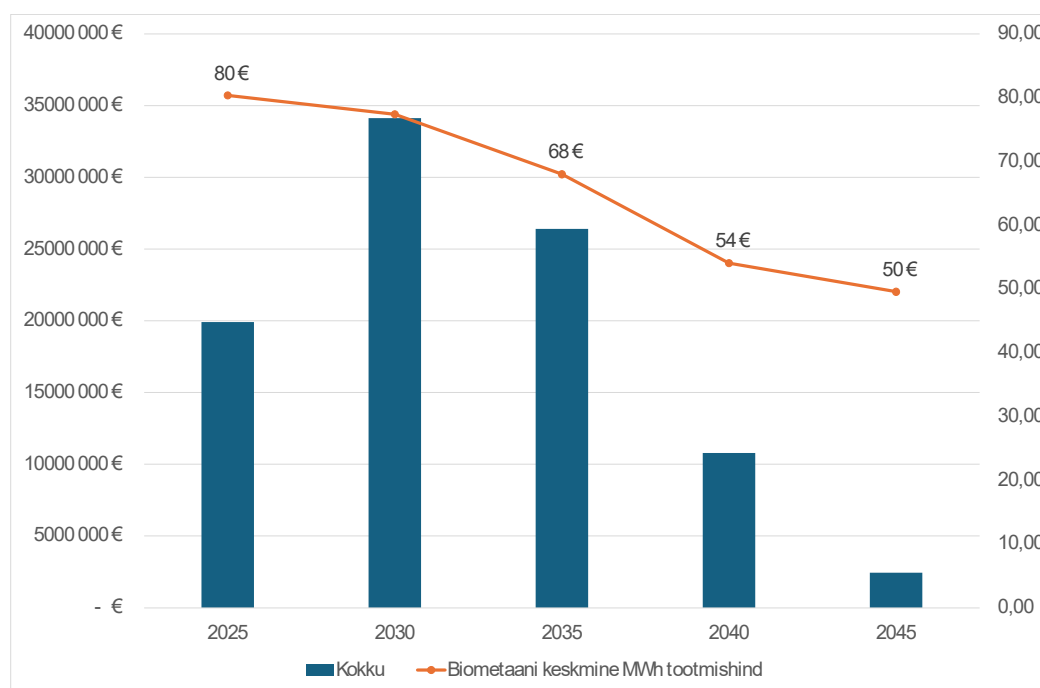
Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	5	10	9	4	1
Biojätmete biogaasijaamad	4	4	4	4	1
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	0	0	0
Jaamad kokku	13	18	21	16	10

Selle stsenaariumi rakendamiseks on Eestis ressursi piisavalt, osa sõnnikust ja biojätmetest jääb kasutamata, ainult rohtsel biomassil töötavaid jaamu ei ole vaja rajada.

Hinnavõrdlused ja nende tõlgendused transpordikütuste lõikes

Transpordikütuste puhul vaadeldi tarbitava energia summaarset hinda aastas, võrreldes biometaani hinda nii fossiilsete kui ka roheliste kütuste hinnaga. Biometaani tootmise ja transportimise keskmine ühikuhind jääb selle stsenaariumi puhul vahemikku 50–80 eurot MWh.

Arvestades stsenaariumi tarbimismahte, tähendab see 2025. aastal summaarset hinda 20 mln eurot ning stsenaariumi järgse tarbimise tippaastal 2030. aastal 34 mln eurot (vt joonis 23).



Joonis 10. Biometaani summaarne maksumus ja ühikuhind transpordikütusena, stsenaarium A

Võrreldes biometaani prognoositavaid tootmise ja transpordi kogukulusid konkurentkütustega ilmneb järgmist. Võrrelduna maagaasi prognoositava hinnaga (koos aktsiisi, võrgutasu ja HKS2 ühikuhinnaga) on biometaani tootmis- ja transpordikulude maht prognoosiperioodi alguses 11 mln euro võrra kõrgem, kuid koos prognoositava HKS2 hinna tõusu ning biometaani tootmishinna langusega hinnatase aastaks 2045 võrdustuks. Olemasolev biometaani kasutuse turupõhine toetusmehhanism – biometaani transpordistatistika – katab 2024. aasta ühikuhinna taseme juures lähi- ja keskpika perioodi hinnaerinevuse (vt tabel 22).

Tabel 22. Maagaasi ja biometaani maksumuste võrdlus transpordikütusena (mln eurot), stsenaarium A

	2025	2030	2035	2040	2045
Maagaas transpordikütusena (CNG ja LNG)	11,4	14,1	13,3	10,9	2,7
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,0	25,5	18,9	12,3	2,9
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena	-10,6	-11,3	-5,6	-1,4	-0,2
Biometaani KHG transpordistatistika prognoositav maksumus	26,6	32,0	26,6	21,3	5,3
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena (CNG) eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	16,1	20,6	21,0	19,9	5,2

Võrdluses diislikütuse prognoositava hinnaga (sh HKS2 ühikuhind ja aktsiis) on biometaani stsenaariumi järgsed tootmis- ja transpordikulud perioodi alguses võrdsed, seejärel aga edasise perioodi jooksul madalamad ehk toetusvajadus konkurentsi tagamiseks puudub (vt tabel 23).

Tabel 23. Diislikütuse ja biometaani maksumuste võrdlus transpordikütusena (mln eurot), stsenaarium A

	2025	2030	2035	2040	2045
Diiseli transpordikütusena	24,1	39,5	34,0	29,0	7,7
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,0	25,5	18,9	12,3	2,9
Hinnavahe diislikütusega transpordikütusena	2,2	14,1	15,2	16,7	4,8
Biometaani KHG transpordistatistika prognoositav maksumus	26,6	32,0	26,6	21,3	5,3
Hinnavahe diisliga transpordikütusena eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	28,8	46,0	41,8	38,0	10,2

Kokkuvõttes saab järeldada, et biometaani toetusvajadus konkurentsis fossiilkütustega kujuneb esmajoones võrdluses maagaasiga ja see ulatub kuni 11 mln euroni aastas ka juhul, kui HKS2 ühikuhind rakendub kogu transpordisektorile (selle stsenaariumi vaates olulisele segmendile – ühistransport, kaubatransport). Biometaani transpordistatistika müügitulud katavad selle erinevuse 2024. aasta ühikuhindade korral olulise varuga.

Võrreldes biometaani tootmis- ja transpordikuludid nn roheliste kütustega nähtub, et see jääks kogu perioodi ulatuses konkurentkütustest odavamaks (vt tabel 24).

Tabel 24. Biometaani ja rohekütuste maksumuste võrdlus transpordis (mln eurot), stsenaarium A

	2025	2030	2035	2040	2045
Hinnavahe sünteetilise metaaniga transpordikütusena	29,9	37,0	32,3	28,4	7,1
Hinnavahe taastuvelektriga transpordi energiaallikana	2,9	5,3	4,3	6,2	1,8
Hinnavahe rohediiisli HVO-ga	28,0	34,5	29,9	25,7	6,4
Hinnavahe rohevesinikuga transpordikütusena	49,3	20,0	18,9	17,1	4,5

Lisaks kütuste hinnavõrdlusele energiaühikutes mõjutavad kütuste konkurentsivõimet loomulikult ka muud tegurid, nt investeringud autoparki, tehnoloogilised võimalused sõidukipargis, hoolduskulud, tankimisvõimalused jms. Täpsemalt käsitletakse stsenaariumite neid tegureid mõjude ja teostatavuse võrdlusanalüüsis.

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Iga stsenaariumi puhul arutati välja ka kasvuhoonegaaside ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas. Selle stsenaariumi puhul on see näitaja suurim (665 000 CO₂ ekv t) 2030. aastal, kui

toodetakse kõige rohkem biogaasi ja biometaani (vt tabel 25). Suurima osa kasvuhoonegaaside vähendamisest annavad peamiselt sõnnikul töötavad põllumajanduslikud biogaasijaamad.

Tabel 25. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium A

	2025	2030	2035	2040	2045
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas	351 264	665 380	584 328	287 036	64 916
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,14	1,28	1,22	1,05	0,68

4.4. Stsenaarium B: Biometaan transpordikütusena

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumi tarbimismahtude lähtepunkt on määratud seniste riiklike poliitikate toel (taastuenergia transpordistatistika instrument) kujunenud nõudlusega linnaliinide ühistranspordis. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuenergia osakaalu transpordikütustes 2022. aasta 28,48%-lt 49%-ni 2035. aastal ning selleks ette nähtud tegevusega „toota ja sisestada gaasivõrku taastuvgaase loomaks võimalust mh transpordis taastuvgaaside kasutuseks“, suureneb biometaani tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Nende alamsektorite nõudlus koos tarbimise kasvuga maakonnaliinides kompenseerib kliimakindla majanduse SE nõuet, et alates 2040. aastast kasutatakse linnaliini bussiveol nullheitega sõidukeid, tulenevalt biometaani tarbimise lakkamisest senise peamise tarbijagrupi (linnaliinid) poolt.

Perioodi alguse tarbimine koondub stsenaariumis ühistransporti, kuid alates 2030. aastast hakkab seda täiendama tarbimine veotranspordis, 2035. aastal lisandub tarbimist põllumajandustehnikas ja 2040. aastast ka laevanduses (LBG).

Biometaan rahuldab umbes 1/3 raskeveokite ja põllumajandusmasinate kütusevajadusest. Tarbimise mahu määratlemisel lähtutakse uuringu raames fookusgrupi arutelul „Biogaasi tarbimine“ (mai 2024) transpordisektori esindajate antud hinnangust, et see võiks olla kuni 500 GWh/a. Stsenaariumis eeldatakse raskeveokite maksimaalse tarbimismahuna 400 GWh/a – pool sellest LBG ja pool CBG kütusena. Sellele lisandub 100 GWh/a tarbimist põllumajandusmasinates. Vastav tegevus „Biometaani kasutamise soodustamine raskeveokites (alates 2036)“ sisaldub ka „Teatavate õhusaasteainete heitkoguste vähendamise riiklikus programmis aastateks 2020–2030“ toetusena, mille eesmärk on pakkuda turul alternatiivset kütuseallikat (biometaan või biogaas), et asendada diislikütusega raskeveokid. Tuginedes konsultatsioonidele transpordisektori poliitikakujundajate esindajatega, ei arvestata stsenaariumis Rohetiigri transpordi teekaardis kirjeldatud võimalusega, et kaubaveoks kasutatavad diiselveodurid

ehitatakse ümber gaasilisi kütuseid (nt biometaan) kasutatavateks veduriteks. Biometaan tootmise maht saavutab maksimumilähedase taseme (670 GWh/a) aastaks 2035, peale mida eeldatakse perioodi lõpuni vähest kasvu kuni 730 GWh-ni aastas. Kogu stsenaariumis toodetav biogaas kulub energiasektori omatarbeks, ulatudes maksimaalselt kuni 60 GWh-ni aastas (vt tabel 26).

Tabel 26. Biometaanist toodetud energia tarbimine stsenaariumi põhisektoris (GWh/a), stsenaarium B

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energiasektori omatarve		20	40	60	60	60	60
	Biogaas	20	40	60	60	60	60
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames		30	30	39	39	39	39
Transport		251	470	670	700	730	730
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	200	200	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	251	220	320	420	370	370
	Muu biometaan (LBG)	0	50	150	280	360	360
Ühistranspordibussid		250	250	250	150	100	100
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	100	100	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	150	150	100	100
Taksod		1	0	0	0	0	0
Veoautod		0	200	300	400	400	400
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	100	100	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	0	50	100	200	200	200
	Muu biometaan (LBG)	0	50	100	200	200	200
Põllumajandustehnika		0	0	100	100	100	100
	Muu biometaan (CBG)	0	0	50	50	50	50
	Muu biometaan (LBG)	0	0	50	50	50	50
Meretransport		0	20	20	50	130	130
	Muu biometaan (CBG)	0	20	20	20	20	20
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	30	110	110
Kokku tarbimine		301	540	769	799	829	829
	Biogaas	50	70	99	99	99	99
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	200	200	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	251	220	320	420	370	370
	Muu biometaan (LBG)	0	50	150	280	360	360

Biogaasi ja biometaan arvutuslik tootmisvajadus on selle stsenaariumi puhul maksimaalselt 856 GWh perioodi viimasel kümnendil (vt tabel 27).

Tabel 27. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus (GWh/a) lõpptarbimiseks, stsenaarium B

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kokku	305	548	785	822	856	856
Biogaas	54	76	107	107	107	107
Biometaan gaasivõrgus	-	200	200	-	-	-
Muu biometaan	251	273	478	715	749	749

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

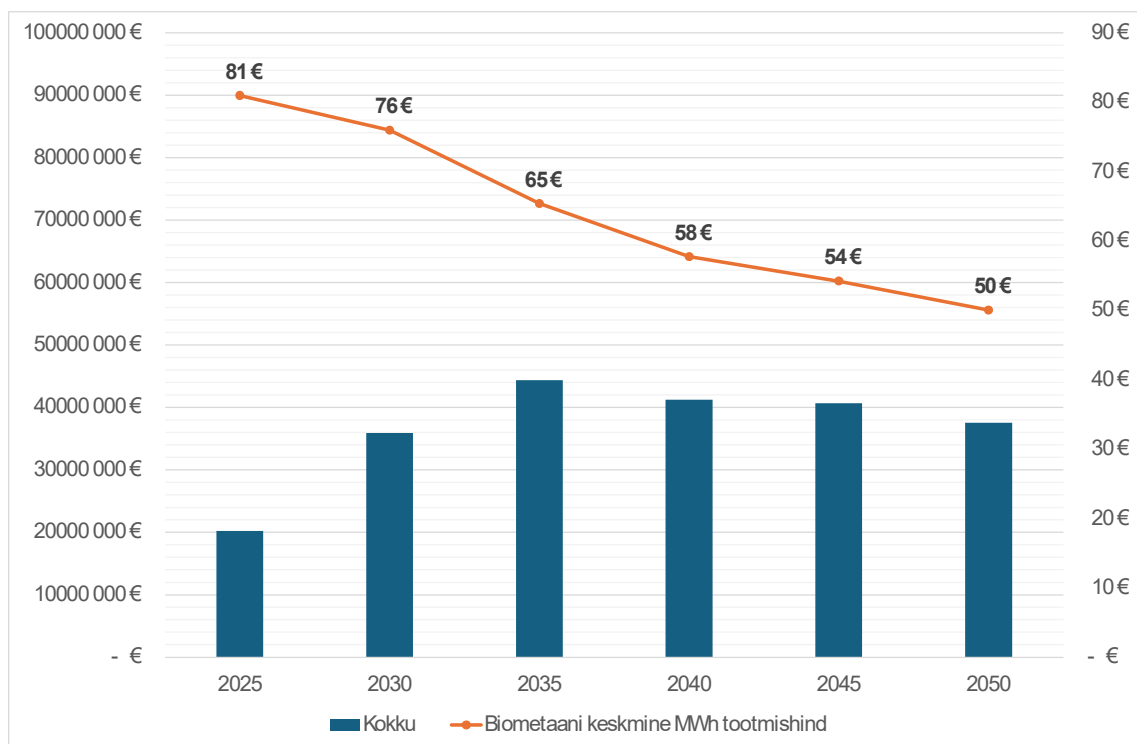
Stsenaariumis vajaliku biogaasi ja biometaanitootmiseks tuleb kasutusele võtta peaaegu kogu sõnniku ja biolagunevate jäätmete ressurss ning seega rajada ka kõik võimalikud põllumajanduslikud ja biojätmete biogaasijaamad. Kõige rohkem (42) on biometaanitootmisjaamu vaja perioodi lõpul, kui kasutusele on vaja võtta ka kaheksa reoveesetete ja kaks piirkondlikku rohtse biomassi jaama, katta vajadus imporditava biometaanitootmisega või sünteetilise metaaniga (vt tabel 28).

Tabel 28. Biometaanitootmisjaamade vajadus, stsenaarium B

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	5	11	15	16	16	16
Biojätmete biogaasijaamad	4	9	16	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	0	0	2	2
Jaamad kokku	13	24	39	40	42	42

Hinnavõrdlused ja nende tõlgendused transpordikütuste lõikes

Biometaanitootmise keskmine ühikuhind perioodi alguses on 81 eurot MWh, mis langeb perioodi lõpuks 50 euroni. Arvestades stsenaariumi tarbimismahte, kujuneb biometaanitootmise maksimumväärtuse ajaks 2035. aasta, mil summaarsed tootmiskulud on ligi 45 miljonit eurot (vt joonis 24).



Joonis 11. Biometaani tootmishind ja tootmise kogukulud stsenaariumis B

Biometaani prognoositavate tootmise ja transpordi kogukulude võrdlemisel konkurentkütustega ilmneb, et biometaani tootmis- ja transpordikulude maht on prognoosiperioodi jooksul aastases mahus 10–16 mln eurot kõrgem võrrelduna maagaasi prognoositava hinnaga (koos aktsiisi, võrgutasu ja HKS2 ühikuhinnaga). Hinnarinevus on suurim 2035. aastal. See on hinnarinevus, mida olemasolev biometaani kasutuse turupõhine toetusmehhanism – biometaani transpordistatistika – 2024. aasta ühikuhinna taseme juures suure varuga katab (vt tabel 29).

Tabel 29. Maagaasi ja biometaani maksumuse võrdlus transpordikütusena (mln eurot), stsenaarium B

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Maagaas transpordikütusena (CNG ja LNG)	11,4	22,3	36,0	38,1	38,9	39,2
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,2	38,9	50,7	51,8	52,9	49,7
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena	-10,8	-16,5	-14,6	-13,7	-14,0	-10,5
Biometaani KHG transpordistatistika prognoositav maksumus	26,7	50,3	72,2	76,1	79,8	79,8
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	16,0	33,8	57,6	62,4	65,8	69,2

Võrdluses diislikütuse prognoositava hinnaga (sh HKS2 ühikuhind ja aktsiis) on biometaani stsenaariumi järgsed tootmis- ja transpordikulud alates 2030. aastast kogu perioodi jooksul madalamad ehk toetusvajadus konkurentsi tagamiseks puudub (vt tabel 30).

Tabel 30. Diislikütuse ja biometaani maksumuste võrdlus transpordikütusena (mln eurot), stsenaarium B

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Diislikütus transpordikütusena	24,2	62,3	92,3	103,5	115,2	122,0
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,2	38,9	50,7	51,8	52,9	49,7
Hinnavahe diislikütusega transpordikütusena	2,0	23,4	41,6	51,7	62,4	72,2
Biometaani KHG transpordistatistika prognoositav maksumus	26,7	50,3	72,2	76,1	79,8	79,8
Hinnavahe diisliga transpordikütusena eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	28,8	73,8	113,8	127,8	142,1	152,0

Kokkuvõttes saab järeldada, et biometaani toetusvajadus konkrentsis fossiilkütustega kujuneb esmajoones võrdluses maagaasiga ning see jääb kuni 16,5 mln euro juurde aastas ka juhul, kui HKS2 ühikuhind rakendub kogu transpordisektorile (selle stsenaariumi vaates olulisele segmendile – ühistransport, kaubatransport). Võrreldes biometaani tootmiskulusid nn roheliste kütustega nähtub, et see jääks kogu perioodi ulatuses odavamaks kui konkrentkütused – rohediiislikütus HVO, sünteetiline metaan, rohevesiniku ja taastuvelektri kütusekomponendi maksumus (vt tabel 31).

Tabel 31. Biometaani ja rohekütuste maksumuste võrdlus transpordis (mln eurot), stsenaarium B

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe sünteetilise metaaniga transpordikütusena	29,9	59,6	88,2	93,5	95,7	91,3
Hinnavahe taastuvelektriga transpordi energiaallikana	2,7	9,5	12,1	14,4	16,5	19,6
Hinnavahe rohediiisli HVO-ga	28,0	55,7	81,5	84,0	85,7	81,3
Hinnavahe rohevesinikuga transpordikütusena	49,3	32,8	51,7	53,3	57,2	60,4

Lisaks kütuse hinnavõrdlusele energiaühikutes mõjutavad kütuste konkrentsivõimet loomulikult ka muud tegurid, nt investeeringud autoparki, tehnoloogilised võimalused sõidukipargis, hoolduskulud, tankimisvõimalused jms. Täpsemalt käsitletakse stsenaariumite neid tegureid mõjude ja teostatavuse võrdlusanalüüsis.

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Selle stsenaariumi puhul on kasvuhoonegaaside ekvivalenttonnide vähendamise maht suurim (993 000 CO₂ ekv t) aastatel 2045–2050 (vt tabel 32).

Tabel 32. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium B

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas	337 863	661 768	932 856	979 820	992 519	992 519
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,12	1,23	1,21	1,23	1,20	1,20

4.5. Stsenaarium C: Biometaan juhitava elektrivõimsuse põhikütusena

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumi tarbimismahtude määramisel lähtutakse kliimakindla majanduse seaduseelnõuga seotud juhitava võimsusega gaasijaamade vajadusprognoosist, mille alusel rajatakse 2030. aastaks 500 MW võimsusega gaasijaam, mis töötab aastas keskmisel 2200 tundi ehk toodab aastas energiat 1,1 TWh. Vastavalt ENMAK 2035 eelnõule (13.11.2024) peab taastuvgaasi osakaal tarbimises aastal 2035 olema 1/3 ehk 2035. aastal võiks see gaasijaam või need gaasijaamad toota 367 GWh biometaanist. 2040. aastal töötavad kliimakindla majanduse SE prognoosi alusel Eestis gaasijaamad koguvõimsusega 750 MW. Arvestades aastaseks tootmisperioodiks samuti 2200 tundi, on tootmismahd 1,65 TWh. Et elektritootmine peab kliimakindla majanduse SE ja ENMAK 2035 eelnõu alusel olema 2040. aastaks süsinikuneutraalne ning gaasivõrgud dekarboniseeritud, siis peab tootmine põhinema 100% taastuvgaasil. Biometaani vajalike tootmismahtude arvutamisel võetakse aluseks 45% kasutegur – 1,65 TWh elektri tootmiseks on seega vajalik toota ligi 4 TWh biometaani. Sellist tootmismahdu ei suudeta siseriikliku ressursi arvelt katta. Tekib vajadus biometaan importida või kasutada taastuvgaasina biometaanist kõrgema tootmishinnaga sünteetilist metaani. Stsenaariumi elluviimise eelduseks on gaasivõrgu rekonstrueerimine. Perioodi alguses säilib ka tarbimine transpordis, kuid aastaks 2045 jõuab see nulli.

Tabel 33. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tarbimine stsenaariumi põhisektoris ja transpordi üleminekukütusena (GWh/a), stsenaarium C

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks		0	110	366,3	1650	1650	1650
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	110	366,3	1650	1650	1650
Elektri juhitava võimsuse jaamad		0	110	366	1650	1650	1650
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	110	366	1650	1650	1650

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energiasektori omatarve		25	40	100	260	260	260
	Biogaas	25	40	100	260	260	260
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames	Biogaas	30	30	39	39	39	39
Transport		250	300	100	50	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	300	100	50	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Ühistranspordibussid		250	300	100	50	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	300	100	50	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Kokku tarbimine		305	480	605	1999	1949	1949
	Biogaas	55	70	139	299	299	299
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	110	366	1650	1650	1650
	Muu biometaan (CBG)	250	300	100	50	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0

Kuna biometaanist elektri tootmisel on energiakadu suur (kasutegur 45%), on eelnevas tabelis 33 toodud tarbimisvajaduste rahuldamiseks vaja tarbimise tippaastatel (2045–2050) toota u 4 TWh/a biometaani (vt tabel 34).

Tabel 34. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks (GWh/a), stsenaarium C

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kokku	309	520	1065	4041	3991	3991
Biogaas	59	76	151	325	325	325
Biometaan gaasivõrgus	-	244	814	3667	3667	3667
Muu biometaan	250	200	100	50	-	-

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

Stsenaariumis eeldatud biometaani tootmise mahtude katmiseks tuleb alates 2035. aastast kasutusele võtta ka mõned rohtse biomassi biogaasijaamad või katta puuduv vajadus muude taastuvgaasidega. Alates 2040. aastast ei piisa ka kõigi eelmises peatükis kirjeldatud rohtse biomassi biogaasijaamade toodangust. Umbes 3/4 ehk 3 TWh mahus tuleb elektrigaasijaamade

kütusevajadus katta täiendavate rohumade kasutusele võtmisega, energiakultuuride kasvatamise, biometaanimpordi või sünteetilise metaaniga (vt tabel 35).

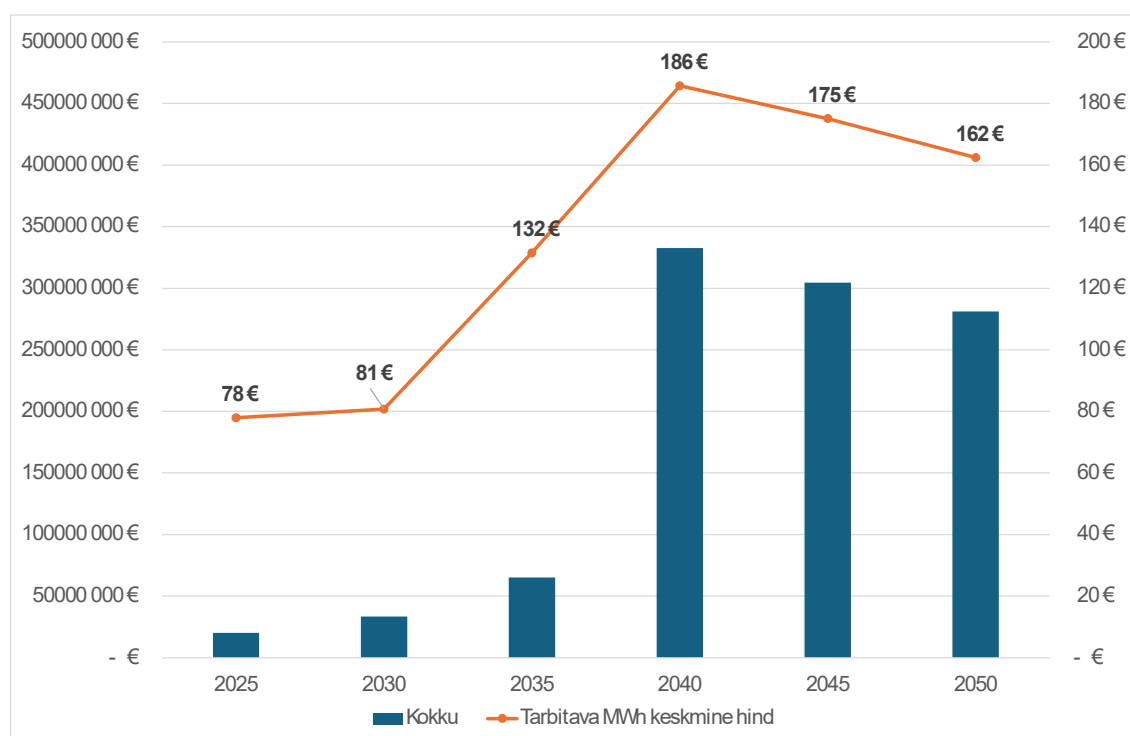
Tabel 35. Biometaanitootmisjaamade vajadus, stsenaarium C

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	6	10	16	16	16	16
Biojätmete biogaasijaamad	4	9	16	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	11	98	96	96
Jaamad kokku	14	23	51	138	136	136

Hinnavõrdlused ning nende tõlgendused soojus- ja elektrienergia tootmise lõikes

Biometaanitootmise keskmine ühikuhind tarbitava/toodetava elektrienergia ühiku kohta on maksimumtasemel 2040. aastal, mil biometaanitootmise teoreetiline kasutus juhitavat võimsust tagavates gaasielektrijaamades saavutab maksimumhinna 186 eurot MWh kohta. Hilisem ühikuhinna langus on seotud biometaanitootmishinna languse eeldusega.

Arvestades stsenaariumi tarbimismahte ja ühikuhinda, kujuneb biometaanitootmise maksimumväärtuse ajaks 2035. aasta, mil summaarsed tootmiskulud peaksid ulatuma 340 miljoni euroni, eeldusel et selleks oleks piisavalt siseriiklikku ressursi biometaanitootmiseks (vt joonis 25).



Joonis 12. Biometaanitootmise ühikuhind tarbitava elektrienergia 1 MWh kohta ja biometaanitootmise kogukulud, stsenaarium C

Tabelist 36 on näha, et biometaani tootmishinna languse ja HKS2 mõjul muutub elektri tootmine biometaanist prognoosiperioodi teisel poolel odavamaks kui maagaasist tootmine. Biometaanist toodetud elekter on ka oluliselt odavam võrdluses rohevesinikust või sünteetilisest metaanist toodetud elektriga. See tähendab, et juhul kui biometaani tootmispotentsiaali ebapiisavust (u 3 TWh mahus) gaasielektrijaamade eeldatava tootmismahu tagamiseks katta sünteetilise metaani kui taastuvgaasi tootmise ja kasutusega gaasielektrijaamades, ületaks taastuvgaaside summaarne kulu kogu perioodi jooksul maagaasist toodetud elektri tootmis- ja transpordikulud. Võrdluses konkurentkütustega on biometaanist toodetud elekter kogu perioodi jooksul olulisel määral kallim kui biomassist (hakkepuut kestliku majandustegevuse raames) toodetud elekter – maksimaalselt kuni 208 mln euro ulatuses 2040. aastal.

Tabel 36. Biometaani ja konkurentkütuste maksumuse võrdlus elektrienergia tootmises (mln eurot), stsenaarium C

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe maagaasist toodetud elektriga	0,0	-2,8	-0,9	-30,8	8,2	51,9
Hinnavahe sünteetilisest metaanist toodetud elektriga	0,0	31,2	103,5	397,2	402,7	389,4
Hinnavahe biomassist toodetud elektriga	0,0	-11,2	-33,6	-208,2	-177,3	-146,6
Hinnavahe rohevesinikust toodetud elektriga	0,0	27,7	93,7	331,7	355,6	379,0
Hinnavahe taastuvelektriga	0,0	5,3	12,1	-8,8	15,0	38,5

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Selle stsenaariumi puhul eeldatakse biogaasi ja biometaani tootmist ressursipotentsiaali mitmekordselt ületavana. Alljärgnevas tabelis on prognoosiperioodi teises pooles tegemist teoreetilise metaani KHG heite vähendamisega (vt tabel 37), mis saavutatakse üksnes juhul, kui rajatakse rohtse biomassi biogaasijaamasid mahus, mis ei ole ei majanduslikult ega ka looduskaitseliselt põhjendatud.

Tabel 37. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium C

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas	344 611	621 388	1 063 021	2 075 883	2 058 793	2 058 793
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,13	1,30	1,76	1,04	1,06	1,06

4.6. Stsenaarium D: Biometaan olemasolevas ja loodavas tööstuses

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumi lähtekoht on Eleringi 2022. aastal tellitud gaasitarbimise pikaajaline prognoos. Täiendava nõudluse mahuna eeldatakse lisaks EIS müügiportfelli 13 energiamahuka tööstusprojekti (5,8 TWh/a) 25% realiseerumisega 2030. aastaks ja 50% realiseerumisega aastaks 2035. Samuti eeldatakse seda, et nende tööstuste energiavarustus kaetakse 18% ulatuses metaangaasiga, mis vastab 2022. aasta maagaasi osakaalule tööstuste energiavarustuse katmisel.

Lisaks arvestatakse ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon) sisalduvat eesmärki, et gaasivõrk on 2035. aastaks dekarboniseeritud 1/3 mahus ja täies mahus 2040. aastaks. Juhul kui nende eelduste alusel toimuks biometaani tarbimise kasv tööstussektoris, siis oleks olulise varuga täidetud ka kliimakindla majanduse SE seletuskirjas sisalduv siht, et tööstus tarbiks 20% ehk u 150 GWh taastuvgaasi.

Tabel 38. Biogaasi ja biometaani tarbimine (GWh/a), stsenaarium D

		2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energiasektori omarave		30	22	50	80	90	110
	Biogaas	30	22	50	80	90	110
Tööstussektor		30	279	600	915	1106	1311
	Biogaas	30	30	39	39	39	39
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	250	562	876	1067	1272
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames	Biogaas	30	30	39	39	39	39
Muu olemasolev tööstus		0	119	170	354	545	750
	Biogaas	0	0	0	0	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	119	170	354	545	750
Uus energiamahukas tööstus		0	131	392	522	522	522
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	131	392	522	522	522
	Muu biometaan (CBG)	0	0	0	0	0	0
Transport		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Ühistranspordibussid		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0

		2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Kokku tarbimine		310	451	750	1095	1196	1421
	Biogaas	60	52	89	119	129	149
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	250	562	876	1067	1272
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0

Eelmises tabelis 38 toodud tarbimise juures on maksimaalne biogaasi ja biometaanitootmisvajadus kõige suurem 2050. aastal, ulatudes 1434 GWh-ni (vt tabel 39).

Tabel 39. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks (GWh/a), stsenaarium D

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kokku	315	456	758	1105	1207	1434
Biogaas	65	56	97	129	140	162
Biometaan gaasivõrgus	-	250	562	876	1 067	1 272
Muu biometaan	250	150	100	100	-	-

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

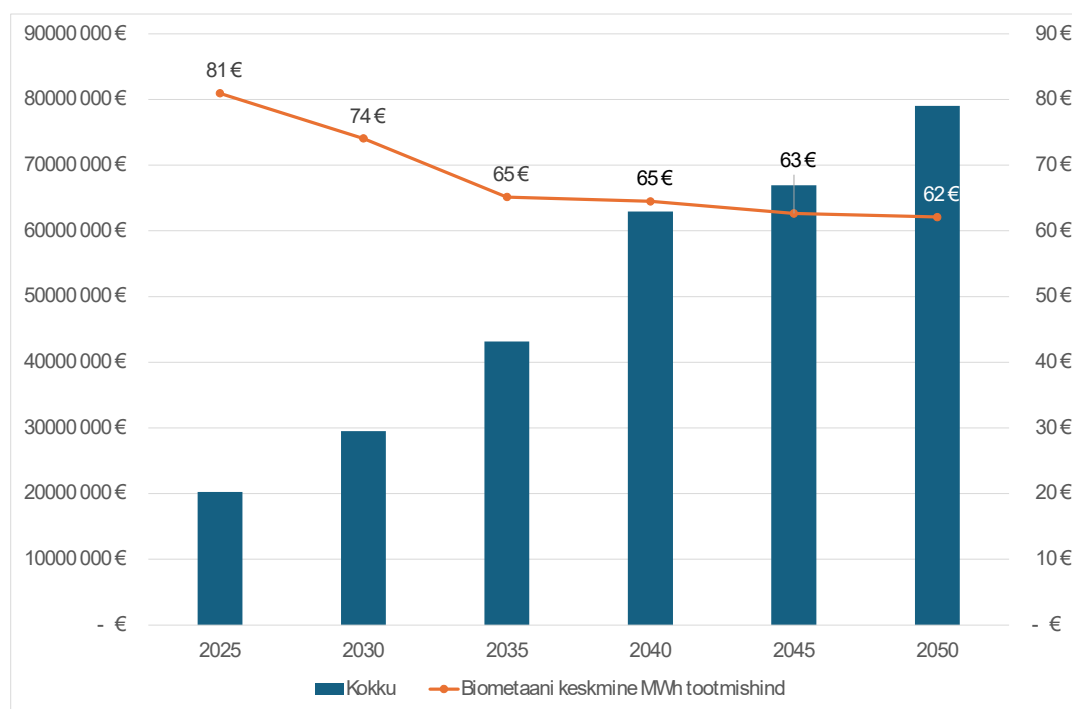
Stsenaariumi D puhul kasutatakse ära kogu Eestis saada olev jäätmete ja jääkide põhine toore ja käiku lähevad kõik potentsiaalsed jaamad. Alates 2040. aastast tuleks kasutusele võtta ka rohtse biomassi jaamad või katta taastuvgaasi vajadus impordi või sünteetilise metaaniga (vt tabel 40).

Tabel 40. Biometaanitootmisjaamade vajadus, stsenaarium D

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	6	8	15	16	16	16
Biojätmete biogaasijaamad	4	9	16	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	0	11	14	20
Jaamad kokku	14	21	39	51	54	60

Hinnavõrdlused ja nende tõlgendused tööstuse soojusenergia tootmises

Biometaani tootmise ja transportimise keskmine ühikuhind jääb selle stsenaariumi puhul vahemikku 62–81 eurot MWh. Tööstustarbimise maksimum saabub perioodi lõpus aastal 2050, mil biometaani tootmise kogumaksumus jõuab ligi 80 miljoni euro tasemeni (vt joonis 26).



Joonis 13. Biometaani summaarne hind ja kogukulud tööstuse soojusenergia tootmisel, stsenaarium D

Võrreldes peamiste konkurentkütustega on soojusenergia tootmine biometaanist tööstuste tarbeks oluliselt kallim kui biomassist toodetud soojus, kuid hinnavaheed maagaasi ja taastuvelektriga on väikesed (vt tabel 41).

Tabel 41. Biogaasi hinnavõrdlus konkurentkütustega tööstuse soojusenergia tootmises (mln eurod), stsenaarium D

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe maagaasist toodetud soojusega	1,2	-4,4	-2,8	-5,8	-3,5	0,6
Hinnavahe sünteetilisest metaanist toodetud soojusega	11,4	41,7	88,7	126,1	147,0	160,8
Hinnavahe biomassist toodetud soojusega	0,0	-12,2	-25,1	-46,1	-53,7	-63,3
Hinnavahe taastuvelektrist toodetud soojusega	2,6	1,0	2,3	-2,2	1,5	5,5

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Selle stsenaariumi puhul on kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamine suurim 2050. aastal (1,2 mln CO₂ ekv t, vt tabel 42).

Tabel 42. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium D

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas	352 860	526 593	889 901	1 075 869	1 111 270	1 188 175
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,14	1,17	1,19	0,98	0,93	0,84

4.7. Stsenaarium E: Biometaan kodudes ja ärides

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumi lähtepunkt on maagaasi tarbimise mahud äri- ja avaliku sektori asutustes (2022. aastal 540 GWh) ja kodudes (2022. aastal 570 GWh). Eeldatakse, et metaangaasi nõudlus neis sektorites väheneb tulenevalt hoonete rekonstrueerimisest proportsionaalselt tempos, mis on prognoositud ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioonis) – 2030. aastaks 94%-ni, 2040. aastaks 80%-ni ja 2050. aastaks 68%-ni. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus kavandatud gaasivõrgu dekarboniseerimise tempoga eeldatakse lisaks, et biometaan (või muu taastuvgaas) asendab maagaasi kodude ja äride tarbimisstruktuuris 2030. aastal 25%, 2035. aastal 33% ja 2040. aastal 100% ulatuses.

Tabel 43. Biogaasi ja biometaani tarbimine (GWh/a), stsenaarium E

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Tarbimine (GWh/a)	Vorm						
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks		4	4	4	4	4	4
	Biogaas	4	4	4	4	4	4
Energiasektori omatarve		25	50	70	80	80	80
	Biogaas	25	50	70	80	80	80
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames	Biogaas	30	30	39	39	39	39
Kodumajapidamised		0	134	166	456	416	388

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Biometaan gaasivõrgus	0	134	166	456	416	388
Äri- ja avaliku teenuse sektor		0	127	157	432	394	367
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	127	157	432	394	367
	Muu biometaan	0	0	0	0	0	0
Transport		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Ühistranspordibussid		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Kokku tarbimine		309	495	535	1111	933	878
	Biogaas	59	84	113	123	123	123
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	261	322	888	810	755
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0

Stsenaariumi E puhul toimub maksimaalne biogaasi ja biometaani tarbimine aastal 2040 ja seega on siis suurim ka biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus, mis ulatub 1122 GWh-ni (vt tabel 44).

Tabel 44. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks (GWh/a), stsenaarium E

Kokku	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biogaas	314	502	545	1 122	944	888
Biometaan gaasivõrgus	64	91	123	134	133	133
Muu biometaan	-	261	322	888	810	755

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

Stsenaariumis E on perioodi keskpaigast vaja tööle rakendada kõik potentsiaalsed põllumajanduslikud, biojätmete ja reoveesetete biogaasijaamad ning osa potentsiaalsetest rohtse biomassi jaamadest (vt tabel 45).

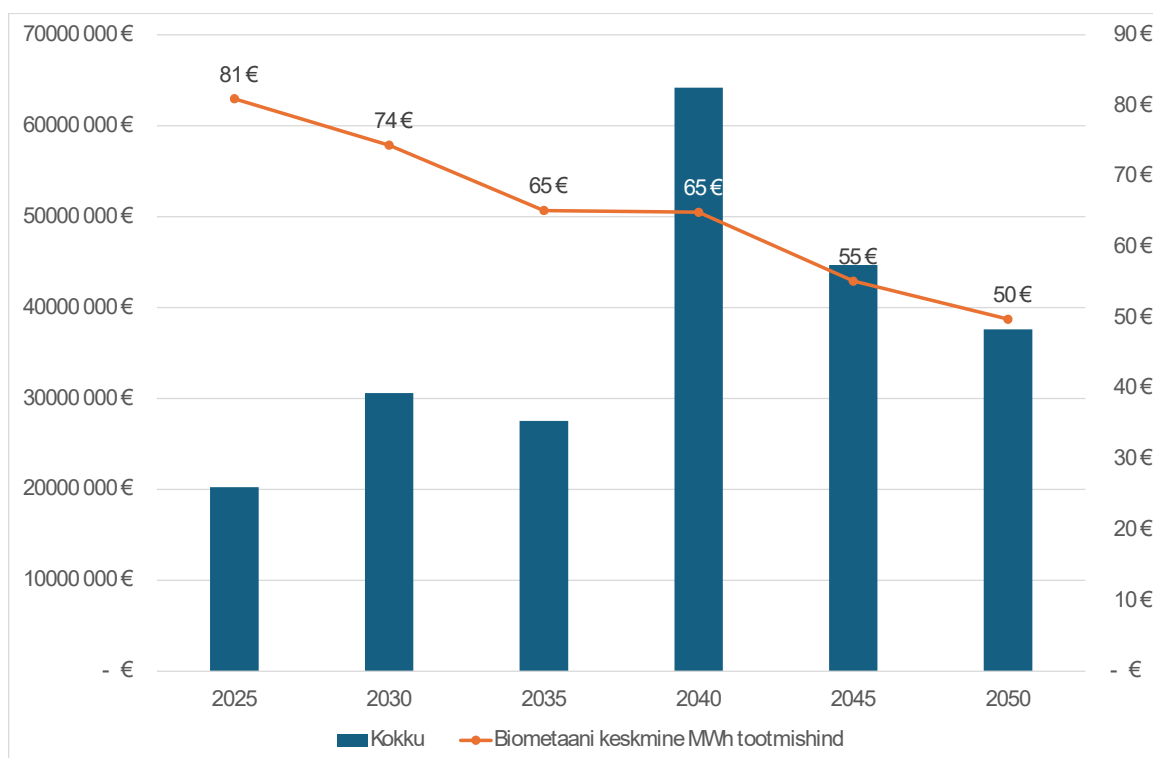
Tabel 45. Biometaani tootmisjaamade vajadus, stsenaarium E

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	5	9	10	16	16	16
Biojätmete biogaasijaamad	4	9	11	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	0	12	5	2
Jaamad kokku	13	22	28	52	45	42

Hinnavõrdlused ning nende tõlgendused kodude ja äride jaoks soojusenergia tootmises

Biometaani tootmise ja transportimise keskmine ühikuhind koos võrgutasudega jääb selle stsenaariumi puhul vahemikku 50–81 eurot MWh.

Soojusenergia tootmisel tähendab see tarbimismaksimumi 2040. aastal biometaani summaarset tootmismaksumust 64 mln euro tasemel, mis seejärel biometaani tootmise ühikuhinna languse mõjul väheneb (vt joonis 27).



Joonis 14. Biometaani summaarne hind ja kogukulud soojusenergia tootmisel, stsenaarium E

Sarnaselt eelmiste stsenaariumitega on ka selles stsenaariumis soojuse tootmine biogaasist võrreldes peamiste konkurentkütustega perioodi keskel kallim, kuid perioodi lõpuks muutub maagaasi ja ka taastuvelektri hind kallimaks. Maksumuse vahe säilib biomassikütustega (vt tabel 46).

Tabel 46. Biometaani ja konkurentkütuste maksumuse võrdlus soojusenergia tootmises (mln eurot), stsenaarium E

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe maagaasist toodetud soojusega	1,1	-5,0	0,1	-6,4	4,2	11,4
Hinnavahe sünteetilisest metaanist toodetud soojusega	11,2	48,0	62,0	127,7	122,0	110,6
Hinnavahe biomassist toodetud soojusega	0,0	-14,0	-14,9	-47,3	-35,0	-28,2
Hinnavahe taastuvelektrist toodetud soojusega (kodudes ja ärides)	2,5	1,2	3,6	-2,8	8,2	14,4

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Stsenaariumi E puhul on kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine suurim (1,1 mln CO₂ ekv t) aastal 2040, kui toodetakse kõige rohkem biogaasi ja biometaani (vt tabel 47).

Tabel 47. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium E

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastas	351 885	596 594	634 473	1 081 973	1 021 175	1 002 461
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,14	1,21	1,19	0,97	1,09	1,14

4.8. Stsenaarium F: Biometaan ja biogaas soojusmajanduses

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumi lähtekoht on uuringu „Eesti üleminek süsinikuneutraalsele soojus- ja jahutusmajandusele aastaks 2050” tehnoloogianeutraalse stsenaariumi metaangaaside tarbimismahud – 2030. aastal 2326 GWh ja 2040. aastal 1084 GWh. Viimast mahtu täpsustakse ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon) kavandatu valguses. Nimelt nenditakse seal, et „fossiilkütustel katelde vahetus kliimaneeutraalsete lahendustega võtab aega vähemasti aastani 2040” ja et „gaasikatelde puhul on võimalik saavutada kõige kiirem üleminek gaasivõrgu dekarboniseerimisel biometaaniga, selliselt ei eeldata investeeringuid seadmetesse enne katelde

eluea lõppu. Soojuses on vajalik u 1,2 TWh ulatuses maagaasi asendada taastuvate allikatega". Sarnaselt eelmistele stsenaariumitele eeldatakse kooskõlas riiklike poliitikadokumentidega, et aastal 2035 on vähemalt 1/3 tarbitavast metaangaasist taastuvgaas (biometaan) ja alates 2040. aastast 100% taastuvgaasid.

Tabel 48. Biogaasi ja biometaani tarbimine (GWh/a), stsenaarium F

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Elektri- ja soojusenergiatootmiseks		10	581,5	774,558	1200	1200	1200
	Biogaas	10	0	0	0	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	582	775	1200	1200	1200
Soojatootmiseks		10	582	775	1200	1200	1200
	Biogaas	10	0	0	0	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	582	775	1200	1200	1200
Energiasektori omatarve		25	60	85	160	160	160
	Biogaas	25	60	85	160	160	160
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames	Biogaas	30	30	39	39	39	39
Transport		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Ühistranspordibussid		250	150	100	100	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0
Kokku tarbimine		315	821	998	1499	1399	1399
	Biogaas	65	90	124	199	199	199
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	582	775	1200	1200	1200
	Muu biometaan (CBG)	250	150	100	100	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	0	0	0

Sellise tarbimise juures (vt tabel 48) on biogaasist toodetud energia tootmisvajadus kuni 1516 GWh aastas (vt tabel 49). Kuna Eestis saada olevast biogaasi tootmise ressursist selleks ei piisa, tuleb osa biometaani importida või katta sünteetilise metaaniga.

Tabel 49. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks (GWh/a), stsenaarium F

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kokku	320	829	1 009	1516	1416	1416
Biogaas	70	98	135	216	216	216
Biometaan gaasivõrgus	-	582	775	1200	1200	1200
Muu biometaan	250	150	100	100	-	-

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

Sellise tootmistaseme juures kasutatakse ära kogu Eestis saada olev biogaasi tootmise ressurss ja pannakse tööle kõik potentsiaalsed jaamad. Biometaani tootmisel kasutatakse eelkõige sõnnikul töötavaid põllumajanduslikke biogaasijaamu, biojätmete ja reoveesetete biogaasijaamu, samuti tuleb 2040. aastal kasutusele võtta maksimaalne arv rohtse biomassi jaamu (vt tabel 50).

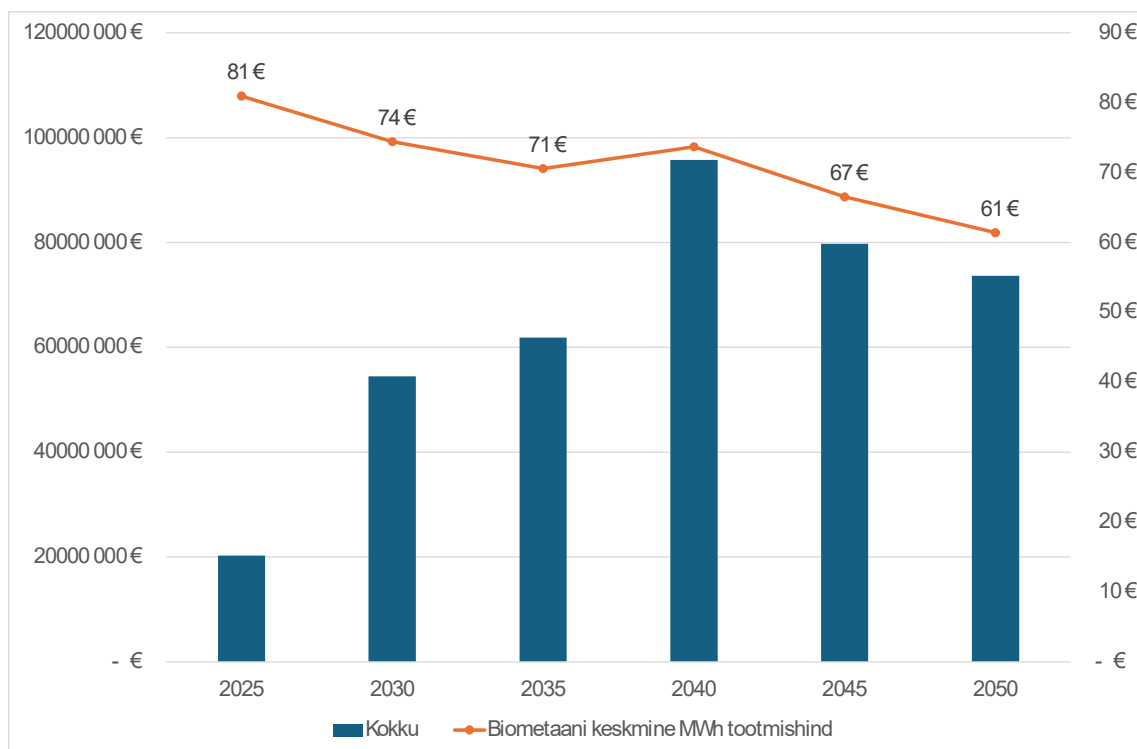
Tabel 50. Biometaani tootmisjaamade vajadus, stsenaarium F

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	5	15	15	15	15	15
Biojätmete biogaasijaamad	4	16	16	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	3	10	24	21	21
Jaamad kokku	13	38	49	63	60	60

Hinnavõrdlused ja nende tõlgendused soojusenergia tootmises

Biometaani/biogaasi summaarset soojusenergia tootmiseks kulunud hinda aastas võrreldi nii fossiilsete kui ka roheliste kütuste hinnaga. Biometaani tootmise ja transportimise keskmine ühikuhind koos võrgutasudega jääb selle stsenaariumi puhul vahemikku 61–81 eurot MWh.

Soojusenergia tootmisel tähendab see 2025. aastal summaarset maksumust 20 mln eurot, 2040. aastal jõuab see aga ligi 100 mln euroni ja väheneb seejärel tootmise ühikuhinna arvelt pisut (vt joonis 28).



Joonis 15. Biometaani summaarne hind ja kogukulud soojusenergia tootmisel, stsenaarium F

Võrreldes konkurentkütustega on biometaanist soojuse tootmine kallim, ka selles stsenaariumis on vahe suurim biomassist toodetud soojusega (vt tabel 51).

Tabel 51. Biometaani ja konkurentkütuste maksumuse võrdlus soojusenergia tootmises (mln eurot), stsenaarium F

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe maagaasist toodetud soojusega	1,0	-14,0	-11,5	-21,2	-9,4	1,8
Hinnavahe sünteetilisest metaanist toodetud soojusega	12,1	88,4	114,9	164,7	167,2	160,1
Hinnavahe biomassist toodetud soojusega	-0,2	-31,3	-42,3	-77,9	-68,3	-61,2
Hinnavahe taastuvelektrist toodetud soojusega	2,6	-2,1	-4,5	-16,2	-3,6	6,7

Kasvuhoonegaaside vähendamise panus

Selle stsenaariumi puhul on kasvuhoonegaaside heitkoguse vähendamine suurim biogaasi/biometaani maksimaalse tootmise aastal (2040), ulatudes 1,2 mln CO₂ ekv t-ni (vt tabel 52).

Tabel 52. Kasvuhoonegaaside vähendamise maht aastas (metaani CO₂ ekvivalenttonnides), stsenaarium F

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Jaamas saavutatud metaani KHG CO ₂ ekvivalenttonnide vähendamise maht aastast	358 308	945 862	1 004 334	1 176 455	1 142 275	1 142 275
Heite vähendamine 1 MWh kohta	1,14	1,15	1,01	0,78	0,82	0,82

4.9. Stsenaarium G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstuses maagaasi osalise asendajana

Tarbimise mahtude, muutuse ja struktuuri kirjeldus

Stsenaariumis kombineeritakse biometaani kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades. Stsenaariumi esimeses pooles eeldatakse, et toimivate (esmajoones biometaani transpordistatistika) ja täiendavate (nt gaasiveokite soetamise toetus) poliitikainstrumentide toel säilib keskpikas vaates biometaani kasutus ühistranspordis. Koosõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuvenergia osakaalu transpordikütustes suureneb biometaani tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite kasutajate ja tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiasse hakkavad alates 2035. aastast kiiresti vähendama biometaani tarbimist transpordisektoris.

Transpordisektori nõudluse asendamine toimub koosõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus sätestatud ringmajanduse põhimõtte (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärimise (§ 23) ülesannetega. Järk-järgult minnakse üle kohalikele võrguvabale biogaasi tarbimisele biogaasijaamade läheduses laienevates või kujunevates piirkondlikes tööstussümbioosi mudelit rakendavates tööstusparkides ja/või energiakogukondades. Sellega välditakse ülemäärast energiakulu biogaasi muundamisel ja transpordil ning tagatakse teisese toorme maksimaalne kohapealne väärimine. Biogaasi kohalik autonoomne võrguvaba kasutus tööstussümbioosis ja energiakogukondades panustab ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) sõnastatud Eesti energiajulgeoleku tagamise ühe peamise väljakutsega tegelemisesse – tõsta hajapiirkonna võimekust toota lokaalselt energiat. Stsenaariumis kirjeldatud arengud on koosõlas ENMAK 2035 eelnõus sisalduva eeldusega gaasivarustuse arendamisel – „hajutatud gaasivarustus võimaldab gaasitarbijatel jätkata ja üle minna taastuvgaaside kasutusele elektri- ja soojusenergia tootmisel ja tarbimisel (sh hooned), transpordis ja tööstuses“. ENMAK 2035 eesmärk suurendada biometaani osakaalu tööstustarbimises 20% ehk u 150 GWh/a saavutatakse biogaasi tarbimisega ringmajanduslikes tööstusparkides. Stsenaariumis ühendatakse biogaasi tootmise keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid regionaalpoliitiliste eesmärkidega.

Tabel 53. Biogaasi ja biometaani tarbimine (GWh/a), stsenaarium G

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Tarbimine (GWh/a)	Vorm						
Energiasektori omatarve		30	35	50	60	60	60
	Biogaas	30	35	50	60	60	60
Biogaasi kogukonnad		0	0	20	30	40	40
	Biogaas	0	0	20	30	40	40
Tööstussektor		30	30	190	489	549	549
	Biogaas	30	30	190	489	549	549
Tarbimine vee-ettevõtete ärimudeli raames	Biogaas	30	30	39	39	39	39
Uus energiamahukas tööstus		0	0	120	450	510	510
	Biogaas	0	0	120	450	510	510
Transport		255	475	400	170	110	110
	Biometaan gaasi põhivõrgus	5	105	100	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	270	170	70	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	100	130	100	110	110
Ühistranspordibussid		250	250	170	50	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	100	100	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	150	70	50	0	0
Taksod		5	5	0	0	0	0
Veoautod		0	200	160	0	0	0
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	0	100	80	0	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	100	80	0	0	0
Põllumajandustehnika		0	0	50	50	50	50
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	50	50	50	50
Meretransport		0	20	20	70	60	60
	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	0	20	20	20	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	0	0	50	60	60
Eksport	Biometaan gaasi põhivõrgus	0	0	0	0	0	0
Kokku tarbimine		315	610	730	749	759	759
	Biogaas	60	65	260	579	649	649

Tarbimissektor	Biogaasi liik	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Biometaan gaasi põhivõrgus	5	175	170	0	0	0
	Muu biometaan (CBG)	250	270	170	70	0	0
	Muu biometaan (LBG)	0	100	130	100	110	110

Stsenaariumis eeldatakse, et üleminekuga tarbimiselt transpordisektoris kohalikesse ringmajanduslikesse tööstusparkidesse õnnestub vältida biogaasi kasutuse vähenemist pikaajalises vaates ning stabiliseerida see loomakasvatuse, biojätmete ja -jääkide ning reoveesetete ressursi lähedases mahus ka peale prognoosiperioodi lõppu. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus on maksimaalne prognoosiperioodi lõpul (853 GWh/a; vt tabel 54).

Tabel 54. Biogaasist ja biometaanist toodetud energia tootmisvajadus lõpptarbimiseks (GWh/a), stsenaarium G

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kokku	323	624	772	833	853	853
Biogaas	68	74	295	658	737	737
Biometaan gaasivõrgus	5	175	170	-	-	-
Muu biometaan	250	375	307	175	116	116

Biogaasijaamade struktuuri kirjeldus

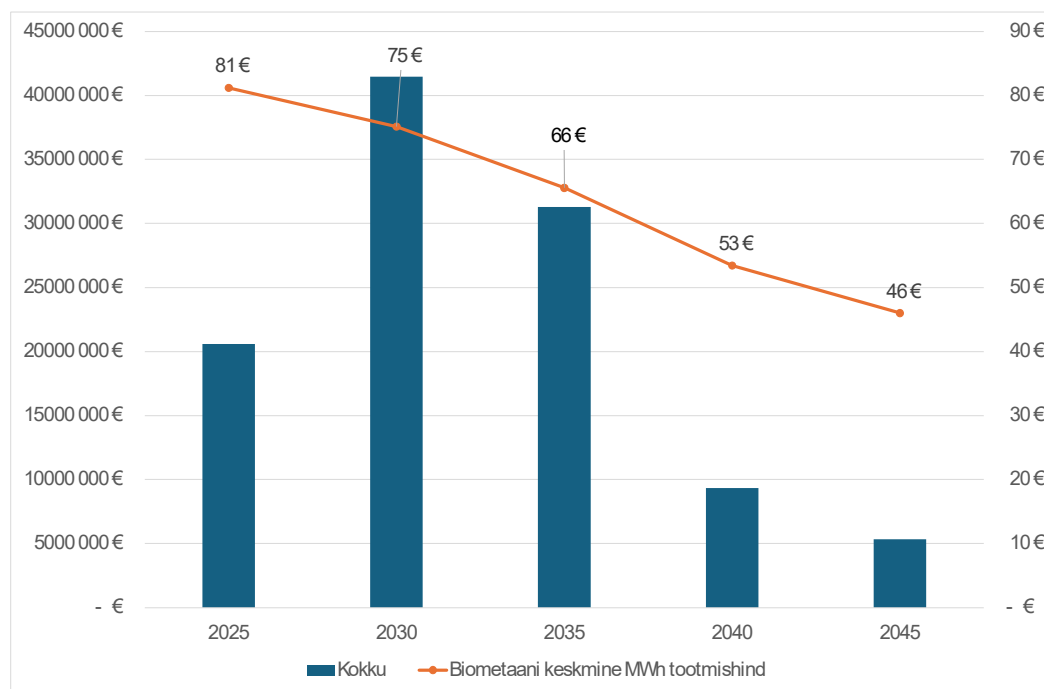
Stsenaariumis leiavad kasutust kõik põllumajanduslikud, biolagunevate jätmete ja reoveesetete biogaasijaamad ning lisaks on vaja tarbimismahu katmiseks ka kolme rohtse biomassi biogaasijaama toodangut (vt tabel 55). Perioodi keskel on enamikus jaamades vajalik üleminek biometaanist tootmiselt biogaasi tootmisele.

Tabel 55. Biometaanist ja biogaasi tootmisjaamade vajadus, stsenaarium G

Jaama tüüp	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Põllumajanduslikud biogaasijaamad	6	12	15	16	15	15
Biojätmete biogaasijaamad	4	12	16	16	16	16
Reoveesetete biogaasijaamad	4	4	8	8	8	8
Rohtse biomassi biogaasijaamad	0	0	0	1	3	3
Jaamad kokku	14	28	39	41	43	43

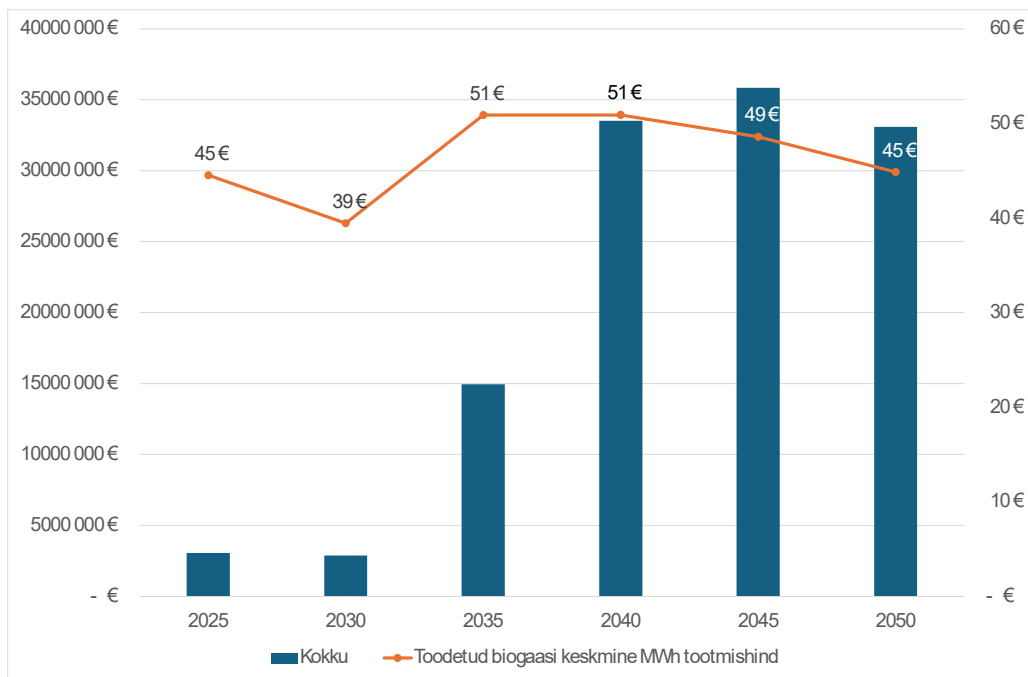
Hinnavõrdlused ning nende tõlgendused transpordikütuste ja võrguvaba kasutusega soojusenergia tootmise ja transpordi lõikes

Biometaani tootmise ja transportimise keskmine ühikuhind jääb perioodi esimesel poolel vahemikku 46–81 eurot MWh. Toodetud biometaani kogumaksumus ulatub 41 mln euron. Perioodi teisel poolel toodetakse biometaani väiksemas koguses, 5–10 mln euro väärtuses aastas (vt joonis 29).



Joonis 16. Biometaani summaarne hind ja kogukulud transpordikütusena, stsenaarium G

Biogaasi kasutusel kohalike ringmajanduslike tootmisparkide energiavajaduse rahuldamisel jääb MWh hind 45–51 euro vahemikku. Toodetud biogaasi maksumuse maksimum saabub 2045. aastal – 36 mln eurot (vt joonis 30).



Joonis 17. Biogaasi summaarne hind ja kogukulud soojusenergia tootmisel, stsenaarium G

Võrreldes biometaani prognoositavaid tootmise ja transpordi kogukulusid konkurentkütustega ilmneb järgmist. Võrrelduna maagaasi prognoositava hinnaga (koos aktsiisi, võrgutasu ja HKS2 ühikuhinnaga) on biometaani tootmis- ja transpordikulu prognoosiperioodi jooksul aastas mahus kuni 18 mln eurot kõrgem (aastal 2030). See on hinnaerinevus, mida olemasolev biometaani kasutuse turupõhine toetusmehhanism – biometaani transpordistatistika – 2024. aasta ühikuhinna taseme juures suure varuga katab (vt tabel 56).

Tabel 56. Maagaasi ja biometaani kogukulude võrdlus transpordikütusena (eurodes), stsenaarium G

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Maagaas transpordikütusena	11,6	22,8	21,6	9,2	5,8	5,9
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,6	40,7	31,4	12,5	8,2	0,0
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena	-11,0	-18,0	-9,7	-3,3	-2,4	5,9
Biometaani KHG transpordistatistika prognoositav maksumus	27,2	51,2	43,3	18,7	12,3	12,3
Hinnavahe maagaasiga transpordikütusena (CNG) eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	16,2	33,2	33,6	15,4	9,9	18,2

Võrdluses diislikütuse prognoositava hinnaga (maailmaturu hind, HKS2 ühikuhind ja aktsiis) on biometaani stsenaariumi järgsed tootmis- ja transpordikulud kogu perioodi jooksul madalamad ehk toetusvajadus konkurentsivõime tagamiseks puudub (vt tabel 57).

Tabel 57. Diislikütuse ja biometaaniga kogukulude võrdlus transpordikütusena (eurodes), stsenaarium G

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Diisli transpordikütusena	24,6	63,3	55,4	25,4	17,8	18,9
Biogaasist toodetud transpordikütus (biometaan)	22,6	40,7	31,4	12,5	8,2	0,0
Hinnavahe diislikütusega transpordikütusena	2,1	22,6	24,0	12,9	9,6	18,9
Biometaaniga KHG transpordistatistika müügihind (eurot)	27,2	51,2	43,3	18,7	12,3	12,3
Hinnavahe diisliga transpordikütusena eeldades praegusi tulusid transpordistatistikast	29,2	73,7	67,3	31,5	21,9	31,2

Võrreldes biometaaniga tootmis- ja transpordikuludid nn roheliste kütustega nähtub, et biometaan on odavam rohevesinikust ja HVO-st. Lähedane on biometaaniga tootmishind (taastuv)elektri hinnale.

Tabel 58. Biometaaniga ja rohekütuste maksumuste võrdlus transpordis (eurodes), stsenaarium G

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe sünteetilise metaaniga transpordikütusena	30,3	59,3	52,0	23,1	14,7	21,8
Hinnavahe taastuvelektriga transpordi energiaallikana	2,8	8,4	6,3	3,7	2,5	10,7
Hinnavahe rohedisli HVO-ga	28,4	55,3	48,0	20,8	13,2	20,3
Hinnavahe rohevesinikuga transpordikütusena	50,1	32,1	30,1	13,2	8,8	17,0

Soojusenergia tootmises kohalikes ringmajanduslikes tööstusparkides on biogaas metaaniks puhastamise ja transpordikulude vältimise tulemusel suhteliselt konkurentsivõimeline maagaasi ja taastuvelektriga võrrelduna, kuid siiski mõnevõrra kallim kui biomassist (hakkepuudust) toodetav energia (vt tabel 59).

Tabel 59. Biogaasi ja konkurentkütuste maksumuste võrdlus soojusenergia tootmises (eurodes), stsenaarium G

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Hinnavahe maagaasist toodetud soojusega	0,3	-0,5	3,6	13,9	18,4	23,4
Hinnavahe sünteetilisest metaanist toodetud soojusega	11,1	21,1	54,4	100,2	110,4	105,8
Hinnavahe biomassist toodetud soojusega	-0,8	-4,2	-8,7	-12,4	-12,2	-9,5
Hinnavahe taastuvelektrist toodetud soojusega	1,9	2,0	6,4	16,2	21,5	25,9

Iga stsenaariumi kohta arvatati tarbimise katmiseks vajalike biogaasijaamade arv ja struktuur biogaasijaama tüübi alusel, energiaühiku hind ning biogaasi tootmise ja tarbijani transportimise hind. Biogaasi ja biometaani tootmise keskmine hind stsenaariumites kujuneb stsenaariumi tarbimisvajaduse katmiseks vajalike biogaasi/biometaani jaamade energiakoguse tootmise summaarsete kulude (sisaldab jaamade investeeringute kulu, kapitalikulu ja tegevuskulusid) jagamisel jaamades toodetud kütuse energiahulgaga. Ühikuhinda mõjutab kõige enam tarbimise katmiseks vajalike biogaasijaamade arv – see, kas tarbimise katmiseks tuleks (võimalusel) rakendada ka kõrgemate tootmiskuludega rohtse biomassi biogaasijaamade toodangut või alternatiivina eeldatavalt veelgi kõrgema ühikuhinnaga sünteetilise metaani tootmisüksuste toodangut (vt ptk 2.2.4). **Energia lõpptarbimises**, kus arvesse on võetud ka energia muundamistegurid, **eristuvad perioodi keskmiste ühikuhindade poolst kõige odavamatena BAU-stsenaarium A (62 eurot MWh) ja tööstussümbioosi stsenaarium G (66 eurot MWh) ning kõige kõrgema ühikuhinnaga elektritootmise stsenaarium (keskmisena 136 eurot MWh, kuid tootmise maksimumtasemel 162–186 eurot MWh).**

Konkurentsituatsiooni hindamiseks arvatati iga stsenaariumi energiatarbimise mahu kohta alternatiivkütuste/energiaallikate kütusekomponendi summaarne hind. Konkurentkütuste hindade arvutamisel on baasandmeteks vastava kütuse või energiaallika hetkehinnad Eestis ja/või maailmaturul ning varasemalt tehtud pikaajalised hinnaproгноosid. Hinnavõrdluse baasiks on n-õ kütuse komponent energiavarustuses. Arvestatud ei ole kuludega, mida peavad tegema energia kasutajad või mis on vajalik lõppenergia transportimiseks lõpptarbijani. Stsenaariumite teostatavusel tuleb neist eeldustest lähtudes arvestada biometaani kasutusel transpordis **(stsenaariumid A, B ja G algperiood) 10–16 miljoni eurose iga-aastase toetusvajadusega**, mis on aga juba **kaetud toimiva biometaani transpordistatistika instrumendiga. Elektri tootmisel (stsenaarium C) juhitava võimsuse gaasielektrijaamade** kavandatud tootmismahude korral on **hinna vahe maagaasiga võrreldes u 30 miljonit eurot aastas ning hakkepuiduga võrreldes üle 200 miljoni euro**. Soojuse tootmisel (stsenaariumid D, E, F) on **kriitilisim konkurents kestliku hakkepuidu baasil toimuva soojatootmisega**, mis on võrdluses biometaanist toodetava soojusega (kaugküttes või hoonete gaasiküttekateldes) aastas **50–80 miljonit eurot odavam**. Hinnaerinevus võrrelduna maagaasiga on 2030-ndatel, mil selline võrdlus asjakohane on, 5–10 miljonit eurot. Võrdluses taastuvelektrit kasutavate soojuspumpadega oleks toetusvajadus maksimaalselt kuni 16 miljonit eurot, kuid osadel aastatel kahaneb hinnaerinevus minimaalseks. **Kõige väiksem on hinna vahe hakkepuiduga biogaasi kasutamisel kohaliku kütusena tööstusparkides ja energiakogukondades (stsenaariumi G lõpuperiood) – maksimaalselt kuni 12 miljonit eurot aastas.**

Lisaks arvatati iga stsenaariumi kohta biogaasi tootmisel ja tarbimisel saavutatud KHG heite vähenemise maht siseriikliku KHG inventuuri metoodika ja/või taastuenergia direktiivi väärtuste alusel. Stsenaariumites **võetakse ringmajanduslikku kasutusse aastas keskmiselt 575 000 (stsenaarium A) kuni 1 845 000 (stsenaarium C) metaani CO₂ ekvivalenttonni.**

5. STSENAARIUMITE TEOSTATAVUSE TEGURITE JA RISKIDE NING MÕJUDE ANALÜÜS

5.1. Võrdlev koondhinnang stsenariumitele

Stsenariumite analüüsis hinnati stsenariumite teostatavuse tegureid ja riske ning stsenariumite elluviimise mõjusid. Stsenariumite teostatavuse hindamisel keskenduti viiele valdkonnale.

1. Tarbitava biogaasi/biometaanitootmiseks vajaliku siseriikliku ressursi piisavus ja sobivus.
2. Tarbimisnõudluse olemasolu.
3. Tehnoloogiline valmisolek.
4. Poliitiline teostatavus siseriikliku ning EL-i regulatiivse ja strateegilise raamistiku suuniste mõttes.
5. Äriplaneeritud teostatavus.

Biogaasi/biometaanitootmise ja tarbimise suurendamise stsenariumite teostatavuse baaslävend on kliima- ja keskkonnapoliitika põhimõtete koostöös oleva siseriikliku bioressursi maht. Peatükkide 2 ja 3 ressursianalüüsi tulemustele tuginedes eeldatakse biogaasi tootmiseks sobiva kontsentreeritud jäätmete ja jääkide põhise ressursi mahu stabiilsust 0,8 TWh/a tasemel kogu analüüsiperioodi 2025–2050 jooksul. See energia aastatoodangu maht kujundab peamise loomuliku ressursipõhise lävendi stsenariumite teostatavusele. Teiseks ressursipõhiseks lävendiks on 1,5 TWh/a, mille puhul on potentsiaalina arvestatud ka majanduslikult kättesaadavamat osa hajutatud rohtsest biomassist u 0,7 TWh/a mahus. Arvestades uusi looduskaitsepiiranguid, tehnoloogiliste lahenduste hetkeseisu ning biogaasi tootmiskulude märkimisväärselt kõrgemat hinda üksnes rohtset biomassit kasutavates jaamades, ei ole selle ressursi suures mahus kasutusevõtmine siiski ilma soodsate muutusteta äriplaneeritud ja poliitilistes tingimustes tõenäoline. Peamised järeldused siseriikliku ressursi piisavusest stsenariumite elluviimiseks on esitatud stsenariumite kirjeldust sisse juhatavas alapeatükis 4.1 ning detailsemalt allpool alapeatükis 5.2. Stsenariumite võrdluses on lihtsamini teostatavad väiksema mahuga biogaasi tootmist eeldavad stsenariumid (A, B, G), samas kui juba 0,8 TWh/a tootmismahu taset ületavate stsenariumite teostatavus sõltub biometaanitootmisest või sünteetilise metaani tootmisvõimekusest Eestis või regioonides. Sellisel juhul on biogaasi/biometaanitootmise ja tarbimise stsenariumid osaks laiematest taastuvgaasi tootmise ja tarbimise stsenariumitest.

Teine stsenaariumite teostatavuse määrav tegur on tarbimisnõudluse olemasolu, mis sõltub gaasisektori kui terviku konkurentsivõimest, aga veelgi enam biogaasi/biometaani ärilisest konkurentsivõimest võrdues konkurentkütustega. Viimane on omakorda tugevalt mõjutatud kliima-, keskkonna- ja energiapoliitilistest eesmärkidest ning meetmetest.

Analüüsi raames visioneeritud stsenaariumid on kõik (eesmärkide ja piirangute mõttes) kooskõlas EL-i ja siseriikliku poliitikaraamistikuga. Stsenaariumite seoseid kliimakindla majanduse SE ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024) on detailsemalt avatud stsenaariumite eristamise aluste alapeatükis 4.1. Laiemapõhjaline hinnang stsenaariumite poliitilisele teostatavusele on antud alapeatükis 5.5.

Stsenaariumite ärilise teostatavuse keskne tegur on biogaasi/biometaani tootmise ja transpordi hind võrdluses konkurentkütuste hinnaga (sh aktsiisid, HKS ühikute maksumus) sama energiakoguse eest samas tarbimissektoris. See hinnavahe võimaldab hinnata toetuste vajaduse mahtu biogaasi/biometaani konkurentsivõime tagamiseks. Kuni gaasivõrgu dekarboniseerimiseni aastaks 2040 on biogaasi/biometaani peamine hinnakonkurent maagaas, selle järgselt imporditava biometaani või sünteetilise metaani hind ning laiemalt kõik mittefossiilsed kütused (roheelekter, rohevesinik, rohediesel, taastuvelekter, aga ka kestlikult toodetud hakkepuudust toodetud soojus- ja elektrienergia). Kuivõrd stsenaariumites eeldatakse biogaasi/biometaani tootmishindade langust analüüsiperioodi jooksul ning ka konkurentkütuste hinnad prognooside kohaselt ajas muutuvad, siis varieerub ajas ka biogaasi/biometaani ning konkurentkütuste hinnavahe. Järgnevates tabelites võetakse kokku biogaasi/biometaani keskpika ajavaate keskne hinnakonkurents maagaasiga stsenaariumite peamistes tarbimissektorites aastal 2030 (tabel 61) ning biogaasi/biometaani pikemaajalisem konkurentsivõime mittefossiilsete kütustega aastal 2040 (tabel 62).

Tabel 61. Biogaasi/biometaani tootmise- ja transpordi kogumaksumus ning konkurentkütuste maksumus stsenaariumite peamises tarbimissektoris aastal 2030

Stsenaariumi nimetus	Biogaasi/ biometaani tootmis- ja transpordikulude summa stsenaariumi peamises tarbimissektoris (2030), mln eurot	Maagaasi maksumus (sh transport, aktsiis ja HKS) sama energiakoguse juures (2030), mln eurot	Toetusvajadus aastas konkurentsivõime tagamiseks aastal 2030 (mln eurot)	Peamise sektori energia-tarbimine (GWh/a)	Toetuse vajadus (eurot) tarbitud MWh/ kohta
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	25,5	14,1	11,3	300	37,80
B: Transpordisektor	38,9	22,3	16,5	470	35,17
C: Elektritootmine	19,7	16,9	2,8	244	11,60
D: Tööstus	22,0	17,6	4,4	279	15,75
E: Kodud ja ärid	25,3	20,3	5,0	352	14,18
F: Soojamajandus	53,1	39,1	14,0	582	24,00
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstus-sümbioosis	40,7	22,8	18,0	475	37,80

Tabel 62. Biogaasi/biometaani tootmise- ja transpordi kogumaksumus ning konkurentkütuste maksumus stsenaariumite peamises tarbimissektoris aastal 2040

Stsenaariumi nimetus	Biogaasi/biometaani tootmis- ja transpordikulud stsenaariumi peamises tarbimissektoris (2040), mln eurot	Hinnavahe soodsaima hinnaga mittefossiilse konkurentkütuse maksumusega sama energiakoguse juures, mln eurot	Peamise sektori energia-tarbimine (GWh/a)	Toetuse vajadus tarbitud MWh/ kohta	Soodsaima hinnaga mittefossiilne konkurentkütus
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamise	12,3	6,2	200	31 €	Taastuvelekter
B: Transpordisektor	51,8	14,4	700	-21 €	Taastuvelekter
C: Elektritootmine	348,3	208,2	1 650	126 €	Kestlikust hakkepuidust toodetud elekter
D: Tööstus	78,2	46,1	915	50 €	Kestlikust hakkepuidust toodetud soojus
E: Kodud ja ärid	80,0	47,3	888	53 €	Kestlikust hakkepuidust toodetud soojus
F: Soojamajandus	123,2	77,9	1 200	65 €	Kestlikust hakkepuidust toodetud soojus
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstus-sümbioosis	33,5	12,4	658	19 €	Kestlikust hakkepuidust toodetud soojus ja elekter

Täpsemad võrdlused kõigi konkurentkütustega on esitatud ptk 4 stsenaariumite kirjelduse osana. Ärilise teostatavuse (sh hinnakonkurentsi) võrdlev käsitlus sisaldub alapeatükis 5.6.

Stsenaariumite mõjude hindamisel keskenduti kolmele dimensioonile.

1. Majanduslikud mõjud, sh mõjud regionaalsele arengule.
2. Kliima- ja keskkonnamõju.
3. Mõju energiajulgeolekule.

Majanduslike mõjude hindamise arvuline alus on biogaasi/biometaani tootmise panus sisemajanduse kogutoodangusse ning loodavate otsete ja kaudsete töökohtade arv (vt tabel 63). Mõlemad näitajad on mahulises seoses stsenaariumite biogaasi/biometaani tootmismahutudega.

Tabel 63. Stsenaariumite panus sisemajanduse kogutoodangusse ja tööhõivesse

Stsenaariumi nimetus	Mõju perioodi keskmise aasta SKT-le (mln eurot)	Panuse suhe 2023. aasta SKT-sse	Perioodi keskmine töötajate arv biogaasi-jaamades	Aasta-töökohtade arv perioodi üleselt
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	60,5	0,16%	22	648
B: Transpordisektor	154,7	0,41%	79	2384
C: Elektritootmine	264,3	0,70%	102	3061
D: Tööstus	183,6	0,49%	85	2553
E: Kodud ja ärid	159,0	0,42%	76	2283
F: Soojamajandus	209,4	0,56%	95	2854
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstussümbioosis	129,7	0,34%	82	2470

Ka stsenaariumite kliimamõju keskne arvuline näitaja – biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimisega saavutatud KHG heite vähenemine võrdluses sisendressursis sisalduva metaangaasi otse atmosfääri hajumisega – on tugevalt korrelatsioonis biogaasi/biometaani tootmismahitudega stsenaariumites, kuid lisaks sõltub see ka stsenaariumispetsiifiliste biogaasi tootmisjaamade koosseisust ning tarbimissektori eripäradest. Tootmise ja tarbimise tippaastal varieerub see stsenaariumite võrdluses 828 000 (stsenaarium A) ja 2 547 000 CO₂ ekvivalenttonni vahel (stsenaarium C). Tarbitud energiaühiku kohta vähendatakse metaani KHG heidet kõige enam stsenaariumi G korral – 2143 CO₂ ekvivalenttonni GWh kohta.

Tabel 64. Stsenaariumite panus KHG heite vähendamisesse biogaasi ja biometaani maksimaalse tootmise aastal, KHG heite arvestuslik maht CO₂ ekvivalenttonnides

Stsenaariumi nimetus	Tarbimismaht maksimaalse tarbimise aastal, GWh/a	Metaani KHG heite vähendamine aastas, CO ₂ ekvivalenttonnides	KHG heite vähendamine tarbitud GWh kohta
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	519	927 075	1787
B: Transpordisektor	829	1 602 434	1933
C: Elektritootmine	1999	2 546 883	1274
D: Tööstus	1421	1 910 825	1345
E: Kodud ja ärid	1111	1 910 825	1720
F: Soojamajandus	1499	1 847 095	1232
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstussümbioosis	759	1 625 880	2143

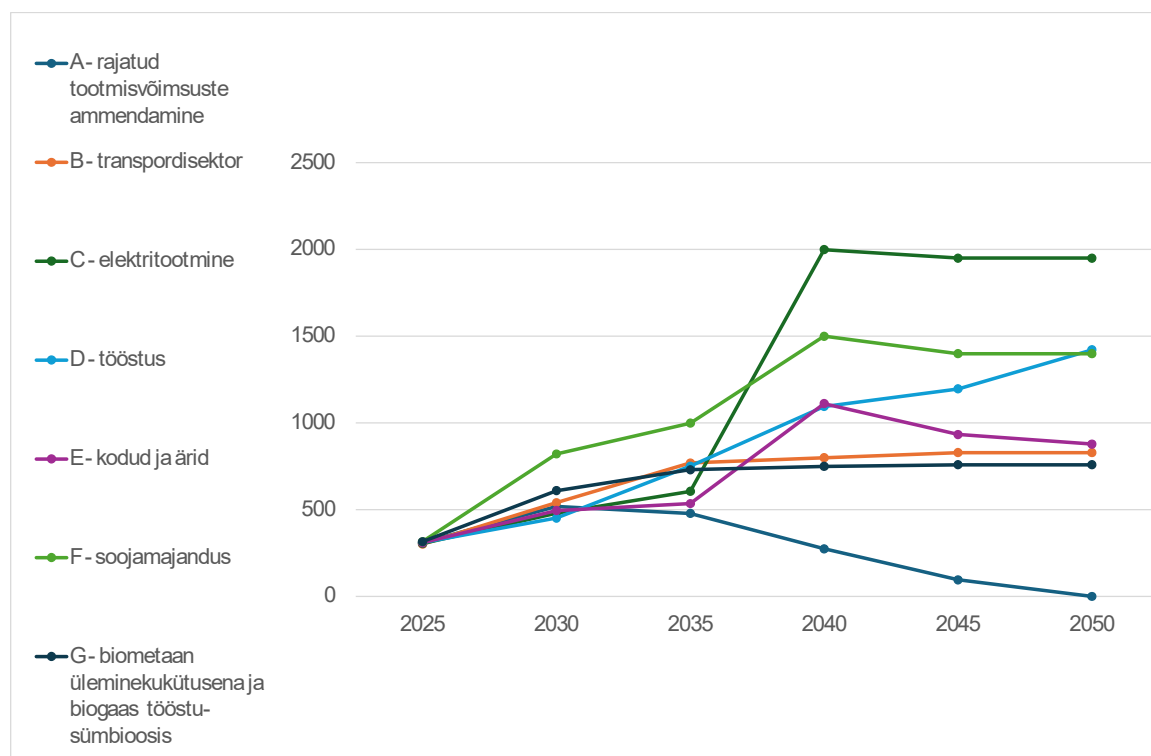
Alljärgnev tabel 65 võtab kokku stsenaariumite teostatavuse ja mõjude skalaarse (4-pallise) hindamise tulemused. Roheline värv iseloomustab head teostatavust ja olulisi positiivseid mõjusid, punane olulisi takistusi teostatavuses ja negatiivseid mõjusid (vt ka ptk 2.2 uuringu meetodilise disaini kohta).

Tabel 65. Stsenaariumite teostatavuse ja mõjude koondhinnangud

Stsenaarium	Teostatavus					Mõjud					Kokku	Teostatavus kokku	Mõjud kokku
	Ressursi piisavus	Nõudluse olemasolu	Tehnoloogiline valmisolek	Poliitiline	Äriline	Majandus	Regionaalne areng	Kliima	Keskkond	Julgeolek			
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	4,0	3,3	3,3	3,4	2,6	2,3	2,0	3,0	2,7	2,3	2,9	3,3	2,5
B: Transpordi üleminekukütlus	3,0	2,3	2,8	2,4	2,4	3,0	2,0	4,0	2,7	2,7	2,7	2,6	2,9
C: Juhitava elektriijaama kütlus	1,0	1,7	3,3	2,0	1,7	3,0	2,0	4,0	2,0	3,0	2,4	1,9	2,8
D: Tööstus	2,0	1,7	3,3	2,2	2,1	3,0	3,0	4,0	2,0	3,3	2,7	2,3	3,1
D2: Keemiatööstuse tooraine	2,0	1,0	2,3	1,2	1,3	3,0	3,0	4,0	2,0	3,0	2,3	1,5	3,0
E1: Kodud ja ärid	2,0	2,3	3,3	1,8	2,1	3,3	3,0	4,0	2,7	2,7	2,7	2,3	3,1
E2: Soojamajandus	1,0	1,7	2,8	1,8	2,1	3,3	3,0	4,0	2,0	3,3	2,5	1,9	3,1
B-D: Transpordi üleminekukütlus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	3,0	2,3	3,3	2,2	3,0	3,0	4,0	4,0	2,7	3,7	3,1	2,8	3,5

5.2. Biogaasi tootmiseks vajaliku ressursi piisavus stsenaariumi realiseerimiseks

Analüüsitavate stsenaariumite tarbimismahu eeldused varieeruvad maksimaalse aastase biogaasi/biometaani mahtude alusel energiaühikutes 0,5 TWh ja 2,2 TWh vahel.



Joonis 18. Tarbitava biogaasi/biometaani energeetiline väärtus stsenaariumite lõikes, 2025–2050

Minimaalse tootmise ja tarbimise mahuga stsenaariumi lävendi määrab Eestis juba rajatud, ehitatavate ja toetuste abil kavandatavate biogaasijaamade ligikaudne aastane tootmismahut – u 0,5 TWh, mis kavandatu elluviimisel saavutatakse hiljemalt aastaks 2027.

Biogaasi tootmiseks keskkonkantselisi eesmäärke täita aitava ning majanduslikult ja tehnoloogiliselt sobiva ressursi olemasolu ja prognoositav muutus kujundavad kaks täiendavat loomulikke lävendid stsenaariumite teostatavusele sisemaise ressursi baasil.

- 1) Biogaasi tootmiseks sobivate kontsentreeritud biojätmete ning bioloogiliste (tootmis)jääkide ja kõrvalsaaduste metaangaasi sisaldus, kus peamised sisendressursid on: (a) loomakasvatustarvivate sõnnik; (b) loomafarmide lähedane põhk ja rohtne biomass, mis leiab kasutust põllumajanduslikes (põhitoore sõnnik) biogaasijaamades; (c) bio- ja toidujätmed; (d) reoveesetted.

- 2) Hajutatud rohtse biomassi ning põhu metaangaasi sisaldus kõlvikutel, kus biomassi kasutus biogaasi tootmiseks on looduskaitsele ja majanduslikult põhjendatud. Eraldi energiakultuuride kasvatamist biogaasi ja biometaanitootmiseks ei eeldata.

Valdav osa biogaasi tootmiseks sobivatest kontsentreeritud biojätmetest ja -jääkidest tekib põllumajandussektoris. Kokku on põllumajanduslike biogaasijaamade potentsiaalseks toodanguks, kus looma- ja linnusõnniku kõrval kasutatakse ka u 8% rohtset biomassi, hinnatud u 0,6 TWh/a. Arvestades, et Põllumajandusuuringute Keskuse põllumajanduse prognoosimudel ei nähta ette loomade arvu olulist muutust aastani 2050 (vt tabel 66), ei ole ette näha ka valdavalt sõnnikus sisalduva biogaasi tootmise ressursipotentsiaali olulist muutust kogu stsenaariumite prognoosiperioodi jooksul. Selle mudeli parameetreid kasutatakse ka riikliku KHG aruandlusega kaasnevates prognoosides.

Tabel 66. Loomade arvu prognoos 2025–2050 (Põllumajandusuuringute Keskuse põllumajanduse prognoosimudel, 2022)

	Väärtused (1000 looma)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Piimakari	84,3	84,2	87,9	88,8	88,8	88,8	88,8
Muu kui piimakari	169	172,7	189,7	194,4	194,4	194,4	194,4
Lambad	75,3	96,8	113,6	116,3	116,3	116,3	116,3
Sead	316,8	299,4	304,3	303,9	303,9	303,9	303,9
Kodulinnud	2148,9	2164,1	2141,7	2131,7	2131,7	2131,7	2131,7

Sarnaselt loomade arvu ja biogaasi/biometaanitootmiseks vajaliku sõnniku kogusega peaks kuni 2050. aastani enam-vähem samaks jääma ka biogaasi/biometaanitootmiseks vajaliku rohtse biomassi ja põhu kogus. Põhu ning hooldatavatelt püsirohumaadelt ja niidetavatelt poollooduslikelt kooslustelt pärit rohtse biomassi puhul on arvestatud tabelis 1 toodud aastaste kogustega. Maisi kui biogaasi võimaliku toormega selles töös arvestatud ei ole. Rohtse biomassi, põhu ja energiakultuuride potentsiaalsest aastasest ressursist maakondade lõikes annab ülevaate tabel 67.

Tabel 67. Taimse biomassi arvutuslik kogus ja biometaanitoodang (Allikas: autorite arvutused ESA andmetel; biogaasijaamade teadolevad andmed)

Maakond	Põhk		Rohtne biomass		Põhk ja rohtne biomass kokku	
	Kogus, t	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	Potentsiaal kokku biogaasi energeetilises väärtuses MWh/a	Biogaasijaamades kasutatava biomassi energeetiline väärtus, MWh/a
Harju maakond	23 108	17 701	88 813	63 643	81 345	70 770
Hiiu maakond	1660	1272	2616	1875	3146	0
Ida-Viru maakond	14 841	11 369	43 859	31 429	42 798	37 234
Jõgeva maakond	54 475	41 729	47 940	34 354	76 083	66 192

Maakond	Põhk		Rohtne biomass		Põhk ja rohtne biomass kokku	
	Kogus, t	MWh/a	Kogus, t	MWh/a	Potentsiaal kokku biogaasi energeetilises väärtuses MWh/a	Biogaasijaamades kasutatava biomassi energeetiline väärtus, MWh/a
Järva maakond	42 961	32 909	25 948	18 594	51 503	44 808
Lääne maakond	13 015	9969	46 308	33 185	43 154	37 544
Lääne-Viru maakond	63 912	48 958	27 624	19 796	68 753	59 815
Põlva maakond	28 247	21 638	23 795	17 052	38 690	33 660
Pärnu maakond	30 773	23 573	149 701	107 276	130 849	113 838
Rapla maakond	28 830	22 084	59 422	42 582	64 666	56 259
Saare maakond	11 011	8435	31 519	22 587	31 022	26 989
Tartu maakond	68 152	52 206	110 053	78 864	131 070	114 031
Valga maakond	13 261	10 158	53 601	38 410	48 568	42 254
Viljandi maakond	56 103	42 976	66 547	47 687	90 663	78 877
Võru maakond	20 087	15 387	75 391	54 026	69 413	60 389
Kokku	470 436	360 364	853 112	611 358	971 723	842 662

Osa rohtsest biomassist ja põhust kasutavad ära peamiselt sõnnikul töötavad biogaasi/biometaanijaamad. Ülejäänud rohtset biomassi ja põhku saab biogaasi/biometaani tootmiseks ära kasutada rohtse biomassi jaamades (juhul kui vastav tehnoloogia välja töötatakse ja kättesaadavaks muutub). Kuna osa rohtsest biomassist asub olemasolevatest ja potentsiaalsetest biogaasi/biometaanijaamadest liiga kaugel, jääb see kasutamata, sest selle transpordi hind muudaks toodangu hinna liiga kalliks. Rohtse biomassi ja põhku kasutamisest jaamatüüpide kaupa annab ülevaate tabel 68. Tabelist on näha, et põllumajanduslikes biogaasi/biometaanijaamades kasutatakse aastas u 228 000 tonni rohtset biomassi ja põhku, toodetud biometaani energeetiline väärtus on 164 000 MWh/a. Rohtse biomassi jaamades saaks kasutada u 941 000 tonni rohtset biomassi ja põhku, neis jaamades toodetud biometaani potentsiaalne energeetiline väärtus on u 675 000 MWh/a.

Tabel 68. Rohtse biomassi ja põhku kasutamine jaamatüüpide kaupa

	Kogus, t/a	Rohtsest biomassist ja põhust toodetud biometaani kogus, m ³ /a	Rohtsest biomassist ja põhust toodetud biometaani energiasisaldus, MWh/a
Põllumajanduslikes jaamades kasutatav rohtne biomass ja põhk	228 248	17 483 797	163 648
Rohtse biomassi jaamades kasutatav rohtne biomass ja põhk	941 625	72 128 475	675 123
Kokku	1 169 873	89 612 272	838 771

Reoveesetetest biogaasi tootmise potentsiaaliks on töö raames hinnatud 0,42 TWh/a. Seejuures on arvestatud, et lisaks hetkeseisu toodangule (0,32 TWh/a) nelja suurema reoveepuhasti juures võetakse biogaasi tootmiseks kasutusele ka n-õ keskmiste linnade ja linnapiirkondade reoveepuhastid 0,1 TWh/a mahus. Olulist reoveepuhastitesse suunatava reovee mahu ja sellega kaasnevat biogaasi tootmise ressursimahu muutust ei ole stabiilse või vähesel määral väheneva rahvaarvu ning ressursitõhusust optimeeriva tootmis- ja äritegevuse kontekstis põhjust eeldada.

Toidujäätmete ja elanikelt kogutud biojäätmete potentsiaaliks biogaasi tootmisel on hinnatud u 0,15 TWh/a. See potentsiaal on tulevikuvaates kahesuunaliste mõjutegurite kujundada. Ühelt poolt seatakse riiklikus jäätmekavas eesmärgiks vähendada biolagunevate jäätmete, sh toidujäätmete teket. Teiselt poolt on biolagunevate jäätmete ringlusesse võtmise sihtväärtuseks seatud 70% (võrrelduna 2020. aasta 21%-ga). Biogaasi tootmiseks sobiva ressursibaasi hindamisel on eeldatud, et lisaks ühele Tallinna lähedal tegutsevale biogaasijaamale rajatakse veel kuni seitse suuremat biojäätmete biogaasijaama (sh toiduainetööstuste juurde) ning kuni kaheksa väiksemat piirkondlikku jaama. Vastavalt biolagunevate jäätmete regionaalsele jaotusele omavad parimat potentsiaali Harjumaa (59% Eesti biolagunevatest jäätmetest 2021. aastal) kõrval veel Tartumaa (11%), Virumaa (5%+5%) ja Pärnumaa (5%). Teistes maakondades jääb biolagunevate jäätmete aastane koguteke alla 5000 tonni ehk 3% riigi kogumahtudest.

Seega eeldame biogaasi tootmiseks sobiva **kontsentreeritud jäätmete ja jääkide põhise ressursi mahu stabiilsust 0,8 TWh/a tasemel**, mis kujundab esimese loomuliku ressursipõhise lävendi stsenaariumite teostatavusele.

Hajutatud rohtse biomassi ning energiakultuuride (nt päideroo) biogaasi tootmise potentsiaali on erinevates uuringutes hinnatud suures vahemikus – kuni 3 TWh/a (Oja, 2013; Vohu, 2015), valdavalt kasutamata rohumaade kasutusele võtmise teel. Siinses töös on rohtse biomassi ja põhu ressursi potentsiaaliks hinnatud 0,7 TWh/a ehk koos kontsentreeritud ressursiga on **teiseks ressursipõhiseks lävendiks 1,5 TWh/a**. Hinnang on varasemate käsitlustega võrdluses konservatiivne, kuid arvestades uusi looduskaitselisi piiranguid, tehnoloogiliste lahenduste hetkeseisu ning biogaasi tootmiskulude märkimisväärselt kõrgemat hinda, samas ka optimistlik. Eeldatakse 15 tsentraalse (kaugemad toorme veovahemaad, keskmiselt töödeldakse jaamas biogaasiks 50 000 tonni biomassi aastas) ja 7 piirkondliku (27 000 tonni aastas) rohtse biomass biogaasijaama rajamist Eestis.

Eeldus on optimistlik, kuna seni puudub Eestis üksnes rohtsel biomassil põhinevate biogaasijaamade töötamise positiivne majanduslik kogemus. Biogaasi tootjad on katsetanud energiakultuuridest maapirniga, mille tootlikkus gaasi mõttes on hea, kuid probleemiks on toorme kõrge hind. Ka käesoleva töö raames tehtud arvutuste kohaselt on rohtse biomassi biogaasijaamade biogaasi ühikuhind u 70–80 eurot MWh kohta ehk u 100% kõrgem võrrelduna sõnnikupõhiste biogaasijaamadega (126–150 eurot MWh, biometaanil 159–188 eurot MWh).

Turuosaliste arusaamad rohtse biomassi põhise biogaasi tootmise perspektiivikuse osas lahknevad. Optimistlikus vaates, „mida aasta edasi, seda majanduslikult mõttekamaks (tasuvamaks) muutub ka rohtsest biomassist toodetud biometaan“ – seda eelkõige HKS2 rakendumisel aastal 2027 ning üldisemalt ETS/HKS ühikuhindade kasvu tulemusel (vt allpool). Biogaasi tootmise ja turustamisega tegeleva ettevõtja vaade on pessimistlikum – „oleme aru saanud, et lihtsalt rohu peale pole mõtet jaama ehitada. Jäätmaalt saadud silo kõlbab biogaasi tootmiseks, aga silo tegemine on ise suur ettevõtmine. Peamine toore on ikkagi veise- ja sealäga“. ENMAK 2035 eelnõu lisades (2023) nähakse probleemina põllumeeste vähest motiveeritust:

„Lisaks ei ole põllumehed eriti huvitatud rohtse biomassi varumisest biogaasi tootmiseks, kuna see ei ole neile majanduslikult tasuv. Paljuski langeb see perioodi, mil põllumeestel on olulisemad tööd, mis nõuavad nende tähelepanu ja ressursse. Toidu hindade tõus on samuti suurendanud taimekasvatuse kasumlikkust, mistõttu on põllumehed eelistanud toidu tootmist biogaasi tootmisele“.

Laiemas vaates sõltub biogaasi tootmiseks sobiva ressursibaasi mahu hinnang sellest, millised keskkonnapoliitilised eesmärgid on biogaasi ja biometaani tootmisele/tarbimisele seatud. RePowerEU biometaani eesmärkide saavutamise juures rõhutatakse, et kestliku biometaani tootmine peab olema jäätmepõhine ning vältida tuleb negatiivset mõju maakasutusele (vt täpsemalt allpool – poliitiline teostatavus ja mõju looduskeskkonnale). Seega tuleb **kestliku arengu eesmärkide kontekstis Eesti siseriikliku biogaasi tootmise ressursipõhise potentsiaali puhul käsitleda primaarse lävendina 0,8 TWh/a tootmismahu**. Hajutatud rohtse biomassi ja energiakultuuride biomassi kasutus biogaasi tootmisel võib olla majanduslikult ja keskkonnapoliitiliselt põhjendatud, kuid võib ka mitte olla. Seega **on 1,5 TWh/a tootmismahu puhul tegemist tingimusliku ressursipõhise potentsiaali lävendiga**, mille rakendamine sõltub erinevatest poliitilistest, tehnoloogilistest ja ökoloogilistest teguritest ning Eesti oludele sobiva(te) lahendus(te) välja töötamisest. Ilma kestliku arengu eesmärkideta ja eesmärkide täitmist toetavate meetmeteta biogaasil majanduslik konkurentsivõime kütuste turul aga lähimatel aastakümnetel puuduks.

Sisemaisel ressursil põhinev biogaasi ja biometaani tootmismahud piirab stsenaariumite teostatavust üksnes osaliselt (esmajoonel keskkonnapoliitilise otstarbekuse mõttes). Sellest suuremat tarbimismahu eeldavad stsenaariumid on võimalik ellu viia sünteetilise metaani ja/või imporditava biometaani arvelt. Biometaaniga kauplemise võimaluse loob Union Database, kus juba toimub vedelate biokütustega kauplemine ja kus eeldatavalt 2024. aasta novembrist on loodud tingimused ka gaasiliste biokütustega kauplemiseks.

Suure tarbimismahuga stsenaariumite vajaduse rahuldamisele imporditava biometaaniga seab piiranguid biometaani vähene osakaal EL-i turul võrdluses maagaasi hetkeseisu, st maagaasi tipptarbimisest juba oluliselt madalamal tasemel, tarbimisega. Biometaani tootmismahud EL-is oli 2022. aastal 4,2 mld kuupmeetrit¹³⁷ ehk u 1,5% maagaasiturust (2023. aastal 325 mld kuupmeetrit). RePowerEU eesmärgiks on biometaani tootmise 10-kordistamine (35 mld kuupmeetrit) aastaks 2030. Aastaks 2050 hinnatakse EL-i biometaani tootmispotentsiaali 60–80 mld kuupmeetrit aastas ehk võrrelduna hetkeseisuga ligi 20 korda enam. Siiski moodustab see maagaasi tarbimise tippmahust aastal 2010 (420 mld kuupmeetrit) maksimaalselt 20%. Seega võib eeldada biometaani nõudluse kasvu keskkonnapoliitiliste poolt tugevalt reguleeritud rahvusvahelisel turul. Selline areng toetab aga pigem Eestis toodetud biometaani eksporti kui et loob eeldusi siseriikliku tarbimise katmiseks impordi arvelt.

¹³⁷ Biometaani ja biogaasi mahud kokku oli 2022. aastal 21 mld kuupmeetrit. https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2023/12/PR_EBA-Statistical-Report-2023.pdf.

Tabel 69. Ressursi piisavus stsenaariumi tootmise ja tarbimise maksimumtaseme realiseerimiseks (Hindamiskaala: 4 – teostatav olemasolevate tingimuste juures; 3 – vähesed ületatavad takistused ja riskid; 2 – teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – olulised takistused teostamisel, kõrged riskid)

Stsenaarium	Teostatavuse määr	Selgitus
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	4	Teostatav loodud ja toetuste abil kavandatud biogaasi tootmisvõimsuste alusel
B: Transpordi üleminekukütkus	3	Teostatav kontsentreeritud ressursi baasil
C: Juhitava elektrijaama kütkus	1	Nõuab olulises mahus importi ja/või maagaasi kooskasutust
D: Tööstus	2	Teostatav hajutatud bioressurssi kaasates või maagaasi kooskasutusega
D2: Keemiatööstuse tooraine	2	Piisav väiksemat tüüpi keemiatööstuse jaoks
E: Kodud ja ärid	2	Teostatav hajutatud bioressurssi kaasates või maagaasi kooskasutusega
F: Soojamajandus	1	Teostatav hajutatud bioressurssi kaasates ja/või maagaasi kooskasutusega
G: Transpordi üleminekukütkus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	3	Teostatav kontsentreeritud ressursi baasil, mida toetavad vähesel määral hajutatud bioressurssi jaamad

Kahtlemata on valdkondlikke tarbimisstsenaariume võimalik ellu viia ka väiksemates tarbimisvahetudes, kui analüüsitavales stsenaariumites on varasematele prognoosidele ja poliitikaeesmärkidele tuginedes eeldatud. Siiski tähendaks madalamal tasemel tarbimine tarbimise olulist vähenemist võrrelduna hetkeseisuga ja sellega kaasnevaid probleeme tarbimist toetava taristu tõhususes.

5.3. Tarbimishõudluse olemasolu

Stsenaariumite teostatavuse oluline kriteerium on erinevate majandussektorite ja tarbijagruppide valmisolek tarbida toodetud (st stsenaariumites eeldatud siseriikliku tootmise ja impordi) mahus biogaasi ja/või biometaani. Juhul kui siseriiklik nõudlus biogaasile ja/või biometaanile puudub, on lisavõimalus ka biometaani eksport – seda tehniliste, majanduslike ja regulatiivsete eelduste olemasolul.

Keskne nõudlust määrav tegur on biogaasi/biometaani hinna konkurentsivõime võrdluses teiste kütustega (vt allpool). See omakorda on seotud (keskkonna)poliitiliste eesmärkide ja meetmetega ning osalt ka ühiskonna (sh lõpptarbijate) tehnilise valmisolekuga biogaasi või biometaani tarbida (vt samuti allpool). Stsenaariumite teostatavust võib mõjutada nii nõudluse olemasolu kitsalt biogaasile ja/või biometaanile, või ka metaanikütustele (st maagaas ja biometaan koos) laiemalt. Vähesel määral mõjutab nõudlust ka ühiskondliku energiatarbe muutus üldiselt või konkreetses tarbimissektoris (nt seoses energiatõhususe kasvuga elumajanduses või energiamahukate tööstusettevõtete lisandumisega Eestisse).

Eesti sisemaine energiatarbimine on viimasel kümnendil (2013–2022) langenud oluliselt (68 TWh-lt aastas 54 TWh-le aastas), kui tegelik lõpptarbimine on püsinud sel perioodil suhteliselt samal tasemel – 33 TWh/a perioodi alguses ja 32 TWh/a perioodi lõpus.

Gaasiliste kütuste (maagaas, vedelgaas, biogaas) osakaal sisemaises energiatarbimises on 2022. aasta seisuga u 7,2% (3,9 TWh/a) ja lõpptarbimises 7,8% (2,5 TWh/a). Nii üldise kui ka lõpptarbimise mahud on gaasilistel kütustel võrdluses 2013. aastaga vähenenud – vastavalt 51% ja 80% tasemele võrdluses 2013. aastaga. Gaasiliste kütuste tähtsuse üldise vähenemise kontekstis on positiivse trendiga biogaasi sisemaine (2013: 0,08 TWh; 2022: 0,19 TWh) ja lõpptarbimine (2013: 0,02 TWh/a; 2022: 0,17 TWh/a). 2023. aastal kasvas biogaasi/biometaani tarbimine 0,21 TWh-le. Siiski on biogaasi/biometaani osakaal ühiskonna üldises energiatarbimises ja isegi gaasiliste kütuste tarbimisel jätkuvalt väike või isegi marginaalne (kõikjal v.a transpordis).

Stsenaariumite elluviimisel biogaasi/biometaani osakaal energiatarbes küll suureneb, kuid jääb ka maksimaalsel sisemaise ressursipotentsiaali lävendil (1,4 TWh/a) 2,6%-le hetketaseme tarbimisest, lõpptarbimise mahtu suhtestatuna 4,4%-le. Kodumaisel ressursil põhineva biogaasi/biometaani võime asendada maagaasi 2022. aasta tarbimise mahte on samuti üsna piiratud – 0,5 TWh/a lävendi puhul oleks see 13%, 0,8 TWh/a puhul 21% ja 1,4 TWh/a puhul 36%.

Seega saab senise maagaasi kasutuse asendus sisemaise ressursi baasil toodetud biometaani arvelt olla üksnes osaline. Et gaasiliste kütuste tarbimine eeldab teatud mastaapi nii gaasivõrgu, tanklate võrgu kui ka lõpptarbija veokite ja seadmete müügi ja hoolduse tõhususe tagamiseks, siis on põhimõttelisi lahendusi kolm: a) sisemaisest ressursist toodetud biogaas/biometaan suunatakse üksiku(te)sse tarbimisectori(te)sse kontsentreerituna; b) nõudlust rahuldatakse imporditava biometaaniga; c) nõudlust rahuldatakse koos maagaasiga. Seejuures on viimase lahenduse puhul keskpikas ja eriti pikemaajalises vaates ette näha olulisi keskkonnapoliitilisi piiranguid, mis lahenduse elluviimise teostatavust halvendavad (vt allpool keskkonnapoliitilise teostatavuse kohta).

Stsenaariumite analüüsi prognoosiperioodi kohta (kuni aastani 2050) on koostatud mitmeid üldise energiatarbimise, gaasiliste kütuste tarbimise ning ka maagaasi ja biogaasi/biometaani tarbimise prognoose ja stsenaariume. Ühiskonna üldist energiatarbimise mahtu kujundavad olulisel määral ka asjakohased poliitilised eesmärgid, mille alusel peab nii primaarenergia tarbimine kui ka energia lõpptarbimine tulevikus vähenema.

Stsenaariumite teostatavuse hindamisel on mõistlik keskenduda kitsamalt erinevate energiakandjate (nt gaas vs elekter) ning fossiilsete ja mittefossiilsete kütuste prognoositrendidele ning mõtestada eeldusi, mis on tarbimisprognooside või -projektsioonide aluseks.

Gaasiliste kütuste tarbimise riiklikku tulevikuvaadet pakuvad ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) eeldustena sisalduvad gaasitarbimise ja elektritarbimise prognoosid ning KHG riikliku inventuuriga seotud tulevikuprognoosides¹³⁸ kasutatud parameetrite tulevikuväärtused. Mõlemal juhul eeldatakse gaasiliste kütuste tarbimise vähenemist ja elektrienergia tarbimise kasvu. KHG riiklikus aruandluses eeldatakse gaasi lõpptarbimise kerget vähenemist baasaasta (2020) 2,7 TWh-lt 2,4 TWh-ni 2050. aastal. ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) viidatakse Eesti gaasiülekandevõrgu

¹³⁸ <https://kliimaministerium.ee/rohereform-kliima/kliimapoliitika/kasvuhoonegaaside-heitkogused#aruanded>.

arengukavale 2024–2033. Selles kirjutatakse, et põhivõrgu haldaja Eleringi praegune parim gaasitarbimise prognoos põhineb 2021. aastal Civitta läbi viidud gaasitarbimise uuringul¹³⁹, mille alusel langeb gaasitarbimine Eestis 2050. aastaks alla 1 TWh/a. Samas rõhutatakse nii ENMAK 2035 eelnõus kui ka gaasiülekandevõrgu arengukavas, et prognoos on uuendamisel. Gaasivõrgu dekarboniseerimise eesmärgid kliimakindla majanduse seaduseelnõus (02.12.2024) ja ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) osundavad suundumusele, et gaasilised kütused tervikuna sobituvad järjest vähem Eesti energiaturule, ning et biogaas/biometaan peavad pikas vaates tarbijaturul n-ö iseseisvana (maagaasi poolt oluliselt mittetoetatuna) oma niši leidma.

Gaasi tarbimise tulevikuperspektiivile on lähiajal keskendunud kaks analüüsi. Eleringi tellimisel 2021. aastal valminud Civitta uuringu baasstsenaarium (mis aastatel 2020–2024 juba toimunud arengute kontekstis on optimistlik stsenaarium) prognoosib gaasitarbimise langustrendi jätku ja gaasitarbimise taset perioodi lõpus 2050. aastal 1,4 TWh mahus. Järsumat langust nähakse ette vahemikus 2030–2035. Seejuures prognoositakse fossiilse maagaasi tarbimise marginaliseerumist (2050: 0,35 TWh – põhiliselt tööstuses) ning biogaasi/biometaani tarbimise kasvu tipp-perioodil (2040–2045) 1,25 TWh-ni aastas, mis aga 2050. aastaks väheneb 1,08 TWh-ni. Peamine biogaasi tarbimissektor on perioodi alguses transport ja perioodi lõpul tööstus (vt allpool). Uuringu ootused ja eeldused biogaasi osas on küllalt optimistlikud. Juhul kui eeldatakse vajaduse rahuldamist siseriikliku ressursis baasil, siis ületab juba 2035. aastaks prognoositud biogaasi tarbimine jääkide- ja jäätmetepõhise ressursi potentsiaali ning kasutusele tuleks võtta märkimisväärselt kõrgema tootmishinnaga rohtse biomassi biogaasijaamad. Gaasitarbimise (sh maagaasi tarbimise) mahtude olulise kahanemisega kaasneb gaasisektori mastaabitõhususe vähenemine – kõige otsesemalt gaasivõrgu tasude tõus või siis kulude kasv seoses võrgu asendamisega biometaani vedudega tootjalt vahe- ja/või lõpptarbijani. Selle peamine alternatiiv on uuringu autorite vaates biogaasi energial põhinev võrgu- ja transpordivaba (või siis ka lokaalseid mikrovõrke kasutav) kohalik ringmajanduslik tööstussümbioos.

Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringust¹⁴⁰ pakuvad siinsete stsenaariumite hindamisel suurimat huvi taastuvmetaani stsenaarium ja kulusid minimeeriv stsenaarium. Mõlema stsenaariumi eeldused tagavad gaasivõrgu süsinikuneutraalsuse, kuid erinevus on toodetud/transporditud energia ühikukulude tasemes ühiskonnale. Taastuvmetaani stsenaariumis prognoositakse 2030. aasta gaasitarbimise mahuks (optimistlikult, hetketarbimist ületavat) 3,9 TWh ja seejärel selle kahanemist 2,78 TWh-ni 2050. aastaks. Prognoosiperioodi jooksul toimub maagaasi asendumine valdavalt gaasivõrgus transporditava biometaaniga. Juba 2030. aastaks eeldatakse biogaasi tarbimismahtude kasvu 1,2 TWh-ni. Kuivõrd 2040. aasta biogaasi/biometaani tarbimismahuna nähakse 1,9 TWh ja 2050. aasta tarbimismahuna 2,6 TWh, siis nõuab stsenaariumi teostumine biometaani importi. Kulusid minimeerivas stsenaariumis opereerib Eesti gaasivõrk peaaegu täielikult võrku suunatud biometaanil, mis püsib perioodil 2030–2050 stabiilselt 2,25 TWh tasemel. Lisaks on turul 0,25 TWh/a mahus võrguvaba biogaasi ja biometaani ning vähesel, kuid kasvaval määral vesinikku. Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringu tulemused (või täpsemalt, selles visioneeritud süsinikuneutraalsed arenguteed) kujundavad biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimise stsenaariumite teostatavust sarnaselt eelnevalt käsitletud prognoosidele –

¹³⁹ https://elering.ee/sites/default/files/2021-10/Eesti%20gaasitarbimise%20uuring_0.pdf.

¹⁴⁰ <https://energiatalgud.ee/node/8941>.

gaasisektori üldine mastaap väheneb ja koos sellega ka gaasiliste kütuste konkurentsivõime sektoraalsetel (soojamajandus, transport, elektritootmine, tööstus) turgudel. Süsinikuneutraalsete stsenaariumite eeldused biogaasi/biometaani tarbimise mahtudel ületavad olulisel määral siseriikliku ressursi potentsiaali ja nõuavad seega biometaani importi.

Siinse uuringu raames läbi viidud konsultatsioonidel osundasid võrguoperaatori esindajad gaasitarbimise tulevikku prognoosides varasemalt tellitud Civitta uuringule¹⁴¹: „Kliimaeesmärkide valguses hakkavad energiakandjad konkureerima. Kõik, kes saavad üle minna elektrile, need elektrile ka üle lähevad. Uuring näitab, et gaasitarbimine on pikaajaliselt langustrendis.“ Sellist, küllalt pessimistliku vaadet ei jaga erialaliit, kelle väitel „Elering sai aru, et see uuring ei päde, vana uuringut ei ole mõtet arvesse võtta. Civitta teeb uut uuringut, mis saab sel aastal valmis.“ Optimismi aluseks on nii gaasipakkumise suurenemine maailmaturul ja sellega seotud hinnalangus, gaasivalmidusega tööstusparkide rajamine Ida-Virumaale, ootus EL-i tööstuspoliitikale, mis maagaasi välja tõrjumise asemel võib keskenduda süsiniku kinni püüdmise tehnoloogiate edendamisele tööstuses, samuti välja kuulutatud elektri sagedusvõimsuste ning kavandatavad juhitava elektrivõimsuse hanked, mis võivad hakata kasutama (maa)gaasi. Tegelikult pakub ka kliimakindla majanduse SE võimalust KHG mahukate kütuste kasutamise jätkamiseks nimelt tööstuses ja isegi tarbimismahtude suurendamist.

Sektoriaalsetes dekarboniseerimise analüüsid (elektritootmine, soojusmajandus, transport) nähakse biogaasil/biometaanil olulist rolli üksnes Rohetiigri transpordi teekaardi analüüsis (vt allpool stsenaariumite juures).

Edasi analüüsime tarbimisnõudluse olemasolu siinse uuringu raames koostatud stsenaariumite kaupa. **Rajatud biogaasi tootmisvõimsuste kasutamise (A) ja transpordi üleminekukütuse stsenaariumites (B)** eeldatakse põhilist biogaasi nõudlust (biometaani kujul) tekkivat transpordisektoris – erinev on üksnes stsenaariumite tarbimismaht (max 0,5 või 0,8 TWh/a) ja selle muutuse trajektoor. Seetõttu vaatleme nõudlusest tulenevaid teostatavuse tegureid nende stsenaariumite osas ühiselt.

Transpordisektoris tarbiti 2022 aastal ligi 10 TWh energiat ning tarbimismaht on perioodil 2013–2020 kasvanud 1,4 TWh/a võrra. Sisuliselt kogu energia tarbitakse kütustena. Elektrienergiat tarbiti transpordisektoris 2022. aastal vaid 0,03 TWh mahus. Kütustes omakorda domineerivad diislikütus (6,6 TWh/a) ja bensiin (2,5 TWh/a). Gaasiliste kütuste osakaal jääb u 5% (0,5 TWh/a) juurde ja see on kümnendi jooksul vähesel määral kasvanud. Gaasilistest kütustest poole moodustab maagaas (0,25 TWh/a), biometaani tarbimismaht sektoris oli 2022. aastal 0,15 TWh. Eleringi transpordistatistika süsteemi andmete alusel oli 2022. aastal toodetud ja transpordisektoris kasutatud biometaani energiakogus 0,17 TWh ja 2023. aastal 0,21 TWh. Varasemalt ka muudes sektorites tarbitud biogaas/biometaan on poliitikameetmete toel nihkunud pea täielikult transpordisektoris ning veelgi täpsemalt ühistransporti ja suuremate linnade bussiliinide teenindamisesse. Suurimad biometaani tarbijad on Tallinna ja Tartu linna avalikud bussiliinid. Kokku moodustab gaasiliste kütuste kasutuse osakaal ühistranspordi avalike liinide läbisõidus hetkeseisuga 14%. Diisli osakaal on 75% ja HVO osakaal 11%. Kerg- ja raskeveokid tarbivad

¹⁴¹ https://elering.ee/sites/default/files/2021-10/Eesti%20gaasitarbimise%20uuring_0.pdf.

hetkeseisuga biometaani nullilähedasel tasemel. Maanteetranspordi osakaal siseriiklikus transpordisektori energiatarbes on 97%.

Gaasiliste kütuste tarbimine siselaevanduses on seni puudunud. Tellitud on üks biometaani kasutatav alus. Suured parvlaevad kasutavad veeldatud gaasi ja Tallink on paigaldanud gaasimootorid mõnele oma laevale. Parvlaevade energiatarve on suur, kuid hetkeseisuga biometaan kasutuses ja konkurentsivõimeline ei ole.

Transpordisektori energiatarvet ja -struktuuri on eesmärgistatud transpordi ja liikuvuse arengukavas ning modelleeritud Rohetiigri transpordi teekaardi alusanalüüsis. Transpordi ja liikuvuse arengukavas 2021–2035 seatakse eesmärgiks vähendada transpordi energiakulu 2035. aastaks 8,3 TWh-ni ning tõsta taastuvenergia osakaalu 24%-ni (seda osakaalu on uute poliitikaeesmärkide ja regulatsioonidega tõstetud, vt allpool poliitiline teostatavus). Pikemaajaline suund on elektrile ja rohevesinikule üleminek.

Rohetiigri transpordi teekaardi¹⁴² positiivse baasstsenaariumi alusel, mille tulemusel suudetakse maanteetranspordi süsinikuheidet vähendada 2040. aastaks 77% ulatuses, väheneb maanteetranspordi energiatarve liikumisharjumuste muutuste (rohkem kergliiklust, ühistransporti) ja energiasäästlikumate (elektri)sõidukite arvelt 2030. aastaks 6,1 TWh ja 2040. aastaks 3,6 TWh-ni. Fossiilsete gaaside (CNG ja LPG) tarbimine kahaneb nullilähedaseks ning biometaani tarbimine kasvab 2030. aasta maksimumiks 0,6 TWh-ni (10% maanteetranspordi energiatarbest), misjärel kooskõlas juba kehtestatud ja kavandatavate regulatsioonidega (vt allpool) langeb 2040. aastaks 0,55 TWh-ni (15%). 2040. aastaks nähakse transpordisektori energiatarbimist tuginevat peamiselt neljale energia/kütuseliigile – elektrile (1,1 TWh/a), fossiildiislile (1,0 TWh/a), bensiinile (0,7 TWh/a) ja biometaanile. Ka turuosalised peavad 0,5–0,7 TWh aastast biometaani tarbimist transpordisektoris jõukohaseks, seda eeldusel, et riigil on mõistlik transpordipoliitika.

Transpordisektori sisesealt ei nähta biometaanil olulist kohta sõiduautode ja kergveokite alamsektoris. Biometaani põhilised tarbijad on bussid ja raskeveokid. Bussiveos prognoositakse hetketrendidega kooskõllaliselt 2025. aastal tarbimismahuks 0,21 TWh. 2030. aastaks prognoositakse/eeldatakse tarbimise kasvu 0,3 TWh (52% kogu bussiveo energiatarbest), pärast seda hakkab see regulatsioonide ja elektribusside konkurentsivõime kasvu tulemusel vähenema – 2040. aastaks 0,27 TWh-ni aastas. Seejuures on eeldatud, et linnaliinibussid on 2024. aastal 100% biometaanil (mis hetketarbimist arvestades on liialt optimistlik eeldus) ning alates 2034. aastast 100% elektril. Teiste sõnadega eeldatakse, et biometaan liigub maakonnaliinidesse ja ka kommertsvedudesse, kus hetkeseisuga domineerib lepingute alusel pigem diislükütus. Turuosaliste hinnangul toimub ka olemasolevate regulatsioonide kehtima jäämisel (vt allpool) linnaliinibussides üleminek elektrikütustele pigem 2030ndate lõpus. Seda soosib juba soetatud gaasibusside ressurss (aastatel 2022–2023 soetatud 350 gaasibussi ehk 2/3 bussipargist, koos toetava taristuga) Tallinnas ja tõsiasi, et vesinikukütuse kilomeetrihind oleks väga kõrge. Pigem kaalutakse biodiiselbusside soetamist.

Ka Tartu linn soovib järgmises liiniveo hankes aastal 2029 jätta biometaanile võimaluse. Valdkonna eest vastutav abilinnapea on 2024. aastal meedias väljendanud seisukohta, et linna

¹⁴² <https://rohetiiger.ee/valjaanne/rohetiigri-transpordi-teekaart-2040/>.

„tänapäevane liinivõrke leping kehtib kuni 2029. aasta juuniku lõpuni ja siis algab uus leping ja selle uue lepingu me saame sõlmida veel vajadusel biometaanil sõitvate busside osas. Ei ole vaja kindlasti minna veel üle elektri- või vesinikbussidele 2029. aastal“. Samuti leiab ta, et vesiniku- ja elektribussid oleksid linnale suur lisakulu ja praegu nad busside väljavahetamisele ei mõtle ning vesiniku- või elektribussidele ülemineku võiks toimuda umbes 2039. aastal. Eesti busse biogaasiga varustava ettevõtte Eesti Biogaas esindaja on meedias avaldanud lootust, et regulatsioonid muutuvad ning Euroopa Liit pikendab vesiniku- või elektribussidele ülemineku tähtaega.

Biometaani tarbimine raskeveokite alamsektoris hetkeseisuga puudub ning ka gaasiliste kütuste osakaal on väga tagasihoidlik. Turul tegutsenud gaasiveokid müüdi gaasihinna mitmekordsel tõusul aastatel 2021–2022 maha. Rohetiigri transpordi teekaardi positiivne baasstsenaarium prognoosib kütusekulu vähenemist aastaks 2040 ligi poole võrra – 1 TWh/a. Turul jääb domineerima fossiilne diisel (0,5 TWh/a), rohedieksli kasutus jääb u 0,1 TWh juurde. Biometaanile nähakse taastuenergia direktiivi ja energiamaksustamise direktiivi muudatuste mõjul ning HKS2 tulekuga transpordisektorisse kasutust alates 2030. aastast (0,2 TWh/a), mis 2040. aastaks kasvab 0,27 TWh/a-ni. Turuosaliste optimistlikel hinnangutel on raskeveokite potentsiaalne tarbimismaht kuni 0,5 TWh/a, mis nõuab u 1000 gaasimootoriga veoki soetamist. Täiendavat potentsiaali nähakse ka põllumajandustehnikas, kus elektrimootorite kasutust takistab muuhulgas nende ülemäärane mass. Biometaani kasutuselevõtu esmaseks eelduseks raskeveokites on diiselveokite asendamine gaasiveokitega, mille osas on mitmeid tehnilisi, regulatiivseid ja hinnapiiranguid (vt allpool).

Kokkuvõttes on nii lühiajaliste poliitikaeesmärkide täitmise stsenaarium kui ka transpordi üleminekukütuse stsenaarium üldises koostöös transpordi süsinikuheidet olulisel määral vähendava Rohetiigri transpordi teekaardi visiooni ja turuosaliste optimistlike ootustega. Biometaani tarbimise trajektoor ühistranspordis on alamsektori üldise energiatarbe (0,5–0,6 TWh/a), olemasoleva tarbimise struktuuri ning ette nähtavate regulatiivsete muudatuste ja tehnoloogiliste arengute raames suhteliselt hästi prognoositav – biometaani tarbimine võib avalike maakonnaliinide arvelt, kus jätkuvalt domineerib diislikütus, vähesel määral kasvada (kokku 0,3–0,4 TWh-ni), kuid regulatiivsed piirangud toovad ülimalt tõenäoliselt kaasa biometaani tarbimise vähenemise alates 2030ndate keskpaigast. Pikas vaates (2040+) ei ole põhjendatud ühistranspordi tarbimisele biogaasi turustamisel panustada, kuid ka lühiajalises ja keskpikas vaates on see ebapiisav stsenaariumite tootmismahu katmisel. Lühiajaliste poliitikaeesmärkide stsenaariumis on puudujääk väiksem (0,1–0,2 TWh), transpordi üleminekukütuse stsenaariumis suurem (0,4–0,5 TWh).

Seega on mõlema stsenaariumi teostatavuse kriitiline tegur nõudluse teke raskeveonduse alamsektoris. Vastavad teostatavuse tegurid ja asjakohased poliitikameetmed, alustades gaasiveokite ostutoetustest, on kirjeldatud Rohetiigri teekaardis ning turuosaliste ettepanekutes. Biometaani kasutamise nõudlust raskeveonduses toetab EL-i määrus¹⁴³, millega kehtestatakse uute raskeveokite CO₂-heite normid.

Elektritootmise ja juhitava elektrijaama kütuse stsenaarium. Eesti elektrienergia tootmise maht oli 2022. aastal 8,9 TWh ja tarbimismaht 8,5 TWh. Elektrienergia tootmismahud on viimasel

¹⁴³ [Määrus - EL - 2024/1610 - EN - EUR-Lex.](#)

kümnendil trendis oluliselt kahanenud ja aastaseid tootmismahude iseloomustab suur varieeruvus. Valdava osa elektrienergiast toodab jätkuvalt Eesti Energia kontsern, kelle võrku sisestatud tootmismahud 2002. aastal oli 7,6 TWh, 2023. aastal 4,9 TWh ning näiteks 2020. aastal 4,8 TWh. Varieerub eelkõige fossiilsetel kütustel põhinev elektritootmine, samas kui taastuvenergia mahud on peale 2010. aastate kasvu 2020. aastal stabiliseerunud. Taastuvelektrist u poole moodustab biomassil põhinev tootmine (EE kontsernis 2023. aastal 1,2 TWh) ning teise poole tuule- ja päikeseenergia (vastavalt 0,68 ja 0,69 TWh). Varasemalt elektrienergia tootmiseks kasutatud biogaas (2016. aastal 0,05 TWh) on 2023. aastaks elektritootmisest sisuliselt kadunud (0,003 TWh).

ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon) prognoositakse elektritarbimise (2022. aastal 8,5 TWh) ajas kiirenevat kasvu – 2030. aastaks 10 TWh, 2040. aastaks 13 TWh ja 2050. aastaks 17 TWh. Sarnastele eeldustele tuginetakse ka KHG riikliku inventuuriga seotud prognoosides – üksnes lühiperspektiivis 2030. aastaks eeldatakse kiiremat kasvu (11,3 TWh).

Kliimaneutraalsele elektritootmisele ülemineku analüüsis (2022)¹⁴⁴ gaaskütustele olulist kohta elektritootmises ei nähta. Maagaasil põhinevad elektritootmise mahud varieeruvad stsenaariumites 0,17–0,38 TWh vahel aastaks 2030 ning 0–0,05 TWh vahel aastaks 2050. Eraldi analüüsi töös taastuvgaasi stsenaariumi, kus algselt eeldati, et 2030. aastaks on Eestisse rajatud 1 GWh biogaasi tootmise võimsusi. See tähendaks biogaasitootmisele iseloomuliku püsiva tootmistsükli puhul aastast tootmismahut u 7–8 TWh ulatuses ehk Eesti biogaasi ressursipotentsiaali paljukordselt ületavas mahus. Lisaks ilmneb analüüsist, et biogaasi kasutusele võtt sellises mahus ei mõistlik ka tootmishinna tõttu. Nenditakse, et „kuigi taastuvgaasi stsenaariumi modelleerimistulemused annavad suhteliselt tasakaalustatud elektrisüsteemi, selgus samas, et positiivsete mõjude tagamiseks tuleks selles stsenaariumis esialgselt eeldatud 1 GW asemel rajada biogaasi võimsusi väiksemas mahus, kuna mudel näitab, et suurte tegevuskulude tõttu (biogaasi tooraine kõrge hind) toodaksid biogaasi võimsused vähe elektrit. See vastuolu viitab, et muutmata kujul ei ole tegemist Eesti jaoks ideaalse arengusuunaga. Eelkõige parandaks stsenaariumi kulutõhusust väiksemas mahus biogaasivõimsuste kasutuselevõtt“. Vähendatud maht tähendab modelleerimises biogaasi aastase tootmismahu vähendamist sarnaselt teistele stsenaariumitele suhteliselt minimaalsele – 0,06 TWh – tasemele.

Seega n-ö traditsioonilises elektritootmises senised prognoosid gaasilistele kütustele olulist kohta ei näe. Vajadus kaetakse eelkõige tuuleenergia tootmisvõimsuste suurendamise teel. Kliimakindla majanduse SE (02.12.2024) alusel kavandatakse juhutamata taastuvate võimsuste (st tuule- ja päikeseenergiat kasutavate energiatootmisüksuste) suurendamist 2030. aastaks 4,3 GWh, 2035. aastaks 5,6 GWh ja 2040. aastaks 7,0 GWh tasemele. Nõudluse võib aga tekitada vajadus tagada Eestis sagedusreservi võimsused (0,5 TWh) ja asendada elektri tipukoormuse katmisel põlevkivil töötavad katlad puhtamate tehnoloogiatega (riiklike arengukavade alusel 1,2 TWh võimsuse mahus alates 2032. aastast). Poliitikakujundajate ja turuosaliste hinnangul on tõenäoline, kuid enne hanketulemuste selgumist siiski mitte kindel, et seda rolli hakkavad täitma gaasijaamad. Sagedusreservi hanke tulemused selguvad 2025. aastal ja gaasijaamad võiksid parimal juhul hakata energiat tootma 2028. aastal. Selle või nende jaamade riigiabi kõlblikkus lõpeb 2033. aastal. Gaasielektrijaamade elektritoodangu maht ja kaasnev kütusevajadus sõltub jaamade

¹⁴⁴ <https://www.sei.org/projects/uleminek-kliimaneutraalsele-elektritootmisele-eestis/>.

töö režiimist. Gaasijaama(de) turule tulekuga, seda 2 TWh/a elektritoodangu mahus, mis nõuab gaasielektrijaamade kasutegurit arvestades kuni 4 TWh/a mahus biometaanitoodangut, arvestab ka gaasi põhivõrgu omanik Elering oma (võrgutasude mõttes) optimistlikes stsenaariumites. Kliimakindla majanduse SE seotud prognoosides eeldatakse, et 2040. aastal töötavad Eestis gaasijaamad koguvõimsusega 750 MWh ja et nende aastane tootmisperiood on 2200 tundi. Selliste jaamade tootmiskaht on 1,65 TWh, millest on lähtutud ka stsenaariumi C koostamisel.

Kokkuvõttes saab järeldada, et stsenaariumi, kus siseriiklikul ressursil toodetud biometaanit tarbitakse valdavalt gaasielektrijaamades võrku suunatava elektrienergia tootmisel, teostatavus sõltub suurel määral kooskasutusvõimalusest maagaasiga (või imporditava biometaaniga). Üksnes siseriiklikult toodetud biometaanist ei piisa juhitava elektritootmise võimsuse vajaduse katmiseks. Kliimakindla majanduse SE alusel peab elektri tootmine alates 2040. aastast olema süsinikuneutraalne ja kooskasutus maagaasiga ei ole enam võimalik.

Tööstuse stsenaarium. Energia lõpptarbimine tööstussektoris oli 2013. aastal 7,4 TWh ja 2022. aastal 4,2 TWh ehk tarbimine on viimasel kümnendil oluliselt kahanenud, seda eelkõige kütuste arvelt. Perioodi alguse 4,9 TWh kütuse tarbimisest on 2022. aastal alles 1,6 TWh ehk 38%. Elektrienergia moodustab tarbimisest 50% (2,1 TWh/a) ja soojusenergia 12% (0,5 TWh/a). Üldisest energiatarbimisest veelgi kiiremalt on vähenenud maagaasi kasutus tööstuses – 1,7 TWh/a-lt (2013) 0,7 TWh/a-le (2022; 17%). Biogaasi kasutus tööstuses on minimaalne (0,01 TWh).

Tööstuse energiatarbimise võib taas tõusule pöörata majanduse reindustrialiseerimine. EIS töötab 13 energiamahuka tööstusprojekti Eestisse meelitamisega, mille energia lõpptarbimine oleks hinnanguliselt 5,8 TWh/a ehk tööstuse praeguse energiatarbimise võiks EIS tulemusliku töö puhul vähemalt kahekordistada. Eeldades mõõdukalt, et õnnestub ellu viia projekte poole energiavajaduse arvelt ja gaaskütuste osakaal energiavajaduse rahuldamisel jääb 2022. aasta proportsiooni, võiks gaasile kütustele lisanduda veel 0,5 TWh mahus tarbimisnõudlust ehk kokku 1,2 TWh/a. Energiamahuka tööstuse arendamine on ka ENMAK 2035 eelnõu ja kliimakindla majanduse SE taotlus (vt poliitiline teostatavus).

Maagaasi ja biometaanit tööstuses tarbimisele on poliitikakujundajatel ning turuosalistel erinevaid vaateid ja argumente. Gaasiliidu hinnangul ei ole võimalik maagaasi tööstusest välja saada ja ka Euroopa Komisjon on sellest aru saanud. Elektrifitseerimisel on nii tehnoloogilised (nt klaasi- ja terasetööstuses) kui ka hinnapiirangud ning vesinikutehnoloogiad ei ole (veel) konkurentsivõimeliseks arenenud. Seetõttu keskendutakse tööstustes CO₂ püüdmisele ja ringmajanduslikku kasutusse võtmisele. Skeptilised ollakse biometaanit kasutusevõtmise suhtes tööstuses, sh kliimakindla majanduse SE vastava kohustuse täitmise (20%) realiseerimise osas. Selleks on hinnavahe maagaasi ja biometaanit vahel ka HKS mõju arvestades liiga suur. Biometaanit kasutust võivad motiveerida üksnes (rahvusvahelise) tarneahela partnerite seatavad keskkonnanõuded.

Üldisem tulevikusuundumus on siiski tööstuse järjest süvenev elektrifitseerimine, mida toetavad EL-i asjakohased poliitikaeesmärgid tõsta elektrienergia osakaal tööstustes hetkeseisu 23%-lt 2030. aastaks 35%-ni ja 61%-ni 2050. aastal. Selle trendiga kooskõlaselt leitakse Eesti gaasiülekandevõrgu arengukavas 2024–2033, et kuigi gaas ei ole hetkeseisuga „lihtsasti asendatav kõrgeid temperatuure vajavates tööstusprotsessides“, siis „ka seal arendatakse kõrgetemperatuurilisi soojuspumpasid ja muid elektripõhiseid lahendusi. Kui taolised tehnoloogiad muutuvad küpseks ja tööstusprotsessid on võimalik mugavalt viia alternatiivsetele energiakandjatele, on risk, et gaasitarbimise kaht langeb alla ülekandevõrgu opereerimiseks

vajaliku mõistliku piiri". Ka hetkeseisuga eelistavad tööstused elektrit või vesinikku. Puhastamata biogaasi kasutus on kõrgetemperatuurilistes protsessides piiratud. Samuti on probleemiks kohalikul ressursil põhineva biogaasi piiratud maht suurtööstuste jaoks:

Üks suur tööstus võib ise olla 3,5 TWh tarbija, aga sellised tööstused tarbivad pigem elektrit või rohevesinikku, millest saab toota metanooli või ammoniaaki. Tööstused saavad biogaasile üle minna ainult juhul, kui seda tuuakse Eestist väljastpoolt. Praegu on gaasil tööstuses kaks kasutusotstarvet – üks on tavaline küte, teine tööstuslik kõrgetemperatuuriline aur (ka sellel on muud alternatiivid). Tööstusele on olemas muud lahendused kui biometaan. (Arutelust võrguettevõtte esindajatega)

Arvestades biogaasi/biometaani sisuliselt olematut hetkenõudlust tööstussektoris, tööstuste elektrifitseerimist ja gaasiliste kütuste mahtude kiiret vähenemist tööstussektori energiavajaduse rahuldamisel ning biometaani kesist konkurentsivõimet maagaasiga, on maagaasi asendava biometaani tööstustarbimisel põhineva stsenaariumi teostatavus väga problemaatiline.

Kodude ja teenusasutuste stsenaarium. Energia lõpptarbimine kodumajapidamistes ning äri- ja avaliku sektori teenindusasutustes on viimasel kümnendil vähesel määral kasvanud ning 2022. aastal oli see 16,5 TWh – kodumajapidamistes 11,2 TWh ning äri- ja avalikus teenindussektoris 5,3 TWh.

Ka maagaasi tarbimine on sektoris olnud suhteliselt stabiilne, kuid pigem langustrendis. Kodumajapidamiste tarbimine oli 2022. aastal 0,6 TWh ja teenindusasutustes 0,5 TWh. Biogaasi tarbiti üksnes teeninduses ja seda minimaalses koguses – 0,02 TWh. Valdavalt kasutatakse maagaasi tarbimissektoris soojuse tootmiseks, samuti gaasipliitides.

Kodude ja teenindusasutuste üldist energiatarvet kujundavad kõige enam hoonete ja küttesüsteemide energiatõhususe suurendamise eesmärgid ning seda toetavad meetmed (esmajoones hoonete rekonstrueerimine). Hoonete renoveerimisel A energiaklassi hooneteks saavutatakse energiatarbimise vähenemine poole võrra, korterelamutes isegi kuni 1,5-kordne vähenemine.

Erinevad uuringud, strateegiadokumendid ja prognoosid näevad ette kodude ja teenusasutuste energiavajaduse rahuldamisel elektrienergia osakaalu kasvu ja maagaasi kasutamise vähenemist. Maagaasi välja tõrjumist kodude ja teenust sektorist aastaks 2050 eeldatakse kõigis Euroopa kliimaambitsiooni mõjude eelhindamise stsenaariumites. RePowerEU programm näeb ette maagaasi kasutamise olulist vähenemist tarbimissektoris juba 2030. aastaks, mil selle asendavad elektrifitseerimine, soojuspumbad ja ka gaasvõrgus transporditav biometaan.

Samas on kriisid näidanud, et kõige suurema tolerantsiga maagaasi hinnakõikumistele on tavatarbija ja kõige kõrgemat hinda on võimeline välja kannatama pliidil toidu tegija. See on hoidnud gaasitarbimise kodudes ja ärides viimasel kümnendil suhteliselt stabiilse. Olemasoleval gaasitarbimisel on suur inerts, mis põhineb nii soetatud seadmetel kui ka kasutusharjumustel.

Turuosaliste ja ekspertide hinnangud ning argumendid biometaani kasutusele elamu- ja teenusasutuste sektoris lahknevad. Põhiline vastuargument on biometaani kesine hinnakonkurents biomassipõhise soojuse tootmisega ning pikemas vaates soojuspumpasid kasutavate elektrilahendustega. Gaasiliidu hinnangul on aga toetavate meetmete rakendamisel tarbimispotentsiaal keskpikas vaates olemas ka biometaanil, sh kooskasutuses maagaasiga. Peale 2040. aastat peavad regulatsioonide hetkeseisuga kodu ja teenusasutuste tarbijad igal juhul

maagaasist loobuma. Seetõttu sõltub stsenaariumi teostatavus pikaajalises vaates lisaks hinnakonkurentsile teiste kütustega ka biometaanu impordist või sünteetilise metaani tootmisest, mis tagab gaasivõrgu toimimise mõistlikul tõhususe tasemel.

Soojusmajanduse stsenaarium. Soojuse ja jahutuse energiatarve elu- ja ärihoonetes ning tööstuses kokku oli 2022. aastal 17,7 TWh, millest maagaasi osa oli ligi 3 TWh ehk 17% kogu soojatootmisest toimus gaasiküttel. Biogaasi soojuse tootmises praegu ei kasutata.

Uuringu „Eesti ülemine süsinikuneutraalsele soojus- ja jahutusmajandusele aastaks 2050“¹⁴⁵ erinevate stsenaariumite alusel kahaneb maagaasi kasutus soojuse tootmises 2030. aastaks 2,1–2,3 TWh tasemele, 2040. aastaks 1,1–1,3 TWh tasemele ning 2050. aastaks maagaasi kasutus soojuse tootmises lakkab. Kõigis stsenaariumites, välja arvatud elektrifitseerimise stsenaarium, tugineb Eestis soojuse tootmine aastal 2050 valdavalt biomassile (73–86%) ja seda toetavana ka elektrile (1,2–2,7 TWh/a)¹⁴⁶. Stsenaariumite investeerimisvajadus on hinnatud suhteliselt võrdseks (17,8–19,1 mld eurot perioodi 2022–2050 kohta). Stsenaariumitest parimat küttekulude hinda pakub kaugkütte ja -jahutuse stsenaarium (tõsi, kaugjahutuse hind on teistest stsenaariumitest oluliselt kallim) ning see on hinnatud ka vähim riskantseks ja huvirühmadele kõige meeldivamaks. See on ka stsenaarium, kus maagaasi tarbimine on stsenaariumite võrdluses suurim: 2030. aastal 2,3 TWh ja 2040. aastal 1,3 TWh. Biogaasi kasutust soojuse ja jahutuse tootmisel nähakse märkimisväärset mahus ette üksnes praeguste suundumuste jätkumise stsenaariumis, mis on hinnatud kliimaeesmärkide saavutamiseks ebapiisavaks. Et kliimakindla majanduse SE eesmärkide järgi peab Eesti soojusmajandus olema fossiilkütuste vaba juba aastal 2040, siis modelleeritud stsenaariumid sellisel kujul realiseeruda ei saa. Küsimus on, kas biometaan suudab prognoositud/eeldatud maagaasi tarbimise soojusmajanduses asendada või toimub maagaasi välja tõrjumine teiste kütuseliikide (eelkõige biomassi ja (taastuv)elektri) poolt poliitilise raamistiku muutuse tõttu lihtsalt ajaliselt varem. Arvestades, et stsenaariumite modelleerimisel ei kaasne maagaasi tarbimise lõppemisel aastaks 2050 selle olulist asendamist biometaaniga, on selle uuringu eelduste ja arvutuste kontekstis tõenäoline teine arengusuundumus – maagaas asendatakse biomassikütuse ja elektriga.

Transpordi üleminekukütuse ja ringmajandusliku regionaalse tööstuse stsenaarium. Biometaanu nõudlus transpordi üleminekukütusena (vähemalt 2030ndate keskpaigani) on kooskõlas turuosaliste optimistlike ootustega. Biogaasi nõudlus võrguvaba energiaallikana ring- ja kaskaadmajanduslikes tööstusparkides on hetkeseisuga minimaalne (v.a niivõrd, kui biogaasi energiat kasutatakse jaamade endi energiavarustuses). Vastav nõudlus tuleb reindustrialiseerimise ja regionaalpoliitika koostoimes alles kujundada.

¹⁴⁵ <https://energiatalgud.ee/node/8931>.

¹⁴⁶ Elektri tarbimist kodude ja äride kütte ja jahutuse tagamisel umbes samas mahus sisaldab ka Elektritootmise dekarboniseerimise uuringu elektrifitseerimise stsenaarium (aastal 2030: 1,4 TWh; aastal 2050: 2,4 TWh/a).

Tabel 70. Stsenaariumites eeldatud tarbimisnõudluse olemasolu (Hindamiskaala: 4 – teostatav olemasolevate tingimuste juures; 3 – vähesed ületatavad takistused ja riskid; 2 – teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – olulised takistused teostamisel, kõrged riskid)

Stsenaarium	Max tarbimine, GWh/a	Lühiajaline nõudlus	Nõudlus keskpikas perioodis	Pikaajaline nõudlus	Teostatavuse määr	Selgitus
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	519	3	3	4	10	Turuinstrumentidega toetatud nõudlus ühistranspordis on olemas, kuid selle kõrvale tuleb leida täiendavaid tarbimisnišše transpordisektoris. Üldise elektrifitseerimise ja vesinikutehnoloogiate arendamise trendide kontekstis on see suur väljakutse. Stsenaarium ei vaja pikaajalist nõudlust.
B: Transpordi üleminekukütlus	829	2	3	2	7	Turuinstrumentidega toetatud nõudlus on olemas, kuid väljakutseks on tarbijate leidmine väljaspool ühistranspordi alamsektorit, millest ei piisa stsenaariumi tootmis- ja tarbimismahude katmiseks. Vajalik on olulise osa raskeveonduse viimine biometaanikutusele. Pikaajalises vaates pärsib nõudlust regulatiivne raamistik.
C: Juhitava elektrijaama kütlus	1999	1	2	2	5	Biometaan nõudlus tekib juhul, kui elektritootmise juhitava võimsuse tagamiseks võetakse n-ö üleminekulahendusena (enne tuumajaama, rohevesiniku ja salvestusvõimekuse arengut) kasutusele gaasielektrijaamad, mille toodangule on nõudlus ka peale 2040. aastat, mil peaks jõustuma fossiilsete kütuste keeld elektritootmises.
D: Tööstus	1421	1	2	2	5	Gaasitarbimine tööstuses väheneb elektrifitseerimise ja vesinikutehnoloogiate arengu tulemusel. Biometaan ei ole võrdluses maagaasiga lühiajalises vaates konkurentsivõimeline.
D2: Keemia- tööstuse tooraine		1	1	1	3	Eestis puuduvad metaangaasi toorainena kasutatavad keemiatööstused. Selliste tehaste tekkel ei oleks biometaan asendamine maagaasiga majanduslikult põhjendatud. Suuremate keemiatööstuste jaoks puudub Eestis piisav biometaan tootmispotentsiaal.
E: Kodud ja ärid	1111	2	3	2	7	Biometaan kasutuseks elamu- ja soojamajanduses loob eeldusi võrgugaasi tarbijate arvu stabiilsus. Kõige realistlikum on biometaan turustada koos maagaasiga, kuivõrd selle tootmismahud ei võimalda asendada kogu maagaasi tarbimist soojamajanduses. Pikaajalises vaates on oluline risk gaasivõrgu jätkusuutlikkuse tagamine olukorras, kus maagaasi tarbimist mitmetest olulistest sektorites piiratakse. Ka EL-i tasandi pikaajalised prognoosid näevad ette maagaasi välja tõrjumist elamumajandusest ja soojatootmisest.
F: Soojamajandus	1499	2	2	1	5	
G: Transpordi üleminekukütlus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	759	3	2	2	7	Nõudlus on paremini tagatud lühi- ja keskpika tarbimise osas (transpordis), kuid vajab alles välja kujundamist regionaalse tööstuspoliitika raames.

5.4. Tehnoloogiline ja materiaal-tehniline teostatavus

Stsenaariumite tehnoloogilise ja materiaal-tehnilise teostatavuse tegurid saab jagada kolme suuremasse rühma.

- a) Biogaasijaamadega seonduvad.
- b) Gaasiliste kütuste transpordi- ja müügiseadmetega seonduvad.
- c) Gaasiliste kütuste tarbimisseadmetega seonduvad.

Kaudselt mõjutavad stsenaariumite teostatavust – eelkõige läbi hinnakonkurentsi – ka arengud konkureerivate kütuste ja energiaallikate tootmistehnoloogiates, transpordi- ja ülekandetaristus ning tarbimisseadmetes.

Biogaasi tootmise ja biometaaniks väärindamise jaamade tehnoloogia on üldiselt turuküps. Põllumajanduslike, biojätmete ja reoveesetete biogaasijaamade osas on olemas ka praktiline kogemus selliste jaamade ehitamiseks Eesti oludele sobivana. Tehnoloogia on n-ö valmis ja olulist biogaasijaamade ehitushinna odavnemist ei ole ette näha.

Mõningat arvamuste lahknevust esineb üksnes rohtset biomassi kasutatavate biogaasijaamade osas – kas tehnoloogiline valmisolek on olemas või mitte. Kesk-Euroopas on töös maisisilo kasutatavad jaamad, Eesti ressursile sobivaid jaamu ei ole seni ehitatud. Tootjad on katsetanud ressursina maapirni kasutava jaamaga, kus biogaasi tootlikkus oli hea. Probleemiks oli ressursi kõrge tootmishind, mis muudab selliste jaamade kasutuse Eestis majanduslikult ebamõistlikuks ka toetavate meetmete kontekstis. Eestis puudub kogemus mobiilsete biogaasijaamade osas, mis võiksid aidata vähendada substraadi kõrgeid transpordikuluseid.

Enamik stsenaariumitest eeldab biogaasist biometaani tootmist ning gaasivõrgu kasutamist toodetud biometaani transpordiks vahetarbijatele ja/või edasimüüjatele, stsenaariumites E ja F ka lõpptarbijatele. Eesti gaasipõhivõrgu arengukava 2023–2032 alusel on Eesti gaasi(põhi)võrgu eluiga kuni aastani 2039. Arengukavas esitatakse kolm investeerimisstsenaariumi, millest üks näeb ette minimaalseid investeeringuid põhivõrku, mis tagab selle kasutuse kuni amortiseerumiseni aastaks 2039. Kaks alternatiivset stsenaariumi näevad ette investeeringute mahu mitmekordistamist perioodil 2025–2045 ja koos sellega ka võrgutasu kasvu sõltuvalt võrgus transporditava gaasi kogusest. Mingit ühest lävendit, millistest mahtudest alates ei ole põhivõrgu majandamine mõistlik, arengukava ja ka võrguettevõtte esindajatega läbi viidud intervjuu vastused ei anna. Küsimus on olemasolevate/allesjäävate tarbijate nõusolekuga tasuda võrgutasusid mahus, mis tagavad võrgu töökindluse ja ohutuse. Suurimad riskid gaasivõrgule seonduvad eesmärkidega lõpetada fossiilsete kütuste (sh maagaasi) kasutus kodumajapidamises ning elektri- ja soojusototmisel, samas kui lootus rohevesiniku suuremas mahus turule tulekuks on pigem aastal 2050. Et sisemaisel ressursil põhineva biometaani tootmispotentsiaal on üksnes 25% maagaasi hetketarbimisest ja veel oluliselt vähem gaasivõrgu mahutavusest tipptarbimise aastatel, siis sõltub gaasivõrgu tulevik Eesti tarbijate võimekusest tarbida kõrge ühikuhinnaga sünteetilist metaani või katta vajadus biometaani impordiga. Vastav turuplatvorm võetakse EL-is

kasutusele aastatel 2024–2025. Probleemiks võivad saada riikide erinevad nõuded biometaani päritolusertifikaatidele, mis on ekspordi-imporditehingute eelduseks.

Transpordisektori tarbimisele tuginevate stsenaariumite teostatavust mõjutab gaasitanklate võrgustiku areng nii Eesti siseselt, kui rahvusvahelise raskeveonduse jaoks ka mujal EL-is (eriti lähiriikides – Lätis, Leedus, Poolas). Oluline on nii tervikliku võrgustiku olemasolu kui ka selle tihedus, jms kvaliteet võrdluses elektrilaadimise võrgustikuga ja tulevikus vesinikutanklate võrgustikuga. Hetkeseisuga on gaasitanklate võrgustik tugevalt pealinnaregiooni keskne, kuid konkureeriva bussidele ja raskeveokitele sobiva elektrilaadimisvõrgustikuga on olukord veelgi kesisem. Vesinikutanklaid on Eestis üksikuid. Oluliseks riskiks on Eesti ühiskonna võimekus ja valmisolek arendada ja majandada paljude transpordikütuste tankimis/laadimisvõrgustikke üheaegselt. Strateegiliste valikute langetamisel jääb eeldatavalt kaotajaks kütus, mille kasutuses nähakse vähimat pikaajalist tulevikuperspektiivi.

Biometaani kasutust ühistranspordisektoris toetab toetus- ja turuinstrumentide toel üles ehitatud gaasibusside park suuremates linnades. Gaasiveokite puudus raskeveonduses on aga esmane takistus biometaani kasutamiseks selles tarbimise alamsektoriks. Vastavad sõidukid on tootjaturul olemas ja suhteliselt konkurentsivõimelise hinnaga – 10–30% kallimad kui diiselveokid, kuid u 100% odavamad kui elektriveokid.

Gaasiliste kütuste kasutus kodudes ja ärides põhineb peamiselt majades soojustootmiseks soetatud gaasikateldel ning vähemal määral ka gaasipliitidel. See olemasolev tarbijaseadmete park on gaasikütuse, sh biometaani tarbimise jätkumise üks võtmetegur. Kodugaasi peamine alternatiiv on kaugküte ja elekter, mille tõhus kasutus soojatootmisel nõuab märkimisväärseid investeeringuid sõlmedesse, soojuspumpadesse ja neid toetavasse taristusse.

Suures plaanis ja pikaajalises vaates on biogaasi tarbimise stsenaariumite teostatavuse peamine tehnoloogiline ja materiaal-tehniline tegur konkurentkütuste/energialiikide tootmise ja tarbimise tehnoloogiate areng (taastuvelektri salvestustehnoloogiad, elektriakud, rohevesiniku tootmine, vesinikusõidukid jms) ning koos sellega ka vastavate tootmisvõimsuste ja tarbijaseadmete turule tulek. Hetketeadmiseiga vähendavad need arengud metaangaasiliste kütuste, sh ka biometaani ja biogaasi, konkurentsivõimet ning seega ka stsenaariumite teostatavust – esmajoones nende stsenaariumite teostatavust, millega ei kaasne olulist positiivset keskkonnamõju. Osaliselt leiavad prognoositavad arengud kajastust ka hinnakonkurentsisis, mida käsitletakse stsenaariumite ärilise teostatavuse alapeatükis.

Tabel 71. Tehnoloogiline ning materiaal-tehniline valmisolek stsenaariumi realiseerumiseks (Hindamiskaala: 4 – teostatav olemasolevate tingimuste juures; 3 – vähesed ületatavad takistused ja riskid; 2 – teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – olulised takistused teostamisel, kõrged riskid)

Stsenaarium	Biogaasi-jaamad	Transporditaristu (gaasivõrk, muu logistika)	Müügitaristu	Tarbija-seadmed	Teostatavuse määr	Selgitus
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	4	3	3	3	13	Gasitanklate võrk, sh biometaani müügiks, on piisav linnaliinide teenindamiseks, kuid puudulik raskeveonduse vaates.
B: Transpordi üleminekukütlus	4	3	2	2	11	
C: Juhitava elektrijaama kütus	2	3	4	4	13	Stsenaarium eeldab ja toetab gaasivõrgu jätkusuutlikku toimimist. Gaasielektrijaamade tehnoloogia on küps ja vastavad seadmed turul. Rohtse biomassi ja energiakultuuride biogaasijaamade tehnoloogia on vaja kohandada piirkondlikele tingimustele.
D: Tööstus	3	2	4	4	13	Stsenaariumi realiseerimise oluline risk on gaasivõrgu toimimine peale 2040. aastat.
D2: Keemiatööstuse tooraine	3	2	4	0	9	Puudub selline keemiatööstus ja siseriiklikud kompetentsid.
E: Kodud ja ärid	4	2	4	3	13	Kodudes olevad gaasiseadmed on oluline teostatavust toetav tegur.
F: Soojamajandus	3	2	4	2	11	Stsenaariumi realiseerimise oluline risk on gaasivõrgu toimimine peale 2040. aastat.
G: Transpordi üleminekukütlus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	4	4	3	2	13	Ringmajanduslike tööstussümbioosi tehnaparkide sotsio-tehniline mudel vajab Eestis veel välja arendamist.

5.5. Poliitiline teostatavus

Euroopa Liit on võtnud sihiks kliimanetraalsuse saavutamise, millega on kaasnenud suund nn rohelisele energiale üleminekuks. Biogaasi ja biometaani tootmise ja tarbimise peamine käivitaja ongi globaalne, EL-i ja siseriiklik kliimapoliitika, mis ühtlasi on ka kõigi stsenaariumite mõjusaim teostatavuse tegur.

Poliitikainstrumentide kaupa jagunevad teostatavuse tegurid alljärgnevalt.

- a) Struktuursed tootmis- ja tarbimiseesmärgid ning seda jõustavad kohustused.
- b) Keskkonnamõju (esmajoones KHG heite) vähendamise eesmärgid ja seda jõustavad kohustused.
- c) Kütuste, tehnoloogiate, seadmete kasutamise keelud või lubadused/kohustused.
- d) Eelnevaga seotud turuinstrumendid, nagu HKS1 ja HKS2 ning transpordistatistika.
- e) Avaliku sektori hanked – kütuste, energiaallikate ja tehnoloogiate lubamine ja keelamine hangetes.
- f) Hinnatoetused ja investeeringutoetused.
- g) Maksude ja keskkonnatasude poliitika – jätmete ja saastamisele kehtestatud tasud, eristavad maksumäärad ja maksuvabastused.

See kompleksne poliitikaraamistik (vt ptk 2) on pidevas teisenemises ja võib pakkuda ühtse suuna raames erinevaid alternatiivseid arenguradu. Stsenaariumite poliitilise teostatavuse hindamisel lähtutakse hetkeseisuga arengudokumentides eesmärgistatust ja õigusaktides kehtestatust ning domineerivast paradigmast poliitikate kavandamise protsessis (sh kliimakindla majanduse SE 02.12.2024 versiooni sisust). Hindamisel lähtutakse arusaamisest, et kuivõrd biogaasi/biometaani potentsiaal rahuldada siseriiklikku energiavajadust jääb parimal juhul 3–5% tasemele, ei saa selle sektori arendamise vajadused suunata laiemat energia- ja kliimapoliitikat. Pigem peab sektor kohanema laiemas poliitikaraamistikus ja leidma seal endale jõukohase niši. Oluliselt ei toeta stsenaariumite poliitilist teostatavust ka osade võimaldavate tegurite kattumine mahult suurema (metaan)gaasisektori arengu teguritega. Nii EL-i kui ka siseriiklikul tasandil suunatakse tarbijad poliitikatega maagaasilt kui fossiilselt kütuselt teistele kütustele/energiakandjatele.

Tabel 72. Keskkonnapoliitilised eeldused stsenaariumite realiseerumiseks (Hindamiskaala: 4 – teostatav olemasolevate tingimuste juures; 3 – vähesed ületatavad takistused ja riskid; 2 – teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – olulised takistused teostamisel, kõrged riskid)

Stsenaarium	Üldised eesmärgid ja põhimõtted	Turuinstrumendid	Hanked	Maksud ja tasud	Toetused	Poliitilise teostatavuse määr	Selgitus
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	4	4	3	3	3	17	Transpordistatistika instrument tagab biometaani hinna konkurentsivõime. HKS2 toetab mittefossiilsete kütuste hinna konkurentsivõimet alates 2027. aastast. Kehtiv poliitikaraamistik ei ole piisav biometaani kasutuselevõtmiseks rasketranspordis ning hakkab 2030ndatest alates piirama biometaani kasutust transpordisektoris. Biometaani aktsiisi 0-määr toetab kütuse konkurentsivõimet, kuid EL-i direktiivi muudatusega 0-määrast loobutakse (kuid määra erinevus fossiilsete kütustega kõige tõenäolisemalt jääb). Ühistranspordi hanketingimused loovad biometaani kasutusele konkurentsieelseid, kuid ei taga biometaani kasutust.
B: Transpordi üleminekukütus	2	3	3	3	1	12	Sagedusreservi hanke tulemusel rajatakse eeldatavalt biometaani kasutuse võimekusega gaasielektrijaamad – eeldused biometaani kasutuseks peale kliimakindla majanduse SE fossiilse gaasi kasutuse keeldu alates 2040. aastast. Stsenaariumi teostatavust takistavad poliitiliste piirangute koosmõju taastuvgaasi piiratud kättesaadavusele (sh biometaani import) ja sünteetilise metaani kõrge tootmishind.
C: Juhitava elektrijaama kütus	2	2	2	2	2	10	Kliimakindla majanduse SE seab 20% taastuvkütuste tarbimise kohustuse Eesti tööstusettevõtetele. Biometaani konkurentsivõimet toetavad HKS1 ja HKS2 ning madalamad aktsiisimäärad.
D: Tööstus	3	3	1	3	1	11	Biometaani kasutust keemiatööstuse toorainena ei eesmärgistata ja ebatõenäoline (keskkonnapoliitiliselt vähe põhjendatud) on ka sellist kasutust meetmetega motiveerida.
D2: Keemiatööstuse tooraine	1	2	1	1	1	6	Biometaani kasutuse kasvu elamu- ja soojusmajanduses ei toeta sektorite dekarboniseerimise analüüside tulemused, mille alusel on ühiskonnale soodsam biomassikütustel ja elektrifitseerimisel põhinev arengutee. Biometaani konkurentsivõimet võrdluses maagaasiga toetavad HKS1 ja HKS2 ning madalamad aktsiisimäärad, kuid see ei ole stsenaariumite realiseerumiseks piisav. Biometaani kasutus sektoris on kõige realistlikum kooskasutuses maagaasiga, kuid alates 2040. aastast ei ole see kliimakindla majanduse SE alusel võimalik.
E: Kodud ja ärid	2	2	1	3	1	9	Poliitikaeesmärgid ja turuinstrumendid toetavad biometaani kasutust transpordisektori üleminekukütusena, kuid biogaasi kui ringmajanduslike tööstusparkide energiavarustuse tagamise allikas on väärtustatud pigem erinevate EL-i jms rahvusvaheliste kontseptsioonipaberite tasandil. Vajalikud on eelkõige tööstus- ja regionaalpoliitilised meetmed.
F: Soojamajandus	2	2	1	3	1	9	
G: Transpordi üleminekukütus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	3	3	2	2	1	11	

5.6. Äriline teostatavus

Stsenaariumite äriline teostatavus sõltub kõige määravamalt biogaasi/biometaani kui kütuse hinnakonkurentsist teiste stsenaariumi peamises tarbimissektoris kasutatavate või potentsiaalselt kasutusele võetavate energiaallikate või kütuste energiaühiku hinnaga. See omakorda sõltub kütuste erinevast tootmis- ja transpordihinnast ning poliitilise ja regulatiivse raamistiku kujundatud keerukast toetuste, turuinstrumentide ja maksude süsteemist (vt eespool), mis pealegi on püsivas muutuses. Nii nagu turuosalisel korduvalt on rõhutanud, on hinnakonkurents kujul tegemist peamise stsenaariumite realiseerumise teguriga, milles väljenduvad olulises ulatuses teised teostatavuse tegurid.

Stsenaariumid eristuvad biogaasi/biometaani tootmishinna alusel kahes aspektis.

- (a) Kasutatavate biogaasijaamade arv ja struktuur – biogaasi/biometaani tootmise ühikukulud sõltuvad nii biogaasijaamade suurusest kui ka nendes kasutava substraadi olemusest; olulisim tootmise hinnaerinevus sõltub eelkõige substraadist. Biojätmetel põhinev biogaasi/biometaani tootmine on jäätmete värvatasude arvelt netoarvestuses kõige odavam, keskmiste kuludega toodetakse biogaasi/biometaani põllumajanduslikes biogaasijaamades (sõnnik pluss 8% muud substraati) ning rohtsest biomassist toodetud biogaas/biometaan on kõrgeimate tootmiskuludega. Stsenaariumi tootmiskulude modelleerimisel lähtutakse lihtsustatud üldpõhimõttest, et kõigepealt võetakse kasutusele madalamate tootmise netokuludega jaamad ja kõige hiljem kõrgema netokuludega jaamad. See tähendab, et väiksemate tarbimismahtudega stsenaariumite keskmised biogaasi/biometaani energiaühiku tootmiskulud on madalamad.
- (b) Biogaasijaamades toodetud gaasi liik – biogaas või biometaan, mille tootmise hinnaerinevus on seotud biogaasi puhastamise kuludega.

Lisaks on biogaasi ja biometaani tootmishinna võrdluses teiste energiaallikate kütusekomponendi hinnaga arvestatud biogaasist/biometaanist soojuse ja elektri tootmise kasuteguri väärtusega ehk sellega, millises mahus saab toodetud biogaasi energiaühikust lõpptarbimise soojuse- ja elektrienergia ühikuid.

Transpordihinna eristav mõju avaldub läbi selle, kas biometaani transporditakse gaasivõrgus või tsisternides või toimub biogaasi kohapealne kasutus sooja- ja/või elektritootmiseks. Biogaasi/biometaani lõpptarbimise keskmisest tootmise ja transpordi hinnast stsenaariumite kaupa annab ülevaate tabel 73.

Tabel 73. Lõpptarbimise MWh keskmine biogaasi/biometaani tootmise ja transpordi hind

Stsenaariumi nimetus	Kasutatavate jaamade MWh keskmine biometaani tootmise netohind perioodi jooksul	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind	Lõpptarbimise MWh keskmine tootmis- ja transpordihind					
			2025	2030	2035	2040	2045	2050
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	66 €	62 €	78 €	79 €	68 €	51 €	32 €	0 €
B: Transpordisektor	64 €	71 €	78 €	77 €	70 €	69 €	67 €	63 €
C: Elektritootmine	79 €	136 €	78 €	81 €	132 €	186 €	175 €	162 €
D: Tööstus	68 €	76 €	78 €	76 €	71 €	78 €	77 €	77 €
E: Kodud ja ärid	65 €	73 €	78 €	76 €	68 €	79 €	70 €	65 €
F: Soojamajandus	71 €	80 €	78 €	80 €	79 €	88 €	81 €	76 €
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstus-sümbioosis	61 €	66 €	81 €	81 €	71 €	61 €	58 €	44 €

Igal stsenaariumil (st iga tarbimissektoril) on hetkeseisu ja tulevikuperspektiivi arvestades omaenese konkurentkütuste valik. Olulisimad võrdlused hinnakonkurentsis on:

- biogaasi/biometaani ja maagaasi vaheline – määrab biometaani konkurentsivõime gaasiturul gaasitarbimist võimaldavate taristu ja seadmete kasutuse raames; oluline konkurentsivõime tegur on fossiilsetele kütustele seatavad lisakohustused ja maksud ning taastuenergia toetused;
- biogaasi/biometaani ja teiste mittefossiilsete kütuste vaheline – otsene tootmishinnal põhinev hinnakonkurent, kus lühiajalises vaates on lisaks kütuse hindadele oluline ka tarbijatepoolsete seadmete hind (nt veokite või soojakatelde hind);
- biogaasi ja biometaani vaheline – arvestab tootmishindade ja kütuse transpordivõimaluste/vajaduste erinevust ning eristab kohalikul ja piirkondlikku/üleriigilisel tarbimisel põhinevaid stsenaariume;
- gaasiliste kütuste ja muude kütuste vaheline – määrab biometaani ja maagaasi kooskasutusvõimalused, biogaasi transpordi ja hooldussektori mastaabist tuleneva ärilise konkurentsivõime (sh gaasivõrgu tasude määra ning üldise tasuvuse ja turuküpsuse pikemaajalises vaates).

Kütuste tootmis-, transpordi ja müügihinna kõrval kujundavad ärilist teostatavust ka võimalused kõrvaltoodete müügiks. Põllumajanduslike sõnnikupõhiste biogaasijaamade peamine kõrvalprodukt on väetisena kasutatav digestaat, millest aga täiendavaid tulusid ei saada. Toimub sõnniku ja digestaadi n-ö tasaarvestus põllumajandustootja ja biogaasitootja vahel. Biojäätmel töötavate biogaasijaamade kõrvalsaadus on kompost, mida suudetakse ka hinnastada ja tarbijatele müüa. Vastavad tulud, nagu ka tulud biojätmete värvatasudest on arvestatud biogaasijaamade ja seega ka stsenaariumite biogaasi/biometaani tootmise netokulude hulka.

Lisaks sellele on biometaani tootmisel võimalik koguda ja tootestada ka CO₂. Biometaani tootmisel kogutud ja turustatud CO₂ võimaldab vähendada toodetud ja tarbitud biometaani

arvestuslikku heitkoguste mahtu, muuta heide negatiivseks. CO₂ nõudlus tarbijaturul on praegu siiski tagasihoidlik, gaasi tootmiskulud ületavad turuhinda ja tootmine on majanduslikult põhjendatud üksnes (investeeringu)toetuste abil.

Laiemas ühiskondlikus vaates on stsenaariumite ärilise (majandusliku) teostatavuse jaoks olulised kogu tarbimisahela kulud, sh biogaasist toodetud energia/kütuse transpordikulud (gaasivõrgu ülalpidamine, gaasitanklate võrgustik, logistilised tegevuskulud) ja lõpptarbija kulud seadmetele (veokid, kütteseadmed).

Lisaks hinnakonkurentsile sõltub stsenaariumite äriline teostatavus ka mitmest muust tegurist.

- (a) Mittefossiilsete kütuste kasutamise nõue tarneahela partneritelt.
- (b) Tarbimise taristu ja seadmete olemasolu, kättesaadavus.
- (c) Otsesed piirangud või keelud teatud kütuste või energiaallikate kasutuseks tarbimissektoris.

Sisemaise tarbimise stsenaariumite teostatavuse muudab (biogaasi/biometaani tootja vaatest) äriliselt ebaoluliseks olukord, kus välisturgude nõudlus tagab toodetud biometaani ekspordi kõrgema hinna eest, kui seda Eesti tarbimissektorites on mõistlik maksta, arvestades ka toetuste ja turuinstrumentide panust biometaani hinna konkurentsivõime tõstmisele.

2024. aasta seisuga oli näiteks Saksamaal põllumajanduslikes (sõnnikupõhistes) biogaasijaamades toodetud biometaani ostu-müügi hind 100–120 eurot MWh,¹⁴⁷ mis on lähedane biometaani (kapitalikulu arvestavale) tootmishinnale Eesti põllumajanduslikes biogaasijaamades.

Biogaasi ja biometaani hinna konkurentsivõimet stsenaariumite tarbimissektorites on käsitletud stsenaariumite kirjelduse all peatükis 4. Alljärgnevas tabelis 74 markeeritakse muud olulised ärilise teostatavuse tegurid stsenaariumite kaupa.

¹⁴⁷ <https://agriportance.com/en/tools/biomethane-development-prices/>.

Tabel 74. Stsenaariumite äriline teostatavus (Hindamiskaala: 4 – teostatav olemasolevate tingimuste juures; 3 – vähesed ületatavad takistused ja riskid; 2 – teostatav lisatingimuste täitmisel; 1 – olulised takistused teostamisel, kõrged riskid)

Stsenaarium	Lõpp-tarbimise MWh hind	Konkurentsi-võime maagaasiga		Konkurentsi-võime mitte-fossilsete kütustega		Täiendav investeeringuvajadus		Ärilise teostatavuse määr	Selgitus
		Lühi-ajaline	Pika-ajaline	Lühi-ajaline	Pika-ajaline	Gaasi-taristusse	Tarbimis-seadme-tesse		
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	2	4	2	3	1	3	3	18	Biometaani konkurentsvõime transpordikütuste turul on lühiperspektiivis tagatud transpordistatistika instrumendiga. Keskpikas ja pikemaajalises vaates väheneb biometaani konkurentsvõime koos elektri- ja vesinikutehnoloogiate arenguga ning keskkonnapoliitiliste piirangutega metaaniheitega sõidukitele. Biometaani kasutuselevõtt üleminekukütusena raskeveokites nõuab veokipargi põhjalikku uuendamist. Gaasibussidega varustus on hea.
B: Transpordi üleminekukütus	2	4	2	3	1	3	2	17	
C: Juhitava elektrijaama kütus	1	1	3	1	2	2	2	12	Biometaani kasutus elektrijaama kütusena on äriiselt mõeldav maagaasi elektritootmise kasutamise keelu järgselt (2040), mil aga võib eeldada nt rohevesiniku konkurentsvõime kasvu. Biometaani kasutus tsentraalse gaasielektrijaama kütusena eeldab investeeringuid gaasivõrgu uuendamisesse ja gaasielektrijaama ehitamist Eestisse.
D: Tööstus	2	1	2	3	2	2	3	15	Tööstuste tehnilise valmisoleku alusel on biometaanil potentsiaali asendada senist maagaasi kasutust. Probleemiks on suured hinnaerinevused. Pikemaajalises vaates võib eeldada tööstustes elektrifitseerimise jätkumist ja vesinikutehnoloogiate kasutusele võtmist.
D2: Keemiatööstuse tooraine	2	1	1	1	1	2	1	9	Keemiatööstuse toorainena konkureerib biometaan maagaasi ja pikemas vaates ka vesinikuga. Ühelgi ajahetkel ei ole ette näha biometaani soodsamat hinda. Ühiskonnal puudub põhjus eelistada biometaani keemiatööstuse toorainena maagaasile ja selle kasutust toetada.
E: Kodud ja ärid	2	1	3	2	1	2	4	15	Kodude ja teenusasutuste soetatud tarbijaseadmete park ja olemasolev gaasivõrk (sh jaotusvõrk) loovad eeldusi biometaani kooskasutuseks maagaasiga. Probleemiks on biometaani hinna kesine konkurentsvõime lühivaates maagaasiga (70–80 eurot MWh vs 30–40 eurot MWh) ning

Stsenaarium	Lõpp-tarbimise MWh hind	Konkurentsi-võime maagaasiga		Konkurentsi-võime mitte-fossilsete kütustega		Täiendav investeeringuvajadus		Ärilise teostavuse määr	Selgitus
		Lühi-ajaline	Pika-ajaline	Lühi-ajaline	Pika-ajaline	Gaasi-taristusse	Tarbimis-seadme-tesse		
F: Soojamajandus	2	1	3	2	1	3	3	15	pikemaajalises vaates mittefossilsete energiaallikate ja tehnoloogiatega. Keskpikas vaates suurendavad biometaani konkurentsivõimet soojatootmises võimalikud kitsendused biomassi (hakkepuut) kasutusele. Olulised on maagaasi keskkonnapoliitiliste meetmetega turult välja tõrjumisega kaasnevad riskid gaasisektori üldiseks nõrgenemiseks pikemaajalises perspektiivis.
G: Transpordi üleminekukütus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	3	4	3	3	2	4	2	21	Biometaani konkurentsivõime transpordikütuste turul on lühiperspektiivis tagatud transpordistatistika instrumendiga. Stsenaariumis visoneeritud üleminek biogaasi kohalikule võrguvabale tarbimisele ringmajanduslikes tootmisparkides (koos võimaliku kogukondlikku kasutusega) vähendab küll biogaasi energia ühikuhinda lõpptarbimise arvestuses, kuid suured väljakutsed seisnevad selliste tootmisparkide laiemas ärilises konkurentsivõimes võrrelduna tööturu ja toodangu transporditeede suhtes paremas asendis olevate tööstustega (pealinnaregioon, Ida-Virumaa).

5.7. Majanduslikud mõjud, sh mõjud regionaalsele arengule

Biogaasijaama majanduslik mõju avaldub eelkõige majanduskasvu kiirendamises ja tööhõive tõstmises ehk töökohtade loomises. Biomajanduse¹⁴⁸ potentsiaali majanduskasvu põhjustajana on esile toodud paljudes uuringutes^{149,150,151}. Ka Euroopa Liidu 2012. aastal vastu võetud biomajanduse strateegias nähakse, et biomajandus suudab säilitada ja luua majanduskasvu ja töökohti ning parandada esmase tootmise majanduslikku jätkusuutlikkust, kusjuures rõhutatud on ka regionaalset aspekti ehk töökohtade loomist maapiirkondadesse.¹⁵² Samu ideid on korratud strateegia uuendatud versioonis.¹⁵³ Biomajanduse positiivseid regionaalse arengu aspekte rõhutab ka OECD biomajanduse strateegia.¹⁵⁴

Samal ajal on kvantitatiivseid uuringuid üpris vähe. Uuringutes kasutatakse sisend-väljund analüüsi ja üldjuhul leitakse biomajandusliku tegevuse tulemusena loodud töökohtade arv ning vahel ka mõju sisemajanduslikule kogutoodangule ja/või maksutulule¹⁵⁵.

Eristatakse otsesest, kaudset ja tuletatud majanduslikku mõju. Kaudsete ja tuletatud mõjude hindamisel on käesolevas uurimuses kasutatud riigi tasandi multiplikaatoreid, kuna kaudsed tarneahela mõjud ja tuletatud mõjud avalduvad suures osas väljaspool seda regiooni, kus biogaasijaam asub. Seega jääks regionaalsete multiplikaatorite kasutamisel osad mõjud arvesse võtmata, mistõttu on eelistatud riikliku multiplikaatori kasutamine.

Stsenaariumite otsesed majanduslikud mõjud tulenevad otseselt biogaasijaama enda tegevusest: mõjud avalduvad investeringutes biogaasijaamade rajamisse, biogaasijaamade iga-aastastes

¹⁴⁸ Biomajandus hõlmab kõiki sektoreid, kus toodetakse, kasutatakse, töödeldakse, levitatakse või tarbitakse bioloogilisi ressursse, ning seonduvaid investeringuid ja teenuseid, sealhulgas ökosüsteemi teenuseid.

¹⁴⁹ Van Dam, J.E.G.; de Klerk-Engels, B.; Struik, P.C.; Rabbinge, R. Securing renewable resource supplies for changing market demands in a bio-based economy. *Ind. Crops Prod.* 2005, *21*, 129–144.

¹⁵⁰ Langeveld, J.W.A.; Dixon, J.; Jaworski, J.F. Development perspectives of the biobased economy: A review. *Crop Sci.* 2010, *50*, 142–151.

¹⁵¹ Johnson, T.G.; Altman, I. Rural development opportunities in the bioeconomy. *Biomass Bioenergy* 2014, *63*, 341–344.

¹⁵² European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, *Innovating for sustainable growth – A bioeconomy for Europe*, Publications Office, 2012, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/6462>.

¹⁵³ European Commission. A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment; European Commission: Brussels, Belgium, 2018.

¹⁵⁴ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*; International Futures Project; OECD: Paris, France, 2018.

¹⁵⁵ Sørensen, J.F.L.; Jørgensen, H.P. Rural Development Potential in the Bioeconomy in Developed Countries: The Case of Biogas Production in Denmark. *Sustainability* 2022, *14*, 11077. <https://doi.org/10.3390/su141711077>.

majandamiskuludes ning biogaasi tootmises loodud töökohtades ja vastavates personalikuludes. Seejuures eeldame, et investeeringutega ei kaasne nn väljakurnamise (*crowding-out*) efekti.¹⁵⁶

Hinnates stsenaariumite panust SKT-sse, on samuti olulised biogaasisektori arenguga kaasnevad:

- a) kaudsed mõjud teistele majandussektoritele, mis on biogaasisektorile sisendite tarnijaks ja mille käive biogaasijaama rajamise tõttu suureneb;
- b) tuletatud mõjud – tekivad otseste ja kaudsete mõjude tulemusel loodud sissetuleku kulutamisel, kuna sellest tekib täiendav sissetulek teistele ettevõtetele;
- c) mõju kaubandusbilansile – sisemaisel ressursil põhinev energiatootmine mõjub positiivselt kaubandusbilansile võrdluses stsenaariumitega, kus stsenaariumi teostamise eelduseks on energia impordi jätkumine (biometaani kooskasutus maagaasiga); biogaasi stsenaariumite laiem positiivne mõju avaldub üksnes juhul, kui sisemaisel ressursil põhineva biogaasi/biometaaniga asendatakse seni imporditud energiat.

Stsenaariumite otseste positiivsete majanduslike mõjude maht on korrelatsioonis stsenaariumites eeldatud biogaasi/biometaani tootmismahitudega. Tootmismahitud tagamiseks rajatavate jaamade arv määrab investeeringute panuse SKT-sse prognoosi- ja analüüsiperioodi ulatuses. Eeldame, et jaamade tootmistsükkel täieliku amortiseerumiseni on keskmiselt 30 aastat ehk stsenaariumites kavandatud tootmisvõimsuste tagamiseks ei ole n-ö kordusinvesteeringuid olemasolevaid jaamu asendavate jaamade ehitamiseks vaja teha. Investeeringute iga-aastase keskmise panuse arvutamiseks SKT-sse jagame perioodil (2024–2050) lisanduvad koguinvesteeringud perioodi pikkusega (27 aastat). Majandamis- ja personalikulude panus SKT-sse sõltub samuti stsenaariumis eeldatud biogaasi tootmismahitudest ning selle rahuldamiseks kasutatavate biogaasijaamade kogumist.

Biogaasijaama kaudseid ja tuletatud majanduslikke mõjusid on keeruline usaldusväärselt prognoosida. Kvantitatiivseid biomajanduse sektori analüüse on vähe ja olemasolevatest enamik ei käsitle otseselt biogaasisektorit. Samuti on tulemused olnud üpris erinevad¹⁵⁷. Mõjude suurus sõltub jaama asukohast, suurusest ja tarneahelast ning ka metodoloogilistest valikutest. Mitmeid uuringuid on tehtud USA-s, kus näiteks ühes neist¹⁵⁸ on neljas erinevas kohas asuva jaama töökohtade multiplikaatorid¹⁵⁹ olnud 2,8 kuni 6,4. Samasse vahemikku jäävad ka näiteks USA bioetanoolile keskendunud uuringute tulemused 4,1¹⁶⁰ ja 3,8¹⁶¹. Eestile lähemal Soomes on jõutud

¹⁵⁶ *Crowding out* efekti puudumisele on jõudnud ka nt Sievers, L *et al.* Macroeconomic impact of the German energy transition and its distribution by sectors and regions. *Ecological Economics*. Volume 160, June 2019, pages 191–204.

¹⁵⁷ Hea ülevaate kvantitatiivsetest uuringutest annab Sørensen, J.F.L.; Jørgensen, H.P. Rural Development Potential in the Bioeconomy in Developed Countries: The Case of Biogas Production in Denmark. *Sustainability* 2022, 14, 11077.

¹⁵⁸ Low, S.A.; Isserman, A.M. Ethanol and the local economy. Industry trends, location factors, economic impacts, and risks. *Econ. Dev. Q.* 2009, 23, 71–88.

¹⁵⁹ Töökohtade võimenduskordaja ehk multiplikaator mõõdab kogu loodud töökohtade arvu ja otseselt loodud konkreetsetes jaamas loodud töökohtade arvu suhet.

¹⁶⁰ De la Torre Ugarte, D.G.; English, B.C.; Jensen, K. Sixty billion gallons: Economic and agricultural impacts of ethanol and biodiesel expansion. *Am. J. Agric. Econ.* 2007, 85, 1290–1295.

¹⁶¹ Swenson, D. *Input-Outrageous: The Economic Impacts of Modern Biofuel Production*; Iowa State University, Department of Economics: Ames, IA, USA, 2006.

ligilähedaselt sarnaste tulemusteni. Näiteks biomassil põhineva biokütuse tehase töökohtade multiplikaatoriks on saadud 3,8–4,4¹⁶². Biogaasijaama uuringutes on töökohtade multiplikaator olnud väiksem. Näiteks Taani uuringus¹⁶³ saadi töökohtade multiplikaator 2,04 (biogaasijaamas otseselt loodud 168 töökohale lisandub jaamale sisendit tootvatest sektoritest 94 töökohta ja läbi tarbimise veel 80 töökohta). Uuringu tulemuste kohaselt on jaama otsene, kaudne ja tuletatud mõju loodavale lisandväärtusele üpris sarnane ja vastav multiplikaator 3,1. Värskes Brasiilia biogaasijaama uuringus¹⁶⁴ hinnati kolme stsenaariumi mõju nii töökohtadele kui ka tootmismahule: tööhõive multiplikaator oli stsenaariumites 2,19 kuni 2,6 ja tootmismahu multiplikaator 3,08–3,47. Hõivesse panustasid kõigis stsenaariumites kõige enam jaamas loodud töökohad, majanduskasvu panustas kõige enam biogaasijaama tuletatud mõju. Tuleb arvestada, et osad vanemad uuringud on olnud metodoloogiliselt küsitavad ja erialakirjanduses on toodud välja biomajanduse pooldajatel kohati esinevat stiimulit kasulikke mõjusid ülehinnata.¹⁶⁵ Eelneva põhjal on käesolevas uuringus eeldatud biogaasijaamade tööhõive multiplikaatoriks 2,2 (kaudne mõju panustab 70% ja tuletatud mõju 50% otsesest mõjust) ning majanduskasvu multiplikaatoriks 3,3 (kaudne mõju panustab 110% ja tuletatud mõju 120% otsesest mõjust).

Stsenaariumite mõju kaubandusbilansile ja selle panusele SKT-sse on nüansirohke. Netoeksporti võib mõjutada nii uute toodete eksport kui ka senise impordi vähenemine. Käesoleva uurimuse stsenaariumite mudeldamisel ei ole biometaaniga ega muude toodete ekspordiga arvestatud, kuid on eeldatud, et biogaasi laiem kasutamine asendab maagaasi impordi. Sisemaisel ressursil põhinev energiatootmine mõjub positiivselt kaubandusbilansile võrdluses stsenaariumitega, kus stsenaariumi teostamise eelduseks on energia impordi jätkumine (biometaaniga kooskasutus maagaasiga). Biogaasi stsenaariumite laiem positiivne mõju avaldub üksnes juhul, kui sisemaisel ressursil põhineva biogaasi/biometaaniga asendatakse seni imporditud energiat. Juhul kui stsenaariumitega samaväärne energiakogus toodetakse mingist muust sisemisest ressursist, tasandub selle mõju netoeksportile ja SKT-le ära.

Stsenaariumite hinnanguline mõju SKT-s (2023. aasta tasemel) jääb vahemikku 0,2–0,48% ning sõltub otseselt stsenaariumites eeldatud biogaasi tootmise ja tarbimise mahtudest (vt tabel 75).

¹⁶² Okkonen, L.; Lehtonen, O. Local, regional and national level of the socioeconomic impacts of a bio-oil production system—A case in Lieksa, Finland. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017, *71*, 103–111.

¹⁶³ Sørensen, J.F.L.; Jørgensen, H.P. Rural Development Potential in the Bioeconomy in Developed Countries: The Case of Biogas Production in Denmark. *Sustainability* 2022, *14*, 11077. <https://doi.org/10.3390/su141711077>.

¹⁶⁴ Ferro G., Ramos M.P., Romero C.A. MEASURING GROSS EMPLOYMENT GENERATION POSSIBILITIES IN THE BIOGAS VALUE CHAIN IN SOUTHERN BRAZIL. *Regional Science Inquiry*, Vol. XVI, (1), 2024, pp. 21–37.

¹⁶⁵ Vt nt Swenson, D. *Input-Outrageous: The Economic Impacts of Modern Biofuel Production*; Iowa State University, Department of Economics: Ames, IA, USA, 2006.

Tabel 75. Biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimise stsenaariumite hinnanguline panus SKT-s

Stsenaariumi nimetus	Mõju perioodi keskmise aasta SKT-le (mln eurot)	Panuse suhe 2023. aasta SKT-sse	Investeeringute maht (mln eurot)	Perioodi keskmised aastased tegevuskulud (mln eurot)
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	60,5	0,16%	182,5	14,2
B: Transpordisektor	154,7	0,41%	354,9	37,9
C: Elektritootmine	264,3	0,70%	542,5	57,2
D: Tööstus	183,6	0,49%	416,2	44,7
E: Kodud ja ärid	159,0	0,42%	416,2	38,4
F: Soojamajandus	209,4	0,56%	403,7	51,1
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstus-sümbioosis	129,7	0,34%	361,1	30,2

Üks olulisemaid majanduslikke mõjusid on töökohtade loomine. Töökohtade hinnangulisest arvust biogaasijaamades stsenaariumite kaupa annab ülevaate tabel 76. Eelkõige omavad makromajanduslikust vaatest tähtsust püsivad töökohad, mis tekivad biogaasijaama enda töös hoidmiseks, tarneahelasse kuuluvates ettevõtetes ja laiemalt kogu majanduses biogaasijaama tuletatud majandusliku mõju tõttu. Täiendavalt tekivad ajutised töökohad jaamade rajamisel: MWe (megavati elektrivivalent) kohta biometaaniseerimise sektoris kasutusele võetud võimsusega luuakse hinnanguliselt 14 ajutist töökohta otseselt tehase projekteerimiseks, arendamiseks ja ehitamiseks¹⁶⁶.

Tööhõive võimenduskordaja tõttu lisandub biogaasijaamades loodud töökohtadele täiendavaid töökohti läbi kaudsete mõjude stsenaariumist sõltuvalt 832 (stsenaarium A) kuni 1813 (stsenaarium E2) ja läbi tuletatud mõjude 594 (stsenaarium A) kuni 1295 (stsenaarium E2).

Biogaasistsenaariumite teistest energiatootmise ja -tarbimise stsenaariumitest eristuv majanduslik mõju avaldub selgemini sektoraalsel ja regionaalsel tasandil.

¹⁶⁶ Maailma Biogaasi Assotsiatsiooni (World Biogas Association) 2019. a aruanne; viidatud Strutskin, P. Maailma biogaasipotentsiaal. Tallinn, 2022 alusel.

Tabel 76. Töökohtade hinnanguline arv biogaasijaamades

Stsenaariumi nimetus	Perioodi keskmine töötajate arv biogaasijaamades	Aasta-töökohtade arv perioodi üleselt	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	22	648	25	40	36	22	6	0
B: Transpordisektor	79	2384	25	58	94	97	102	102
C: Elektritootmine	102	3061	25	56	116	138	138	138
D: Tööstus	85	2553	26	52	93	114	114	114
E: Kodud ja ärid	76	2283	25	55	62	114	104	97
F: Soojamajandus	95	2854	26	101	111	111	111	111
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstussümbioosis	82	2470	26	72	93	98	102	102

Kõigil stsenaariumitel on positiivne mõju põllumajandussektori (esmajoones loomakasvatuse alamsektori) säilienõtkuse tagamisele võimalike KHG heite põhiste kohustuste ja maksude kehtestamist ennetavana. Põllumajandussektori hetketulud biogaasi tootmisest on siiski madalad. Tootmiseks vajalik substraat antakse tootjatele vastutasuna (lägast paremate omadustega) digestaadile. Küll aga on hinnastatud-tasustatud rohtsete jääkide transport biogaasijaamadesse. Jäätmesektoris (ning biojäätmelid ja -jääke tekitavas toiduainetööstuses) ja veemajanduses võimaldab biogaasi tootmine vähendada jäätmetekke, veo- ja ladestamise kulusid. Biometaani kasutamine transpordis omab positiivset mõju transpordisektorile, panustades uute töökohtade loomisse, eriti seoses biometaanitanklate ja tootmisüksuste rajamise ning hooldamisega¹⁶⁷.

Stsenaariumites, kus eeldatakse rohtse biomassi ja energiakultuuride kasutusele võtmist biogaasi tootmisel, sõltub mõju sellise majandustegevuse mõjude täpsematest arvustustest, mis võtavad arvesse kogu tootmise ja tarbimise elutsükli ning energiakultuuride kasvatamise mõju maakasutuse KHG bilansile, millega seostatakse sektorile ja tootjatele kohustusi ja tasusid.

Kuivõrd valdav osa biogaasi tootmiseks kasutatavast ressursist ja biogaasijaamadest paiknevad maapiirkondades, on kõigil stsenaariumitel positiivne mõju majanduse regionaalsele tasakaalustatusele. Sarnasele järeldusele on jõutud ka varasemates biomajanduse regionaalsete mõjude uuringutes¹⁶⁸¹⁶⁹. Stsenaariumite mõjudest majandusele ja regionaalsele arengule annab ülevaate tabel 77. Enamiku stsenaariumite positiivset regionaalset mõju vähendab asjaolu, et

¹⁶⁷ Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021–2035, s.a.

¹⁶⁸ Johnson, T.G.; Altman, I. Rural development opportunities in the bioeconomy. *Biomass Bioenergy* 2014, 63, 341–344.

¹⁶⁹ Van Dam, J.E.G.; de Klerk-Engels, B.; Struik, P.C.; Rabbinge, R. Securing renewable resource supplies for changing market demands in a bio-based economy. *Ind. Crops Prod.* 2005, 21, 129–144.

toodetud biogaas/biometaan suunatakse n-ö üleriigilisse tarbimisse (ja hetkeseisuga täpsemalt valdavalt isegi Tallinnasse ja Tartusse) ning see ei ole seotud kohaliku energiamahuka tootmise edendamisega biogaasi tootmise asukohapiirkondades. Stsenaariumite teostatavus sõltub gaasivõrgu toimimisest ja transporditarbimist eeldavate stsenaariumite puhul ka gaasitanklate võrgustikust. Mõlemad kalduvad koonduma tarbimismahtude kontsentratsiooni piirkondadesse ehk toimivad regionaalset ebavõrdsust suurendavana. Gaasivõrgu puhul on riskiks see, et Venemaaga ühenduste katkemise järgselt ning gaasitarbimise kahanemisel ei pruugi idasuunaliste (esmajoones Lõuna- ja Kagu-Eestis) põhivõrgu torustike majandamine olla majanduslikult mõttekas ning need kas lammutatakse või lähevad üle n-ö saarelisele toimimisele. Gaasitanklate võrgustiku arendamisel (ja seda paralleelselt elektrilaadimise taristuga) on perifeersed hõredama asustusega piirkonnad samuti halvemas olukorras ning turutõrke ületamine eeldab täiendavaid toetusi.

Tabel 77. Stsenaariumite mõjud majandusele ja regionaalsele arengule (Hindamiskaala: 4 – oluline positiivne mõju; 3 – enamuses positiivsed mõjud; 2 – neutraalsed või teineteist tasakaalustavad mõjud; 1 – negatiivsed mõjud)

Stsenaarium	Töökohad	SKT	Mõju majandus-sektoritele	Mõju majandusele	Mõju regionaalsele tasakaalustatusele
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	2	2	3	7	2
B: Transpordi üleminekukütus	3	3	3	9	2
C: Juhitava elektrijaama kütus	3	3	3	9	2
D: Tööstus	3	3	3	9	3
E: Kodud ja ärid	4	3	3	10	3
F: Soojamajandus	4	3	3	10	3
G: Transpordi üleminekukütus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	3	3	3	9	4

5.8. Kliima- ja keskkonnamõju

Biogaasi tootmise ja tarbimise stsenaariumite positiivne kliimamõju väljendub bioloogiliste jääkide ja jäätmete lagunemisel tekkivate kasvuhoonegaaside (põhiliselt metaangaas, 50–75% ja süsihappegaas, 25–45%) ringmajanduslikku kasutusse võtmises ja keemilises muundamises. Biometaani põletamisel eraldub sellest (lisaks veele) umbes sama kogus süsihappegaasi, kui on selle tootmiseks vaja minevas bioloogilises ressursis ehk vastavat keemilist protsessi võib iseloomustada kui süsinikuneutraalset. Sellises käsitluses oleks stsenaariumite mõju KHG bilansile võrdne biojäätmetest ja -jääkidest eraldatud/toodetud metaangaasi (energeetilise) mahuga. Suurema siseriiklike ressursside kasutusega stsenaariumite positiivne kliimamõju oleks proportsionaalselt suurem võrdluses väiksema tootmismahuga stsenaariumitega. Ringmajanduslikku kasutusse võetud biometaani KHG heitest stsenaariumite kaupa annab ülevaate tabel 78.

Tabel 78. Stsenaariumites ringmajanduslikku kasutusse võetud biometaani KHG heite arvestuslik maht CO₂ ekvivalenttonnides

Stsenaariumi nimetus	Aasta-keskmine	2025	2030	2035	2040	2045	2050
A: Rajatud tootmisvõimsuste ammendamine	478 903	542 129	927 075	827 747	463 418	113 051	0
B: Transpordisektor	1 264 537	525 706	970 297	1 405 990	1 480 362	1 602 434	1 602 434
C: Elektritootmine	1 845 085	533 976	920 811	1 975 073	2 546 883	2 546 883	2 546 883
D: Tööstus	1 408 561	544 085	804 641	1 370 167	1 910 825	1 910 825	1 910 825
E: Kodud ja ärid	1 242 225	542 890	890 427	955 738	1 910 825	1 666 682	1 486 787
F: Soojamajandus	1 588 208	550 761	1 590 102	1 847 095	1 847 095	1 847 095	1 847 095
G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstussümbioosis	1 304 729	557 515	1 118 573	1 381 616	1 518 911	1 625 880	1 625 880

Praktikas võib biogaasi ja biometaani tootmis- ja transpordiprotsesside eripäradest (protsesside endi energiakulu, energiavajaduse rahuldamiseks kasutatavate kütuste KHG heide, gaaside lekked protsessi eri etappidel jms), samuti kasutatava sisendsubstraadi liigist ja biogaasi/biometaani tarbimissektori eripäradest tulenevalt biogaasi/biometaani tootmise ning tarbimise väärtusahel omada küllalt erinevat KHG heite ja sidumise bilanssi.

Biogaasi/biometaani tootmisel ja tarbimisel on **ka laiem keskkonnamõju kui üksnes kasvuhoonegaasidega seonduv**. See avaldub aga peamiselt biogaasi stsenaariumite võrdluses teiste kütuste kasutusega samaväärse energiakoguse tootmisel ja tarbimisel. **Võimalikud lekked biogaasi tootmises ja gaasitranspordis võivad halvendada õhukvaliteeti tootmisjaamade läheduses**. Need riskid on iseloomulikud kõigile biogaasi tootmise ja tarbimise stsenaariumile – mida enam biogaasijaamu tarbimismahu katmiseks on vaja, seda rohkem on asukohti, kus riskid võivad realiseeruda. Biometaani transpordiga seotud õhukvaliteeti halvendavaid riske saab vähendada biogaasi kohapealse kasutusega. Transpordis kaasneb biometaani kasutusega võrdluses vedelkütustega (diiseli, bensiini) vahetuid heitgaase transporditaristul ja selle vahetus

mõjualas, esmajoones linnades. Võrdlusena elektri- ja vesinikusõidukitega on biometaani kasutusel aga oluliselt negatiivsem mõju õhukvaliteedile sõidukite läheduses.

Põllumajanduslikke biogaasijaamasid kasutatavate stsenaariumite mõju mullakvaliteedile on positiivne. Biogaasi tootmise jääkprodukt – digestaat – on lisaks paremale kvaliteedile väetisena ka paremate keskkonnaomadustega võrrelduna sõnnikulägaga. Sama kehtib ka biojätmetel põhineva biogaasi tootmise kohta, mille jääkproduktiks olev kompost annab väikese positiivse panuse muldade säästlikuks kasutuseks. Seejuures on oluline tagada biometaani tootmiseks kasutatud sisendi kontroll selleks, et põllud ei saaks kahjustatud. Reoveesetete jääkide taaskasutus nõuab veel puhastuslike tehnoloogiate arendamist, et selle loodusesse suunamine oleks ohutu.

Lammialade rohtse biomassi kasutamine biogaasi tootmise ressursina sisaldab endas mitmeid ohte (või ka negatiivseid mõjusid) muldadele ja elurikkusele. Orgaanilise aine välja viimine loodusliku kõlviku ökosüsteemist vaesestab sealseid muldasid. Digestaadi tagasi viimine sinna võib negatiivselt mõjuda aga liigirikkusele, luues eeliselingimusi üksnes rohketoitelistele taimedele. Rohtsete energiakultuuride kasvatamine jääksoodes võib omada nii (algset) positiivset mõju looduse taastumisele ja elurikkusele kui ka pikemaajalist negatiivset mõju kõlvikute elurikkusele. Samuti kaasneb nende hajusalt paiknevate ressursside kogumisega suur transpordikoormus, mis digestaadi tagasiviimisel loodusesse kahekordistub. Stsenaariumite kliima- ja keskkonnamõju on toodud tabelis 79.

Tabel 79. Stsenaariumite kliima- ja keskkonnamõju (Hindamiskaala: 4 – oluline positiivne mõju; 3 – enamuses positiivsed mõjud; 2 – neutraalsed või teineteist tasakaalustavad mõjud; 1 – negatiivsed mõjud)

Stsenaarium	Kliimamõju: mõju metaaniringele	Mõju muldadele	Mõju elurikkusele	Mõju õhu-kvaliteedile	Mõju loodus-keskkonnale	Selgitus
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	3	4	4	3	8	Teistest stsenaariumitest madalam biogaasi tootmise tase tähendab ka väiksemat positiivset mõju KHG heitele, kuid rohtse biomassi ja energiakultuuride kasutuse vältimine väldib riske muldadele ja elurikkusele. Biometaani kasutus transpordis omab suurimat suhtelist heite vähendamise potentsiaali.
B: Transpordi üleminekukütus	4	4	4	3	8	Biometaani kasutus transpordis omab suurimat suhtelist heite vähendamise potentsiaali.
C: Juhitava elektri jaama kütus	4	3	3	2	6	Loovad nõudlust rohtse biomassi jaamade kasutamiseks, millega kaasnevad riskid elurikkusele ja muldadele.
D: Tööstus	4	3	3	2	6	
D2: Keemia-tööstuse tooraine	4	3	3	2	6	
E: Kodud ja ärid	4	4	4	3	8	
F: Sooja-majandus	4	3	3	2	6	
G: Transpordi üleminekukütus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	4	4	4	4	8	Biogaasi kohapealse kasutusega välditakse biometaani transpordiga seotud täiendavat energiakulu ja keskkonnakoormust, samuti vähendatakse leketest tuleva õhureostuse riske.

5.9. Mõju energiajulgeolekule

Biogaasi/biometaani tootmine suurendab riigi energiaga isevarustatuse ja juhitavuse taset, kuid selle tootmispotentsiaal suudab parimal juhul rahuldada 3–4% riigi energiavajadusest. Samuti on positiivse mõjuga energiatoomise hajutus. Mõningast positiivset mõju energiajulgeolekule lisab ka kasutatavate kütuste/energiaallikate mitmekesisus, mh gaasiliste kütuste turul püsimise arvelt, millesse annab oma panuse ka biogaas/biometaan. Stsenaariumitest eristuvad lühiajaliste poliitikaeesmärkide, juhitava elektri ja transpordi üleminekukütuse stsenaariumid, kus biogaasil nähakse olevat ajutine roll ühiskonna energiavarustuse tagamisel, kuid pikaajalises vaates eeldatakse biogaasitootmise ja -tarbimise vähenemist ja lakkamist.

Samas suurendab sõltuvus suurtest üleriigilistest võrkudest (sh gaasi põhivõrgust) energiavarustuse haavatavust, nt looduskatastroofide või sõjategevuse mõjul. Põhiline kvalitatiivne erinevus stsenaariumite vahel ongi peamiselt gaasivõrgul põhinevate arenguteede ning kohaliku ringmajandusliku mudeli vahel. Hajutatud energiatootmine ja võrguvaba tarbimine on oluline osa säilenõtkusest, kerksusest. Stsenaariumite mõju energiajulgeolekule on toodud tabelis 80.

Tabel 80. Stsenaariumite mõju energiajulgeolekule (Hindamisskaala: 4 – oluline positiivne mõju; 3 – enamuses positiivsed mõjud; 2 – neutraalsed või teineteist tasakaalustavad mõjud; 1 – negatiivsed mõjud)

Stsenaarium	Energiaga/ toormega isevarustatus	Energeetiline mitmekesisus	Riskid seoses erakorraliste olukordadega	Mõju energia- julgeolekule
A: Loodud ja loodavate võimsuste kasutamine transpordis	2	2	3	7
B: Transpordi üleminekukütus	3	2	3	8
C: Juhitava elektrijaama kütus	4	2	3	9
D: Tööstus	4	3	3	10
D2: Keemiatööstuse tooraine	4	3	2	9
E: Kodud ja ärid	3	3	2	8
F: Soojamajandus	4	3	3	10
G: Transpordi üleminekukütus ja ringmajanduslik regionaalne tööstus	4	3	4	11

5.10. Kokkuvõte

Stsenaariumite teostatavuse ja mõjude temaatiliste kriteeriumite skalaarsete hinnangute koondpilt näitab, et **kõigi ambitsioonikamate stsenaariumite elluviimisel võib prognoosida olulisi takistusi ja piiranguid**. Ootuspäraselt on teostatavaim loodud ja loodavate tootmisvõimsuste rakendamise (biometaan transpordis) stsenaarium A, mis tugineb varasematele poliitikaotsustele ja investeringutele. **Koondhinnangus parima punktiskoori saanud biometaani üleminekukütuse ja ringmajandusliku regionaalse tööstuse stsenaariumi G teostatavus on võrdluses teiste stsenaariumitega hea lühi- ja keskpikas vaates**, kus see suures osas kattub loodud tootmisvõimsuste transpordisektoris kasutamise stsenaariumiga. Biogaasi tarbimise suunamine transpordinõudluse kahanemisel kohaliku ringmajanduslikku tootmisesse nõuab vastupidiselt olulisi muutusi nii Eesti energiapoliitikas (hajutatud, autonoomse ja kogukondliku energiasektori arengu prioriseerimine) kui ka regionaal-, majandus- ja tööstuspoliitikas (lõimitud valitsemisvaldkondade ülesed lahendused, riigi sekkumiste kasv nn turutõrkepiirkondades). **Stsenaariumi potentsiaalsed positiivsed mõjud on siiski jõupingutust väärivad**. Muuhulgas võib sellest stsenaariumist lähtumine pakkuda biogaasile turvalisemat **spetsiifiliste konkurentsieelistega (hajutatud, tuule- ja päikeseenergia tootmisalasid täiendavad asukohad roheenergia tootmiseks, lähedus väärindatavale bioressursile) kasutusvõimalusi kiiresti muutuval energiatootmise ja -tarbimise turul**.

Tegemist on järeldusega sektoraalsete stsenaariumite analüüsist – kui **arengutee, mis võib tagada biogaasile/biometaanile hinnakonkurentsivõime ja pikaajalise autonoomse tarbimisniši**. Sellisena on see stsenaarium võetud aluseks teekaardi visiooni ja selle visiooni elluviimiseks vajalike muudatuste sõnastamisel.

6. KESTLIKU BIOGAASI TOOTMISE JA KASUTUSELEVÖTU SUURENDAMISE TEEKAARDI ETTEPANEK

Teekaardi ettepaneku aluseks on „Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsi“ tarbimissektorite põhistest stsenaariumitest sünteesitud **stsenaarium, milles kombineeritakse biometaaniga kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades**. Teekaardi ajaliselt esimeses pooles eeldatakse, et toimivate (esmajoones biometaaniga transpordistatistika) ja täiendavate (nt gaasiveokite soetamise toetus) poliitikainstrumentide toel säilib keskpikas vaates biometaaniga kasutus ühistranspordis. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuvenergia osakaalu transpordikütustes suureneb biometaaniga tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite kasutajate ja tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad aga alates 2035. aastast kiiresti vähendama biometaaniga tarbimist transpordisektoris, kus on olemas muud väiksema KHG heitega tehnoloogiad. Kiiresti muutuvast poliitilisest raamistikust ja konkureerivate tehnoloogiliste lahenduste (nt elektrilised raskeveokid, vesinikku kütusena kasutavad sõidukid) turuküpseks saamise ettemääramatusest põhjustatud ebakindlust transpordisektori nõudluse püsimisel 2030-ndatel maandatakse biometaaniga kasutamise soojuse tootmises. Seda toetab ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) suunis, minna soojuse tootmisel üle CO₂ heite vabadele lahendustele ning soovitus vältida olemasolevate gaasikatelde enneaegset kasutuse lõpetamist.

Transpordisektori ja soojamajanduse biometaaniga nõudluse asendamine biogaasi valdavalt tööstusliku kasutusega 2030-ndatel toimub kooskõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus sätestatud ringmajanduse põhimõtte (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärimise (§ 23) ülesannetega. Järk-järgult minnakse üle kohalikele võrguvabale biogaasi tarbimisele biogaasijaamade läheduses laienevates või kujunevates piirkondlikes tööstussümbioosi mudelit rakendavates tööstusparkides ja/või energiakogukondades. Sellega välditakse ülemäärast energiakulu biogaasi muundamisel ja transpordil ning riske, mis kaasnevad gaasivõrgu arenguga. Samuti tagatakse teisese toorme maksimaalne kohapealne väärimine. Biogaasi kohalik autonoomne võrguvaba kasutus tööstussümbioosis ja energiakogukondades panustab ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) sõnastatud Eesti energiapuuduse tagamise ühe peamise väljakutsega tegelemisesse – tõsta hajapiirkonna võimekust toota lokaalselt energiat. Teekaardis kirjeldatud arengud on kooskõlas ka ENMAK 2035 eelnõu sisalduva eeldusega gaasivarustuse arendamisel – „hajutatud gaasivarustus võimaldab gaasitarbijatel jätkata ja üle minna taastuvgaaside kasutusele elektri- ja soojusenergia tootmisel ja tarbimisel (sh hooned), transpordis ja tööstuses“. ENMAK 2035 eesmärk suurendada biometaaniga osakaalu tööstustarbimises 20% ehk u 150 GWh/a saavutatakse ja ületatakse biogaasi

tarbimisega ringmajanduslikes tööstusparkides. Teekaardis ühendatakse biogaasi tootmise keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid regionaalpoliitiliste eesmärkidega.

6.1. Lähteolukorra kirjeldus

Biogaasi ja biometaani tootmine Eestis

2023. aasta lõpu seisuga toodeti Eestis biogaasi mahus 0,2 TWh/a. Valdavalt väärindati biogaas biometaaniks. Aastatel 2024–2025 lisandub vähemalt kaks biogaasijaama tootmismahuga kokku u 130 GWh/a ning KIK toetusmeetme abil aastaks 2026 veel neli biogaasijaama summaarse tootmismahuga u 180 GWh/a. Seega võib prognoosida biogaasi aastaseks tootmismahuks 2027. aastast alates 0,5 TWh/a.

Valdavalt on Eestis kasutusel põllumajanduslikud biogaasijaamad, kus biogaasi peamine tootmisressurss on loomasõnnik, millele lisatakse taimset substraati (põhk jms). Töötab ka üks üksnes biojätmetel põhinev biogaasijaam ja neli reoveesetetest biogaasi tootvat jaama.

Biogaasi ja biometaani tarbimine

Biometaani peamine tarbija on transpordisektor ja spetsiifilisemalt biometaani kasutavad ühistranspordisõidukid, millest valdav enamik teenindab suuremate linnade bussiliine. Biometaani tootmishind on võrrelduna maagaasi sisseostuhinnaga kallim, selle konkurentsivõimet transpordisektoris toetab transpordistatistika müük.

Biometaani tarbimine on kasvutrendis, samas kui maagaasi sisetarbimine on kahanenud 2013. aasta 6,45 TWh-lt 3,8 TWh-ni 2023. aastal. Gaasiliste kütuste lõpptarbimise maht on 2,5 TWh/a. Olulisemad tarbimissektorid on tööstus (0,7 TWh/a), kodumajapidamised (0,57 TWh/a), ärid ja teenusasutused (0,54 TWh/a) ning transpordisektor (0,5 TWh/a). Kõige stabiilsem on viimasel kümnendil olnud tarbimine kodumajapidamistes.

2021. aastal koostatud gaasitarbimise pikaajalises prognoosis¹⁷⁰ nähakse maagaasi tarbimise kahanemise trendi jätkumist, mis süveneb peale 2040. aastat. 2050. aastaks prognoositakse maagaasi tarbimist 0,35 TWh/a mahus, valdavalt tööstussektoris.

¹⁷⁰ Civitta Eesti AS 2021. Gaasitarbimise puhtale energiale ülemineku uuring – Eesti gaasitarbimise prognoos kuni 2050. aastani. Tellija: Elering AS.

Tootmise potentsiaal

„Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsi“ tulemuste põhjal on kestliku biogaasi – see tähendab jäätmete, jääkide ja sobivate põllumajanduslike kõrvaltoodete ressursist toodetud biogaasi – tootmispotentsiaali maht ligi 0,8 TWh/a. Analüüsis kaardistati ka rohtse biomassi ja energiakultuuride põhise biogaasi tootmise täiendav potentsiaal, mille energeetiliseks väärtuseks biogaasi tootmisel hinnati u 0,6 TWh/a. Arvestades üksnes rohtsel biomassil töötavate jaamade energiaühiku tootmishinna kõrgemat arvestuslikku taset, Eesti tingimustele sobivate tehnoloogiate vähesust hetkeseisuga ning sellise majandustegevuse vähest kasu KHG bilansile, siis **on kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu teekaardi aluseks võetud siseriiklik tootmispotentsiaal mahus 0,8 TWh/a. Alakasutatud põllumajandusmaa ja poollooduslike rohumaade rohtse biomassi kasutamine biogaasi tootmisel võib eesmärgipäraseks osutada täiendava arendustöö ja/või ärilise ja keskkonnapoliitilise keskkonna muutumisel.**

Potentsiaali rakendamist toetavad ja takistavad tegurid

Biogaasi tootmine ja tarbimine on seni toetunud riiklikele investeerimistoetustele biogaasijaamade ehitamiseks ning maagaasi ja biometaani hinnaerinevuse kompenseerimisele. Praegu tagab biometaani konkurentsivõime transpordikütuste turul transpordistatistika müügisüsteem. Biogaasi/biometaani hinna konkurentsivõime kütuste turul on ka jätkuvalt peamine tootmispotentsiaali rakendamist määrav/kujundav tegur. Oluline on nii konkurents fossiilsete kütustega (maagaas, diislikütus, põlevkivielekter) kui ka mittefossiilsete kütustega (hakkepuit, taastuvelekter, HVO, puhas vesinik).

Biogaasi tootmispotentsiaali rakendamise üheks eelduseks on metaangaasi kui energiakandja kasutus majanduses. Transpordisektoris tähendab see vajadust suurendada gaasiveokite arvu, sektoriteüleselt aga vajadust tagada piisav metaangaasi tarbimine gaasivõrgu töös hoidmise majandusliku tasuvuse piires. Eestis ja regioonis potentsiaalselt toodetav biometaani maht ei ole piisav oluliselt suuremast varasemast gaasitarbimisest lähtudes üles ehitatud põhi- ja jaotusvõrgu ülal hoidmiseks. Seega on vähemalt keskpikas vaates biometaani konkurentsivõime seisukohast oluline ka maagaasi tarbimise vähenemise peatamine.

Peamised fossiilse metaangaasi tarbimist takistavad tegurid on EL-i ja siseriiklikud keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid vähendada KHG heidet ning sellest tulenevalt ka fossiilsete kütuste kasutust. Eeldades, et jõustatakse kliimakindla majanduse seaduseelnõus (02.12.2024) seatud eesmärk, et alates aastast 2040 on elektritootmine ja soojusmajandus (kui peamised hetkeseisu ja potentsiaalsed gaasitarbijad) Eestis heitevabad, fossiilkütuste vabad, siis tuleb seejärel leida maagaasile alternatiivsed kasutused ja/või asendada gaasivõrgus maagaas sünteetilise metaani või imporditava biometaaniga. Asendamise mahud sõltuvad võrku jääva metaangaasi tarbijate hulgast ja võimest võrku võrgutasusid makstes üleval hoida. Eeldades, et gaasivõrgu tarbijate langustrend on jõudnud kriitilisele tasemele üsna lähedale, võib vajaliku asendusmahu suuruseks hinnata vähemalt 2–3 TWh/a mahus metaangaase. Siseriiklikul sünteetilisel metaanil põhineva gaasivõrgu dekarboniseerimise peamine takistus on suur energiakadu sünteetilise metaani

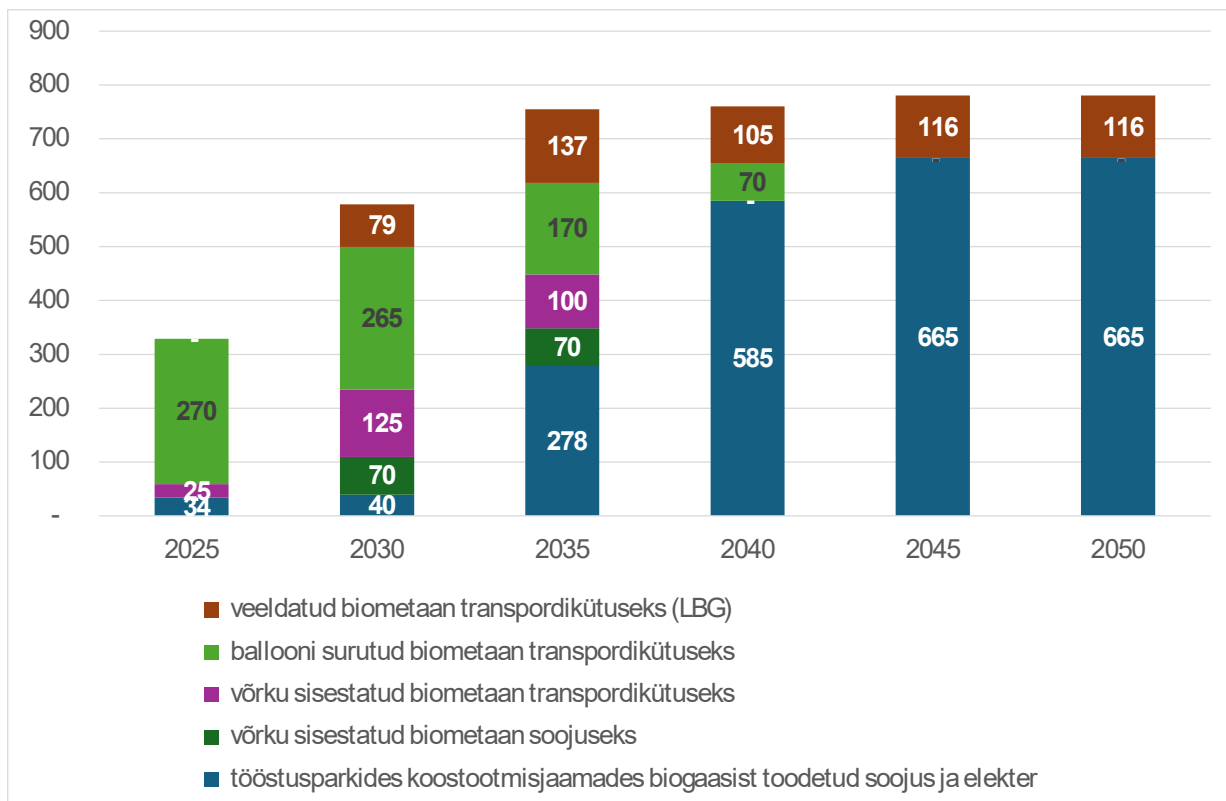
tootmisel ja sellega seotud kõrge tootmishind. Ka on piiratud biometaani impordi võimalused. Hinnanguliselt suudab biometaan katta 20% EL-i varasemast maagaasi tarbimise mahust ja seda koos rohtse biomassi kasutusega biometaani tootmisel. **Nendest riskidest tulenevalt on kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise teekaardi ettepanek koostatud sellisena, et selle elluviimine ei eelda pikaajalises (2040+) vaates maagaasi põhivõrgu kasutamist.** Juhul kui taastuvate kütuste laiapõhjalises täiendavas analüüsis jõutakse tulemuseni, et sellises koguses sünteetilise metaani tootmine on majanduslikult otstarbekas või tekib regionaalsele gaasiturule piisavalt biometaani imporditavat mahtu, siis on täidetud eeldused ka biometaani transpordiks gaasivõrgus ja saab võimalikuks selle kasutamine elektritootmise juhitavaid võimsusi tagavates gaasielektrijaamades. Arvestades biometaani siseriikliku ressursi piiratud tootmiskahte, saaks sellega katta üksnes osa gaasielektrijaamade kütuse vajadusest.

Pikemaajaliste investeeringute riske biometaani tootmisesse suurendab ka energiapoliitika, tehnoloogiliste arengute (nt elektri- ja vesinikusõidukite areng) ja kütuseturgude arengute raskesti prognoositavus. Nii on Elering AS nõus garanteerima võrguteenust üksnes aastani 2038, mil investeeringute puudumisel võrk senise teadmise põhjal amortiseerub. Kehtestatud on sise põlemismootoriga väikesõidukite tootmise keeld aastast 2035, linnaliinide sise põlemismootoriga ühissõidukid muutuvad dotatsioonkõlbmatuks ja mittelubatuks aastal 2040. Erinevad on määruste ja direktiivide tõlgendused huvirühmade poolt, samuti on direktiivides jäetud riikidele võimalus otsustada ka teisiti. Detailsem ülevaade tootmist ja sektoriaalset tarbimist mõjutavatest teguritest stsenaariumite kaupa on esitatud „Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsi“ aruande 5. peatükis.

6.2. Visioon

Kestliku biogaasi tootmisel võetakse kasutusele ressurss, mis tagab biogaasist toodetud energia konkurentsivõime, arvestades selle positiivset mõju KHG bilansile ja ringmajanduslike eesmärkide saavutamisele. Biogaasi tootmise ja kasutamise suurendamise teekaardi ellu viimisel panustatakse kliimakindla majanduse seaduseelnõus (02.12.2024) sätestatud energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärindamise (§ 23) ülesannete täitmisesse.

Lühi- ja keskpikas perspektiivis on prioriteediks juba rajatud või toetustega kaetud kavandatavatele tootmisvõimsustele stabiilse kliendibaasi tagamine. Sel eesmärgil laiendatakse toimiva biometaani kui taastuvenergia transpordistatistika turuinstrumendi toel biometaani tarbimist transpordisektoris uute kasutajagruppide (maanteeveondus, põllumajandustehnika, laevandus) arvelt. Üleminekulahendusena ja riskide maandamiseks suunatakse osa toodetavast biometaanist ka soojuse tootmisesse, kus see muuhulgas toetab kliimakindla majanduse seaduseelnõus avalikule sektorile seatud kohustusi näidata eeskju KHG heite vähendamisel.



Joonis 19. Biometaani ja biogaasi tootmismahud kütuse liigi ja kasutuse alusel, GWh/a

Pikemaajaline prioriteet on biogaasi kohalik ringmajanduslik kasutus esmajoones piirkondliku tööstuse võrguvaba hajutatud roheenergia tagamisel, täiendusena tuule- ja päikeseenergiaparkide võrgustikule. Ülemineku ettevalmistamist tuleb alustada juba lähiperioodil (mh EL-i struktuurifondide uue 2028+ vahendite kavandamisel), kuid investeeringud ülemineku võimaldamiseks jäävad valdavalt 2030-ndatesse. Need investeeringud puudutavad nii uute biogaasijaamade rajamist piirkondliku tööstuse arendamise seisukohast sobivatesse asukohtadesse kui ka biogaasijaamade lähedaste tööstusalade arengu toetamist, sh elektri ja soojuse koostootmiseadmete jms tööstussümbioosi toetavate lahenduste soetamist. Regionaal- ja tööstuspoliitiliste eesmärkide lisandumise tõttu biogaasi tootmisvõimsuste kasvuga ei kiirustata. Siseriiklikul ressurtsil põhinev biogaasi tootmise ja tarbimise optimaalne maht 0,8 TWh/a saavutatakse aastaks 2035.

6.3. Prioriteetsed ülesanded

Visiooni saavutamiseks vajalikud tegevused jagunevad viide suuremasse ülesannete kompleksi.

1. Kõrge primaarse kontsentreeritud metaaniheitiga sektorite (loomakasvatus, jäätmemajandus, veemajandus) ja nende sektorite saastavate majandusüksuste motivatsiooni tõstmine tootmisjääkide, jäätmete ja kõrvalsaaduste suunamiseks biogaasi tootmisesse.

2. Gaasitehnoloogiliste seadmete ja taristu arendamine ning hoidmine (vähemalt keskpikas perspektiivis).
3. Konkurentsivõime tagamine võrdluses fossiilsete kütustega.
4. Võrdse konkurentsituatsiooni tagamine võrrelduna teiste keskkonnasõbralike energiaallikate ja kütustega.
5. Täiendava ressursi kasutuselevõtu võimaluste otsimine, uute tehnoloogiate arendamine ja piloteerimine.

Ülesanne 1: Biogaasi tootmiseks sobivate jäätmete, jääkide ja põllumajanduslike kõrvalsaaduste tootjatele stabiilse motivatsioonikeskkonna loomine

Hetkeseisuga on kõrge primaarse kontsentreeritud metaaniheitega sektorite (loomakasvatus, jäätmemajandus, veemajandus) kõige tugevam motivatsioon loodud jäätmemajanduses, kus biolagunevate jäätmete jäätmetasud loovad eelduse jäätmete eest jäätmetasust madalama n-ö vāravatasu küsimist biogaasijaama poolt. See loob biogaasijaamale täiendava tuluallika, mis võimaldab katta biogaasi kõrgemat tootmishinda võrdluses näiteks maagaasiga. Eestis on potentsiaali lisaks ühele tegutsevale biolagunevate jäätmete tsentraalsele biogaasijaamale veel ühe suurema (u 14 GWh/a energiatoodanguga, soetusmaksumus u 12 mln eurot) ja kuni kaheksa väiksema (3,7 MWh/a, 3,6 mln eurot) biogaasijaama rajamiseks. Teekaardi tegevuskavas kavandatakse nende jaamade rajamiseks investeeringutoetused (20% investeeringumaksumusest).

Veemajandussektoris motiveerib reoveesetetest biogaasi tootma keskkonnatasude seadus, kuid investeeringute ja majandustegevuse tasuvuspiir muudab sellise tegevuse majanduslikult mõistlikuks praegu üksnes neljas reoveepuhastusjaamas. Täiendavalt on biogaasi tootmispotentsiaali kasutuselevõtuks otstarbekas hankida biogaasi tootmise seadmed (soetusmaksumus u 4 mln eurot) veel kuni neljas suuremas reoveepuhastusjaamas. Teekaardi tegevuskavas kavandatakse nende seadmete rajamiseks investeeringutoetused (30% investeeringumaksumusest).

Põllumajandustootjate motivatsioon on hetkeseisuga puhtalt äriline ja vabatahtlik – kui soov (ja ka turusurve) oma tootmise jalajälje vähendamiseks. Valdavalt antakse sõnnik biogaasitootjatele tasuta ja selle vastu saadakse lāgast paremate väetamisomadustega digestaat. Regulaatiivsed motivaatorid puuduvad.

Põllumajandustootjate motiveerimiseks kavandatakse teekaardi tegevuskavas tegevusi biometaani tootmise kõrvalsaaduste ja -tegevuste vāärindamiseks. Esmane vajadus on täiendada ja lihtsustada seadusandlust nii, et biometaani tootmise toormed ja kāāritusjāāk ei oleks kāsitletud jāätmetena, vaid vastavalt teisese toorme ja loodusliku vāetisena.

Ülesanne 2: Gaasitehnoloogiate ja -taristu kasutuses hoidmine

Biogaasi konkurentsivõimet mittegaasiliste (rohe)kütustega toetab gaasivõrgu toimimine (seda konkurentsivõimeliste võrgutasudega) ning gaasitehnoloogiaid kasutavate tarbijate (gaasiveokid, gaasikatlad ja -pliidid kodudes ja asutustes, gaasi tarbivad elektritootmise seadmed) olemasolu. Arvestades koostatud gaasitarbimise prognoosides (Civitta, 2021) sisalduvat negatiivset trendi maagaasi tarbimises (aastaks 2050 kahanemist nullilāhedaseks), on vajalikud poliitikasekkumised metaangaasi tarbimise vāhenemise trendi pidurdamiseks ja hoidmiseks tasemel, mis toetab biometaani konkurentsivõimet keskpikas vaates.

Ühistranspordis on suuremates linnades soetatud gaasibussid, mis transpordistatistika kaubanduse toel kasutavad suures osas biometaani. Maakonnaliinidel ja kaugliinidel kasutatakse valdavalt diiselveokeid, mille kütuste valikus on olulisel kohal ka rohedisel HVO. Keskkonnasõbralike maanteesõidukite edendamise direktiiv ((EL) 2019/1161) seab liikmesriikidele kohustuse ettenähtud perioodidel soetada vastav arv nullheitega sõidukeid (sh busse), kuid direktiivi kohaselt ei liigitu biometaani kasutavad sõidukid nullheitega sõidukiteks. Lisaks näeb nn CO₂ määrus alates 2035. aastast ette uute linnaliinibusside turustamist vaid nullheite tehnoloogiaga ning kliimakindla majanduse seaduse eelnõu sätestab suuremates linnades 2040. aastast üleminekukohustuse vaid nullheitega sõidukitele, mis koostoimes muudab 2040+ vaates biometaani kasutamise linnaliinidel perspektiivituks ja kütusena laiemalt ka muudel ühistranspordiliinidel pigem mittekonkurentsivõimeliseks.

Olemasoleva (transpordistatistika ostu-müügi) või biometaani kui kütuse konkurentsivõime mõttes võrdväärse regulatiivse raamistikuga on võimalik tagada biometaani senine (0,2 TWh/a) ja vähesel määral kasvav kasutus (0,3 TWh/a) ühistranspordis kuni 2030ndate keskpaigani, peale mida tuleb sellele hakata otsima alternatiivi.

Transpordisektoris on suurim potentsiaal biometaani kasutuseks pikemaajalises perspektiivis, sh ühistranspordi vähenevate kasutusmahtude kompenseerimiseks, kaubaveos. Hinnanguliselt on kaubavedude siseriikliku biometaani kui kütuse tarbimise potentsiaal kuni 0,5 TWh/a. See nõuab u 1000 diiselkaubaveoki järkjärgulist asendamist gaasiveokitega. Gaasiveokite osakaal kaubaveos vähenes aastatel 2021–2022 gaasihinna kiire kasvu kontekstis oluliselt ja on hetkeseisuga minimaalne. Teekaardis seatakse mõõdukas eesmärk saavutada aastaks 2030 biometaani kasutus veotranspordis 0,2 TWh mahus, mis jaguneks lühivedude (CBG) ja pikamaavedude (LBG) osas pooleks.

Muutust algatavaks meetmeks on investeeringutoetus gaasiveokite soetamiseks, mis kompenseerib osaliselt gaasi- ja diiselveokite hinnavahe. Motiveerivaks toetuse suuruseks ühe veoki kohta on hinnatud 15 000 – 30 000 eurot. Investeeringutoetus ei pea hõlmama kogu veokiparki, mida soovitakse (bio)metaani kasutusele suunata. Teekaardi tegevuskavas arvestatakse 100 gaasiveoki soetamise toetamise vajadusega 20 000 euro mahus veoki kohta.

Loomulikult on seejuures oluline, et muude meetmetega tagatakse gaasiveokite kasutuse konkurentsivõime (nt kütuse tankimisvõimalused) ja biometaani hinnakonkurents teiste kütustega, sh maagaasiga (vt allpool). Biometaani kasutuse kaudsemaks motivaatoriks kaubaveos on tarneahela osapoolte (tootjate, müüjate) seatud kestlikkuse nõuded veoteenusele, mida hetkeseisuga reguleerib turg, kuid mida võib hakata kujundama tootmise ja toodete keskkonnajalajälje elutsükli põhise arvestuse regulatiivne kehtestamine (mõeldav EL-i tasandil või kõige jõukamates (suur)riikides, kuna eraldi kehtestatud siseriiklik regulatsioon keskmise majandusarengu tasemega riikides nagu Eesti halvendab selle ettevõtete konkurentsipositsiooni).

Gaasiveokite konkurentsivõimet vähendavad hetkeseisuga ka gaasitanklate võrgustiku hõredus ja kütusepaakide suurem vajalik maht energiaühiku kohta. Gaasitanklate võrgustiku tihendamine saab toimuda nõudluse suurenemisel ärioloogika alusel, kuid tanklavõrgustiku piirkondliku katvuse tagamiseks võib kaaluda investeeringute toetusmeedet n-ö turutõrke piirkondades. LNG/LBG

tanklate täiendavaks vajaduseks Eestis on hinnatud u 100 tanklat. Teekaardi tegevuskavas kavandatakse toetusi kuni 15 gaasitankla rajamiseks turutõrkepiirkondades. Gaasitankla keskmiseks maksumuseks arvestatakse u 1 mln eurot¹⁷¹, millest toetus võiks katta 40%.

Regulatiivset sekkumist EL-i maantesõidukite masside ja mõõtude direktiivi raames tuleb kaaluda veokite mõõtmega seonduvas, kus pikamaavedudes ühe kütusetankimise korraga sama distantsi läbimiseks tuleks gaasiveokitel lubada kasutatavate veokite pikkuse suurendamist kehtivaid nõudeid ületavana (liiklusseadus, mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele).

Biometaani potentsiaalseteks tarbijateks transpordisektoris on ka LNG-d kasutavad (sh hübriidsed) parv-, kauba- ja väikelaevad. LNG asendamine laevaliikluses biometaaniga (LBG) sõltub maanteetranspordiga sarnastest teguritest. Tegemist on piirkondlikku kohaliku tööstuse biogaasi energianõudluse muutlikkust puhverdava turunišiga. Selle täitmine nõuab osades jaamades biometaani tootmise võimekuse säilitamist ja täiendavaid investeeringuid biometaani veeldamise seadmetesse. Teekaardi tegevuskavas kavandatakse veeldamise seadmete toetamist neljas biogaasijaamas (investeeringu maksumus u 4 mln €, 20% toetus) kokku 110 GWh veeldatud biometaani (LBG) tootmiseks aastas.

Ülesanne 3: Biogaasi ja biometaani konkurentsivõime tagamine võrdluses fossiilsete kütustega

Biometaani konkurentsivõimet fossiilsete kütustega mõjutavad kõige enam kütuste sisseostuhinnad, süsinikuheite kaubanduse regulatsioonid ning HKS1 ja HKS2 ühikute hind turul. Stsenaariumite arvutused näitavad, et biometaani keskmine tootmishind ületab lühi- ja keskpikas vaates maagaasi sisseostuhinda koos lisanduvate maksude (aktsiis) ja tasudega (HKS ühikuhinnad). Arvestades transpordistatistika ühikuhindasid, on biometaan hetkeseisuga ja regulatsioonide säilides ka keskpikas vaates transpordikütusena igati konkurentsivõimeline. Teekaardi tegevuskavas eeldatakse, et biometaani transpordistatistika instrument toimib vähemalt kuni 2035. aastani.

Biometaani pikaajalist kasutust transpordisektoris piirab asjaolu, et transpordisektoris käsitletakse biometaani keskkonnasõbralike maantesõidukite edendamise direktiivist lähtudes süsinikuheitega kütusena. Samuti on tõenäoline, et energiamaksustamise direktiivi muudatustest tulenevalt kaob võimalus määrata biometaanile 0-aktsiisimäär. Ka pärast aktsiisimaksust vabastamise kadumist on teatud variandid siseriiklikeks maksusoodustusteks olemas. Võimalik on kasutada näiteks alandatud käibemaksumäära või kütuste heitepõhist maksustamist, mis motiveerib tarbijaid kasutama väiksema heitega kütuseid. Samas on sektoreid, kus biometaani kasutus on oluline alternatiiv ja biogaasi kasutuse suunamisel on oluline vaadata sektorite ülest pilti, millega arvestavad ka EL-i regulatsioonid.

Biometaani kasutust saab motiveerida ka teekasutustasude suurema diferentseerimisega sõltuvalt kütuse liigist (biometaan vs maagaas, rohedislikütus (HVO jms) vs fossiilne diislikütus) või teha

¹⁷¹ <https://thundersaidenergy.com/downloads/812/>.

analoogsetel alustel parkimistasu soodustusi. Teekaardi koostamise raames läbi viidud konsultatsioonide tulemusel teekaardi tegevuskavas teekasutustasude diferentseerimise ettepanekut ei tehta, kuivõrd keskvalitsuse esindajate hinnangul kaasneks sellega ülemäärane halduskoormus.

Tehniliselt ja vähesel määral ka hinnakonkurentsivõime toetab biometaan konkurentsivõimet maagaasiga biometaan sisestuspunktide rajamine gaasipõhivõrku. Arvestades gaasivõrgu ja suurema toodanguga loomakasvatustarvade asukohti ning regionaalset tasakaalustatust, on otstarbekas sisestuspunktid rajada Lääne-Virumaale, Viljandimaale ja Põlvmaale (või Lõuna-Tartumaale). Kolme sisestuspunktide rajamise kuludeks on teekaardi tegevuskavas arvestatud 7 mln eurot.

Tööstustes tarbimisel saabub teekaardi visioonist lähtuvalt maksimaalne tarbimine prognoosiperioodi lõpul, kus valdav tarbimine on suunatud soojuse ja elektrienergia koostootmiseks tööstussümbiootilistes tööstusparkides. Arvestades biogaasi tootmis- ja transpordikulude ühikuhindasid, konkurentkütuste ja HKS ühikuhindade prognoose, ilmneb, et hinnavahe maagaasiga võrreldes pöördub prognoosiperioodi lõpul biogaasi kasuks. Küll säilib oluline hinnavahe biomassikütustega, mis 0,6 TWh/a lõpptarbimise korral on u 12 mln eurot aastas.

Seega võib biometaan kasutus tööstuses (sh kohaliku soojuse ja elektrienergia tagajana) vajada toetusi (sh HKS mõju arvestades) ja/või teisi konkurentsivõime tugevdavaid instrumente. Üheks selliseks võimaluseks on biogaasi tootmise ja tarbimise integreerimine ringmajanduslike tööstusparkide tootmistsüklisse ning vajadusel sellistes tööstusparkides biogaasi (või teisi kohalikke rohelisi energiaallikaid) kasutamist suunavate/tagavate toetusmeetmete rakendamine.

Praktikas on edukalt toimunud soodustariifide (*feed-in tariff, FiT*) süsteem, kus tootjatele on võimaldatud turuhinnast kõrgemat garanteeritud hinda. Tariifide suurus sõltub sageli tootmismahust (nt väiketootjatel on fikseeritud tasu kõrgem kui suurtootjatel). Näiteks Prantsusmaal on FiT 50–80 €/MWh soojuse ja elektri tootmisel, Soomes elektri tootmisel 30 €/MWh ning Saksamaal kuni 2017. aastani (lepingud kehtivad tänaseni) elektri tootmisel 80–100 €/MWh. Soodustariifid toimivad edukalt läbi pikaajaliste lepingute. Taanis kasutatakse soodustariifi asemel lisatasu (*feed-in premium (FiP)*) süsteemi – FiP on kasutusest sõltuvalt 35–55 €/MWh.¹⁷² Soovides arendada biogaasi (-metaani) tootmist mingis kindlas valdkonnas, on võimalik määrata FiT tasud eelkõige või ainult sinna. Täpselt suunatud toetuskeemid võimaldavad riigieelarvelisi väljaminekuid piirata ja ka täpsemalt prognoosida. Teekaardis visioneeritud biogaasi kui kohaliku ringmajandusliku energiaallika, mis tugevdab hajutatud energeetiliselt (osaliselt) autonoomsete tööstusparkide võrgustiku välja kujunemist Eestis, elluviimisel on eesmärgipärane suunata selliste toetuskeemide vahendid üksnes ringmajanduslike tööstusparkide ettevõtteid (ja ümbritsevat asustust) energiaga varustavatele tootjatele.

¹⁷² Gustafsson, M., & Anderberg, S. (2022). Biogas policies and production development in Europe: a comparative analysis of eight countries. *Biofuels*, 13(8), 931–944. <https://doi.org/10.1080/17597269.2022.2034380>.

Ka investeerimistoetused uute biogaasijaamade rajamisele, et tagada tootmisvõimsuste arendamine eeldatavalt aastaks 2027 saavutatavalt toodangu mahult 0,5 TWh aastas ligi 0,8 TWh-ni aastas, tuleks siduda ringmajanduslike tööstusparkide võrgustiku arendamise pikaajalise ülesandega, mis aitab saavutada valitsemisvaldkondade üleselt samaaegselt keskkonna-, energia- ja regionaalpoliitilisi eesmärke. Investeeringutoetused on olnud oluline biogaasi konkurentsivõime meede Põhjamaades, kus toetus on olnud kuni 40% (Soome, Norra) või kuni 50% (Rootsi) investeeringu maksumusest. Saksamaal on kasutusel madala intressimääraga investeerimislaenu.¹⁷³

Teekaardi tegevuskavas eeldatakse, et investeeringutoetused uute biogaasijaamade ehitamiseks katavad olulise osa hinnaerinevustest sooja- ja elektritootmise konkureerivate kütustega (esmajoones hakkepuu). Täiendava u 200 GWh/a põllumajanduslike biogaasijaamade (vt reovee ja biolagunevate jäätmete biogaasijaamade investeerimisvajadust ülal) tootmisvõimsuse rajamise kogukulud on hinnanguliselt kuni 65 mln eurot. Arvestades toetuse määraks 30%, on toetuse kogukulud ligi 20 miljonit eurot.

Vajadusel rakendatakse alandatud käibemaksumäärat tööstussümbiootilistes tööstusparkides ja energiakogukondades toodetud ja tarbitud biogaasile. Soodustariife rakendatakse üksnes konkurentsivõime tagamiseks fossiilsete kütustega. Arvestades seda, et EL-i ja siseriikliku poliitikaraamistikuga piiratakse pärast 2040. aastat jõuliselt fossiilsete kütuste kasutust ning HKS mõjul fossiilsete kütuste konkurentsivõime jätkab suhteliselt kiiret halvenemist, eeldatakse teekaardi tegevuskavas, et selliste täiendavate toetuse vajadus on ajal, kui biogaasist toodetud energial põhinevad tööstusalad on välja arendatud (alates 2035. aastast), vähetõenäoline.

Ülesanne 4: Biogaasile ja biometaanile võrdse konkurentsituatsiooni tagamine võrrelduna teiste keskkonnasõbralike energiaallikate ja kütustega

Eesti energiatootmises on algusjärgus energiapööre fossiilsetelt kütustelt (esmajoones põlevkivilt) taastuenergiale, mille fookus on omakorda tuuleenergial. See energiapööre omab ka regionaalset iseloomu, kus Ida-Eesti osakaal energiatootmises langeb (vähemalt kuni tuumajaama rajamiseni eeldatavalt Virumaal) ning Lääne-Eestis ja sisemaal muude hõreasustusega alade osakaal kasvab.

Kuigi 2023. aastal ületas tuuleenergia toodang biogaasi toodangut umbes kolmekordselt, siis tootmispotentsiaalilt on erinevus vähemalt 5–10-kordne. Hinnaprognoside võrdlused näitavad, et pikemaajalisemas vaates on roheelekter biogaasist soodsama hinnaga ning ka rohe/tuuleenergiast toodetud rohevesiniku hind läheneb biometaani tootmis- ja transpordihinnale. Samuti on praegu ja vähemalt keskpikas perspektiivis biogaasist soodsama hinnaga hakkepuidust toodetav (taastuv)energia.

Seega on ühelt poolt vaja biogaasile/biometaanile luua teiste keskkonnasõbralike energiaallikatega võrdsed konkurentsitingimused erinevate poliitikainstrumentide (investeeringutoetused, kvoodikaubandus ja KHG arvestus ning ühikukaubanduse turupõhised

¹⁷³ *Ibid.*

mehhanismid, aktsiisid jms maksud) mõttes, teiselt poolt aga ühiskonnale kõige kasulikum tarbimise nišš (max 3–4% energiatarbimisest) teiste roheliste energiaallikate konkurentsist.

Lisaks taastuenergia investeeringutoetuste allikaneutraalsusele, HKS ühikute turule, biometaanil ja roheliste kütuste transpordistatistika süsteemile on lühi- ja keskpikas ajalisel vaates õiglane ja eesmärgipärane töhuga gaasikütte mõiste kehtestamine paralleelselt töhuga kaugküttepiirkonna mõistega ning sellest mõistest lähtudes gaasikütte panuse arvestamine energiatõhususe nõuete tagamisel. Eeldades kliimakindla majanduse seaduseelnõus seatud eesmärki muuta aastaks 2040 kogu energia- ja soojamajandus fossiilkütuste vabaks, arvestades siseriikliku biogaasiresursi piiratust, soodsamate roheenergia alternatiivide olemasolu ja/või teket kodude ja kontorite soojus- ja jahutusvarustuse tagamisel ning ka gaasivõrgu tulevikuga seotud riske, ei ole biogaasi tootmise ja tarbimise pikaajalist tegevuskava siiski otstarbekas rajada biometaanil kui maagaasi soojusmajanduses (kaugküte, kodude ja kontorite varustus) täiendava (osaliselt asendava) kütuse rolli täitmisele. Küll arvestatakse teekaardi ettepanekus kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) kirjeldatud asjakohase väljakutsega biometaanil kasutust soojamajanduses üleminekukütusena, selleks et vältida juba soetatud gaasikatelde enneaegset väljavahetamist.

Pikaajalises vaates tuleks biogaasile ja biometaanil parima ühiskondliku kasutuse leidmisel keskenduda selle potentsiaalile laiendada roheenergiapöörde regionaalset dimensiooni – esmajoonel põllumajandusliku Kesk- ja Lõuna-Eesti arvelt ning teisalt suurematesse linnaregioonidesse, kus tekib enim biojätmeid, reoveesetteid jms. Biogaasi kohalikul energiaressursil põhinevad ringmajanduslikud tööstuspargid peaksid kujunema olulisteks majandus- ja regionaalarengu vedajateks maalistes keskustes ning toetama linnapiirkondade energiavarustuse autonoomsust.

Biogaasi tootmise ja tarbimise positiivse regionaalset sotsiaal-majanduslikku mõju maksimeerimise eesmärgil tuleks tööstustarbimise edendamisel keskenduda biogaasi kui energiaallika kasutusele ring- ja kaskaadmajanduslikes tööstusparkides, kus ühtedeks tuumettevõteteks on loomakasvatustlik farm ja biogaasijaam. Arvestades asjaolu, et oluline osa biogaasi tootmisressursist (0,5 TWh/a potentsiaalselt 0,8 TWh/a ehk 63%) on olemasolevates, ehituses või toetuste abil kavandatud biogaasijaamades juba asukohastatud, siis peavad avaliku sektori sekkumised looma tingimusi tootmisalade laiendamiseks biogaasijaamade läheduses. Uute biogaasijaamade rajamisel ja võimalike investeeringutoetuste jagamisel tuleks ühe olulise kriteeriumina rakendada ka selle potentsiaali pakkuda kohaliku võrguvaba rohelist energiat laiema tööstuspargi ettevõtetele. Teekaardi tegevuskavas sisaldub ettepanek toetada laiema piirkondlike tööstusparkide arendamise meetme raames kuni 15 biogaasist toodetud energiat kasutavat tööstusala (keskmiselt 1 mln eurot toetust tööstuspargi kohta).

Muuhulgas võimaldab biogaasi ringmajanduslik kasutus tootmise lähedases asukohas vähendada transpordi- ja veokulusid ning maandada ka riski, mis võib kaasneda gaasisektori üldisema nõrgenemisega pikemaajalises vaates (sh võrkude amortiseerumisega) tingituna elektri- ja vesinikutehnoloogiate domineerimisest tarbijaturgudel ning tuumaenergia turule tulemisest. Juhul kui viiakse ellu kliimakindla majanduse seaduse eelnõus (02.12.2024) seatud eesmärk, et elektri- ja soojusmajanduses loobutakse aastast 2040 fossiilsete kütuste kasutusest, sõltub gaasivõrkude ja võrgutasude pikemaajalisem tulevik sellest, kuivõrd suudetakse maagaas gaasivõrgus asendada imporditava biometaanil või sünteetilise metaaniga. Hinnanguliselt on Euroopas võimalik biometaaniga katta u 20% maagaasi senisest tarbimisest (IEA, 2020; Engie, 2021). Sünteetilise

metaani puhul on peamine takistus tootmise kõrge hind ning tootmishinna suur sõltuvus kütust tootvate tehaste mastaabist ja taastuvelektri hinnast.

Ülesanne 5: Biogaasi tootmise ja väärindamise Eesti tingimustele sobivate uute tehnoloogiate arendamine ja piloteerimine

Teekaardi ettepanekus lähtutakse biogaasi tootmis- ja tarbimismahtude lae määramisel olemasoleva ja prognoositava majandustegevuse (loomakasvatus, reoveepuhastus, jäätmemajandus) n-ö paratamatute jääkide ja jäätmete prognoositavast hulgast, mille puhul on ühiskonna ees igal juhul ka keskkonnakaitseline (olemasolevate või tulevikuregulatsioonidega kaetud) eesmärk mõjutada KHG bilanssi positiivses suunas. Eeldus on, et selline ressursibaas olulisel määral ei muutu ja selle energeetiline väärtus on u 0,8 TWh/a.

Lisaks sellele on Eestis biogaasi tootmise potentsiaalset ressursi taimse substraadi kujul, mille potentsiaali on hinnatud 0,7 TWh/a (siinses töös) kuni 3 TWh/a mõnes muus allikas. Potentsiaali mahuhinnangute erisuseks on eeldused nii majanduslikult mõistlike tootmis- ja veokulude osas, ressursikasutuse alternatiivkulude (sama ressurss teistes kasutustes) kui ka tehnoloogiliste (sh toodetavate ja turustatavate seadmete mõttes) võimaluste osas.

Ekspert hinnangud ja senine praktika osundavad sellele, et hetkeseisuga ja lähivaates puuduvad üksnes rohtsel biomassil põhinevate biogaasijaamade tegevuseks nii tehnoloogilised kui ka majanduslikud eeldused. Arvestades aga rohtse biomassi – olgu selleks taimekasvatuse jäägid (põhk), looduslike ja poollooduslike koosluste hooldamisel tekkiv hein jms või ka energiakultuuride saak (nt päideroog) – kogupotentsiaali ning kohaliku roheline energiatootmise regionaalse tasakaalustatuse huvisid, on eesmärgipärane paralleelselt jääkide ja jäätmete põhise biogaasimajandusega edasi liikuda ka hetketegurite põhjal raskemini kättesaadava bioressursi väärindamise võimaluste arendamisega. See sisaldab asjakohaseid alus- ja rakendusteaduslikke uuringuid, tehnoloogiate arendamist ja testimist Eesti tingimustes, aga ka vastavate ärimudelite arendamist.

Ärimudelite puhul on võimalikud tegevussuunad hübriidsete taastuvenegiaparkidega (tuul, päike, biomass, biogaas) seonduv, mobiilsed energiatootmise lahendused, energiakultuuride (aga tegelikult ka laiemalt biogaasi) energial põhinevate ring- ja kaskaadmajanduslike ja võrguvabade või vähemalt energiavarustuses autonoomsete tööstus(mikro)parkide arendamine.

Biogaasi väärindamisel on Eestis juba tootjate poolt kasutusele võetud või võtmisel CO₂ kogumise ja veeldamise tehnoloogiad. Vähesele sisemaisele nõudlusele ja toote eksportimise keerukusele lisaks piiravad nende lahenduste laiemat kasutusele võtmist hetkeseisuga ka ärilised tegurid. Teadus-arendustegevuse fookus peaks seega olema tootmise omahinna alandamisel ja kohapealset väikesemastaabilist kasutust/väärindamist edendavate mudelite välja töötamisel.

Kohapealse tööstusliku (ja osalt ka elukondliku) tarbimisele leevendamiseks võib eesmärgipärane olla ka biogaasist rohevesiniku tootmise¹⁷⁴ kompetentside loomine ning Eesti biogaasijaamadele sobivate tehnoloogiate katsetamine ja arendamine.

Biogaasialast TA tegevust rahastatakse riikliku TA ja innovatsioonipoliitika meetmete raames konkurentsivõimete kohalike ressursside väärindamisele suunatud tegevustega. Teekaardi tegevuskava kirjeldab vajalikke tegevusi, kuid ei määra nende kulude mahtu.

6.4. Tegevuskava

Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise teekaardi ettepaneku tegevuskava (vt tabel 81) sisaldab investeringute ettepanekuid. Riikliku teekaardi koostamise käigus võivad need meetmed ja investeringumaksud muutuda.

Tabel 81. Tegevuskava 2025–2030

Tegevus	Maksumus (eurod)	Periood	Vastutajad ja teostajad
Ülesanne 1: Biogaasi tootmiseks sobivate jäätmete, jääkide ja põllumajanduslike kõrvalsaaduste tootjatele stabiilse motivatsioonikeskkonna loomine			
Jäätmeseaduse muutmine: määratleda biometaanitootmise toormed ja kääritusjäät vastavalt teisese toorme ja loodusliku väetise, mitte jäätmetena.		2025	KliM, ReM
„Põllumajandusettevõtja tulemuslikkuse parandamise investeringutoetuse“ tingimustes taotlejatele, kes kavandavad ehitatavaid-laiendatavaid sõnnikuhoidlaid kasutada biogaasi tootmisprotsessi osana, täiendavate soodustavate kriteeriumite kehtestamine.		2025–2027	ReM
Reoveepuhastusjaamade investeringutoetuste andmise tingimuste ettevalmistamine.		2025–2027	KliM
Biojäätmete jaamade investeringutoetuste andmise tingimuste ettevalmistamine.		2025–2028	KliM
Ülesanne 2: Gaasitehnoloogiate ja -taristu kasutuses hoidmine			
Reoveepuhastusjaamade biogaasiseadmete ostu toetusmeetme ette valmistamine.		2025–2027	KliM, KIK
Gaasiveokite (100 veokit) soetamise toetus.	2 000 000 €	2027–2030	KliM

¹⁷⁴ Vt nt Kumar, et al. (2022). Overview of hydrogen production from biogas reforming: Technological advancement. International Journal of Hydrogen Energy. Volume 47, Issue 82, 30 September 2022, Pages 34831–34855.

Tegevus	Maksumus (eurod)	Periood	Vastutajad ja teostajad
Turutörkepiirkondades gaasitanklate rajamise toetus.	6 000 000 €	2028+	
"Mootorsõiduki ja selle haagise tehnonõuded ning nõuded varustusele" muutmine.		2025–2026	MKM
Ülesanne 3: Biogaasi ja biometaani konkurentsivõime tagamine võrdluses fossiilsete kütustega			
Sisestuspunktide investeringute programm (3 sisestuspunkti – Lääne-Virumaa, Viljandimaa, Põlvamaa).	7 000 000 €	2026–2027	Klim, Elering
Ülesanne 4: Biogaasile ja biometaanile võrdse konkurentsituatsiooni tagamine võrrelduna teiste keskkonnasõbralike energiaallikate ja kütustega			
EnKS, kaugkütteseaduse, ehitusseadustiku jms muutmine: tõhusa gaasivarustuse mõiste jõustamine.		2025–2026	KliM, MKM
Tööstusparkide arendamise meetme disain sellisena, et see motiveeriks tööstuse koondumist juba rajatud biogaasijaamade lähedusse ning ringmajanduslike komplekside teket ja laienemist rajatud biogaasijaamade vahetus läheduses.		2025–2027	ReM, KliM, RaM
Ringbiomajanduslike tööstusparkide investeerimistoetuste meetme ette valmistamine ÜKP rakenduskava ja EARDF rakenduskavade koostamise raames.		2025–2027	ReM, KliM, RaM
Ülesanne 5: Biogaasi tootmise ja väärimise Eesti tingimustele sobivate uute tehnoloogiate arendamine ja piloteerimine			
Ringbiomajanduslike tööstusparkide ärimudeli (sh ettevõtete koostöömudeli) arendamine.	Meetmes „Atraktiivne piirkondlik ettevõtlus- ja elukeskkond” raames	2025 –	ReM, MKM, Maaülikool, Taltech
Rohtse biomassi biogaasijaamade prototüüpide loomine ja katsetamine Eesti tingimustes.	Ressursside väärimise alase teadus- ja arendustegevuse toetamise meetme raames.	2025 –	HTM, ReM, Maaülikool
Päideroo kasvatamise ja korje katseprojektid.		2025 –	HTM, ETAG, ReM, Maaülikool, Tartu Ülikool
Biogaasist rohevesiniku tootmise arendamine.		2025 –	HTM, ETAG, ReM, Maaülikool, Tartu Ülikool
Kokku maksumus:		15 000 000 €	

Keskpika ja pika perioodi tegevuskava (vt tabel 82) on üpris sarnaste meetmetega, kuna poliitika ettenähtavus ja püsivus on teiste riikide kogemuse põhjal biogaasisektori arengu olulised tingimused. Korra juba loodud ja hästi toimiva raamistiku muutmine võib osutuda sektori arengu pidurdajaks. Samal ajal on keeruline luua tõhusat raamistikku, mis toimiks ajas pikemalt ilma üldse mingite muudatusteta.

Tabel 82. Tegevuskava 2030–2040

Tegevus	Maksumus (eurod)	Vastutajad ja teostajad
Ülesanne 1: Biogaasi tootmiseks sobivate jäätmete, jääkide ja põllumajanduslike kõrvalsaaduste tootjatele stabiilse motivatsioonikeskkonna loomine		
Reoveepuhastusjaamade (4 jaama) biogaasiseadmete ostu toetusmeetme rakendamine.	4 800 000 €	KliM, KIK
Põllumajandusettevõtja tulemuslikkuse parandamise investeeringutoetused (50% investeeringumaksumuses, toetuse keskmine suurus u 3,5 mln eurot) biogaasi tootmisprotsessides rakendatava 10 sõnnikuhoidla ehitamiseks ja laiendamiseks.	35 000 000 €	ReM
Biojäätmete biogaasijaamade (1 tsentraalne ja 8 piirkondlikku) investeeringutoetused.	8 160 000 €	KliM, KIK
Ülesanne 3: Biogaasi ja biometaani konkurentsivõime tagamine võrdluses fossiilsete kütustega		
Investeeringutoetused biometaani veeldamisseadmete (4 jaama) soetamiseks.	2 400 000 €	KliM, KIK
Ülesanne 4: Biogaasile ja biometaanile võrdse konkurentsituatsiooni tagamine võrrelduna teiste keskkonnasõbralike energiaallikate ja kütustega		
Ringbiomajanduslike tööstusparkide investeeringutoetuste meetme rakendamine ÜKP rakenduskava ja EARDF rakenduskavade elluviimisel: tööstusalade (kuni 15) laienemise toetamine biogaasijaamade läheduses.	15 000 000 €	RaM, ReM, RTK
Investeeringutoetused uute põllumajanduslike biogaasijaamade rajamiseks (200 GWh/a mahus).	19 500 000 €	KliM, KIK
Investeeringutoetused biogaasijaamade soojuse ja elektri koostootmisjaamade seadmetesse (30% investeeringu maksumusest).	25 537 500 €	KliM, KIK
Ülesanne 5: Biogaasi tootmise ja väärindamise Eesti tingimustele sobivate uute tehnoloogiate arendamine ja piloteerimine		
Ringbiomajanduslike tööstusparkide ärimudeli (sh ettevõtete koostöömudeli) arendamine.	Meetme „Atraktiivne piirkondlik ettevõtlus- ja elukeskkond“ raames.	ReM, MKM, Maaülikool, Taltech
Rohtse biomassi biogaasijaamade prototüüpide loomine ja katsetamine Eesti tingimustes.	Ressursside väärindamise alase teadus- ja arendustegevuse toetamise meetme raames.	HTM, ReM, Maaülikool, Taltech
Päideroo kasvatamise ja korje katseprojektid.		HTM, ETAG, ReM, Maaülikool, Tartu Ülikool, Taltech
Biogaasist rohevesiniku tootmise arendamine.		HTM, ETAG, ReM, Maaülikool, Tartu Ülikool, Taltech
Kokku maksumus:		110 397 500 €

Keskpika ja pika perioodi tegevuskava on sarnaste meetmetega, kuna poliitika ettenähtavus ja püsivus on teiste riikide kogemuse põhjal biogaasisektori arengu olulised tingimused. Korra juba loodud ja hästi toimiva raamistiku muutmine võib osutada sektori arengu pidurdajaks. Samal ajal on keeruline luua tõhusat raamistikku, mis toimiks ajas pikemalt ilma üldse mingite muudatusteta.

Perioodi 2040+ tegevused keskenduvad loodud biogaasipõhiste ringmajanduslike tööstusparkide võrgustiku hoidmisele ja arendamisele. Peamine meede on ringmajanduslikes tööstusparkides biogaasi tarbimist võimaldavate soodustariifide (*feed-in tariff, FiT*) süsteemi rakendamine. Vajalikuks võivad osutada biogaasijaamade rekonstrueerimise toetused. Jätkatakse teadus-arendustegevuse meetmetega. Eesmärk on, et teekaardi tegevuste elluviimisel aastatel 2025–2040 jõutakse stabiilse olukorrani, kus riigi sekkumisvajadus biogaasi tootmisel ja tarbimisel on minimaalne.

7. KOKKUVÕTE

„Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsile“ seati **kolm eesmärki**: (1) anda terviklik ülevaade biogaasi/biometaani kasutusvõimalustest ning rollist energia- ja kliimaeesmärkide saavutamisel Eestis; (2) kaardistada olemasolev biogaasi/biometaani potentsiaal Eestis ja luua erinevad stsenaariumid selle rakendamiseks; (3) koostada riikliku biogaasi/biometaani teekaardi ettepanek.

Seatud eesmärkide täitmiseks viidi töö läbi **viies omavahel seotud uurimuslikus etapis**. Töö sissejuhatavas etapis kujundati ühine arusaam uuringu eesmärkidest ja metoodikast. **Hetkeolukorra ülevaade** hõlmab viis teemat: (1) strateegiline ja regulatiivne raamistik; (2) Eestis tekkiv biogaasi toore; (3) biogaasi tootmistehnoloogiad ja nende kasutus Eesti biogaasijaamades; (4) maagaasi ja biogaasi tarbimine, sh prognoosid; (5) biogaasi tootmist ja tarbimist kujundanud ja kujundavad poliitikainstrumentid. **Biogaasi ja/või biometaani tootvate jaamade ärimudelite analüüsi** alusena eristati olukorra ülevaatest lähtuvalt (nt tootmiseks kättesaadav toore, Eestis tegutsevate biogaasijaamade suurused) esmalt seitset tüüpi biogaasi- ja biometaanijaamasid. Seejärel koostati **seitse tarbimisstsenaariumit**, mille kohta määrati prognoositavad tarbimismahud perioodil 2025–2050 sektorite ja kütuseliigi kaupa. Iga stsenaariumi kohta arvatati tarbimise katmiseks vajalike biogaasijaamade arv ja struktuur biogaasijaama tüübi alusel, energiaühiku hind ning biogaasi tootmise ja tarbijani transportimise kogumaksumus, samuti stsenaariumi elluviimise saavutatav KHG heite vähenemine.

Stsenaariumite **teostatavuse hindamisel** keskenduti viiele valdkonnale: (1) tarbitava biogaasi/biometaani tootmiseks vajaliku siseriikliku ressursi piisavus ja sobivus; (2) tarbimishõudluse olemasolu; (3) tehnoloogiline valmisolek; (4) poliitiline teostatavus siseriikliku ning EL-i regulatiivse ja strateegilise raamistiku suuniste mõttes; (5) äriplaneerimine. Stsenaariumite **mõjude hindamisel** keskenduti kolmele dimensioonile: (1) majanduslikud mõjud, sh mõjud regionaalsele arengule; (2) kliima- ja keskkonnamõju; (3) mõju energiapoliitika arengule. Uuringu tulemustele tuginedes koostati **kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise teekaardi ettepanek**.

Strateegilise ja regulatiivse raamistiku analüüsist ilmneb, et valdavalt on strateegiad ja õigusaktid pigem biogaasi soosivad, kuid mõned õiguslikud alused võivad biogaasi tootmise arengut ka pidurdada või tekitavad ebakindlust. **Seetõttu tuleb biogaasi tootmise planeerimisel arvestada teiste sektorite kaudu avalduva mõju ja seeläbi riskidega**. Tegemist on n-ö teiste valdkondade regulatoorsete sätete või valikuvõimaluste kasutamisega. Näiteks toidujäätmete 30% tekke vähendamise eesmärgiga väheneb ka biogaasi tooraine. Transpordisektoris on seatud eesmärgiks 100%-line KHG vähendamine, mida on võimalik saavutada biometaani kasutamisega seni, kuni biometaani käsitletakse null KHG heitega kütusena. Hoonete energiatõhususe direktiiv näeb ette fossiilkütustest loobumist, kuid fossiilkütustel töötavate katelde järkjärguline kasutuselt kõrvaldamine võib mõjutada ka biogaasi tarbimist gaasivõrgus.

Strateegiad ja arengukavad hõlmavad kogu energiasektorit või kliimaneutraalsuse saavutamiseks erinevaid valdkondi, kuid **biogaasi tootmise vaade on esitatud suhteliselt üldiselt. Oluline on, et taastuvenergia direktiiv (RED III) liigitab biogaasi selgesõnaliselt taastuvenergiaks** ja seab

konkreetsed eesmärgid taastuenergia kasutamiseks. Taastuenergia osakaalu eesmärk on EL-i üleselt siduv ja selleks on 2030. aastaks vähemalt 42,5%. Alternatiivsete kütuste infrastruktuuri määruse alusel nähakse ette **biogaasi infrastruktuuri arendamist ja laiendamist ning seda eelkõige transpordisektoris**.

Kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise suurendamise võimaluste strateegilist ja regulatiivset raamistikku Eestis kujundavad kõige olulisemana **kliimakindla majanduse seadus (KKMS) ja energiamajanduse arengukava aastani 2035 (ENMAK 2035)**. Seaduse ja arengukava eelnõude (vastavalt 02.12.2024 ja 13.11.2024 seisuga) kohaselt peab alates 2040. aastast elektri ja soojuse tootmine Eestis olema CO₂ neutraalne. Transpordisektori konkurentsivõime suurendamise võimalusi nähakse senisest suuremas kohalikel ressurssidel põhinevate kütuste, sh taastuvelektri, biometaaniga ja roheline vesiniku tootmises ja tarbimises. Töötlevas tööstuses kavandatakse maagaas asendada taastuvkütustega 20% ulatuses.

Eestis tekkiva ja biogaasi tootmiseks sobiliku **toorme kaardistuse ja analüüsi tulemused näitavad, et siseriikliku toorme baasil on võimalik suurendada kestliku biogaasi tootmist Eestis 815 GWh-ni aastas**. Üle poole sellest (461 GWh) põhineks põllumajandusloomade sõnnikul. Lisaks on oluline toore veel biolagunevad jäätmed (145,6 GWh/a), reoveesetted (42,3 GWh/a) ja rohtne biomass põllumajanduslikes biogaasijaamades täiendava substraadina (19% kogu põhu ja rohtse biomassi mahtudest – 163,6 GWh/a). Ressurss koondub suurema elanike arvuga maakondadesse ja ka tugeva traditsioonilise põllumajandusega Kesk-Eesti maakondadesse.

Biogaasi tootmise hetkeseisu Eestis iseloomustab tootmismahude kasvu trend. 2023. aastal toodeti Statistikaameti andmetel olemasolevates biogaasijaamades kokku 249 GWh, sh 211 GWh biometaaniga. Koos arendamisega ja toetustega kaetud uute jaamadega suureneb biometaaniga aastane tootmismahut 283 GWh võrra aastas. Seega võib varasemalt loodud tootmisvõimsuste säilimisel **prognoosida aastaks 2030 biogaasi iga-aastase tootmismahuna vähemalt 520 GWh**. Biogaasi toodetakse valdavalt anaeroobse kääritamise teel ja valdavalt kasutatakse mesofiilset temperatuurivahemikku. Substraadi kuivainesisaldus on alla 30%. **Põhu ja rohtse biomassi kääritamine ei ole levinud, kuna suurenevad tootmiskulud**.

Maagaasi ja biogaasi tarbimise andmed näitavad, et maagaasi tarbimine on olnud pikaajalises trendis kahanev, biogaasi tarbimine kasvav. 2023. aastal moodustas biogaas 7% metaangaaside sisemisest tarbimisest. Biogaasi tarbitakse valdavalt biometaaniga kujul. **Maagaasi tarbimisprognoosid on mahutade osas üldjuhul pessimistlikud**. Nii Euroopa Komisjoni tellitud gaasiturule tuleviku stsenaariumite kui ka Balti-Soome gaasiturule dekarboniseerimise uuringu tulemustes prognoositakse ühe versioonina gaasitarbimise vähenemist u 40%. Prognoosid sõltuvad küsimusest, kas arendada gaasivõrku või elektrifitseerida. Elering AS-i prognoosi kohaselt toimub 2050. aastaks enamikus sektorites maagaasi tarbimise lõpetamine ja tarbitavaks koguseks kujuneb 348 GWh/a. **Biogaasi tarbimise prognoos** on 1076 GWh/a. Gaasivõrgu dekarboniseerimise uuringu biogaasi stsenaariumis (REN-Methane) eeldatakse, et 2050. aastal on biometaaniga tarbimine 2400 GWh/a, kuid maagaasi kasutamine lõpeb. Arvestades siinses töös kaardistatud siseriikliku biometaaniga tootmispotentsiaali (815 GWh/a), eeldaks see suures mahus biometaaniga importi.

Biogaasi tootmise arendamisel tuleb jälgida sarnaselt teistele sektoritele mitmeid turutõrkeid, millest olulised **on juurdepääs ressursile, suur investeering seadmetesse ja infrastruktuuri ning biogaasi kõrge omahind** (või fossiilkütuste madalam hind). Biogaasi ja biometaaniga

tootmisvõimsuste välja arendamist ja biometaanini konkurentsivõimet kütuste turul on toetanud ja toetavad mitmed poliitikainstrumendid. Praegu tagab **biometaanini konkurentsivõime kütuste turul biometaanini transpordistatistika instrument**.

Biogaasi ja/või biometaanini tootvate jaamade ärimudelite analüüsi alusena eristati olukorra ülevaatest lähtuvalt (nt tootmiseks kättesaadav toore, Eestis tegutsevate biogaasijaamade suurused) esmalt seitset tüüpi biogaasi- ja biometaanijaamasid: suured (u 200 000 tonni tooret aastas), keskmised (u 150 000 tonni tooret aastas) ja väikesed (u 100 000 tonni tooret aastas) põllumajanduslikud biogaasi- ja biometaanijaamad, piirkondlikud ja tsentraalsed biojätmete biogaasi- ja biometaanijaamad ning piirkondlikud ja tsentraalsed rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamad. Seejuures on rohtse biomassi biogaasi- ja biometaanijaamade kirjeldused hüpoteetilised, sest Eestis selliseid jaamu praegu ei ole, mujal maailmas töötavad üksnes taimsel toormel põhinevad jaamad enamasti maisisilol.

Arvestades kättesaadavat sõnniku ressursi, lautade paiknemist ja suurust, on **Eestisse võimalik rajada kümme suurt, neli keskmist ja kaks väikest põllumajanduslikku biogaasi/biometaanini jaama, mille peamine ressurss on põllumajandusloomade sõnnik ning rohtne biomass ja põhk**. Kuna suured põllumajanduslikud jaamad (tootmiskaht u 44 000 MWh/a) paiknevad enamasti suurte veisekasvatustehvõtete läheduses, on nende peamine toore veisesõnnik, millele lisatakse alla 10% rohtset biomassi ja põhku. Keskmised ja väikesed jaamad kasutavad lisaks veisesõnnikule ning rohtsele biomassile ja põhule toormena ka veise- ja linnusõnnikut ning väikesed jaamad ka toidujätmeid. **Kokku on kõigi kuuteistkümne põllumajandusliku biogaasi/biometaanini jaama aastane tootmiskaht u 628 000 MWh**, toodangust annab peaaegu kolmveerandi põllumajandusloomade sõnnik, millest omakorda u 85% on veise vedelsõnnik.

Peamise toormena **biojätmeid kasutavate biogaasi/biometaanini jaamade võimalik arv Eestis on 16**, neist poole moodustavad piirkondlikud (aastane toodang u 3800 MWh) ja poole tsentraalsed (aastane toodang u 14 000 MWh) jaamad. Kokku on nende jaamade aastane ressurssivajadus u 277 000 tonni biojätmeid ja **kogutoodang u 146 000 MWh**.

Kuigi biogaasi/biometaanini tootmiseks **ainsa toormena rohtset biomassi ja põhku kasutavate jaamade rajamine ei ole praeguses ja prognoositavas majandus- ja keskkonnakaitse raamistikus kestliku biogaasi tootmiseks eesmärgipärane**, on Eestis selliste jaamade rajamiseks piisavalt tooret ja seega on töös kirjeldatud ka selliste jaamade ärimudelid. Kui lähikümnenditel arendataks välja toormena rohtset biomassi ja põhku kasutavate biogaasi/biometaanini jaamade tööks vajalik tehnoloogia, oleks Eestis **ressursi 22 sellist tüüpi jaama rajamiseks**. Neist jaamadest 7 oleksid piirkondlikud (aastane toodang u 20 000 MWh) ja 15 regionaalsed (aastane toodang u 36 000 MWh). **Kokku oleks seda tüüpi jaamade aastane toodang 675 000 MWh** ja tooraine vajadus 942 000 tonni.

Töös kirjeldatakse kokku **seitset kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise stsenaariumi**, mille esmaseks eristuse aluseks on biogaasi/biometaanini tarbimise peamine sektor – kas transport, tööstus, elektritootmine, soojusmajandus või kodugaas (sh ärides ja avaliku sektori asutustes). Seejuures arvestatakse stsenaariumi algperioodil olemasoleva (transpordisektori) tarbimise püsivust ja seejärel 2030-ndatel kuhtumist. Lisaks eristatakse nn olemasoleva olukorra jätkustsenaariumina stsenaarium (nn BAU stsenaarium), kus biometaanini põhikasutus on transport, kuid tootmis- ja tarbimismahud on võrrelduna transpordi põhistsenaariumiga (ja kõigi teiste stsenaariumitega) väiksemad. Eeldatakse, et tarbimiskaht jääb u 0,5 TWh/a tasemele. Teiste

sõnadega eeldatakse, et peale seda, kui 2024. aasta KIK toetustega kaetud jaamad aastaks 2027 välja ehitatakse, uusi jaamasid ei rajata. Ainsa sektoriülese sünteesiva stsenaariumina on kirjeldatud stsenaarium, milles kombineeritakse biometaan transpordi üleminekukütusena prognoosiperioodi esimeses pooles biogaasi tarbimisega kohaliku kütusena ringmajanduslikes tööstusparkides (koos võimaliku kaastarbimisega kodude ja ärde soojavarustuse tagamisel, energiakogukondades) prognoosiperioodi teises pooles. Tegemist on järelusega sektoraalsete stsenaariumite analüüsist – kui arengutee, mis võib tagada biogaasile/biometaanile hinnakonkurentsivõime ja pikaajalise autonoomse tarbimisniši. Sellisena on see stsenaarium võetud aluseks teekaardi visiooni ja selle visiooni elluviimiseks vajalike muudatuste sõnastamisel.

Stsenaarium A: Loodud ja töös olevate tootmisvõimsuste kasutamine. Stsenaariumis eeldatakse, et tarbimises jätkub praegune praktika, kus valdav osa biogaasi kasutatakse biometaan tootmiseks ja seda kasutatakse transpordisektoris. Ühistranspordi tarbimismahte ei suudeta olulisel määral kasvatada, see jääb 250 GWh/a tasemele. Keskpikas vaates panustab transpordisektori nõudlusesse veokisektor, täpsemalt siseriiklike kaubaveokite CBG nõudlus (50 GWh/a). Toimib biometaan KHG transpordistatistika turg, mis katab enamiku toodetud biometaanist ja muudab selle transpordikütusena konkurentsivõimeliseks. Kliimakindla majanduse SE eesmärgid vähendada hoonete sektori KHG heitkogust (2035. aastaks 16%; 2040. aastaks 37%) ning avalikule sektorile seatavad spetsiifilised kohustused (sh arvestada hangete korraldamisel KHG heite mõjuga ja lõpetada fossiilkütuste kasutus aastaks 2040) motiveerivad biometaan kui üleminekukütuse kasutust avaliku sektori hoonetes (140 GWh/a mahus).

Arvestades ehitatud, ehitamisel ja riiklike toetuste abil kavandatavate biogaasijaamadega (investeeringutoetused nelja jaama ehitamiseks aastaks 2026, kokku toodangu mahuga u 180 GWh/a), saavutatakse hiljemalt 2030. aastaks tootmismahut 0,5 TWh/a. Tegevused on kooskõlas kliimakindla majanduse SE meetmetes sisalduva ülesandega avada aastaks 2030 5–7 uut biogaasijaama. Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad alates 2035. aastast vähendada biometaan tarbimist (ühis)transpordisektoris ning teistes sektorites vähenemist kompenseerivat nõudlust ei teki. Biometaan ühistranspordi linnaliinides kasutamise tarbimise lakkamise eeldus on kooskõlas kliimakindla majanduse SE nõudega, et aastast 2040 kasutatakse vähemalt 50 000 elanikuga linna territooriumil ühistransporditeenuse osutamiseks nullheitega sõidukeid. Rajatud biogaasijaamad tegutsevad kuni amortiseerumiseni.

Stsenaarium B: Biometaan transpordikütusena. Stsenaariumi tarbimismahtude lähtepunkt on määratud seniste riiklike poliitikate toel (taastuenergia transpordistatistika instrument) kujunenud nõudlusega linnaliinide ühistranspordis. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuenergia osakaalu transpordikütustes 2022. aasta 28,48%-lt 49%-ni 2035. aastal ning selleks ette nähtud tegevusega „toota ja sisestada gaasivõrku taastuvgaase loomaks võimalust mh transpordis taastuvgaaside kasutuseks“, suureneb biometaan tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Nende alamsektorite nõudlus koos tarbimise kasvuga maakonnaliinides kompenseerib kliimakindla majanduse SE nõuet, et alates 2040. aastast kasutatakse linnaliini bussiveol nullheitega sõidukeid, tulenevalt biometaan tarbimise lakkamisest senise peamise tarbijagrupi (linnaliinid) poolt.

Perioodi alguse tarbimine koondub stsenaariumis ühistransporti, kuid alates 2030. aastast hakkab seda täiendama tarbimine veotranspordis, 2035. aastal lisandub tarbimist põllumajandustehnikas

ja 2040. aastast ka laevanduses (LBG). Biometaan rahuldab umbes 1/3 raskeveokite ja põllumajandusmasinate kütusevajadusest. Tarbimise mahu määratlemisel lähtutakse uuringu raames fookusgrupi arutelul „Biogaasi tarbimine“ (mai 2024) transpordisektori esindajate antud hinnangust, et see võiks olla kuni 500 GWh/a. Stsenaariumis eeldatakse raskeveokite maksimaalse tarbimismahuna 400 GWh/a – pool sellest LBG ja pool CBG kütusena. Sellele lisandub 100 GWh/a tarbimist põllumajandusmasinates. Biometaani tootmise maht saavutab maksimumilähedase taseme (670 GWh/a) aastaks 2035, pärast seda eeldatakse perioodi lõpuni vähest kasvu kuni 730 GWh/a.

Stsenaarium C: Biometaan juhitava elektrivõimsuse põhikütusena. Stsenaariumi tarbimismahtude määramisel lähtutakse kliimakindla majanduse seaduse eelnõuga (02.12.2024) seotud juhitava võimsusega gaasijaamade vajaduse prognoosist, mille alusel rajatakse 2030. aastaks 500 MW võimsusega gaasijaam, mis töötab aastas keskmiselt 2200 tundi ehk toodab aastas energiat 1,1 TWh. Vastavalt ENMAK 2035 eelnõule (13.11.2024) peab taastuvgaasi osakaal tarbimises aastal 2035. olema 1/3 ehk 2035. aastal võiks see gaasijaam või need gaasijaamad toota 367 GWh elektrienergiat biometaanist. 2040. aastal töötavad kliimakindla majanduse SE prognoosi alusel Eestis gaasijaamad koguvõimsusega 750 MW. Arvestades aastaseks tootmisperioodiks samuti 2200 tundi, on tootmismahut 1,65 TWh. Et elektritootmine peab kliimakindla majanduse SE ja ENMAK 2035 eelnõu alusel olema 2040. aastaks süsinikuneutraalne ning gaasivõrgud dekarboniseeritud, peab tootmine põhinema 100% taastuvgaasil. Biometaani vajalike tootmismahutude arvutamisel võetakse aluseks 45% kasutegur – 1,65 TWh elektri tootmiseks on seega vajalik toota ligi 4 TWh biometaani. Sellist tootmismahut ei suudeta siseriikliku ressursi arvelt katta. Tekib vajadus biometaan importida või kasutada taastuvgaasina biometaanist kõrgema tootmishinnaga sünteetilist metaani. Perioodi alguses säilib ka tarbimine transpordis, kuid aastaks 2045 jõuab see nulli.

Stsenaarium D: Biometaan olemasolevas ja loodavas tööstuses. Stsenaariumi lähtekoht on Elingi 2022. aastal tellitud gaasitarbimise pikaajaline prognoos. Täiendava nõudluse mahuna eeldatakse lisaks EIS müügiportfelli 13 energiamahuka tööstusprojekti (5,8 TWh/a) 25% realiseerumisega 2030. aastaks ja 50% realiseerumisega aastaks 2035. Samuti eeldatakse seda, et nende tööstuste energiavarustus kaetakse 18% ulatuses metaangaasiga, mis vastab 2022. aasta maagaasi osakaalule tööstuste energiavarustuse katmisel. Lisaks arvestatakse ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon) sisalduvat eesmärki, et gaasivõrk on 2035. aastaks dekarboniseeritud 1/3 mahus ja täies mahus 2040. aastaks. Juhul kui nende eelduste alusel toimuks biometaani tarbimise kasv tööstussektoris, siis oleks olulise varuga täidetud ka kliimakindla majanduse SE seletuskirjas sisalduv siht, et tööstus tarbiks 20% ehk u 150 GWh taastuvgaasi.

Stsenaarium E: Biometaan kodudes ja ärides. Stsenaariumi lähtepunkt on maagaasi tarbimise mahud äri- ja avaliku sektori asutustes (2022. aastal 540 GWh) ja kodudes (2022. aastal 570 GWh). Eeldatakse, et metaangaasi nõudlus neis sektorites väheneb tulenevalt hoonete rekonstrueerimisest proportsionaalselt tempos, mis on prognoositud ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioonis) – 2030. aastaks 94%-ni, 2040. aastaks 80%-ni ja 2050. aastaks 68%-ni. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus kavandatud gaasivõrgu dekarboniseerimise tempoga eeldatakse lisaks, et biometaan (või muu taastuvgaas) asendab maagaasi kodude ja äride tarbimisstruktuuris 2030. aastal 25%, 2035. aastal 33% ja 2040. aastal 100% ulatuses.

Stsenaarium F: Biometaan ja biogaas soojusmajanduses. Stsenaariumi lähtekoht on uuringu „Eesti üleminek süsinikuneutraalsele soojus- ning jahutusmajandusele aastaks 2050“ tehnoloogianeutraalse stsenaariumi metaangaaside tarbimismahud – 2030. aastal 2326 GWh ja 2040. aastal 1084 GWh. Viimast mahtu täpsustakse ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024 versioon) kavandatu valguses. Nimelt nenditakse seal, et „fossiilkütustel katelde vahetus kliimaneutraalsete lahendustega võtab aega vähemasti aastani 2040“ ning et „gaasikatelde puhul on võimalik saavutada kõige kiirem üleminek gaasivõrgu dekarboniseerimisel biometaaniga, selliselt ei eeldata investeringuid seadmetesse enne katelde eluea lõppu. Soojuses on vajalik u 1,2 TWh ulatuses maagaasi asendada taastuvate allikatega“. Sarnaselt eelmistele stsenaariumitele eeldatakse kooskõlas riiklike poliitikadokumentidega, et aastal 2035 on vähemalt 1/3 tarbitavast metaangaasist taastuvgaas (biometaan) ning alates aastast 2040 100% taastuvgaasid.

Stsenaarium G: Biometaan üleminekukütusena ja biogaas tööstuses maagaasi osalise asendajana. Stsenaariumis kombineeritakse biometaani kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades. Stsenaariumi esimeses pooles eeldatakse, et toimivate (esmajoones biometaani transpordistatistika) ja täiendavate (nt gaasiveokite soetamise toetus) poliitikainstrumentide toel säilib keskpikas vaates biometaani kasutus ühistranspordis. Kooskõlas ENMAK 2035 eelnõu (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuenergia osakaalu transpordikütustes suureneb biometaani tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite kasutajate ja tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad alates 2035. aastast kiiresti vähendama biometaani tarbimist transpordisektoris.

Transpordisektori nõudluse asendamine toimub kooskõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus sätestatud ringmajanduse põhimõtte (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärindamise (§ 23) ülesannetega. Järk-järgult minnakse üle kohalikule võrguvabale biogaasi tarbimisele biogaasijaamade läheduses laienevates või kujunevates piirkondlikes tööstussümbioosi mudelit rakendavates tööstusparkides ja/või energiakogukondades. Sellega välditakse ülemäärast energiakulu biogaasi muundamisel ja transpordil ning tagatakse teisese toorme maksimaalne kohapealne väärindamine. Biogaasi kohalik autonoomne võrguvaba kasutus tööstussümbioosis ja energiakogukondades panustab ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) sõnastatud Eesti energiajulgeoleku tagamise ühe peamise väljakutsega tegelemisesse – tõsta hajapiirkonna võimekust toota lokaalselt energiat. Stsenaariumis kirjeldatud arengud on kooskõlas ENMAK 2035 eelnõus sisalduva eeldusega gaasivarustuse arendamisel – „hajutatud gaasivarustus võimaldab gaasitarbijatel jätkata ja üle minna taastuvgaaside kasutusele elektri- ja soojusenergia tootmisel ja tarbimisel (sh hooned), transpordis ja tööstuses“. ENMAK 2035 eesmärk suurendada biometaani osakaalu tööstustarbimises 20% ehk u 150 GWh/a saavutatakse biogaasi tarbimisega ringmajanduslikes tööstusparkides. Stsenaariumis ühendatakse biogaasi tootmise keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid regionaalpoliitiliste eesmärkidega.

Stsenaariumite analüüsis hinnati stsenaariumite teostatavuse tegureid ja riske ning stsenaariumite elluviimise mõjusid. Stsenaariumite teostatavuse hindamisel keskenduti viiele valdkonnale: (1) tarbitava biogaasi/biometaani tootmiseks vajaliku siseriikliku ressursi piisavus ja

sobivus; (2) tarbimisenõudluse olemasolu; (3) tehnoloogiline valmisolek; (4) poliitiline teostatavus siseriikliku ning EL-i regulatiivse ja strateegilise raamistiku suuniste mõttes; (5) äriline teostatavus.

Biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimise suurendamise stsenaariumite teostatavuse baaslävend on kliima- ja keskkonnapoliitika põhimõtetega kooskõlas oleva siseriikliku bioressursi maht. Biogaasi tootmiseks sobiva toorme kaardistuse ja analüüsi tulemustele tuginedes eeldatakse biogaasi tootmiseks sobiva kontsentreeritud jäätmete ja jääkide põhise ressursi mahu stabiilsust 0,8 TWh/a tasemel kogu analüüsiperioodi 2025–2050 jooksul. See energia aastatoodangu maht kujundab peamise loomuliku ressursipõhise lävendi stsenaariumite teostatavusele. Teiseks ressursipõhiseks lävendiks on 1,5 TWh/a, mille puhul on potentsiaalina arvestatud ka majanduslikult kättesaadavamad osa hajutatud rohtsest biomassist u 0,7 TWh/a mahus. Arvestades uusi looduskaitselisi piiranguid, tehnoloogiliste lahenduste hetkeseisu ning biogaasi tootmiskulude märkimisväärselt kõrgemat hinda üksnes rohtset biomassi kasutavates jaamades, ei ole selle ressursi suures mahus kasutusevõtmine siiski ilma soodsate muutusteta ärilistes ja poliitilistes tingimustes tõenäoline. **Stsenaariumite võrdluses on lihtsamini teostatavad väiksema mahuga biogaasi tootmist eeldavad stsenaariumid (A, B, G)**, samas kui juba 0,8 TWh/a tootmismahu taset ületavate stsenaariumite teostatavus sõltub biometaani impordist või sünteetilise metaani tootmisvõimekusest Eestis või regioonis. Sellisel juhul on biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimise stsenaariumid osaks laiematest taastuvgaasi tootmise ja tarbimise stsenaariumitest.

Teine stsenaariumite teostatavuse määrav tegur on **tarbimisenõudluse olemasolu, mis sõltub gaasisektori kui terviku konkurentsivõimest, aga veelgi enam biogaasi/biometaani ärilisest konkurentsivõimest** võrduses konkurentkütustega konkreetsetes tarbimissektorites. Viimane on omakorda tugevalt mõjutatud kliima-, keskkonna- ja energiapoliitilistest eesmärkidest ja meetmetest. **Rajatud ja kavandatavate biogaasi tootmisvõimsuste ammendamise (A) ja transpordi üleminekukütuse stsenaarium (B)** on üldiselt kooskõlas transpordi süsinikuheidet olulisel määral vähendava Rohetiigri transpordi teekaardi visiooniga ning turuosaliste optimistlike ootustega. Teostatavuse kriitiline tegur on nõudluse teke raskeveonduse alamsektoris. Vastavad teostatavuse tegurid ja asjakohased poliitikameetmed, alustades gaasiveokite ostutoetustest, on kirjeldatud Rohetiigri teekaardis ning turuosaliste ettepanekutes. Biometaani kasutamise nõudlust raskeveonduses toetab EL-i määrus, millega kehtestatakse uute raskeveokite CO₂-heite normid. **Stsenaariumi, kus siseriiklikul ressursil toodetud biometaani tarbitakse valdavalt gaasielektrijaamades võrku suunatava elektrienergia tootmisel (C)**, teostatavus sõltub suurel määral kooskasutusvõimalusest maagaasi või muude taastuvgaasidega (imporditav biometaan, sünteetiline metaan, rohevesinik). Üksnes siseriiklikust ressursist toodetud biometaanist ei piisa juhitava elektritootmise võimsuse vajaduse katmiseks. Kliimakindla majanduse SE alusel peab alates 2040. aastast elektri tootmine olema süsinikuneutraalne ning kooskasutus maagaasiga ei ole enam võimalik.

Tööstustarbimise stsenaariumi (D) teostatavuse taustaks on maagaasi tarbimise selge langustrend tööstuses, mille võib taas tõusule pöörata majanduse reindustrialiseerimine EIS 13 energiamahuka tööstusprojekti Eestisse meelitamisega, mille energia lõpptarbimine oleks hinnanguliselt 5,8 TWh/a. Eeldades mõõdukalt, et õnnestub ellu viia projekte poole energiavajaduse arvelt ning gaaskütuste osakaal energiavajaduse rahuldamisel jääb 2022. aasta proportsiooni, võiks gaasilistele kütustele lisanduda veel 0,5 TWh mahus tarbimisenõudlust ehk kokku 1,2 TWh/a. Arvestades biogaasi/biometaani sisuliselt olematut hetkenõudlust

tööstussektoris, tööstuste elektrifitseerimist ja gaasiliste kütuste mahtude kiiret vähenemist tööstussektori energiavajaduse rahuldamisel ning biometaaniga kesist konkurentsivõimet maagaasiga, on maagaasi asendava biometaaniga tööstustarbimisel põhineva stsenaariumi teostatavus väga problemaatiline.

Kodude ja teenusasutuste tarbimise stsenaariumi (E) teostatavust toetab maagaasi tarbimise suhteline stabiilsus sektoris (u 1,1 TWh/a) ka maagaasi suurte hinnakõikumiste perioodil. Erinevad uuringud, strateegiadokumendid ja prognoosid näevad ette kodude ja teenusasutuste energiavajaduse rahuldamisel elektrienergia osakaalu kasvu ja maagaasi kasutamise vähenemist. Maagaasi välja tõrjumist kodude ja teenust sektorist aastaks 2050 eeldatakse kõigis Euroopa kliimaambitsiooni mõjude eelhindamise stsenaariumites. RePowerEU programm näeb ette maagaasi olulist vähenemist tarbimissektoris juba 2030. aastaks, mil selle asendavad elektrifitseerimine, soojuspumbad ja ka gaasvõrgus transporditav biometaan. Biometaaniga kasutust kodugaasina piirab kesine hinnakonkurents biomassipõhise soojuse tootmisega ja pikemas vaates soojuspumpasid kasutavate elektrilahendustega. Lisaks hinnakonkurentsile teiste kütustega sõltub stsenaariumi teostatavus ka gaasivõrgu toimimisest mõistlikul tõhususe tasemel.

Soojusmajanduse stsenaariumi (F) teostatavuse tingimused on sarnased kodude ja teenusasutuste stsenaariumile, kuid nõuavad stsenaariumi eeldustest (suurem tarbimismaht maagaasi asendamiseks sektoris) veelgi suuremaid biometaaniga tootmiskahte.

Biometaaniga kui üleminekukütuse ja biogaasi ringmajandusliku regionaalse tööstustarbimise stsenaariumi (G) tarbimisprofiil perioodi alguses on lähedane transpordistsenaariumitega. Biometaaniga nõudlus transpordi üleminekukütusena (vähemalt 2030. aastate keskpaigani) on kooskõlas turuosaliste optimistlike ootustega. Biogaasi nõudlus võrguvaba energiaallikana ring- ja kaskaadmajanduslikes tööstusparkides, mida eeldatakse stsenaariumi teises pooles, on hetkeseisuga minimaalne (v.a niivõrd, kui biogaasi energiat kasutatakse jaamade endi energiavarustuses). Vastav nõudlus tuleb reindustrialiseerimise ja regionaalpoliitika koostoimes alles kujundada.

Stsenaariumite poliitilise teostatavuse hindamisel lähtuti hetkeseisuga arengudokumentides eesmärgistatust ja õigusaktides kehtestatust ning domineerivast paradigmast poliitikate kavandamise protsessis. Hindamisel lähtuti arusaamisest, et kuivõrd biogaasi/biometaaniga potentsiaal rahuldada siseriiklikku energiavajadust jääb parimal juhul 3–5% tasemele, ei saa selle sektori arendamise vajadused suunata laiemat energia- ja kliimapoliitikat. Pigem peab sektor kohanema laiemas poliitikaraamistikus ja leidma seal endale jõukohase niši. Oluliselt ei toeta stsenaariumite poliitilist teostatavust ka osade võimaldavate tegurite kattumine mahult suurema (metaan)gaasisektori arengu teguritega. Nii EL-i kui ka siseriiklikul tasandil suunatakse tarbijad poliitikatega maagaasilt kui fossiilselt kütuselt teistele kütustele/energiakandjatele.

Analüüsi raames visioneeritud **stsenaariumid on kõik (eesmärkide ja piirangute mõttes) kooskõlas EL-i ja siseriikliku poliitikaraamistikuga**. Stsenaariumite seoseid kliimakindla majanduse SE (02.12.2024) ja ENMAK 2035 eelnõuga (13.11.2024) on detailsemalt avatud stsenaariumite eristamise aluste alapeatükis. Kui välja arvata rajatud ja kavandatavate biogaasi tootmisvõimsuste ammendamise (A) stsenaarium, siis võib kõigi stsenaariumite puhul tuvastada olulisi kaudseid takistusi nende realiseerumiseks – piiravad kasutust välja kujunenud tarbimissektorites (linnaliinibussid), vähendavad biometaaniga kooskasutuse võimalusi maagaasiga, diskrimineerivad metaangaasilisi kütuseid. Poliitilisel ja ametkondlikul operatiivtasandil on tugev ootus biometaaniga kasutuseks kütusena elektritootmise juhitavaid võimsusi tagavates

gaasielektrijaamades (stsenaarium C), mis alates 2040. aastast peavad kasutama üksnes taastuvgaase.

Stsenaariumite **ärilise teostatavuse** keskne tegur on biogaasi/biometaani tootmis- ja transpordihind võrdluses konkurentkütuste hinnaga (sh aktsiisid, HKS ühikute maksumus) sama energiakoguse eest samas tarbimissektoris. See hinnavahe ühendatuna stsenaariumi tarbimismahtudega võimaldab hinnata toetuste vajaduse mahtu biogaasi ja biometaani konkurentsivõime tagamiseks. Kuni gaasivõrgu dekarboniseerimiseni aastaks 2040 on biometaani peamine hinnakonkurent maagaas, selle järgselt imporditava biometaani või sünteetilise metaani hind ning laiemalt kõik mittefossiilsed kütused (roheelekter, rohevesinik, rohediisell, taastuvelekter, aga ka kestlikult toodetud hakkepuudust toodetud soojus- ja elektrienergia).

Stsenaariumite teostatavusel tuleb neist eeldustest lähtudes arvestada biometaani kasutusel transpordis **(stsenaariumid A, B ja G algperiood) 11–18 miljoni eurose iga-aastase toetusvajadusega, mis on aga juba kaetud toimiva biometaani transpordistatistika instrumendiga. Elektri tootmisel (stsenaarium C) juhitava võimsuse gaasielektrijaamade kavandatud tootmismahude korral on hinnavahe maagaasiga võrreldes u 34 miljonit eurot aastas ja hakkepuuduga võrreldes üle 200 miljoni euro.** Soojuse tootmisel (stsenaariumid D, E, F) on **kriitilisim konkurents kestliku hakkepuudu baasil toimuva soojatootmisega**, mis on võrdluses biometaanist toodetava soojusega (kaugküttes või hoonete gaasiküttekateldes) aastas **50–80 miljonit eurot odavam.** Hinnaerinevus võrrelduna maagaasiga on 2030-ndatel, mil selline võrdlus asjakohane on, 5–10 miljonit eurot. Võrdluses taastuvelektrit kasutavate soojuspumpadega oleks toetusvajadus maksimaalselt kuni 16 miljonit eurot, kuid osadel aastatel kahaneb hinnaerinevus minimaalseks. **Kõige väiksem on hinnavahe hakkepuuduga** biogaasi kasutamisel kohaliku kütusena tööstusparkides ja energiakogukondades **(stsenaariumi G lõpuperiood)** – maksimaalselt kuni 12 miljonit eurot aastas.

Majanduslike mõjude hindamise arvuliseks aluseks on biogaasi ja biometaani tootmise panus sisemajanduse kogutoodangusse ning loodavate otseste ja kaudsete töökohtade arv. Mõlemad näitajad on mahulises seoses stsenaariumite biogaasi ja/või biometaani tootmismahudega. Stsenaariumite hinnanguline **mõju sisemajanduse kogutoodangule (SKT)** jääb (2023 aasta hinnatasemel) aastases vaates **60 miljoni euro (stsenaarium A) ja 264 miljoni euro (stsenaarium C) vahemikku** ning sõltub otseselt stsenaariumites eeldatud biogaasi tootmise ja tarbimise mahudest. Stsenaariumite panus SKT-sse ulatub 0,2–0,48%-ni. Sõltuvalt biometaani ja/või biogaasi tootmisvajadusest varieerub loodavate töökohtade arv 22–102 vahel.

Ka **stsenaariumite kliimamõju keskne** arvuline näitaja – biogaasi/biometaani tootmise ja tarbimisega saavutatud KHG heite vähenemine võrdluses sisendressursis sisalduva metaangaasi otse atmosfääri hajumisega – on tugevalt korrelatsioonis biogaasi/biometaani tootmismahudega stsenaariumites, kuid lisaks sõltub see ka stsenaariumispetsiifiliste biogaasi tootmisjaamade koosseisust ning tarbimissektori eripäradest. **Stsenaariumites võetakse ringmajanduslikku kasutusse aastas keskmiselt 478 000 (stsenaarium A) kuni 1 845 000 (stsenaarium C) metaani CO2 ekvivalenttonni.**

Stsenaariumite teostatavuse ja mõjude temaatiliste kriteeriumite skalaarsete hinnangute koondpilt näitab, et kõigi ambitsioonikamate stsenaariumite elluviimisel võib prognoosida olulisi takistusi ja piiranguid. Ootuspäraselt on teostatavaim loodud ja loodavate tootmisvõimsuste rakendamise (biometaan transpordis) stsenaarium A, mis tugineb varasematele poliitikaotsustele ja investeringutele. Koondhinnangus parima punktiskoori saanud biometaani üleminekukütuse ja

ringmajandusliku regionaalse tööstuse **stsenariumi G teostatavus on võrdluses teiste stsenariumitega hea lühi- ja keskpikas vaates**, kus see suures osa kattub loodud tootmisvõimsuste transpordisektoris kasutamise stsenariumiga. **Biogaasi tarbimise suunamine transpordinõudluse kahanemisel kohaliku ringmajanduslikku tootmisesse nõuab vastupidiselt olulisi muutusi nii Eesti energiapoliitikas** (hajutatud, autonoomse ja kogukondliku energiasektori arengu prioriseerimine) **kui ka regionaal-, majandus- ja tööstuspoliitikas** (lõimitud valitsemisvaldkondade ülesed lahendused, riigi sekkumiste kasv nn turutõrkepiirkondades). Stsenariumi potentsiaalsed positiivsed mõjud on siiski jõupingutust väärivad. Muuhulgas võib sellest stsenariumist lähtumine pakkuda biogaasile turvalisemat spetsiifiliste konkurentsieelistega (hajutatus, tuule- ja päikeseenergia tootmisalasid täiendavad asukohad roheenergia tootmiseks, lähedus vääridatavale bioressursile) niši kiiresti muutuval energiatootmise ja -tarbimise turul.

„Kestliku biogaasi tootmise ja kasutuselevõtu suurendamise võimaluste analüüsi“ tulemustest lähtudes esitati töö raames kestliku biogaasi tootmise ja tarbimise teekaardi ettepanek. Selle aluseks on tarbimissektorite põhistest stsenariumitest sünteesitud stsenarium, milles **kombineeritakse biometaani kasutus transpordisektori üleminekukütusena biogaasi kasutusega kohaliku kütusena piirkondlikes tööstusparkides ja energiakogukondades**. Teekaardi ajaliselt esimeses pooles eeldatakse, et toimivate ja täiendavate poliitainstrumentide toel säilib keskpikas vaates biometaani kasutus ühistranspordis. Koosõlas ENMAK 2035 eelnõus (13.11.2024) määratud sihttasemega suurendada taastuenergia osakaalu transpordikütustes suureneb biometaani tarbimine transpordisektoris täiendavate tarbijarühmade – raskeveokid, laevandus, põllumajandustehnika – arvelt. Euroopa Liidu regulatsioonid ja nendest lähtuv siseriiklik poliitika koos veokite kasutajate ja tootjate ärivalikutega mitte investeerida metaaniheitega tehnoloogiatesse hakkavad aga alates 2035. aastast kiiresti vähendama biometaani tarbimist transpordisektoris. Kiiresti muutuvast poliitilisest raamistikust ning konkureerivate tehnoloogiliste lahenduste (nt elektrilised raskeveokid, vesinikku kütusena kasutavad sõidukid) turuküpsuse saamise ettemääratusest põhjustatud ebakindlust transpordisektori nõudluse püsimisel 2030-ndatel maandatakse biometaani kasutamisega soojuse tootmises.

Transpordisektori ja soojamajanduse biometaani nõudluse asendamine biogaasi valdavalt tööstusliku kasutusega 2030-ndatel toimub koosõlas kliimakindla majanduse seaduseelnõus sätestatud ringmajanduse põhimõtte (§ 21) ning energiatõhususe suurendamise (§ 22) ja ressursside kohapealse väärimise (§ 23) ülesannetega. Järk-järgult minnakse üle kohalikule võrguvabale biogaasi tarbimisele biogaasijaamade läheduses laienevates või kujunevates piirkondlikes tööstussümbioosi mudelit rakendavates tööstusparkides ja/või energiakogukondades. Sellega välditakse ülemäärast energiakulu biogaasi muundamisel ja transpordil ning riske, mis kaasnevad gaasivõrgu arenguga. Samuti tagatakse teisese toorme maksimaalne kohapealne väärimine. Teekaardis ühendatakse biogaasi tootmise keskkonna- ja energiapoliitilised eesmärgid regionaalpoliitiliste eesmärkidega. Regionaal- ja tööstuspoliitiliste eesmärkide lisandumise tõttu biogaasi tootmisvõimsuste kasvuga ei kiirustata. Siseriiklikul ressursil põhinev biogaasi tootmise ja tarbimise optimaalne maht 0,8 TWh/a saavutatakse aastaks 2035.

Teekaardis sõnastati viis prioriteetset ülesannet visiooni saavutamiseks.

1. Kõrge primaarse kontsentreeritud metaaniheitelga sektorite (loomakasvatus, jäätmemajandus, veemajandus) ja nende sektorite saastavate majandusüksuste motivatsiooni tõstmine tootmisjääkide, jäätmete ja kõrvalsaaduste suunamiseks biogaasi tootmisesse.
2. Gaasitehnoloogiliste seadmete ja taristu arendamine ning hoidmine (vähemalt keskpikas perspektiivis).
3. Konkurentsivõime tagamine võrdluses fossiilsete kütustega.
4. Võrdse konkurentsisisituatsiooni tagamine võrrelduna teiste keskkonnasõbralike energiaallikate ja kütustega.
5. Täiendava ressursi kasutuselevõtu võimaluste otsimine, uute tehnoloogiate arendamine ja piloteerimine.

Teekaardi tegevuskavas eristatakse lühiajalist perioodi kuni 2030. aastani, keskpikka perioodi 2030–2040 ja pikemaajalist vaadet kuni aastani 2050.

Tabel 83. Biogaasi tootmise potentsiaalne ja kasutatud ressurss, peamised väljakutsed ja poliitikaraamistik potentsiaali realiseerimisel (Allikas: autorite koostatud, aruandes kasutatud allikatele tuginevad arvutused)

Nimetus	Ressurss, tuh tonni/a		Biometaani toodang, GWh/a		Reali-seeritud ressurss	Strateegilised arengukavad	Peamised reguleerivad määrused	Peamised väljakutsed
	Potent-siaalne	Kasutatud	Potent-siaalne	Toodetud				
Põllumajanduslikud jäätmed ja jäägid	4112	399	1304	77	6%	<p>Arengukavad soodustavad jäätmete ringlusse suunamist ja soosivad biogaasi/biometaani kui taastuvenergia tootmist.</p> <p>Taastuvenergia osakaalu eesmärk on EL-i üleselt siduv ja selleks on 2030. aastaks vähemalt 42,5%.</p> <p>Olulisemad strateegiad: EL-i roheline kokkulepe: sh pakett „Eesmärk 55“, Puhas Energia, Euroopa tööstusstrateegia ja ringmajanduse tegevuskava; RePower EU; Eesti 2035; Kliimapoliitika põhialused aastani 2050; ENMAK 2035; PõKa 2030; Riigi jäätmekava 2023–2028</p>	<p>RED III liigitab biogaasi taastuvenergiaks ja piirangud on seatud üksnes ressursile. REDIII IX lisa A osas loetletud lähteained; Direktiiv reoveesetete kasutamisel põllu-majanduses (86/278/EMÜ).</p> <p>Jäätmete raamdirektiiv 2008/98/EÜ; REDIII IX lisa A ja B osas loetletud jäätmed; EK 2021/2139 ja 2023/2486 määruses nimetatud sõelumiskriteeriumid.</p> <p>Asulareovee direktiiv 2022/0345 (COD) Veeseadus; Siseriiklikud reoveesette kääritusjäägi kasutamist reguleerivad määrused</p>	<p>Maakasutuse piirangud: mittekonkureeriv toidutootmisega, rohumaade mitmekesisuse säilitamine, kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa kattuvus poollooduslike koosluste ja looduskaitsealadega. Põllumajanduspoliitika, sh loomade arvu vähenemine. Regionaalne erinevus nii veise- kui ka taimekasvatuses. Kääritusjäägi transpordi hind ja veokaugus. Sõnniku määratluse muutmine – jäätmest kaassaaduseks.</p> <p>Toidu- ja biojätmete tekke vähenemine, kuid liigiti kogumise võimekuse kasv.</p> <p>Üleminek kompostimiselt biogaasistamisele. Asulareovee puhastamisel energiatõhususe aluste täitmine. Reoveesette kääritusjäägi kasutamine on välistatud toidutootmisel, st reoveesette ressursi eraldi käsitlemist biogaasistamisel. Ressursi koguste suured maakondlikud erinevused.</p>
Sõnnik	2788	360	461	57	12%			
Põhk ja rohtne biomass	1324	39	843	21	2%			
Sh kasutus põllumajanduslikes biogaasijaamades (19,4%)	257	39	163	21	13%			
Sh kasutus rohtse biomassi biogaasijaamades (80,6%)	1067		679		0%			
Biologunevad jäätmed	285	150	147	112	76%			
Reoveesetted	141	64	42	32	77%			

Nimetus	Ressurss, tuh tonni/a		Biometaani toodang, GWh/a		Reali-seeritud ressurss	Strateegilised arengukavad	Peamised reguleerivad määrused	Peamised väljakutsed
	Potent-siaalne	Kasutatud	Potent-siaalne	Toodetud				
Kokku	3471	613	814	222	27%			
<i>Kokku koos rohtse biomassi biogaasijaamadega</i>	4537	613	1493	222	14%			

8. SUMMARY IN ENGLISH

The Analysis of Opportunities to Enhance the Production and Consumption of Sustainable Biogas focused on **three main objectives**.

1. To provide a comprehensive overview of the potential uses of biogas/biomethane and its role in achieving Estonia's energy and climate goals.
2. To map the current potential for biogas/biomethane in Estonia and develop various scenarios for its application.
3. To prepare a proposal for a national roadmap for biogas/biomethane.

To achieve these objectives, the study was conducted in **five interrelated research phases**. In the introductory phase, a shared understanding of the study's goals and methodology was established. **The analysis of the current state covered five main topics:** (1) strategic and regulatory framework; (2) sources of biogas feedstock in Estonia; (3) biogas production technologies and their use in Estonian biogas plants; (4) consumption trend and forecasts of natural gas and biogas; (5) policy instruments shaping biogas production and consumption.

Based on the analysis, seven types of biogas/biomethane plants were identified, considering feedstock availability and plant scale. **Seven consumption scenarios were then developed for the period 2025–2050**, specifying the predicted consumption volumes by sector and fuel type. For each scenario, the number and types of biogas plants required were calculated, including the cost per energy unit, total production and transportation costs, and GHG emission reductions achievable through the scenario's implementation.

The feasibility of the scenarios was assessed across five areas: (1) adequacy and suitability of domestic resources for biogas/biomethane production; (2) demand in consumption sectors; (3) technological readiness; (4) political feasibility within the framework of national and EU regulations and strategies; (5) commercial viability. **The impacts of the scenarios were evaluated in three dimensions:** (1) economic impact, including regional development effects; (2) climate and environmental impact; (3) impact on energy security. Based on the findings, a roadmap proposal for increasing the production and consumption of sustainable biogas was developed.

The analysis of the strategic and regulatory framework reveals that existing strategies and legal acts generally support biogas development. However, some regulatory provisions may hinder progress or create uncertainty. It is therefore crucial to consider cross-sectoral impacts and risks when planning biogas production. For example the goal to reduce food waste by 30% also reduces the available feedstock for biogas. In the transport sector, achieving a 100% GHG reduction is feasible with biomethane, provided it continues to be considered a zero-emission fuel. The Energy Efficiency Directive for buildings mandates phasing out fossil fuels, which could also impact biogas consumption in the gas network.

While strategies and development plans encompass the entire energy sector or broader climate neutrality goals, biogas production is addressed in relatively general terms. Importantly, the **Renewable Energy Directive (RED III) explicitly classifies biogas as renewable energy** and sets specific targets for its use. The EU-wide binding target is a 42.5% share of renewable energy by 2030. The Alternative Fuels Infrastructure Regulation promotes the development of biogas infrastructure, particularly in the transport sector.

In Estonia, the most significant strategic and regulatory frameworks influencing biogas production and consumption are **the Climate Resilient Economy Act (CREA) and the Energy Economy Development Plan 2035 (ENMAP 2035)**. According to the draft versions of these documents (as of 2 December 2024 and 13 November 2024), electricity and heat production in Estonia must be CO₂-neutral by 2040. Opportunities to enhance the competitiveness of the transport sector include greater use of locally sourced fuels such as renewable electricity, biomethane, and green hydrogen. In manufacturing, plans are in place to replace 20% of natural gas use with biomethane.

The mapping and analysis of feedstock suitable for biogas production indicate that Estonia could **increase sustainable biogas production to 815 GWh annually** using domestic resources. Over half of this potential comes from livestock manure (461 GWh). Other key sources include biodegradable waste (145.6 GWh/year), sewage sludge (42.3 GWh/year), and grassy biomass as a supplementary substrate in agricultural biogas plants (163.6 GWh/year, representing 19% of total straw and grassy biomass volume). These resources are concentrated in counties with larger populations and strong agricultural traditions, particularly in Central Estonia.

Biogas production in Estonia is characterized by a growth trend in production volumes. In 2023, existing biogas plants produced **a total of 249 GWh, of which 211 GWh was biomethane**. New plants under development and those receiving subsidies are expected to increase annual biomethane production by an additional 283 GWh. With existing capacities preserved, annual biogas production could reach at least 520 GWh by 2030. Most biogas is produced through anaerobic digestion at mesophilic temperature ranges, with substrate dry matter content below 30%. Fermentation of straw and grassy biomass is not widespread due to higher production costs.

Natural gas consumption has shown a long-term decline, while biogas consumption has been increasing. **In 2023, biogas accounted for 7% of domestic methane gas consumption**, primarily in the form of biomethane. **Natural gas consumption forecasts are generally pessimistic, with some scenarios projecting a 40% decline.** The REN-Methane scenario from a regional gas decarbonization study predicts biomethane consumption of 2,400 GWh annually by 2050, but this would require significant imports, given Estonia's domestic potential of 815 GWh/year.

Developing biogas production in Estonia faces challenges similar to those in other sectors, including resource access, high investment costs in equipment and infrastructure, and **high production costs compared to fossil fuels**. Policy instruments supporting biogas and biomethane production include mechanisms such as the biomethane transport statistics instrument, which currently ensures the competitiveness of biomethane as a transport fuel. This analysis highlights the need for a well-coordinated strategic approach to fully realize the potential of sustainable biogas as a key contributor to Estonia's energy, climate, and economic goals.

In the analysis of business models for biogas and/or biomethane production plants, **seven types of biogas and biomethane plants were identified** based on the current state review (e.g., availability of feedstock, size of biogas plants operating in Estonia). These include:

- Large agricultural biogas/biomethane plants (approximately 200,000 tonnes of feedstock per year).
- Medium-sized agricultural biogas/biomethane plants (approximately 150,000 tonnes of feedstock per year).
- Small agricultural biogas/biomethane plants (approximately 100,000 tonnes of feedstock per year).
- Regional biogas/biomethane plants processing biodegradable waste.
- Centralized biogas/biomethane plants processing biodegradable waste.
- Regional biogas/biomethane plants processing grassy biomass.
- Centralized biogas/biomethane plants processing grassy biomass.

Descriptions of grassy biomass-based biogas/biomethane plants are hypothetical, as such plants do not currently exist in Estonia. Globally, facilities relying exclusively on plant-based feedstocks primarily utilize maize silage.

Agricultural Biogas Plants. Considering the available manure resources, the location and size of livestock farms, it is estimated that Estonia could establish ten large, four medium, and two small agricultural biogas/biomethane plants. The primary feedstock for these plants would be livestock manure, along with grassy biomass and straw. Large agricultural plants (annual production capacity of approximately 44,000 MWh) would typically be located near large cattle farms and primarily use cattle manure, supplemented with less than 10% grassy biomass and straw. Medium and small agricultural plants would use a mix of cattle manure, poultry manure, grassy biomass, straw, and, in the case of small plants, food waste. **The combined annual production capacity of these 16 agricultural biogas/biomethane plants is approximately 628,000 MWh**, with nearly three-quarters of the output derived from livestock manure. Of this manure, approximately 85% is liquid cattle manure.

Biodegradable Waste-Based Biogas Plants. It is estimated that Estonia could support up to 16 such plants. Half would be regional plants, each producing approximately 3,800 MWh annually. The other half would be centralized plants, each producing approximately 14,000 MWh annually. The total annual resource requirement for these plants would be approximately 277,000 tonnes of biodegradable waste, yielding **a combined production capacity of approximately 146,000 MWh**.

Grassy Biomass-Based Biogas Plants. While establishing biogas/biomethane plants using grassy biomass and straw as the sole feedstock is **not currently viable within the existing and foreseeable economic and environmental framework**, sufficient resources exist in Estonia to support such facilities. If the necessary technology for processing grassy biomass and straw were developed in the coming decades, it would be possible to establish up to 22 such plants in Estonia: 7 regional plants with an annual production capacity of approximately 20,000 MWh each; 15 centralized plants with an annual production capacity of approximately 36,000 MWh each.

Combined, these grassy biomass-based plants could produce 675,000 MWh annually, requiring approximately 942,000 tonnes of feedstock.

The study outlines seven scenarios for sustainable biogas production and consumption, distinguished primarily by the main consumption sector: transport, industry, electricity production, heat production, or household gas use (including businesses and public sector institutions). During the initial phase of each scenario, current consumption levels (primarily in the transport sector) are assumed to persist, followed by a decline in the 2030s. **Additionally, a "business-as-usual" (BAU) scenario is identified**, in which biomethane is primarily used in transport, but production and consumption volumes are lower compared to other scenarios. In this BAU scenario, consumption is estimated at around 0.5 TWh/year, assuming no new plants are built beyond those supported by 2024 funding and operational by 2027.

The only **cross-sectoral synthesis scenario combines biomethane use as a transitional fuel in transport during the first half of the forecast period with local biogas use in circular economy industrial parks** (potentially alongside use for heating in homes and businesses or energy communities) in the second half. This scenario provides a competitive pricing model and establishes a long-term niche for biogas/biomethane, forming the foundation for the roadmap vision and its implementation strategy.

Scenario A: Utilization of Existing and Planned Production Capacities. This scenario assumes the continuation of current practices, where most biogas is converted into biomethane and used in the transport sector. Public transport consumption remains stable at 250 GWh/year, with mid-term contributions from the freight sector, specifically domestic freight demand for compressed biomethane (CBG) at 50 GWh/year. The biomethane market benefits from the greenhouse gas (GHG) transport statistics instrument, ensuring its competitiveness as a transport fuel. Public sector obligations, such as reducing GHG emissions in buildings (16% by 2035 and 37% by 2040) and phasing out fossil fuels by 2040, motivate the use of biomethane as a transitional fuel in public sector buildings (140 GWh/year). With support for the construction of four new plants by 2026 (total capacity 180 GWh/year), **production is expected to reach 0.5 TWh/year by 2030.** However, from 2035 onwards, EU regulations and industry decisions not to invest in methane-emitting technologies will reduce biomethane consumption in transport. By 2040, public transport in cities with over 50,000 inhabitants will transition entirely to zero-emission vehicles, aligning with climate resilience targets, leaving existing biogas plants to operate until the end of their lifespan.

Scenario B: Biomethane as a Transport Fuel. This scenario builds on existing national policies supporting biomethane in public transport. According to the draft ENMAP 2035 (13 November 2024), renewable energy in transport fuels should increase from 28.48% in 2022 to 49% by 2035. This leads to increased biomethane consumption in additional transport sub-sectors such as heavy freight, shipping, and agricultural machinery. While public transport demand declines after 2040, consumption in freight and agriculture compensates it. By 2035, biomethane could meet one-third of fuel needs for heavy vehicles and agricultural machinery, reaching 500 GWh/year (400 GWh for heavy freight and 100 GWh for agricultural machinery). Production is expected to peak at 670 GWh/year by 2035, with modest **growth to 730 GWh/year thereafter.**

Scenario C: Biomethane as a Primary Fuel for Dispatchable Electricity. This scenario aligns with the draft Climate Resilience Act (2 December 2024), which projects the need for 500 MW of gas-fired power plants by 2030, operating an average of 2,200 hours annually and producing

1.1 TWh of electricity. By 2040, total capacity would increase to 750 MW, requiring 1.65 TWh of electricity annually, all generated from renewable gas. Given the efficiency of 45%, **approximately 4 TWh of biomethane would be needed**. Since domestic resources cannot meet this demand, significant imports or higher-cost synthetic methane would be required. Biomethane use in transport would decline to zero by 2045.

Scenario D: Biomethane in Existing and Planned Industry. This scenario assumes a 25% realization of 13 energy-intensive industrial projects (total demand 5.8 TWh/year) by 2030 and 50% by 2035. It further assumes that 18% of these industries' energy needs will be met with methane gases, aligning with 2022 natural gas proportions. By 2040, this demand could be met with fully decarbonized gas grids. Biomethane consumption in industry could reach 150 GWh/year, fulfilling the target set in the Climate Resilience Act.

Scenario E: Biomethane in Homes and Businesses. This scenario starts with 2022 natural gas consumption levels in businesses and public institutions (540 GWh/year) and households (570 GWh/year). It assumes a proportional decline in methane demand due to building renovations, **with biomethane replacing natural gas incrementally**: 25% by 2030, 33% by 2035, and 100% by 2040.

Scenario F: Biomethane and Biogas in Heat Production. This scenario is based on the national transition to carbon-neutral heating and cooling by 2050. By 2030, methane consumption is estimated at 2,326 GWh/year, decreasing to 1,084 GWh/year by 2040. To achieve this, **1.2 TWh of methane must be replaced with renewable gases**. Biomethane is expected to replace at least one-third of methane by 2035 and 100% by 2040.

Scenario G: Biomethane as a Transitional Fuel and Biogas in Regional Industry. This scenario combines the use of biomethane as a transitional fuel in the transport sector with the local use of biogas as a fuel in regional industrial parks and energy communities. In the first half of the scenario, it is assumed that existing policy instruments (primarily biomethane transport statistics) and additional measures (e.g., subsidies for purchasing gas-powered trucks) will support the continued medium-term use of biomethane in public transport. In line with the target levels set in the draft Energy Economy Development Plan 2035 (ENMAP 2035) (13 November 2024), the share of renewable energy in transport fuels is expected to increase. As a result, biomethane consumption in the transport sector will expand to include additional consumer groups, such as heavy freight vehicles, shipping, and agricultural machinery. However, EU regulations and related national policies, combined with strategic business decisions by vehicle users and manufacturers to avoid investments in methane-emitting technologies, are anticipated to **rapidly reduce biomethane consumption in the transport sector starting in 2035**.

The replacement of transport sector demand will align with the principles of the Climate Resilience Act, particularly circular economy (§21), improved energy efficiency (§22), and the local valorisation of resources (§23). **Gradually, consumption will shift to off-grid local biogas usage in regional industrial parks implementing industrial symbiosis models and/or energy communities near biogas plants.** This approach avoids excessive energy losses during biogas conversion and transportation and ensures the maximal local valorisation of secondary resources. The autonomous, off-grid use of biogas in industrial symbiosis and energy communities contributes to one of the key challenges identified in the draft ENMAP 2035: enhancing regional capacity to produce energy locally. These developments are consistent with the draft plan's assumptions for gas supply development, which states: "Decentralised gas supply allows gas

consumers to continue and transition to renewable gases for electricity and heat production and consumption (including buildings), transport, and industry." The ENMAP 2035 target to increase biomethane's share of industrial consumption to 20% (approximately 150 GWh/year) is achieved through biogas consumption in circular economy-driven industrial parks. **This scenario integrates environmental and energy policy goals for biogas production with regional policy objectives**, fostering local energy resilience and reducing dependency on centralized energy networks.

The analysis of scenarios evaluated the feasibility factors, associated risks, and the impacts of scenario implementation.

The baseline threshold for the feasibility of scenarios to increase biogas/biomethane production and consumption is **the availability of domestic bioresources in line with climate and environmental policy principles**. Based on resource mapping and analysis, **the availability of concentrated waste- and residue-based resources suitable for biogas production is expected to remain stable at 0.8 TWh/year throughout the analysis period (2025–2050)**. This production capacity forms the primary "natural" resource-based threshold for scenario feasibility. A secondary resource-based threshold is 1.5 TWh/year, considering the economically accessible portion of dispersed grassy biomass (approximately 0.6 TWh/year). However, due to new environmental restrictions, the current state of technological solutions, and significantly higher production costs for plants using only grassy biomass, large-scale utilization of this resource is unlikely without favorable changes in business and policy conditions. Among the scenarios, **those requiring lower production volumes (A, B, G) are more easily feasible. Scenarios exceeding the 0.8 TWh/year threshold depend on biomethane imports or the development of synthetic methane production capabilities in Estonia** or the region. In such cases, biogas/biomethane scenarios would be part of broader renewable gas production and consumption frameworks.

The existence of demand is a critical determinant, relying on the competitiveness of the gas sector as a whole and, more specifically, the commercial competitiveness of biogas/biomethane compared to alternative fuels in specific consumption sectors. This is significantly influenced by climate, environmental, and energy policy objectives and measures. **The current capacity utilization scenario (A) and the biomethane transitional fuel scenario (B)** align with the vision of the „Green Tiger Transport Roadmap“, which aims to significantly reduce carbon emissions in the transport sector, as well as stakeholders' optimistic expectations. **A critical feasibility factor for these scenarios is the emergence of demand in the heavy freight sub-sector**. Relevant feasibility factors and policy measures, such as subsidies for gas-powered trucks, are outlined in the Green Tiger Roadmap and stakeholders' proposals. EU regulations establishing CO₂ emission standards for new heavy-duty vehicles also support biomethane demand in freight transport.

For **the electricity production scenario (C)**, where domestically produced biomethane is consumed primarily in gas-fired power plants for grid electricity, **feasibility depends heavily on co-utilization with natural gas or other renewable gases** (e.g., imported biomethane, synthetic methane, or green hydrogen). Domestic biomethane alone cannot meet the demand for dispatchable electricity generation. Furthermore, under the Climate Resilience Act, electricity production must be carbon-neutral by 2040, eliminating the possibility of co-utilization with natural gas.

The feasibility of **the industry consumption scenario (D)** is influenced by the declining trend in natural gas consumption in the industrial sector. However, this trend could be reversed by the reindustrialization of the economy, including the implementation of 13 energy-intensive industrial projects with an estimated total energy demand of 5.8 TWh/year. Assuming moderate success, where half of these projects materialize and gas fuels maintain their 2022 proportion in energy demand, an additional 0.5 TWh/year of gas demand could be added, resulting in a total of 1.2 TWh/year. Despite this potential, **the current negligible demand for biogas/biomethane in industry, electrification trends, and the declining role of gaseous fuels in industrial energy needs make the feasibility of replacing natural gas with biomethane in industry highly problematic.**

The feasibility of **the household and service sector consumption scenario (E)** is supported by the relative stability of natural gas consumption in this sector (approximately 1.1 TWh/year), even during periods of significant price fluctuations. Various studies, strategies, and forecasts suggest an increase in electricity's share and a reduction in natural gas use for meeting household and service sector energy needs. By 2050, natural gas is expected to be phased out in these sectors in all EU climate ambition scenarios. The RePowerEU program forecasts a significant reduction in natural gas use in this sector by 2030, replaced by electrification, heat pumps, and biomethane transported via gas networks. However, **the use of biomethane as household gas is limited by weak price competitiveness with biomass-based heat production and, in the longer term, with heat pump-based electric solutions.** In addition to price competition, the scenario's feasibility depends on the efficient operation of the gas network.

The feasibility conditions for **the heat production scenario (F)** are similar to those for households and the service sector but require even larger biomethane production volumes to replace natural gas.

The biomethane **transitional fuel and regional biogas consumption scenario (G)** begins with a consumption profile similar to the transport scenarios. Biomethane demand as a transitional fuel in transport (at least until the mid-2030s) aligns with optimistic expectations from stakeholders. However, **biogas demand as an off-grid energy source in circular and cascade economy industrial parks, assumed in the second half of the scenario, is currently minimal** (except for the biogas plants' own energy use). This **demand will need to be developed through the interplay of reindustrialization and regional policy.**

The **political feasibility of the scenarios** was evaluated based on current goals outlined in development documents, established legislation, and the dominant paradigm in the policy design process. The assessment acknowledged that the potential of biogas/biomethane to meet national energy needs is, at best, limited to 3–5%. As such, the development needs of this sector cannot drive broader energy and climate policies. Instead, **the biogas/biomethane sector must adapt within the larger policy framework and carve out a viable niche.** Political feasibility is further challenged by the overlap of enabling factors of the biogas/biomethane sector and the inhibiting factors for the larger methane gas sector. Both at the EU and national levels, policies are increasingly guiding consumers away from natural gas as a fossil fuel toward alternative fuels and energy carriers. **All scenarios envisioned in this analysis align (in terms of objectives and constraints) with EU and national policy frameworks.**

Excluding the current capacity utilization scenario (A), **all other scenarios face significant indirect obstacles to their implementation.** These include: limited use in established

consumption sectors (e.g., urban buses); reduced opportunities for co-utilization of biomethane with natural gas; discriminatory policies against methane-based fuels. At the political and administrative levels, there is a strong expectation for biomethane to be used as a fuel in gas-fired power plants providing dispatchable electricity generation capacity (Scenario C). From 2040 onward, these plants must operate exclusively on renewable gases, as required by the Climate Resilience Economy Act.

The central factor in the commercial feasibility of the scenarios is the cost of producing and transporting biogas/biomethane compared to competing fuels (including taxes, emission trading system (ETS) unit costs) for delivering the same energy quantity within the same consumption sector. This price differential, combined with the consumption volumes of each scenario, provides a basis for estimating the level of subsidies required to ensure the competitiveness of biogas and biomethane. Until the gas grid is fully decarbonized by 2040, the primary price competitor for biomethane is natural gas. After 2040, the competition shifts to imported biomethane, synthetic methane, and broader non-fossil fuels such as green electricity, green hydrogen, renewable diesel, and sustainably produced wood-based heat and electricity.

The annual subsidy requirement for **biomethane use in transport** (Scenarios A, B, early period of scenario G) is **estimated at €11–18 million**, which is already covered by the operational biomethane transport statistics instrument. **For planned gas-fired power plants providing dispatchable capacity (Scenario C) the cost difference** compared to natural gas is approximately €34 million annually, while the difference **compared to wood-based heat is over €200 million annually**. In scenarios D, E, F the most critical competition is with heat production based on **sustainable wood, which is €50–80 million cheaper annually than heat produced from biomethane** (for district heating or gas boilers in buildings). In the 2030s, when natural gas comparisons remain relevant, the price difference with biomethane is estimated at €5–10 million annually. Compared to renewable electricity-based heat pumps, the maximum subsidy requirement could reach €16 million annually, but the price gap narrows significantly in some years. **In the local use of biogas in symbiotic industrial parks and energy communities (later period of scenario G), the price gap with wood-based fuels is the smallest**, reaching a maximum of €12 million annually for biogas used as a local fuel. These cost estimates illustrate the level of support required to ensure the economic competitiveness of biogas and biomethane across different sectors and scenarios.

The quantitative basis for **assessing economic impacts includes the contribution of biogas and biomethane production to the gross domestic product (GDP) and the number of direct and indirect jobs created**. Both indicators are closely tied to the production volumes of biogas and/or biomethane in the scenarios. **The estimated impact on GDP (at 2023 price levels) ranges from €60 million annually (Scenario A) to €264 million annually (Scenario C)**, depending directly on the biogas production and consumption volumes in each scenario. The scenarios' contribution to GDP is projected to be **0.2–0.48%**. Depending on the biogas and/or biomethane production needs, the number of jobs created varies between 22 and 102 positions.

The central quantitative indicator for the scenarios' climate impact is **the reduction in greenhouse gas (GHG) emissions achieved by biogas/biomethane production and consumption**, compared to the direct release of methane contained in the input resources into the atmosphere. **This indicator is strongly correlated with the biogas/biomethane production volumes in the scenarios but also depends on the configuration of biogas plants**

and the specific characteristics of the consumption sectors. The scenarios envision the circular economy reuse of an **annual average of 478 thousand tons of CO2 equivalent methane (Scenario A) to 1,845 thousand tons of CO2 equivalent methane** (Scenario C).

A consolidated evaluation of the scenarios, based on thematic criteria for feasibility and impacts, indicates that the implementation of the most ambitious scenarios would face significant challenges and constraints. Unsurprisingly, the most feasible scenario is Scenario A (utilizing existing and planned production capacities for biomethane use in transport), which builds on previous policy decisions and investments. **The highest-scoring scenario in the overall assessment is Scenario G (biomethane as a transitional fuel and biogas for regional circular industry).** Its feasibility compares favorably with other scenarios in the short and medium term, as it largely overlaps with the transport-focused Scenario A. However, **redirecting biogas consumption from transport to local circular economy production requires substantial changes in Estonia's energy policy (prioritizing decentralized, autonomous, and community-based energy sector development) as well as regional, economic, and industrial policies (cross-sectoral integrated solutions and increased state interventions in market failure areas).** Despite the challenges, **the potential positive impacts of Scenario G warrant these efforts.** Notably, this scenario offers biogas a more secure niche in the rapidly changing energy production and consumption market by leveraging specific competitive advantages, such as decentralization, locations complementary to wind and solar energy production zones, and proximity to valuable bioresources.

Based on the results of the analysis of opportunities to increase the production and adoption of sustainable biogas, **a proposal for a roadmap for sustainable biogas production and consumption was developed.** This roadmap is **grounded in a synthesized scenario combining the use of biomethane as a transitional fuel in the transport sector with the use of biogas as a local fuel in regional industrial parks and energy communities.**

In the initial phase of the roadmap, it is assumed that with the support of existing and additional policy instruments, biomethane use in public transport will remain viable in the medium term. In line with the target set in the draft Energy Economy Development Plan 2035 (ENMAP, 13 November 2024 version) to increase the share of renewable energy in transport fuels, biomethane consumption in the transport sector is expected to grow, driven by additional consumer groups such as heavy freight vehicles, shipping, and agricultural machinery. However, EU regulations and national policies, alongside strategic decisions by vehicle users and manufacturers to avoid investments in methane-emitting technologies, are expected to significantly reduce biomethane consumption in the transport sector starting in 2035. Uncertainty regarding the persistence of transport sector demand in the 2030s – caused by rapidly evolving political frameworks and the maturation of competing technological solutions (e.g., electric heavy-duty vehicles and hydrogen-powered vehicles) - will be mitigated by the use of biomethane in heat production.

The replacement of biomethane demand in the transport and heat sectors with predominantly local industrial biogas use during the 2030s aligns with the principles set out in the draft Climate Resilience Act, particularly those concerning the circular economy, increasing energy efficiency, and local valorization of resources. Gradually, biogas consumption will transition to local, off-grid use in expanding or emerging regional industrial parks that adopt industrial symbiosis models and/or energy communities near biogas plants. This approach

minimizes energy losses associated with biogas conversion and transportation while addressing risks linked to gas network developments. It also ensures the maximal local valorization of secondary resources.

The roadmap integrates environmental and energy policy objectives for biogas production with regional policy goals. Given the addition of regional and industrial policy objectives, the growth in biogas production capacity will proceed at a measured pace. **The optimal domestic biogas production and consumption volume of 0.8 TWh/year is expected to be achieved by 2035.**

Five Priorities for Achieving the Vision.

1. Enhancing the motivation of high methane-emitting sectors (livestock farming, waste management, water management) and their polluting economic units to direct production residues, waste, and by-products into biogas production.
2. Developing and maintaining gas technology equipment and infrastructure (at least in the medium term).
3. Ensuring competitiveness of biogas/biomethane compared to fossil fuels.
4. Creating a level playing field with other environmentally friendly energy sources and fuels.
5. Identifying opportunities to utilize additional Resources for the production of biogas, as well as developing and piloting new technologies.

The roadmap distinguishes between three implementation periods: short-term until 2030, medium-term in 2030–2040 and long-term until 2050.