Eesti tingimustesse sobivate biogaasi metaaniks puhastamise tehnoloogiate rakendatavus ning keskkonna ja majanduslikud mõjud

◊

Lõpparuanne

Rahastaja: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus
Koostaja: Tallinna Tehnikaülikool, soojustehnika instituut

Tallinn
2014

Sisukord

Sisukord 2
Sissejuhatus 4
1. Ülevaate koostamine maailmas kasutatavatest ja uuringu faasis olevatest biogaasi puhastamise tehnoloogiatest ja kasutatavatest seadmetest. 6
1.1 Biogaasi puhastamine autokütuseks 6
1.2 Nõuded puhastatud biogaasile 6
1.3 Biogaasi biometaaniks puhastamise eesmärk 7
1.4 Biogaasi puhastusmeetodid 7
1.4.1. Vahelduva rõhuga adsorbeerimine 8
1.4.2. Füüsikaline absorptsioon 10
1.4.3. Füüsikalis-keemiline puhastus 13
1.4.4. Keemiline puhastus 14
1.4.5. Membraanpuhastus 15
1.4.6. Krüogeenpuhastus 17
1.4.7. Bioloogiline rikastamine 18
1.4.8. Metaani rikastamine *in situ* (kääriti siseselt, kääritusprotsessis) 19
1.4.9. Kõrgrõhupuhastus käärimisprotsessis 20
1.4.10. Kokkuvõte 21
1.5 Erinevate puhastustehnoloogiate võrdlus valitud parameetrite ning püsi- ja muutuvkulude alusel 22
1.6 Puhastustehnoloogiate keskkonnamõjud 28
1.7 Puhastusmeetodite majanduslikkuse võrdlus Allikas: www.dmt-et.nl 29
1.8. Biometaani juhtimine maagaasivõrku 33
2. Tehnoloogiavaliku maatriksi koostamine ja Eestile tehnilis-majanduslikult ja keskkonnakaitse seisukohalt sobivama(te) puhastustehnoloogia(te) valik. 35
2.1. Biogaasi puhastusjaamade keskkonnamõjud 35
2.2. Biogaasi puhastustehnoloogiate võrdlus 37
2.3. Eestis kasutusele võetavad puhastustehnoloogiad 38
3. Biogaasi ressursi hindamine piirkondlikult ja üle Eesti. 40
3.1. Senised hinnangud biogaasi kogustele Eestis 40
3.2. Biogaasi ressursside piirkondlik hinnang 42
3.2.1. Metoodilised aspektid 42
3.2.2. Piirkondade valimine ja farmide kaardistamine 46
3.2.2.1. Jõgevamaa biogaasigrupp 47
3.2.2.2. Raplamaa biogaasigrupp 51
3.2.2.3. Viljandimaa biogaasigrupp 52
3.2.3. Rohtse biomassi olemasolu loomakasvatusfarmide lähikonnas 55
3.3. Potentsiaalsete biogaasijaamade asukohad maagaasimagistraalide suhtes 58
4. Biometaani kui mootorikütuse kasutamiseks vajalike tehniliste tingimuste väljatöötamine. 62
4.1. EL kliima- ja energiapoliitika üldised eesmärgid 62
4.2. Biogaasiga seonduv EL õigusaktides 64
4.3. Biogaasiga seonduv Eesti arengukavades ja õigusaktides 66
4.3.1. Arengukavad 66
4.3.2. Õigusaktid 70
4.4. Biogaasi omadused ja nende standardimine 71
4.5 Biogaasi kui kütuse maksustamine 74
4.5.1. Saastetasud 76

4.5.2. Klassifitseerimine ... 76
4.6. Biometaani standarditest ... 79
5. Juhtumi analüüsid ... 84
5.1. Sissejuhatavad selgitused ... 84
5.2. Majandusarvutuste taustaandmed ja eeldused ... 85
5.3. Juhtum 1 - Biometaani tarne tootmise/vääristamise koha lähedal asuvas tanklas. ... 86
5.4. Juhtum 2 - Biometaani tarnimine maagaasivõrgu kaudu. ... 89
5.5. Juhtumianalüüside kokkuvõtte. ... 91
Kirjandus ... 95
73. LISAD ... 99
Lisa 1. Keskmine piimatoodang lehma kohta maakondades 2013. a, kg ... 99
Lisa 2. Loomakasvatushooned veiste arvuga üle 1000 looma ja sigade arvuga üle 4000 looma, seisuga 22.10.2013 ... 100
Lisa 3. Üle 400 veise ja üle 1000 seaga loomakasvatushooned Jõgevamaal, seisuga 22.10.2013 ... 102
Lisa 4. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide loomade arv ja väljaheidete kogused ... 103
Lisa 5. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus ... 104
Lisa 6. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist ... 105
Lisa 7. Suuremad (üle 400 veise ja üle 1000 sea) loomakasvatus-hooned Raplamaal, seisuga 22.10.2013 ... 106
Lisa 8. Raplamaa biogaasigrupi farmide loomade arv ja väljaheidete kogused ... 107
Lisa 9. Raplamaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus ... 108
Lisa 10. Raplamaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist ... 109
Lisa 11. Suuremad (üle 400 veise ja üle 1000 sea) loomakasvatus-hooned Viljandimaal, seisuga 22.10.2013 ... 110
Lisa 12. Viljandimaa biogaasigrupi farmide loomad arv ja väljaheidete kogused ... 111
Lisa 13. Viljandimaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus ... 112
Lisa 14. Viljandimaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist ... 112
Lisa 15. Mõnede farmigruppide asukohad maagaasivõrgu kaartidel. ... 113

Sissejuhatus

Eestis töötab ja on lähiajal käiku minemas kokku ligi 15 biogaasijaama. Saadava biogaasiga käitatakse peamiselt soojuse ja elektri koostootmisseadmeid. Koostootmisjaamade rajamist piirab soojuse tarbimise puudumine, mida saaks olulisel määral korvata biogaasi puhastamisega biometaaniks ja saadava biometaani kasutamisega kas transpordikütusena või suunamisega maagaasivõrku. Et Eestil on kohustus 2020. aastaks kasutada transpordisektoris 10% ulatuses taastuvaid energiaallikaid, siis võiks biometaaniks puhastatud biogaas seda kohustust olulisel määral aidata täita. Eestis puudub aga praegu piisav teadmine maailmas kasutatavatest biogaasi puhastamise tehnoloogiatest, kasutatavatest seadmetest, nende hindadest ja tootmise omahindadest. Ühtlasi puuduvad gaasiettevõtetele ja -tootjatele vajalikud biometaani kui mootorikütuse kasutamise tehnilised tingimused. Kuigi biogaasi ressurssi Eestis on hinnatud, on neid hinnanguid oma üldisuse tõttu praktilisteks vajadusteks sageli raske kasutada. Biogaasi ressursside kaardistamine peaks olema tunduvalt täpsem, arvestama vaid reaalselt kättesaadavaid ressursse ning biogaasi (biometaani) potentsiaalsete kasutusalade ja -kohtadega. Senistes hinnangutes on valdava osa biogaasi toormest moodustanud rohtne biomass kas kasutamata maadelt või 5% põllumaalt (Oja, 2010; Regionaalne biogaasistrateegia... 2012). Reaalselt kättesaadavad biogaasi ressursid on aga biolagunevad jäätmed suurfarmidest, reoveepuhastusjaamadest, prügilatest, tööstuslikud biojäätmed jms ning rohtne biomass vaid looduslikelt, poollooduslikelt rohumaadelt ja märgaladelt.

Viimastel aastatel on Eestis EL rahalise toega teostatud üle kümne biogaasi/biometaani alase projekti, nt Biogashighway, BioGasBus, From Waste to Traffic Fuel, Spin, Baltic Manure, Biogas and Networks (BaN, BioEnArea alamprojekt) jpt. Selle tulemusena on praegu olemas valdkonda esindavad uurimis-arendustöö tegijad (valdkondlik esindusorganisatsioon Eesti Biogaasi Assotsiatsioon), aktiivne osalemine rahvusvahelistes projektides, hea infovahetus ja info kättesaadavus ning ettevõtete ja ülikoolide koostöö. Projektide käigus on põgusalt käsitletud biogaasi saamise tehnoloogiaid, võimalike jaamade asukohti, on tehtud tasuvusarvutusi, kuid seda eelkõige soojuse- ja elektri koostootmist silmas pidades. Palju vähemal määral käsitletuks on jäänud biogaasi biometaaniks puhastamise tehnoloogiad, samuti keskkonnamõjud ja majanduslikud arvutused tanklate võimaliku paiknemise ja/või biometaani gaasivõrku suunamise kohta.

Käesolev SA Keskkonnainvesteeringute Keskus poolt rahastatav ja TTÜ soojustehnika instituudi poolt tehtud uurimus-arendustöö „Eesti tingimustesse sobivate biogaasi metaaniks puhastamise tehnoloogiate rakendatavus ning keskkonna ja majanduslikud mõjud“ keskendub peamiselt biometaani teemale.

Töö esimeses peatükis kirjeldatakse nii kasutusel olevaid kui ka arendusjärgus olevaid biogaasi puhastustehnoloogiaid nende tõhusust ning tuuakse välja eeliseid ja puudusi. Paljude kirjandusallikate alusel on peatükki koondatud andmed tabelite ja graafikutena kasutatavate puhastustehnoloogiate ja -seadmete tehniliste parameetrite, käiduefektiivsuse ja puhastusastme kohta. Välja on toodud tehnoloogiate ja seadmete keskkonnamõjud, esitatud seadmete ja kasutustehnoloogiate käidu maksumused, ühikhinnad.

Teises peatükis on peamiselt esimese peatüki teabe alusel valitud välja eeldatavalt Eestis kasutamiseks kaks sobivamat biogaasi biometaaniks puhastamise tehnoloogiat, milledeks leiti olevat füüsikalise absorbtsiooni ehk konkreetsemalt skraberis veega puhastamise ehk lühidalt vesipesu tehnoloogia ja teiseks maailmas kiiresti arenev ja kasutust leidev membraanpuhastuse tehnoloogia.

Kolmandas peatükis antakse esmalt ülevaade viimastest uuringutest biogaasi teoreetilise ja praktilise potentsiaali kohta, hiljem on keskendutud konkreetsete piirkondade farmigruppide biogaasi potentsiaali väljaselgitamisele. Koostatud on kaardid Eesti suuremate loomapidamisfarmide ja sigalate kohta, samas on ka kaardid piirkondlike (Raplamaal, Viljandimaal ja Jõgevamaal) kuid paljulubavate tuleviku biogaasijaamade asukohtadest. Eraldi kaardile on kantud farmide gruppide juurde eeldatavalt rajatavate biogaasijaamade asukohad paralleelselt maagaasi magistraaltorustikega ja valitud farmigruppide läheduses asuv maagaasivõrgustik. Nende alusel saab hinnata, kus oleks sobivam ühendada biogaasijaam maagaasivõrguga või kuhu rajada sõltumatu biometaani tankla.

Neljandas peatükis on koostatud teiste riikide biometaani kasutamist puudutavatest dokumentidest. Tuuakse välja ASi Eesti Gaas (AS Gaasivõrgud) poolsed nõudmised ja tingimused biometaani maagaasivõrku sisestamise lubamiseks ning kohalike omavalitsuste ja transpordiettevõtete poolsed nõudmised ja tingimused biometaani kasutusele võtmiseks transpordivahendite kütusena. Eelnevalt kirjeldatud ja sidusrühmadelt saadud info alusel on koostatud biometaani kui mootorikütuse kasutamise tehnilised tingimused Eestis.

Viiendas peatükis on koostatud nn juhtumi analüüsid, milleks valiti välja kaks potentsiaalset piirkondlikku farmigruppi, milledest saadava toorme baasil saaks toota biogaasi ja puhastada seda biometaaniks tehnilis-majanduslikult mõistlikus mastaabis. Valiti välja kaks piirkonda üks Raplamaal ja teine Viljandimaal, kus oli ka asjast huvitatud põllumajandustootjaid. Arvutused tehti juhtumile, kus biometaan puhastatakse kasutades vesipesu tehnoloogiat ja juhitakse seejärel maagaasivõrku ja juhtumile, kus kasutati membraanpuhastustehnoloogiat ja biometaani turustatakse kohalikus tanklas. Kalkuleeriti mootorikütuseks sobiva biometaani tootmise omahind ja võimalik tarbijahind. Hinnast lähtuvalt peaks selguma, kas ja mis mahus tuleks biometaani tootmist riiklikult ergutada ja toetada.

Projekti käigus korraldati tutvustavaid seminare, anti teemast põhjalik ülevaade TTÜ magistritaseme üliõpilastele loengute käigus ja koostati töö laiendatud kokkuvõte, mis ilmus eraldi brošüürina.

Töö valmimises osalesid TTÜ poolt projektijuhina Ülo Kask, täitjatena Sulev Soosaar, Livia Kask, Karin Pachel. Töösse oli kaasatud Tiit Kallaste SEI Tallinna Keskusest, Anne Menert Tartu Ülikoolist ja TTÜ magistritaseme üliõpilased Merle Saaliste ja Villem Vohu.

Projekti meeskond tänab paljusid ministeeriumide ja ettevõtete spetsialiste eriti Siim Meeliste’t (MKM) ja Roman Bogdanovitš’it (AS Gaasivõrgud), kes andsid oma panuse viljakate koosolekute korraldamise ja nendel osalemise ning neilt saadud informatsioonis eest.

1. Ülevaate koostamine maailmas kasutatavatest ja uuringu faasis olevatest biogaasi puhastamise tehnoloogiatest ja kasutatavatest seadmetest.

1.1 Biogaasi puhastamine autokütuseks

Biogaasi on võimalik kasutada mootorikütusena nn gaasiautodes või tavaautodes, millele on lisatud täiendavalt gaasiseadmestik ja kütusemahuti. Selleks tuleb ehitada vastavad tanklad. Kui on tegemist ainult gaaskütusel sõitva autoga, siis peab arvestama sellega, et sõidukaugus on piiratud (rajada tuleb tanklakett). Eestis on kaks maagaasi tanklat, kus tangitakse sõiduautosid ja busse.

Siiski on biogaasi laialdane kasutamine mootorikütusena veel uurimis- ja arengustaadiumis, kuid mitmetes riikides kasutusel. Samuti on vaja biogaasi eelnevalt puhastada (eemaldada nt väävelvesinik (H_2S), süsinikdioksiid (CO_2) jm kahjulikud ning mitevajalikud komponendid) ning saavutada maksimaalselt suur metaani sisaldus (95-98%). Näiteks Rootsis ja Šveitsis kasutatakse biogaasi mootorikütusena ja samuti on Rootsis kehtestatud biogaasi koostisele nõuded, millised tuleb täita, et biogaas oleks autokütusena kasutuskõlbulik. Soomes on näiteks olemas biogaasi tankla Kalmari farmis Jyväskyläst 12 km kaugusel, mis varustab surugaasiga aastaringselt 7-8 sõiduautot. Läbisõit ühe paagitäiega (20-26 kg metaani) ulatub kuni 400-450 kilomeetrini. Autod (mootorsõidukid) töötavad nii bensiiniga kui biogaasiga vastavalt soovile ja vajadusele ning ühelt kütuselt teisele üleminek toimub autosalongis nupulevajutamisega.

1.2 Nõuded puhastatud biogaasile

Biogaasi puhastamine ja vääristamine biometaaniks ning selle sisestamine maagaasivõrku suurendaks biogaasi turupotentsiaali oluliselt, sest tänu sellele tekiks biogaasi (biometaanina) kasutamise võimalus sisuliselt kõigil gaasivõrku ühendatud tarbijatel. Biometaani andmine maagaasivõrku on viimasel ajal eriti suurenenud Saksamaal, Hollandis ja Rootsis. Võrku andmise eelduseks on, et biogaasi tootja täidab gaasi kvaliteedi ja omaduste kohta kehtestatud nõudeid. Mitme riigi praktika on näidanud, et põhiline on küttevääртuse ja Wobbe'i arvu tagamine, kuid täita tuleb kõiki maagaasile kehtestatud nõudeid. Kuna ka maagaasi kvaliteedi kohta ei ole veel kehtestatud ühtset rahvusvahelist standardit, siis lähtutakse riiklikest standarditest. Maagaasivõrku antava gaasi kohta kehtestatud Austria, Hollandi, Prantsusmaa, Rootsi, Saksamaa ja Šveitsi riiklike standardite võrdlus näitab, et põhiliste parameetrite (süsinikdioksiidi, vesiniksulfiidi ja veesisaldus), Wobbe'i arvu, (küttevääртuse) piirväärtuste osas on nõudmised üsna sarnased. Võrku andmisel tuleb biometaan ka odoreerida, vajadusel lisatakse propaani.

Teise suurema võimalusena saab biogaasi kasutada otseselt mootorikütusena. Surugaasi kasutatakse Euroopas ligikaudu 1,85 mln sõidukis (sh 1,1 mln sõidukit neist asuvad EL28-s). Surugaasiga sõidavad autod peamiselt Itaalias, Saksamaal, Rootsis, Austrias ja Soomes aga ka Šveitsis ja Ukrainas. Mootorikütusena kasutamise võimaluse võib kombineerida võrku andmisega või kasutada maagaasivõrgust sõltumatut tarnimist. Biometaani tarbitakse sellisel juhul sõidukites, mis saavad kütusena kasutada kas veeldatud (LNG) või surve alla viidud (CNG) maagaasi. Vastavalt kasutatakse siis kas surubiometaani (CBM, ka CBG) või veeldatud biometaani (LBM).

1.3 Biogaasi biometaaniks puhastamise eesmärk

Võimalused ja ELi tugi (ka Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium on ette näinud perioodiks 2014–2012 summasid biometaani kasutusele võtmise toetamiseks) biometaani kasutamiseks mootorikütusena on olemas. Järgnevalt tutvustame lühidalt biogaasi puhastustehnoloogiaid, kuid esmalt on vaja teada, mida peame biogaasist eemaldama, et saaks kvaliteetse mootorikütuse.

Biogaasi kääritites toimuvate biokeemiliste protsesside tulemusel on tekkivas biogaasis (gaaside segu) mahuliselt umbes 2/3 metaani (CH_4) ja 1/3 süsihappegaasi (CO_2), veeauru ning teisi gaasilisi komponente, millest võiks nimetada väävelvesinikku (H_2S) kui mootorite metallosadele väga korrodeerivalt mõjuvat komponenti. Metaani hulk võib olla vahemikus 50–65% ja sõltub peamiselt sellest, kui palju on kääritatavas substraadis rasvasid, proteiine ja süsivesikuid /1/.

Süsihappegaas ei ole küll mürgine ega põhjusta korrosiooni, kuid on ballastaine ja alandab biogaasi kütteväärtust. **Veeaur kondenseerudes veeks** võib koguneda torustikesse, põhjustades seal korrosiooni, moodustada koos teiste gaasis leiduvate ainetega happeid, mis on kahjulikud mootoritele, võib külmuda jne. Üks ebasoovitavamaid ühendeid on **väävelvesinik**, mis põhjustab korrosiooni, on teatud kontsentratsioonis mürgine, moodustab põlemise käigus sulfaate ja sulfiide, mis on veelgi mürgisemad ja põhjustavad samuti korrosiooni. Väävelvesiniku sisaldust biogaasis saab oluliselt vähendada juba käärimise käigus, kas hapnikuga, mis võib aga anda ebaõigel doseerimisel ohtliku gaasisegu, või lisades substraati raudkloriidi või muud rauasoola või -oksiidi, mis reageerivad väävelvesinikuga ja saaduseks on raudsulfaat või puhas väävel tahkel kujul.

Peale eelnimetatud kolme, mahult suurima ebasoovitavate ainete hulga, tuleb biogaasist eemaldada ka seal vähemal määral sisalduvad **tolm, vaht ja muu tahke osis** (peamiselt prügilagaasis), **vesinikkarbonaadid**, mis moodustavad soojuse koosmõjul korrodeeriva keskkonna, **ammoniaak** (NH_3, mis koos veega moodustab korrodeeriva keskkonna), **hapnik või õhk**, mis vähendab kütteväärtust ja võib moodustada koos metaaniga plahvatusohtliku segu, **lämmastik** (vähendab kütteväärtust), **vingugaas** (CO vähendab segu kütteväärtust, see on küll põlevgaas, aga madalama kütteväärtusega kui metaan), **siloksaanid** (räniorgaanilised ühendid $(CH_3)_3SiO_{0,5}$, $(CH_3)_2SiO$, $(CH_3)SiO_{1,5}$), mis sadestuvad kristallilisel kujul mootori osadele ja põhjustavad oma abrasiivsetest omadustest tingituna kulumist, **halogeenühendid** (kloori- ja fluoriühendid HCl, HF).

Biogaasi puhastamise eesmärk on saavutada gaasisegus metaanisisaldus vähemalt 98% (mõnes riigis ka alates 80–85% CH_4). See, millise puhtusastmeni on vaja biogaasi puhastada, sõltub riigi maagaasivõrgus kasutatava gaasi metaanisisaldusest. Venemaalt saabuvas gaasis on metaanisisaldus suur, 98% ringis, kuid nt Hollandis piisab, kui puhastada biogaasi metaanisisalduseni 81%, et seda saaks riigi gaasivõrku suunata.

Biogaasi puhastamine on defineeritud kui CO_2 (ballastaine) eraldamine biogaasist või prügilagaasist. Puhastamise järel kasvab saadava gaasi energiatihedus (ka kütteväärtus), sest metaanisisaldus suureneb kuni 98 protsendini.

Maailmas on kasutusel hulk puhastusmeetodeid, millest osa on nn kaubanduslikud ja osa arendusfaasis (pilootjaamad).

1.4 Biogaasi puhastusmeetodid

Üldist

Tööstuslikult toodetavates puhastites kasutatakse mitmeid erinevaid tehnoloogiaid (Joonis 1.1), mida kirjeldatakse peatüki järgnevates alapunktides.

Kõikuvrõhuadsorber (PSA) - adsorbendiks on aktiivsüsi või silikageel, alumiiniumoksiid või muu vajalike omadustega aine. Süsinikdioksiid adsorbeerub rõhu all ja gaasi jääb alles metaan. Seda tehnoloogiat kasutades peab enne eraldama vee ja väävelvesiniku, sest vesi rikub adsorbendi struktuuri ja väävelvesinik ei eraldu regenereerimise käigus. Regenereerimiseks kasutatakse rõhu alandamist, mille käigus eraldubki süsinikdioksiid.

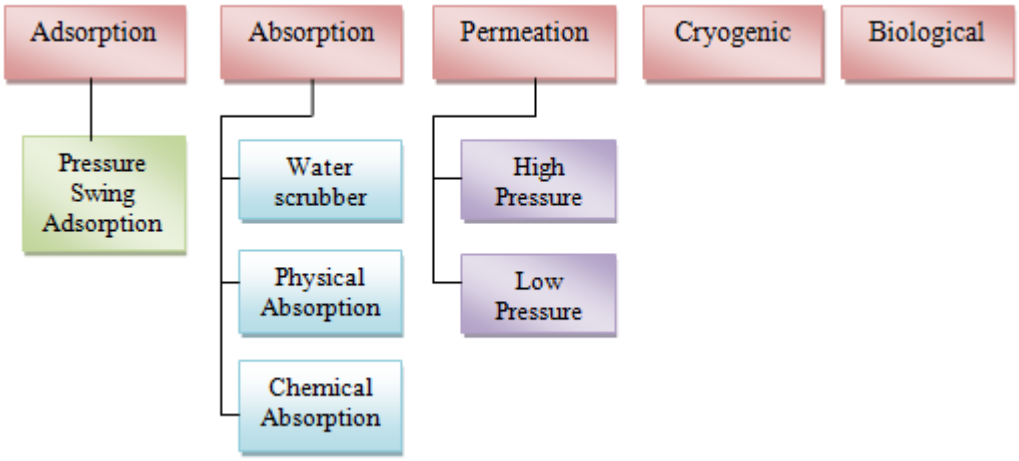
Füüsikaline absorptsioon - see tehnoloogia kasutab ära erinevate gaaside lahustuvuse sõltuvuse vee temperatuurist, eriti jahedas vees lahustub süsihappegaas hästi. Et süsihappegaas lahustub vees hästi ja metaan mitte, siis on saadusteks süsihappegaasirikas vesi ja metaan. Samas lahustuvad vees ka väävlit sisaldavad ained.

Protsess on lihtne ja sobib eriti reoveepuhastusjaamadele, kus on palju vett ja selle korduvkasutus ei ole vajalik. Protsessiga on võimalik saavutada 98%-line metaani sisaldus ja on enamlevinud tehnoloogia. Seda kasutavad enamik Rootsi reoveepuhastusjaamasid.

Orgaanilis- füüsikaline puhastus - sama põhimõte, mis eelmisel, kuid absorbeeriv aine pole vesi vaid polüetüleenglükool. Eemaldab gaasist vee, väävelvesiniku, hapniku ja lämmastiku.

Keemiline puhastus - süsinikdioksiid mitte ainult ei absorbeeru lahusesse, vaid reageerib lahuses olevate amiinidega. Regeneratsioon toimub lahuse soojendamise teel. Kui gaasis leidub ka väävelvesinikku, kulub regenereerimiseks rohkem soojust.

Membraanpuhastus (põhineb materjalide metaani läbilaskvusel – ingl k *permeation*) - kasutab ära gaasimolekulide erinevaid suurusi. Metaani kaod suhteliselt suured. Uuemad membraanpuhastuse tehnoloogiad on suutnud kadusid mõnevõrra vähendada.



Joonis 1.1. Võimalikud biogaasi puhastustehnoloogiad (K. E. H. Warren. A techno-economic comparison of biogas upgrading technologies in Europe. Master thesis. University of Jyväskylä. 2012. pp 62).

1.4.1. Vahelduva rõhuga adsorbeerimine

Pressure Swing Adsorption – PSA ehk kõikuvrõhuadsorber (joonis 1.2), kus CO_2 eraldatakse biogaasist rõhu all adsorbeerimise teel (adsorbendiks on aktiivsüsi, silikageel, tseoliit vms), suunates seda läbi erinevate mahutite, gaasi jääb alles metaan. Ka H_2S eraldub. Seda tehnoloogiat kasutades peab enne eraldama vee ja väävelvesiniku, sest vesi rikub adsorbendi struktuuri ja väävelvesinik ei eraldu regenereerimise käigus. Regenereerimiseks kasutatakse rõhu alandamist, mille käigus eraldubki süsinikdioksiid.

Selle meetodiga eemaldatakse süsinikdioksiid biogaasist rõhu all. Adsorbent, milleks on aktiivsüsi või tseoliidid, regenereeritakse järjestikuse rõhualanduse toimel, siit ka meetodi nimi. Selle meetodi puhul on paralleelselt kasutusel neli, kuus või üheksa mahutit. Gaas juhitakse parajasti läbi mahutite, mis on eelnevalt regenereeritud, ümberlülitused toimuvad pideva protsessina. Regenereerimise käigus alandatakse rõhku astmeliselt, esimese ja teise astme järel vabanenud gaas juhitakse tagasi toorgaasi sisendisse, sest seal võib leiduda metaani, järgmiste astmete korral juhitakse gaas järgmisse kolonni või metaani täieliku puudumise korral atmosfääri. Kui gaasis leidub väävelvesinikku, siis see jääb pöördumatult adsorbenti, vee olemasolu korral rikneb adsorbendi struktuur, seepärast eemaldataksegi vesi ja väävelvesinik enne PSA protsessi.

Kanada firma Quest Air on välja töötanud PSA süsteemi vesiniku puhastamiseks ja vääristamiseks. Šveitsi firma Acrion Systems on välja arendanud biogaasi vääristamise tehnoloogia, mille seadmed koosnevad üheksast adsorptsioonikolonnist, mis on paigutatud ringikujuliselt ja gaaside liikumist nende vahel juhib ainult üks ventiil. Iga mahuti puhastamiseks vajatakse väikest kogust puhast metaani, mis valmistab kolonni ette uueks tsükliks.

Lihtne ülesehitus lubab luua kompaktseid ja seega suhteliselt madala ostu- ja ehitushinnaga süsteeme väikeste biogaasijaamade jaoks (gaasi kulu kuni 250 Nm^3/h).

Joonis 1.2. Kõikuvrõhuadsorber Escondido reoveepuhastusjaamas, Californias, suudab varustada gaasiga 1200 majapidamist.

Allikas: http://www.strongcitiesstrongstate.com/success/escondido/public-private-partnership-renewable-energy-source.

Tavalise kõikuvrõhuadsorberi eeliseks on see, et lähtegaasis võib olla mingil määral saasteaineid. Puudustena tuleks nimetada suhteliselt kõrget algmaksumust, reguleerimise keerukust, saavutatakse väiksem CH_4-sisaldus kui füüsikalise absorptsiooni puhul ja neid seadmeid ei pakuta eriti väikeste jaamade jaoks.

Välja töötatud on ka kiire tsükliga kõikuvrõhuadsorber (XEBEC tehnoloogia, Kanada) (http://www.xebecinc.com/video/rumpke_landfill_installation.html), mille eelis on madal

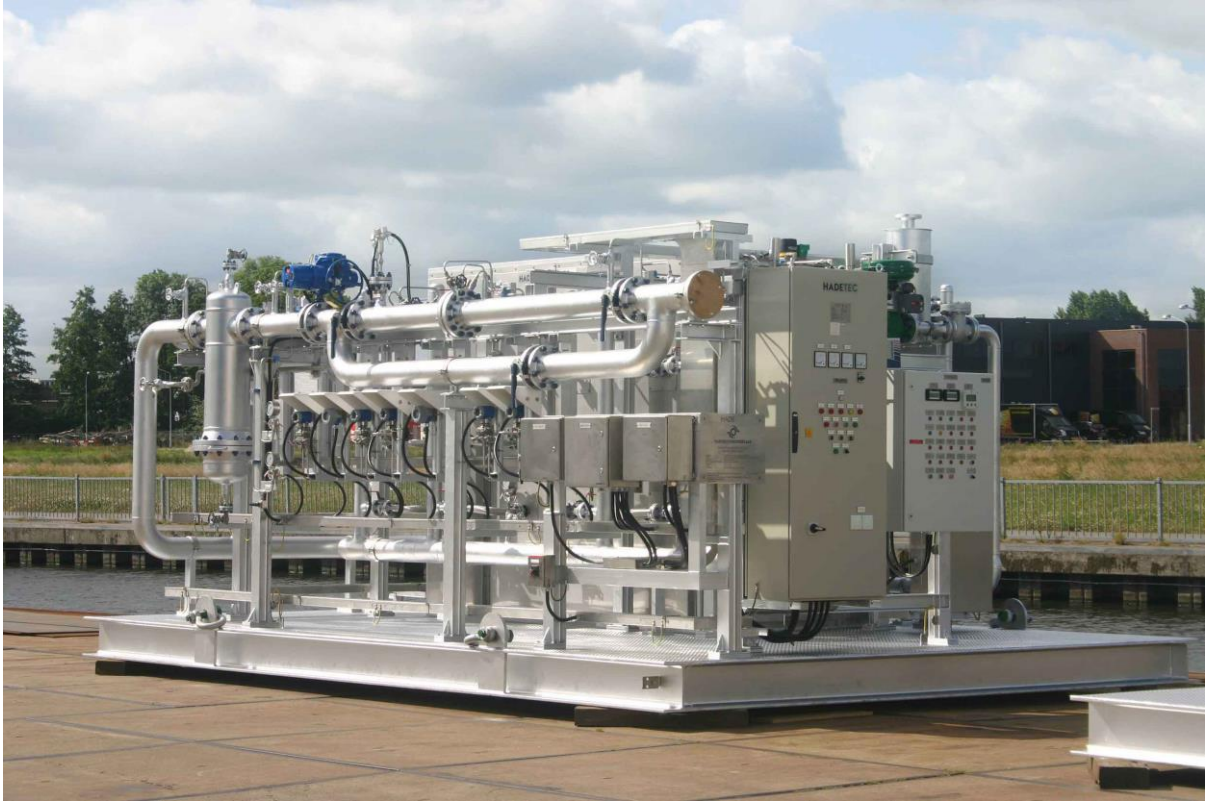
algmaksumus, see talub lisandeid ja on olemas lihtne kasutajaliides. Puudusena tuleb välja tuua, et saavutatakse väiksem CH_4-sisaldus kui füüsikalise absorptsiooni puhul.

Absorptsioon

Absorptsioonikolonnis voolab biogaas vastuvoolu meetodil läbi vedeliku, mis läbib kolonni täitvat plastiktäidist, mille ülesanne on suurendada kontaktpinda. Absorptsioon töötab põhimõttel, et CO_2 lahustub paremini kui CH_4. Kolonnist väljuv vedelik on rikastatud süsihappegaasiga, seevastu väljuv gaas on suurendatud metaani kontsentratsiooniga. Kolm absorptsioonitehnoloogia näidet on vesipesu ehk puhastamine vee-skraberiga, puhastamine orgaanilis-füüsikalise skraberiga ja keemilise skraberiga.

1.4.2. Füüsikaline absorptsioon

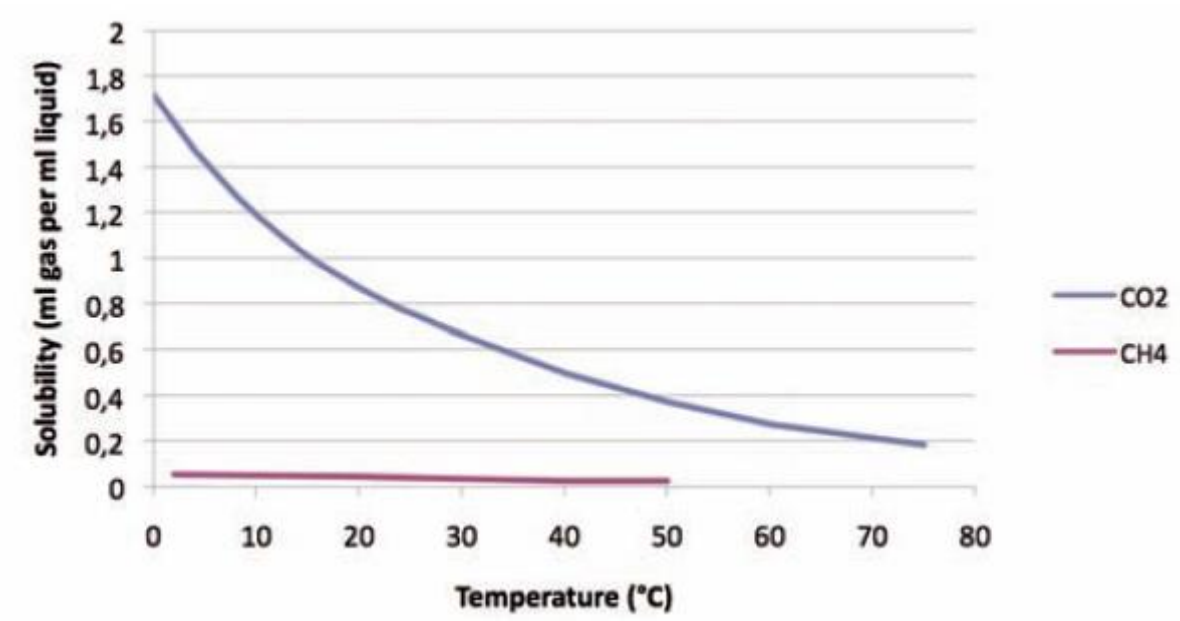
Tuntud kui **vesipesu** ehk pesemine veega skraberis (joonis 1.2). Tehnoloogia põhineb asjaolul, et süsihappegaas lahustub vees paremini kui metaan, eriti madalamatel temperatuuridel. Kui CO_2 skraberi kolonnis olevas vees lahustub, kasvab samal ajal gaasisegus oleva metaani kontsentratsioon.



Joonis 1.2. Füüsikalisel absorptsioonil põhinev seade ehk skraber biogaasi puhastamiseks.

Allikas http://www.therootselaargroup.com/our-companies-2/hadetec/clients/.

Mida madalam temperatuur, seda paremini lahustub CO_2 vees ja vastupidi. Metaani lahustuvuses temperatuur erilist rolli ei mängi ja metaani lahustuvus vees on minimaalne (joonis 1.3). Kuna süsihappegaas lahustub vees hästi ja metaan mitte, siis on saadusteks süsihappegaasirikas vesi ja metaan. Samas lahustuvad vees ka väävlit sisaldavad ained.



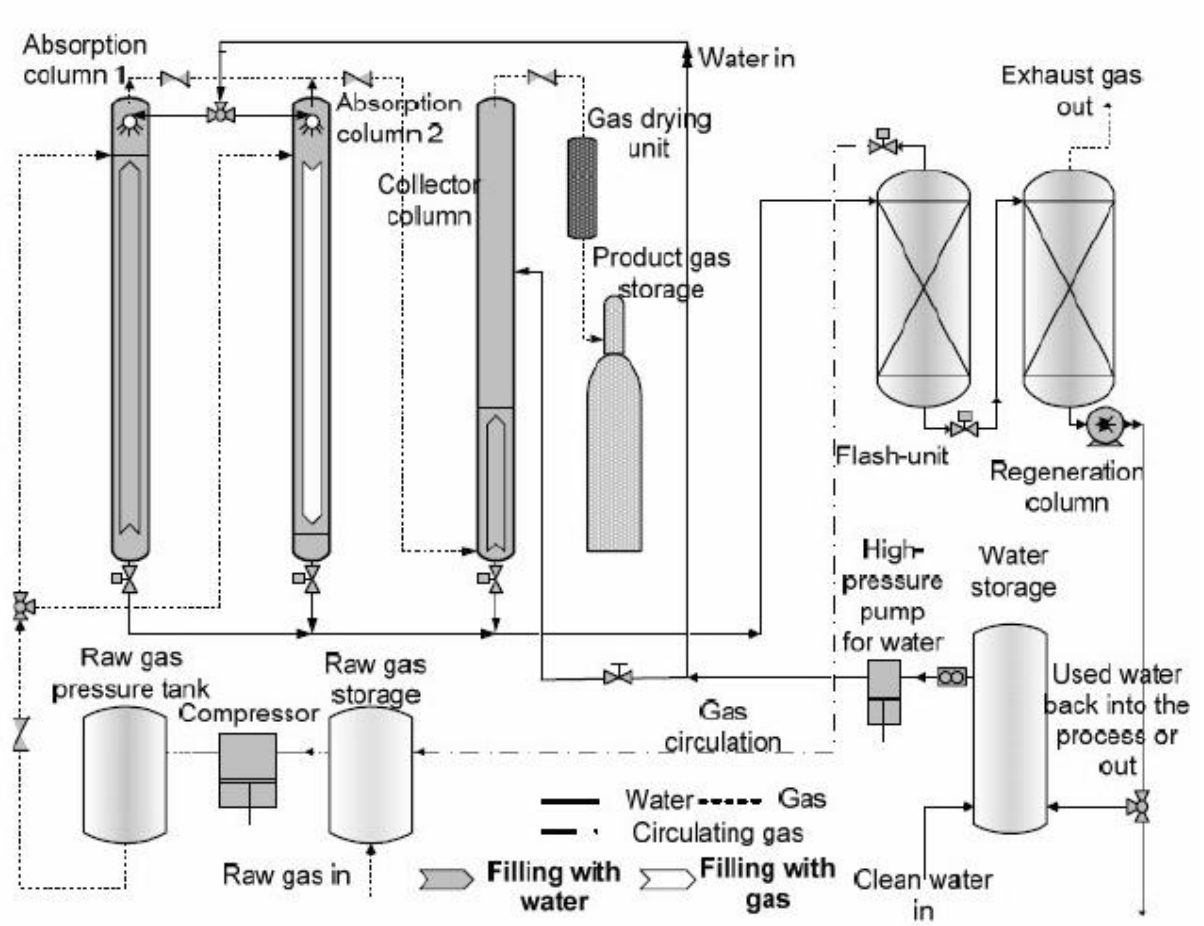
Joonis 1.3. Metaani ja süsihappegaasi vees lahustuvuste võrdlus (Petersson, Wellinger, 2009)
Petersson, A., Wellinger, A. Biogas upgrading technologies- developments and innovations. IEA Bioenergy Task 37. 2009. 19 pp.
http://www.en.esbjerg.aau.dk/digitalAssets/80/80449_iea-biogas-upgrading-report-2009.pdf.

Süsinikdioksiid lahustub skraberi kolonnis olevas vees, mille tõttu gaasis oleva metaani osakaal suureneb. Kolonnist väljuv vesi suunatakse mahutisse, kus lahustunud gaas vabaneb ja sealt suunatakse tagasi toorgaasi sisendisse. Kui vesi vajab regenereerimist, siis suunatakse see vastuvoolu desorptsioonikolonni, kus see kohtub õhuga, millesse süsinikdioksiid vabaneb. Vesi, mis suunatakse absorptsioonikolonni, jahutatakse maha, et selle CO_2 lahustuvusvõime suureneks. Vee-skraber on levinuim biogaasi vääristamise viis ja seadmed on saadaval mitmelt tootjalt laias tootlikkuse vahemikus.

Biorega AB on välja töötanud vee-skraberi väikestele gaasivooludele. Selle süsteemi puhul toimub desorptsioon vaakumpumba abil, mis on ühendatud desorptsioonikolonni külge.

Alternatiivse meetodi on välja töötanud Soome firma Metener, kus vääristamine toimub partiide kaupa (Joonis 1.4). Toorbiogaas komprimeeritakse (kuni 150 bar) ja sisestatakse kolonni, mis seejärel täidetakse veega; süsihappegaas ja väävliühendid lahustuvad vees. Pärast skraberit väljub puhas gaas kolonnist ja vesi suunatakse regeneratsioonimahutisse. Süsteem koosneb kahest paralleelselt eri faasides töötavast skraberist, millest üks töötab ja teist regenereeritakse. Vesipesu tehnoloogiline skeem koos rõhu astmelise tõstmisega on esitatud ka joonisel 1.5.

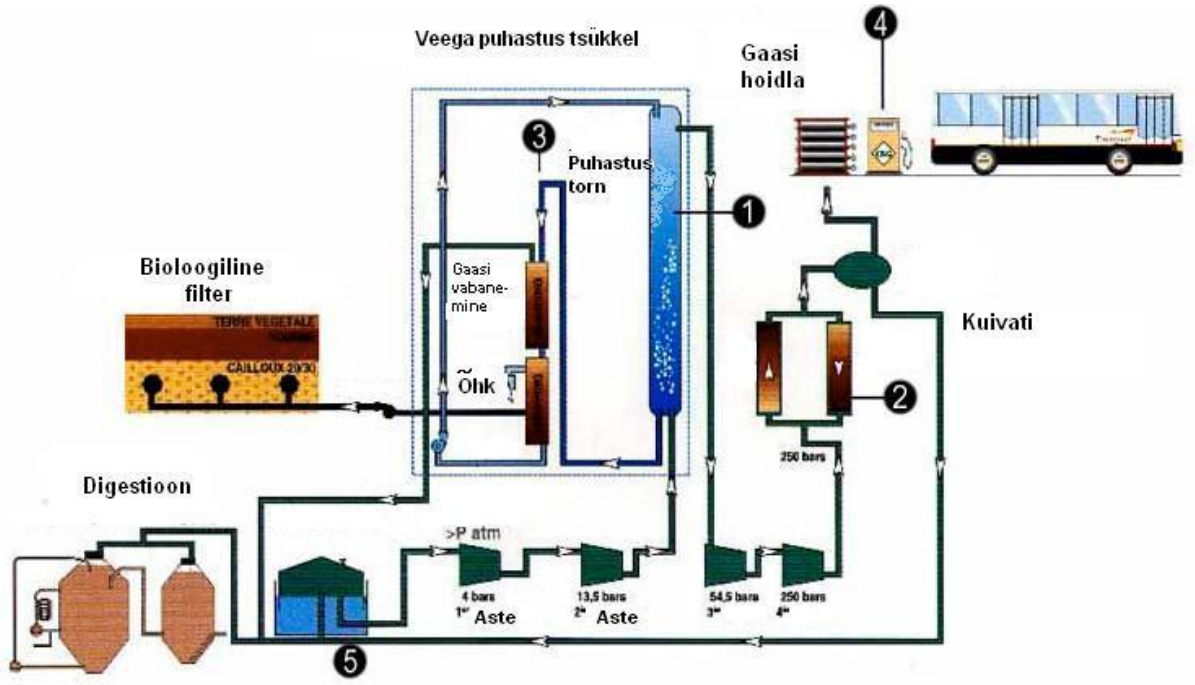
Meteneri tehnoloogia on sobiv ka biogaasijaamade juurde gaasikuluga 30-100 Nm^3/h.



Joonis 1.4. Meteneri vesiskraberi skeem (Petersson)

Allikas: A. Petersson. Overview of biogas upgrading. Ettekanne. http://www.iea-biogas.net/files/daten-redaktion/download/publications/workshop/2/Petersen_vienna.pdf.

Soome firma Metener Oy valmistab biogaasi vesipesu puhastusseadmeid farmidele gaasikuluga 10-25 m^3/h, mis sisaldavad ka kompressorseadet, mis tõstab biometaani rõhu 200 baarini, kiirtankimismahutit 150-480 liitrise mahuga ja gaasi lõhnastamise seadet. Seadmestik võimaldab 1-4 auto kiirtankimist sõltuvana nende paakide suurusest, kuid kogu gaasipuhastussüsteem suudab varustada ööpäevas 10-15 sõiduautot biometaaniga. Firma valmistab ka suuremaid kompleksseid gaasipuhastusseadmestikke gaasi kulule 40-100 m^3/h. http://files.kotisivukone.com/en.metenerii.yrittaa.fi/upgrading_units_bkp_8-2013.pdf.



Joonis 1.5. Veega pesemise meetodi tehnoloogiline skeem.

Allikas: Reoveesette kääritamisel saadud biogaasi kasutamise võimalused Tartu linna ühistranspordis. Uuringu aruanne. Mõnus Minek OÜ, 2009, 103 lk.

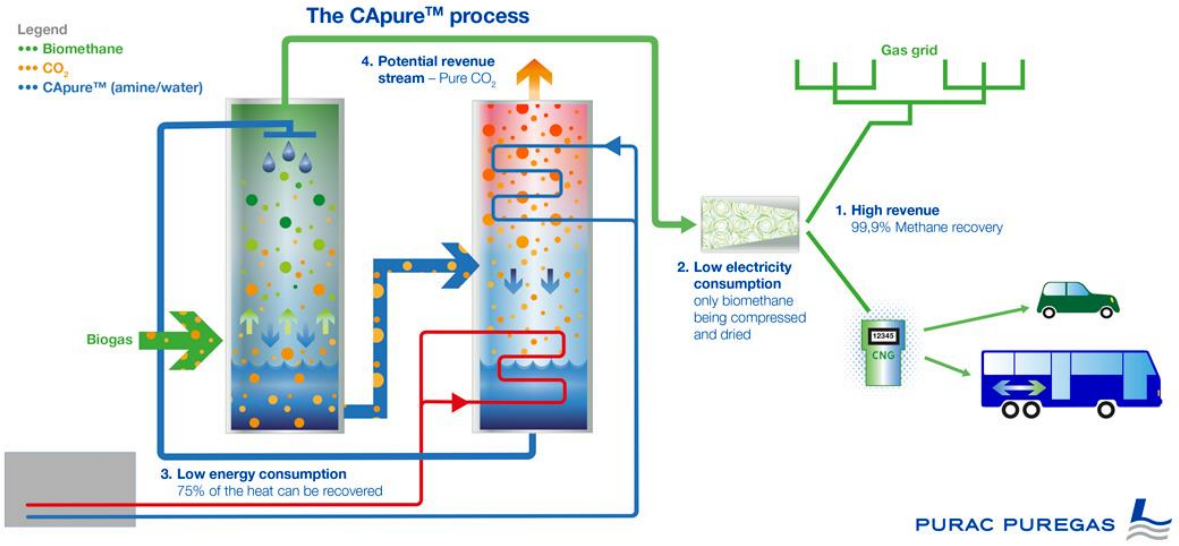
Füüsikalise absorptsiooni ehk vesipesu protsess on lihtne ja sobib eriti hästi reoveepuhastusjaamadele, kus on palju vett ja selle korduvkasutus ei ole vajalik. Protsessiga on võimalik saavutada 98% metaanisisaldus. Samas lahustuvad vees ka väävlit sisaldavad ained. Kõige enam rakendatav ja tehnoloogiliselt väljaarendatud meetod. Seda kasutab enamik Rootsi reoveepuhastusjaamasid.

Selle meetodi eelised on lihtsus ja väljaarendatus, kuid on vaja märkida, et enamikul juhtudel on see ebamajanduslik, sest vajab suurel hulgal vett, esineb metaani emissioon atmosfääri, sel on suur ökoloogiline jalajälg, probleeme võib tekkida korrosiooniga ja vajalik võib olla järelpuhastus, kui nõudmised gaasi puhtusele on kõrged.

1.4.3. Füüsikalis-keemiline puhastus

Skraberis pesemine orgaaniliste vedelikega (joonis 1.6). Sarnane eelmise meetodiga, kuid vee asemel kasutatakse orgaanilisi vedelikke, nagu polüetüleenglükool, milles CO_2 lahustub paremini kui vees. Sama gaasivooluga süsteem on väiksem kui vee-skraberi puhul. H_2S, hapnik, lämmastik ja vesi eralduvad samuti. Polüetüleenglükooli vesilahus regenereeritakse soojendamise ja/või rõhu alandamise teel. H_2S, H_2O, O_2 ja N_2 eralduvad gaasist koos süsihappegaasiga. Sagedamini eraldatakse need siiski eelnevalt. Tuntumad kemikaalid on Selexol, Genosorb jt.

Meetodi peamine eelis on see, et saavutatakse suur metaanisisaldus. Puudustena olgu nimetatud, et seade ei muutu odavamaks, kui järk-järgult suurendada puhastatava biogaasi kulu või CO_2-sisaldust, ning käidukulud on kõrged, sest protsess on suhteliselt keerukas, energiakulu regenereerimiseks on suur ja töövedelikku peab asendama ja töövedelik nõuab kindlaid käitlemise reeglite ja nõuete järgimist.



Joonis 1.6. Füüsikalis-keemilise puhastusseadme põhimõtte skeem, (CApure™ process).

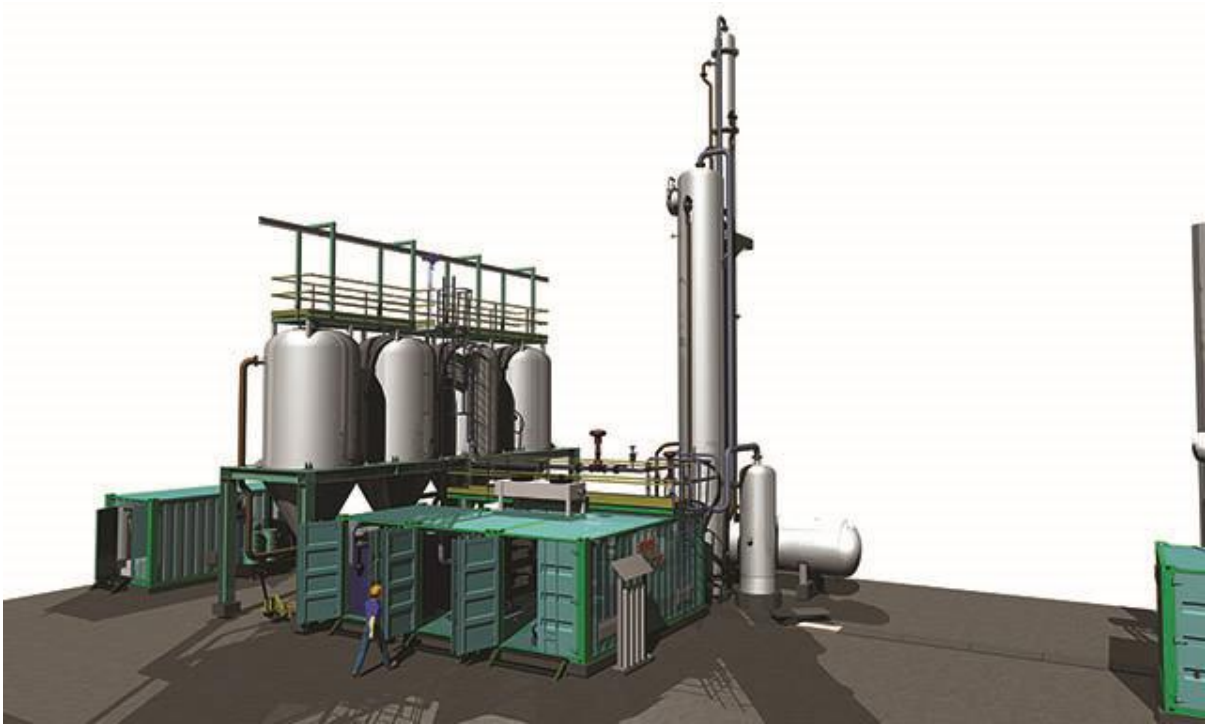
Allikas http://purac-puregas.com/?page_id=58.

1.4.4. Keemiline puhastus

Pesemine kemikaalidega, nimetatud ka amiinopesu (joonis 1.7). Kemikaalidega pesemisel kasutatakse amiinide lahuseid, kus CO_2 mitte ainult ei absorbeeru, vaid reageerib keemiliselt amiinidega, milleks võivad olla monoetanoolamiin (MEA) ja dimetüületanoolamiin (DMEA).

Kuna keemiline reaktsioon on rangelt selektiivne, siis metaani kaotus on väiksem, kui 0,1%. Osa lahusest aurustub ja selle peab asendama, keemiliselt süsinikdioksiidiga seotud amiinide lahust regenereeritakse kuumutades. Kasutatakse kahte erinevat kemikaali: *mono-ethanol-amine* (MEA) ja *di-methyl-ethanol-amine* (DMEA). Kui gaasis esineb väävelvesinikku, siis see lahustub ja lahuse regenereerimiseks vajatakse rohkem soojust, mispärast on soovitatav väävelvesinik enne protsessi eemaldada. Meetodi kasutamine on suhteliselt kallis, kuid biogaasi puhastusaste on kõrge. Kasutatavad kemikaalid nõuavad kindlaid käitlemise reeglite ja nõuete järgimist.

Amiinopuhastuse seadmeid tarnitakse 6 või 12 m konteinerites. Moodulid on saadaval gaasikulule 250 – 2 500 Nm^3/h. Standardmoodulid võimaldavad tehnoloogiliselt efektiivset ja kulutõhusat lahendust. Vastavalt tellijate soovile saab teha seadmeid gaasi kulule ka üle 2500 Nm^3/h (http://www.arol-energy.com/en/produits/amines/).



Joonis 1.7. Keemilise puhastuse seade (nn amiinopesu). Tootlikkuse vahemik 250–2500 Nm^3/h.

Allikas http://www.arol-energy.com/en/produits/amines/.

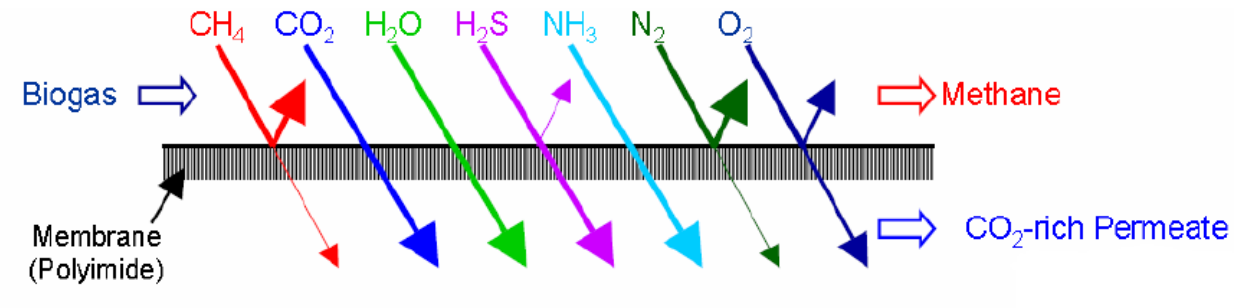
1.4.5. Membraanpuhastus

Nimetatud ka membraansepareerimine (esmalt kasutati prügilagaaside puhastamiseks, joonis 1.9). Kuivmembraanide kasutamine põhineb asjaolul, et membraanid lasevad läbi CO_2, vett ja ammoniaaki, H_2S ja hapnik läbivad membraani mingil määral ja lämmastikule ning metaanile on membraanid peaaegu läbimatud (Joonis 1.8). Kasutatakse ära gaasimolekulide eri suurusi. Tavaliselt koosneb membraan torujatest, õõnsatest, üksteisega seotud ja kokkupressitud kiududest. Metaani kaod (kaotuse) on suhteliselt suured. Uuemad membraantehnoloogiad on suutnud kadusid mõnevõrra vähendada.

Protsess toimub tavaliselt kahes faasis. Enne membraani kiududeni jõudmist läbib gaas filtri, mis eraldab vee, õli ja aerosoolid, mis võivad membraani kahjustada. Lisaks eemaldatakse tavaliselt enne membraani väävelvesinik aktiivsöe abil. Membraanpuhastus on tavaline meetod prügilagaasi vääristamiseks. Esimesed niisugused puhastusseadmed rajati juba 1970-ndatel Hollandisse. Varastes puhastites oli metaanikadu kuni 20%, liiga kõrge kasutatava rõhu tõttu (30 baari), hiljem rõhku alandati 8 baarini ja kaod vähenesid. 2007. aastal töötati Viini Tehnikaülikooli ja Axiom nimelise firma koostöös välja uus tehnoloogia, mille alusel valmistatud seadmed paigaldati Austrias 180 Nm^3/h gaasitootlikkusega biogaasijaamale, kus gaas vääristatakse kahes astmes, vältimaks metaani kadu. Lõpp-produkt suunatakse gaasivõrku.

USA-s Ohios asuvas demonstratsioonjaamas, mille gaas puhastatakse CO_2-st Wash® tehnoloogia abil, vääristatakse gaas membraani abil ja veeldatakse vedela lämmastiku abil. Süsinikdioksiidi kontsentratsioon väheneb kahte järjestikust Acrioni membraani läbides 30%-lt 50 ppm-ni. Lämmastikku on rikastatud ja jahutatud gaasist võimalik kätte saada metaani ja lämmastiku erinevate keemispunktide tõttu.

Membraantehnoloogia eeliseks võiks pidada odavat esmast töötlust vee ja õlide eemaldamiseks, kuid puudustena olgu loetletud nõutav kõrge sisseande rõhk, suhteliselt kallis gaasi eelpuhastuse vajadus (tavaliselt eemaldatakse enne membraani väävelvesinik aktiivsöe abil), sest muidu membraanid saastuvad ja riknevad kiiresti, normaalse käidu tingimustes tuleb membraane perioodiliselt vahetada.



Joonis 1.8. Membraani toimimise skeem (http://www.axiom.at/en/gasseparationtechnology)

Joonis 1.9. Membraanpuhastusseade. Tootlikkus 100–1000 Nm^3/h.

Allikas http://www.arol-energy.com/en/produits/membranes/.

Arendusjärgus puhastustehnoloogiad

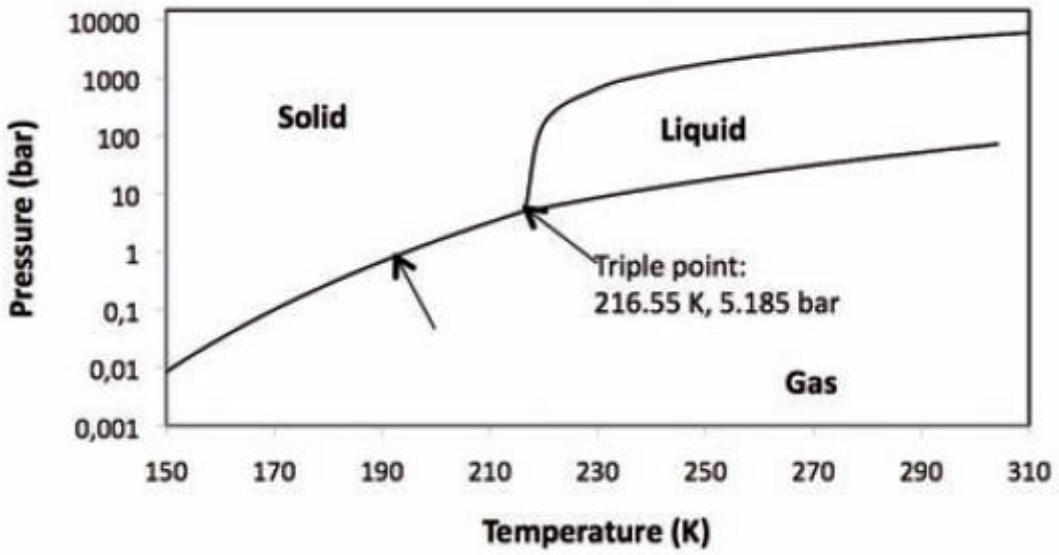
Peale eelkirjeldatud biogaasi puhastamise meetodite on pilootseadmetena rajatud krüogeenpuhastuse (biogaasi puhastamine gaasi külmutamisega) seadmestik ja arendusjärgus on biogaasi rikastamine kääritis, puhastamine ensüümidega, bioloogiline rikastamine ja rõhu all kääritamine.

Krüogeenne puhastamine - gaasisegu jahutatakse kolmes astmes, muutes samas ka rõhke. -25°C juures eralduvad väävelvesinik, vesi, vääveldioksiid ja siloksaanid. Edasi jahutatakse gaas -50°C-ni, kus süsinikdioksiid eraldub vedelikuna, järgnevas faasis eraldub süsinikdioksiid tahke ainena.

Bioloogiline rikastamine - on katsetatud metanogeene liigist *Methanobacterium thermoautotrophicum'i*. Gaasi koostisega 50-60% CH_4, 30-40% CO_2 ja 1-2% H_2S lisati vesinikku, gaasisegu juhiti läbi mikroorganismidega asustatud mikrokiudude keskkonna ja tulemuseks oli gaas koostisega 96% CH_4, 4% CO_2 ,vesiniku ega väävelvesiniku jääke gaasis ei leidunud. Kaks viimast tehnoloogiat ei ole veel laiema tööstusliku tootmiseni jõudnud.

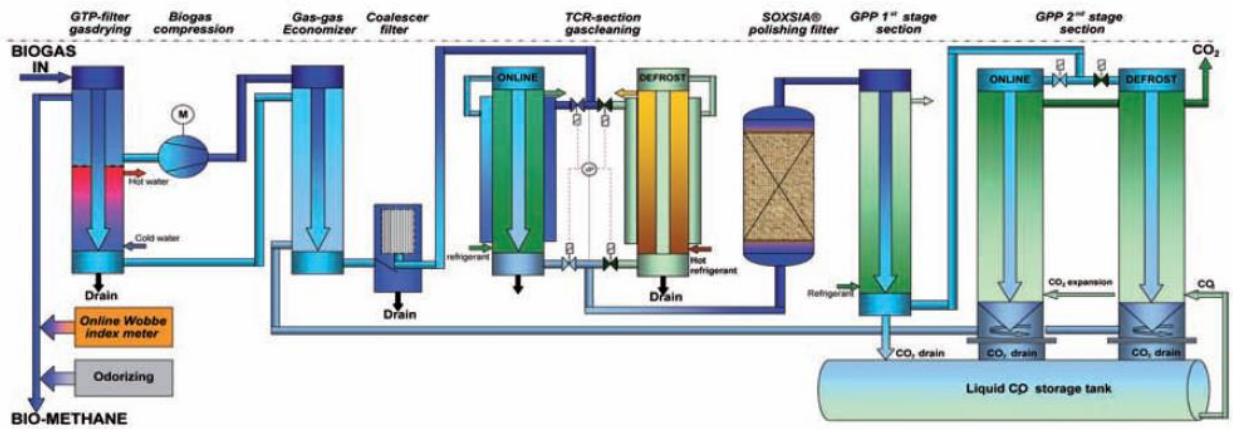
1.4.6. Krüogeenpuhastus

Siin leiavad kasutamist erinevate gaaside, eriti metaani ja süsihappegaasi, selgesti erinevad keemis/sublimeerumistemperatuurid. Puhastamata toorbiogaas jahutatakse maha temperatuurini, mille juures süsihappegaas kondenseerub ja seda on võimalik eraldada vedelikuna või tahkena, samal ajal kui metaan jääb gaasi faasi. Vesi ja siloksaanid eemalduvad samuti jahutamise tulemusena. Süsinikdioksiidi sublimatsioonipunkt on 194,65 K ehk - 78,5°C (Joonis 1.10) Metaani olemasolu gaasis muudab veidi süsinikdioksiidi karakteristikuid, seega on vajalik kõrgem rõhk ja/või madalam temperatuur, et saavutada süsinikdioksiidi kondenseerumine või sublimeerumine. Jahutamine toimub tavaliselt mitmes astmes, et eraldada erinevaid gaase erinevatel aegadel ja optimeerida energiakulu. Gastreatment Services B.V. poolt loodud GPP® süsteemi puhul surutakse gaas kokku 17-26 bar-ni ja siis jahutatakse - 25°C-ni (Joonis 1.11). Selles astmes eralduvad vesi, väävelvesinik, vääveldioksiid, halogeenid ja siloksaanid. Seejärel juhitakse gaas läbi söefiltri ja siis SOXSIA® katalüsaatorist, kus eemaldatakse ülejäänud saasteained. CO_2 eraldatakse kahe järgmise faasi käigus. Esimeses faasis jahutatakse gaas - 50°C kuni - 59°C-ni, kus 30-40% CO_2 eraldub vedelikuna. Järgmises faasis eraldub süsinikdioksiid tahkel kujul. Et süsinikdioksiid on tahke, siis on tarvis järgmist kolonni, et soojendada ja eemaldada süsinikdioksiid esimesest. Gastreatment Services B.V. arendab GPP®plus süsteemi, kus lisaks vääristamisele metaan ka veeldatakse lõpp-produktiks. See süsteem on Hollandis olemas pilootprojektina alates 2009. aastast. Tänu temperatuurialandusele on siin võimalik eraldada ka lämmastik, mis on lisaväärtus biogaasi vääristamisel.



Joonis 1.10. Süsinikdioksiidi faasidiagramm (A. Petersson, A. Wellinger).

Allikas: http://www.en.esbjerg.aau.dk/digitalAssets/80/80449_iea-biogas-upgrading-report-2009.pdf



Joonis 1.11. GPP® süsteemi skeem (A. Petersson, A, Wellinger)

Allikas. http://www.en.esbjerg.aau.dk/digitalAssets/80/80449_iea-biogas-upgrading-report-2009.pdf

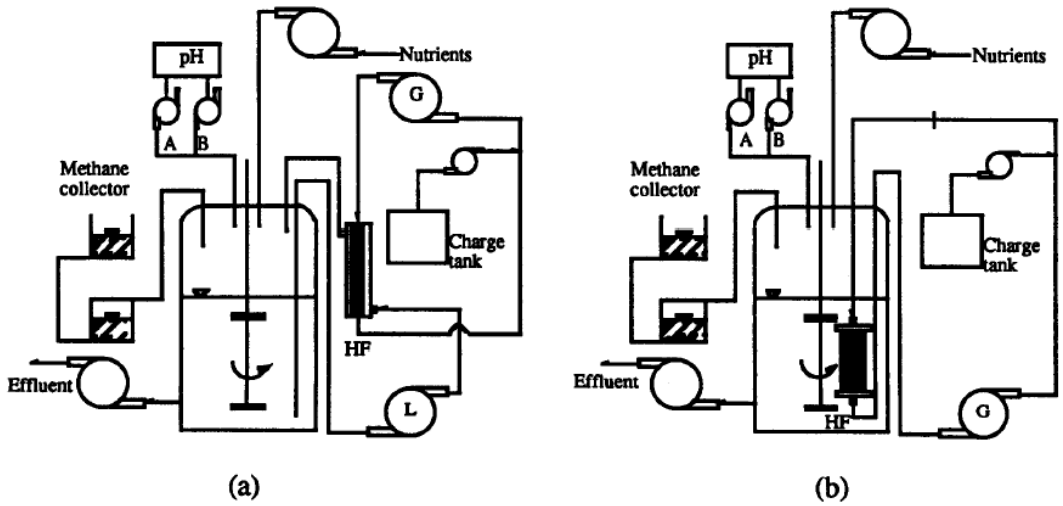
Firmal Prometheus on välja töötatud prügilagaasi vääristamise meetodi, mis koosneb järgmistest etappidest:

1. Eelpuhastamise moodul: Korrodeerivad väävliühendid, madalad kontsentratsioonid mittemetaansed süsivesinikud (kaasa arvatud siloksaanid) ja vesi eraldatakse ning gaas surutakse kokku 4,4 baarini;
2. Põhipuhastamise moodul: Süsihappegaas eraldatakse jahutamise teel, vaheldumisi jahutades metaani ja lämmastikku;
3. Veeldamise ja lõpliku puhastamise moodul: Puhastatud gaas veeldatakse ja lämmastiku kontsentratsiooni vähendatakse dünaamilise välkaurustamise meetodil (*flash evaporation*).

Seda tehnoloogiat kasutav pilootjaam rajati 2000. aastal Kanadas. Toodeti vedelat metaani puhtusastmega 96%. Esimene tootmisjaam valmis 2006. aastal USA-s Californias Prometheuse ja Montauk Energy Capital'i koostöös. Jaam projekteeriti tootma 19 Nm^3 vedelat metaani päevas. Jaama võimsust kavatseti tõsta kuni 150 Nm^3 päevatoodanguni.

1.4.7. Bioloogiline rikastamine

Uuritud on biogaasi bioloogilist rikastamist mille käigus on tehtud katse *Methanobacterium thermoautotrophicum* nimeliste mikroorganismidega. Gaasi koostisega 50-60% CH_4, 30-40% CO_2 ja 1-2% H_2S, lisati vesinikku, gaasisegu lasti mikroorganismidega asustatud mikrokiudude keskkonnast läbi ja tulemuseks oli gaas koostisega 96% CH_4, 4% CO_2 ,vesiniku ega väävelvesiniku jääke gaasis ei leidunud. (*Strevett KA, Vieth RF, Grasso D; Chemo-autotrophic biogas purification for methane enrichment: mechanism and kinetics,* Joonis 1.12).

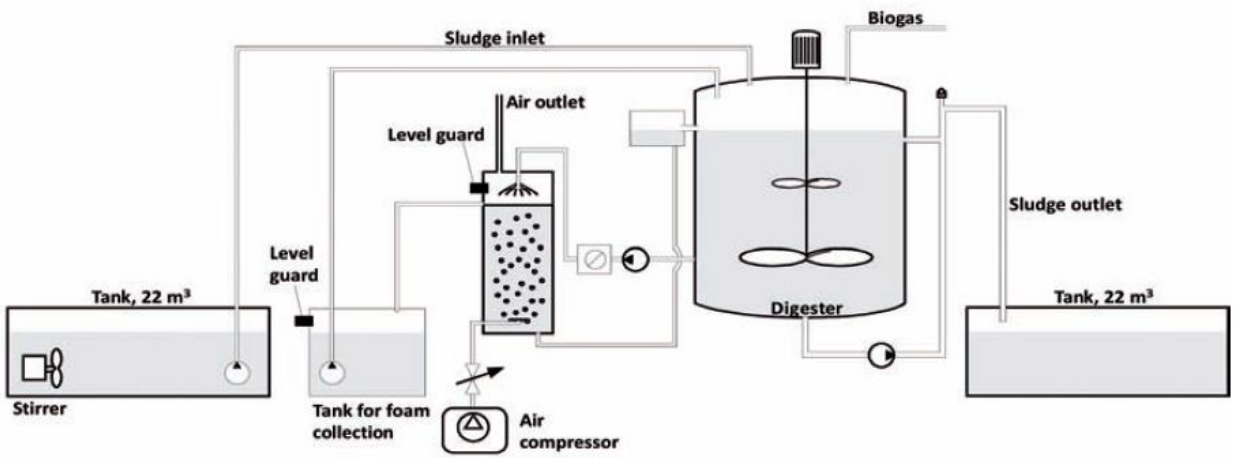


Bioreactor configurations: (a) counter-current parallel flow; (b) orthogonal flow; L, liquid pump; G, gas pump; pH, pH meter and controller to acid pump (A) and base pump (B); HF, hollow fibers.

Joonis 1.12. *Methanobacterium thermoautotrophicum*-i abil metaani rikastamise katseseadmete skeemid.

1.4.8. Metaani rikastamine *in situ* (kääriti siseselt, kääritusprotsessis)

Süsinikdioksiid on teatud määral vees lahustuv, seepärast lahustub osa sellest kääritis vedelfaasi (Joonis 1.13.) Meetodi põhimõte seisneb selles, et kääritist pärit olev muda tsirkuleerib desorptsioonikolonni ja tagasi kääritisse, kolonnis pumbatakse läbi muda õhku, mille tulemusena süsinikdioksiid eraldub mudast. Pidev CO_2 desorptsioon viib kääritis metaanisisalduse kasvuni gaasifaasis.



Joonis 1.13. Kääritis rikastamise uurimisjaama skeem (A. Petersson, A. Wellinger)

Protsessi simulatsioonid on näidanud, et metaani protsent gaasisegus võib kasvada kuni 95%ni 2%se metaanikao juures. Jaama maksumuse arvutus näitas, et alla 100 Nm^3 vooluhulgaga (gaasikuluga) jaama hind moodustaks 1/3 tavalisest (biogaasi puhastusjaama maksumusest). On valmistatud ja katsetatud pilootjaama kääriti mahuga 15 m^3 ja desorptsioonikolonni mahuga 140 dm^3. Käesolev meetod muudab muda (substraadi) puhverdusomadusi, siiski näitas uurimus, et õhuga desorbeerimine ei avalda käärimisprotsessile negatiivset mõju. Katsete käigus prooviti erinevaid muda ja õhu vooluhulki ja saavutati metaanisisaldus 87% ja lämmastikusisaldus 2% ning metaanikadu 8%. Tehnoloogia on küllaltki lihtne, ei vaja lisaseadmeid, näiteks rõhu all olevaid mahuteid.

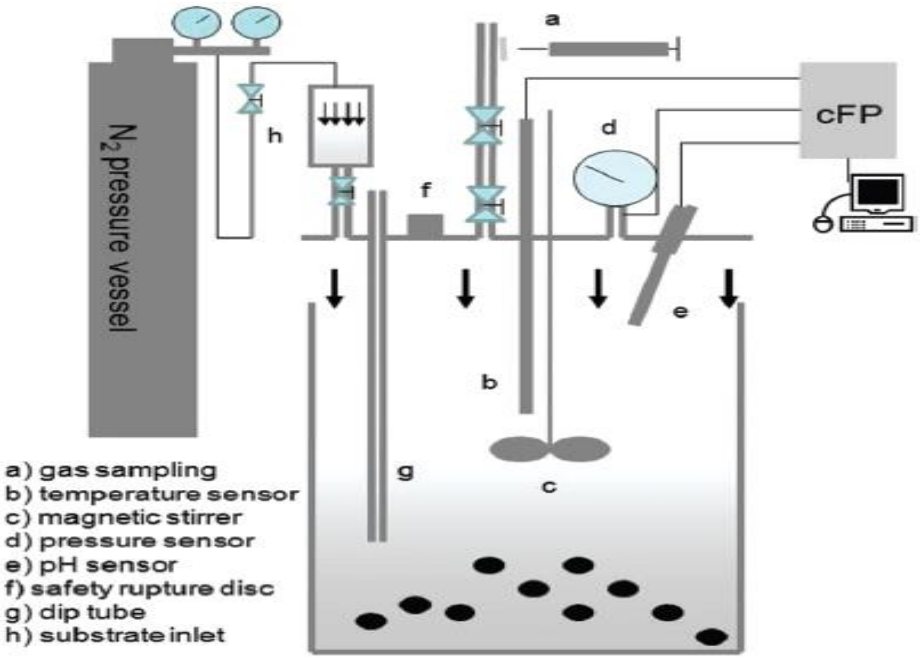
Seepärast omab meetod tänu odavusele suurt potentsiaali, võrreldes teiste meetoditega. Samas on protsess piiratud kasutamiseks väiksemates biogaasijaamades, kus ei ole vajalik üle 95% metaani kontsentratsioon. See on peamiselt kasutatav muda töötlemisel, kuna see on kergesti pumbatav, seega kasutatav väikeste gaasikulude juures ja vedela substraadi korral. Kiulise koostisega substraadi puhul on karta lämmastiku kontsentratsiooni tõusu gaasis.

Puhastamine ensüümidega ehk ökoloogiline kops

Ensüüm karboanhüdraas võtab osa katalüsaatorina meie veres toimuvast süsinikdioksiidi eraldamisest, kusjuures katalüüsi reaktsioon on järgmine: $H_2O + CO_2 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$.
Lahustunud CO_2 transporditakse karbonaadi kujul kopsu, kus sama ensüüm katalüüsib sama reaktsiooni tagurpidi ning moodustuvad süsinikdioksiid ja vesi. Seda ensüümi võib kasutada CO_2 eraldamiseks biogaasist. Ensüümi tootmiskulud on kõrged ja ensüümprotsessi töövõime sõltub kinnisensüümi tööeast. Lundi ülikoolis on uuritud karboanhüdraasi kui võimalikku süsinikdioksiidi eemaldajat biogaasist. Tulemuseks oli kuni 99% puhtusega metaan. Kanada firma CO_2 Solution Inc on välja töötanud tehnoloogia ja omab patenti ensüümi kasutamisele biogaasi puhastamisel.

1.4.9. Kõrgrõhupuhastus käärimisprotsessis

Wageningeni ülikooli teadlased on uurinud biogaasis oleva CO_2 sisalduse vähendamise võimalusi käärimisprotsessi tulemusel tõusva rõhu kaasabil (*Ralph E.F. Lindeboom, Jan Weijma, and Jules B. van Lier; High-Calorific Biogas Production by Selective CO_2 Retention at Autogenerated Biogas Pressures up to 20 Bar,* Joonis 14). Selles töös kasutati inokulumiks paberitehase reoveepuhastusjaama anaeroobset muda ja substraadina atsetaati. Bakterite liigiline kuuluvus ei ole teada. Tulemuseks saadi muuhulgas teada, et kuigi vedelikku lahustus 20 bar-se rõhu juures suurel hulgal metaani, leidus biogaasis ainult 1-2% CO_2. Teiseks leiti, vähendades suhet ANC/TIC (happe neutraliseerimisvõime/mitteorgaaniline süsinik), et vaatamata suurel hulgal lahustunud CO_2 mõjul kuni 5-ni alanenud pH-le jätkus metanogenees samal tasemel, kui neutraalse pH korral.



Joonis 1.14. Kõrgrõhu biogaasireaktori skeem

Süsihappegaasi muundamine metaaniks maapõues

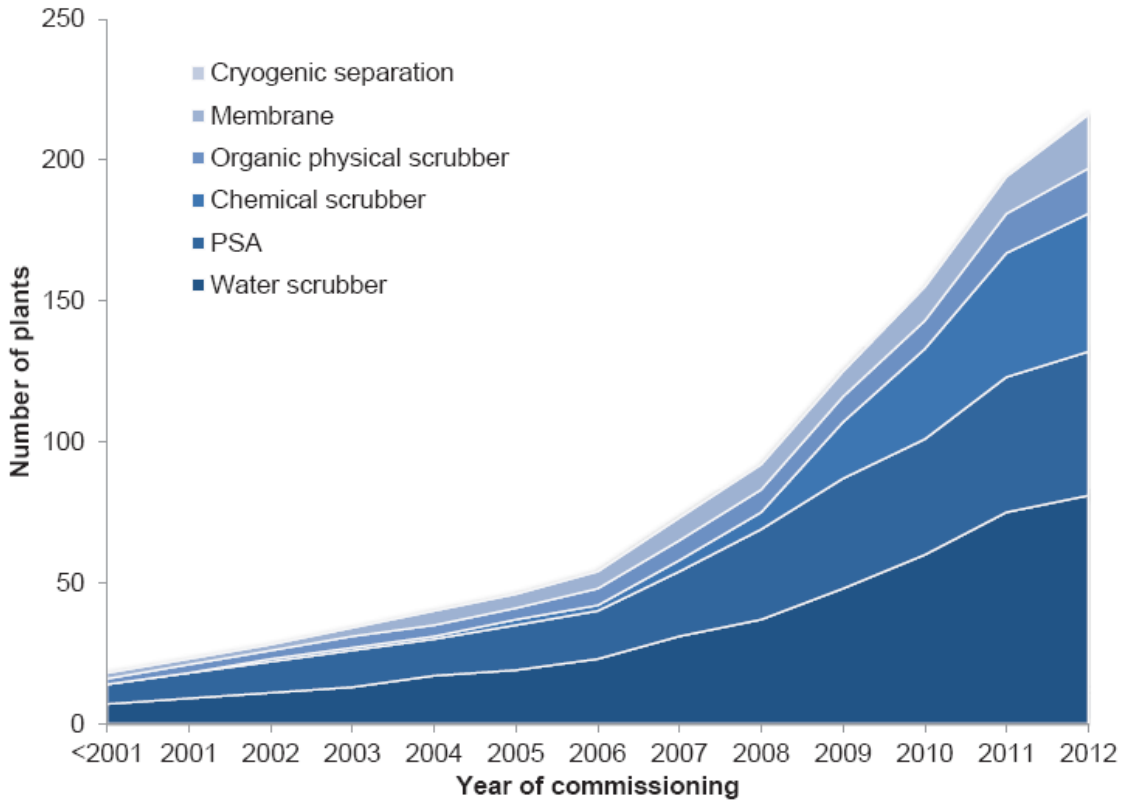
Taiwanis on tehtud uurimus CO_2 CH_4-ks muundamise võimalusest sügaval maapõues asuvates veekihtides kõrge rõhu tingimustes (*Jy-Yih Leu, Yen-Hui Lin, Fuh-Long Chang; Conversion of CO_2 into CH_4 by methane-producing bacterium FJ10 under a pressurized condition).*

1.4.10. Kokkuvõte

Biogaasi tootmine on ilmselt parim viis muuta algselt kasutud ja koormavad biojäätmed puhtaks energiaks ja toitaineteks taimekasvatuses. Biogaasi parema kasutamise eesmärgil on välja töötatud mitmeid tehnoloogiaid, mille abil algselt 40-60% metaanisisaldusega biogaas puhastatakse ja vääristatakse üle 80-90% biometaaniks. Puhastamise vajadus tuleneb gaasi kasutusvaldkonnast. Eestis töötavad biogaasijamad teadaolevalt oma gaasi ei puhasta, välja arvatud peale Salutaguse pärmitehase juures oleva jaama (vesiskraberiga puhastus). Puhastamine annab võimaluse kasutada gaasi efektiivsemalt koostootmisjaamas (CHP), kuid lisab võimaluse juhtida biometaani otse gaasivõrku, kui soojatarbijaid läheduses pole või kasutada transpordikütusena jaotatuna tanklates.

Tähelepanuta ei tasu jätta meetodeid, mille abil saadakse kõrgema metaanisisaldusega biogaas ilma puhastamise ja vääristamiseta. Sellisel viisil on teoreetiliselt võimalik saada samast kogusest substraadist suurem kogus biometaani, kui puhastamist kasutades, sest puhastamise käigus eraldatakse biogaasist ka potentsiaalne metaaniallikas CO_2.

Erinevaid puhastustehnoloogiaid kasutavad biogaasijaamade arv 2012. aasta seisuga esitatakse joonisel 1.15.



Joonis 1.15. Eri tehnoloogiaid kasutavad biogaasi puhastusjaamad maailmas (ainult käesoleval ajal töötavad). Allikas: IEA Task 3: F. Bauer, Chr. Hulteberg, T. Persson, D. Tamm. Biogas upgrading – Review of commercial Technologies (Biogasuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker). *SGC Rapport 2013:270.*

1.5 Erinevate puhastustehnoloogiate võrdlus valitud parameetrite ning püsi- ja muutuvkulude alusel

Üheks oluliseks parameetriks, mis määrab puhastusseadmete käidukulu, on energiavajadus. Järgnevalt esitatakse mõne puhastusmeetodi energiakulu ja protsessi rõhu väärtus (mida kõrgem rõhk, seda suurem energiakulu, vt ka tabel 1.1):

Keemiline puhastus (amiinopuhastus ehk keemiline skraber): 0.12-0.14 kWh/Nm^3 (+0.55 kWh/Nm^3 soojust). Rõhk: 4 bar(g).

Membraanpuhastus: 0.20-0.30 kWh/Nm^3. Rõhk: 5-20 bar(g).

Kõikuvrõhuadsorber (PSA): 0.20-0.30 kWh/Nm^3. Rõhk: 4-8 bar(g).

Vesipesu (vesiskraber): 0.20-.30 kWh/Nm^3, Rõhk: 5-9 bar(g).

(Allikas: SGC project, to be published early 2013).

Mitmed allikad annavad puhastustehnoloogiate võrdlusi, osa on vanemaid osa uuemaid (tabel 1.1, tabel 1.2, tabel 1.3 tabel 1.4, tabel 1.5, tabel 1.6, tabel 1.7, tabel 1.8 ja joonis 1.16).

Tabel 1.1 Valitud biogaasi puhastustehnoloogiad, nende elektri ja soojuse vajadus, käidukulud ja metaani kadu.

	Upgrader type				
	Water scrubber	*Amine scrubber*	*Pressure swing adsorption*	*Membrane*	*Chemical scrubbing*
Electricity consumption (kWh/Nm^3)	0.23-0.3	0.12-0.14	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.27
Heat requirement (kWh/Nm^3)		0.55			
Methane slip (% lost)	1	0.1	1.8-2.0	0.5	
Maintenance costs	Typically 2-3%/year of the installed cost of upgrading system				

Source: Bauer, 2013.

Allikas: IRENA report 2013, Road transport: The cost of renewable solutions. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Road_Transport.pdf

Tabel 1.2. Biogaasi puhastusmeetodite valitud parameetrite võrdlus.

Tab.5. Comparison between selected parameters for common upgrading processes (Urban et al. 2008).

Parameter	PSA	Water scrubbing	Organic physical scrubbing	Chemical scrubbing
Pre-cleaning needed[a]	Yes	No	No	Yes
Working pressure (bar)	4–7	4–7	4–7	No pressure
Methane loss[b]	<3% / 6–10 %[f]	<1 % / <2 %[g]	2–4 %	<0.1 %
Methane content in upgraded gas[c]	>96 %	>97 %	>96 %	> 99 %
Electricity consumption[d] (kWh/Nm^3)	0.25	<0.25	0.24–0.33	<0.15
Heat requirement (°C)	No	No	55–80	160
Controllability compared to nominal load	+/- 10–15 %	50–100 %	10–100 %	50–100 %
References[e]	>20	>20	2	3

Allikas: A. Petersson, A.Wellinger. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bio-energy, Task 37. 2009.
Source: Urban, et al., 2008, as quoted in Petersson, et al., 2009.

Märkused: *Organic-physical scrubbing* – füüsikalis-keemiline puhastus orgaaniliste vedelikega skraberis.

a) sobib toorbiogaasile, mille väävelvesiniku sisaldus on väiksem kui 500 mg/m^3 H_2S. Suurema kontsentratsiooni korral on vajalik eelpuhastus, sama kehtib ka teistele puhastusmeetoditele.

b) Metaanikadu sõltub käidu tingimustest, siintoodud väärtused on garanteeritud tootja või pakutud käitajate poolt.

c) Biometaani kvaliteet on funktsioon käidu parameetritest, siintoodud väärtused on garanteeritud tootja või pakutud käitajate poolt ja kehtivad õhuvabale biogaasile.

d) Antud kWh/Nm^3 toorbiogaasi kohta, mis on komprimeeritud 7 baarini.

Tabel 1.3. Keemilise puhastuse (keemiline absorbtsioon) CApure™ vesipesu ja kõikuvrõhuadsorberi parameetrite võrdlus.

Parameter	CApure™	Water Scrubber	PSA
Methane loss	< 0.1%	< 1-2%	< 3 - 10%
Methane in upgraded gas	> 99%	> 97%	> 96%
Working pressure (bar)	0	3-7	3-7
Electricity (kWh / Nm³ raw gas)	0.10 – 0.11	0.35	0.35
Heat use (kWh / Nm³ raw gas)	0.5 – 0.6	N/A	N/A
Heat recovery (kWh / Nm³ raw gas)	0.38 – 0.45	N/A	N/A
Total energy (kWh / Nm³ raw gas)	0.23 – 0.26	0.35	0.35
Controllability, nominal load	50-115%	50-100%	100 + 15%
Meeting rule 30	Yes	Not known	Not known

Allikas: http://purac-puregas.com/?page_id=58

Tabelis 1.4 võrreldakse Quest Air PSA tehnoloogiat nelja muu enamlevinud tehnoloogiaga ja leitakse, et valitud viie indikaatori alusel oleks see parim.

Tabel 1.4. Erinevate biogaasi puhastusmeetodite võrdlus mitte-tehniliste näitajate alusel

Tehnoloogia	Vesipesu, skraber	Membraan-puhastus	Füüsikaline absorpt-sioon	Tavaline kõikuvrõhu -adsorber, PSA	Quest Air tehnoloo-giaga PSA
Arendatud biogaasile	+	-	-	+	+
Madal kapitalikulu	-	+	-	-	+
Madal käidukulu	-	-	-	+	+
Madal CH4 heide (kadu)	-	+	+	+	+
Lihtsus	-	+	-	-	+

Allikas: http://www.epa.gov/agstar/documents/conf07/mcdonald.pdf

[Norma McDonald, Sean Mezei. Presentation: Biogas to biomethane, A proven option for on-farm energy production.]

Tabelis 1.5 esitatakse 5 erineva puhastustehnoloogia võrdlus 13 indikaatori alusel, kus juures on neid veel eristatud erinevate biometaani kulude juures. Investeeringu ja käidukulude alusel oleks soodsaim membraantehnoloogia, kusjuures eelised säilivad ka väikeste metaani kulude (100 m^3/h) juures.

Tabelis 1.6 on samuti toodud võrdlus erinevate biogaasi puhastusprotsesside võrdlus valitud protsessi parameetrite alusel ning viited käidukulude ja kulutõhususe kohta. Sellest tabelist selgub, et veega puhastamine (vesipesu) tundub olevat parim lahendus.

Tabel 1.5. Kõige tähtsamad biogaasi puhastustehnoloogiaid kirjeldavad parameetrid tüüpilise toorbiogaasi koostise korral

Parameter	Water scrubbing	Organic physical scrubbing	Amine scrubbing	PSA	Membrane technology
typical plant size range [m³/h biomethane]					
typical methane content in biomethane [vol%]	95,0-99,0	95,0-99,0	>99,0	95,0-99,0	95,0-99,0
methane recovery [%]	98,0	96,0	99,96	98	80-99,5
methane slip [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20-0,5
typical delivery pressure [bar(g)]	4-8	4-8	0	4-7	4-7
electric energy demand [kWhel/m³ biomethane]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
heating demand and temperature level	-	medium 70-80°C	high 120-160°C	-	-
desulphurisation requirements	process dependent	yes	yes	yes	yes
consumables demand	antifouling agent, drying agent	organic solvent (non-hazardous)	amine solution (hazardous, corrosive)	activated carbon (non-hazardous)	
partial load range [%]	50-100	50-100	50-100	85-115	50-105
number of reference plants	high	low	medium	high	low
typical investment costs [€/(m³/h) biomethane]					
for 100m³/h biomethane	10.100	9.500	9.500	10.400	7.300-7.600
for 250m³/h biomethane	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900
for 500m³/h biomethane	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700
typical operational costs [ct/m³ biomethane]					
for 100m³/h biomethane	14,0	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
for 250m³/h biomethane	10,3	10,2	12,0	10,1	7,7-11,6
for 500m³/h biomethane	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5-10,1

Allikas: Biogas to bio-methane technology review. Vienna University of Technology (Austria), Institute of Chemical Engineering. May 2012.

Tabel 1.6 Erinevate biogaasi puhastustehnoloogiate võrdlus

	Water scrubber	PEG scrubber	Amine scrubber	Pressure Swing Adsorption	Membrane process
CH4-enrichment	High + +	High + +	High + +	Good +	Low -
O2-/N2-enrichment	Yes -	Yes -	Yes -	No +	Yes -
CH4-losses	Low + +	Medium -	Low + +	Medium -	High - -
Produced gas dryer required	Yes -	Yes -	Yes -	No +	No +
H2S pre treatment required	No +	Yes -	Yes -	Yes -	Yes -
Waste gas treatment required	No +	Yes -	Yes -	No +	No +
Utility demand	Medium +/-	High - -	High - -	Medium +/-	High - -
Power demand	€ 0.25 / m3 biogas	€ 0.32 / m3	€ 0.42 / m3	€ 0.25 / m3	€ 0.50 / m3
Level of emission	Medium +/-	Low +	Medium +/-	Low +	Low +
Capital cost	Medium +/-	Medium +/-	High -	Medium +/-	High -
References	++	- -	- -	+	- -

Allikas: Biogas upgrading using the DMT TS-PWS® Technology. Dirkse, E.H.M. B.Sc. DMT Environmental Technology.

Lisaks membraanpuhastuse süsteemidele on praegu turul mitmeid muid arendatud biogaasi puhastamise tehnoloogiaid, millest igaühel on oma eelised ja puudused. Erinevate tehnoloogiate lühike omaduste võrdlus on esitatud tabelis 1.7 ja joonisel 1.16 (*Lems, R., Langerak, J., Dirkse E.H.M. Next generation biogas upgrading using highly selective gas separation membraanes. Showcasing the Poundbury project. DMT Environmental Technology, 2013*). Arvestatud on mitmete puhastustehnoloogiatega nagu, survega vesipesu (PWS), katalüütiline absorptsioon/amiinopesu (CA), vahelduva rõhuga adsorbeerimine (PSA), membraanpuhastus (MS), kõrge selektiivsusega membraanpuhastus (MS-HS) ja krüogeenpuhastus (veeldamine) (CL).

Kõrge selektiivsusega membraanpuhastuse juures on väikseim metaani kadu ja väikseimad kapitalikulud (CAPEX – *capital expenditures*) ja käidukulud (OPEX – *operating expenditures*) toodetava metaani ühe kuupmeetri kohta. Järjekorras teine oleks kulutõhususelt vesipesu tehnoloogia.

Puudub veel konkreetne standard biogaasi kasutuselevõtuks Euroopas, mistõttu on raske kasutada biogaasi potentsiaali täies mahus.

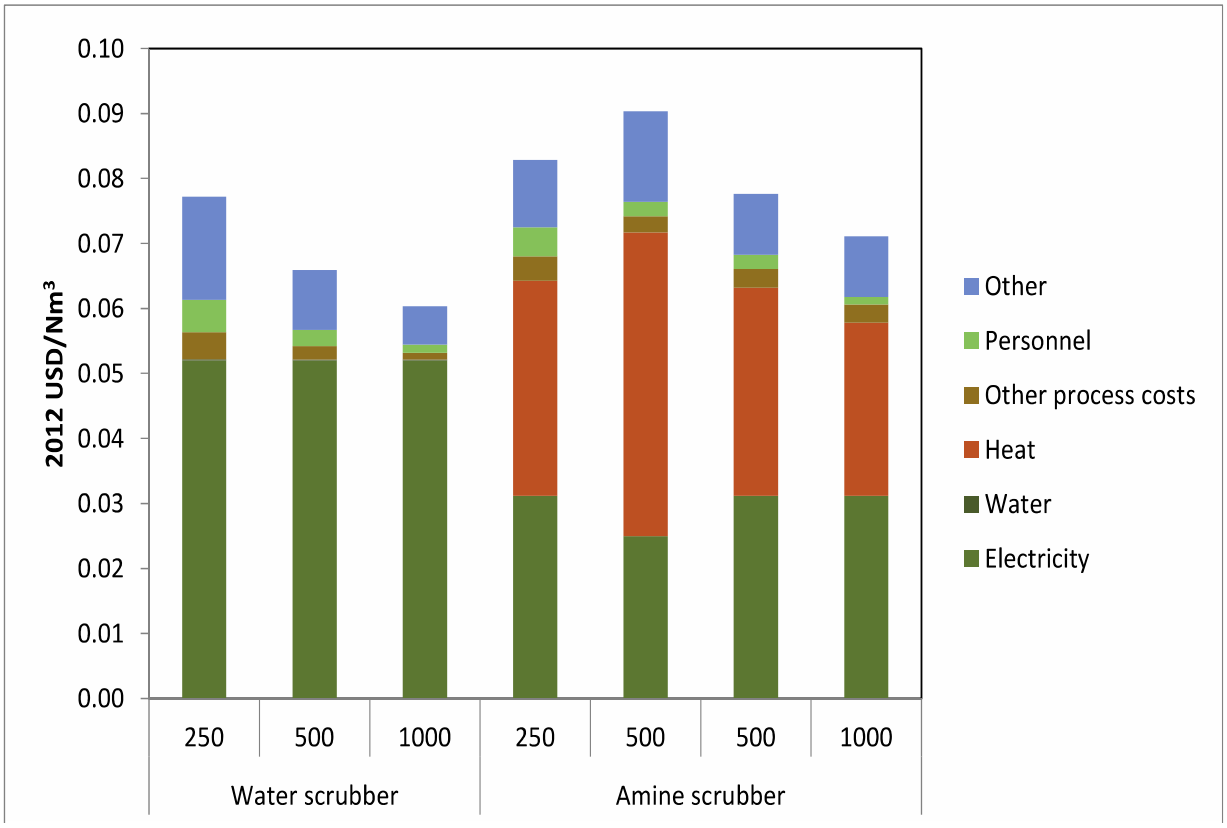
Tabel 1.7 Erinevate puhastustehnoloogiate tõhususe võrdlus (produkt 8 baarilise rõhu juures)

	PWS	CA	PSA	MS-HS	CL	
Produced gas quality	98	99	97	99	99.5	%
Methane slip	1	0.1/0.8[1]	3	0.3-0.5	0.5	%
Energy efficiency[7]	96/99[2]	93-96	93	98	93	%
Electrical use	0.23	0.15/0.35[3]	0.25	0.21	0.35	kWh/m$^{(3)}$ biogas
Reliability / up time	96	94	94	98	94	%
Gas fluctuation allowed	50-100	50-100	85-100	0-100	75-100	%
CAPEX	2000	2150	2250	1800	2300	€/m$^{3\ (4)}$
OPEX	6.1	6.5	6.7	5.5	7.1	Euro ct/m$^{3\ (4)}$
Bio Methane loss	110,000	95,000[1]	194,000	55,000	91,670	€/year $^{(4)}$
Foot print x height	0.15 x 12	0.17 x 12	0.18 x 4	0.1 x 2.5	0.12 x 3	m^2/m^{3}xm$^{(6)}$
Maintenance needed	Medium	Medium+	Medium+	Low	High	
Operation ease	Medium	Medium+	Complex	Easy	Complex	
Waste streams	Water	Chemicals	Carbon	None	None	

Märkused: www.dmt-et.nl

1. 0,8 = sisaldab metaani leket/kasutust CHPs või CO_2 heidet/vajatava soojusallika energiat.
2. 99% sisaldab soojus taaskasutust soojuspumba abil.
3. Vajatakse 0,5 - 1 kWh lisa soojust (mida võiks kasutada, et toota 0,2 kWh elektrit).
4. Tootlikkuse juures 600 Nm^3/h.
5. Võrreldes 100% taaskasutamise ja tööaega.
6. m^2/m^3 x m = m^2 pinda m^3 toor biogaasi mahu kohta korda puhastusjaama kõrgus.
7. Kogu energia taaskasutus: biogaas sisse / (biometaan välja – elekter - soojus).

Joonisel 1.16 esitatakse kahe biogaasi puhastustehnoloogia võrdlus käidukulude alusel. Vesipesu tehnoloogia käidukulu (USD/Nm^3) väheneb vastavalt toodetavale biometaani kogusele. Tootlikkuse juures 500 Nm^3/h oleks käidukulu 0,052 USD/Nm^3, mis teeb umbes 4 eurosenti Nm^3 kohta (vt ka tabel 1.7). Joonisel 1.16 on tegemist tavalise membraantehnoloogiaga, kuid tabelis 1.7 on kulu kõrge selektiivsusega membraantehnoloogia kohta, mis võib olla tõenäoline käidukulu suurenemise põhjus. Erinevusi võivad põhjustada ka eri riikides olevad erinevad energia ja tööjõukulud.



Joonis 1.16. Mõne biogaasi puhastustehnoloogia käidukulud, tüübi ja biometaani tootlikkuse (jaama suuruse) järgi

Allikas: IRENA report 2013, Road transport: The cost of renewable solutions. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Road_Transport.pdf

Tabel 1.8 annab üldinfot viie peamise biogaasi puhastustehnoloogia kohta. Kõik need kindlustavad saadava biometaani kõrge kvaliteedi, kuid erinevused on gaasi kulude (tootlikkuse) osas. Näiteks vesipesu (PWS) sobib rohkem suuremale gaasi tootlikkusele, kõikuvrõhuadsorber (PSA) keskmistele tootlikkustele ja membraanpuhastus on sobivam

väikeste gaasikulude korral. See sisaldab ka ülevaadet puhastuse tõhususest (metaani kasutegur), heitest ja jääkidest.

Tabel 1.8. Levinumate puhastustehnoloogiate võrdlus (suure- ja väikesemastaabilised puhastusjaamad) (Lems & Dirkse, 2010) http://www.dirkse-milieutechniek.com/dmt/do/download/_/true/210183/Small_scale_biogas_upgrading_Green_gas_with_the_DMT_Carborex-MS_system_1-11-2010.pdf

	PWS	CA	PSA	MS	CL	Large Scale	Small Scale
Gas quality	High	High	High	High	High	High	High
Gas quantity v.	High	High	Medium	Low	Medium	High	Low
Investment	Medium	Medium+	High	Low	High	Medium	Low
Maintenance	Medium	Medium	Medium+	Low	High	Medium	Low
Operation	Medium	Complex	Complex	Easy	Complex	Medium	Easy
Compact	Medium	Medium	No	Yes	No	Medium	Yes
Methane eff.	High	High	Medium	Low	High	High	Low
Emissions	Low	Low	Medium	Medium	Low	Low	Medium
Waste streams	Continues	Continues+	Batch	Batch	Continues	Continues	Batch

Green: best match for small scale plants *Yellow: best match for large scale plants*

Lems ja Dirkse (2010) väidavad, et metaani kasutegur (puhastuse tõhusus) on see osa biogaasis olevast metaanist, mis on puhastusprotsessi käigus saanud nn biometaaniks (see ei ole 100% metaan). On äärmiselt oluline arvestada, et suuremastaabiliste puhastusjaamade korral mängib suurt rolli see, et väikesed efektiivsuse erinevused tähendavad suurt väljundgaasi (biometaani) kulu erinevust, mistõttu vähenevad ka kasumid juba tõhususe väikesel langusel. Eelnimetatud autorid toovad näite, kus 0,5% väiksem kasutegur biogaasi kulu 1 000 Nm^3/h juures tähendab (ehk 42 500 Nm^3/aastas puhastatud metaani) saamata tulu 25 000 €. Väikeste biogaasijaamade ja puhastusjaamade toodangu muutus on väike ning seal saab biogaasi hõlpsasti kasutada energiaallikana soojuse ja elektri koostootmise seadmetele, see aitab hoida energiatõhususe maksimaalse.

1.6 Puhastustehnoloogiate keskkonnamõjud

Puhastustehnoloogiate kasutamise ja vastavate seadmestike käitamise keskkonnamõjudena tuleks käsitleda metaani lekkimist ja lõhnu, kuna need võivad mõjutada protsessi ja olla ohuks ümbritsevale loodusele. Metaani leke on oluline, et vältida seda mistahes suurusega puhastusjaamas, sest metaani kui kasvuhoonegaasi maalt tagasikiirgava soojuse neelamise võime (mõju kliimamuutustele) on 25 korda (100 aasta perspektiivis) suurem kui süsinikdioksiidil. Kõik piirkonnad, mis toodavad gaasi, gaasihoidlad ja digestaadi hoidlad tuleks tihendada protsesside toimumise ajaks.

Mõnede biogaasijaamade jaoks on lõhna probleemid teiseks oluliseks teemaks Lõhnad levivad jäätmete saabumisel, segamisel ja nende edastamisel kääritites. Lõhna püüdmiseks kasutatakse mitmesuguseid filtreid (nt biofiltreid, kus kasutatakse hakitud puitu või puukoort).

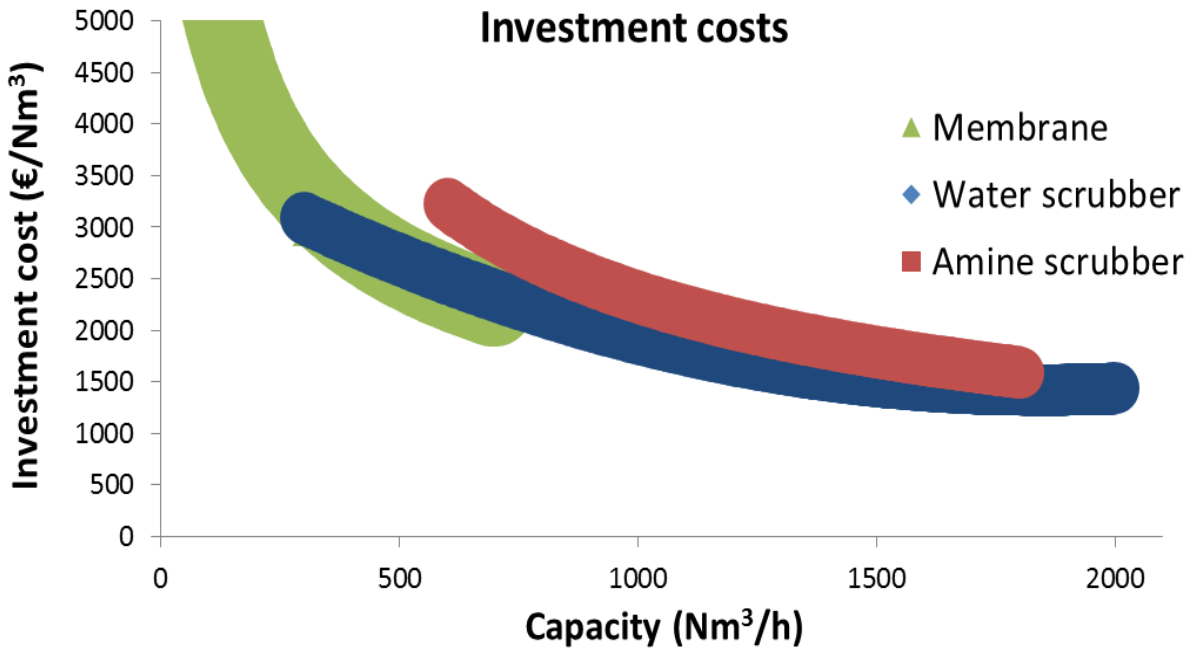
Puhastustehnoloogiatel esineb kas üks (esmane) või kaks (teisene) jäätmevoogu. Kõikuvrõhuadsorberiga tehnoloogial ja membraanpuhastusel on ainult üks jäätmevoog. Keemiline absorbtsioon ja vesipesu omavad kahte jäätmevoogu. Jäätmete (jääkide) hulka on samuti oluline arvesse võtta. Keemilise absorbtsiooni jäägid on kasutatud kemikaalid ja süsihappegaas. Mõned jäätmevoode vajavad täiendavat töötlemist enne, kui neid saab protsessist välja juhtida, näiteks krüogeenpuhastuse jäätmevood vajavad edasist töötlemist (de Hullu et al, 2009). http://students.chem.tue.nl/ifp24/BiogasPublic.pdf . Accessed 03.03.2012.

1.7 Puhastusmeetodite majanduslikkuse võrdlus *Allikas: www.dmt-et.nl*

Väikesemahulistes puhastusjaamades on kõige ökonoomsem viis puhastatud biogaasi (biometaani) kasutamiseks tarbida seda kohapeal autokütuseks. Minimaalse tootmismahu juures on see kasutusviis majanduslikult elujõuline (nt Kalmari farm Soomes, Laukkas, Jyväskylä lähedal). Üks Nm^3 puhastatud biogaasi võrdub energeetiliselt umbes ühe liitri diislikütusega ja on seetõttu väärt umbes 0,65 € (maagaasi hind tanklas) kuni 1,20 € (diislikütuse hind). Kasum ühe Nm^3 puhastatud biogaasi (biometaani) kohta peaks olema umbes 0,35 € kuni 0,45 € projekti 5 aastase tasuvusaja juures. See tähendab, et biogaasi puhastamise mahind peaks olema väiksem kui 0,20 € kuni 0,30 €/Nm^3.

Paljud ettevõtted pakuvad puhastusjaamade süsteeme, mis on sobivad ja optimeeritud suuremahuliseks biogaasi puhastamiseks. Kõrgete investeerimiskulude tõttu ja praeguse toetuste ja gaasihindade juures oleks vaja toorgaasi kulu umbes 500-1000 Nm^3/h et saada puhastusjaam majanduslikult elujõuliseks. Kuid enamik biogaasi toodetakse põllumajandusettevõtetes ja reoveepuhastites, kus biogaasi kulu on palju väiksem. See toob kaasa potentsiaalse puhastatava biogaasi mootorikütusena kasutamata jätmise. Seetõttu on firma DMT töötanud välja süsteemi, mis võimaldab puhastada biogaasi väikesemahuliselt ja säästlikult (Lems & Dirkse, 2010).

Joonistel 1.17 ja 1,18 esitatakse sõltuvused biogaasi puhastusjaamade investeeringu ja puhastamise maksumuse kohta sõltuvana jaama tootlikkusest (puhastusvõimsusest). F. Bauer, Chr. Hulteberg, T. Persson, D.Tamm. Biogas upgrading – Review of commercial Technologies (Biogasuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker). SGC Rapport 2013:270). Näeme, et sellest lähtuv tasuvusaeg lähevad liiga suureks, et nende paigaldamine oleks meie maal veel majanduslikult mõttekas.

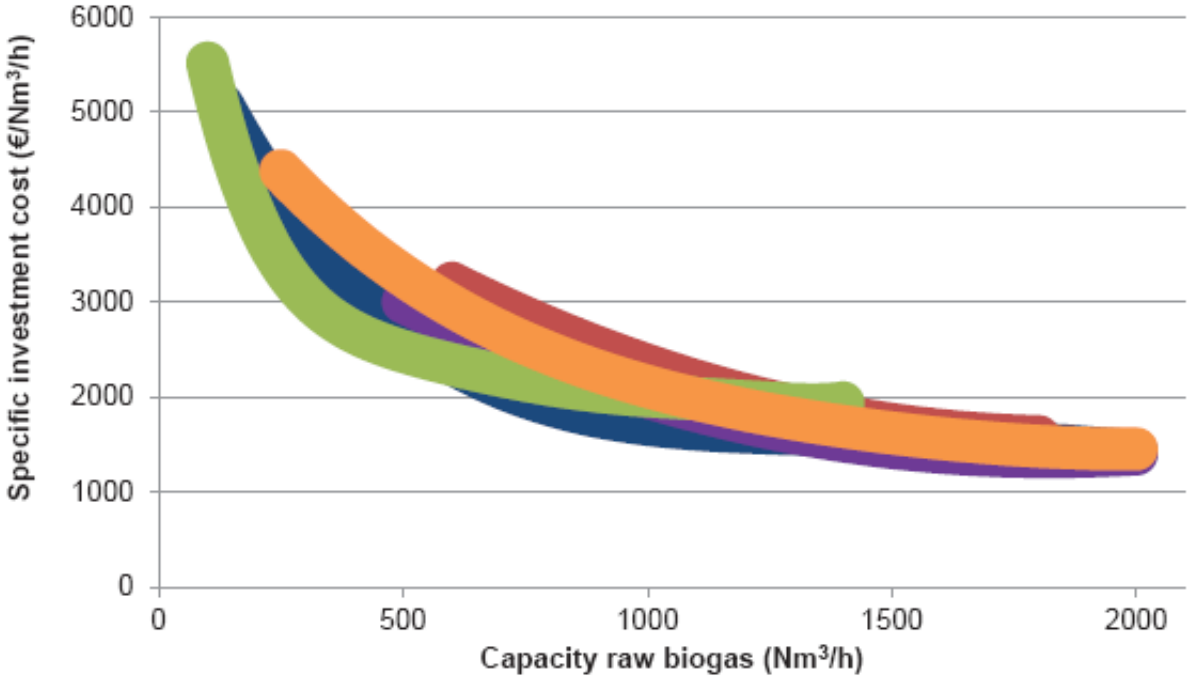


Source: Data from an SGC project to be published early 2013

Joonis 1.17. Erinevate puhastustehnoloogiate investeeringu kulu toorgaasi kulu kohta.

Allikas: T. Persson, M. Svensson. Swedish Gas Technology Centre. Presentation: Biomethane as a vehicle fuel made from upgraded biogas. IEA Bioenergy Conference, 2012.

Puhastusmeetodeid saab võrrelda püsikulude alusel, kuid ka muutuvkulusid tuleks silmas pidada (tabel 1.5). Nägime, et puhastamine keemilises skraberis (amiinopesu) vajab ka arvestatavas koguses soojust (tabel 1.1, tabel 1.5), mis teeb käidukulu, võrreldes teistega, suuremaks. Joonisel 1.18 võrreldakse puhastusmeetodite investeeringuid. Amiinopesu korral on investeeringukulu kõrgeim, membraanpuhastuse korral madalaim, eriti väiksemate toorgaasi kulude juures.



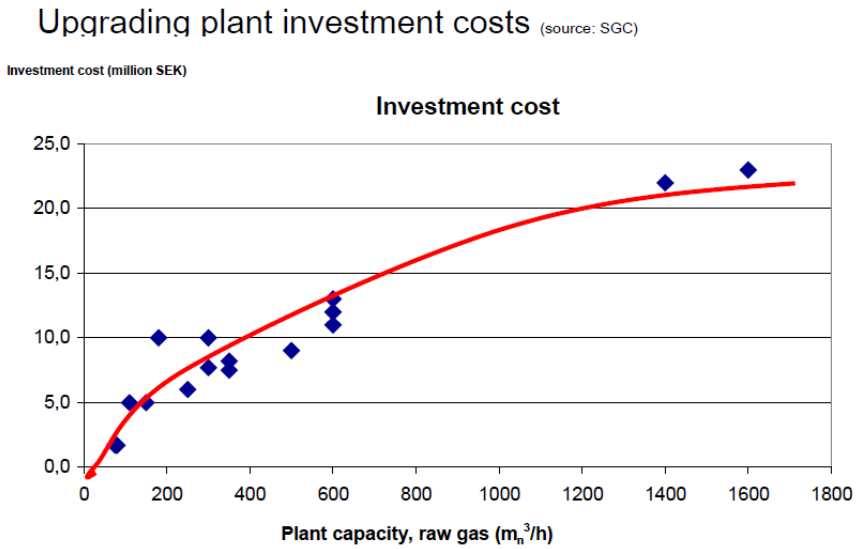
Joonis 1.18. Puhastusmeetodite võrdlus investeeringu maksumuse järgi.

Allikas: F. Bauer, Chr. Hulteberg, T. Persson, D.Tamm. Biogas upgrading – Review of commercial Technologies (Biogasuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker). SGC Rapport 2013:270.

Legend joonis 1.16 juurde.

- Vesipesu
- Amiinopesu
- Kõikuvrõhu adsorptsioon
- Membraanpuhastus
- Füüsikaline puhastus

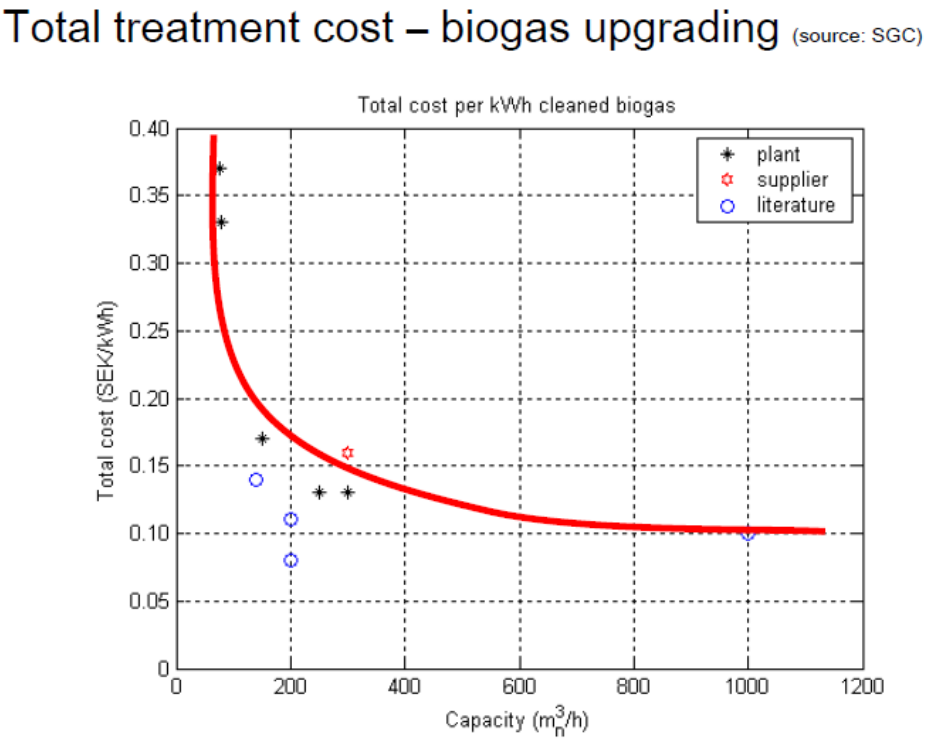
Järgnevalt esitatakse veel mõnede allikate andmeid biogaasi puhastusjaamade investeeringu kulude ja erikulude kohta sõltuvana tootlikkusest (joonis 1.19 ja joonis 1.20).



Joonis1.19. Biogaasi puhastusjaama investeeringu suurus sõltuvana jaama tootlikkusest

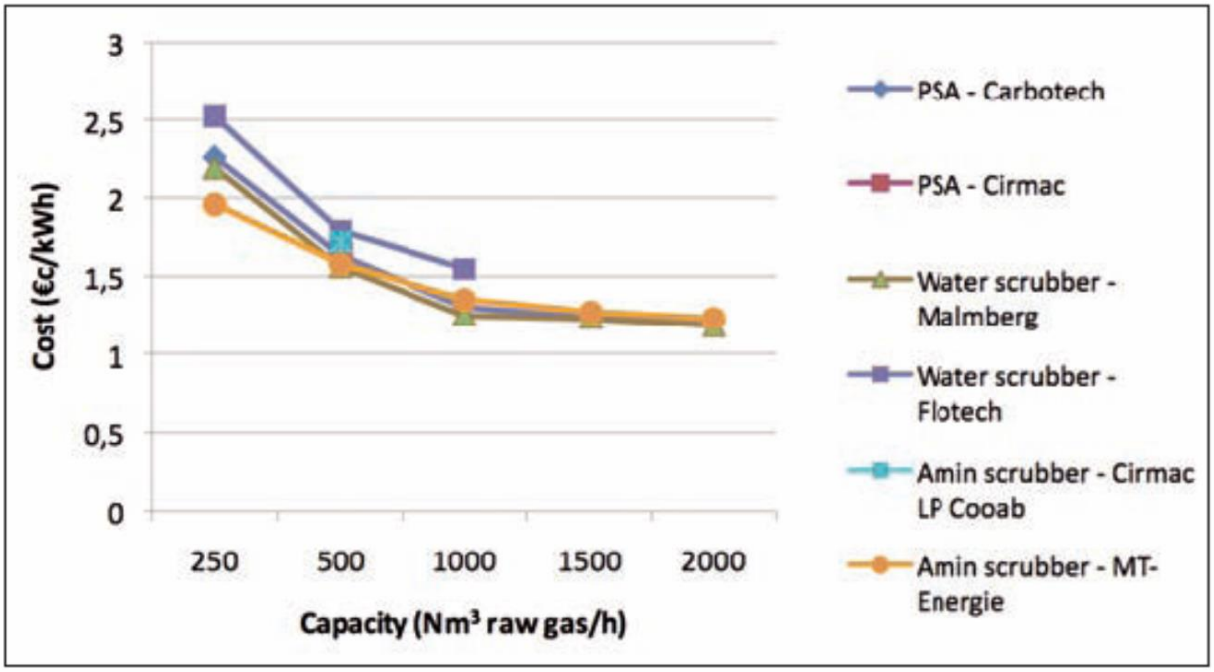
Allikas: TEN/08-05 Reoveesette kääritamisel saadud biogaasi kasutamise võimalused Tartu linna ühistranspordis. OÜ Mõnus Minek, 2009.

Joonisel 1.20 esitatakse biogaasi puhastamise erikulu (kogumaksumus/kWh energiasisalduse kohta) puhastatud biogaasi (biometaani) kohta. Erikulu kasvab järsult alates kulust 200 Nm^3/h väiksema kulu suunas (0,2 SEK/kWh = 2,2 euro senti ehk 0,022 €). Sama esitatakse joonisel 1.21, kuid eraldi välja tooduna mitmete tehnoloogiate kohta.



Joonis 1.20. Gaasipuhastuse puhastuskulud (SEK/kWh puhastatud gaasi kohta) sõltuvana biogaasi puhastusjaama tootlikkusest

Allikas: TEN/08-05 Reoveesette kääritamisel saadud biogaasi kasutamise võimalused Tartu linna ühistranspordis. OÜ Mõnus Minek, 2009.



Joonis 1.21. Biogaasi puhastuse erikulu erinevate tehnoloogiatega

Allikas: Anneli Petersson, Arthur Wellinger. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bio-energy, Task 37.

Tabelis 1.9 tuuakse ära erinevate meetoditega puhastatud biometaani rahaline kulu nii eurodes kui USA dollarites ühe normaalkuupmeetri biogaasi kohta. Odavaimad on membraanpuhastus ja vesipesu.

Tabel 1.9 Erinevate puhastustehnoloogiate ökonoomiline võrdlus (Source: de Hullu, *et al.*, 2008).

Biomethane Technology	Economics	
	Euros/ Nm³ biogas	US$/1000 scf biogas
Membrane	0.12	4.47
Water scrubbing	0.13	4.74
Chemical absorption	0.17	6.32
Pressure swing adsorption	0.25	9.21
Bio-filter	NA	NA
Cryogenic separation	0.44	16.32

Allikas: Biomethane for Transportation: Opportunites for Washington State. Copyright © 2011 Western Washington Clean Cities Coalition. WSUEEP11-052 Rev 1, January 2013.

Allikas: (K. E. H. Warren. A techno-economic comparison of biogas upgrading technologies in Europe. Master thesis. University of Jyväskylä. 2012. pp 62). https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/41233/URN%3ANBN%3Afi%3Ajyu-201304221478.pdf?sequence=1

Tabel 1.10 annab peamisi biogaasi puhastustehnoloogiaid kasutavate keskmise suurusega puhastusjaamade (250 Nm^3 biogaasi/tunnis) investeeringu ja käidukulud aasta kohta ja puhastatud biogaasi (biometaani) maksumuse ühe Nm^3 kohta. Krüogeenpuhastus on iga toodud indikaatori järgi kõige kallim. Membraanpuhastus on samade indikaatorite kohaselt

odavaim Väärib märkimist, et kõikuvrõhuadsorber (PSA) on kalliduselt teine investeeringu kulu ja hoolduskulude järgi.

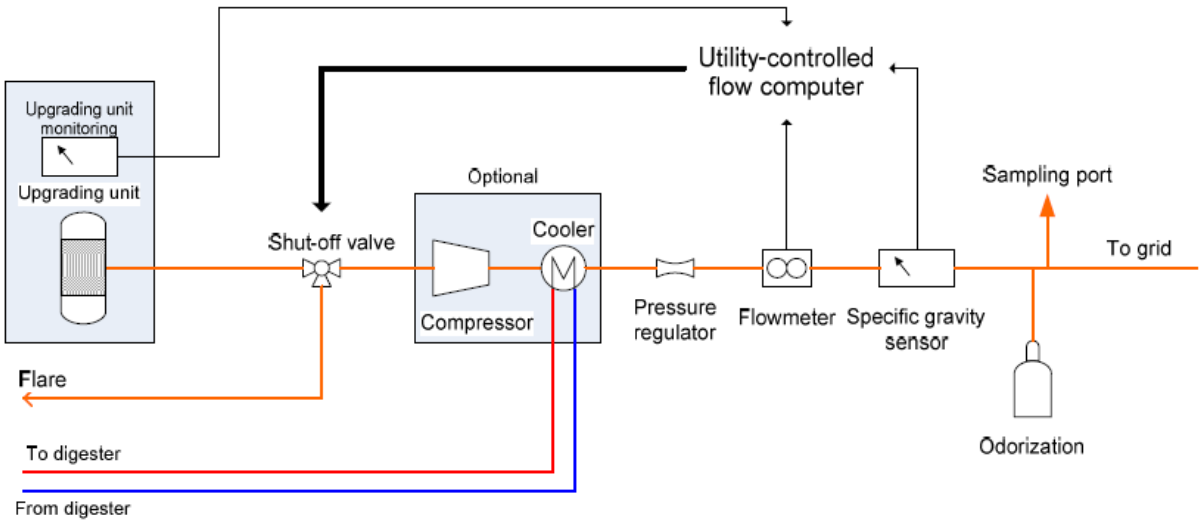
Tabel 1.10. Erinevate puhastustehnoloogiate investeeringu ja käidukulud aasta kohta (de Hullu et al., 2008).

	Water Scrubbing	PSA	Chemical Scrubbing	Membrane Separation	Cryogenic
Investment Cost (€/year)	€ 265, 000	€ 680, 000	€ 353, 000 - 179, 500	€233, 000 - 749, 000	€ 908, 500
Maintenance Cost (€/year)	€ 100, 000	€187, 250	€134, 000 - 179, 500	€ 81, 750 - 126, 000	€ 397, 500
Cost per Nm^3/biogas upgraded	0.13 €	0.25 €	0.17 - 0.28 €	0.12 - 0.22 €	0.44 €

N.A Not Available

1.8. Biometaani juhtimine maagaasivõrku

Puhastatud biogaasi saab kasutada puhastusjaama läheduses olevates gaasitanklates või juhitakse puhastatud biogaas (biometaan) lähedal asuvatesse maagaasi võrkudesse. Joonisel 1.22 kujutatakse üht võimalikku skeemi, mille alusel ühendatakse puhastatud biogaasi tootmise jaam maagaasivõrguga.



Joonis 1.22. Biometaani maagaasivõrku juhtimise ja reguleerimise sõlme lihtsustatud skeem.

Puhastusjaamast väljuva biometaani rõhku tõstetakse (tavaliselt astmeliselt) kuni 200-250 baarini, see jahutatakse ja suunatakse läbi rõhuregulaatori, kulumõõtja, kvaliteeditagamise sõlme (kindel metaanisisaldus) lõhnastamise seadme kohalikku maagaasitorustikku. Kindlate vahemike tagant võetakse gaasiproove ja vajadusel reguleeritakse võrku antava gaasi kvaliteeti.

Lihtne kvaliteediseire jaam (joonis 1.22) sisaldab mitmeid komponente ja maksab vahemikus 38 000 – 77 000 eurot ilma kompressorita. Keerukamad kvaliteediseire jaamad võivad maksta kuni neli korda rohkem (http://www.lifesciencesbc.ca/files/PDF/feasibility_study_biogas.pdf).

Lisaks eelpool tekstis nimetatud firmadele esitatakse biogaasi puhastustehnoloogiaid ja seadmestikku tarnivate firmade nimestik tabelis 1.11.

Tabel 1.11. Tööstuslike biogaasipuhastite tarnijad (Petersson & Wellinger, 2009)

Company	Technology	Website
Acrona-Systems	PSA	www.acrona-systems.com
Air Liquide	Membrane	http://www.airliquide.com
CarboTech	PSA, chemical absorption	http://www.carbotech.de
Cirmac	PSA, Chemical absorption, membrane	www.cirmac.com
Flotech Sweden AB	Water scrubber	www.flotech.com
Gasrec	PSA/Membrane	www.gasrec.co.uk
GtS	Cryogenic	www.gastreatmentservices.com
HAASE	Organic physical scrubbing	www.haase-energietechnik.de
Läckeby Water Group AB	Chemical absorption	www.lackebywater.se
Malmberg Water	Water scrubber	www.malmberg.se
MT-Energie	Chemical absorption	www.mt-energie.com/
Prometheus	Cryogenic	www.prometheus-energy.com
Terracastus Technologies	Membrane	www.terracastus.com
Xebec (QuestAir)	PSA	www.xebecinc.com

2. Tehnoloogiavaliku maatriksi koostamine ja Eestile tehnilis-majanduslikult ja keskkonnakaitse seisukohalt sobivama(te) puhastustehnoloogia(te) valik.

2.1. Biogaasi puhastusjaamade keskkonnamõjud

Järgnevalt tutvustatakse mõnede kirjandusallikate alusel biogaasi puhastusjaamade keskkonnamõjusid.

Keskkonnamõjud (BalticSea2020. Best available technologies for pig manure biogas plants in the Baltic Sea region. Stockholm, June 2011).

Biogaasi põlemisel tekivad peamiselt CO_2, O_2 ja H_2O ja mõned keskkonnakahjulikud ained nagu CO, NO_x, SO_2 ja formaldehüüd. Saksamaal on heitgaaside piirnormid eri tüüpi ja suurusega mootoritele, mida kasutatakse elektritootmises. Selleks, et täita nende heitkoguste piirmäärasid on need tavaliselt lahja segu mootorid λ-väärtus vahemikus 1,2 kuni 1,6. See vähendab mootori efektiivsust, võrreldes stöhhiomeetrilisel režiimil töötavate mootoritega s.t need, mis töötavad ilma liigõhuta (Eder ja Schulz 2006).

Kõikides biogaasi puhastusseadmetes esineb töö ajal mõningane metaani kadu (leke), mis on nii keskkonna- ja majanduslik küsimus. Tavaliselt peetakse 2% kadu vastuvõetavaks, vaid mõned tarnijad annavad kao väärtuseks vähem kui 0,1% (Christensson *et al.*, 2009). Puhastusprotsessi jooksul saab metaan lekkida näiteks PSA-kolonnist õhku eralduvas gaasis, vesipesu käigus skraberist eralduvas õhus või lahustunult vees (Petersson & Wellinger, 2009).

Lekkiva gaasi metaani sisaldus on harva nii suur, et see põleks ilma metaani (või toorbiogaasi) või maagaasi lisamata. Lekkiva gaasi võib segada põlemisõhuga, mis suunatakse põletusseadmetesse (katel, CHP mootor). Metaani võib neutraliseerida termilise või katalüütilise oksüdatsiooni käigus. Pärast käivitamist jätkub piisavalt soojust oksüdatsiooni protsessi säilitamiseks. Katalüsaator (plaatina, pallaadium või koobalt) alandab vajalikku energiahulka oksüdeerimiseks võimaldades reaktsiooni toimumist madalamal temperatuuril (Petersson & Wellinger, 2009).

Metaaniheite leevendamine

Metaani sisaldus biogaasi biometaaniks puhastamise seadme heitgaasis võib ulatuda 0,1%-st 22%-ni CH_4 sõltuvalt valitud puhastustehnoloogiast.

Süsteem küünalpõletiga

Iga anaeroobne kääritusreaktor (kääriti) peab olema varustatud küünalpõletiga (tõrvikpõleti), et põletada üleliigset biogaasi või biogaasi ajal, mil seda mingil põhjusel kasutada ei saa. Puhastusseadme heitgaasi saab ära põletada, kui lisada sellele toorbiogaasi. Nõuetekohase põletamise võimaldamiseks peab biogaasi puhastusjaam olem varustatud madala kaloorsusega gaasi põletamiseks sobiva küünalpõletussüsteemiga. Kui biogaasijaamas on katel või soojuse ja elektri koostootmise seade, saab heitgaasi juhtida katlasse või koostootmisseadmesse koos toorbiogaasiga energia tootmiseks.

Regeneratiivne ja katalüütiline heitgaaside põlemissüsteem

Rangemaks muutunud heitmete emissiooni kontrolli õigusruum Euroopas on viinud heitgaaside katalüütilise põletamise süsteemide laialdasele kasutamisele. Need tehnoloogiad võimaldavad heitgaaside CH_4 heidet vähendada, mis tüüpiliselt jääb vahemikku 0,1% kuni 4%-ni, kuid üldjuhul vähem kui 0,2%. Need tehnoloogiad, mis on eriti kasulikud kasutada

koos PSA ja vesipesu (skraber) tehnoloogiaga, vajavad energiat käivitamiseks. Kui seadmes on saavutatud teatud kindel temperatuur, nad suudavad need ise toota 95% kuni 98% vajatavast energiast.

Keskkonnamõjud (Feasibility Study – Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia. Electrigaz Technologies Inc. 2008).
(http://www.lifesciencesbc.ca/files/PDF/feasibility_study_biogas.pdf)

Biometaani tootmisel võib olla positiivne mõju vee ja õhu kvaliteedile, samuti aitab see vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid.

Õhu kvaliteet

Õhu kvaliteedi küsimus kerkib üles *vis-à-vis* biogaasi puhastusprotsessides ja on seotud peamiselt heitgaasi mõju leevendamisega. Gaasipuhastusseadmetes ei ole gaasilist heidet, mistõttu need ei kujuta endast ohtu õhukvaliteedile.

Lõhnad

Töötavad anaeroobsed kääritid, biogaasi puhastamise ja vääristamise seadmed on gaasikindlad ega eralda lõhna. Lõhnad võivad tekkida biogasijaamade biojäätmete vastuvõtusõlmedes. Lõhna eritumist võib leevendada kui vastuvõtuhoonetesse projekteeritakse alarõhk, vastuvõtu mahutid tehakse gaasikindlaks ja paigaldatakse sundventilatsiooniga biofiltrid. H_2S (väävelvesinikku) sisaldava biogaasi või heitgaasi katlas põletamise tulemuseks on SO_2 (vääveldioksiidi) lõhna heide. Kuigi see on ebatõenäoline, et tekib probleeme, kuna enamik H_2S vähendatakse gaasi puhastamise etapis ja H_2S muundamise tulemusel saadakse elementaarne väävel. Digestaadi ladustamine ja laotamine eraldab palju vähem H_2S ja ammoniaagi lõhna kui toores sõnnik.

Gaaside emissioon

Biogaasi puhastustehnoloogiate kasutamisel tekkiv heitgaasi koostisse kuuluvad ainult CO_2 ja CH_4, eeldades, et puhastusprotsess (s.h H_2S eemaldamine) viidi läbi nõuetekohaselt. CH_4 kontsentratsioon heitgaasis jääb vahemikku 0,2% kuni 22% ning kokku võivad CH_4 kaod ulatuda 0,1% kuni 17%ni toodetavast metaanist.

Mõned tehnoloogiad, mille käigus eemaldatakse CO_2 ja H_2S samaaegselt, kujutavad endast ohtu H_2S emisiooniks ning iga seadmete tootja/tarnija pakub erinevaid heitkoguste määrasid sellele saasteainele. Normaalselt töötavas biogaasi puhastusjaamas ei tohiks H_2S heide olla probleemiks, sest H_2S kas muundatakse elementaarväävliks biogaasi puhastamise käigus või põletatakse SO_2-ks. Seetõttu on oluline, et hinnatakse H_2S heite võimalust iga juhtumi puhul eraldi. H_2S heitkoguste vähendamiseks heitgaasivooluses saab kasutada vastavat skraberit (pesurit) või põletada seda gaasi, kuigi see tekitab SO_2, mis on samuti õhusaasteaine.

On kaks üldist biogaasi puhastusseadmete heitgaaside käitlemise tehnoloogiat: hävitamine (lagundamine) ja ringlusse võtmine. Heitgaase võib ringlusse võtta katlas või CHP mootoris põletamise teel, segades heitgaase sisseantava biogaasi voolusega. Heitgaaside hävitamine/lagundamine saavutatakse põlemisel küünalpõletis, katlas ning regeneratiivse või katalüütilises heitgaaside põlemissüsteemis. Kõik biogaasi ja heitgaasi põletustehnoloogiad ja seadmed peavad vastama riikide välisõhu kvaliteedi nõuetele. Paljudes kohtades (riikides) võib väikefarmi baasil töötavates jaamades heitmete kontsentratsioonide piirnorme ja lubatavate heitkoguste nõudeid leevendada (üldised heitkogused on suhteliselt väikesed ja hajutatud).

2.2. Biogaasi puhastustehnoloogiate võrdlus

Tabelis 2.1. on toodud mõnede puhastustehnoloogiate eelised ja puudused (järjekorras: kõikuvrõhuadsorber – PSA, vesipesu, membraanpuhastus ja krüogeenpuhastus). Esimesed kaks tehnoloogiat on maailmas seni enamlevinumad ja kaks viimast on viimasel ajal hakanud rohkem arenema. Krüogeenpuhastuse tähtsus võib tulevikus suureneda, kui biometaan saab osaks rahvusvahelises kütusekaubanduses ja seda hakatakse veeldatud kujul transportima (sarnaselt veeldatud maagaasile – LNG).

Tabel 2.1. Biogaasi puhastusprotsesside eelised ja puudused

Protsess	Kirjeldus	Eelised	Puudused
Adsorptsioonpuhastus (Kõikuvrõhuadsorber - PSA)	CO_2, C_xH_y (kõrgemad süsivesinikud), H_2S, Si-, Fl-, Cl-ühendid ja lõhnad eemaldatakse aktiivsöe või molekulaarsõelte abil.	- Kõrge gaasi kvaliteet, - Kuiv protsess, - Ei vajata kemikaale, - Ei vajata vett, - Puudub heitvesi, - Osaliselt eemaldatakse O_2 ja N_2, - Heitgaasis puudub bakteriaalne saast, - Väljaarendatud tehnoloogia.	- Vajab H_2S eelpuhastust, - Vajab 3 kuni 4 paralleelset liini, - CH_4 sisaldus väljuvas gaasivooluses ei ole stabiilne - Keeruline protsess, - Suured investeeringud.
Gaasipesu (skraber)	CO_2 ja H_2S absorbeeritakse skraberis vedelikesse (nt vesi, amiinid, glükool, etaan jt).	- Kõrge gaasi kvaliteet, - Madal investeeringu kulu, - Ei vajata eelpuhastust, - CO_2 taaskasutuse võimalus, - Kompaktne protsess, - Väljaarendatud tehnoloogia.	- Heitvee käitluse probleem, - Protsessivee kasutamine.
Membraanpuhastus	CO_2 eraldatakse tänu membraani selektiivsele läbilaskevõimele.	- Kuiv protsess, - Ei kasutata kemikaale, - Madal mehaaniliste vigastuste oht, - Kompaktne protsess ja seadmestik.	- Vajalik eelpuhastus, - Madal CH_4 eraldamise tõhusus, - Suur energia erikulu, - Suur investeeringu vajadus, - Ebastabiilne pikaajaline toimimine, - Veel vähe edukaid näiteid.
Krüogeenpuhastus (CO_2 veeldamine)	CO_2 veeldatakse kõrge rõhu ja madala temperatuuri juures ja eraldatakse rektifikatsioonikolonnis.	- Väga kõrge biometaani kvaliteet, - Ei kasutata vett, - Ei kasutata kemikaale, - CO_2 taaskasutuse võimalus, - Kompaktne protsess.	- Vajalik eelpuhastus, - Väga suur energiavajadus, - Suur investeeringu vajadus, - Keeruline protsess, - Seni üksikud pilootprojektid.

Allikas: Biogas upgrading using the DMT TS-PWS® Technology. Dirkse, E.H.M. B.Sc. DMT Environmental Technology.

Eeltoodud peatükis (tabel 1.8, joonis 1.18 jt) ja tabeli 2.1. alusel saab reastada erinevaid puhastustehnoloogiaid nende tehniliste parameetrite, majandusliku efektiivsuse, keskkonnamõjude ning eeliste ja puuduste alusel. Hinnanguid on antud võimalikele

kaasnevatele sotsiaalsetele aspektidele ja keskkonnamõjudele. On nähtud erinevate puhastus-tehnoloogiate kasutamisega kaasnevaid riske.

2.3. Eestis kasutusele võetavad puhastustehnoloogiad

Füüsikaline absorbtsioon ehk vesipesu ja vahelduva rõhuga adsorptsioon on meetodid, mille puhul on olemas maailmas enim kogemusi ja teavet. Teisalt pööratakse üha rohkem tähelepanu metaanikadudele rikastamisfaasis (puhastuse käigus).

Käesolevas alapunktis püütakse välja tuua sobivamad biogaasi biometaaniks puhastamise tehnoloogiad ja seadmed, mis vastaksid paremini meie oludele ja majanduslikele võimalustele. Lähtuvalt Eesti maagaasivõrkudes kasutatava maagaasi kvaliteedist, tuleks kasutada tehnoloogiaid ja seadmeid, mis võimaldavad tehnilis-majanduslikult optimaalselt ja keskkonnasäästlikult biogaasi puhastada meil kasutatava maagaasi kvaliteedini (esmalt lähtuda sellest, et metaani sisaldus puhastatud gaasis oleks vähemalt 98%).

Teiseks tuleks lähtuda asjaolust, et Eestis on vähe kohti, kus oleks majanduslikult (ja logistiliselt) põhjendatud rajada suuri biogaasi puhastusjaamu (biogaasi kulu suurem kui 500 Nm^3/h) loomapidamisfarmide baasil. Mõnedes tööstuslikes biogaasijaamades juba kasutatakse biogaasi muuks otstarbeks kui puhastamine biometaaniks.

Puhastustehnoloogiate ja nende baasil biogaasi puhastusjaamade rajamine sõltub mitmetest asjaoludest, milles võiks nimetada:

- Puhastatava biogaasi kulu (Nm^3/h) ja kvaliteet;
- Kasutatava puhastustehnoloogia tõhusus, keskkonnaohutus ja seadmestiku maksumus;
- Saadava biometaani kvaliteet ja maksumus;
- Biometaani kasutusvõimalus (juhtimine maagaasivõrku – võrkude olemasolu läheduses; juhtimine tanklasse, veeldatud biometaani transport);
- Riiklikud regulatsioonid ja toetusskeemid biometaani kasutusele võtmiseks transpordis mootorikütusena.

Käesolevas töös pakutakse üheks Eesti oludele sobivaks biogaasi puhastustehnoloogiaks füüsikalist absorptsiooni (veega pesemine skraberis ehk vesipesu), kui maailmas üht levinumat tehnoloogiat, mis on hästi välja arendatud ja suhteliselt väikeste investeeringu ja käidukuludega. See sobib nii küllaltki väikeste biogaasi kulude juures kasutamiseks (Metener tehnoloogia Soomes, mida kasutatakse Laukkal Kalmari farmis juba aastaid) kui ka suuremate biogaasijaamade juures (Rootsis).

Teiseks tehnoloogiaks soovitatakse kasutada maailmas hoogsalt arendatavat ja kasutust leidnud membraanpuhastuse tehnoloogiat, mille hinnad pidevalt langevad ja kasutustõhusus tõuseb (näide Eestist Kõo Agro OÜ Siimani farmi projekti kohta). Need on ka keskkonnasäästlikud ja ohutud käitada.

Keemiline absorptsioon (puhastamine amiinidega) tundub olevat ainus saada olev tehnoloogia, mis suudab toota kvaliteetset metaani väga väikeste kadudega. Uuringus (Ü. Kask, J. Andrijevskaja, L. Kask, P. Heinla, T. Kallaste, A. Laur, A. Menert, S. Pädam. Biogaasi tootmise ja kasutamise pilootuuring Lääne-Virumaal. MTT Raport nr 53, Tallinna Tehnikaülikool, SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus. 2012.) valitigi Lääne-Virumaal biogaasi rikastamise tehnoloogiaks amiinopesu. Amiinopesu eelised on suur tõhusus (biometaan > 99 % CH_4 sisaldusega), odav talitlus, protsessi regeneratiivne olemus, rohkem lahustunud CO_2 mahuühiku kohta vesipesuga võrreldes, ja ülimadalad CH_4 kaod (< 0,1 %). Puudusteks on aga kulukad investeeringud, regeneratsiooniks vajaliku soojuse

olemasolu, korrosiooniprobleemid, amiinide lagunemine ja mürgistumine O_2 või muude kemikaalidega, soolade sadestumine ja võimalik vahustumine. Eelnevast lähtudes ja arvestades membraanpuhastustehnoloogia ja seadmete kiiret arengut, seekord amiinopuhastust ei soovitatud Eestis kasutamiseks. Membraanpuhastusseadmed sobivad tänase tehnika arengu juures kõige paremini (ka majanduslikult) väikestesse biogaasijaamadesse (joonis 1.18).

Eeltoodu ei tähenda, et lähtuvalt tulevikus ilmneda võivatest asjaoludest, ei peaks kaaluma muude puhastustehnoloogiate sobivust. Eriti tuleks tähelepanu pöörata innovaatilistele tehnoloogiatele, mida käsitleti peatükis 1.4 (bioloogiline rikastamine, rikastamine kääriti siseselt ja kõrgrõhu puhastus käärimisprotsessis). Need tehnoloogiad võivad eraldi puhastusjaamade rajamise ebavajalikuks teha.

3. Biogaasi ressursi hindamine piirkondlikult ja üle Eesti.

3.1. Senised hinnangud biogaasi kogustele Eestis

Biogaasijaamade sisendina kasutatavat biomassi saab jagada põllumaadel kasvatatavaks biomassiks (hein, teraviljad, õlikultuurid) ja põllumajandustootmises tekkivaks biomassiks (jäätmed: sõnnik ja orgaaniliselt lagunevad jäägid ja jäätmed). Lisaks on biogaasi võimalik saada tööstuslike protsesside biolagunevatest jäätmetest ja olme valdkonnast (reoveemuda, majapidamise biojäätmed), kuid seda saab ka nn "iseenesliku anaeroobse käärimise" protsessi käigus prügilatest (prügilagaas).

Vaatamata Eestis tegutsevatele üksikutele biogaasi tootmisüksustele (umbes 15) tuleb tõdeda, et biogaasi valdkonna areng Eestis on algusjärgus nii oskusteabe omandamise, praktiliste lahenduste kasutusele võtmise kui poliitilise toetuse ja tugimeetmete pakkumise osas. Valdkonna arengutakistuste ületamiseks tuleb Eestis tegeleda nii ettevõtete ja arendajate sisemiste arengutakistuste ületamisega mikrotasandil kui ka luua biogaasi tootmist ja kasutamist soodustavad välised tingimused makromajanduslikult ja riigi tasemel (http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Biogaas).

Eesti Konjunktuuriinstituudi ülevaates (2011) on kirjas, et 2010.a seisuga toodeti Eestis 13,13 mln Nm^3 biogaasi, sellest enamus pärines prügilatest (9,3 mln Nm^3), reoveesettest toodeti ligi 3 mln Nm^3 ja alla ühe miljoni Nm^3 toodeti sealägast. 2012. aasta lõpust on tööd alustanud biogaasi tootmine Aravete Biogaas OÜs, maksimaalse võimsusega ca 6 mln Nm^3 biogaasi aastas ja veel kolmes põllumajanduslikus biogaasijaamas (Oisu, Vinni ja Ilmatsalu) ning 2 reoveemuda kasutavat biogaasijaama on valminud (Kuressaare ja Tartu), mistõttu lähiaastatel võib biogaasi tootmise maht kahekordistuda.

Eesti teoreetiliseks 60% CH_4 sisaldusega biogaasi potentsiaaliks on hinnatud 0.8 - 1,5 mld Nm^3 (biometaanina, kus metaani (CH_4) on 98%, vastavalt 480-900 mln Nm^3/a) sõltuvalt selles, kui palju maad kasutatakse rohelise biomassi kasvatamiseks. Biogaasi tootmise sisenditeks on: reovee muda, biolagunevad jäätmed, suurimad prügilad, arvel olev sea- ja veiste läga ja tahesõnnik, roheline biomass kõlvikutelt, kasutamata põllumaade pindadelt ja poollooduslikelt rohumaadelt. Eestis reaalselt kasutatav biogaasi hulk aastas on 633 mln Nm^3, sellele vastav biometaani potentsiaalne kogus on 380 mln Nm^3/a (joonis 3.1), millest 9 mln Nm^3 moodustab prügilagaas (A. Oja. Biometaani kasutamise avalikud hüved, Arengufond. Tallinn, 2013). Sealhulgas on eeldatud, et kogu Eesti põllumajandussektoris tekkivast sõnnikust ja lägast on võimalik toota biogaasi 65 - 72%st ja biogaasi took oleks 25 - 29 Nm^3/t VM (VM - värske materjali kohta).

Joonis 3.1. Biometaani potentsiaalsed kogused toorainete kaupa.

Toorme liik	Biometaani potentsiaal, mln Nm^3
Biomass kasutamata maadelt	223
Energiakultuurid (5% põllumajandusmaast)	68
Biomass pool-looduslikelt kooslustelt	14
Veiseläga	38
Sealäga	4
Muud põllumajanduslikud jäägid	2
Biolagunevad jäätmed toiduainetetööstusest	9
Biojäätmed	2
Reoveesetted	3

Toorme liik	Biometaani potentsiaal, mln Nm^3
Jäätmed tööstusest	8
Prügilagaas	9
Kokku	**380**

Tabel 3.2. Biogaasi toorme ressursid Eestis ja hinnang selle kasutatavusele.

Tooraine	Ressurss	Teoreetiline biogaasi kogus, mln Nm³	Reaalselt kasutatav (90%), mln Nm³	Kiirelt kasutatav, %	BG (60% CH_4)	Biometaani potentsiaal (98% CH_4), mln Nm³	GWh el aastas (8200 töö-tunniga)	SEK puhul nimi-võimsus, MW
Biomass kasutamata maadelt	177385 ha	412	371	100,00%	371,2	222,7	792,19	90,43
Energiakultuurid (5% põllumajandusmaast)	53917 ha	125	113	100%	112,8	67,7	241	27,49
Biomass pool-looduslikelt kooslustelt	100000 ha	107	96	25%	24,1	14,5	51	5,87
Veised	163135 tk	97	87	72%	62,7	37,6	134	15,28
Sead	360990 tk	12	10	65%	6,8	4,1	15	1,66
Muud põllumajanduslikud jäägid	32124 t	5	4	90%	4,0	2,4	9	0,98
Biolagunevad jäätmed toiduainetetööstusest	42667 t	21	19	80%	15,4	9,2	33	3,74
Biojäätmed	24000 t	4	4	80%	2,9	1,7	6	0,70
Reoveesetted	466974 t	7	6	80%	5,0	3,0	11	1,23
Jäätmed tööstusest	25000 t	15	13	100%	13,1	7,9	35	4,00
Kokku	--	805	725	--	618,0	370,8	1 326	151

Allikas: A. Oja. Biometaani kasutamise avalikud hüved, Arengufond. Tallinn, 2013. 0ApEhZuzxKPKgdE5QSFpXaUNnclhIX3FkTjBoaXBGaGc#gid=8).

Tabel 3.3. Biogaasi hinnanguline energeetiline ressurss Eestis aastal 2050.

Substraat	ha, *t*,	tonni/ha	tonni/a	Biogaasi Nm3/t VM	teoreetiline biogaasi Nm3	90% on reaalselt	reaalselt kasutatav %	Biogaasi potentsiaal (60% CH4)	*Biometaani potentsiaal (CH4 98%)*
silo kasutamata maadelt	177,385	15.00	2,660,775	155.00	412,420,125	371,178,113	100.00%	371,178,113	*222,706,868*
silo 5% põllumajandusmaalt	53,917	15.00	808,755	155.00	125,357,025	112,821,323	100.00%	112,821,323	*67,692,794*
silo/hein pool-looduslikelt aladelt	100,000	9	900,000	119.00	107,100,000	96,390,000	25.00%	24,097,500	*14,458,500*
veiseläga	*163,135*		3,870,378	25.00	96,759,447	87,083,502	72.00%	62,700,122	*37,620,073*
seläga	*360,990*		395,284	29.40	11,621,351	10,459,216	65.00%	6,798,490	*4,079,094*
põllumajandusli-kud muud jäägid	*32,124*		32,124	155.00	4,979,241	4,481,317	90.00%	4,033,185	*2,419,911*
biolagunevad toiduainetetööstusest	*42,667*		42,667	300.00	21,333,333	19,200,000	80.00%	15,360,000	*9,216,000*
eraldi kogutud biolagunevad köögi- ja sööklajäätmed	*24,000*		24,000	166.00	3,984,000	3,585,600	80.00%	2,868,480	*1,721,088*
reoveesete	*466,975*		466,975	15.00	7,004,619	6,304,157	80.00%	5,043,326	*3,025,995*
tööstusjäägid	*25,000*		-	-	14,600,000	13,140,000	100.00%	13,140,000	*7,884,000*
Kokku (ilma prügilagaasita)					**805,159,141**	**724,643,227**		**618,040,538**	***370,824,323***
prügilad*					21,000,000	18,900,000	80.00%	15,120,000	*9,072,000*
Kokku (koos prügilagaasiga)					**826,159,141**	**743,543,227**		**633,160,538**	***379,896,323***

Allikas: A. Oja. Biometaani kasutamise avalikud hüved, Arengufond. Tallinn, 2013. (https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0ApEhZuzxKPKgdE5QSFpXaUNnclhIX3FkTjBoaXBGaGc#gid=8.

Tabelites 3.2 ja 3.3 esitatakse Eestis olevast toormest saadavad potentsiaalsed biogaasi kogused nii käesoleva aja kui ka aasta 2050.a kohta. Suurimat potentsiaali nähakse põldudel ja rohumaadel kasvavale rohtsele biomassile. Tegelikult võivad ELs lähiajal maakasutuse muutused tulla ja põllumaa (ka seni kasutamata) jääb valdavalt vaid inimtoidu ja loomasööda kasvatamiseks. Põllumajanduskäibes ja seni veel -käibest väljasoleval maal on tulevikus toidu ja söödakultuuride kasvatamine tulevikus tõenäoliselt palju kasumlikum kui energiakultuuride kasvatamine ja nendest lõpuks biometaani saamine. See ei välista silojääkide ja muu loomasööda jääkide kasutamist lisasubstraadina biogaasijaamades. Põllumajanduse ja loomakasvatuse jääkide potentsiaali Eestis peetakse tunduvalt väiksemaks. Samas on viimane kõige sobivam nii keskkonnakaitse kui ka sotsiaalmajanduslikust seisukohast lähtuvalt kasutusele võtta esmajärjekorras ning käesolevas töös pööratakse gi neile põhitähelepanu,

3.2. Biogaasi ressursside piirkondlik hinnang

Käesolevas peatükis hinnatakse Eesti loomakasvatusettevõtetes tekkiva läga ja tahesõnniku koguseid. Vaatluse all on peamiselt loomakasvatuse ettevõtted, kus loomade arv ületab 1 000 isendit ja sigade arv 4 000 isendit. Eeldatakse, et liiga väikestes farmides tekkiva sõnniku kogus ja sealt saadav biogaasi kogus on liialt väike tasuvate biogaasipuhastusjaamade rajamiseks. Lühike ülevaade esitatakse ka väiksemates ettevõtetest ja farmidest.

3.2.1. Metoodilised aspektid

Biogaasi tekke arvutamisel lähtuti Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni ameti (PRIA) andmetest loomade arvu kohta registreeritud loomakasvatushoonetes seisuga 1. jaanuar 2014. Kasutades loomade arvu on võimalik hinnata võimalikku biogaasi teket lähtuvalt nende loomade poolt toodetud arvutuslikust väljaheidete või arvutuslikust sõnniku (s.o väljaheited koos allapanu, tehnoloogilise- ja sademetevee jms) kogusest. Sõnniku kasutamisel on vaja teada loomakasvatushoones kasutatavat loomapidamisviisi, vee kasutamise praktikat farmis, sõnnikuliiki (vedelsõnnik, tahesõnnik, süvaallapanu jne) ja paljusid muid parameetrid, mis oluliselt mõjutavad biogaasisaagist [31]. Kuna antud peatüki eesmärk on hinnata ennekõike biogaasi tootmise potentsiaali, aga kõigi hoonete kohta ei olnud teada eelnimetatud näitajaid ja neid on võimalik ka vajadusel muuta, siis kasutati arvutuslikku väljaheitekogust, mida farmi sõnnikumajanduse praktika ei mõjuta. Enne biogaasijaama tegelikku rajamist on aga vaja kindlasti laboratoorselt uurida tegelikku biogaasitootlust lähtuvalt tegelikust sõnnikust ja selle kogusest. Arvestada tuleb ka seda, et alati ei kasutata värsket sõnnikud ja seisnud sõnniku biogaasitook võib olla märksa väiksem toorsõnniku omast. Antud arvutustes ei ole näiteks arvestatud seda biogaasikogust, mis lisandub sõnnikus sisalduva allapanu ja söödajäätmete käärimisel. Seetõttu võib tegelik biogaasitootlus olla suurem, kui antud töö arvutused näitavad. Kuid tegelik biogaasi tootlus võib olla ka väiksem, sest see sõltub näiteks loomade toiduratsioonist, tõust, allapanu liigist, sõnnikueemalduse ja -kogumise viisist ja paljudest muudest faktoritest, mida teoreetilistes arvutustes ei ole võimalik väga täpselt arvesse võtta. Ka annavad teoreetilised arvutused gaasi toodangule väga laia võimaliku vahemiku (koefitsiendid antakse üldjuhul mitte ühe kindla väärtusena, vaid vahemikuna), mis ei ole väga sobiv otsuse tegemiseks, et millise võimsusega seadmeid oleks mõistlik rajatavasse biogaasijaama soetada. Minimaalsete arvutuslike näitajate leidmisel lähtuti antud töös kõigi kasutatud koefitsientide minimaalsest väärtusest ja maksimaalsete näitajate leidmisel vastavalt koefitsientide maksimaalsetest väärtustest.

Arvutusliku väljaheitekoguse ja biogaasi tootluse leidmisel kasutati eelkõige Põllumajandusministeeriumi poolt tellitud ja Eesti Maaülikooli poolt teostatud uuringu „Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslike väärtuste, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsientide ning sõnnikuhoidlate mahu arvutamise aluste ja miinimummahtude väljatöötamine ning sõnnikuga seotud näitajate arvutamise tarkvara väljatöötamine“ tulemusi [21, A. Kaasik, 2013]. Antud uuring vaatles Eesti farmide tegelikku olukorda ja seega peaks uuringus välja toodud väljaheite koguse ja väljaheites sisalduva kuivaine koguse arvutamise koefitsiendid olema sobivaimad Eesti oludes potentsiaalse biogaasitoodangu arvutamiseks. Antud töö teostamisel tutvuti ka mujal maailmas kasutatavate koefitsientidega (nii väljaheidetest kui ka sõnnikust lähtuvate koefitsientidega) ja tulemus oli, et need võivad eri riikide puhul erineda väga suures ulatuses (näiteks [30]). Ilmselt on see tingitud ka erinevates riikides kasutatavatest erinevatest loomapidamisviisidest ja erinevatest kasvatatavatest loomatõugudest jm. Seega võivad teistes riikides kasutatavad koefitsiendid anda Eesti oludes moonutatud pildi. Veendumaks, et eespool nimetatud uuringus [21, A. Kaasik, 2013] toodud väljaheidetel baseeruvad koefitsiendid annavad Eesti oludes realistliku pildi, arvutati nende alusel võrdluseks välja ka Oisu biogaasijaama arvestuslik biogaasitoodang ja võrreldi seda praktiliste tulemustega. Oisu biogaasijaama esindaja sõnul on Oisu jaama biogaasitoodang ilma lisasubstraatideta ligikaudu 300 Nm^3/h. Teoreetilised arvutused andsid võimalikuks biogaasitoodangu vahemikuks 158-431 Nm^3/h ja keskmiseks 294 Nm^3/h, mis on väga lähedane jaama tegelikule gaasitoodangule. Seega võib pidada Eesti Maaülikooli uuringu tulemusi usaldusväärseteks ja seal välja toodud koefitsientide alusel on mõistlik arvutata Eesti farmide teoreetilist biogaasitootlust.

Veiste puhul oli PRIA andmetes teada loomade jaotumine soo järgi vanuserühmadesse (s.o piimalehmad, pullid, lehmik- ja pullmullikad, lehmik- ja pullvasikad), mis on vajalik potentsiaalse väljaheitekoguse arvutamiseks. Kuna piimalehmade puhul on väljaheidete kogus korrelatsioonis piimatoodanguga, siis kasutati piimalehmade puhul ka keskkonnaministri 5. detsembri 2008.a määruse nr 48 „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ lisas toodud andmeid ja interpoleerimist. Antud töös biogaasi tootluse arvutamisel kasutatud väljaheite koguse ja väljaheites sisalduva kuivaine koguse arvutamise koefitsiendid on koondatud tabelisse 3.4.

Tabel 3.4. Väljaheidete produktsioon ning kuivaine sisaldus[1,2]

Nr	Looma liik, vanuse- või toodangurühm	Väljaheite kogus, t/aastas või t/perioodis	Kuiv-aine osakaal, KA %	Voorude arv aastas looma-kohal
1	Piimalehmad (7 000 kg piima aastas)	21,4	15,3	1
2	Piimalehmad (8 000 kg piima aastas)	23,0		
3	Piimalehmad (9 000 kg piima aastas)	24,6		
4	Piimalehmad (10 000 kg piima aastas)	26,2		
5	Ammlehmad, lihaveised, pullid (üle 24 kuu)	8,3	14,9	1
6	Lehmvasikad (0…6 kuud)	2,6	12,3	2
7	Pullvasikad (0…6 kuud)	2,4	12,5	2
8	Lehmmullikad (6 kuud … poegimine)	11,4	13,9	1
9	Pullmullikad (6 kuud … realiseerimine)	6,7	17,0	1,3
10	Nuumsead (30-110 kg, juurdekasv 80 kg)	0,5	7,2	3,2
11	Võõrdepõrsad (7-30 kg, juurdekasv 22 kg)	0,07	5,0	6,4
12	Põhikarja emised koos põrsastega (vaba- ja tiinusperiood 70%, imetamisperiood 30% aastas,	4,0	9,5	1

	võõrutamine 28 päevaselt)			
12	Kuldid[3]	1,4	9,5	1

Allikad: [21], [22]
[1] [21], (tabelid 1 ja 2)
[2] [22], (tabel 10)
[3] Kuldi väljaheidete produktsioon on võrdsustatud vaba ja tiine emise väljaheidete produktsiooniga allika [22] järgi.

Kui ettevõtja oli oma majandusaasta aruandes toonud välja ka keskmise piimatoodangu, siis lähtuti antud farmi piimalehmade väljaheite koguse arvutamisel sellest, muul juhul kasutati statistikaameti andmeid maakonna keskmise piimatoodangu kohta (vt lisa 1).

Piimalehmade, pullide ja pullmullikate puhul eeldati, et loomi peetakse aastaringselt sees, lehmikmullikate ja vasikate puhul aga arvestati, et pool aastat on nad karjamaal ja seetõttu on nende väljaheidete kogus arvestustes jagatud kahega.

Sigade puhul PRIA andmed loomade jaotumist soo ja vanusgrupiti ei sisaldanud, teada oli vaid loomade koguarv. Seega on edasistes arvutustes sigade jaotus loomarühmadesse hinnanguline. Farmide puhul, kus oli võimalik leida täpsustavaid andmeid ettevõtja majandusaasta aruandest või ajakirjandusest (näiteks, et farm on spetsialiseerunud võõrdepõrsaste tootmisele või ainult nuumikute kasvatamisele), lähtuti sellest teadmisest. Ülejäänud farmide puhul eeldati, et tegemist on täistsükliga tootmisega (so karja struktuuris on olemas kõik loomarühmad - emised, kuldid, imik- ja võõrdepõrsad, nuumikud) ning et karja struktuur vastab tabelis 3.5 toodud protsentuaalsele jaotusele.

Tabel 3.5. Arvestuslik karja struktuur täistsükliga sigalas

Loomarühm	Arvestuslik osatähtsus, %
Emised	7,7
Imikpõrsad (0-1 k)	14,1
Kuldid	0,3
Võõrdepõrsad (1-3 k)	25,3
Nuumikuid (3-7k)	52,7
Kokku	100,0

Allikas: [25], autorite arvutused

Sigade loomarühmade jaotumise hindamisel lähtuti põrsaste arvu leidmisel eeldustest, et aastas on emise kohta 2 pesakonda ja igas neist 11 elusat põrsast. Imikpõrsaste kasvuperioodiks arvestati 1 kuu, võõrdepõrsastel 1,8 kuud ja nuumikutel 3,75 kuud. Kultide arvu leidmisel lähtuti järgmisest valemist:

kultide arv = poegimiste arv x 2 (so 2 paaritust innaajal) x (100/70) (so tiinestumiste pöördväärtus) x (2/365) (so kuldi kasutamine igal teisel päeval, pöördväärtus) x (100/90) (so avariipesakondade arvu pöördväärtus).

Kui arvestuslik väljaheidete kogus ja kuivaine (KA) kogus oli määratud, leiti järgmisena orgaanilise kuivaine (oKA) sisaldus. Orgaanilise kuivaine ja biogaasi koguse leidmisel võeti aluseks Eesti Maaülikooli dotsendi Allan Kaasik'u soovitusel vedelsõnniku vastavad koefitsiendid (vt tabel 3.6).

Tabel 3.6. Orgaanilise kuivaine sisaldus vedelsõnnikus ja biogaasi teke

Loomaliik	Orgaaniline kuivaine, oKA %	Biogaasi teke, m^3/t oKA
Veised	75-82	200-500
Sead	75-86	300-700

Allikas: [23], tabel 4-25, lk 81.

Biometaani mahu osatähtsuseks biogaasis arvestati sea väljaheidete puhul minimaalselt 60% ja maksimaalselt 70%. Veiste väljaheidetest saadud biogaasi puhul on biometaani sisaldus madalam ja seetõttu arvestati vastavad väärtused 10 protsendipunkti madalamad (s.o vastavalt 50% ja 60%). Veiste väljaheidete biogaasi madalam metaani sisaldus tuleneb erinevast söödast ja veiste seedekulgla iseärasustest.

Biogaasi energiasisalduse arvutamisel lähtuti eeldusest, et biogaasi küttevääртus on 6 kWh/m^3.

Biogaasijaama sisendvõimsuse arvutamisel arvestati, et jaam töötab 8 000 tundi aastas. Leiti ka kosstootmisjaama arvutuslik elektritoodang eeldusel, et jaama elektriline kasutegur η_{el} = 0,42 ja soojuse toodang eeldusel, et soojuslik kasutegur η_{th} = 0,43.

Võimaliku müügitulu arvutamisel koostootmise puhul võeti elektri müügihinnaks 26,6 eurot/MWh kohta, sellele lisati taastuva energia toetus 0,0537 eurot/kWh_e. Müüdava soojuse puhul eeldati, et müüa õnnestub vaid pool toodetud soojuse kogusest ning hinnaks arvestati 37 eurot/MWh. Arvutusliku soojuse müügihinna valikul lähtuti töötavate biogaasijaamade tegelikest Konkurentsiametiga kooskõlastatud piirhindadest (vt tabel 3.7).

Tabel 3.7. Konkurentsiametiga kooskõlastatud soojuse tootmise piirhinnad (käibemaksuta)

Ettevõte	Soojuse kehtiva tootmispiirhinna kooskõlastamise otsuse kuupäev	Kehtiv tootmispiirhind (käibemaksuta), €/MWh
Aravete Biogaas OÜ	12.04.2013	37,51
Oisu Biogaas OÜ	07.02.2013	37,34
Vinni Biogaas OÜ	01.02.2013	39,59

Allikas: [28]

Lisaks arvutati ka seda, kui palju kilomeetreid oleks võimalik läbida, kui toodetud biometaani kasutataks autokütusena. Arvutustes eeldati, et 1 m^3 biometaani võrdub ühe kütuseliitriga, ning et 7,4 kütuseliitriga on võimalik läbida 100 km. Maanteeameti andmetel on keskmine sõiduautode aastane läbisõit ligikaudu 20 000 km, lähtuvalt sellest arvutati ka võimalik biogaasiga varustatavate autode arv.

Surugaasi müügitulu arvutamisel lähtuti eeldusest, et 1 m^3 biogaasi on võrdne 0,714 kg surugaasiga, ehk siis 1 kg surugaasi on võrdne 1,4 m^3 biometaaniga. Hinnareferentsi leidmiseks vaadati andmeid ASi Eesti Gaas kodulehel (vt tabel 3.8)

Tabel 3.8. Surugaasi hind AS Eesti Gaas maagaasi autotanklates (seisuga 02.06.14)

Tankla	Surugaasi hind, EUR/kg
Tallinn, Suur-Sõjamäe 56a	0,779
Tallinn, Vinkli 2a	0,779

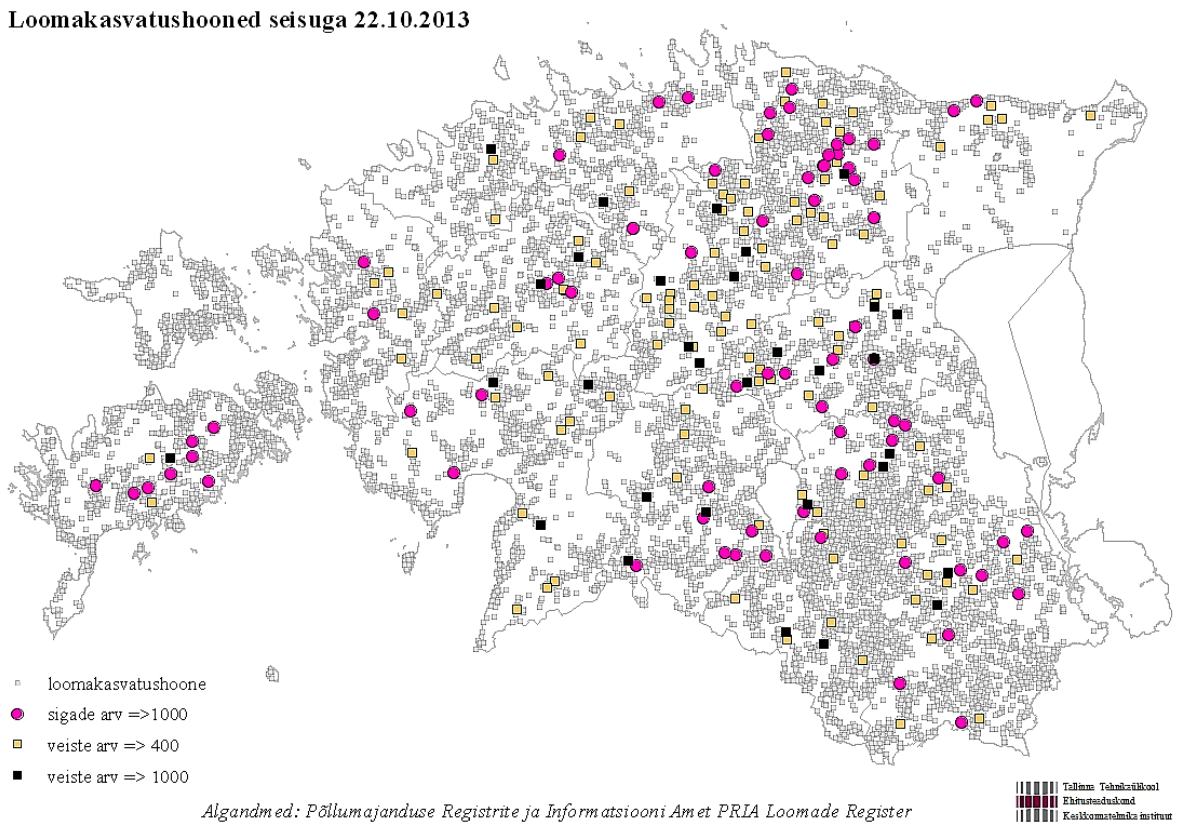
Tankla	Surugaasi hind, EUR/kg
Tartu, Tähe 135e	0,779
Pärnu, Pärlimõisa tee 29	0,779
Narva, Tallinna mnt 81	0,779

Allikas: [29]

3.2.2. Piirkondade valimine ja farmide kaardistamine

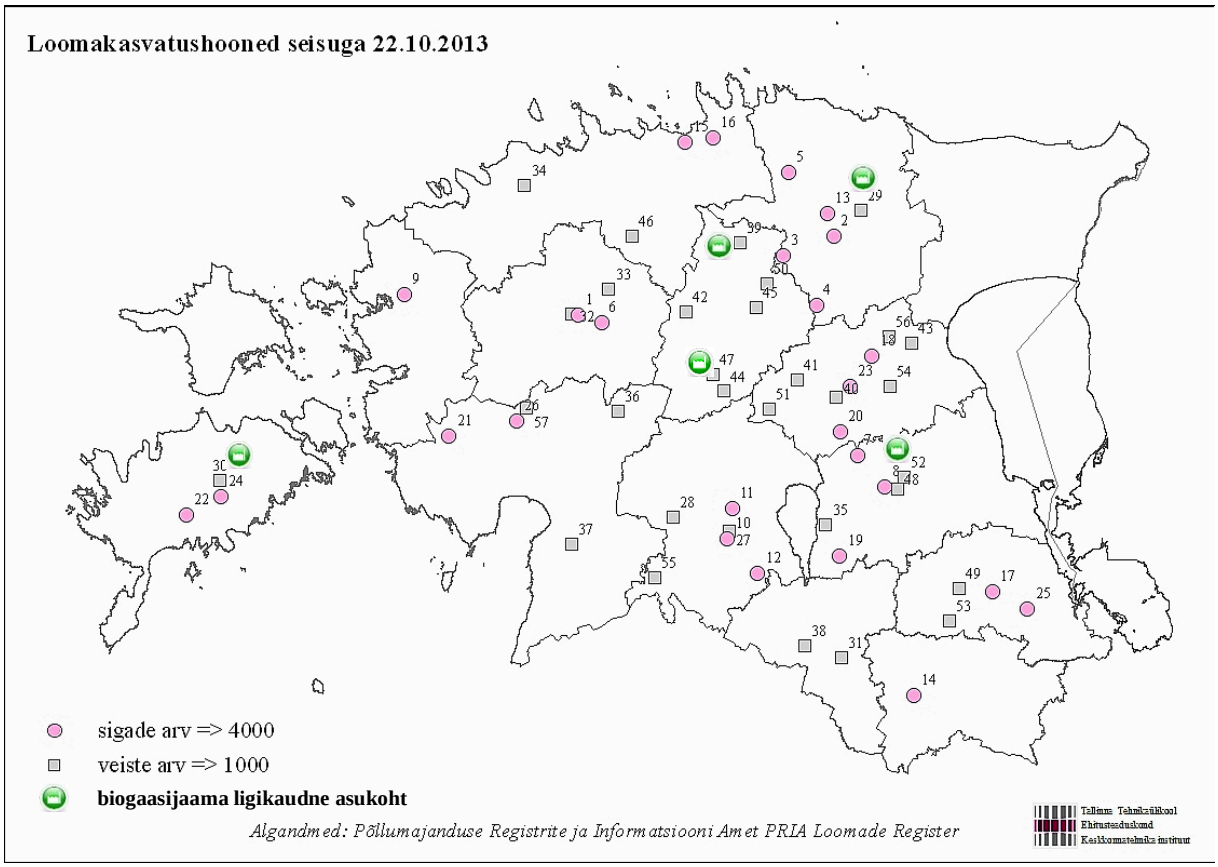
Majanduslikult mõttekas biogaasi tootmine Eesti klimaatilistes tingimustes tuleb kõne alla eelkõige suuremate farmide (või farmide gruppide) juurde rajatavates biogaasijaamades. Biogaasi kääritid vajavad meie laiuskraadil biogaasi tekkeks vajaliku temperatuuri hoidmiseks täiendavat soojendamist praktiliselt aastaringselt, sest mesofiilsed metaani tootvad bakterid eelistavad temperatuurivahemikku 32-42°C. Eriti suur on täiendava soojuse tarve talvekuudel (kuni 50% toodetavast soojusest). Suuremate mahutite korral on ühtlase temperatuuri hoidmine lihtsam ja suhteline energiakulu selleks väiksem. Ka on üldreegel, et suuremate tootmisvõimsuste korral on investeeringu suhteline maksumus (eurot/W) soodsam. Piisava tooraine tagamiseks on mõistlik, kui ühte jaama varustab mitte üks konkreetne farm vaid grupp üksteisele piisavalt lähedal paiknevaid farme. Piisav lähedus on vajalik transpordikulude minimeerimiseks.

Farmide suuruse ja paiknemise kaardistamisel lähtusid TTÜ Keskkonnatehnika ja Soojustehnika instituudi teadurid Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti (PRIA) loomade registri andmetest. Joonisel 3.1 on toodud kõik loomakasvatushooned ning esile on tõstetud farmid, kus veiste arv ületas 400 ja 1000 looma või kus sigade arv ületas 1000 looma.



Joonis 3.1. Loomakasvatushoonete paiknemine Eestis, seisuga 22.10.2013. Autorid: Karin Pachel, Livia Kask ja Ülo Kask.

Nagu jooniselt 3.1 näha, on loomakasvatushooned jaotunud suhteliselt ühtlaselt üle Eesti. Tihedam on kontsentratsioon Lääne-Virumaal ja Lõuna-Eestis, kusjuures Lõuna-Eesti paistab silma just väiksemate loomakasvatushoonete suure arvu poolest. Järgnevalt kitsendati vaadeldavate farmide arvu ning otsiti välja loomakasvatushooned, kus sigade arv ületas 4000 looma või veiste arv ületas 1000 looma (vt joonis 3.2). Selliseid loomakasvatushooneid oli 57 (26 sigalat ja 31 veiselauta, vt lisa 2).



Joonis 3.2 Suuremate loomakasvatushoonete paiknemine Eestis ja sõnnikul töötavad biogaasijaamad, seisuga 22.10.2013. Autorid: Karin Pahel, Livia Kask ja Ülo Kask.

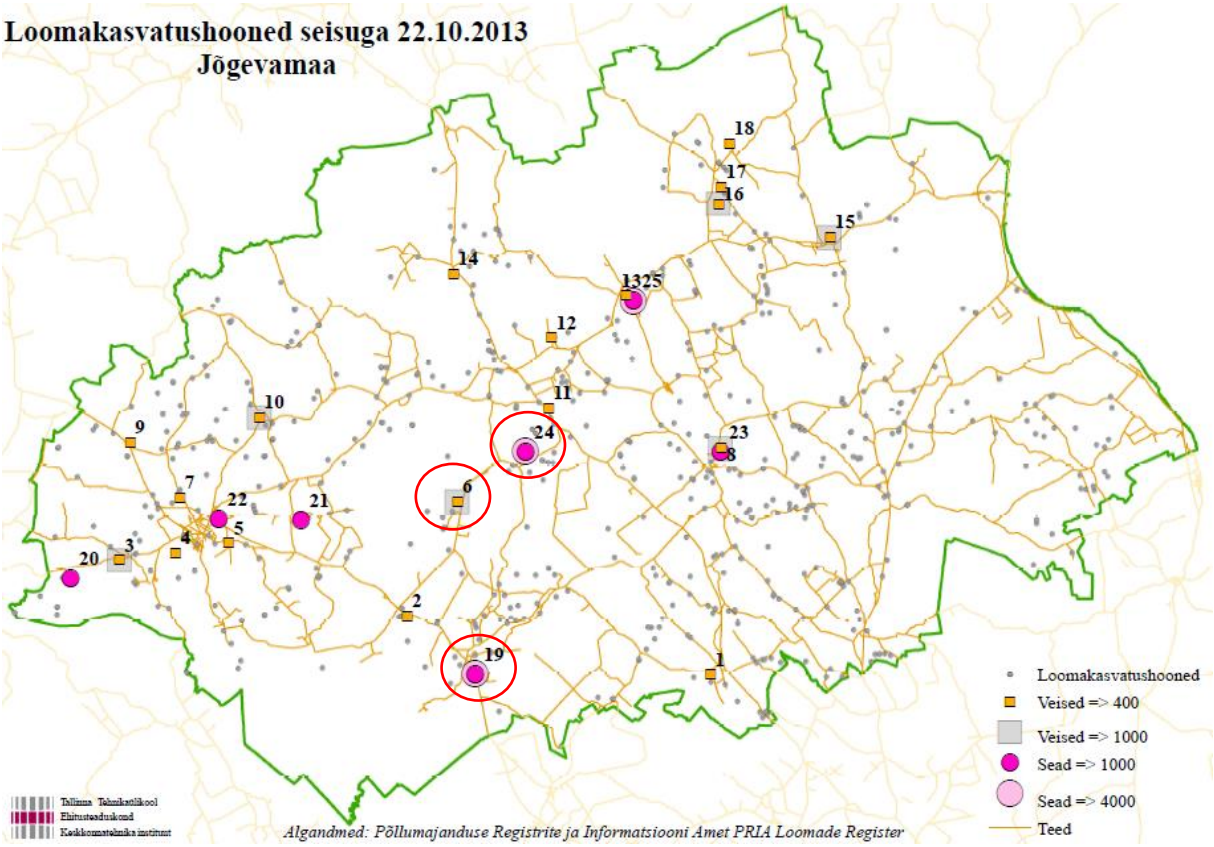
Jooniselt 3.2 selgub, et vaid Hiiumaal ja Ida-Virumaal ei ole ühtegi farmi, kus veiste arv ületaks 1000 looma või kus sigade arv ületaks 4000 looma. Enamus suurematest farmidest paikneb aga ootuspäraselt piirkonnas, kus muldade viljakus on kõrgem ja seega on ka soodsamad tingimused põllumajandusega tegelemiseks.

Järgnevalt pöörati tähelepanu eelkõige nendele piirkondadele, kus veel ei ole töötavat biogaasijaama, kuid kus paikneb lähestikku mitmeid suuremaid loomakasvatushooneid. Eestis on hetkel sõnnikul töötavaid biogaasijaamu viis (Saaremaal Valjala vallas Jööri külas, Järvamaal Oisus ja Aravetel, Lääne-Virumaal Vinnis ja Tartumaal Ilmatsalus – käivitub 2014). Tähelepanu alla jäid piirkonnad Pärnumaal, Harjumaal, Lääne-Virumaal, Jõgevamaal ja Raplamaal. Arvestades loomade arvu ja farmide paiknemist, on neist suurima potentsiaaliga tõenäoliselt Jõgevamaa, Raplamaa ja Viljandimaa. Neid kolme eelnevalt väljavalitud piirkonda analüüsitaksegi järgnevates peatükkides detailsemalt.

3.2.2.1. Jõgevamaa biogaasigrupp

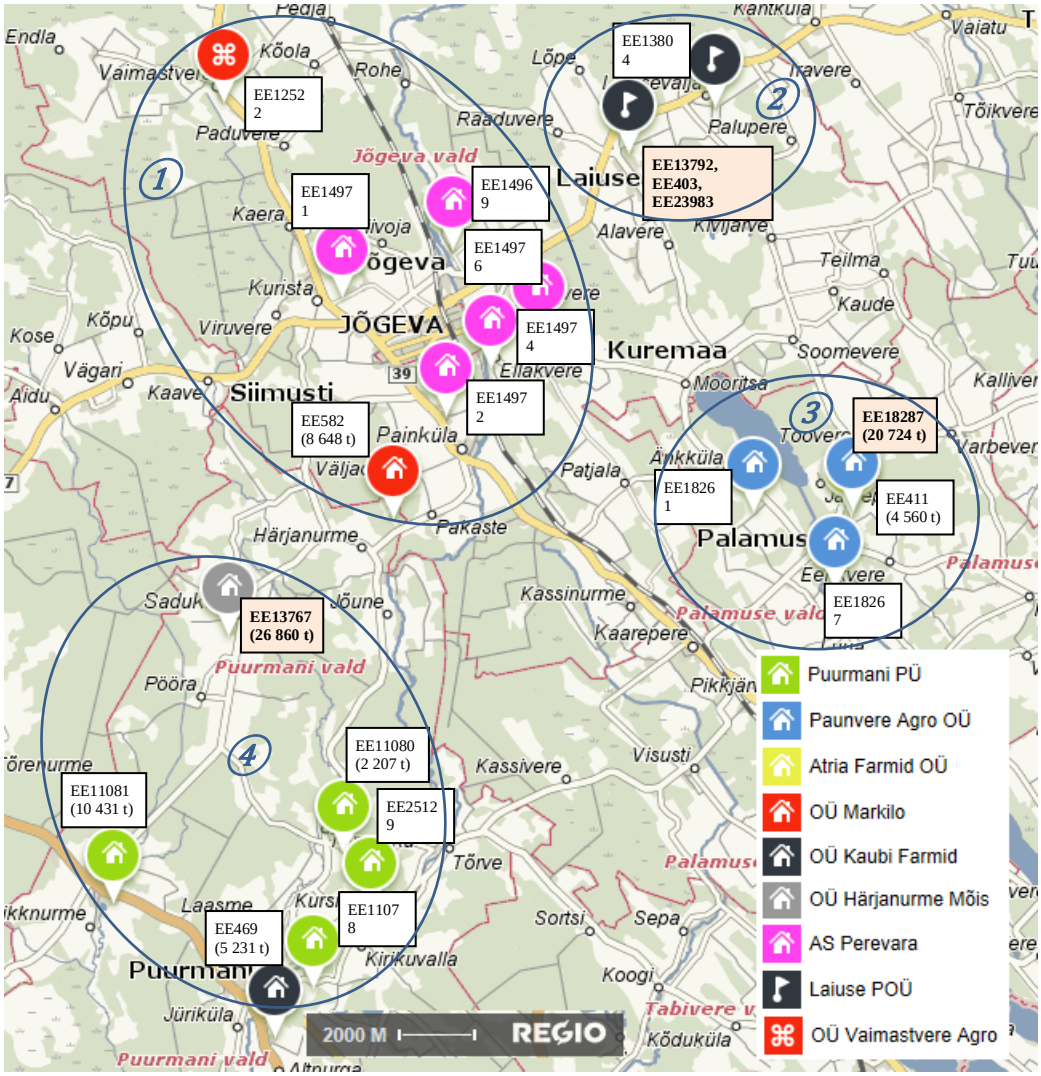
Üle 400 loomaga veiselautu oli Jõgevamaal (vt joonis 3.3 ja lisa 3) seisuga 22.10.2013 kokku 18 ja üle 1000 loomaga sigalaid 7. Suurema loomade arvuga ja üksteisele suhteliselt lähedal asuvad on selles piirkonnas järgmistele ettevõtjatele kuuluvad loomakasvatushooned: OÜ-le

Kaubi Farmid kuuluv sigala (joonisel 3.3 tähistatud numbriga 19) kokku 5 838 loomaga, OÜ-le Härjanurme Mõis kuuluv piimakarjafarm (6) kokku 1 576 loomaga ja OÜ-le Markilo kuuluv sigala (24) kokku 6 825 loomaga.



Joonis 3.3. Jõgevamaa loomakasvatushoonete paiknemine. Autorid: Karin Pachel, Livia Kask ja Ülo Kask.

Esimeses järjekorras arvutatigi võimalik biogaasitoodang neile kolmele eelnevalt välja valitud loomakasvatushoonele. Selgus, et vaatamata suurele loomade arvule jääb sigalate biogaasitoodang veisekasvatusele tublisti alla. Kui OÜ-le Härjanurme Mõis kuuluv piimakarjafarm kokku 1 576 loomaga suudaks toota keskmiselt 130 m^3 biogaasi tunnis, siis OÜ-le Markilo kuuluv sigala kokku 6 825 loomaga vaid 31 m^3/h ja OÜ-le Kaubi Farmid kuuluv sigala kokku 5 838 loomaga veelgi vähem, vaid 20 m^3/h. Sigalates on üldjuhul palju noorloomi, kelle sõnniku toodang on suhteliselt väike. Eriti puudutab, see antud juhul OÜ Kaubi Farmid sigalat, mis on spetsialiseerunud võõrdepõrsaste tootmisele ja kus ei ole nuumikuid. Kokkuvõtlikult ei osutunud esialgselt väljavalitud kolme farmi biogaasitoodang piisavaks biometaani tootmise jaama käigus hoidmiseks. Teiste riikide kogemused näitavad, et väiketootjad ei ole ilma riigipoolsete toetusskeemideta elujõulised. Selleks, et biogaasi kvaliteetseks biometaaniks puhastamine seadmestiku rajamine koos maagaasivõrgu ühendusega või tanklatega oleks majanduslikult mõttekas, peab biogaasi toodang ulatuma ligi 500 m^3 tunnis. Välja valitud kolm farmi oleksid võimelised üheskoos tootma aga vaid 181 m^3 biogaasi tunnis.



Joonis 3.4. Jõgevamaa biogaasigrupi farmid põhikaardil

Uuringus analüüsiti ka teisi nimetatud kolme farmi lähiümbruses paiknevaid farme. Selgus, et piirkonnas on loomakasvatushooneid arvukalt ja nad paiknevad grupiti ümber Jõgeva linna (vt joonis 3.4). Võimaliku ühise biogaasijaama asukoha leidmiseks kanti lisaks farmidele kaardile ka nende arvestuslik väljaheitekogus.

Vaata ka Jõgevamaa biogaasigrupi loomakasvatushooneid Delfi kaardirakenduses: http://kaart.delfi.ee//?bookmark=00646dd813d4347490a46f367d211d33.

Järgnevalt analüüsiti eraldi nelja farmidest moodustunud alagruppi (s.o 1 – Jõgeva, 2 – Laiuse, 3 – Palamuse ja 4 – Puurmani). Selgus, et ühegi alagrupi potentsiaalne biogaasitoodang ei ole eraldi piisavalt suur biometaani tootmise jaama rajamiseks, küll aga on nende summaarne biogaasitoodang juba arvestatav – keskmiselt 657 m^3/h. Ühe variandina võiks kaaluda näiteks nelja kääriti ehitamist iga alagrupi suurima loomakasvatushoone juurde, et vähendada sõnniku ja digestaadi transportimise kulusid ja ühendada jaamad lokaalse gaasitrassiga ühise biometaani tehase või koostootmisjaamaga, mis võiks paikneda farmide gruppide keskel - näiteks Jõgeva linnas. Mitme kääriti puhul on võimalus kasutada ka rohkem täiendavaid substraate, näiteks Pedja jõe luhtadelt kohustuslikus korras igal aastal niidetavat heina. Praktikute väidetel on sõnniku kokkuveo majanduslikult mõistlikuks kauguseks 15-16 km, väga gaasirikka substraadi puhul (nt õlid, rasvad või rapsikook), on majanduslikult tasuv

distants suurem. Kui 1 – Jõgeva alagrupi kääriti ehitada näiteks OÜ Härjanurme Mõis farmide juurde, siis oleks distants selle alagrupi kaugeima farmini ligikaudu 18 km. Teiste selle alagrupi farmide ja ka kõigi teiste alagruppide farmide vahelised kaugused on märgatavalt väiksemad.

Töös uuriti ka seda, et kas farmide gruppide keskel Pedja jõe ääres paiknev ligikaudu 5 700 elanikuga Jõgeva linn võiks olla biogaasijaamade toodangu, olgu see siis biometaan või soojus ja elekter, tarbija. Jõgeva linna arengukava aastani 2020 [23] andmetel on linn suures osas kaetud maagaasi jaotusvõrgustikuga, kesksurvetorustikku on 12,5 km ja madalsurvetorustikku 6,3 km. Enamus asutusi ja ettevõtteid linnas on gasifitseeritud. Kodutarbijaid oli 2010.a detsembri seisuga 1 057 (siinhulgas oli ühe tarbijana arvestatud ka kahte ühistut), gaasiküttel oli 27 asutust ja 70 eramaja. Kaugküttevõrgu kohta toodi välja, et võrgu pikkus on ~8,7 km ja katlamajas töötavad alates 2003.a 2 veekatelt Viessmann Vitomax 200 võimsusega 5 300 kW ja 7 800 kW. Kaugküttetorustik on rahuldavas olukorras (renoveeritud trasside pikkus 2,2 km, keskmine trasside vanus on ligikaudu 25 aastat). Kaugküttesüsteemi oli 2012. a jaanuari seisuga ühendatud 91 tarbijat (52 kortermaja, 38 asutust, 1 eramaja). Aastatel 2008-2011 müüdi keskmiselt 25 500 MWh soojust aastas. Gaasi- ja kaugküttevõrgu puhul toodi puudusena välja, et tsentraalse sooja vee võimalus puudub maist septembrini, kaugkütte maksumus on tarbijatele kõrge, soojuskaod kaugküttesüsteemis on suured, maagaas on suhteliselt kallis, võrreldes teiste kütuseliikidega, alternatiivne kütuseliik puudub (on otsene sõltuvus maagaasist) ning varustuskindlus seoses ühe kütuseliigiga on ebapiisav. Siinkohal peab aga täpsustavalt mainima, et käesolevaks ajaks (s.o aastaks 2014) on Jõgeva katlamaja rekonstrueeritud ja seal töötab baaskoormuse katel hakkpuidul. Keskkonnaga seoses mainiti arengukavas veel, et puudub biolagunevate köögi- ja sööklajäätmete mõistliku hinnaga taaskasutusse suunamise võimalus.

Eeltoodust lähtuvalt oleks tõenäoliselt võimalik juhtida biometaani Jõgeva linna gaasivõrku või kui kasutada maagaasi soojuse ja elektri koostootmisel, siis võiks tekkivat soojust kasutada kaugküttes ja aastaringse tsentraalse sooja vee varustuse tagamisel lisaks maagaasile ja hakkpuidule. Kui kogu Jõgeva biogaasigrupi poolt toodetav biogaas ära kasutada koostootmisjaamas, siis oleks jaama keskmine soojuse toodang 14 825 MWh/aastas, mis on natuke üle poole Jõgeva linna keskmisest soojuse tarbest. Kuna Jõgeval juba on soojuse baaskoormuse katmiseks hakkpuidukatlamaja, siis võib tekkida olukord, kus kogu koostootmisjaamas tekkivat soojust (eriti suvel) ei ole võimalik ära kasutada. Siit järeldub, et võiks kaaluda ka soojussalvesti lisamist süsteemi, et suurendada kasutatava soojuse hulka ja leevendada soojusvajadust tippkoormuse perioodil. Biolagunevaid köögi- ja sööklajäätmeid saaks aga kasutada lisasubstraadina lähimas kääritis.

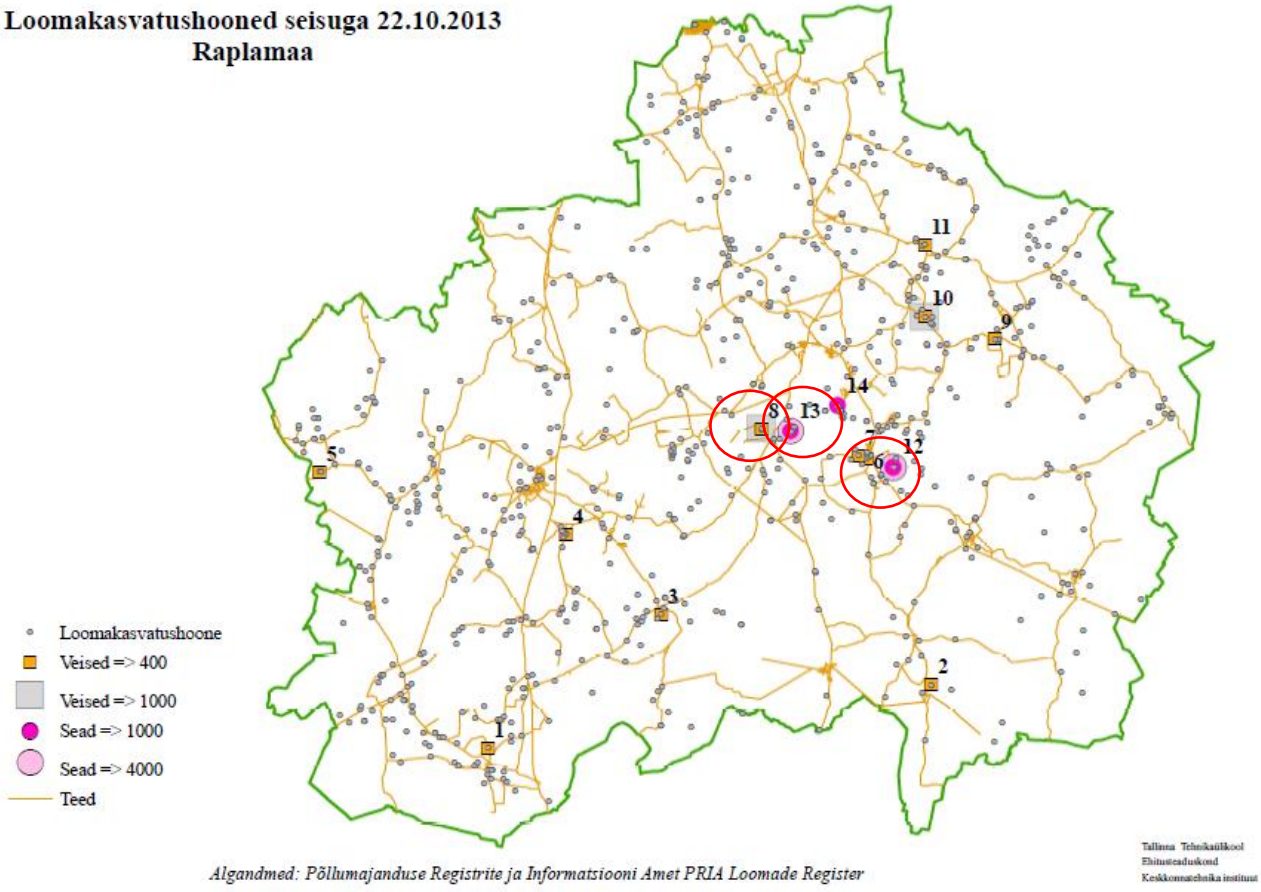
Maanteeameti andmetel [25] oli 2014. a aprilli seisuga Jõgeva linnas registreeritud 25 bussi (maakonnas 180 bussi), 210 mootorratast või mopeedi (1612), 2995 sõiduautot (17970), 106 traktorit (1832), 435 veoautot (2802). Ilmselt nende hulgas surugaasil sõitvaid sõidukeid just palju ei ole, kui arvestada seda, et Eestis on kokku üldse vaid 140 surugaasil töötavat sõiduautot, 15 bussi ja 61 kaubaveokit. Samas võib loota, et pakkumine (surugaasitanklate rajamine) tekitab ka nõudlust. Nii on näiteks elektriautode ostmine hoogustunud pärast üle-eestilise laadimisvõrgustiku rajamist. Jõgeva biogaasigrupi poolt toodetava biometaaniga saaks varustada keskmiselt aastas 830 sõiduautot, mis on 28% Jõgeva linnas registreeritud sõiduautodest.

Arvutused kõigile Jõgeva biogaasigrupi farmidele on toodud lisades 3-6.

3.2.2.2. Raplamaa biogaasigrupp

Üle 400 loomaga veiselautu oli Raplamaal (vt joonis 3.5 ja lisa 7) seisuga 22.10.2013 kokku 11 ja üle 1000 loomaga sigalaid 3. Raplamaal olid biogaasijaama tuumikgrupiks eelnevalt välja valitud 7 756 loomaga OÜ Raikküla Seakasvatus (joonisel 3.5 tähistatud numbriga 13), 1476 loomaga OÜ Raikküla Farmer veiselaut (8) ning 7876 loomaga AS Rey sigala (12).

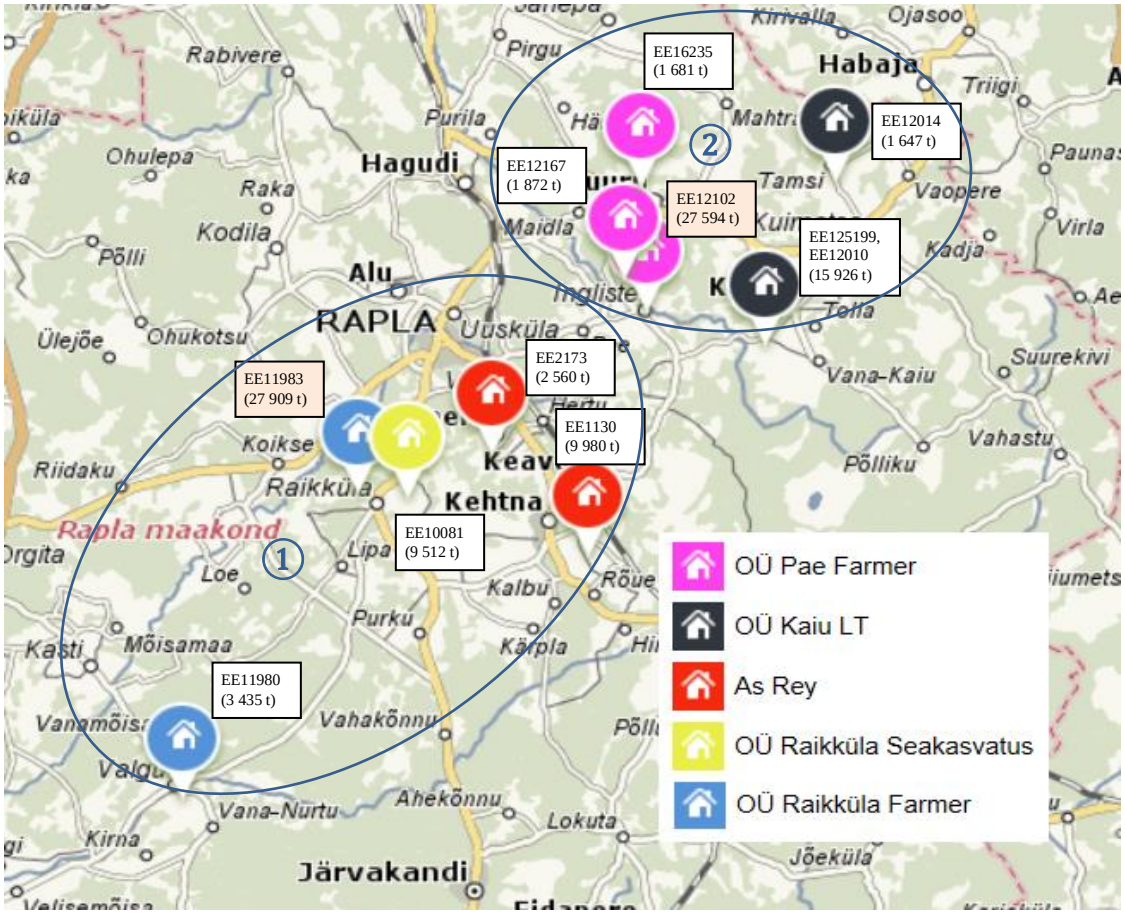
Arvutused andsid tulemuseks, et suurima võimaliku keskmise biogaasitoodanguga on antud kolmikust OÜ Raikküla Farmer 135 m^3 tunnis, sigalate toodang on sarnane - OÜ Raikküla Seakasvatuse sigalal 31 m^3 tunnis ning AS Rey sigalal 36 m^3 tunnis. Kokku võiks kolmik toota ligi 202 m^3 tunnis, mis on jällegi natuke liiga vähe majanduslikult tasuvaks biometaani tootmiseks. Lähemal vaatlusel selgus, et tegelikult paikneb lähikonnas veel farme, kes võiks projektiga ühineda (vt joonis 3.6).



Joonis 3.5. Raplamaa loomakasvatushoonete paiknemine. Autorid: Karin Pachel, Livia Kask ja Ülo Kask.

OÜ-l Raikküla Farmer on grupist natuke kaugemal edelas teine veiselaut (võimalik lisanduv biogaasitoodang 15 m^3 tunnis) ja ka AS Rey-l lähikonnas teine natuke väiksem sigala (võimalik lisanduv biogaasitoodang 9 m^3 tunnis), praktiliselt grupi sees paiknevad aga Kehtna Mõisa OÜ kaks veisefarmi (s.o kokku +75 m^3 tunnis) ning grupist kirdes on veel 2 suuremat tootjat OÜ Pae Farmer ja OÜ Kaiu LT mitme veiselaudaga (so vastavalt +150 m^3 tunnis ja +84 m^3 tunnis). Kokku võiks laiendatud grupi biogaasi toodang olla 536 m^3 tunnis, mis on biometaani tootmiseks igati piisav. Nagu ka Jõgeva grupi puhul, võib ka siin kaaluda mitme kääriti (näiteks 1 – Rapla, 2 – Ingliste) ja ühe ühise biometaani puhastamisüksuse (asukohaga näiteks Rapla linnas) varianti. 1 – Rapla ja 2 – Ingliste kääritite tunnitoodang oleks vastavalt 302 m^3 ja 235 m^3 biogaasi.

Ligi 6 000 elanikuga Rapla linna kohta ei õnnestunud leida nii põhjalikku arengukava nagu oli Jõgeval, aga on üsna tõenäoline, et ka Rapla oleks võimeline tarbima nii grupi poolt toodetavat biometaani kui ka elektrit ja soojust. Kogu laiendatud Rapla biogaasigrupp suudaks varustada biometaankütusega 1 938 sõiduautot või koostootmise puhul toota keskmisel 12 122 MWh soojusenergiat ja 11 840 MWh elektrienergiat aastas. Maanteeamet [25] annab Rapla linnas registreeritud busside arvuks 2014. a aprilli seisuga 36 (maakonnas on busse 118), mootorrattaid või mopeede oli 202 (1 572), sõiduautosid 2704 (20 025), traktoreid 49 (1 520) ja veoautosid 411 (3 019).



Joonis 3.6. Raplamaa biogaasigrupi farmid põhikaardil

Vaata ka Raplamaa biogaasigrupi loomakasvatushooneid Delfi kaardirakenduses: http://kaart.delfi.ee//?bookmark=f83f88748ea102f1abc2b0d46b12f145.

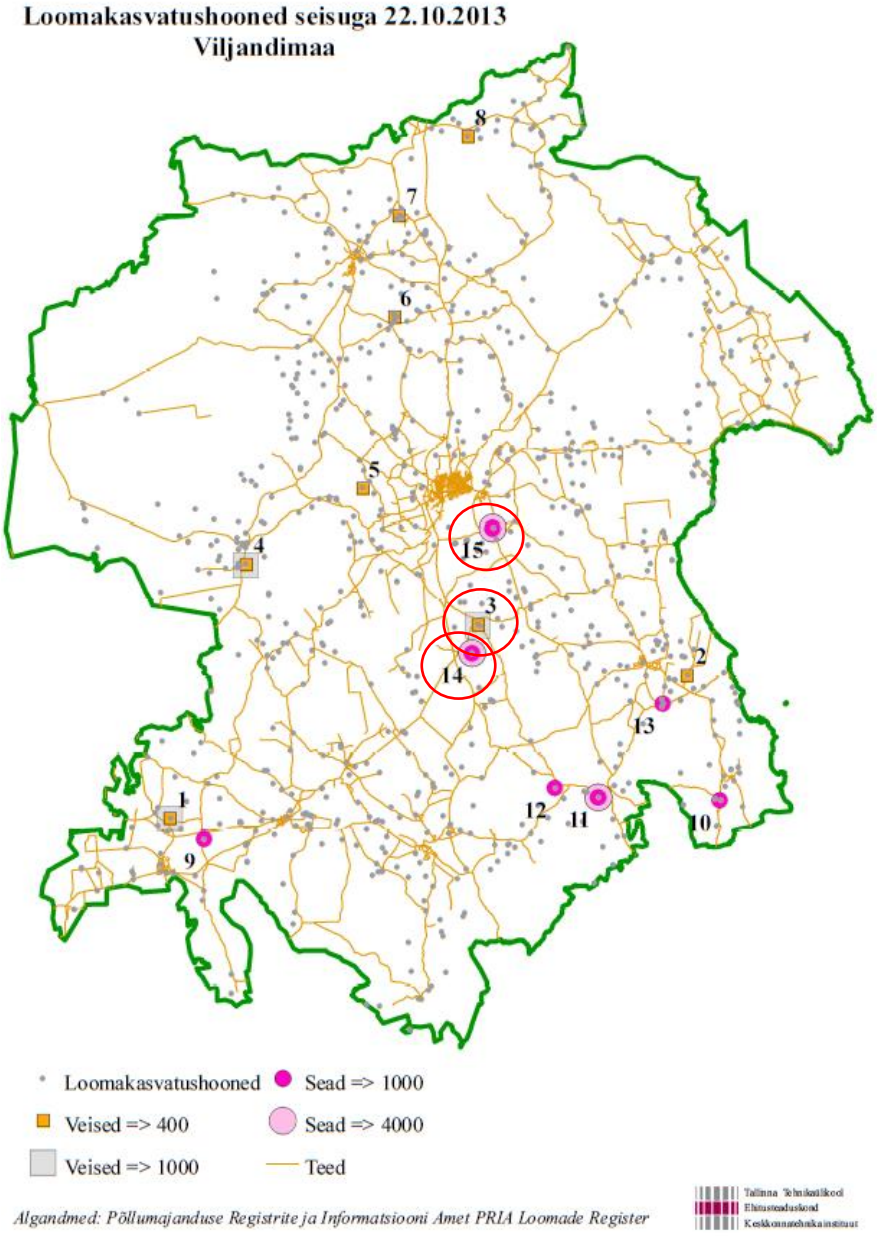
Kui rajada 1 – Rapla alagrupi kääriti OÜ Raikküla Farmeri suurema laudakompleksi kõrvale, siis oleks vahemaa kaugeima alagrupi farmini, so teise sama ettevõtja farmini ligi 20 km. 2 – Ingliste alagrupi kaugeim vahemaa oleks 18 km, kui kääriti paikneks OÜ Pae Farmer suurima lauda juures. Ülejäänud vahemaad on väiksemad.

Arvutused kõigile Rapla biogaasigrupi farmidele on toodud lisades 7-10.

3.2.2.3. Viljandimaa biogaasigrupp

Üle 400 loomaga veiselautu oli Viljandimaal (vt joonis 3.7 ja lisa 11) seisuga 22.10.2013 kokku 8 ja üle 1 000 loomaga sigalaid 7. Suurema loomade arvuga ja üksteisele suhteliselt lähedal asuvad on selles piirkonnas järgmistele ettevõtjatele kuuluvad loomakasvatushooned:

OÜ-le Saimre Seakasvatus kuuluv sigala (joonisel 3.7 tähistatud numbriga 14) kokku 4 305 loomaga, OÜ-le Saimre kuuluv piimakarjafarm (3) kokku 1 587 loomaga ja AS-ile Rakvere Farmid kuuluv sigala (15) kokku 58 274 loomaga.

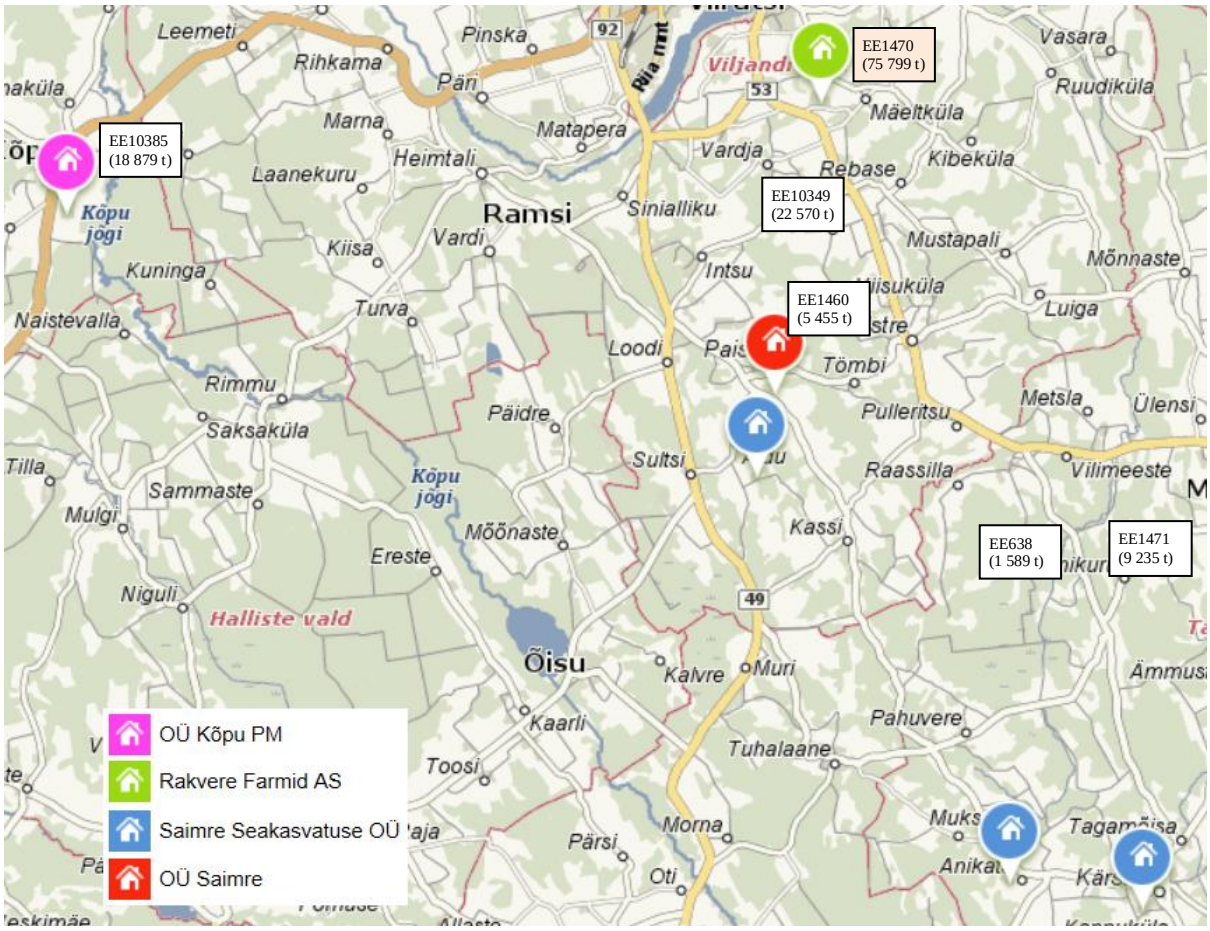


Joonis 3.7. Viljandimaa loomakasvatushoonete paiknemine. Autorid: Karin Pachel, Livia Kask ja Ülo Kask.

Viljandi maakonna eelnevalt väljavalitud farmide grupi suurtegijaks on AS Rakvere Farmid sigala, mis suudaks üksi toota keskmiselt 304 m3 biogaasi tunnis. AS Rakvere Farmid sigala biogaasitoodang on aga mõnevõrra väiksem, kui pelgalt loomade arvust võiks järeldada. Põhjus on selles, et sigala on spetsialiseerunud põrsaste tootmisele ja nuumikuid on vähem, kui täistsükli puhul. OÜ Saimre veiselauda toodang on AS Rakvere Farmid sigala omast juba kolm korda väiksem - ligi 108 m^3 biogaasi tunnis ja Saimre Seakasvatuse OÜ sigala toodang on vaid 19 m3 biogaasi tunnis. Kokku oleks kolmiku toodang 431 m^3 biogaasi tunnis, mis on juba üsna lähedal soovituslikule 500 m^3 tunnis, et majanduslikult tasuvalt väärindada biogaasi autokütuseks. Kolmiku biogaasi toodangut oleks võimalik ka suurendada kasutades

lisasubstraate (näiteks rohusilo näol). Seega võiks ka vaid need kolm farmi ühisjõududega ehitada biometaani tootmiskompleksi.

Teisest küljest võib aga Saimre Seakasvatuse OÜ-l olla huvi lisada kääritisse veel oma kahe farmi sõnnik. Tõsi, need kokku 8 542 seaga farmid asuvad kolmikust veidi kaugemal ja see otsus võib tähendada üsna suurt transpordikulu (kaugus AS Rakvere Farmid sigalast ligi 30 km). Kui lisada grupile Saimre Seakasvatuse OÜ kaks lauta, siis võiks kaaluda juba ka OÜ Kõpu PM 1191 loomaga lüpsilauda kaasamist ligi 27 km kauguselt (vt joonis 3.8).



Joonis 3.8. Viljandimaa biogaasigrupi farmid põhikaardil

Vaata ka Viljandimaa biogaasigrupi loomakasvatushooneid Delfi kaardirakenduses: http://kaart.delfi.ee//?bookmark=5a815f2e8ec7385549e6e558d39e3201.

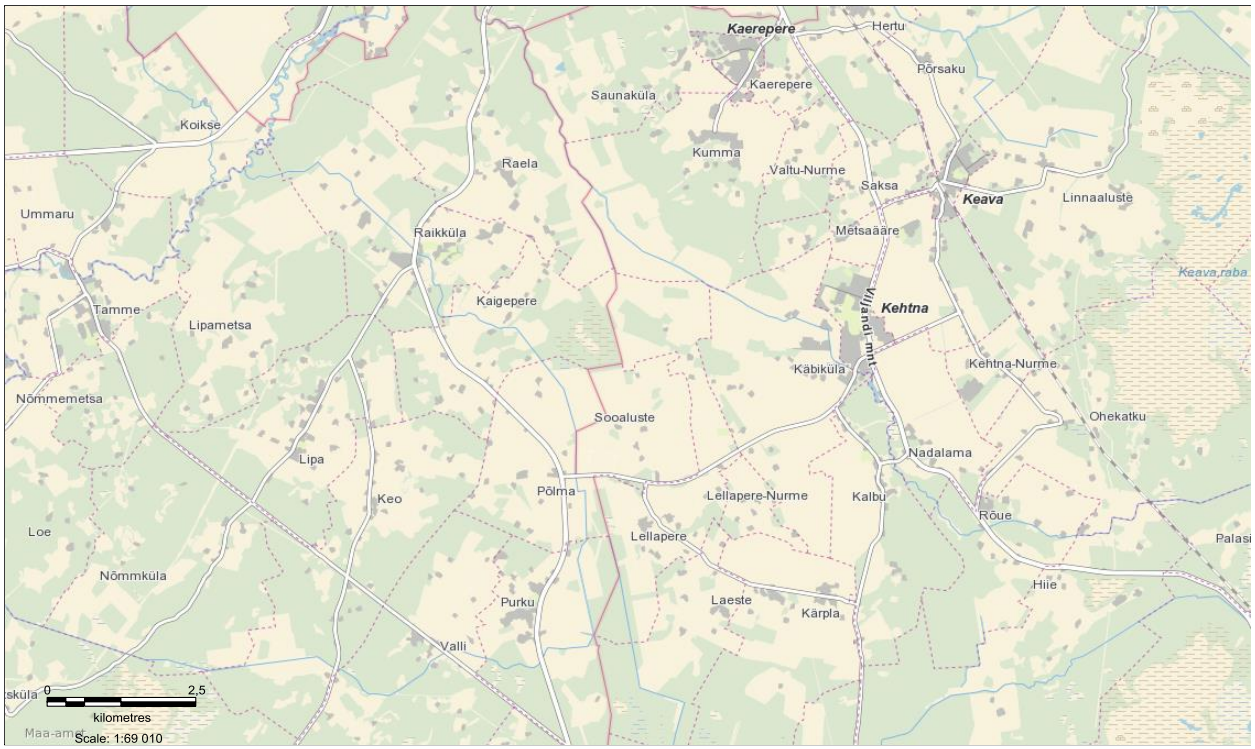
Saimre Seakasvatuse OÜ kaugemate lautade sõnnik võimaldaks toota täiendavad 39 m^3 biometaani tunnis ja OÜ Kõpu PM veiselauda sõnnik veel 91 m^3 biometaani tunnis. Laiendatud grupi biogaasitoodang oleks kokku tunnis 562 m^3 ja sellest toodetud biometaaniga oleks võimalik varustada 2 152 sõiduautot. Kuna grupp asub Viljandi linna lähedal, siis ei tohiks toodangu realiseerimisega probleeme olla. Maanteeameti andmetel [25] oli 2014. a aprilli seisuga Viljandi linnas registreeritud 125 bussi (maakonnas 211 bussi), 720 mootorratast või mopeedi (2298), 9 136 sõiduautot (27 134), 205 traktorit (2 227), 1492 veoautot (4 130). Kui kasutada biogaasi koostootmisel, siis suudaks laiendatud Viljandi grupp toota keskmiselt 12 701 MWh soojusenergiat ja 12 406 MWh elektrienergiat aastas.

Selleks, et otsustada, kas AS Rakvere Farmid sigala peaks rajama individuaalse biometaani tootmise kompleksi või kas gruppi oleks mõistlik kaasata ka kaasama lähimad või ka kaugemad farmid, tuleks teha täpsemad tuludel-kuludel baseeruvad tasuvusarvutused.

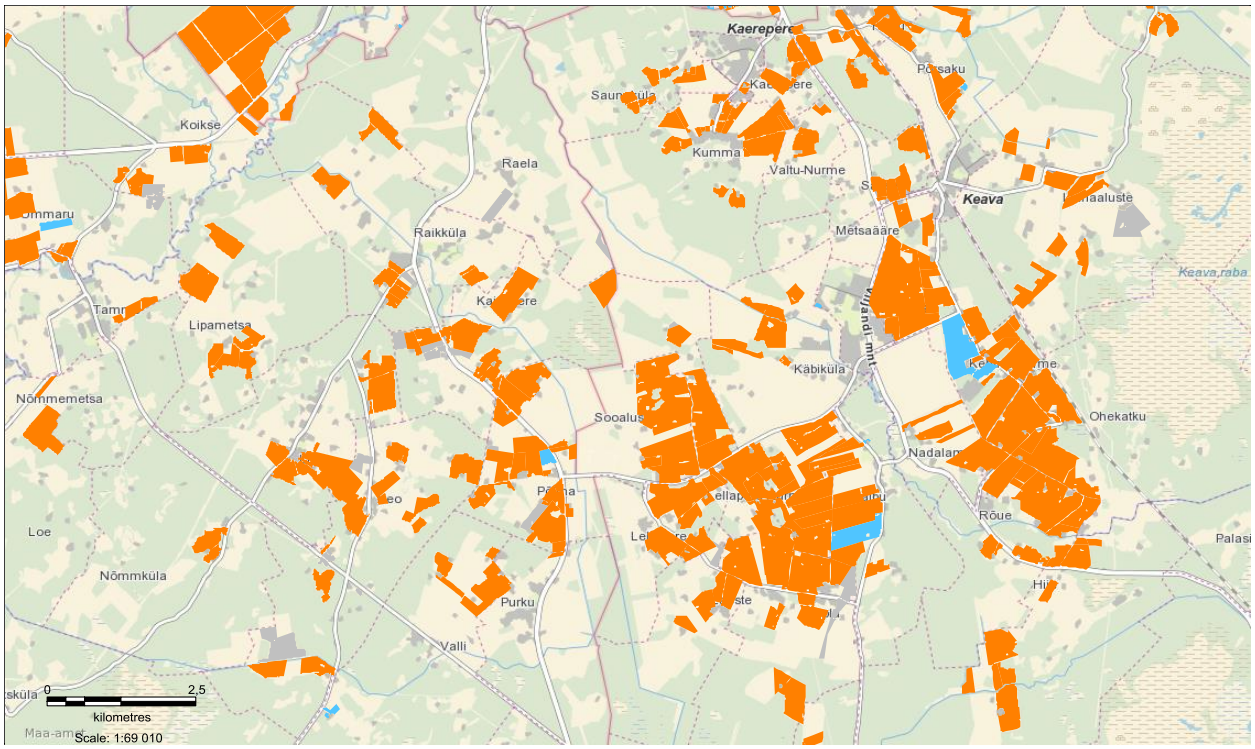
Antud töö raames tehtud arvutused kõigile Viljandi biogaasigrupi farmidele on toodud lisades 11-14.

3.2.3. Rohtse biomassi olemasolu loomakasvatusfarmide lähikonnas

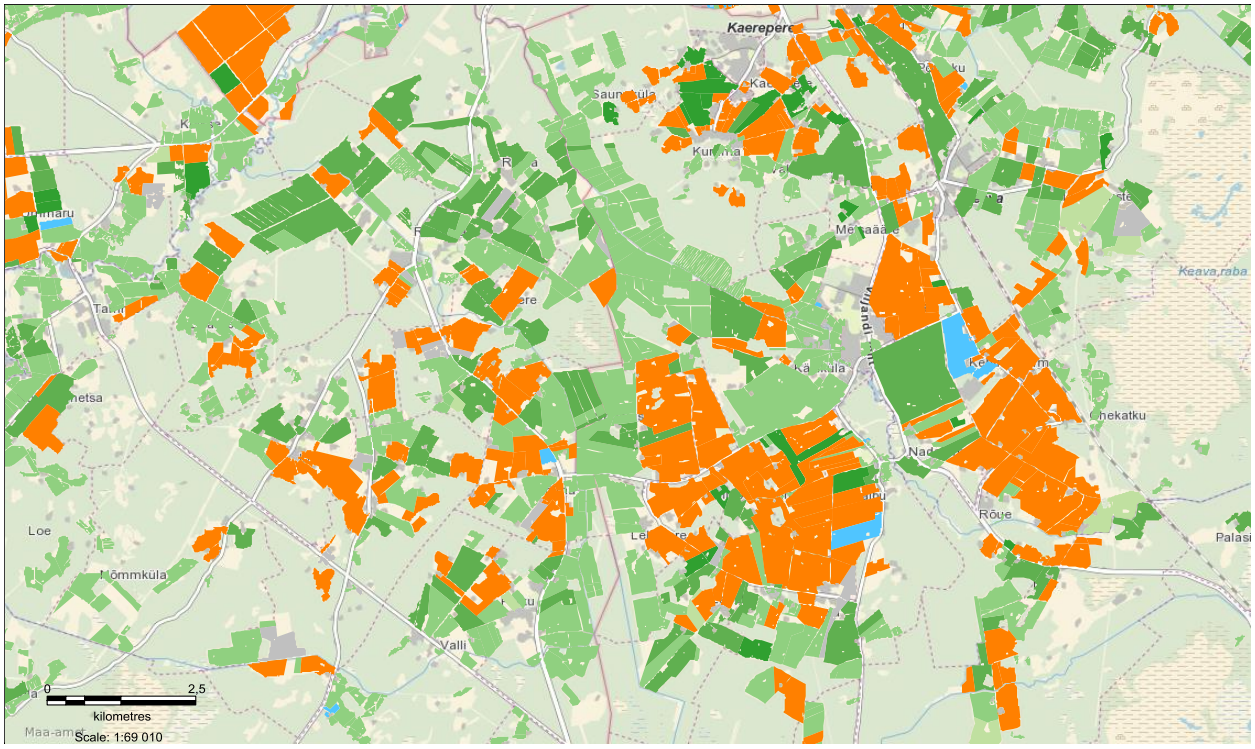
Ühe ideena suurendada biogaasijaamade biogaasi (ja sellest lähtuvalt ka biometaani) toodangut, on pakutud kasutada loomakasvatusfarmide lähikonnas kasvavat rohtset biomassi. Seda saaks kasvatada mingil osal kasutusel olevatel põllumaadel, kuid ka seni kasutamata põllumaadel (vastavalt PRIAS registreeritud). Tegemaks kindlaks, kui palju oleks kasutamata põllumaid nt Raplamaa biogaasigrupi kanti vastavale kaardile erinevate kihtidena teravilja (s.h raps) kasvupinnad – oranž, rohttaimede kasvupinnad – roheline (värvitoon vastavalt saagikuse suurenemisele tumeneb), lautade teeninduspiirkonnad (vastab lautade KA tarbimisele) – hall ruuduline ja muude kultuuride (nt kartul) pinnad – sinine värv. Tulemused on kantud joonistele 3.9, 3.10, 3.11 ja 3.12. Jooniste autor on Villem Vohu, TTÜ magistrant. Kasutati PRIA 2012 maakasutuse andmeid.



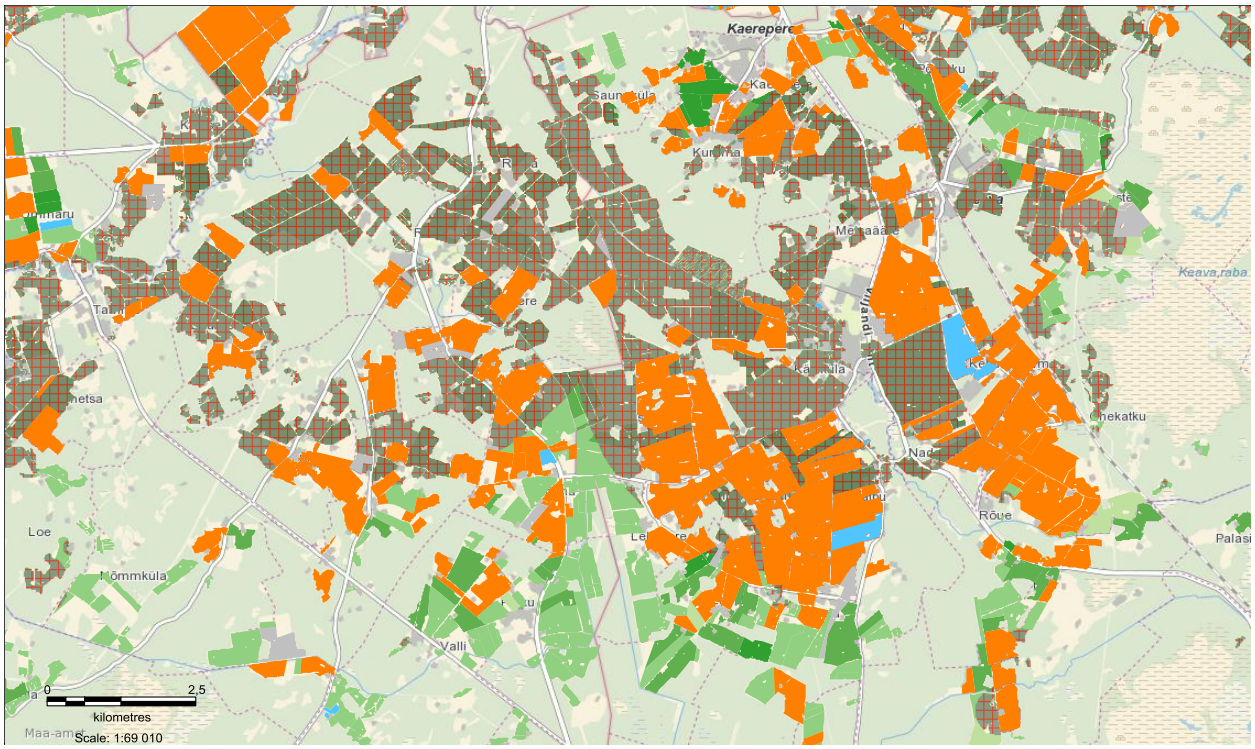
Joonis 3.9. Raplamaa biogaasigrupi ümbruskond



Joonis 3.10. Raplamaa biogaasigrupi ümbruskonna teravilja kasvupinnad (kollakas-oranž)



Joonis 3.11. Raplamaa biogaasigrupi ümbruskonna teravilja kasvupinnad (kollakas-oranž) koos rohttaimede kasvupindadega (roheline)



Joonis 3.12. Raplamaa biogaasigrupi ümbruskonna teravilja kasvupinnad (kollakas-oranž), rohttaimede kasvupinnad (roheline), lautade teeninduspiirkonnad (hall) ja muude kultuuride pinnad (sinine).

Jooniselt 3.12 selgub, et esimesed kasutamata maad, kust saaks rohuniidet silo valmistamiseks, asuvad potentsiaalsest biogaasijaamast umbes 4 km kaugusel. Rohkem vabu kasutamata rohumaid asuvad alates 8ndast kilomeetrist kaugemal. Reeglina suurte loomakasvatuskomplekside läheduses suuri vabu alasid rohtse biomassi kasvatamiseks biogaasijaamade toormeks kasutamise eesmärgil eriti ei ole. Siit järeldub, et rohtsel biomassil töötavad biogaasijaamad tuleks rajada mitte niivõrd sõnnikut kasutavate biogaasijaamade lähedusse (või kasutada seda tooret nendes jaamades), vaid need tuleks rajada pigem kohtadesse, kus laiuvad suured kasutamata põllu- ja rohumaad.

Eesti biogaasi tootjatel on ka rohtse biomassi kasutamise kogemusi. Seda on lisatud nii silona kui ka heinana (Alam-Pedja luhtadelt kogutud hein). Silo kasutamine tõstab sõnnikut kasutavate jaamade biogaasi toodangut, kuid heina kasutamine võib tekitada probleeme, kui see sisaldab nt hallitust (Aravete juhtum).

Järgnevalt esitatakse väljavõtteid allikast: V. Vohu. Kasutusest väljas oleva põllumajandusmaa ressurss, struktuur ja paiknemine. Arengufond, Tallinn 2014.

Kui lähtuda eeldusest, et kasutamata põllumajandusmaade puhul toimub maade kasutusse võtmine järgides sama struktuuri nagu olemasoleva maakasutuse korral, oleks tõenäoline kasutusse võetava pinna suurus 105 tuh hektarit. Ka antud pinna puhul tuleks arvestada logistiliste piirangutega ning sõltuvalt võimalike biogaasi jaamade paigutusest ning aktsepteeritavast transpordiraadiusest võib kuni kolmandiku antud ressursi kasutuselevõtt osutuda ebaotstarbekaks.

Viis suurima kasutamata põllumajandusmaa ressursiga piirkonda (raadiused 15 km) Eestis asuvad kõik Lõuna-Eestis, asukohtadega Kambja, Vastseliina, Puka, Kanepi ja Tarvastu vallas, moodustades kokku ca 18% kogu Eesti kasutamata põllumajandusmaa ressursist.

Hea ülevaate kasutamata maade struktuurist saab tabelist 3.9.

Tabel 3.9. Põllumajandusmaa kasutamata ressurss ja keskmine ressurss katastriüksuse kohta. V. Vohu autori arvutused PRIA ja Maa-ameti lähteandmete alusel.

	Optimistlik	Realistlik	Pessimistlik
Ressurss kokku (ha):	1 239 580	1 207 156	1 139 724
Vaba ressurss (ha):	332 111	298 908	229 602
Keskmine kasutamata maa suurus (ha):	1,58	1,43	1,10
Kasutamata maa mediaansuurus (ha):	0,66	0,59	0,28

Tabelis 3.9 esitatud keskmised kasutamata maade suurused näitavad, et vaba põllumajandusmaa puhul on tegemist suure hulga suhteliselt väikeste põllupindadega. Kui vaba põllumajandusliku maaressursi vähenemine ja keskmine aritmeetiline põllupinna suurus vähenevad proportsioonis (mõlemad 31% vähenemist) siis mediaankeskmise vähenemine on kaks korda kiirem (0,28 – 0,66 ha katastriüksuse kohta ehk 64%).

Vaba põlumajandusmaa vähenemine toob kaasa ka järelejääva ressursi suurema hajutatuse ja suurema hulga marginaalse suurusega põllupindasid, mille kasutusele võtmine rohtse biomassi tootmiseks ja kasutamiseks biogaasijaamades on seda ebaotstarbekam, mida väiksemaks muutub kasutusele võetava üksuse suurus. Rohtse biomassi kasutamist biogaasijaamade toormena (kas siis põhi- või lisatoormena) tuleb põhjalikult kaaluda iga projekti puhul eraldi. Selleks tuleb määrata läheduses (kuni 10-15 km) asuvad vabad põllumaad, seal kasvatada sobivad kultuurid ja poollooduslikud rohumaad, nende pindalad ja eeldatav saagikus. Silo või osutuda ebasobivalt kalliks ja poollooduslikelt rohumaadelt kogutava heina saagikus ja eriti kättesaadavus (üleujutused) ning kvaliteet võib aastati tugevalt kõikuda, mistõttu tuleks neid pidada pigem lisatoormeks.

3.3. Potentsiaalsete biogaasijaamade asukohad maagaasimagistraalide suhtes

ASi Gaasivõrgud spetsialistide kaasabil kanti maagaasi magistraaltorustike kaardile (joonis 3.13) kuue maakonna 20 suuremat loomapidamisfarmi ja sigalat, mille baasil ei ole veel rajatud biogaasijaamu, nende asukoha koordinaatide alusel (tabel 3.10). Valiti välja need farmid ja sigalad, mis asuvad gaasivõrkude läheduses.

Järgnevatele kaartidele on kantud kolme farmigrupi (Raplamaa, joonis 3.14, Viljandimaa, joonis 3.15 ja Jõgevamaa, joonis 3.16) loomapidamishoonete asukohad kohaliku maagaasivõrgu suhtes.

Raplamaa farmigrupi (vt ka joonis 3.6) keskmine kaugus D-kategooria maagaasi magistraaltorust jääb 2-3 km kaugusele, sõltuvana sellest, kuhu on optimaalsem rajada biogaasi tootmise ja puhastamise jaam.

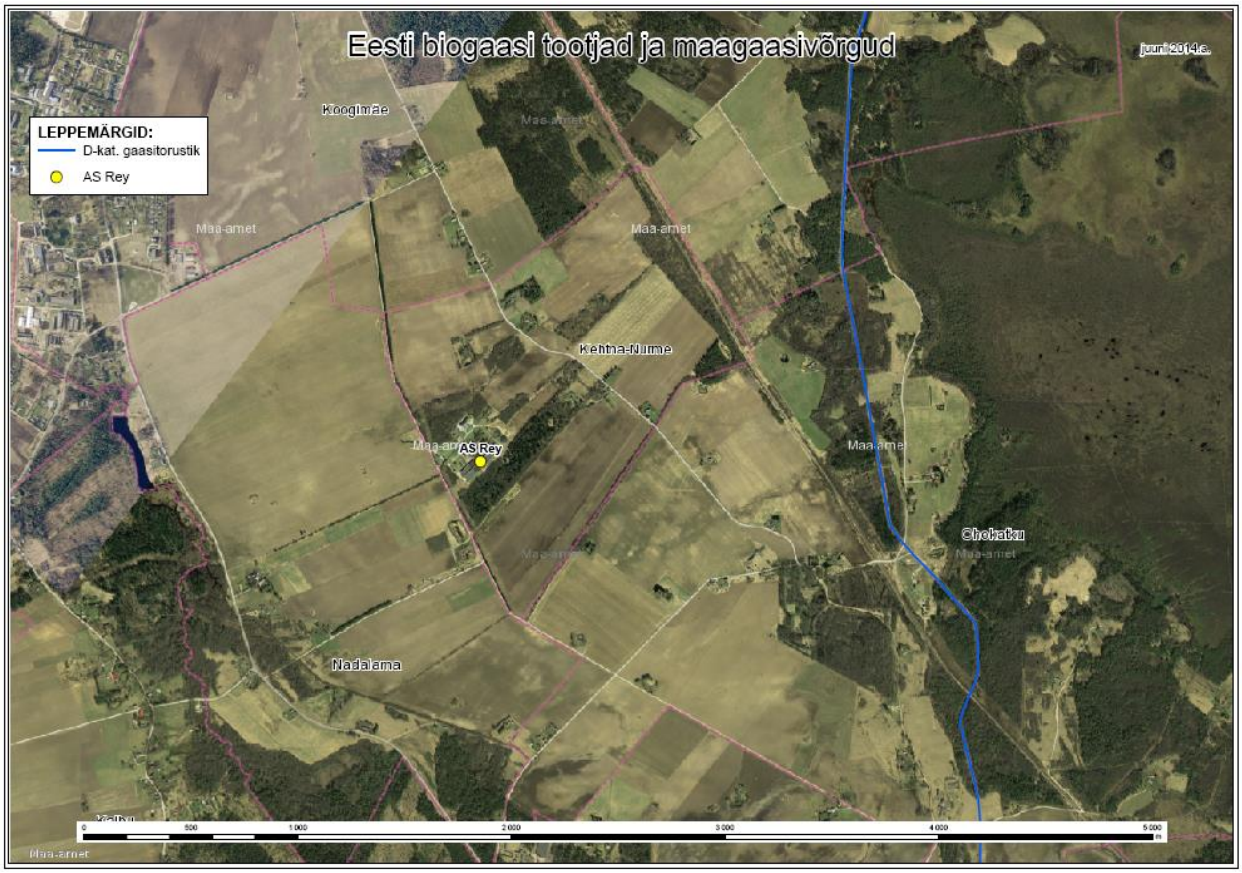
B-kategooria maagaasitorustik asub Viljandimaa farmigrupi (vt ka joonis 3.8) vahetus läheduses ja kui biogaasijaam asuks ASi Rakvere Farmid (endine EKSEKO) territooriumil, siis ühenduse pikkus maagaasivõrguga oleks vaid mõnisada meetrit.

Tabel 3.10. Suuremate loomapidamisfarmide ja sigalate koordinaadid.

Ettevõte	Maakond	X	Y
OÜ Halinga	Pärnumaa	6501939	526565
AS Vahenurme Agro	Pärnumaa	6497465	522931

Ettevõte	Maakond	X	Y
OÜ Hinnu Seafarm	Harjumaa	6592649	580853
TÜ Küüni-SF	Harjumaa	6594095	590157
OÜ Voore Mõis	Lääne-Virumaa	6569392	640921
OÜ SF Pandivere	Lääne-Virumaa	6560498	631522
OÜ Nurkse Seafarm	Lääne-Virumaa	6568103	629351
Saimre Seakasvatuse OÜ	Viljandimaa	6457158	595239
OÜ Saimre	Viljandimaa	6459500	595700
Rakvere Farmid AS	Viljandimaa	6467387	596979
OÜ Kõpu PM	Viljandimaa	6464421	576733
Torma POÜ	Jõgevamaa	6523794	658124
OÜ Sadala Agro	Jõgevamaa	6526096	650466
Laiuse POÜ	Jõgevamaa	6519800	644080
OÜ Markilo	Jõgevamaa	6508909	637237
OÜ Härjanurme Mõis	Jõgevamaa	6505513	632434
OÜ Kaubi Farmid	Jõgevamaa	6493528	633726
OÜ Raikküla Seakasvatus	Raplamaa	6533392	544240
OÜ Raikküla Farmer	Raplamaa	6533551	542193
AS Rey	Raplamaa	6530713	552197

Joonis 3.13. Eesti potentsiaalsed farmibiogaasijaamad kantuna maagaasi magistraaltorustike kaardile (allikas: AS Gaasivõrgud)



Joonis 3.14. Rapla maakonna farmigrupi asukohta maagaasi torustiku suhtes.

Joonis 3.15. Viljandi maakonna farmigrupi asukohta maagaasi torustiku suhtes.

C-kategooria maagaasitorustik jääb Jõgevamaa farmigrupi (vt ka joonis 3.4) hoonetest keskmiselt 2-3 km kaugusele sõltuvana sellest, kuhu on optimaalsem rajada biogaasi puhastusjaam. Samas OÜ Härjanurme Mõis loomapidamishooned asuvad C-kategooria torustikust 0,5 km kaugusel.

Lisas 15 tuuakse ära veel mõnede farmigruppide asukohad maagaasivõrgu kaartidel.

Allpool esitatakse maagaasi torustiku jaotus erinevatesse kategooriatesse gaasi töörõhu alusel:

A-kategooria jaotustorustik – ≤0,01-baarise töörõhuga gaasitorustik.

B-kategooria jaotustorustik – üle 0,01-baarise ja ≤5-baarise töörõhuga gaasitorustik.

C-kategooria jaotustorustik – üle 5-baarise ja ≤16-baarise töörõhuga gaasitorustik.

D-kategooria jaotustorustik – üle 16-baarise töörõhuga gaasitorustik.

Joonis 3.16. Jõgeva maakonna farmigrupi asukohta maagaasi torustiku suhtes.

4. Biometaani kui mootorikütuse kasutamiseks vajalike tehniliste tingimuste väljatöötamine.

4.1. EL kliima- ja energiapoliitika üldised eesmärgid

2007. aasta märtsis kiitis Euroopa Ülemkogu heaks energeetika alased pikaajalised suunised liikmesriikidele. Aastaks 2020 seatud põhilised eesmärgid on järgmised:

- vähendada kasvuhoonegaaside heitmeid 20% võrra võrreldes aastaga 1990 (30% võrra, kui teised suured tööstusriigid selle initsiatiiviga kaasa tulevad);
- suurendada taastuvate energiaallikate osakaalu energia lõpptarbimises 20%-ni;
- tõsta biokütuste osakaalu transpordikütustes 10%-ni eeldusel, et õnnestub välja töötada teise põlvkonna biokütuste tootmine kulutõhusal viisil;
- vähendada energiatarbimist 20% võrra (mõõdetuna primaarenergiana, võrreldes aastaks 2020 koostatud baasstsenaariumiga).

Euroopa Ülemkogu on võtnud ka pikaajalise kohustuse seoses CO_2-heidete vähendamisega, nimelt peaksid EL ja muud tööstusriigid vähendama 2050. aastaks heitkoguseid 80–95 %.

Eesmärkide täpseks määratlemiseks ja nende saavutamise juriidiliseks tagamiseks jõustati mitu uut õigusakti, neist ühega (nn taastuvenergia direktiiv – 2009/28/EÜ) sätestati liikmesmaadele riiklikud eesmärgid seoses taastuvatest energiaallikatest toodetava energia osakaaluga lõpptarbimises aastal 2020. Taastuvenergia üldise taseme osas kinnitati eraldi eesmärgid igale liikmesriigile. Eesti eesmärgiks on 25% nn brutolõpptarbimisest. Samal ajal lisati direktiivi 98/70/EÜ (kütusekvaliteedi direktiiv) muudatusega kohustuslik eesmärk vähendada 2020. aastaks maanteetranspordi ja väljaspool teid kasutatavate liikurmasinate kütuste kasvuhoonegaaside heitemahukust 6% võrra.

Siinkohal tuleb märkida, et Euroopa Ülemkogu poolt transpordikütuste kohta antud suunistes ja ka direktiivi 2009/28/EÜ preambulas on rõhutatud, et biokütusealase eesmärgi siduv olemus on asjakohane eeldusel, et tootmine on säästlik ja müügile jõuavad teise põlvkonna biokütused. Kuid direktiiviga pandud siduva eesmärgi juures selle sõltuvust teise põlvkonna biokütuste kasutamisest märgitud ei ole. Artikkel 3(4) sätestab:

> *Liikmesriik tagab, et taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaal kõikides transpordiliikides on 2020. aastal vähemalt 10% energia lõpptarbimisest transpordisektoris selles liikmesriigis.*

Märtsis 2010. a avaldati järgmine oluline liidu üldist arengut suunav dokument *Aruka, jätkusuutliku ja kaasava majanduskasvu strateegia „Euroopa 2020"* (COM (2010) 2020), mille juhtalgatuste „Ressursitõhus Euroopa" ja „Innovatiivne liit" eesmärgiks on leida lahendus ühiskondlikele probleemidele, nagu kliimamuutused, energia- ja ressursinappus, suurendada konkurentsivõimet ning saavutada ressursside ja energia tõhusama kasutamise abil energiajulgeolek.

Lähtudes seatud üldeesmärkidest koostati 2011. aastal nn valge raamat *Euroopa ühtse transpordipiirkonna tegevuskava – Konkurentsivõimelise ja ressursitõhusa transpordisüsteemi suunas* (COM (2011) 144), milles kutsuti vabanema transpordi naftasõltuvusest ja seati eesmärgiks vähendada transpordist tulenevaid kasvuhoonegaaside heiteid 2050. aastaks 60%. Valges raamatus anti teada, et komisjon töötab välja „säästvate

alternatiivkütuste strateegia, mis hõlmab ka asjaomast infrastruktuuri" (24. algatus) ja koostab „tankimiseks vajalikke infrastruktuure käsitlevad suunised ja normid" (26. algatus).

Nende tegevuste tulemused on kajastatud jaanuaris 2013 avaldatud teatises (COM (2013) 17), milles EK esitas alternatiivkütuste Euroopa strateegia põhiteesid – transpordisektoris tuleks asendada nafta järk-järgult alternatiivkütustega ja luua vajalik taristu. See võimaldaks nafta impordi arvelt säästa 2020. aastal 4,2 miljardit eurot ning 2030. aastaks kasvaks iga-aastane kokkuhoid 9,3 miljardi euroni.

Strateegias rõhutatakse, et maagaas pakub transpordisektorile pikaajalist tarnekindlust ja võimaldab mitmekesistada transpordikütuste valikut. Märgitakse, et lisaks on maagaasil märkimisväärseid keskkonnaeeliseid, eriti kui seda segatakse biometaaniga ja minimeeritakse kontrollimatu heide.

Tõdetakse, et maagaasiga (surumaagaasiga, *CNG*) töötavate sõidukite tehnoloogia on laialdaseks kasutamiseks piisavalt küps – Euroopa teedel sõidab ligikaudu üks miljon sellist sõidukit ning tanklaid on ligikaudu 3000. Täiendavaid tanklaid võiks hõlpsasti varustada Euroopat tihedalt katvast maagaasi tarnevõrgust eeldusel, et gaasi kvaliteet on surumaagaasiga töötavate sõidukite jaoks piisav. Surumaagaasiga töötavad sõidukid on vähesaastavad ning seepärast on nad linnaliinibusside, eriotstarbeliste veoautode ja taksodena kiirelt kasutust leidnud. Vaid gaasiga sõitvad optimeeritud sõidukid võivad olla väga energiatõhusad. Eeldatakse, et eraõiguslike algatuste toel areneb välja majanduslikult elujõuline turg, sest surumaagaasiga töötavad sõidukid konkureerivad nii hinna kui ka jõudluse mõttes tavasõidukitega ning maagaas on odavam kui bensiin või diislikütus. Siiski peetakse avaliku sektori sekkumist vajalikuks, et vältida ELi tasandil killustunud turu tekkimist ja tagada surumaagaasiga töötavatele sõidukitele liikuvus kogu ELis.

Teatisega koos esitati õigusakti (direktiivi) ettepanek (COM (2013) 18), mis sisaldab üldisi suuniseid alternatiivkütuste arendamise kohta Euroopa ühtses transpordipiirkonnas. Direktiivi ettepanekus sätestatakse alternatiivkütuste turu arendamise riiklike poliitikaraamistike kehtestamise ja alternatiivkütuste miinimumtaristu rajamise nõuded, sealhulgas ühiste tehniliste kirjelduste rakendamine. Taristu miinimumulatus soovitakse muuta kohustuslikuks elektri, vesiniku ja maagaasi (veeldatud ja surumaagaas) puhul, mis aitab saavutada nende alternatiivkütuste heakskiitmist tarbijate poolt (turustamine) ning tehnoloogia arendamise ja kasutamise jätkamist ettevõtjate poolt. Liikmesriikidele jääb võimalus kujundada paindlikult välja oma riigi tingimustele sobiv poliitiline raamistik alternatiivkütuste turu arendamiseks. Ettepanekus seatakse siduvad eesmärgid vajaliku taristu loomiseks, kaasa arvatud ühised tehnilised kirjeldused.

Transpordis kasutatava surumaagaasi osas peaks direktiiv ettepaneku kohaselt sätestama, et liikmesriigid tagavad hiljemalt 31. detsembriks 2020 piisava arvu üldkasutatavate tanklate olemasolu nii, et nende vaheline maksimumkaugus on 150 km tagamaks surumaagaasil töötavatele sõidukitele võimaluse kogu liidu ulatuses ringi liikuda. Lisaks peavad hiljemalt 31. detsembriks 2015 kõik mootorsõidukite surumaagaasi tanklad vastama järgmistele tehnilistele tingimustele:

- surumaagaasi tanklad ning veeldatud gaasi ja surumaagaasi tanklad asjakohasele EN standardile (võetakse vastu 2014. aastaks);
- surumaagaasi tankimispesad ja surumaagaasi mahutid peavad vastama UN/ECE eeskirjale nr 110 (milles viidatakse standardi ISO 14469 I ja II osale).

Siinkohal tuleb märkida, et direktiivi ettepanekus pakutava surugaasi kvaliteedi osas viiteid standardile ei sisaldu, sätestatakse ainult, et pakutav gaas peab olema sellise kvaliteediga, mis on vajalik olemasolevate ja kõrgtehnoloogiliste surumaagaasisõidukite kasutamiseks.

4.2. Biogaasiga seonduv EL õigusaktides

Direktiiv 2009/28/EÜ taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta määratleb (artikkel 2 punkt i) biokütuse kui transpordis kasutatava vedel- või gaaskütuse, mis on toodetud biomassist. Seega, kui biogaasi (biometaani) kasutatakse transpordis, siis on ta gaasiline biokütus ja kuulub antud direktiivi regulatsioonide alla. Sama direktiivi artikkel 16 sätestab gaasivõrkude osas: liikmesriigid peavad tagama, et ülekande- ja jaotustariifide määramine ei ole diskrimineeriv taastuvatest energiaallikatest toodetud gaasi suhtes. Sätestatakse ka, et vajaduse korral hindavad liikmesriigid gaasivõrgu infrastruktuuri laiendamise vajadust hõlbustamaks taastuvatest energiaallikatest toodetud gaasi kaasamist. Sama artikli lõikes 10 sätestatakse, et vajaduse korral nõuavad liikmesriigid, et nende territooriumil asuvad ülekande- ja jaotusvõrguettevõtjad avalikustaksid tehnilised eeskirjad, mis sisaldavad nõudeid gaasi kvaliteedi, lõhnastamise ja surve kohta. Liikmesriigid nõuavad samuti, et ülekande- ja jaotusvõrguettevõtjad avalikustaksid taastuvate gaasiallikate võrku ühendamise tariifid, mis põhineksid läbipaistvatel ja mittediskrimineerivatel standarditel. Seetõttu kehtivad direktiivi nõuded ka maagaasivõrku antava biogaasi (biometaani) kohta.

Direktiiv maagaasi siseturu kohta 2009/73/EÜ, nagu ka sellele eelnenud vastav direktiiv (2003/55/EÜ), rõhutab et liikmesriigid peaksid võtma konkreetseid meetmeid, aitamaks kaasa biogaasi ja biomassist saadud gaasi laiemale levikule. Samuti tuleks nende tootjatele tagada mittediskrimineeriv juurdepääs gaasivõrgule, tingimusel et see juurdepääs on pidevalt vastavuses asjakohaste tehniliste eeskirjade ja ohutusnõuetega. Seejuures sätestatakse konkreetselt (artikkel 1), et direktiivis kehtestatavad eeskirjad maagaasi, sealhulgas veeldatud maagaasi kohta kehtivad ka mittediskrimineerival viisil biogaasile, biomassist saadavale gaasile ja muud liiki gaasile sel määral, kui neid gaase saab tehniliselt ja ohutult juhtida maagaasivõrku ja selle kaudu transportida.

Biogaasiga otseselt ei seondu Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus nr 715/2009 maagaasi ülekandevõrkudele juurdepääsu tingimuste kohta, kuid selle üldistest sätetest tuleb lähtuda kui kavandatakse biometaani andmist maagaasi põhivõrku.

Biogaasiga tootmisega on osaliselt seotud jäätmeid käsitlevas direktiivis 2008/98/EÜ sätestatu. See direktiiv defineerib mitmed olulised jäätmetega seotud mõisted (nt korduskasutamine, kõrvaldamine, ringlussevõtt, taaskasutamine, töötlemine jm) ja sätestab nn jäätmehierarhia, mida kohaldatakse kui prioriteetide järjestust jäätmetekke vältimist ja jäätmete käitlemist käsitlevates õigusaktides ja poliitikas:

a) vältimine;
b) korduskasutamiseks ettevalmistamine;
c) ringlussevõtt;
d) muu taaskasutamine, nt energiakasutus, ning
e) kõrvaldamine.

Siinjuures tuleb pöörata tähelepanu jäätmete energiakasutuse kui taaskasutamise ühe liigi madalale asukohale prioriteetide reas.

Lisaks tuleb prügist biogaasi tootmise kavandamisel arvesse võtta prügiladirektiivi 1999/31/EÜ nõuet, mille kohaselt hiljemalt 15 aasta jooksul pärast direktiivi jõustumist (s.o alates 16.07.1999) tuleb liikmesriikidel vähendada prügilates ladestatavate biolagunevate olmejäätmete üldkogust 35 protsendini (massi järgi) võrreldes vastava kogusega 1995. aastal.

Kõigi regulatsioonide rakendamisel tuleb arvestada, et sõltumata sellest, kas biokütuse tooraine on viljeletud ühenduse territooriumil või väljaspool seda, läheb vastavalt direktiivile 2009/28/EÜ, biokütustest toodetud energia arvesse riiklike eesmärkide saavutamisel üksnes siis, kui need kütused vastavad lõigetes säästlikkuse kriteeriumidele. Direktiiv sätestab, et praegusel ajal peab nimetatud eesmärkidel arvesse võetud kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine tänu biokütuste ja vedelate biokütuste kasutamisele olema vähemalt 35%. Alates 1. jaanuarist 2017 suurendatakse seda vähenemise nõuet 50 protsendini ja alates 1. jaanuarist 2018 peab kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine olema vähemalt 60%. Viimast nõuet rakendatakse küll ainult nende biokütuste ja vedelate biokütuste osas, mis on toodetud käitistes, mis alustasid tootmist 1. jaanuaril 2017 või hiljem.

Viimastel aastatel on seoses biomassi säästlikkuse arvestamisega tõusnud teravalt päevakorda maakasutuse võimaliku muutumise arvestamine. Uuringud on näidanud, et maakasutuse kaudsest muutusest (*ILUC – indirect land use change*) tulenev heide võib erinevate lähteainete puhul suuresti erineda ja nullistada osaliselt või täielikult üksikute biokütustega saavutatud kasvuhoonegaaside heite vähendamise võrreldes nende poolt asendatavate fossiilsete kütuste heitega. Direktiivides 2009/28/EÜ (taastuvenergia direktiiv) ja 98/70/EÜ (kütusekvaliteedi direktiiv) on küll ette nähtud säästlikkuskriteeriumid, sealhulgas kasvuhoonegaaside heite vähendamise miinimumläved, kuid seejuures ei võeta arvesse maakasutuse kaudsest muutusest tulenevat maa süsinikuvaru muutust. Kuna direktiivides kutsutakse komisjoni üles koostama aruannet maakasutuse kaudse muutuse mõju kohta kasvuhoonegaaside heitele ja vajaduse korral soovitama meetmeid selle minimeerimiseks, siis võttis komisjon 22. detsembril 2010 vastu teatise[1], milles võetakse kokku selles valdkonnas alates 2008. aastast peetud arutelude ja tehtud analüüsi tulemused. Osutatud aruandes tegi komisjon kindlaks terve rea ebaselgeid asjaolusid ja piiranguid, mis esinevad maakasutuse kaudsest muutusest tuleneva mõju olemasolevate arvmudelite puhul ja nentis, et maakasutuse kaudne muutus võib kahandada kasvuhoonegaaside heite vähendamist, mis saavutatakse biokütustega, ning soovitas selle küsimuse lahendamisel lähtuda ettevaatusprintsiibist.

Oktoobris 2012 avaldati EK ettepanek[2] direktiivide 2009/28/EÜ ja 98/70/EÜ muutmise kohta, mille eesmärk on alustada üleminekut biokütustele, millega saab saavutada olulist kasvuhoonegaaside heite vähendamist ka siis, kui võetakse arvesse maakasutuse kaudsest muutusest tingitud heidet. Ettepaneku eesmärgiks on muu hulgas:

- piirata panust, mille tavalised biokütused (millega kaasneb maakasutuse kaudsest muutusest tingitud heite oht) annavad taastuvenergia direktiivis püstitatud eesmärkide saavutamisse;
- parandada täiustatud biokütuste (mille puhul maakasutuse kaudsest muutusest tingitud heide on väiksem) omaksvõttu turul, nii et taastuvenergia direktiivi eesmärkide saavutamiseks kasutataks suuremas ulatuses tavaliste asemel täiustatud biokütuseid;
- täiustada kasvuhoonegaaside heitest aruandmist nii, et liikmesriike ja kütusetarnijaid kohustatakse biokütuse puhul teatama maakasutuse kaudsest muutusest tingitud hinnangulist heidet.

Kuna ettepaneku eesmärgiks on ka kaitsta juba tehtud investeeringuid kuni aastani 2020, siis ei võeta selles seisukohta biokütuste rahalise toetamise tegelike vajaduste kohta enne aastat 2020. Samas arvab EK siiski, et pärast 2020. aastat ei tuleks subsideerida biokütuseid, mis ei

[1] COM(2010) 811.
[2] COM(2012) 595

anna olulist kasvuhoonegaaside heite vähendamist (kui võetakse arvesse ka maakasutuse kaudsest muutusest tingitud heidet) ja/või on toodetud toidu ja loomasöödana kasutatavatest põllukultuuridest.

Direktiivide muutmise ettepaneku peamised momendid, mis seostuvad käesoleva uuringuga, on võib kokku võtta järgmiselt:

- toidukultuuridest, näiteks teraviljast ja muudest rohkesti tärklist sisaldavatest põllukultuuridest, suhkru- ja õlikultuuridest valmistatud biokütuste ja vedelate biokütuste panust taastuvenergia direktiivi kohaste eesmärkide saavutamisse piiratakse tarbimise praeguse tasemega, seadmata piiranguid nende kogutarbimisele;
- kehtestatakse nõue anda aru maakasutuse kaudsest muutusest tuleneva süsinikuvaru muutusega seotud hinnangulise heite kohta, võttes aluseks parimad teaduslikud andmed, et arvutada biokütuste ja vedelate biokütuste kogu olelusringi jooksul saavutatav kasvuhoonegaaside heite vähendamine.

Tuleb märkida, et maakasutuse kaudsest muutusest tuleneva heite hinnangulist muutumist nähakse ette arvutada modelleerimisega, kuid see sõltub palju modelleerimise raamistikust ja eriti tehtud eeldustest ning sellest tulenevalt võivad tulemused oluliselt varieeruda.

Kokkuvõtteks tuleb märkida, et eelnimetatud ettepanekus esitatavate meetmetega piiratakse panust, mille saab taastuvenergia direktiivis sätestatud eesmärkide saavutamisse anda tavaliste biokütustega. Praeguseks ajaks ei ole nimetatud ettepanek veel vastu võetud ja seega on direktiivid 2009/28/EÜ ja 98/70/EÜ jõus endisel kujul.

4.3. Biogaasiga seonduv Eesti arengukavades ja õigusaktides

4.3.1. Arengukavad

Praegu kehtiv kõige üldisem energiavarustust käsitlev arengudokument on 2009. aastal Riigikogu poolt kinnitatud *Energiamajanduse riikliku arengukava aastani 2020* (EnMAK 2020). Biogaas selles otseselt käsitlemist ei leia. Seoses vajadusega hakata biokütuseid kasutama transpordis viidatakse firma HeiVäl Consulting poolt teostatud uuringule[3] tuues välja järgmised võimalikud meetmed biokütuse turu arendamisel:

- biokütuste vabastamine aktsiisist,
- kohustuslik biokütuse müügi nõue,
- kohustuslik biokütuste kasutamine ühistranspordis,
- biokütustele kohandatud busside ostmise toetamine,
- busside biokütusetanklate installeerimise toetamine,
- otsesed toetused biokütuse ja/või biomassi tootjatele proportsionaalselt toodangu mahuga,
- riigi toetused biokütuste infrastruktuuri ettevalmistamiseks.

[3] Transpordis kasutatavas kütuses biokütuse osatähtsuse suurendamiseks vajalikud meetmed

Seejuures märgitakse, et Eestis on puuduseks stabiilse nõudluse puudumine, biokütuste tooraine kõrge hind, konkureerimine toiduainetööstusega tooraine – rapsi – pärast ning infrastruktuuri puudumine 5- või 10%-liste biokütuste ettevalmistamiseks.

Juba 2007. aastal kiitis Vabariigi Valitsuse poolt heaks kiidetud *Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007– 2013*, mille eesmärgiks oli luua kodumaise biomassi ja bioenergia tootmise arenguks soodsad tingimused, et vähendada Eesti sõltuvust imporditavatest ressurssidest ja fossiilsetest kütustest ning vähendada survet looduskeskkonnale. Biogaas eraldi käsitlemist ei leia. Märgitakse ainult, et Eestis on senini täielikult uurimata rohelisest taimsest massist biogaasi tootmise võimalused. Biogaasi tootmine võimaldab kasutada olemasolevaid taimekasvatustehnoloogiaid ning säilitada avatud maastikku. Puudusena tuuakse esile suuremahuliste investeeringute vajadus. Teadus- ja arendustegevuse infrastruktuuri kohta märgitakse, et biogaasi uurimisssuundade baas arendatakse välja Eesti Maaülikoolis.

Vabariigi Valitsuse poolt 25.11.2010 kinnitatud *Eesti taastuvenergia tegevuskavas aastani 2020* (NREAP) märgitakse seoses biogaasiga, et taastuvatest energiaallikatest toodetud gaasile ei ole kehtestatud tehnilisi kvaliteedistandardeid, mistõttu ei ole võimalik seda võrku müüa. Ka seadusandlus ei käsitle taastuvallikatest toodetud gaasi müüki läbi gaasivõrgu. Samuti nenditakse, et biogaasi tootmiseks ja võrku müümiseks suuremas mahus pole siiani piisavalt ressursse leitud. Üldjuhul tarbitakse toodetud biogaas kohapealseteks vajadusteks ning biogaasi tootjatel on seni puudunud huvi biometaani tootmiseks. Eesmärgina fikseeritakse, et direktiivi 2009/28/EÜ harmoneerimise käigus vaadatakse läbi küsimus biogaasi maagaasi võrku lubamisest.

Kavandatud põhiliste meetmete hulgas, mis aitaksid arendada soojuse tootmist taastuvatest energiaallikatest käsitleb biogaasi tegevus 4.4.2:

TEGEVUS 4.4.2	**Soodustada biogaasi tootmist ja tarbimist**	
MEETME TAUST	Biogaasi tootvate farmide, ettevõtete toetamine taastuvenergiat tootvate ettevõtete toetamiseks on käivitatud vaid meetmed elektriturul. Samas on teiste maade kogemus näidanud, et biogaas on väärtuslikuks ressursiks ka transpordikütusena.	
TULEMUSNÄITAJAD	Töötatud välja meetmed biogaasi kasutamise laiendamiseks ning biogaasist saadakse 0.5 PJ aastas	
OLULISEMAD TEGEVUSED	- biogaasile pakutavate toetusvõimaluste analüüs - jätkata investeeringute toetatamist sõnnikuhoidlatesse juhul, kui ehitusprojekt ja äriplaan sisaldavad loomakasvatusehitise juures paikneva sõnnikust tekkiva biogaasi tootmiseks valmistatava käitise projekti ja maksumust (MAKi meetme 1.4.2 “Investeeringud loomakasvatusehitistesse” raames)	
	Tulemused ja näidikud	**Sihtväärtus ja tähtaeg**
VÄLJUNDNÄITAJAD	Suurenenud biogaasi pakkumine energeetika valdkonda	Biogaasist toodetava energia aastal 2020 moodustab 0.5 PJ
VASTUTAJAD	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Põllumajandusministeerium, (koostöös Rahandusministeeriumiga)	
RAHASTAMINE	Maaelu Arengu Euroopa Põllumajandusfondi (EAFRD)	

Biokütuste tootmist ja nende transpordis kasutamist käsitleb kavandatud tegevus 4.5.4:

TEGEVUS 4.5.4	**Alternatiivsete taastuvate energiaallikate kasutamine transpordis**

MEETME TAUST	Elektril, biogaasil ja muid[4] taastuvaid energiaallikaid kasutavate sõidukite kütusevajadus katab hetke hinnangutel väga väike osa transpordis kasutatavatest kütustest. Tehnoloogia arenedes tõuseb alternatiivseid energiaallikaid kasutavate autode osakaal.	
TULEMUSNÄITAJAD	1% transpordis kasutatavatest energiast on alternatiivsetest taastuvatest allikatest	
OLULISEMAD TEGEVUSED	- analüüsi läbiviimine alternatiivsete taastuvate kütuste kasutamise arendamiseks transpordisektoris - elektriautode laadimiskohtade infrastruktuuride väljaarendamine - teavitustegevused - muude alternatiivsete taastuvaid energiaallikaid kasutavate sõidukite kasutamise laiendamisele suunatud meetmete ja rahastamisskeemi väljatöötamine (2012) ning rakendamine	
	Tulemused ja näidikud	**Sihtväärtus ja tähtaeg**
VÄLJUNDNÄITAJAD	Analüüsi tulemusel meetmed kavandatud	2013
	1% transpordis kasutatavatest kütustest on alternatiivsetest allikatest	2020
VASTUTAJAD	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, KOV-d, KENA, tanklakettide operaatorid	
RAHASTAMINE	Skeemi väljatöötamine MKM, meetmete rahastamine vastavalt skeemile	

Biogaasi kasutamise arendamisega transpordis on kaudsemalt seotud ka tegevused:

4.5.2 Ühistranspordi üleviimine taastuvenergiale;

4.5.4 Sõidukite kasutamise struktuuri mõjutamine.

Üldiselt tuuakse NREAP-is energiakultuuride ressursi osas välja, et Eestis on senini täielikult uurimata rohelisest taimsest massist biogaasi tootmise võimalused. Viidatakse, et loodushoiu eesmärkidel niidetavate maa-alade biomass sobib kasutamiseks eelkõige väiketootmises kas biogaasi tootmiseks või põletamiseks. Mainitakse, et perspektiivikaks võib osutuda päideroo kasutamine biogaasi tootmiseks. Samas rõhutatakse, et suuremamahulist kasutamist piirab madal saagikus võrreldes põllukultuuridega ning sellest tulenev suur transpordikulu.

Lisaks riiklikele arengukavadele on ka vabaühendused koostatud ja esitanud oma visiooni energiavarustuse võimalikust arengust Eestis. Eesti Taastuvenergia Koja ja Eesti Keskkonnaühenduste Koja koostöös valmis 2012. aastal kava *Taastuvenergia 100% - üleminek puhtale energiale* (TE100), mille eesmärgiks on näidata, et Eesti elektri- ja soojusmajanduses on võimalik 2030. aastaks üle minna 100%-liselt taastuvale energiale. Seega esitati visioonina üks võimalikest arengusuundadest Eesti energiasektoris.

TE100 kohaselt on 100% üleminek taastuvenergiale aastaks 2030 Eesti elektri- ja soojamajanduses majanduslikult otstarbekas ning tehniliselt võimalik. Nenditakse, et biomassi ja biogaasi koostootmise potentsiaal on suures osas veel kasutamata. Biogaasi potentsiaal hinnatakse koosnevat järgmistest allikatest: 30% poollooduslikelt rohumaadelt niidetud heinast, 20% kasutamata põllumaadelt saadavast silost, 5% haritavalt maalt saadavast silost, 80% prügilagaasist, 80% reoveemudast, 75% kogu tekkivast sõnnikust ja lägast ning 80%

[4] välja arvatud biodiislikütus ja bioetanool

biojäätmetest (toiduainetööstus, köögi- ja sööklajäätmed) kasutatakse ära biogaasi tootmiseks. Sellisel juhul hinnatakse biogaasi aastaseks ressursiks 480 mln Nm^3. Kuna sellise kava elluviimine eeldab suuri investeeringuid, siis nende tagamiseks tuleb luua investeeringuid soosiv ja ligitõmbav ettevõtluskeskkond. Seega, TE100 kohaselt on 100% üleminek taastuvenergiale Eestis võimalik, kui riik loob sobivad investeerimistingimused ning viib energiatootjate tegutsemiskeskkonna võrdsetele alustele.

Praegu Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt koostamise lõppjärgus olevas *Transpordi arengukava 2014–2020* (TAK 2014-2020) eelnõus on 4. alaeesmärgi „Transpordi keskkonnamõjude vähenemine“ all esitatud meede 4.1 „Taastuvate kütuste kasutamise soodustamine teetranspordis“, milles sisalduvad järgmised seisukohad:

4.1.1 Eelistatud on biometaani ja elektri kasutamine transpordis;

4.1.2 Biometaani tootmist ja kasutamist edendatakse vastava taristu rajamise ja ühistranspordi veeremi kasutuselevõtu toetamisega.

TAK 2014-2020 eelnõus rõhutati, et nn alternatiivsete kütuste kasutamise peamine rõhk on 2020. a perspektiivis biometaani kasutuselevõtul. Esimeses faasis on soovitatav surugaasibusside kasutuselevõtt, mis aitaks luua kriitilise nõudluse gaasi järele ning soodustaks seeläbi teiste gaasil töötavate maanteesõidukite turupõhist kasutuselevõttu ja seejärel biometaanile üleminekut.

TAK 2014-2020 keskkonnamõju strateegilise hindamise (KMSH) aruandes rõhutatakse, et biometaani tootmise ja kasutamise soodustamisel transpordis on eeldatavalt suur mõju maakasutusele, sest suurem osa Eesti biometaani potentsiaalist on põllumajandusliku päritoluga. Samas märgitakse, et see mõju ei pruugi olla negatiivse iseloomuga, vaid biometaanisektori arendamisega kaasneb eeldatavalt lisaväärtuse tootmise võimalus ning tõuseb motivatsioon parandada olemasolevate põllumaade kvaliteeti ja võtta kasutusele seni kasutusest väljas olevaid põllumassiive. Samas KMSH aruandes märgitakse, et arvestades hetkel ühistranspordis kasutatavaid kütusekoguseid ja bussipargi uuendamise kiirust, ei ole tõenäoline, et kogu Eestis toodetav biometaan suudetakse ühistranspordis ära kasutada ja soovitatakse luua riiklikul tasandil motivatsiooni edendamaks gaasiautode kasutuselevõtmist ka eraisikute hulgas.

Kuna nii Eesti energeetikas kui kogu majanduses on viimastel aastatel toimunud olulisi muutusi, siis on tekkinud vajadus koostada energiamajanduse valdkonna jaoks uus kaasajastatud arengukava. *Energiamajanduse arengukava aastani 2030* (EnMAK2030) koostamise ettepanekus tuuakse välja energiamajandusega seotud probleemid erinevates majandusvaldkondades, arengukavas käsitletavad stsenaariumid, stsenaariumide võrdlemise ja mõju hindamise põhimõtted, näidatakse arengukava koostamise põhimõtted ja ajakava, samuti arengukava koostamise korraldus ja arengukava ulatus.

EnMAK2030 on kavandatud asendama järgmisi praegu kehtivaid arengukavu:

- Eesti elektrimajanduse arengukava aastani 2018;
- Biomassi ja bioenergia kasutamise edendamise arengukava aastateks 2007-2013;
- Eesti eluasemevaldkonna arengukava 2008-2013.

Koostamisel olev EnMAK2030 peab ka määrama lähtekohad arengukavadele, mida tuleb EL õigusest tulenevalt esitada Euroopa Komisjonile: taastuvenergia tegevuskava taastuvenergia direktiivi 2009/28/EÜ alusel; energiasäästu tegevuskava ja hoonete renoveerimise kava energiasäästudirektiivi 2012/27/EL alusel.

4.3.2. Õigusaktid

Eesti õigusaktide analüüs (seisuga 15. oktoober 2013) näitab, et terminit 'biogaas' on kasutatud kahes seaduses ja seitsmes määruses.

Olulisimaks võib lugeda maagaasiseaduses alates 8. juulist 2012. a kehtima hakanud muudatust (§1 (1^1)), mis sätestab, et seaduses sätestatud nõuded gaasi, sealhulgas veeldatud maagaasi kohta kehtivad ka biogaasile, biomassist saadavale gaasile ja muud liiki gaasile, kui need vastavad gaasi kvaliteedinõuetele ning neid saab tehniliselt ja ohutult sisestada gaasivõrku ja selle kaudu edastada.

Elektrituruseaduses on biogaasi mainitud samuti ainult ühel korral, seda taastuvate energiaallikate määratluses (§57 (1)), mis on vajalik seoses põhivõrguettevõtjalt toetuse saamise tingimuste sätestamisega.

Määrustes on biogaasi enamikul juhtudel nimetatud ainult seoses seadmete tehniliste tingimuste, ühel juhul seoses bioenergia tootmise investeeringutoetuse saamise nõuetega. Ühelgi õigusaktides mainimise juhul ei ole antud biogaasi määratlust ega viidatud standarditele või muudele normdokumentidele.

Vedelkütuse seaduses (VKS) biogaasi kui gaasilises olekus kütust ei käsitleta, vedelgaasiga seonduvat aga reguleeritakse. Seejuures määratleb VKS (§2) vedelkütuse kui vedela põlevaine, mida saab kasutada energiaallikana soojusjõumasinates ja muudes selleks sobivates energiamuundamisseadmetes, samuti kui mootorsõidukites kasutatava vedelgaasi, mis standardtingimustel, s.o rõhul 0,1 MPa ja temperatuuril 15 °C, on gaasilises olekus. Sama seaduse alusel jõustatud majandus- ja kommunikatsiooniministri määrus nr 16 (17.03.2010) vedelkütuse nõuete kohta defineerib (§1) biokütuse kui transpordis kasutatava biomassist toodetud kütuse, sealhulgas biodiislikütus, mida saab kasutada puhta kütusena või segatuna bensiinis või diislikütuses. Samas määruses (§2) on biomass määratletud kui põllumajandusest, sealhulgas taimsed ja loomsed ained, metsatööstusest ja sellega seotud tootmisest, samuti kalandusest ja vesiviljelusest pärit bioloogilise päritoluga toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunev fraktsioon ning tööstus- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunev fraktsioon. Siiski tuleb arvestada, et seni on tegemist vedelkütuseid käsitlevate õigusaktidega.

Eelpoolkirjeldatud olukorras on oodata muutusi seoses ettevalmistamisel oleva VKS muutmise seadusega. MKM poolt ette valmistatud vastav eelnõu on kooskõlastusringil. Seaduses kasutatavate mõistete määratlusi (§2 lõiget 1) täiendatakse järgmiste definitsioonidega[5]:

- biokütus on transpordis kasutatav vedel- või gaaskütus, mis on toodetud biomassist;
- biomass on põllumajandusest, sealhulgas taimsed ja loomsed ained, metsatööstusest ja sellega seotud tootmisest, samuti kalandusest ja vesiviljelusest pärit bioloogilise päritoluga toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunev fraktsioon ning tööstus- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunev fraktsioon.

Biogaasi aspektist on tegemist olulise muutusega Eesti õigustikus. Nimelt on tegemist küll vedelkütuse seaduse muutmisega, kuid uue sättena tuuakse sisse biokütuse määratlus, mis hõlmab ka biogaasi mõistet, kuid seda siiski ainult juhul, kui seda biokütust kasutatakse transpordis.

[5] Nii biokütuse kui biomassi määratlus vastab täpselt direktiivis 2009/28/EÜ sätestatule

Arvestades eespoolnimetatud biogaasi hõlmavat biokütuse määratlust, on biogaasi tootmise ja kasutamise arendamise aspektist väga oluline mootorikütuse tarnijatele pandav kohustus biokütuse osatähtsuse kohta tarnitavas kütuste kogumahus. VKS muutmise seaduse eelnõu sätestab:

> *Biokütuse koguenergia osakaal tarnija poolt tarbimisse lubatud bensiini, diislikütuse ja biokütuse koguenergias peab olema:*
>
> 1) *aastal 2016 minimaalselt 5%;*
> 2) *aastatel 2017 ja 2018 minimaalselt 7%;*
> 3) *aastal 2019 minimaalselt 9%;*
> 4) *alates aastast 2020 minimaalselt 10%.*

Oluline on samuti säte, mille kohaselt jäätmetest ja jääkidest toodetud biokütuse ning toiduks mittekasutatavatest tselluloosmaterjalidest ja lignotselluloosist toodetud biokütuse energiasisaldus võetakse kohustuse täitmisel arvesse mitmekordsena (kavandatult kahekordselt). Seejuures peab nimetatud kohustuse täitmiseks arvesse võetav biokütus vastama välisõhu kaitse seaduse alusel sätestatud säästlikkuse kriteeriumitele.

4.4. Biogaasi omadused ja nende standardimine

Kütuste tootmise ja kasutamise enamik aspekte eeldavad vastavate standardite järgimist. Standardid võivad olla rahvusvahelised või/ja rahvuslikud (riiklikud). Paljudel juhtudel kehtestavad riigid oma standardid vastavate rahvusvaheliste standardite alusel, sageli viimaseid muutmata kujul üle võttes. Vajaliku standardi globaalse (ISO) või rahvusvahelise (Euroopas EN) dokumendi puudumisel võidakse juhinduda ka teiste riikide rahvuslikest standarditest. Tuleb arvestada, et rahvuslikud standardid võivad omavahel erineda ja sageli on ka rahvusvahelistesse standarditesse jäetud võimalus võtta arvesse kohalikke tingimusi, nt kohaliku kliima mõju.

Biogaasi puhastamine ja vääristamine biometaaniks ning sisestamine maagaasivõrku suurendab biogaasi turupotentsiaali oluliselt, sest seetõttu tekib biogaasi (biometaanina) kasutamise võimalus sisuliselt kõigil gaasivõrku ühendatud tarbijatel. 2012. aastal sisestati biometaani maagaasivõrku kümnes EL riigis: Austria, Prantsusmaa, Saksamaa, Ungari, Itaalia, Norra, Holland, Rootsi, Šveits ja Ühendatud Kuningriik. Viimasel ajal on biometaani võrku andmine eriti suurenenud Saksamaal, Hollandis ja Rootsis. Võrku andmise eelduseks on gaasi kvaliteedi ja omaduste kohta kehtestatud nõuete täitmine biogaasi tootja poolt. Mitme riigi praktika näitab, et põhiliseks on küttevääртuse ja Wobbe'i arvu tagamine, kuid täita tuleb kõiki maagaasile kehtestatud nõudeid. Kuna ka maagaasi kvaliteedi kohta ei ole veel kehtestatud ühtset rahvusvahelist standardit, siis lähtutakse riiklikest standarditest. Maagaasivõrku antava gaasi kohta kehtestatud Austria, Hollandi, Prantsusmaa, Rootsi, Saksamaa ja Šveitsi riiklike standardite võrdlus näitab, et põhiliste parameetrite (süsinikdioksiidi, vesiniksulfiidi ja veesisaldus, Wobbe arv, kütteväärtus) piirväärtuste osas on nõudmised küllaltki sarnased. Võrku andmisel tuleb biometaan ka odoreerida, vajadusel lisatakse propaani.

Erinevusi riikides kehtestatud nõudmiste vahel esineb spetsiifiliste komponentide sisalduse osas, mis põhiliselt sõltuvad biometaani tootmiseks kasutatud toormaterjalist. Mõnel juhul kasutatakse ka tehniliste tingimuste täpsemat fikseerimist kahepoolsetes lepingutes võrguhaldaja ja biometaani võrku tarnija vahel. Eestis peab tootja biometaani maagaasivõrku andmiseks järgima maagaasi ülekandeteenust osutava ettevõtte AS EG Võrguteenus poolt koostatud ametkondliku standardi EGV-TS 9: 2011 (Võrgugaasi kvaliteet) nõudeid, mille koostamisel on omakorda lähtutud mitmete EN, ISO standardite nõuetest.

Teise suurema võimalusena saab biogaasi kasutada mootorikütusena. Surugaasi kasutatakse Euroopas ligikaudu 1,85 mln sõidukis (s.h 1,1 mln EL28-s), leviku osas on esirinnas Itaalia, Saksamaa, Rootsi, Austria ja Soome, ka nt Šveitsi ja Ukraina. Mootorikütusena kasutamise võimaluse võib kombineerida võrku andmisega või kasutada maagaasivõrgust sõltumatut tarnimist. Biometaani tarbitakse sellisel juhul sõidukites, mis saavad kütusena kasutada kas veeldatud (LNG) või surve alla viidud (CNG) maagaasi. Vastavalt kasutatakse siis kas surubiometaani (CBM, ka CBG) või veeldatud biometaani (LBM).

Liikluses kasutatavaid gaaskütuseid käsitlevatest standarditest on olulisim surumaagaasi (CNG) omadusi reglementeeriv EN ISO 15403, mis on Rahvusvahelise Standardimisorganisatsiooni (ISO) ja Euroopa Standardimiskomitee (CEN) ühine standard. Lisaks on olemas ka Euroopa standard surumaagaasi sõidukites kasutamise kohta (EN 13423:2000). Saksamaal on normdokumendina kasutusel põhiliselt DIN 51624. Riiklikest standarditest saab siinkohal märkida veel SAE J1616 USA-s. Veeldatud maagaasi (LNG) kasutamist raskeveokites käsitleb USA-s SAE J2343. Seni ainus standard mootorkütusena kasutatava biogaasi (CBG) kohta on olemas Rootsis – SS 155438[6]. Küllaltki tavaline on CNG standardite rakendamine ka CBG jaoks. Sellisel juhul ei saa aga arvesse võtta biogaasi ja selle tootmise iseärasusi.

Mitmes Euroopa riigis, kus biogaasi suuremas koguses toodetakse, toimub juba aastaid nii biometaani kasutamine transpordis, kui selle andmine maagaasi torustikku. Samas peetakse nendes riikides biometaani kasutamise arengu takistuseks vastavate rahvusvaheliste standardite puudumist. Seetõttu on kasutusel vastava riigi oma normid ja standardid.

EL gaasiturg avati 2007. aastal, sellega seoses tõstatus maagaasi omaduste harmoniseeritud standardimise vajadus teravalt esile. 2010. a lõpul andis Euroopa Komisjon (EK) välja mandaadi (M/475; 08.11.2010), mille aluse alustas Euroopa Standardimiskomitee (CEN) ettevalmistusi kahe olulise dokumendi koostamiseks:

- Euroopa standard mootorsõidukites kasutatava biometaani kvaliteedi kohta;
- Euroopa norm või tehniline spetsifikatsioon maagaasivõrku sisestatava biometaani kvaliteedi kohta.

Vastava töö tegemiseks loodi CEN-is tehniline komisjon (CEN/TC 408), mis omakorda moodustas kolm ekspertgruppi. Koostatavate dokumentide esimesed kavandid valmisid 2013. a lõpuks. Praeguseks on olemas Euroopa standardikavandid[7], mis käsitlevad vastavalt biometaani sisestamist maagaasi võrku (prEN 16723-1) ja kasutamist autokütusena (prEN 16723-2). Nende kavandite kohta kogutakse huvitatud osapoolte seisukohti. Lõplik valmimine on praeguste kavade kohaselt planeeritud 2015. a aprillikuusse. Kommentaarina võib öelda, et kooskõlastamist vajavaid probleeme on palju ja mitmed nendest on seotud ka rahvusvahelise standardi puudumisega maagaasi kvaliteedi kohta.

Seejuures oli EK juba kolm aastat varem andnud mandaadi (M/400; 16.01.2007) maagaasi kvaliteedi standardi koostamise kohta, tehes seda lähtuvalt direktiivist 2003/55/EÜ. Mandaadi täitmiseks moodustati tehniline komisjon CEN/TC 234, mille raames organiseeriti 11 töögruppi. Käsitletakse ainult kõrgema kvaliteediga maagaasi (nn H-rühma kütus; *H-gas*) omadusi. Algselt oli kavas jõuda standardimisega lõpule viie aasta jooksul, kuid see pole praeguseni õnnestunud. Probleeme on tekitanud nii olulised lahknevused erinevate riikide normdokumentides kui ka vajadus teha tihedat koostööd CEN-i mitme teise tehnilise

[6] Tegelikult lähtutakse sama standardi nõuetest ka biometaani andmisel maagaasivõrku
[7] Natural gas and biomethane for use in transport and biomethane for injection in the natural gas network

komisjoniga, algul eriti CEN/TC 19 (Kütused) ja CEN/TC 234 (Gaasi infrastruktuur), hiljem ka eelmainitud biogaasi komisjoniga (CEN/TC 408).

Seniks kuni puudub standardi (EN) tasemel dokument, võidakse CENi poolt välja anda tehniline spetsifikatsioon (CEN/TS). Tehnilise spetsifikatsiooni koostab CEN tehniline komitee ja see kiidetakse heaks CEN rahvuslike liikmete (standardiorganisatsioonide) poolt, kes teevad need ka kättesaadavaks. TS'i koostanud tehniline komitee võib määrata tähtaja, kui kaua TS kehtib või millal tuleb TS uuesti üle vaadata. Võrdlevaks näiteks võib olla tahkete biokütuste tehnilise komitee CEN/TC 335 poolt 2005. aastal avaldatud tehniline spetsifikatsioon CEN/TS 14961, millele hiljem järgnes juba viis standardit, nt 2010. a EN 14961-1 (Tahked biokütused. Kütuste spetsifikatsioon ja klassid. Osa 1: Üldised nõuded) jne.

Eestis, nagu ka paljudes teistes riikides, lähtutakse transpordis kasutatava maagaasi kvaliteedinõuete osas põhiliselt rahvusvahelisest standardist ISO 15403-1:2008 (Eesti standardina ümbertrükitult EVS-EN ISO 15403-1:2008 – *Natural gas - Natural gas for use as a compressed fuel for vehicles - Part 1: Designation of the quality*). Lisaks on arvestatakse Eestis ka Saksamaa normdokumendi DIN 51624 nõuetega. Ümbertrüki meetodil, s.t tõlkimata kujul, on Eestis üle võetud ka Euroopa standard EN 13423:2000 (Eesti standardina EVS-EN 13423:2001 – *Compressed natural gas vehicle operations*).

Selline olukord nii biogaasi kui ka maagaasi standardimisel ja biogaasi laialdasem tootmine ning kasutamine on tinginud vajaduse korrastada ka Eesti õigusakte. Praegu on ettevalmistamisel (kooskõlastusringil) VKS muutmine eesmärgiga korrastada kütusele nõuete kehtestamise põhimõtteid ja viia need vastavusse toote nõuetele vastavuse seaduses sätestatud tehnilise normi ja standardi kehtestamise põhimõtetega. VKS muudatus sätestab, et kütus peab vastama nõuetele, mis lähtuvad selle kasutamise otstarbest, klimaatilistest tingimustest ja välisõhu kaitse seaduse alusel kehtestatud keskkonnanõuetest (§58 lõike 2) ning tagavad kütuse eesmärgipärasel kasutamisel seadmete optimaalse tehnilise sooritusvõime. Seejuures sätestatakse, et kütuse vastavust nõuetele tuleb eeldada, kui kütus vastab kehtivatele:

- Euroopa standardiorganisatsiooni standarditele;
- algupärastele Eesti standarditele;
- Euroopa standardiorganisatsiooni poolt avaldatud standarditega samaväärsetele tehnilistele spetsifikatsioonidele (CEN/TS).

Tuleb märkida, et standardite rakendamist sätestava praeguse regulatsiooni osas leidis õiguskantsler vastuolu põhiseadusega ning tegi 2012. a suvel riigikogule ettepaneku regulatsioon põhiseadusega kooskõlla viia. Vastavalt õiguskantsleri seisukohale seisneb toote nõuetele vastavuse seaduse (TNVS) vastuolu põhiseadusega selles, et kehtivas seaduses sätestatud standarditele viitamise reeglid (§42) ei ole ühemõttelised õigusaktis standardi kohustuslikuks tegemise osas. Kui õigusakt sisaldab kohustuslikku viidet standardile, on selle järgimine kohustuslik ent ligipääs standardile on piiratud – selle eest tuleb maksta tasu standardiorganisatsioonile. Vastavalt põhiseadusele saavad kohustuslikuks järgimiseks olla vaid õigusnormid, mis on kõigile tasuta kättesaadavad ning mis on vastuvõetud pädeva organi poolt vastava õigusliku menetluse käigus. Standard on aga dokument, mis on kaitstud autoriõigustega ning mille on vastu võtnud eraõiguslik organisatsioon.

Praegusel ajal on Riigikogu menetluses TNVS muutmise seadus (seaduseelnõu 403 SE, algatatud 25.03.2013). Kavandatava regulatsiooni kohaselt võib õigusaktis standardile teha kohustusliku viite ainult Eestile rahvusvahelisest õigusest või Euroopa Liidu õigusaktist tulenevate kohustuste täitmise vajaduse korral. Seega peab õigusaktis standardi

kohustuslikuks tegemine olema pigem erand kui reegel. Kohustuslikke standardeid tuleks kasutada eelkõige tehnilise ohutuse valdkonnas ning piirangu eesmärk on inimeste elu, tervise ja vara kaitse.

Antud töö kontekstis rõhutame, et lisaks tehnilisele vastavusele standarditele peab biokütuste tootmine olema säästev (jätkusuutlik, kestlik). Seepärast nõutakse, et kõik biokütused, s.h ka biogaas, mida kasutatakse sätestatud riiklike eesmärkide saavutamiseks, samuti biokütused, mis saavad abi riiklikest toetuskavadest, vastaksid säästlikkuse kriteeriumidele. Käesoleval ajal on Eestis kehtestatud säästlikkuskriteeriumid küll ainult vedelkütustele[8], kuid väga tõenäoline on analoogiliste kriteeriumide rakendamine ka biogaasile. EL vastavad nõuded on kehtestatud direktiiviga 2008/98/EÜ (vt eespool).

4.5 Biogaasi kui kütuse maksustamine

Kütuste kasutamise koguseid mõjutab ja tarbijate poolt kütuste vahel valiku tegemise üheks riigipoolseks majanduslikuks hoovaks on maksustamine. Kütuste osas on riigipoolseks mõjutusvahendiks aktsiisimaksud ja keskkonnatasud.

Vastavalt EL direktiivile 2003/96/EÜ kuuluvad mitmed kütused ja elektrienergia maksustamisele aktsiisimaksuga. Seejuures on maksustatav maagaas määratletud KN koodidega 2711 11 00 (maagaas – veeldatud) ja 2711 21 00 (maagaas – gaasiline). Eestis sätestab aktsiisiga maksustamise korra ja aktsiisimäärad *alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seadus* (ATKEAS).

Maksustamine eeldab kaupade, antud juhul kütuste, täpset klassifitseerimist, seetõttu käsitleme biogaasi liigitamisega seotud probleeme allpool täpsemalt. Eelnimetatud aktsiisiseaduses kasutusel olevad kütuse ja elektrienergia kaubakoodid põhinevad nõukogu määrusega 2658/87 kehtestatud kombineeritud nomenklatuuril (KN) seisuga 2002. aasta 1. jaanuar. Siinjuures tuleb märkida, et vastavalt komisjoni määrusele 1006/2011 (27. 09. 2011) muudeti alates 1. jaanuarist 2012. a tariifi- ja statistikanomenklatuuri ning ühist tollitariifistikku käsitleva nõukogu määruse 2658/87 I lisa, kus on esitatud KN koodid.

Biogaasi ega ka biometaani ATKEAS eraldi kaubana ei käsitle ega ka nimeta. Ühe põhjusena võib nimetada vastava KN koodi puudumist, kuid varem puudus ka vajadus olukorda täpsemalt käsitleda, kuna biogaasi tootmine toimus marginaalsetes kogustes. Biokütuse määratleb ATKEAS järgmiselt (§19 lg 14):

> *Biokütus käesoleva seaduse mõistes on kütus:*
>
> *1) mille KNi esimesed neli numbrit on 1507–1518;*
>
> *2) mis on valmistatud biomassist ja mille KNi kaheksa numbrit on 3824 90 55 või 3824 90 80–3824 90 99. Biomassina käsitatakse põllumajanduslikke tooteid, kaasa arvatud taimseid ja loomseid aineid, metsandusest saadud toodete, jäätmete ja jääkide bioloogiliselt lagunevat fraktsiooni ning tööstuse- ja olmejäätmete bioloogiliselt lagunevat fraktsiooni;*
>
> *3) mille KNi kaheksa numbrit on 2207 20 00 või 2905 11 00 ja mis ei ole sünteetilist päritolu.*
>
> *4) [kehtetu - RT I, 08.03.2012, 1 - jõust. 01.04.2012]*

[8] Vedelkütuste kohta esitatavad keskkonnanõuded, biokütuste säästlikkuse kriteeriumid, vedelkütuste keskkonnanõuetele vastavuse seire ja aruandmise kord ning biokütuste ja vedelate biokütuste kasutamisest tuleneva kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemise määramise metoodika. Keskkonnaministri määrus nr 45, 21.06.2013.

Alates 1 aprillist 2012 kehtetuks tunnistatud punkt 4 oleks jätnud biogaasi (biometaani) paindlikuma klassifitseerimise võimaluse, olles sõnastatud järgmiselt:

> *4) mis on valmistatud biomassist, sealhulgas kütus, mille KNi esimesed neli numbrit on 4401 või 4402.*

Tegelikult nimetatud muudatus maksustamist ei muutnud, kuna biokütustele EK loa alusel kehtinud aktsiisivabastus, mis lõppes 27. juulil 2011. a olles kehtinud alates 27. juulist 2005, ei hõlmanud biogaasi. Nimelt oli aktsiisivabastuse Eesti-poolses taotluskirjas (27.06.2005) märgitud, et maksuvabastust ei kohaldata biogaasi suhtes, sest seda Eestis mootorikütusena ei kasutata ja kütteks kasutamise korral ei ole aktsiisimaks selle suhtes kohaldatav[9].

Praeguseks on olukord muutunud ja seis biogaasi aktsiisiga maksustamise osas on selline, et biogaasi käsitletakse maagaasina, mida ATKEAS määratleb kui kütteainena kasutatavat gaasilises olekus kütust KN koodiga 2711 21 00. Seega tuleb biogaasi eest kütteainena tasuda maagaasi aktsiisimäära kohaselt 23,45 eurot 1000 m^3 gaasi kohta. Mootorikütusena kasutatav biogaas (biometaan) aktsiisiga maksustamisele ei kuulu[10].

Praegune (17.06.2014) olukord biogaasi ja maagaasi aktsiisiga maksustamise arengutega on järgmine. Valitsuskabineti 10.04.2014 nõupidamisel kiideti heaks riigi eelarvestrateegia 2015–2018, mis näeb ette maagaasi aktsiisimäära täiendava tõstmise nii 2015. kui ka 2016. ja 2017. aasta algusest. Nimetatud põhimõtted kajastuvad alkoholi-, tubaka-, kütuse- ja elektriaktsiisi seaduse ning vedelkütuse erimärgistamise seaduse muutmise seaduse eelnõus (682 SE), mis algatati Vabariigi Valitsuse poolt Riigikogus 2. juunil 2014. a. Eelnõu esimene lugemine lõpetati 11. juunil. Maagaasi uued aktsiisimäärad on eelnõus järgmised: 2015. a: 28,14; 2016. a: 33,77 ja 2017. a: 40,52 €/m^3 (alates vastava aasta 1. jaanuarist). Eelnõu seletuskirjas on määrade tõstmise põhjendusena toodud, et kehtiv aktsiisimäär on maagaasi energiasisaldust arvestades oluliselt madalam kui kergele kütteõlile kehtiv aktsiis. Samuti on eesmärgiks vähendada energiasõltuvust Venemaalt imporditavast maagaasist, vajadus suurendada taastuvate energiaallikate kasutamist ning vähendada kahjulike kõrvalmõjudega fossiilsete kütuste tarbimist.

Biogaasi võimaliku ja seni osaliselt vaidluse all oleva aktsiisiga maksustamise osas on eelnõus oluline uus säte – kütteainena kasutatavale biogaasile sätestatakse aktsiisivabastus, et soodustada selle kasutamist kütmiseks. Selline ettepanek sisaldub Vabariigi Valitsuse tegevusprogrammis 2014–2015. Meetme eest vastutavaks ministeeriumiks on majandus- ja kommunikatsiooniministeerium ning kaasvastutajateks keskkonnaministeerium, põllumajandusministeerium ja rahandusministeerium. Kuna biogaasi täielik aktsiisivabastus on oma olemuselt riigiabi, siis eeldab selle rakendamine vastava riigiabi loa taotlemist Euroopa Komisjonilt, kelle otsuses abi kohta hinnatakse vabastuse kooskõla Euroopa Liidu õigusega. Seega peab Eesti peab olema suuteline argumenteeritult põhjendama, miks ja millistel tingimustel kavandatakse biogaas aktsiisist vabastada ning võtma tarvitusele meetmed, et biogaasi käitlejad ei saaks ülekompenseeritud, hiljem esitama Euroopa Komisjonile riigiabi aruandeid, tegema järelhindamist ja muid vajalikke tegevusi. Riigikokku esitatud eelnõus märgitakse, et tulenevalt valitsuse tegevusprogrammist eeldatakse, et majandus- ja kommunikatsiooniministeerium valmistab Euroopa Komisjoni jaoks ette riigiabi loa taotluse ning tagab riigiabi andmisega kaasnevate formaalsuste täitmise, sest biogaasi aktsiisivabastuse eesmärk ei ole fiskaalne vaid seotud taastuvenergia kasutamise soodustamisega.

---

[9] Eestis hakati kütteainena kasutatavat maagaasi aktsiisiga maksustama alates 1. jaanuarist 2008, mootorikütusena (surugaas) kasutatav maagaas ei olnud enam aktsiisiga maksustatud alates 1. jaanuarist 2005

[10] Biogaas ei ole energiamaksuga maksustatav, sõltumata kasutusotstarbest, ka nt Soomes ja Rootsis

Biogaasi maksustamise kohta Eestis keskpikas tulevikus võib tuua välja, et 19.02.2014. a Riigikogu poolt kinnitatud *Transpordi arengukavas 2014–2020* on toodud esile, et seoses alternatiivsete kütuste osakaalu suurendamise eesmärgiga ja sisepõlemismootori efektiivsuse kasvuga on võimalik arengukava perioodi jooksul kütuseaktsiisi laekumise langus hoolimata mõõdukast läbisõidu kasvust. See tähendab, et pikas perspektiivis on vajalik teehoiuks koguda täiendavaid vahendeid. Sellega seoses on ette nähtud vajadus analüüsida võimalusi teetranspordis kasutatava gaasi hinna säilitamiseks soodsamana bensiinist ja diislist (meede 2.1.4)[11].

4.5.1. Saastetasud

Üheks maksuks, mis teatud määral mõjutab biogaasi konkurentsivõimet võrreldes fossiilkütustega on saastetasu, mida *keskkonnatasude seaduse* kohaselt peab põletusseadme omanik riigile maksma. Kuna biogaas on bioloogilise päritoluga, siis loetakse tema põletamisel õhku paisatava süsihappegaasi (CO_2) kogus võrdseks nulliga ja selle eest CO_2 saastetasu maksta ei ole vaja. Praegu kehtiva saastetasu (2 €/t CO_2) korral annab see biogaasile suhteliselt väikese eelise fossiilkütuste ees.

4.5.2. Klassifitseerimine

Nagu eelpool mainitud, on kütuste maksustamine tihedalt seotud nende ametliku liigitamisega KN klassifikatsioonis. Kuna biogaasi praegu kehtivas KN-s ei ole, siis maksustamise osas saab lähtuda direktiivi 2003/96/EÜ artiklist 2 (3):

> *Kui muud energiatooted peale nende, mille maksustamistase on sätestatud käesolevas direktiivis, on mõeldud kasutamiseks või neid müüakse või kasutatakse kütteaine või mootorikütusena, maksustatakse need vastavalt kasutusele samaväärsele kütteainele või mootorikütusele kehtestatud määraga.*

Mitmetes EL riikides, nagu ka Eestis, on otsustatud lugeda biogaasi direktiivi 2003/96/EÜ mõttes samaväärseks maagaasiga ja sellest lähtutakse ka maksustamisel. Siiski on ka teisi arvamusi, mis peamiselt lähtuvad biogaasi mittefossiilsest päritolust. Üheks esinduslikumaks nendest võib pidada Euroopa Biogaasi Assotsiatsiooni (EBA)[12] seisukohta. EBA on väljendanud arvamust, et biogaasi klassifitseerimine maagaasina ja sellest tulenev maksustamine ei ole loogiline ja on biogaasi tootmise ja kasutamise arendamisele lausa kahjulik. Nimelt on biogaas kasvava tähtsusega tegur teostamaks EL kliima- ja energiapoliitikat. Sellest lähtuvalt on paljudes EL riikides kasutusel vastavad toetusskeemid. Maagaasi kui fossiilkütusega võrdsustatud maksustamine töötab aga soodustusmeetmetele vastu. Näiteks EK-le saadetud kirjas (23.04.2013) väljendab EBA president A. Wellinger arvamust, et lähtuvalt biogaasi bioloogilisest päritolust ei tohiks seda liigitada KN koodi 2711 21 (Naftagaasid jm gaasilised süsivesinikud – maagaas gaasilises olekus) alla, vaid spetsiifilise KN koodi puudumisel tuleks kasutada KN koodi 27 05 (Kivisöegaas, veegaas, generaatorigaas jms gaasid, v.a naftagaasid jm gaasilised süsivesinikud).

Vaatamata biogaasi KN koodi tolleaegsele puudumisele on olemas mõned EL õigusaktid, kus on biogaasi (muu hulgas) käsitletud kasutades seejuures KN koodi. Tegemist on komisjoni määrusega 2461/1999 (19. 11. 1999), milles sätestatakse rakenduseeskirjad seoses tootmisest kõrvaldatud maa kasutamisega; ning sama määrust hiljem muutvate määrustega (nt määrus 345/2002). Nendes, ka praegusel ajal kehtivates, õigusaktides on biogaas loetud KN koodi

[11] Siinjuures võib märkida, et MKM poolt ettevalmistatud arengukava eelnõus oli esitatud seisukoht, et maanteetranspordis kasutatavat gaasi ei maksustata aktsiisiga enne 2025. aastat, eesmärgiga soodustada taastuvgaasi kasutuselevõttu teetranspordis

[12] EBA ühendab rahvuslikke biogaasi assotsiatsioone ja biogaasi tootjaid, uurijaid ning konsultante enam kui 20 Euroopa riigist

2711 29 00 alla kuuluvaks. Seega on tehtud selge eristus maagaasist (2711 21 00), kuid liigitatud biogaas siiski naftagaaside jm gaasilised süsivesinike (KN grupp 27 11) hulka.

Seoses klassifitseerimise ja aktsiisiga maksustamisega võib märkida, et ülalmainitud EBA poolne taotlus kasutada biogaasi jaoks KN koodi 27 05 oleks võinud positiivse vastuse korral lihtsustada aktsiisiga maksustamisest vabastamist kuna direktiivis 2003/96/EÜ on säte (artikkel 15):

> *1. Ilma et see piiraks muude ühenduse sätete kohaldamist, võivad liikmesriigid tingimusel, et maksude õigsust kontrollitakse, anda täieliku või osalise maksuvabastuse või alandada maksustamistaset järgmiste toodete puhul:*
>
> *… … …*
>
> *l) CN-koodi 2705 alla kuuluvad tooted, mida kasutatakse kütmiseks.*

Biogaasi kaubandusliku klassifitseerimise küsimust on EL-s viimastel aastatel korduvalt tõstatatud. Käesoleva uuringu perioodi jooksul toimus (17-18. oktoobril 2013) EK komiteemenetluse raames tolliseadustiku komitee tariifi- ja statistikanomenklatuuri sektsiooni koosolek (CMTD(2013)1165), millel oli ühe küsimusena päevakorras arutelu biogaasi KN koodi määramise üle. Arutelu tulemusena võeti vastu rakendusmeetme eelnõu (D029538/01), milles tehakse täiendus selgitavatesse märkustesse nõukogu määruse nr 2658/87 tariifi- ja statistikanomenklatuuri ning ühise tollitariifistiku kohta. Nimelt otsustati lisada sinna lõigud KN koodide 2711 19 00 ja 2711 29 00 kohta, vastavalt veeldatud ja gaasilises olekus gaasi kohta, mis on saadud biomassist. Mõlemal juhul peab selliselt klassifitseeritav gaas koosnema põhiliselt (50% ja enam) metaanist.

3. detsembril 2013. a ilmus EL Teatajas[13] teave EK-lt, mille kohaselt muudeti EL kombineeritud nomenklatuuri selgitavaid märkusi[14] järgmiselt:

> *Järgmine tekst lisatakse pärast punkti **2711 „Naftagaasid ja muud gaasilised süsivesinikud”**:*
>
> *„**2711 19 00 Muud***
>
> *Sellesse alamrubriiki kuulub biomassist saadav veeldatud gaas.*
>
> *See veeldatud gaas saadakse tööstuslike, kodumajapidamis- ja olmejäätmete ning jääkide biolaguneva fraktsiooni, reoveepuhastite muda, põllu- ja metsamajandusjäätmete ja jääkide biolaguneva fraktsiooni, põllumajandustoodete ja toiduainetööstuse jäätmete ja jääkide ning muu samalaadse biomassist saadava taimse ja loomse toorme kääritamisel.*
>
> *Gaas koosneb peamiselt metaanist ja tavaliselt süsinikdioksiidist ning vähesel määral vesiniksulfiidist, vesinikust, lämmastikust ja hapnikust.*
>
> ***2711 29 00 Muud***
>
> *Sellesse alamrubriiki kuulub biomassist saadav gaas (gaasilises olekus).*
>
> *See gaas saadakse tööstuslike, kodumajapidamis- ja olmejäätmete ning jääkide biolaguneva fraktsiooni, reoveepuhastite muda, põllu- ja metsamajandusjäätmete ja jääkide biolaguneva fraktsiooni, põllumajandustoodete ja toiduainetööstuse jäätmete ja jääkide ning muu samalaadse biomassist saadava taimse ja loomse toorme kääritamisel.*
>
> *Gaas koosneb peamiselt metaanist ja tavaliselt süsinikdioksiidist ning vähesel määral vesiniksulfiidist, vesinikust, lämmastikust ja hapnikust.”*

[13] ELT C353, 03.12.2013, lk 9
[14] Viimati avaldatud ELT C137, 06.05.2011, lk 1

Samas tuleb märkida, et tõenäoliselt ei muuda täpsem klassifitseerimine maksustamise praktikat, mis on põhiliselt poliitiline, suures osas rahanduspoliitiline küsimus ja aktsiisimaksust vabastamine kujutab endast reeglina riigiabi, mille rakendamine vajab taotlemist ja luba EK-lt. Siinkohal tuleb märkida, et aktsiisivabastuse riigiabiga seonduvalt tekib kõigil osapooltel alates tarbimisse lubajast kuni riigi ametkondadeni hulgaliselt lisakohustusi seoses statistika ja aruandlusega. Kuna biogaasi tootjad on valdavalt väikesed ettevõtted, siis võib see tuua kaasa raskusi maksu ja vastava riigiabi haldamisel. Kokkuvõttes tuleb lähiperspektiivis biogaasi kütteks kasutamise vabastamist aktsiisist Eestis pidada vähetõenäoliseks.

Seoses teatud ebamäärasustega biogaasi aktsiisiga maksustamisel on Rahandusministeerium esitanud Riigikogule 5. novembril 2013. a muudatusettepaneku ATKEAS-i ja VKS muutmise seaduse eelnõu (491 SE) kohta, mis oli algatatud Riigikogus 25. septembril 2013. Algset eelnõud soovitakse täiendada muudatusega, mille kohaselt maagaasiks ATKEAS-i mõistes loetakse ka muud kütteainena kasutatavad gaasilises olekus kütused, mis koosnevad peamiselt metaanist ning kütteainena kasutatav kütus, mille KNi kaheksa numbrit on 2711 29 00. Muudatusettepanekutega kaasnevas selgituskirjas väidetakse, et direktiivi 2003/96/EÜ põhimõtete järgimine eeldab biogaasi maksustamist samadel alustel maagaasiga, samuti ei võimaldavat kehtiv energiamaksustamise direktiiv biogaasi madalamat metaanisisaldust maksustamisel arvestada. Ka ei maksustata Eestis muid energiatooteid lähtuvalt energiasisaldustest. Biogaasile riigiabi loa taotlemist ning selle aktsiisist vabastamist Rahandusministeerium ei toeta, kuna aktsiisivabastust peetakse riigile kulukaks ja väheefektiivseks meetmeks, sest lisaks riigieelarve laekumise vähenemisele ja administratiivkulude suurenemisele saaksid toetust ka need ettevõtjad, kellele see hädavajalik pole. Seaduseelnõu arutelude käigus Riigikogus jäeti aga biogaasi puudutavad sätted eelnõust välja.

Uuesti esitati biogaasiga seotud klassifitseerimist selgitav muudatus Vabariigi Valitsuse poolt ATKEAS muutmise eelnõus (SE 682), algatatud Riigikogus 2. juunil 2014), mille kohaselt täiendatakse §19 lõiget 14 punktiga 2^1 hõlmamaks biokütuse definitsioonis ka biogaasi, KN koodi 2711 29 00 all. Eelnõus rõhutatakse, et ATKEAS struktuuri ja loogikat arvestades on oluline, et biokütuse definitsioon hõlmaks ka biogaasi.

Siinkohal juhivad käesoleva uuringu autorid tähelepanu faktile, et direktiivi 2003/96/EÜ kohaselt on maagaasi (määratletud CN-koodidega 2711 11 00 ja 2711 21 00) madalaim maksustamise tase määratud just maagaasis sisalduva energia ühiku kohta – eurodes ülemise küttevääртuse gigadžauli kohta, olles äriotstarbelise kasutuse korral 0,15 EUR/GJ ja muu kui äriotstarbelise kasutuse korral 0,30 EUR/GJ. ATKEAS-iga kehtestati Eestis maagaasi aktsiisimäär kütuse mahuühiku, mitte energiaühiku, kohta – 23,45 eurot 1000 m^3 maagaasi kohta. Eesti impordib ainult Venemaalt maagaasi, mille alumine küttevääртus jääb vahemikku 33,1–34,0 GJ/1000 m^3 (määratuna temperatuuril 20 °C ja absoluutsel rõhul 1,01325 bar), millele vastab ülemise küttevääртuse vahemik 36,8–37,7 GJ/1000 m^3. Kasutades keskmise ülemise küttevääртusena 37,3 GJ/1000 m^3, ilmneb et Eestis kütteainena kasutatava maagaasi kehtiv aktsiisimäär on 0,629 EUR/GJ (ülemise küttevääртuse kohta), mis ületab direktiiviga kehtestatud ärilise otstarbe madalaimat lubatud maksustamistaset 4,2 korda ja mitteärilise otstarbe määra 2.1 korda!

Eelneva põhjal saab teha järelduse, et juhul kui peetakse korrektseks maksustada biogaasi ATKEAS-is kui maagaasi, siis oleks õigem ja juriidiliselt korrektsem lähtuda otseselt direktiivi 2003/96/EÜ nõudest ja kehtestada Eestis aktsiisimäär gaasis sisalduva energia kohta. Võrdlemaks sellist olukorda praegusega (maksutase 23,45 EUR/1000 m^3, s.o 0,63 EUR/GJ), siis oleks biogaasi mahuühiku kohta tulev arvestuslik aktsiisimäär ligikaudu 11–16 EUR/1000 m^3, sõltuvalt biogaasi liigist.

Piisava poliitilise tahte olemasolul on võimalik biogaasile energiasisalduse põhine aktsiisimäär kehtestada direktiiviga 2003/96/EÜ sätestatud madalaimal tasemel – kas 0,15 ja/või 0,30 EUR/GJ, jättes maagaasi aktsiisimäära praegusele tasemele (0,63 EUR/GJ). Nii saaks vältida võimaliku riigiabi taotlemise probleemi, sest EL miinimumtaset on biogaasi maksustamisel järgitud.

Muidugi, kui biogaas on puhastatud ja väärindatud biometaaniks, siis sellisel juhul ei erine ka energiasisalduse alusel maksustamisel biogaasi (biometaani) aktsiisimäär tavalise maagaasi (metaani) maksumäärast kütteainena kasutamisel.

4.6. Biometaani standarditest

Euroopa riigid on biometaani tootmise ja kasutamise osas juhtpositsioonil. EL keskkonna- ja energiapoliitika soodustab biogaasi kui taastuva energiaallika tootmist ja kasutamist. Seejuures on biogaasist toodetud biometaani kasutamine mootorikütusena kiiresti kasvamas. Vaatamata sellisele olukorrale ei ole seni suudetud välja töötada ühtset rahvusvahelist standardit biometaani koostise ja kvaliteedi kohta. Käesoleval ajal sisestatakse biometaani maagaasivõrku järgmistes Euroopa riikides: Austria, Holland, Luksemburg, Norra, Rootsi, Saksamaa, Soome, Suurbritannia, Šveits ja Taani. Eeltoodud nimekiri võib olla mittetäielik, sest selliseid riike lisandub pidevalt – näiteks on vastavad plaanid olemas Belgias, Itaalias, Poolas, Prantsusmaal, Slovakkias ja Tšehhi Vabariigis. Mitmetes nendest riikidest on olemas ka biometaanile tehniliste nõuetega normdokumendid selle maagaasivõrku sisestamiseks, mõnes reguleeritakse olukorda võrguoperaatori ja gaasi tootja vahelises lepingus. Biometaani antakse maagaasivõrkudesse vähesel määral ka Kanadas ja Ameerika Ühendriikides, kuid sealgi ei ole riigi tasandil kvaliteedinõudeid kehtestatud. Nagu käesolevas aruandes korduvalt märgitud, on Rootsi ainukese riigina kogu maailmas võtnud vastu riikliku standardi mootorikütusena kasutatava biometaani kvaliteedi kohta.

Valik biometaani kvaliteediga seotud riiklikest regulatsioonidest esitab tabel 4.1

Tabel 4.1. Biogaasist toodetud biometaaniga seonduvaid riiklikke õigusakte ja standardeid.

Riik	Regulatsioon	Märkused
Austria	Direktiivid ÖVGW G31, G33 ja G79.	Keelab prügilagaasist ja reoveest toodetud biogaasi sisestamise maagaasivõrku.
Holland	Seadus kohalike gaasivõrkude kohta.	Lubatakse ka prügilagaasist toodetud biometaani andmist maagaasivõrku.
Poola	Standardid PN-C-04752:2011 ja PN-C-04753:2011.	Prügilagaasist ja reoveest toodetud biogaasi sisestamise maagaasivõrku on keelatud.
Prantsusmaa	Riiklik regulatsioon N°2004-555 ja tehnilised tingimused AFG B562-1 (jaotusvõrgud) ning B562-2 (põhivõrk)	Reoveesete ja tööstusjäätmed on substraadina keelatud. (Muudatused on kavas.)
Rootsi	Standard SS 155438	Töötatud välja vastavalt Rootsi autotööstuse soovile. Rakendatakse ka maagaasivõrku antavale biometaanile.
Saksamaa	Standardid DVGW G260 gaasi koostise kohta, G262 taastuvgaaside	On antud võimalus biometaani sisestamiseks maagaasivõrku nn

Riik	Regulatsioon	Märkused
	sisestamise kohta avalikesse gaasivõrkudesse, G280-1 ja G280-2 gaasi lõhnastamise kohta	lisagaasina, lubades seega biometaani erinevat kvaliteeti sel määral, et oleks tagatud võrgus oleva gaasi vastavus nõuetele.
Šveits	Direktiiv SVGW G13-09 gaasi kvaliteedi nõuete kohta. Tehnilised standardid SVGW G11 (gaasi lõhnastamine) ja SVGW G209 võrguühenduse tehnilise lahenduse kohta.	Kehtestatud on erinevad nõuded sõltuvalt võrku antavast kogusest, nt metaani sisaldus >96% (võrku antav kogus piiramatu) või >50% (võrku antav kogus piiratud). Prügilaasi võrku sisestada ei lubata.

Allikas: *L. B. Allegue, J. Hinge. Biogas and bio-syngas upgrading. Report. Danish Technological Institute. December 2012.*

Valikuline ülevaade Euroopa riikides kasutusel olevatest tehnilistest tingimustest biometaanile on esitatud tabelis Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tehnilised nõuded biometaanile

Parameeter	Ühik	Prantsusmaa		Saksamaa		Šveits	Austria	Holland
		H gaas	L gaas	H gaas	L gaas			
Wobbe indeks (ülemine)	kWh/Nm^3	13,64-15,7	12.01-13.06	12,8-15,7	10,5-13,0	13,3-15,7	13,3-15,7	–
	MJ/Nm^3	48,24-56-52	42,48-46,80	46,1-56,5	37,8-46,8	47,9-56,5	47,7-56,5	43,46-44,41
Küttevääртus (ülemine)	kWh/Nm^3	10,7-12,8	9,5-10,5	8,4-13,1		10,6-13,1	10,7-12,8	8,8-10,8
	MJ/Nm^3	38,52-46,08	34,2-37,8	30,2-47,2		38,5-47,2	38,5-46,0	31,6-38,7
CH_4	mahu%	>86		–		>96[a]	96	–
CO_2	%	<2,5 mol%		<6 mahu%		<6 mahu%	<3 mahu%	<6[b] mahu%
CO	mol%	<2		–		<0,5	–	<1
O_2	mahu%	(<100 ppmv)		<0,5[c]		<0,5	<0,5	<0,5
H_2	mahu%	<6		<5		<4	<4	<12
H_2S	mg/Nm^3	<5 (H2S+COS)		<5		<5	<5	<5
Merkaptaanid	mg/Nm^3	<6		<16		(<5 ppmv)	<6	<10
Üldväävel	mg/Nm^3	<30		<30		<30	<10	<45
NH_3	mg/Nm^3	<3		–		<20	–	<3
THT	mg/Nm^3	15-40		Peab olema lõhnastatud		15-25	–	>10[d]

Märkused:

a – kehtib piiramatu maagaasivõrku sisestamise korral; piiratud mahu korral vähemalt üle 50 mahu%;
b – regionaalsesse maagaasivõrku sisestamisel <10,0-10,3 mol%;
c – kuiva gaasi korral <3 mahu%;
d – keskmiselt 18 mg/Nm^3.

Allikad:

J. del Álamo. NG/Biomethane Fuel Specification in Europe CEN/TC 408. NGVA Europe. Brussels, 23.May 2013.
L. B. Allegue, J. Hinge. Biogas and bio-syngas upgrading. Report. Danish Technological Institute. December 2012.
Gases from non-conventional sources – Injection into natural gas grids – Requirements and recommendations. CEN Project Committee - Biomethane for use in transport and injection in natural gas pipelines. CEN Working Document (CEN/TC 234/WG 9 Contribution to CEN/TC 408). August 2011.
M. Svensson. Utvärdering av svensk biogasstandard – underlag för en framtida revisjon. Rapport SGC 229. Svenskt Gastekniskt Center. April 2011.

Tabelis 4.2 esitatud nõuded on kehtestatud biometaanile, mida sisestatakse maagaasivõrku. Lisaks tabelis toodud nõuetele on mõnes riigis kehtestatud veel piiranguid mitmete keemiliste elementide ja ainete sisaldusele biometaanis, nt siloksaanid, elavhõbe, fluor, kloor, HCl, HCN jm. Esitatud nõuetest nähtub kehtestatud tingimuste suur erinevus riikide vahel, mis omakorda suures osas sõltub võrgu kaudu edastatava maagaasi mitmete omaduste erinevusest.

Nagu tabelis 4.2 esitatud nõutest näha, on nõuded mõne näitaja osas küllaltki erinevad. Hollandi ja Prantsusmaa nõudeid võib pidada kõige rangemateks (olles samal ajal teatud määral paindlikud) Saksamaa, Rootsi ja Šveitsi regulatsioonid on vähem ranged. Rootsi puhul on omapäraks fakt, et biometaani kütteväärtuse (tegelikult Wobbe arvu) viimiseks nõutud tasemele tuleb lisada propaani. Analoogilist praktikat kasutatakse teatud määral ka Saksamaal, kuid Šveitsis on see keelatud, teiste riikide regulatsioonid aga propaani lisamist ei käsitle.

Lisaks mitmetele erinevates riikides kehtestatud sisulistele erinevustele biometaani nõuete vahel tuleb nentida ka kasutatavates mõõtühikutes, nt koostise osas on kasutusel nii mahu%, mol% kui ka ppm (miljondikosa).

Ainult ühes riigis – Rootsis – on omamaise standardiga kehtestatud tehnilised tingimused mootorikütusena kasutatavale biometaanile. Tingimused, millele biometaan Rootsi standardi SS 155438[15] kohaselt peab vastama, on esitatud tabelis 4.3.

Tabel 4.3. Nõuded biometaanile vastavalt Rootsi standardile SS 155438

Parameeter	Gaasi tüüp A[a]	Gaasi tüüp B[a]
Wobbe indeks (alumine)	44,7-46,4 MJ/Nm^3	43,9-47,3 MJ/Nm^3
CH_4	97% ±1	97% ±2
CO_2, O_2 ja N_2 summa, millest O_2	≤4,0% ≤1,0%	≤5,0% ≤1,0%
H_2O	32 mg/Nm^3	
Kastepunkt (kõrgeimal hoiurõhul) (t – kuu madalaim päeva keskmine temperatuur)	t – 5 ^oC	
H_2S	<10 ppmv (=15,2 mg/Nm^3)	
Üldväävel	≤23 mg S/Nm^3	
Lämmastikuühendid, arvestatuna NH_3-na	≤20 mg/Nm^3	
Mootorimeetodil määratud oktaaniarv (MON)	130	

Märkus: tüüp A – biogaas ilma lambda-andurite (-kontrollita) mootoritele;
tüüp B – biogaas lambda-anduriga (-kontrolliga) mootoritele.

Kehtestatud on veel nõudeid ja piiranguid mitme koostiselemendi kohta, seejuures kütteväärtust ei ole standardiga määratud.

Rootsi standard jõustus aastal 1999. Aastal 2011 tõstatati küsimus standardi muutmisest. Põhiküsimuseks on seejuures mikroelementide, siloksaanide ja halogeenitud süsivesinike sisalduse täpsustamise vajadus. Diskuteeritakse ka elavhõbeda ja arseeni sisalduse reguleerimisvajaduse üle. Peetakse vajalikuks alandada üldväävli sisaldust, mis omakorda osaliselt seondub THT kasutamisega gaasi lõhnastamisel. Seni ei ole standardis muudatusi tehtud, ollakse äraootaval seisukohal CEN tehnilise komitee CEN/TC 408 töö tulemuste osas.

Kuna Eestis ei ole biometaani maagaasivõrku andmiseks tehnilisi tingimusi kehtestatud, siis tuleks järgida maagaasi ülekandeteenust osutava ettevõtte AS EG Võrguteenus (AS

[15] Motorbränslen - Biogas som bränsle till snabbgående ottomotorer (Mootorikütused – biogaas kiirekäiguliste Otto-mootorite kütusena)

Gaasivõrgud) poolt koostatud ametkondliku standardi EGV-TS 9: 2011 (Võrgugaasi kvaliteet) nõudeid. Kohtumistel gaasivaldkonna spetsialistidega on rõhutatud vajadust lähtuda nimetatud ametkondlikust standardist. Samas ollakse ka nõus seisukohaga, et tuleks arutada võimalust ja/või vajadust töötada ametkondliku standardi alusel välja riiklik standard.

Kokkuvõtteks biometaani standardimisest

Biometaani kvaliteedi ja selle riikliku reguleerimisega on otstarbekas tegeleda, kuid oma standardiga eriliselt kiirustada ei ole ilmselt õige. Nagu eespool märgitud on Euroopa Standardimiskomitee (CEN) tehnilise komisjoni (CEN/TC 408) poolt ettevalmistamisel vastavad normdokumendid. Seega tuleks ära oodata nende Euroopa normide valmimine, mis on kavandatud 2015. a kevadeks[16]. Võimalusel tuleks nende normdokumentide aruteludel osaleda ja hiljem need Eestis kasutamiseks üle võtta.

[16] Praeguseks on olemas Euroopa standardikavandid, mis käsitlevad vastavalt biometaani sisestamist maagaasi võrku (prEN 16723-1) ja kasutamist autokütusena (prEN 16723-2).

5. Juhtumi analüüsid

5.1. Sissejuhatavad selgitused

Käesolevas peatükis vaadeldakse peamiselt kahte juhtumit ja mõlema kohta on koostatud biometaani kasutamise majandusliku tasuvuse analüüs. Vastavalt tööülesandele vaadeldakse biometaani kasutamist transpordikütusena. Selleks on põhiliselt kaks võimalust – biometaani müük otse gaasi puhastamise jaama lähedal või gaasi sisestamine edastamiseks maagaasivõrku ning müük gaasivõrguga ühendatud kaugemal asuvas tanklas.

Reeglina on biometaani tankla otstarbekas rajada puhastusseadmete lähistele. Biogaasi ja või biometaani edastamine spetsiaalse torustiku kaudu on suhteliselt kallis – sõltuvalt konkreetsetest oludest tuleb torustiku rajamise kuluks arvestada 120–150 €/m. Tasuvuse aspektist eeldab spetsiaalse torustiku ehitamine tingimata biometaani stabiilse tarbimise olemasolu.

Kui lähistel on olemas maagaasi võrk, siis annab see võimaluse tarbijate paindlikumaks varustamiseks ning võimaldab torustikku kasutada ka teatud puhvermahutina. Oluliseks eeltingimuseks biometaani sisestamiseks maagaasivõrku on biometaanile esitatavate tehniliste tingimuste täitmine. Olenevalt biometaani tootmise ja maagaasitorustiku paiknemise asukohast on võimalik biometaani sisestada erineva kategooria võrku. Eestis jaotatakse gaasipaigaldised vastavalt küttegaasi ohutuse seadusele lähtudes kasutatavast rõhust nelja kategooriasse: A – kuni 0,1 baari (k.a), B – 0,1–5 baari (k.a), C – 5–16 baari (k.a) ja D – üle 16 baari. Tehniliselt on võimalik sisestada kõigile tehnilistele nõuetele vastavat biometaani B, C ja D kategooria võrku. C ja D kategooria torustikuga liitumise korral on vaja arvestada vajadusega tõsta sisestatava gaasi rõhku, D kategooria korral peab töörõhk olema vähemalt 28–30 baari, kuid kompressorid peavad tagama ka maksimaalse käidurõhu (MOP – *maximum operational pressure*) 55 baari.

Juhul kui biometaani edastamine puhastusseadmest tanklasse ei ole maagaasi ega ka spetsiaalse võrgu teel võimalik või tasuv, tuleb kaaluda gaasi toimetamist tarbijateni (tanklasse) autotranspordiga, kasutades nn patareisse (konteinerisse) paigutatud balloone. Selline variant eeldab puhastusseadme juures kompressorite olemasolu, sest balloonides peab gaas olema rõhul 200–300 baari. Sellist edastusviisi kasutatakse reeglina gaasi transportimiseks gaasivõrgust kaugel asetsevate tarbijateni (tanklateni) aga ka varuvariandina torustiku avarii korral. Teisest küljest on selline varustusviis eelduseks tanklavõrgustiku rajamiseks gaasivõrgust kaugel asuvatesse piirkondadesse.

Veel üheks võimaluseks biometaani viimiseks tarbijateni on transport veeldatud gaasina. Veeldatud gaasi otsene kasutamine transpordivahendites on seni väga vähe levinud. Sõltuvalt tehnilistest iseärasustest kasutatakse veeldatud gaasi (LNG, LBG) pikki vahemaid läbivate raskete veokite kütusena vähesel määral ainult mõnes riigis. Tavaliselt varustavad tanklad sellisel juhul kütusega nii LNG kui surugaasi (CNG) kasutavaid sõidukeid. Eesti oludes oleks põhimõtteliseks võimaluseks biometaani veeldatud kujul transport tanklatesse, kus see taasgaasistatakse ja survestatakse ning väljastatakse surugaasil töötavale transpordile. Sellega seoses oleks tulevikus otstarbekas täpsemini uurida krüogeenmeetodi kasutamisvõimaluse tasuvust biogaasi puhastamiseks, analüüsides seda kompleksselt – koos transpordi ja müügi kuludega. Sellisel juhul on puhastusseadme läbinud biometaan veeldatud kujul ja moodustab seetõttu 1/600 mahulise osa vastavast kogusest normaaltingimustel olevast gaasist. Seega on gaasi energiatihedus oluliselt suurem, võimaldades soodsamat transporti. Samas tuleb arvesse

võtta vajadust hoida veeldatud gaasi temperatuuril –160 ^{o}C, mis nõuab spetsiaalseid seadmeid ja on seetõttu kulukas.

Surugaasil töötavate sõidukite tankimiseks on kaks viisi – nn aeglane ja kiire tankimine. Avalikes tanklates kasutatakse peaaegu eranditult nn kiiret tankimist, mille korral sõiduki kütusepaak täitub mõne minutiga nagu ka vedelkütusega tankimisel. Sellise tankla koosseisu kuuluvad lisaks tavavarustusele kompressor ja vahemahuti. Kompressor tõstab gaasi rõhu keskmiselt 250 baarini.

Aeglast tankimist kasutatakse teatud tüüpi ettevõtete transpordivahendite tankimiseks. Levinud variant on näiteks liinibusside, prügiveokite ja ka põllumajandustehnika tankimine vastavate ettevõtete territooriumil reeglina öö jooksul. Sellisel juhul survestatakse gaas tankimise käigus. Majanduslikult on aeglane tankimine odavam, kuid aeganõudvam – sõiduki paagi täitmine võib kesta kuni 6–8 tundi. Vastavad seadmed on olemas ka koduseks kasutamiseks juhul kui tarbija on liitunud gaasivõrguga.

5.2. Majandusarvutuste taustaandmed ja eeldused

Võrdlemaks biometaani kasutamise kahte varianti – müük tanklas või sisestamine maagaasivõrku – teostati variantide tasuvusanalüüs. Selleks koguti andmeid nii vastavate investeeringute kui käidukulude kohta.

Investeeringute maksumuse osas kasutati järgmiste seadmete maksumusi:

- surugaasi tankla;
- kompressorid;
- gaasitorud ja nende paigaldustööd;
- liitumiskulud (elektrivõrguga ja maagaasitorustikuga).

Käidukulude arvutamiseks kasutati järgmisi andmeid:

- biogaasi ja -metaani ostuhind;
- elektrienergia hind;
- gaasi edastamishind maagaasivõrgus;
- tööjõukulud.

Üldmajandusliku tausta osas lähtuti Statistikaameti, Rahandusministeeriumi ja Eesti Panga materjalidest majandusnäitajate, põhiliselt inflatsiooni, kohta. Majandusarengu prognooside osas kasutati ka Eesti Vabariigi Valitsuse poolt avaldatud materjale. Majandustegevuse põhjendatud tulukuse arvestamisel lähtuti suures osas Konkurentsiameti materjalidest. Põhilised andmed on esitatud tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Majandusarvutuste taustandmed

Näitaja	Väärtus
Laenukapitali hind	3,300%
Omakapitali hind	8,300%
Kapitali kaalutud keskmine hind	5,800%
Inflatsioonimäär	2,800%
Nominaalne diskontomäär	8,762%

Majandustegevuse tulukuse määra valikul on lähtutud samadest põhimõtetest, mida kasutab Konkurentsiamet monopoolses seisundis soojus-, elektri-, gaasi- ja vee-ettevõtete tariifide reguleerimisel. Kapitali kaalutud keskmise hinnana (WACC) on kasutatud väärtust 5,8%.

Võrdluseks – Konkurentsiamet kasutab 2014. aasta kohta gaasiettevõtete jaoks väärtusi 5,63% (põhivõrguettevõtjad) ja 5,71% (jaotusvõrguettevõtjad).

Investeerimisallikate osas on kasutatud järgmist jaotust: toetus 50%, laen 40% ja omakapital 10%. Iga variandi korral on määratud investeeringu kulude koosseisust tulenev osa, mis läheb põhivara soetamiseks ja mida hakatakse valitud määraga lülitama iga-aastastesse kapitalikuludesse. Investeeringu elueaks on arvestatud 15 aastat. Laenu võetakse annuiteedigraafiku alusel (maksepuhkuseta) 10 aastaks. Käibekulude arvutamisel on lähtutud töötasu osas Eesti keskmisest palgatasemest, elektrienergia ostuhinnaks on võetud 2013. a II poolaasta keskmine hind tarbijagrupis 500–2000 MWh/a (97,2 €/MWh), mida on korrigeeritud inflatsioonimääraga. Biometaani võimaliku müügihinna arvutustes on kasutatud surugaasi hinda (käibemaksuga 0,779 €/kg) ja lisavariantide arvutustes ka maagaasi keskmist hinda äritarbijatele 2013. a II poolaastal. Gaasi edastamise tasuks maagaasivõrgus on võetud 0,0364 €/Nm^3, mis on Konkurentsiameti poolt kooskõlastatud alates 1. juulist 2014. a kehtiv võrguteenuse hind firmale Gaasivõrgud AS.

Kõik hinnad ja tariifid on esitatud baasaasta (2014) seisuga, järgnevate aastate käidukulude arvutamisel on kasutusel inflatsioonimääraga korrigeeritud väärtused. Kõik arvutustes esitatud hinnad on käibemaksuta, kui ei ole vastavat märkust lisatud.

Kapitalikulu arvutamisel on eeldatud põhivahendite amortiseerumist tööea (15 a) lõpuks, seejuures on lähtutud põhimõttest, et toetusega soetatud põhivahendeid kulumi arvestamisse ei lülitata. Kuludesse lülitatav põhjendatud tulukus on arvutatud analoogselt Konkurentsiameti vastava metoodikaga.

Maagaasi mahu ja massi arvutustes on lähtutud ASi Eesti Gaas poolt kasutatavatest tingimustest – rõhk 1,01325 baari (a) ja temperatuur 20 ^{o}C. Arvutustes Eesti tingimuste jaoks on maagaasi kütteväärtusena kasutatud 33,8 MJ/Nm^3 (alumine) ja tihedusena 0,688 kg/Nm^3, mis on ASi Gaasivõrgud 2013. a keskmiste kuuandmete alusel arvutatud näitajad Eestis kasutatud maagaasi kohta.

Majandusanalüüs teostati investeeringu majandusliku tasuvuse klassikalise metoodika kohaselt. Arvutati rahavoogude (tegevuskulud, -tulud ja investeeringud) diskonteeritud nüüdispuhasväärtus (NPV) ja sisemine tasuvuslävi (IRR). Arvutused teostati tabelarvutuse tarkvara (MS Excel) kasutades.

Kummagi baasvariandi kohta teostati tundlikkuse analüüs järgmiste mõjurite suhtes: investeeringu suurus, diskontomäär, kapitali kaalutud keskmine hind ja laenuintress. Eraldi analüüsiti biometaani ostu- ja müügihinna mõju. Kõikide nende tegurite mõju variantide tasuvusele (NPV, IRR ja tasuvusaeg aastates) vaadeldi nii tegurite kasvamise (+10% ja +20%) kui kahanemise (–10% ja –20%) suunas.

Biogaasi biometaaniks vääristamise võimalikke tehnilisi lahendusi on kirjeldatud käesoleva aruande 1. peatükis. Lähtudes mitmetest kriteeriumidest otsustati valida Raplamaal asuvate majandite rühma poolt potentsiaalselt toodetava biogaasi puhastamiseks membraantehnoloogia, Viljandimaal valitud majandite grupi jaoks aga vesipesu tehnoloogia.

5.3. Juhtum 1 - Biometaani tarne tootmise/vääristamise koha lähedal asuvas tanklas.

Variant (ehk juhtum) põhineb kolme Raplamaal asuva sigala – OÜ Raikküla Farmer (võimalik toodang 135 Nm^3/h), OÜ Raikküla Seakasvatus (31 Nm^3/h) ja AS Rey sigala (36 Nm^3/h) potentsiaalsel biogaasitoodangul, mis kokku moodustaks 202 Nm^3 tunnis. Toodetava biogaasi metaanisisalduseks on arvestatud 60%. Biogaas puhastatakse ja vääristatakse membraanmeetodil 98% metaanisisaldusega biometaaniks. Metaani kaoks

puhastamisprotsessis on võetud 2,0%. Seega saaks toota biometaani 121,2 Nm^3/h. Nimikoormuse töötundide arvuks aasta jooksul on võetud 8 000 h. Tulemusena moodustaks biometaani toodang aasta jooksul 0,970 MNm^3 ehk 0,667 tuh t.

Variandi investeeringukuludesse (baasvariandis 318,0 tuh €) on arvestatud tankla ja ühendustorustiku maksumus, elektrivõrguga liitumise tasu ning projekteerimis-, planeerimis- ja ehitustööde maksumus ning mitmesugused kooskõlastuskulud. Viimaste kulude osas on arvesse võetud, et tegemist ei ole tiheasustatud alaga. Eeldades paiknemist majandi territooriumil ei ole maa maksumust arvesse võetud.

Käidukuludes moodustab suurima osa biometaani ostukulu, baasvariandis on ostuhinnaks 0,520 €/kg. Teiseks suuremaks käidukulu elemendiks on elektrienergia, mis põhilises osas kulub biometaani komprimeerimisele rõhuni 250 baari. Vajaliku energia koguse arvutamisel on lähtutud eeldusest, et membraanpuhastusest väljuva gaasi rõhk on vahemikus 5–8 baari. Kuludesse on arvestatud ka kapitalikulu ja põhjendatud tulukus.

Biometaani müügihinna aluseks baasvariandis on praegusel ajal gaasitanklates müüdava surugaasi hind – 0,779 €/kg, mis sisaldab käibemaksu. Käibemaksuta hind on 0,649 €/kg, millele vastab mahuühiku hind 0,447 €/Nm^3.

Baasvariandi parameetrid ja arvutustulemused on esitatud tabelis 5.2.

Tabel 5.2 Biometaani müük tanklas (baasvariant)

Näitaja	Ühik	Väärtus
Biometaani kogus	t (tuh Nm^3)	667,0 (970,0)
Investeering	tuh €	318,0
s.h omakapital	tuh €	31,8
laen	tuh €	127,2
toetus	tuh €	159,0
Biometaani ostuhind	€/kg	0,520
Biometaani müügihind	€/kg	0,649
NPV	tuh €	159,5
IRR	%	21,4
Tasuvusaeg	aasta	4

Baasvariandi arvutused näitavad tasuvust juba neljandal aastal. Siiski tuleb tulemustesse suhtuda ettevaatlikult, sest tegemist on erinevatest allikatest kogutud algandmetega ja osaliselt eksperthinnangutega, mis lähtusid kõigi kulude maksimaalsest minimeerimisest. Olulisemaks tasuvuse mõjuriks on biometaani ostuhind – 0,520 €/kg (0,358 €/Nm^3), mis võib tegelikkuses osutuda kõrgemaks. Investeeringute osas tuleb arvestada, et tankla komplekti kuulub ainult üks kompressor, mis ei pruugi kindlustada tankla pidevat häireteta tööd. Ka tuleb arvestada, et arvutused on tehtud eeldusel, et toetus moodustab 50% kogu investeeringu mahust.

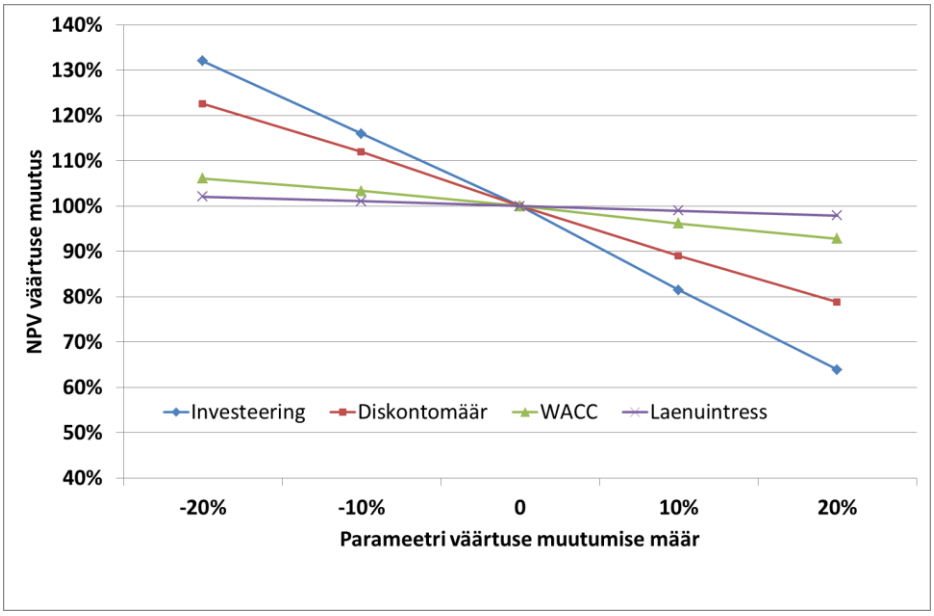
Analüüsimaks olulisemate kulukomponentide mõju projekti tasuvusele on teostatud tundlikkusanalüüs, milles on arvestatud järgmiste parameetrite mõju: investeeringu suurus, diskontomäär, laenuintress ja WACC (vt tabel 5.3). Lisaks on eraldi uuritud biometaani ostu- ja müügihinna mõju.

Tabel 5.3 Rahastamisparameetrite mõju tasuvusnäitajatele

Parameetrid ja tasuvuse näitajad	Baas-variant	Parameetrite muutuse määr			
		-20%	-10%	10%	20%
Investeering, tuh €	**318,0**	**254,0**	**286,0**	**349,8**	**381,6**
NPV, tuh €	159.5	210.6	198.1	156.5	101.9

Parameetrid ja tasuvuse näitajad	Baas-variant	Parameetrite muutuse määr			
		-20%	-10%	10%	20%
Investeering, tuh €	**318,0**	**254,0**	**286,0**	**349,8**	**381,6**
IRR, %	21.4	28.2	25.6	20.4	16
Tasuvusaeg, a	4	3	3	5	7
Diskontomäär, %	**8.762**	**7.010**	**7.886**	**9.638**	**10.514**
NPV, tuh €	159.5	195.5	178.6	141.9	125.7
IRR, %	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4
Tasuvusaeg, a	4	4	4	5	5
WACC, %	**5.80**	**4.64**	**5.22**	**6.38**	**6.96**
NPV, tuh €	159.5	169.2	164.9	153.4	148.1
IRR, %	21.4	22.2	21.8	20.9	20.5
Tasuvusaeg, a	4	4	4	5	5
Laenuintress, %	**3.30**	**2.64**	**2.97**	**3.63**	**3.96**
NPV, tuh €	159.5	162.8	161.2	157.9	156.2
IRR, %	21.4	21.7	21.5	21.3	21.1
Tasuvusaeg, a	4	4	4	5	5

Projekti nüüdispuhasväärtuse suhtelist muutumist sõltuvalt projekti rahastamise parameetritest kajastab joonis 5.1.



Joonis 5.1 Rahastamisega seotud tegurite mõju projekti nüüdisväärtusele.

Nagu näha jooniselt 5.1 avaldab tundlikkuse analüüsi kaasatud parameetritest suurimat mõju investeeringu suurus – 20% kasvu korral (investeering 381,6 tuh €) väheneb NPV väärtus 31,6 % võrra. Samal ajal jääb IRR väärtuseks 16,0% ja projekti tasuvusaeg pikeneb 7 aastani. Tegelikkuses võib osutuda vajalikuks investeeringu mahtu veelgi suurendada, nt tankla töökindluse tõstmine varukompressori soetamise teel. Valitud väärtustest suuremateks võivad osutuda ka planeerimisega seotud kulud.

Projekti tasuvus on kõige tundlikum biometaani hinnatasemete suhtes. Kuna müügihind on seotud rõhu all maagaasi (surugaas, CNG) ühtse hinnatasemega üle kogu Eesti, siis komprimeeritud biometaani (CBG, ka CBM – *compressed bio methane*) müügihinna

muutumise mõju määramine ei ole käesoleva analüüsi raames otstarbekas. Ostuhinnaks on baasvariandis 0,520 €/kg, millele vastab 0,358 €/Nm^3. Lähtudes käesoleva uuringu käigus läbi töötatud materjalidest (vt ülevaadet 1. peatükis ja käesoleva peatüki lõpus) ei saa pidada tõenäoliseks biometaani ostmist odavama hinnaga. Hinna tõusu korral on muutuse mõju suur – juba ostuhinna 2% tõusuga väheneb NPV väärtus 52,5% võrra (IRR=16,8%). Ostuhinna 0,540 €/kg (0,372 €/Nm^3) korral on IRR väärtuseks 11,6% ja tasuvusajaks 11 aastat. Hinna 0,550 €/kg (0,378 €/Nm^3) juures ei ole projekt baasvariandi parameetrite korral enam 15 aasta jooksul tasuv.

5.4. Juhtum 2 - Biometaani tarnimine maagaasivõrgu kaudu.

Variant (juhtum) rajaneb järgmiste Viljandimaal paiknevate loomakasvatusfarmide potentsiaalsel biogaasitoodangul: AS Rakvere Farmid sigala (võimalik biogaasi toodang keskmiselt 304 Nm^3/h), OÜ Saimre veiselaut (u 108 Nm^3/h), Saimre Seakasvatuse OÜ sigala (19 Nm^3/h) ja OÜ Kõpu PM veiselaut (91 Nm^3/h) biometaani tunnis. Valitud farmide biogaasitoodang oleks kokku 522 Nm^3/h. Biogaas metaanisisaldusega 60% puhastatakse ja vääristatakse vesipesumeetodil 98% metaanisisaldusega biometaaniks. Metaani kaoks puhastamisprotsessis on võetud 1,5%. Seega saaks toota biometaani 314,8 Nm^3/h. Töötundide arvuks nimikoormusel on võetud 8000 h aastas. Tulemusena moodustaks biometaani toodang aasta jooksul 2,518 MNm^3 ehk 1,733 tuh t.

Variandi investeeringukuludest (baasvariandis 213,0 tuh €) moodustab valdava osa liitumistasu maagaasivõrguga (180 tuh €). Tegelikult on biogaasi tootmise suurima potentsiaaliga AS Rakvere Farmid maagaasivõrguga ühendatud. Maagaasi tarbijana ollakse liitunud B-kategooria torustikuga, kuid biometaani võrku sisestamiseks tuleb sõlmida vastav liitumisleping. Kuna sealses maagaasivõrgus on töörõhk keskmiselt 2,7–2,8 baari, biogaasi vesipesupuhastusest väljub biometaan aga rõhul 7–10 baari, siis vajadust investeerida kompressori(te)sse ei ole. Teiseks investeeringu elemendiks (33 tuh €) on ühendustorustik biometaani jaamast kuni maagaasivõrguni.

Käidukuludes moodustab suurima osa biometaani ostukulu, baasvariandis on ostuhinnaks 0,520 €/kg. Teiseks suuremaks käidukuluks on biometaani maagaasivõrgus edastamise kulu.

Kuna eesmärgiks on biometaani kasutamine mootorikütusena, siis on müügihinna määramisel baasvariandis lähtutud praegusel ajal gaasitanklates müüdava surugaasi hinnast – 0,779 €/kg (käibemaksuga). Käibemaksuta hind on 0,649 €/kg, millele vastab mahuühiku hind 0,447 €/Nm^3. Siinkohal on tehtud oletus, et biometaani maagaasivõrku andmisel ostab sama võrku kasutav surugaasi tanklates müüv ettevõtja selle ära hinnaga 0,584 €/kg. Hind on tuletatud surugaasi tanklahinnast 0,649 €/kg, millest on lahutatud surugaasi müüja tinglikuks kasumiks arvestatud 10% (0,0649 €/kg). Baasvariandis jääb gaasi edastustasu biometaani võrku sisestaja kanda.

Kuludes sisalduvad ka kapitalikulu ja põhjendatud tulukus.

Baasvariandi parameetrid ja arvutustulemused on esitatud tabelis 5.4.

Tabel 5.4 Biometaani müük maagaasivõrku (baasvariant)

Näitaja	Ühik	Väärtus
Biometaani kogus	t (tuh Nm^3)	1732,0 (2518,0)
Investeering	tuh €	213,0
s.h omakapital	tuh €	21,3
laen	tuh €	85,2
toetus	tuh €	108,5

Näitaja	Ühik	Väärtus
Biometaani ostuhind	€/kg	0,584
Biometaani müügihind	€/kg	0,649
NPV	tuh €	22,2
IRR	%	12,0
Tasuvusaeg	aasta	10

Baasvariandi arvutused näitavad tasuvust kümnendal aastal. Analoogiliselt tankla variandiga tuleb tulemustesse suhtuda ettevaatlikult, sest tegemist on erinevatest allikatest kogutud algandmetega ja osaliselt eksperthinnangutega, mis lähtusid kõigi kulude maksimaalsest minimeerimisest.

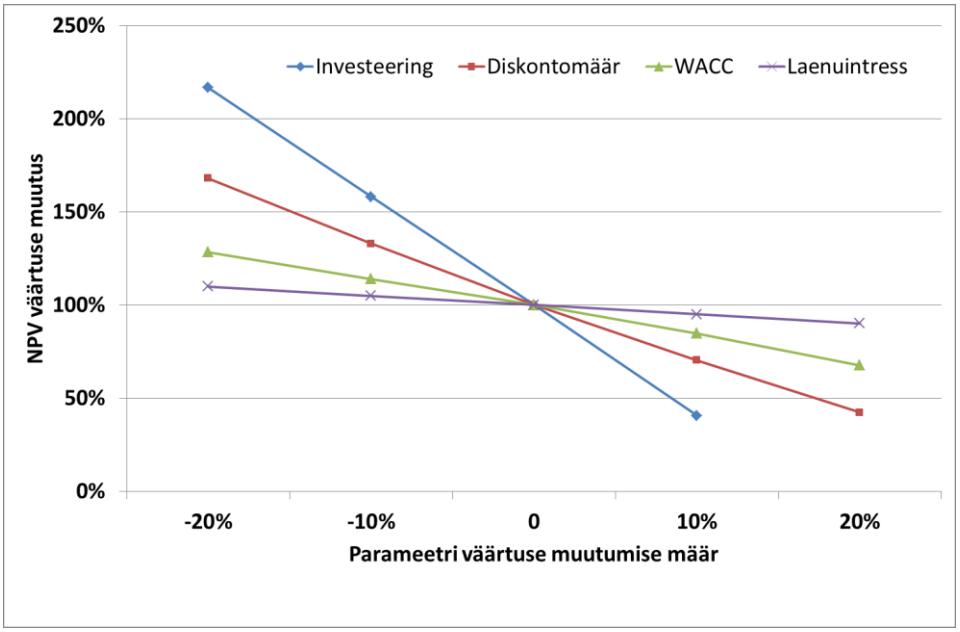
Olulisemaks tasuvuse mõjuriks on biometaani ostuhind – 0,520 €/kg (0,358 €/Nm^3), mis võib tegelikkuses osutuda kõrgemaks. Ka peab arvesse võtma, et arvutused on tehtud kõrge subsideerimise eeldusel – toetus moodustab 50% kogu investeeringu mahust.

Olulisemate kulukomponentide mõju analüüsimiseks projekti tasuvusele on läbi viidud tundlikkuse analüüs, milles on arvestatud järgmiste parameetrite mõju: investeeringu suurus, diskontomäär, laenuintress ja WACC (vt tabel 5.5). Lisaks uuriti biometaani ostu- ja müügihinna mõju.

Tabel 5.5 Rahastamisparameetrite mõju tasuvusnäitajatele

Parameetrid ja tasuvuse näitajad	Baas-variant	Parameetrite muutuse määr			
		-20%	-10%	10%	20%
Investeering, tuh €	**213,0**	**170,4**	**191,7**	**234,3**	**255,6**
NPV, tuh €	22.2	48.1	35.1	9.0	–4.1
IRR, %	12.0	16.9	14.2	10	8.2
Tasuvusaeg, a	10	6	8	12	13
Diskontomäär, %	**8.762**	**7.010**	**7.886**	**9.638**	**10.514**
NPV, tuh €	22.2	37.3	29.5	15.6	9.4
IRR, %	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Tasuvusaeg, a	10	9	10	10	11
WACC, %	**5.80**	**4.64**	**5.22**	**6.38**	**6.96**
NPV, tuh €	22.2	28.5	25.3	18.8	21.3
IRR, %	12.0	12.9	12.4	11.5	11.9
Tasuvusaeg, a	10	9	9	10	10
Laenuintress, %	**3.30**	**2.64**	**2.97**	**3.63**	**3.96**
NPV, tuh €	22.2	24.4	23.3	21.1	20.0
IRR, %	12.00%	12.3	12.2	11.9	11.7
Tasuvusaeg, a	10	9	10	10	10

Projekti nüüdispuhasväärtuse suhtelist muutumist sõltuvalt projekti rahastamise parameetritest kajastab joonis 5.2.



Joonis 5.2 Rahastamisega seotud tegurite mõju projekti nüüdisväärtusele.

Nagu näha avaldab tundlikkuse analüüsi kaasatud parameetritest suurimat mõju investeeringu suurus. Näiteks 20% vähenemise korral (investeering 255,6 tuh €) kasvaks NPV väärtus enam kui kahekordseks, 20% võrra suurema investeeringu vajamisel muutuks NPV negatiivseks.

Projekti tasuvus on kõige tundlikum biometaani ostu- ja müügihinna tasemete suhtes. Nagu eespool selgitatud, on biometaani müügihinnaks baasvariandis 0,584 €/kg, millele vastab 0,402 €/Nm^3. See kajastab olukorda, kus müüdud koguse biometaani edastuskulud jäävad biometaani võrku sisestaja kanda.

Biometaani ostuhinnaks on, nagu oma tanklaga variandiski, 0,520 €/kg (0,358 €/Nm^3). Lähtudes käesoleva uuringu käigus läbi töötatud materjalidest (vt ülevaadet 1. peatükis ja käesoleva peatüki lõpus) ei saa pidada tõenäoliseks võimalust osta biometaani sellest madalama hinnaga. Teiselt poolt, arvutuse aluseks olevatel tingimustel muudaks ostuhinna minimaalne tõus projekti 15 aasta jooksul mittetasuvaks.

Eraldi on arvutatud tasuvuse variant, mille korral edastuskulud jäävad biometaani tanklas müüva ettevõtja (sisuliselt siiski ostja) kanda. Sellisel juhul jäävad võrku andja käidukulud väiksemaks, kuid alaneb ka võimalik hind, millega võrku andja saab biometaani müüa – 0,530 €/kg (0,365 €/Nm^3). Projekti tasuvuse osas see kulude-tulude ümberpaigutamine suurt erinevust baasvariandist ei põhjusta: NPV=21,5 tuh €, IRR=11,9% ja tasuvusajaks 10 aastat.

Projekti üldist tasuvust võib oluliselt muuta konkreetse objekti kohta määratud maagaasivõrguga liitumise tasu suurus, kusjuures võimalik peaks olema ka investeeringuvajaduse vähenemine. Viimane variant oleks võimalik juhul, kui võrgu valdaja ja opereerijaga saavutatakse kokkulepe kulude osalise omavahelise jagamise osas.

5.5. Juhtumianalüüside kokkuvõtte.

1. Käesoleva uuringu raames teostatud tasuvusarvutuste kasutamisel tuleb arvestada, et arvutuste aluseks olevad maksumused põhinevad suurel hulgal välisallikatel, sest Eestis biometaani ei toodeta, järelikult puudub siin ka igasugune kohalik kogemus biometaani tarnimiseks maagaasivõrku või müümiseks tanklas otse biogaasi puhastusjaama lähistel.
2. Investeeringute ja ka käidukulude taseme määramiseks töötati läbi suurel hulgal veebis ja ajakirjanduses ning kirjanduses avaldatud andmeid. Valdavalt kasutati Rootsi, Saksamaa,

Hollandi, Austria, Soome ja Taani, kuid ka Itaalia, Brasiilia, Kanada ja USA allikaid. Lisaks saadi majandusnäitajaid mitme rahvusvahelise koostööprojekti materjalidest (vt kirjandusviited 33-73) Küsitleti ka mitmeid kohalikke spetsialiste.

Tuleb rõhutada, et andmed eriinvesteeringute kohta kõiguvad väga suures ulatuses.

- Üheks olulisemaks põhjuseks on eriinvesteeringu tugev sõltuvus projekti suurusest (rahalisest mahust). Selline sõltuvus kehtib nii biogaasi kui ka biometaani tootmisel ning samuti gaasi müügil.
- Teiseks suurte erinevuste põhjuseks investeeringu suurustes on ilmselt hindade taseme (seadmed, tööjõud, energia) erinevused riikide vahel.
- Kolmandaks oluliseks mõjuriks on mitmesugused toetused taastuvenergia tootmisega alustamisel. Viimane põhjus mõjutab ka käidukulude arvutamist. Investeeringute korral võib toetuste mõju olla otsene kuid ka kaudne. Viimasel juhul võtavad ka seadmete tarnijad oma hindade määramisel arvesse, kas projekt teostatakse (ELi või riiklike) toetuste abil või ilma. Loomulikult tuleb biogaasi tootmise hinnataseme juures arvesse võtta kasutatud substraadi liiki ja omadusi (nt prügilagaasi puhastamine on märksa kallim kui loomakasvatusjäätmetest toodetud biogaasi puhastamine).

3. Tasuvusarvutused ja nende tulemuste tundlikkuse analüüs põhiparameetrite suhtes näitasid, et võtmemõjuriks on biometaani hind, mis hakkab otseselt sõltuma surugaasi hinnast, mis müügil mootorikütusena on püsinud suhteliselt stabiilne. Tulenevalt vajadusest olla konkurentsivõimeline mootorikütuste turul, on surugaasi (maagaas; CNG) hinna kujundamisel lähtutud põhiliselt bensiini ja diislikütuse hinnatasemest, mis omakorda sõltub otseselt nafta hinnast maailmaturul. Seetõttu puudub käesoleva uuringu raames vajadus põhjalikumalt analüüsida biometaani müügihinda. Seega on biometaaniga kui mootorikütusega seonduva ahela – tootmine, vääristamine, edastamine, müük – majandusliku tasuvuse määravaks teguriks biogaasi ja -metaani hind.
4. Kõrvalmärkusena tuleb tõdeda, et välisallikate andmete kasutamisel tuleb olla väga tähelepanelik ka selles osas, mille kohta maksumused esitatakse – kas tegemist on biogaasiga toorgaasina või juba puhastatud/vääristatud biometaaniga; kui kasutatakse mahuühikuid, siis milline on vastav rõhk ja temperatuur. Mõnel juhul esitatakse eriinvesteering võimsuse või seadme tunnikulu (nt kW või m^3/h) kohta. Seejuures on gaaside kohta kasutatavatel nn standard- ja normaaltingimustel erinevates riikides erinevaid määratlusi. Ka tihedus varieerub biogaasi korral palju, olles biometaani tihedusest oluliselt suurem. Kulutuste juures on oluline, millisest substraadist on biogaas toodetud. Kuna enamikul juhtudel on kaasatud toetused, siis on oluline nende mõju arvestamine. Paljudel juhtudel esitatakse hinnad gaasis (biogaasis või biometaanis) sisalduva energiaühiku kohta, mistõttu võib osutuda võimatuks üleminek naturaalühiku hinnale, kui puudub vastav küttevääртus või metaani sisaldus. Ka võivad andmed biogaasi vääristamisest maagaasi kvaliteedini anda vähe teavet, kuna maagaasi omadused erinevad riigiti oluliselt. Kahjuks nähtub ka Eestis valminud uuringutes ja neis kasutatud andmetest, et mitte alati ei ole andmete käsitlus olnud korrektne. Lisaks on paljudel juhtudel hinnad esitatud kohalikus vääringus, mistõttu tuleb kasutada andmetele vastava aasta valuutade vahetuskurssi. Kui mõned vajalikud taustandmed puuduvad, siis kahaneb esitatud andmete väärtus oluliselt või muutuvad need sisuliselt kasutamatuks.
5. Lähtudes mitmetest kriteeriumidest (vt ptk 1) valiti käesolevas uuringus analüüsitavatele biogaasi tootmise variantidele sobivatena välja vesipesu ja membraanpuhastuse tehnoloogiad, siis on järgnevalt antud kokkuvõtlik ülevaade nendel tehnoloogiatel põhinevate puhastustehnoloogiate kasutamise maksumusest (vt tabelid 5.6 ja 5.7).

Tabel 5.6 Vesipesu erimaksumused

Allikas	Kulu liik	Ühik	Maksumus
Biogas to biomethane ..., 2012	Investeering (100 m^3/h, bm)	€/(m^3/h)	10100
	Investeering (500 m^3/h, bm)	€/(m^3/h)	3500
	Käidukulud (100 m^3/h, bm)	€/m^3	0,140
	Käidukulud (500 m^3/h, bm)	€/m^3	0,091
Technology data ..., 2012	Investeering (200 m^3/h, bg)	€/(Nm^3/h)	3500
	Käidukulud (200 m^3/h, bg)	€/Nm^3	0,03-0,05
Lems, R., Dirkse, E., 2011	Investeering (550 Nm^3/h, bm)	tuh €	800,0
	Käidukulud (550 m^3/h, bm)	€/m^3	0,25
Weidenaar, T. D., 2014	Investeering (100 m^3/h, bm)	tuh €	640,0
	Investeering (550 m^3/h, bm)	tuh €	1419,0
	Käidukulud (100 m^3/h, bm)	tuh €/a	34,0
	Käidukulud (550 m^3/h, bm)	tuh €	41,0
de Hullu, J., 2008 [a]	Investeering (144 m^3/h, bm)	tuh €	265,0
	Käidukulud (144 m^3/h, bm)	tuh €	110,0
	Biometaani tootmiskulu (144 m^3/h)	€/Nm^3	0,13
DMT, (vt ptk 1)	Investeering (600 m^3/h, bm)	€/m^3 [b]	2000
	Käidukulud (600 m^3/h, bm)	€/m^3	0,061
Scholz, M., 2013	Vääristamise erikulu	€s/kWh	1,25

Märkused: a – maksumused ilma H_2S eemaldamiseta; b – tõenäoliselt peab ühikuks olema €/(m^3/h) /S.S./ bg – biogaas; bm – biometaan

Tabel 5.7 Membraanpuhastuse erimaksumused

Allikas	Kulu liik	Ühik	Maksumus
Biogas to biomethane ..., 2012	Investeering (100 m^3/h, bm)	€/(m^3/h)	7300-7600
	Investeering (500 m^3/h, bm)	€/(m^3/h)	3500-3700
	Käidukulud (100 m^3/h, bm)	€/m^3	0,108-0,158
	Käidukulud (500 m^3/h, bm)	€/m^3	0,065-0,101
Lems, R., Dirkse, E., 2011	Investeering (550 Nm^3/h, bm)	tuh €	>1500
	Käidukulud (550 m^3/h, bm)	€/m^3	0,30-0,50
de Hullu, J., 2008 [a]	Investeering (130 m^3/h, bm)	tuh €	233,0
	Käidukulud (130 m^3/h, bm)	tuh €	81,75
	Biometaani tootmiskulu (130 m^3/h)	€/Nm^3	0,12
DMT, (vt ptk 1)	Investeering (600 m^3/h, bm)	€/m^3 [b]	1800
	Käidukulud (600 m^3/h, bm)	€/m^3	0,055
Scholz, M., 2013	Vääristamise erikulu	€s/kWh	1,35

Märkus: a – maksumused ilma H_2S eemaldamiseta; b – tõenäoliselt peab ühikuks olema €/(m^3/h) /S.S./ bg – biogaas; bm – biometaan.

Biometaani kuluelementide kohta on Saksamaa andmeid esitanud M. Poeschl (2010): tootmine 3,5-8,0 €s/kWh sõltuvalt substraadist, jaama võimsusest ja biogaasi metaanisisaldusest; vääristamine 2,0-6,0 €s/kWh ja võrku sisestamine ning seal edastamine 0,3-2,0 €s/kWh sõltuvalt kogusest ja edastamise vahemaast.

Siinkohal võib refereerida Rootsi Gaasitehnoloogia Keskuse (SGC) poolt äsja avaldatud üldisemat ülevaadet mootorikütusena kasutatava biometaani müügihinna kujunemise

kohta, mis põhineb Rootsis küsitluse teel kogutud andmetel (Vestman, J. jt, 2014). Originaalis Rootsi kroonides esitatud statistilised andmed kogu biometaani ahela (biogaasi tootmisest kuni tanklas väljastamiseni) kulude kohta on teisendatud eurodesse kasutades 2012. a keskmist valuutavahetuskurssi (1 SEK = 0,11489 EUR; Eurostat) ja esitatud tabelis 5.8.

Tabel 5.8 Statistilised andmed biometaani kuluelementide kohta Rootsis (2012), €/kWh

Näitaja	Biogaasi tootmine	Vääris-tamine	Edastamine maagaasi-võrgus	Tankla-kulud	Kokku
Mediaan	0,062	0,036	0,007	0,005	0,111
Aritmeetiline keskmine	0,099	0,037	0,009	0,008	0,155

Refereeritavas aruandes rõhutatakse, et andmete saamine kulude kohta on raskendatud ja seetõttu põhinevad esitatud andmed piiratud valimil ning neid ei saa lugeda esinduslikuks kogu Rootsi biometaani sektori kohta.

6. Nimetatud statistika kinnitab üldist seisukohta, et biometaani maagaasivõrku sisestamise, seal edastamise ja tanklatega seotud kulud moodustavad väikese osa kogu ahela kuludest. Biogaasi vääristamine, eriti aga tootmine, on kulude struktuuris valdava osatähtsusega, seejuures on oluline tähtsus biogaasi liigil, s.t millisest toormest biogaasi toodetakse. Tootmiskulude tasemele on lisaks toorainele määrava tähtsusega ka tootmismaht, sest mastaabitegur mõjutab erikulusid nii biogaasi tootmisel kui puhastamisel väga suurel määral. Saksamaal on leitud, et biometaani tootmise majandusliku tasuvuse alumine lävi jääb tootmisseadmete võimsusvahemikku (tunnikulu) 250 – 500 m^3/h (M. Poeschl, 2010).
7. Selgitamaks biometaani tootmise ja transpordis kasutamise potentsiaali ja tasuvust Eestis, oleks vaja analüüsida majanduslikku olukorda biogaasi tootmisel, sest biometaani hinnaahela kõige olulisem element on just seal. Kulukuselt järgmine on vääristamine ja alles seejärel tulevad lõpptarbijale kõige lähemal asuvad lülid – tanklad, seejuures maagaasivõrgus edastamisega või ilma selleta.

Kirjandus

1. F. Bauer, C. Hulteberg, T. Persson, Daniel Tamm. Biogas upgrading – Review of commercial technologies (Biogasuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker). SGC Rapport 2013:270. 83 pp.
2. Katie Elizabeth Hannah Warren. A techno-economic comparison of biogas upgrading technologies in Europe. Master's Thesis. University of Jyväskylä, 2012.
3. Lems, R. & Dirkse, E.H.M. 2010: Small scale biogas upgrading: Green gas with the DMT Carborex-MS® system. 15th European Biosolids and Organic Resources Conference, organised by Aqua Enviro Technology Transfer.
4. Urban, W., Girod, K., Lohmann, H., 2009: Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007–2008. 123 s. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen (German).
5. de Hullu, J., Maassen J.L.W., van Meel, P.A., Shazad, S., Vaessen J.M.P. 2008: Comparing Different Biogas Upgrading Techniques. Eindhoven University of Technology.
6. (*Strevett KA, Vieth RF, Grasso D; Chemo-autotrophic biogas purification for methane enrichment: mechanism and kinetics*
7. N. McDonald, S. Mezei. Presentation: Biogas to Biomethane, A proven option for on-farm energy production.
8. *Lems, R., Langerak, J., Dirkse E.H.M. Next generation biogas upgrading using highly selective gas separation membraanes. Showcasing the Poundbury project. DMT Environmental Technology, 2013.*
9. *Ralph E.F. Lindeboom, Jan Weijma, and Jules B. van Lier; High-Calorific Biogas Production by Selective CO_2 Retention at Autogenerated Biogas Pressures up to 20 Bar*
10. *Jy-Yih Leu, Yen-Hui Lin, Fuh-Long Chang; Conversion of CO_2 into CH_4 by methane-producing bacterium FJ10 under a pressurized condition.*
11. Petersson, A.Wellinger. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bio-energy, Task 37. 2009.
12. IRENA report 2013, Road transport: The cost of renewable solutions.
13. Biogas to biomethane technology review. Vienna University of Technology (Austria), Institute of Chemical Engineering. May 2012.
14. *Strevett KA, Vieth RF, Grasso D; Chemo-autotrophic biogas purification for methane enrichment: mechanism and kinetics*
15. Biogas upgrading using the DMT TS-PWS® Technology. Dirkse, E.H.M. B.Sc. DMT Environmental Technology
16. BalticSea2020. Best available technologies for pig manure biogas plants in the Baltic Sea region. Stockholm, June 2011.
17. Foged, Henning Lyngsö. 2010, Best Available Technologies for Manure Treatment – for Intensive Rearing of Pigs in the Baltic Sea Region EU Member States. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm.
18. Ü. Kask, J. Andrijevskaja, L. Kask, P. Heinla, T. Kallaste, A. Laur, A. Menert, S. Pädam. Biogaasi tootmise ja kasutamise pilootuuring Lääne-Virumaal. MTT Raport nr 53, Tallinna Tehnikaülikool, SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus. 2012.
19. Oja. Biometaani kasutamise avalikud hüved, Arengufond. Tallinn, 2013.
20. http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Biogaas

21. Uuring „Eri tüüpi sõnniku toitainete sisalduse arvestuslike väärtuste, põllumajandusloomade loomühikuteks ümberarvutamise koefitsientide ning sõnnikuhoidlate mahu arvutamise aluste ja miinimummahtude väljatöötamine ning sõnnikuga seotud näitajate arvutamise tarkvara väljatöötamine“, A. Kaasik, Tartu 2013,
22. Keskkonnaministri 5.detsembri 2008.a määruse nr 48 „Looma- ja linnukasvatusest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramismeetodid“ lisa, https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/0000/1308/6529/lisa.pdf# (1.06.14)
23. Biogaasi tootmise ja kasutamine, käsiraamat, Eesti Põllumeeste Keskliit, Tartu 2009; http://tek.emu.ee/userfiles/taastuvenergia_keskus/biogaasiraamat_veebiversioon.pdf
24. Jõgeva Linnavolikogu määrus 22.11.2012 nr 10 „Jõgeva linna arengukava aastani 2020 muutmine ja uue redaktsiooni kinnitamine“, https://www.riigiteataja.ee/akt/403122013060&leiaKehtiv
25. Maanteeamet, INFOLEHT 04-14 (aprill 2014 statistika), http://www.mnt.ee/?id=10797
26. M. Karelson, K. Jaama, "Veise ja seakasvatus", Tallinn "Valgus"1981
27. Statistikaamet, Statistika andmebaas, http://www.stat.ee/ (01.05.14)
28. Konkurentsiamet, Konkurentsiametiga kooskõlastatud soojuse tootmise piirhinnad, http://www.konkurentsiamet.ee/?id=18308 (01.06.14)
29. Eesti Gaas, Surugaasi hind AS Eesti Gaas maagaasi autotanklates, http://www.gaas.ee/surugaas/surugaasi-hind/ (02.06.14)
30. Douglas W. Hamilton, William G. Luce, Aimee D. Heald, Production and Characteristics of Swine Manure, http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/F-1735_swine_man_char_OK.pdf (02.06.14)
31. Planning and Installing Bioenergy Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers, 2005, http://books.google.ee/books?id=OFTlY81crJUC&pg=PA59&lpg=PA59&dq=manure+dry+matter+biogas&source=bl&ots=BO6bTB9XgD&sig=dfr04E_uf5Yesn0eRz5cGyXL6KE&hl=en&sa=X&ei=riNqU9mrIcTaygPBsoGAAw&ved=0CE0Q6AEwAg#v=onepage&q=manure%20dry%20matter%20biogas&f=false (02.06.14)
32. Elektrituruseadus, https://www.riigiteataja.ee/akt/106052014004?leiaKehtiv (08.06.2014).
33. Ahonen, S. Alueellinen liikennebiokaasun tuotanto, siirto ja jakelu – esimerkkitapauksena Keski-Suomen maakunta. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto. 22.7.2010.
34. Bauer, F., Hulteberg, C., Persson, T., Tamm, D. Biogas upgrading – Review of commercial Technologies (Biogasuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker). SGC Rapport 2013:270.
35. Biogaasibusside tutvustamise- ja kasutuselevõtu teostatavusuuring. EL projekt ”Baltic Biogas Bus”. Assets RPM OÜ.
36. Biogaasitankla teostatavus-tasuvusanalüüs. ERKAS Valduse OÜ. Tartu 2010.
37. Biogaasitehase rajamine Tartu linnaliinitranspordi kütuse tootmiseks. Teostatavus-tasuvusuuring. Baltic Biogas Bus. ERKAS Valduse OÜ. Juuni 2011.
38. Biogas to biomethane technology review. Vienna University of Technology (Austria), Institute of Chemical Engineering. May 2012.
39. Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter. Goda svenska eksempel. Naturvårdsverket. Rapport 6518. September 2012.
40. Biomethane for transportation: Opportunites for Washington State. Copyright © 2011 Western Washington Clean Cities Coalition. WSUEEP11-052 Rev 1. January 2013.
41. Biomethane use for cities: grid injection & transport in Graz (Austria). UrbanBiogas WP 5 – Task 5.2/5.3 / D 5.2/5.3. July 2013.
42. CEN/TC 234/WG 9 Contribution to CEN/TC 408 - Requirements and Recommendations for Injection of N.C.S Gases. Project Committee - Biomethane for use in transport and injection in natural gas pipelines. CEN/TC 408. 2011-08-08.

43. DIN 51624. Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Erdgas – Anforderungen und Prüfverfahren.
44. Dirkse, E.H.M. Biogas upgrading using the DMT TS-PWS Technology. B.Sc. DMT Environmental Technology.
45. EGV-TS 9: 2011. Võrgugaasi kvaliteet. Heaks kiidetud EG Võrguteenus Tehnikanõukogu otsusega 14.04.2011.
46. Eesti biogaasisektori ülevaade: hetkeseis ja arenguvajadused. Läänemere regiooni SPIN projekt. Dokumendi koostaja A. Oja. 2011.
47. Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050. Lõppraport. Tartu Ülikool, SEI-Tallinn, ELF. Aprill 2013.
48. Enok, H. Rohegaas – kellele, miks? Maaleht. 07.02.2014.
49. EU Handbook - Biogas Markets. Prepared by the Cross Border Bioenergy Working Group on Biogas Technologies. (IEE/09/933/S12.558306). October 2012.
50. EVS-EN ISO 15403-1:2008. Natural gas - Natural gas for use as a compressed fuel for vehicles - Part 1: Designation of the quality.
51. Feasibility Study – Biogas upgrading and grid injection in the Fraser Valley, British Columbia. Final Report. Electrigaz Technologies Inc. June 2008.
52. Foreest, F. Perspectives for Biogas in Europe. Oxford Institute for Energy Studies. NG 70. December 2012.
53. de Hullu, J., Maassen, J.I.W., van Meel, P.A. et al. Comparing different biogas upgrading techniques. Final Report. DMT Milieutechniek. Eindhoven University of Technology, July 3, 2008.
54. Juhend 2014. a kaalutud keskmise kapitali hinna leidmiseks. Konkurentsiamet. Tallinn 2014.
55. Laaniste, M. Plaanid metaankütuste edendamiseks, võimalikud toetused ja meetmete rakendamine järgmisel EL eelarveperioodil. (Ettekanne). MKM. 25.04.2012
56. Lampinen, A., Laakkonen, A. Biometaan mootorikütusena. Teatmik omavalitsustele. Soome Biogaasi Ühing MTÜ. 2012.
57. Lems, R., Dirkse, E. Making pressurized water scrubbing the ultimate biogas upgrading technology with the DMT Carborex® PWS system. DMT Environmental Technology. 2011.
58. Mandate to CEN for standards for biomethane for use in transport and injection in natural gas pipelines. European Commission. M/475 EN Directorate-general for energy. Brussels, 8th November 2010.
59. Oja, A. Metaankütuste kasutamine Eesti transpordis. Ettepanekud valdkonna arendamiseks. EAS Energiatehnoloogia programm. Eesti Biogaasi Assotsiatsioon. Tallinn – Ääsmäe – Tartu. 2012.
60. Oja, A. Eesti biogaasisektori ülevaade: hetkeseis ja arenguvajadused. Läänemere regiooni SPIN projekt. 2010.
61. Oja, A. Ülevaade metaankütuste kasutamise kogemustest transpordis Rootsis, Saksamaal, Austrias ja Itaalias. Lõpparuanne. EAS Energiatehnoloogia programm. Ääsmäe 2011.
62. Parmlind, E. Energy analysis of farm-based biogas plants in Sweden. SLU, Swedish University of Agricultural Sciences. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Uppsala 2014.
63. Petersson, A., Wellinger, A. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bioenergy Task 37. 2009.
64. Poeschl, M., Ward, S., Owende, P. Prospects for expanded utilization of biogas in Germany. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010), pp 1782–1797.
65. Rutz, D., Janssen, R. Overview and Recommendations on Biofuel Standards for Transport in the EU. Project: Biofuel Marketplace (EIE/05/022/SI2.420009). WIP Renewable Energies. München. June 2006.

66. Ruul, M. Biogaasi transpordikütusena kasutamise majanduslike, tehnoloogiliste ja keskkonnaaspektide analüüs. Magistritöö ökotehnoloogias. Tartu Ülikool. Tartu 2013.
67. Scholz, M., Melin, T., Wessling, M. Transforming biogas into biomethane using membrane technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews 17 (2013), pp 199–212.
68. Technology data for energy plants. Generation of Electricity and District Heating, Energy Storage and Energy Carrier Generation and Conversion. Danish Energy Agency and Energinet.dk. Maj 2012.
69. Vaker, V. Surugaasi tankimise tehnoloogiad. (Ettekanne). AS Eesti Gaas. Tartu. 23.03.2011.
70. Vestman, J., Liljemark, S., Svensson, M. Kostnadsbild för produktion och distribution av fordonsgas (Cost benchmarking of the production and distribution of biomethane/CNG in Sweden). SGC Rapport 2014:296. Svenskt Gastekniskt Center AB. 2014.
71. Warren, K. E. H. A techno-economic comparison of biogas upgrading technologies in Europe. Master thesis. University of Jyväskylä. 2012.
72. Weidenaar, T. D. Designing the biomethane supply chain through automated synthesis. PhD Thesis. Faculty of Engineering Technology (CTW) of the University of Twente. Enschede. 27 March 2014.
73. Wellinger, A. Standards for biomethane as vehicle fuel and for injection into the natural gas grid. Project: Green Gas Grids. Deliverable 3.6 WG2. 22 March 2013.

LISAD

Lisa 1. Keskmine piimatoodang lehma kohta maakondades 2013. a, kg

Kogu Eesti	7824
Harju maakond	7162
Hiiu maakond	5322
Ida-Viru maakond	6724
Jõgeva maakond	7912
Järva maakond	8235
Lääne maakond	7281
Lääne-Viru maakond	7985
Põlva maakond	8707
Pärnu maakond	7880
Rapla maakond	7840
Saare maakond	6895
Tartu maakond	8873
Valga maakond	7256
Viljandi maakond	7390
Võru maakond	7290

Allikas: Statistikaameti andmebaas, PM1740: PIIMA- JA MUNATOODANG, seisuga 28. jaanuar 2014.

Lisa 2. Loomakasvatushooned veiste arvuga üle 1000 looma ja sigade arvuga üle 4000 looma, seisuga 22.10.2013

Jrk	Nimi	Loom	Arv	Maakond	Vald	Küla, alev, alevik
1	OSAÜHING RAIKKÜLA SEAKASVATUS	siga	7756	RAPLAMAA	RAIKKÜLA VALD	RAIKKÜLA KÜLA
2	OSAÜHING SF PANDIVERE	siga	6354	LÄÄNE-VIRUMAA	VÄIKE-MAARJA VALD	PANDIVERE KÜLA
3	OSAÜHING MARKILO	siga	8212	LÄÄNE-VIRUMAA	TAMSALU VALD	VAJANGU KÜLA
4	OSAÜHING KÕPSTA SEAFARM	siga	7251	LÄÄNE-VIRUMAA	RAKKE VALD	PIIBE KÜLA
5	AKTSIASELTS RUIXI MÕIS	siga	4690	LÄÄNE-VIRUMAA	KADRINA VALD	KALLUKSE KÜLA
6	AKTSIASELTS REY	siga	7876	RAPLAMAA	KEHTNA VALD	KEHTNA-NURME KÜLA
7	OÜ AIU PÕLLUMAJANDUS	siga	10040	TARTUMAA	LAEVA VALD	LAEVA KÜLA
8	AS TARTU AGRO	siga	5602	TARTUMAA	TÄHTVERE VALD	ILMATSALU ALEVIK
9	ATRIA FARMID OÜ	siga	7113	LÄÄNEMAA	ORU VALD	ORU KÜLA
10	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	siga	4305	VILJANDIMAA	PAISTU VALD	AIDU KÜLA
11	RAKVERE FARMID AKTSIASELTS	siga	58274	VILJANDIMAA	VIIRATSI VALD	MÄELTKÜLA KÜLA
12	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	siga	7288	VILJANDIMAA	TARVASTU VALD	KANNUKÜLA KÜLA
13	OSAÜHING NURKSE SEAFARM	siga	6158	LÄÄNE-VIRUMAA	TAMSALU VALD	ASSAMALLA KÜLA
14	RAKVERE FARMID AKTSIASELTS	siga	8539	VÕRUMAA	ANTSLA VALD	SAVILÖÖVI KÜLA
15	OSAÜHING HINNU SEAFARM	siga	12000	HARJUMAA	KUUSALU VALD	ALLIKA KÜLA
16	TULUNDUSÜHISTU KÜÜNI-SF	siga	6882	HARJUMAA	KUUSALU VALD	MUSTAMETSA KÜLA
17	RAKVERE FARMID AKTSIASELTS	siga	9838	PÕLVAMAA	PÕLVA VALD	LUTSU KÜLA
18	LAIUSE PÕLLUMAJANDUSE OSAÜHING	siga	4122	JÕGEVAMAA	JÕGEVA VALD	LAIUSEVÄLJA KÜLA
19	ATRIA FARMID OÜ	siga	7166	TARTUMAA	RÕNGU VALD	TILGA KÜLA
20	OSAÜHING KAUBI FARMID	siga	5838	JÕGEVAMAA	PUURMANI VALD	ALTNURGA KÜLA
21	OSAÜHING LÕPE AGRO	siga	5729	PÄRNUMAA	KOONGA VALD	LÕPE KÜLA
22	OSAÜHING SAARE PEEKON	siga	5591	SAAREMAA	KAARMA VALD	PÄHKLA KÜLA
23	OSAÜHING MARKILO	siga	6825	JÕGEVAMAA	PUURMANI VALD	HÄRJANURME KÜLA
24	OSAÜHING ÄÄRE SEAKASVATUS	siga	4846	SAAREMAA	PIHTLA VALD	KAALI KÜLA
25	HAAMERI TALU	siga	5112	PÕLVAMAA	VERIORA VALD	VILUSTE KÜLA
26	AKTSIASELTS VAHENURME AGRO	siga	4329	PÄRNUMAA	HALINGA VALD	EENSE KÜLA
27	OSAÜHING SAIMRE	veis	1469	VILJANDIMAA	PAISTU VALD	AIDU KÜLA
28	OSAÜHING KÕPU PM	veis	1189	VILJANDIMAA	KÕPU VALD	SUPSI KÜLA
29	OSAÜHING VOORE MÕIS	veis	1380	LÄÄNE-VIRUMAA	VINNI VALD	VIRU-JAAGUPI ALEVIK
30	KÕLJALA PÕLLUMAJANDUSLIK OSAÜHING	veis	1065	SAAREMAA	PIHTLA VALD	HAESKA KÜLA
31	AKTSIASELTS LAATRE PIIM	veis	2310	VALGAMAA	TÕLLISTE VALD	LAATRE ALEVIK
32	OSAÜHING RAIKKÜLA FARMER	veis	1476	RAPLAMAA	RAIKKÜLA VALD	RAIKKÜLA KÜLA
33	TULUNDUSÜHISTU PAE ÜHISTALU	veis	2243	RAPLAMAA	KEHTNA VALD	INGLISTE KÜLA
34	AKTSIASELTS METSAKÜLA PIIM	veis	1149	HARJUMAA	HARKU VALD	KUMNA KÜLA
35	OÜ KURE MÕIS	veis	1079	TARTUMAA	RANNU VALD	KUREKÜLA ALEVIK
36	OSAÜHING VÄNDRA	veis	1727	PÄRNUMAA	VÄNDRA VALD	VAKI KÜLA
37	OSAÜHING SURJU PM	veis	1119	PÄRNUMAA	SURJU VALD	SURJU KÜLA

Jrk	Nimi	Loom	Arv	Maakond	Vald	Küla, alev, alevik
38	OSAÜHING HUMMULI AGRO	veis	1126	VALGAMAA	HUMMULI VALD	HUMMULI ALEVIK
39	ARAVETE AGRO OÜ	veis	1434	JÄRVAMAA	AMBLA VALD	MÄGISE KÜLA
40	OSAÜHING HÄRJANURME MÕIS	veis	1576	JÕGEVAMAA	PUURMANI VALD	SADUKÜLA KÜLA
41	AKTSIASELTS PAJUSI ABF	veis	1107	JÕGEVAMAA	PAJUSI VALD	KALANA KÜLA
42	AKTSIASELTS VÄÄTSA AGRO	veis	1859	JÄRVAMAA	VÄÄTSA VALD	VISSUVERE KÜLA
43	TORMA PÕLLUMAJANDUSOSAÜHING	veis	1282	JÕGEVAMAA	TORMA VALD	TORMA ALEVIK
44	KABALA AGRO OSAÜHING	veis	1822	JÄRVAMAA	TÜRI VALD	KABALA KÜLA
45	AS PEETRI PÕLD JA PIIM	veis	1531	JÄRVAMAA	KAREDA VALD	ÄMBRA KÜLA
46	OÜ KUIVAJÕE FARMER	veis	1437	HARJUMAA	KOSE VALD	KUIVAJÕE KÜLA
47	OSAÜHING ESTONIA	veis	1391	JÄRVAMAA	TÜRI VALD	VÄLJAOTSA KÜLA
48	AS TARTU AGRO	veis	1516	TARTUMAA	TÄHTVERE VALD	RAHINGE KÜLA
49	OSAÜHING PÕLVA AGRO	veis	2099	PÕLVAMAA	PÕLVA VALD	AARNA KÜLA
50	OSAÜHING METSTAGUSE AGRO	veis	1058	JÄRVAMAA	JÄRVA-JAANI VALD	KUKSEMA KÜLA
51	ÕNNE PIIMAKARJATALU OSAÜHING	veis	1544	JÕGEVAMAA	PÕLTSAMAA VALD	ESKU KÜLA
52	AS TARTU AGRO	veis	1716	TARTUMAA	TÄHTVERE VALD	VORBUSE KÜLA
53	KASKA-LUIGA TALU	veis	1765	PÕLVAMAA	KANEPI	PÕLGASTE KÜLA
54	PAUNVERE AGRO OÜ	veis	1299	JÕGEVAMAA	PALAMUSE VALD	JÄRVEPERA KÜLA
55	ABJA FARMID OÜ	veis	1327	VILJANDIMAA	ABJA VALD	KAMARA KÜLA
56	OÜ SADALA AGRO	veis	1044	JÕGEVAMAA	TORMA VALD	KODISMAA KÜLA
57	OSAÜHING HALINGA	veis	2111	PÄRNUMAA	HALINGA VALD	LANGERMA KÜLA

Allikas: PRIA loomade andmebaas

Lisa 3. Üle 400 veise ja üle 1000 seaga loomakasvatushooned Jõgevamaal, seisuga 22.10.2013

NR	ETTEVÕTJA	VEISTE ARV	SIGADE ARV	VALD, LINN	KÜLA, ALEV
1	OÜ PÕLLURADA	529	0	TABIVERE VALD	TABIVERE ALEVIK
2	PUURMANI PÕLLUMAJANDUSÜHISTU	710	0	PUURMANI VALD	PIKKNURME KÜLA
3	ÕNNE PIIMAKARJATALU OSAÜHING	1544	0	PÕLTSAMAA VALD	ESKU KÜLA
4	OSAÜHING VIRAITO	981	0	PÕLTSAMAA VALD	KUNINGAMÄE KÜLA
5	VÕHMANÕMME PÕLLUMAJANDUSÜHISTU	585	243	PÕLTSAMAA VALD	VÕHMANÕMME KÜLA
6	OSAÜHING HÄRJANURME MÕIS	1576	0	PUURMANI VALD	SADUKÜLA KÜLA
7	MÄLLIKVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU	624	0	PÕLTSAMAA VALD	MÄLLIKVERE KÜLA
8	PAUNVERE AGRO OÜ	1299	0	PALAMUSE VALD	JÄRVEPERA KÜLA
9	AKTSIASELTS ADAVERE AGRO	667	0	PÕLTSAMAA VALD	ADAVERE ALEVIK
10	AKTSIASELTS PAJUSI ABF	1107	0	PAJUSI VALD	KALANA KÜLA
11	AKTSIASELTS PEREVARA	468	0	JÕGEVA VALD	PAINKÜLA KÜLA
12	AKTSIASELTS PEREVARA	759	0	JÕGEVA VALD	VÕDUVERE KÜLA
13	LAIUSE PÕLLUMAJANDUSE OSAÜHING	822	0	JÕGEVA VALD	LAIUSEVÄLJA KÜLA
14	OSAÜHING VAIMASTVERE AGRO	577	0	JÕGEVA VALD	VAIMASTVERE KÜLA
15	TORMA PÕLLUMAJANDUSOSAÜHING	1282	0	TORMA VALD	TORMA ALEVIK
16	OÜ SADALA AGRO	1044	0	TORMA VALD	Kodismaa küla
17	OÜ SADALA AGRO	443	0	TORMA VALD	SADALA ALEVIK
18	OÜ SADALA AGRO	525	0	TORMA VALD	Tähkvere küla
19	OSAÜHING KAUBI FARMID	0	5838	PUURMANI VALD	ALTNURGA KÜLA
20	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	0	3213	PÕLTSAMAA VALD	RÕSTLA KÜLA
21	OSAÜHING KAAVERE AGRO	0	2258	PÕLTSAMAA VALD	LUSTIVERE KÜLA
22	OSAÜHING PAJU TALU KAUBANDUS	0	1868	PÕLTSAMAA VALD	PAUASTVERE KÜLA
23	ATRIA FARMID OÜ	0	3599	PALAMUSE VALD	JÄRVEPERA KÜLA
24	OSAÜHING MARKILO	0	6825	PUURMANI VALD	HÄRJANURME KÜLA
25	LAIUSE PÕLLUMAJANDUSE OSAÜHING	0	4122	JÕGEVA VALD	LAIUSEVÄLJA KÜLA

Allikas: PRIA loomade andmebaas

Lisa 4. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide loomade arv ja väljaheidete kogused

Ettevõte	Piima-lehm, tk	Amm-lehm, tk	Lehmik vasikas kuni 6k, tk	Pull-vasi-kas kuni 6k, tk	Lehmik mulli-kas, tk	Pull-mulli-kas, tk	Pull, tk	Kokku veiseid, tk	Arves-tuslik piima-toodang, kg	Sõnniku toodang lehma kohta, t/a	Välja-heite kogus (veis), t/a	Emis, tk	Kult, tk	Imik-põr-sas, tk	Võõrde-põrsas, tk	Nuumik, tk	Kokku sigu, tk	Välja-heite kogus (siga), t/a
1. Jõgeva																		
OÜ Markilo (EE582)												523	18	959	1727	3597	6 825	8 648
OÜ Vaimastvere Agro (EE12522)	342		73	15	99	27		556	7 912	22,9	8 789							
AS Perevara (EE14972)	398		35	14	17			464	7 912	22,9	9 319							
AS Perevara (EE14969)	234		118	26	414		1	793	7 912	22,9	8 086							
AS Perevara (EE14974)	181		48	7	84			320	7 912	22,9	4 758							
AS Perevara (EE14976)			45		210	1	1	257	7 912	22,9	1 329							
AS Perevara (EE14971)	214		10	11	18			253	7 912	22,9	5 047							
Kokku	**1 369**	**0**	**329**	**73**	**842**	**28**	**2**	**2 643**			**37 328**	**523**	**18**	**959**	**1 727**	**3 597**	**6 825**	**8 648**
2. Laiuse																		
Laiuse POÜ (EE403)												316	11	579	1043	2173	4 122	5 223
Laiuse POÜ (EE13792)	402		103	18	280			803	8 606	24,0	11 543							
Laiuse POÜ (EE13804)	114		7	5	16			142	8 606	24,0	2 854							
Laiuse POÜ (EE23983)					94			94	8 606	24,0	536							
Kokku	**516**	**0**	**110**	**23**	**390**	**0**	**0**	**1 039**			**14 933**	**316**	**11**	**579**	**1 043**	**2 173**	**4 122**	**5 223**
3. Palamuse																		
Paunvere Agro OÜ (EE18287)	804		173	18	325			1320	7 912	22,9	20 724							
Paunvere Agro OÜ (EE18267)			11	297				308	7 912	22,9	741							
Paunvere Agro OÜ (EE18261)	46		30	33	12			121	7 912	22,9	1 277							
Atria Farmid OÜ (EE411)												276	10	506	911	1897	3 599	4 560
Kokku	**850**	**0**	**214**	**348**	**337**	**0**	**0**	**1 749**			**22 743**	**276**	**10**	**506**	**911**	**1 897**	**3 599**	**4 560**
4. Puurmani																		
OÜ Härjanurme Mõis (EE13767)	1 071		289	65	258			1683	7 912	22,9	26 860							
OÜ Kaubi Farmid (EE469)												946	33	1735	3123		5 838	5 231
Puurmanni PÜ (EE11081)	371		35	8	189	104	8	715	7 912	22,9	10 431							
Puurmanni PÜ (EE25129)			67	23	123	80		293	7 912	22,9	1 467							
Puurmanni PÜ (EE11078)	108		8		2	2		120	7 912	22,9	2 514							
Puurmanni PÜ (EE11080)	94		6	1	7			108	7 912	22,9	2 207							
Kokku	**1 644**	**0**	**405**	**97**	**579**	**186**	**8**	**2 919**			**43 479**	**946**	**33**	**1 735**	**3 123**	**0**	**5 838**	**5 231**
Jõgeva grupp kokku	**4 379**	**0**	**1 058**	**541**	**2 148**	**214**	**10**	**8 350**			**118 483**	**2 062**	**72**	**3 780**	**6 804**	**7 667**	**20 384**	**23 663**

Lisa 5. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus

Ettevõte	Välja-heitest kuivaine, KA t/a	Orgaaniline kuivaine (oKA) väljaheitest, t/a		Biogaasi teke väljaheite oKA.st, m3/a		Biometaani kogus biogaasist, m^3/a		Biogaasi energiasisaldus (kütteväärtus 6 kWh/m^3), kWh		Jaama sisend-võimsus[17], MW	
		Min (75%)	Max (veis 82%, siga 86%)	Min (veis 200, siga 300 m^3/t oKA)	Max (veis 500, siga 700 m^3/t oKA)	Min (veis 50%, siga 60%)	Max (veis 60%, siga 70%)	Min	Max	Min	Max
1. Jõgeva											
OÜ Markilo (EE582)	654	491	563	147 232	393 929	88 339	275 750	883 395	2 363 572	0,11	0,30
OÜ Vaimastvere Agro (EE12522)	1 333	1 000	1 093	199 975	546 598	99 987	327 959	1 199 850	3 279 590	0,15	0,41
AS Perevara (EE14972)	1 421	1 066	1 165	213 128	582 549	106 564	349 529	1 278 765	3 495 292	0,16	0,44
AS Perevara (EE14969)	1 193	895	978	178 979	489 208	89 489	293 525	1 073 871	2 935 248	0,13	0,37
AS Perevara (EE14974)	717	538	588	107 557	293 988	53 778	176 393	645 339	1 763 927	0,08	0,22
AS Perevara (EE14976)	183	137	150	27 472	75 091	13 736	45 055	164 835	450 548	0,02	0,06
AS Perevara (EE14971)	769	577	631	115 382	315 378	57 691	189 227	692 294	1 892 270	0,09	0,24
Kokku	**6 271**	**4 703**	**5 168**	**989 725**	**2 696 741**	**509 586**	**1 657 438**	**5 938 349**	**16 180 447**	**0,74**	**2,02**
2. Laiuse											
Laiuse POÜ (EE403)	395	296	340	88 922	237 916	53 353	166 541	533 532	1 427 494	0,07	0,18
Laiuse POÜ (EE13792)	1 734	1 301	1 422	260 169	711 128	130 084	426 677	1 561 012	4 266 766	0,20	0,53
Laiuse POÜ (EE13804)	434	326	356	65 174	178 142	32 587	106 885	391 044	1 068 853	0,05	0,13
Laiuse POÜ (EE23983)	74	56	61	11 171	30 535	5 586	18 321	67 029	183 211	0,01	0,02
Kokku	**2 639**	**1 979**	**2 179**	**425 436**	**1 157 721**	**221 610**	**718 424**	**2 552 616**	**6 946 324**	**0,32**	**0,87**
3. Palamuse											
Paunvere Agro OÜ (EE18287)	3 130	2 348	2 567	469 527	1 283 373	281 716	770 024	2 817 161	7 700 240	0,35	0,96
Paunvere Agro OÜ (EE18267)	93	69	76	13 893	37 973	8 336	22 784	83 356	227 840	0,01	0,03
Paunvere Agro OÜ (EE18261)	190	142	156	28 483	77 853	17 090	46 712	170 896	467 116	0,02	0,06
Atria Farmid OÜ (EE411)	345	259	297	77 640	207 729	46 584	145 410	465 837	1 246 373	0,06	0,16
Kokku	**3 758**	**2 818**	**3 095**	**589 542**	**1 606 928**	**353 725**	**984 930**	**3 537 250**	**9 641 569**	**0,44**	**1,21**
4. Puurmani											
OÜ Härjanurme Mõis (EE13767)	4 062	3 047	3 331	609 317	1 665 466	365 590	999 280	3 655 901	9 992 797	0,46	1,25
OÜ Kaubi Farmid (EE469)	434	326	373	97 651	261 270	58 590	182 889	585 905	1 567 621	0,07	0,20
Puurmanni PÜ (EE11081)	1 589	1 192	1 303	238 387	651 590	143 032	390 954	1 430 320	3 909 540	0,18	0,49
Puurmanni PÜ (EE25129)	217	163	178	32 535	88 929	19 521	53 357	195 210	533 573	0,02	0,07
Puurmanni PÜ (EE11078)	384	288	315	57 622	157 500	34 573	94 500	345 732	945 000	0,04	0,12
Puurmanni PÜ (EE11080)	337	252	276	50 479	137 976	30 287	82 785	302 873	827 854	0,04	0,10
Kokku	**7 023**	**5 267**	**5 776**	**1 085 990**	**2 962 731**	**651 594**	**1 803 766**	**6 515 941**	**17 776 386**	**0,81**	**2,22**
Jõgeva grupp kokku	**19 690**	**14 768**	**16 219**	**3 090 693**	**8 424 121**	**1 736 515**	**5 164 557**	**18 544 156**	**50 544 725**	**2,32**	**6,32**

[17] Töötab 8000 tundi.

Lisa 6. Jõgevamaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist

Ettevõte	Elektri toodang (kasutegur η = 0,42), kWh		Soojuse toodang (kasutegur η = 0,43), kWh		Koostootmisel müügitulu[18], tuhat eurot/aastas		Biometaaniga läbitavad kilomeetrid[19], km		Keskmine biometaa-niga varustatavate autode arv[20], tk		Müügitulu aastas biometaamist[21], tuhat eurot/aastas		Biogaasi tunnis[22], m³/h		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Keskmine
1. Jõgeva															
OÜ Markilo (EE582)	371 026	992 700	379 860	1 016 336	37	99	1 193 777	3 726 352	60	186	49	153	17	45	31
OÜ Vaimastvere Agro (EE12522)	503 937	1 377 428	515 935	1 410 224	50	137	1 351 182	4 431 878	68	222	56	182	23	62	43
AS Perevara (EE14972)	537 081	1 468 022	549 869	1 502 975	53	146	1 440 051	4 723 367	72	236	59	194	24	67	45
AS Perevara (EE14969)	451 026	1 232 804	461 765	1 262 157	45	122	1 209 315	3 966 552	60	198	50	163	20	56	38
AS Perevara (EE14974)	271 042	740 849	277 496	758 489	27	74	726 733	2 383 685	36	119	30	98	12	34	23
AS Perevara (EE14976)	69 231	189 230	70 879	193 736	7	19	185 625	608 849	9	30	8	25	3	9	6
AS Perevara (EE14971)	290 763	794 753	297 686	813 676	29	79	779 610	2 557 121	39	128	32	105	13	36	25
Kokku	**2 494 107**	**6 795 788**	**2 553 490**	**6 957 592**	**248**	**675**	**6 886 293**	**22 397 804**	**344**	**1 120**	**284**	**921**	**113**	**308**	**210**
2. Laiuse															
Laiuse POÜ (EE403)	224 083	599 547	229 419	613 822	22	60	720 989	2 250 553	36	113	30	93	10	27	19
Laiuse POÜ (EE13792)	655 625	1 792 042	671 235	1 834 709	65	178	1 757 896	5 765 900	88	288	72	237	30	81	55
Laiuse POÜ (EE13804)	164 238	448 918	168 149	459 607	16	45	440 365	1 444 396	22	72	18	59	7	20	14
Laiuse POÜ (EE23983)	28 152	76 949	28 822	78 781	3	8	75 483	247 583	4	12	3	10	1	3	2
Kokku	**1 072 099**	**2 917 456**	**1 097 625**	**2 986 919**	**106**	**290**	**2 994 732**	**9 708 432**	**150**	**485**	**123**	**399**	**49**	**132**	**90**
3. Palamuse															
Paunvere Agro OÜ (EE18287)	1 183 208	3 234 101	1 211 379	3 311 103	117	321	3 806 974	10 405 730	190	520	157	428	54	147	100
Paunvere Agro OÜ (EE18267)	35 010	95 693	35 843	97 971	3	10	112 643	307 892	6	15	5	13	2	4	3
Paunvere Agro OÜ (EE18261)	71 776	196 189	73 485	200 860	7	19	230 941	631 238	12	32	10	26	3	9	6
Atria Farmid OÜ (EE411)	195 652	523 477	200 310	535 940	19	52	629 510	1 965 002	31	98	26	81	9	24	16
Kokku	**1 485 645**	**4 049 459**	**1 521 018**	**4 145 875**	**147**	**402**	**4 780 068**	**13 309 862**	**239**	**665**	**197**	**547**	**67**	**183**	**125**
4. Puurmani															
OÜ Härjanurme Mõis (EE13767)	1 535 479	4 196 975	1 572 038	4 296 903	152	417	4 940 407	13 503 780	247	675	203	555	70	190	130
OÜ Kaubi Farmid (EE469)	246 080	658 401	251 939	674 077	24	65	791 764	2 471 475	40	124	33	102	11	30	20
Puurmanni PÜ (EE11081)	600 734	1 642 007	615 037	1 681 102	60	163	1 932 864	5 283 163	97	264	80	217	27	74	51
Puurmanni PÜ (EE25129)	81 988	224 101	83 940	229 436	8	22	263 797	721 044	13	36	11	30	4	10	7
Puurmanni PÜ (EE11078)	145 207	396 900	148 665	406 350	14	39	467 205	1 277 027	23	64	19	53	7	18	12
Puurmanni PÜ (EE11080)	127 207	347 699	130 236	355 977	13	35	409 288	1 118 721	20	56	17	46	6	16	11
Kokku	**2 736 695**	**7 466 082**	**2 801 855**	**7 643 846**	**272**	**741**	**8 805 325**	**24 375 211**	**440**	**1 219**	**363**	**1 002**	**124**	**338**	**231**
Jõgeva grupp kokku	**7 788 545**	**21 228 785**	**7 973 987**	**21 734 232**	**773**	**2 108**	**23 466 418**	**69 791 309**	**1 173**	**3 490**	**966**	**2 870**	**353**	**962**	**657**

[18] Arvestuslik elektri hind 26,64 eurot MWh, taastuva energia toetus 0,0537 eurot/kWh$_e$, müüakse 50% soojusest, arvestuslik soojuse hind 37 eur/MWh.

[19] 1m^3=1l, arvestuslik kütuse kulu 7,4l/100km.

[20] Keskmine läbisõit 20 000km/a.

[21] Surugaasi hind 0,779 eurot/kg, 1kg=1,4m^3 biometaani.

[22] Aastas 8760h.

Lisa 7. Suuremad (üle 400 veise ja üle 1000 sea) loomakasvatus-hooned Raplamaal, seisuga 22.10.2013

NR	ETTEVÕTJA	VEISTE ARV	SIGADE ARV	VALD, LINN	KÜLA, ALEV
1	OSAÜHING HALINGA	512	0	VIGALA VALD	KIVI-VIGALA KÜLA
2	OSAÜHING TAVEX	866	0	KEHTNA VALD	SAAREPÕLLU KÜLA
3	OSAÜHING RAIKKÜLA FARMER	784	0	MÄRJAMAA VALD	VALGU KÜLA
4	OSAÜHING ORGITA PÕLD	547	0	MÄRJAMAA VALD	HAIMRE KÜLA
5	KÄRNERI-JÕE OSAÜHING	624	0	MÄRJAMAA VALD	LAUKNA KÜLA
6	KEHTNA MÕISA OSAÜHING	641	0	KEHTNA VALD	KEHTNA ALEVIK
7	KEHTNA MÕISA OSAÜHING	459	0	KEHTNA VALD	KÄBIKÜLA KÜLA
8	OSAÜHING RAIKKÜLA FARMER	1476	0	RAIKKÜLA VALD	RAIKKÜLA KÜLA
9	OSAÜHING KAIU LT	760	0	KAIU VALD	KARITSA KÜLA
10	TULUNDUSÜHISTU PAE ÜHISTALU	2243	0	KEHTNA VALD	INGLISTE KÜLA
11	PIILIA PÕLLUMAJANDUSE OSAÜHING	473	0	JUURU VALD	JUURU ALEVIK
12	AKTSIASELTS REY	0	7876	KEHTNA VALD	KEHTNA-NURME KÜLA
13	OSAÜHING RAIKKÜLA SEAKASVATUS	0	7756	RAIKKÜLA VALD	RAIKKÜLA KÜLA
14	AKTSIASELTS REY	0	2020	KEHTNA VALD	KUMMA KÜLA

Allikas: PRIA loomade andmebaas

Lisa 8. Raplamaa biogaasigrupi farmide loomade arv ja väljaheidete kogused

Ettevõte	Piima-lehm, tk	Amm-lehm, tk	Lehmik vasikas kuni 6k, tk	Pull-vasikas kuni 6k, tk	Lehmik mulli-kas, tk	Pull-mulli-kas, tk	Pull, tk	Kokku veiseid, tk	Arves-tuslik piima-toodang, kg	Sõnniku toodang lehma kohta, t/a	Välja-heite kogus (veis), t/a	Emis, tk	Kult, tk	Imik-põr-sas, tk	Võõrde-põrsas, tk	Nuumik, tk	Kokku sigu, tk	Välja-heite kogus (siga), t/a
1. Rapla																		
OÜ Raikküla Seakasvatus (EE10081)															2515	5240	7 756	9 512
OÜ Raikküla Farmer (EE11983)	1 151		260	66	156	1		1634	7 840	22,7	27 909							
OÜ Raikküla Farmer (EE11980)					600	1	1	602	7 840	22,7	3 435							
AS Rey (EE2173)												155	5	284	511	1065	2 020	2 560
AS Rey (EE1130)												604	21	1107	1993	4151	7 876	9 980
Kehtna Mõisa OÜ (EE12854)	91		132	21	416			660	7 840	22,7	4 835							
Kehtna Mõisa OÜ (EE24338)	476							476	7 840	22,7	10 826							
Kokku	**1 718**	**0**	**392**	**87**	**1 172**	**2**	**1**	**3 372**			**47 004**	**759**	**26**	**1 391**	**5 019**	**10 457**	**17 652**	**22 051**
2. Ingliste																		
OÜ Kaiu LT (EE125199, EE12010)	636		153	24	175		1	989	7 840	22,7	15 926							
OÜ Kaiu LT (EE12014)					289			289	7 840	22,7	1 647							
OÜ Pae Farmer (EE12102)	996		223	197	319	309		2044	7 840	22,7	27 594							
OÜ Pae Farmer (EE12167)					327		1	328	7 840	22,7	1 872							
OÜ Pae Farmer (EE16235)					242	45		287	7 840	22,7	1 681							
Kokku	**1 632**	**0**	**376**	**221**	**1 352**	**354**	**2**	**3 937**			**48 721**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Rapla grupp kokku	**3 350**	**0**	**768**	**308**	**2 524**	**356**	**3**	**7 309**			**95 725**	**759**	**26**	**1 391**	**5 019**	**10 457**	**17 652**	**22 051**

Lisa 9. Raplamaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus

Ettevõte	Välja-heitest kuivaine, KA t/a	Orgaaniline kuivaine (oKA) väljaheitest, t/a		Biogaasi teke väljaheite oKA.st, m3/a		Biometaani kogus biogaasist, m^3/a		Biogaasi energiasisaldus (kütteväärtus 6 kWh/m^3), kWh		Jaama sisend-võimsus[23], MW	
		Min (75%)	Max (veis 82%, siga 86%)	Min (veis 200, siga 300 m^3/t oKA)	Max (veis 500, siga 700 m^3/t oKA)	Min (veis 50%, siga 60%)	Max (veis 60%, siga 70%)	Min	Max	Min	Max
1. Rapla											
OÜ Raikküla Seakasvatus (EE10081)	660	495	568	148 509	397 344	89 105	278 141	891 053	2 384 063	0,11	0,30
OÜ Raikküla Farmer (EE11983)	4 233	3 175	3 471	634 946	1 735 519	380 968	1 041 311	3 809 675	10 413 112	0,48	1,30
OÜ Raikküla Farmer (EE11980)	478	358	392	71 663	195 880	42 998	117 528	429 980	1 175 279	0,05	0,15
AS Rey (EE2173)	194	145	167	43 576	116 591	26 146	81 614	261 459	699 548	0,03	0,09
AS Rey (EE1130)	755	566	649	169 905	454 591	101 943	318 214	1 019 431	2 727 545	0,13	0,34
Kehtna Mõisa OÜ (EE12854)	695	521	570	104 216	284 858	62 530	170 915	625 298	1 709 147	0,08	0,21
Kehtna Mõisa OÜ (EE24338)	1 656	1 242	1 358	248 460	679 124	149 076	407 474	1 490 760	4 074 744	0,19	0,51
Kokku	**8 671**	**6 503**	**7 174**	**1 421 276**	**3 863 906**	**852 766**	**2 415 196**	**8 527 656**	**23 183 438**	**1,07**	**2,90**
2. Ingliste											
OÜ Kaiu LT (EE125199, EE12010)	2 409	1 807	1 976	361 379	987 769	216 827	592 661	2 168 273	5 926 612	0,27	0,74
OÜ Kaiu LT (EE12014)	229	172	188	34 346	93 880	20 608	56 328	206 077	563 278	0,03	0,07
OÜ Pae Farmer (EE12102)	4 201	3 151	3 445	630 153	1 722 419	378 092	1 033 452	3 780 920	10 334 516	0,47	1,29
OÜ Pae Farmer (EE12167)	260	195	213	39 048	106 731	23 429	64 038	234 287	640 384	0,03	0,08
OÜ Pae Farmer (EE16235)	243	182	199	36 449	99 627	21 869	59 776	218 692	597 759	0,03	0,07
Kokku	**7 342**	**5 507**	**6 021**	**1 101 375**	**3 010 425**	**660 825**	**1 806 255**	**6 608 250**	**18 062 549**	**0,83**	**2,26**
Rapla grupp kokku	**16 013**	**12 010**	**13 195**	**2 522 651**	**6 874 331**	**1 513 591**	**4 221 451**	**15 135 906**	**41 245 987**	**1,89**	**5,16**

[23] Töötab 8000 tundi.

Lisa 10. Raplamaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist

Ettevõte	Elektri toodang (kasutegur η = 0,42), kWh		Soojuse toodang (kasutegur η = 0,43), kWh		Koostootmisel müügitulu[24], tuhat eurot/aastas		Biometaaniga läbitavad kilomeetrid[25], km		Keskmine biometaa-niga varustatavate autode arv[26], tk		Müügitulu aastas biometaamist[27], tuhat eurot/aastas		Biogaasi tunnis[28], m^3/h		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Keskmine
1. Rapla															
OÜ Raikküla Seakasvatus (EE10081)	374 242	1 001 306	383 153	1 025 147	37	99	1 204 126	3 758 657	60	188	50	155	17	45	31
OÜ Raikküla Farmer (EE11983)	1 600 064	4 373 507	1 638 160	4 477 638	159	434	5 148 210	14 071 773	257	704	212	579	72	198	135
OÜ Raikküla Farmer (EE11980)	180 592	493 617	184 891	505 370	18	49	581 054	1 588 215	29	79	24	65	8	22	15
AS Rey (EE2173)	109 813	293 810	112 427	300 806	11	29	353 323	1 102 891	18	55	15	45	5	13	9
AS Rey (EE1130)	428 161	1 145 569	438 355	1 172 844	43	114	1 377 610	4 300 183	69	215	57	177	19	52	36
Kehtna Mõisa OÜ (EE12854)	262 625	717 842	268 878	734 933	26	71	844 997	2 309 658	42	115	35	95	12	33	22
Kehtna Mõisa OÜ (EE24338)	626 119	1 711 393	641 027	1 752 140	62	170	2 014 541	5 506 411	101	275	83	226	28	78	53
Kokku	**3 581 616**	**9 737 044**	**3 666 892**	**9 968 878**	**356**	**967**	**11 523 860**	**32 637 789**	**576**	**1 632**	**475**	**1 342**	**162**	**441**	**302**
2. Ingliste															
OÜ Kaiu LT (EE125199, EE12010)	910 674	2 489 177	932 357	2 548 443	90	247	2 930 098	8 008 935	147	400	121	329	41	113	77
OÜ Kaiu LT (EE12014)	86 552	236 577	88 613	242 209	9	23	278 483	761 186	14	38	11	31	4	11	7
OÜ Pae Farmer (EE12102)	1 587 987	4 340 497	1 625 796	4 443 842	158	431	5 109 352	13 965 562	255	698	210	574	72	197	134
OÜ Pae Farmer (EE12167)	98 401	268 961	100 743	275 365	10	27	316 604	865 384	16	43	13	36	4	12	8
OÜ Pae Farmer (EE16235)	91 851	251 059	94 038	257 037	9	25	295 530	807 783	15	40	12	33	4	11	8
Kokku	**2 775 465**	**7 586 271**	**2 841 547**	**7 766 896**	**276**	**753**	**8 930 067**	**24 408 850**	**447**	**1 220**	**368**	**1 004**	**126**	**344**	**235**
Rapla grupp kokku	**6 357 081**	**17 323 314**	**6 508 440**	**17 735 774**	**631**	**1 720**	**20 453 927**	**57 046 639**	**1 023**	**2 852**	**842**	**2 346**	**288**	**785**	**536**

[24] Arvestuslik elektri hind 26,64 eurot MWh, taastuva energia toetus 0,0537 eurot/kWh_e, müüakse 50% soojusest, arvestuslik soojuse hind 37 eur/MWh.

[25] $1m^3$=1l, arvestuslik kütuse kulu 7,4l/100km.

[26] Keskmine läbisõit 20 000km/a.

[27] Surugaasi hind 0,779 eurot/kg, 1kg=$1,4m^3$ biometaani.

[28] Aastas 8760h.

Lisa 11. Suuremad (üle 400 veise ja üle 1000 sea) loomakasvatushooned Viljandimaal, seisuga 22.10.2013

NR	ETTEVÕTJA	VEISTE ARV	SIGADE ARV	VALD, LINN	KÜLA, ALEV
1	ABJA FARMID OÜ	1327	0	ABJA VALD	KAMARA KÜLA
2	OSAÜHING KARPO	783	0	TARVASTU VALD	TARVASTU KÜLA
3	OSAÜHING SAIMRE	1469	0	PAISTU VALD	AIDU KÜLA
4	OSAÜHING KÕPU PM	1189	0	KÕPU VALD	SUPSI KÜLA
5	OSAÜHING HEIMTALI HOBUSEKASVANDUS	559	0	PÄRSTI VALD	ALUSTRE KÜA
6	SÜRGAVERE PÕLLUMAJANDUSÜHISTU	577	0	SUURE-JAANI VALD	SÜRGAVERE KÜLA
7	OSAÜHING PAALA	818	0	SUURE-JAANI VALD	REEGOLDI KÜLA
8	OSAÜHING MANGENI PM	999	0	KÕO VALD	KOKSVERE KÜA
9	KIVISALU CAPITAL OÜ	0	2050	ABJA VALD	VEELIKSE KÜLA
10	OSAÜHING LÕPE AGRO	0	2255	TARVASTU VALD	VOORU KÜLA
11	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	0	7288	TARVASTU VALD	KANNUKÜLA KÜLA
12	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	0	1254	TARVASTU VALD	ANIKATSI KÜLA
13	OSAÜHING NUKIKE	0	2336	TARVASTU VALD	PIKRU KÜLA
14	SAIMRE SEAKASVATUSE OSAÜHING	0	4305	PAISTU VALD	AIDU KÜLA
15	RAKVERE FARMID AKTSIASELTS	0	58274	VIIRATSI VALD	MÄELTKÜLA KÜLA

Allikas: PRIA loomade andmebaas

Lisa 12. Viljandimaa biogaasigrupi farmide loomad arv ja väljaheidete kogused

Ettevõte	Piima-lehm, tk	Amm-lehm, tk	Lehmik vasikas kuni 6k, tk	Pull-vasikas kuni 6k, tk	Lehmik mulli-kas, tk	Pull-mulli-kas, tk	Pull, tk	Kokku veiseid, tk	Arves-tuslik piima-toodang, kg	Sõnniku toodang lehma kohta, t/a	Välja-heite kogus (veis), t/a	Emis, tk	Kult, tk	Imik-põr-sas, tk	Võõrde-põrsas, tk	Nuumik, tk	Kokku sigu, tk	Välja-heite kogus (siga), t/a
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1471)												559	19	1 024	1 844	3 841	7 288	9 235
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1460)												330	11	605	1 089	2 269	4 305	5 455
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE638)												96	3	176	317	661	1 254	1 589
OÜ Saimre (EE10349)	823	1	177	56	525	2	1	1 585	8 018	23,0	22 570							
Rakvere Farmid AS (EE1470)												11 679	361	21 411	9 669	15 154	58 274	75 799
OÜ Kõpu PM (EE10385)	628		155	32	367	9		1 191	9 794	25,9	18 879							
Viljandi grupp kokku	**1 451**	**1**	**332**	**88**	**892**	**11**	**1**	**2 776**			**41 448**	**12 664**	**395**	**23 217**	**12 919**	**21 926**	**71 121**	**92 078**

Lisa 13. Viljandimaa biogaasigrupi farmide biogaasi ja biometaani teke, biogaasi energiasisaldus

Ettevõte	Välja-heitest kuivaine, KA t/a	Orgaaniline kuivaine (oKA) väljaheitest, t/a		Biogaasi teke väljaheite oKA.st, m3/a		Biometaani kogus biogaasist, m^3/a		Biogaasi energiasisaldus (kütteväärtus 6 kWh/m^3), kWh		Jaama sisend-võimsus[29], MW	
		Min (75%)	Max (veis 82%, siga 86%)	Min (veis 200, siga 300 m^3/t oKA)	Max (veis 500, siga 700 m^3/t oKA)	Min (veis 50%, siga 60%)	Max (veis 60%, siga 70%)	Min	Max	Min	Max
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1471)	699	524	601	157 221	420 652	94 332	294 457	943 323	2 523 914	0,12	0,32
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1460)	413	310	355	92 870	248 478	55 722	173 935	557 218	1 490 869	0,07	0,19
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE638)	120	90	103	27 052	72 379	16 231	50 665	162 312	434 274	0,02	0,05
OÜ Saimre (EE10349)	3 394	2 545	2 783	509 082	1 391 490	305 449	834 894	3 054 489	8 348 937	0,38	1,04
Rakvere Farmid AS (EE1470)	6448	4836	5546	1 450 869	3 881 881	870 522	2 717 317	8 705 216	23 291 289	1,09	2,91
OÜ Kõpu PM (EE10385)	2 846	2 134	2 334	426 889	1 166 830	256 133	700 098	2 561 333	7 000 977	0,32	0,88
Viljandi grupp kokku	**13 920**	**10 440**	**11 721**	**2 663 982**	**7 181 710**	**1 598 389**	**4 771 365**	**15 983 891**	**43 090 259**	**2,00**	**5,39**

Lisa 14. Viljandimaa biogaasigrupi farmide elektri ja soojuse toodang, müügitulu elektrist, soojusest, biometaanist

Ettevõte	Elektri toodang (kasutegur η = 0,42), kWh		Soojuse toodang (kasutegur η = 0,43), kWh		Koostootmisel müügitulu[30], tuhat eurot/aastas		Biometaaniga läbitavad kilomeetrid[31], km		Keskmine biometaa-niga varustatavate autode arv[32], tk		Müügitulu aastas biometaamist[33], tuhat eurot/aastas		Biogaasi tunnis[34], m^3/h		
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Keskmine
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1471)	396 196	1 060 044	405 629	1 085 283	39	105	1 274 761	3 979 144	64	199	52	164	18	48	33
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE1460)	234 032	626 165	239 604	641 073	23	62	752 998	2 350 468	38	118	31	97	11	28	19
Saimre Seakasvatuse OÜ (EE638)	68 171	182 395	69 794	186 738	7	18	219 340	684 666	11	34	9	28	3	8	6
OÜ Saimre (EE10349)	1 282 885	3 506 554	1 313 430	3 590 043	127	348	4 127 688	11 282 348	206	564	170	464	58	159	108
Rakvere Farmid AS (EE1470)	3 656 191	9 782 341	3 743 243	10 015 254	363	971	11 763 805	36 720 500	588	1 836	484	1 510	166	443	304
OÜ Kõpu PM (EE10385)	1 075 760	2 940 410	1 101 373	3 010 420	107	292	3 461 261	9 460 780	173	473	143	389	49	133	91
Viljandi grupp kokku	**6 713 234**	**18 097 909**	**6 873 073**	**18 528 812**	**666**	**1 797**	**21 599 853**	**64 477 906**	**1 080**	**3 224**	**889**	**2 652**	**304**	**820**	**562**

[29] Töötab 8000 tundi.

[30] Arvestuslik elektri hind 26,64 eurot MWh, taastuva energia toetus 0,0537 eurot/kWh_e, müüakse 50% soojusest, arvestuslik soojuse hind 37 eur/MWh.

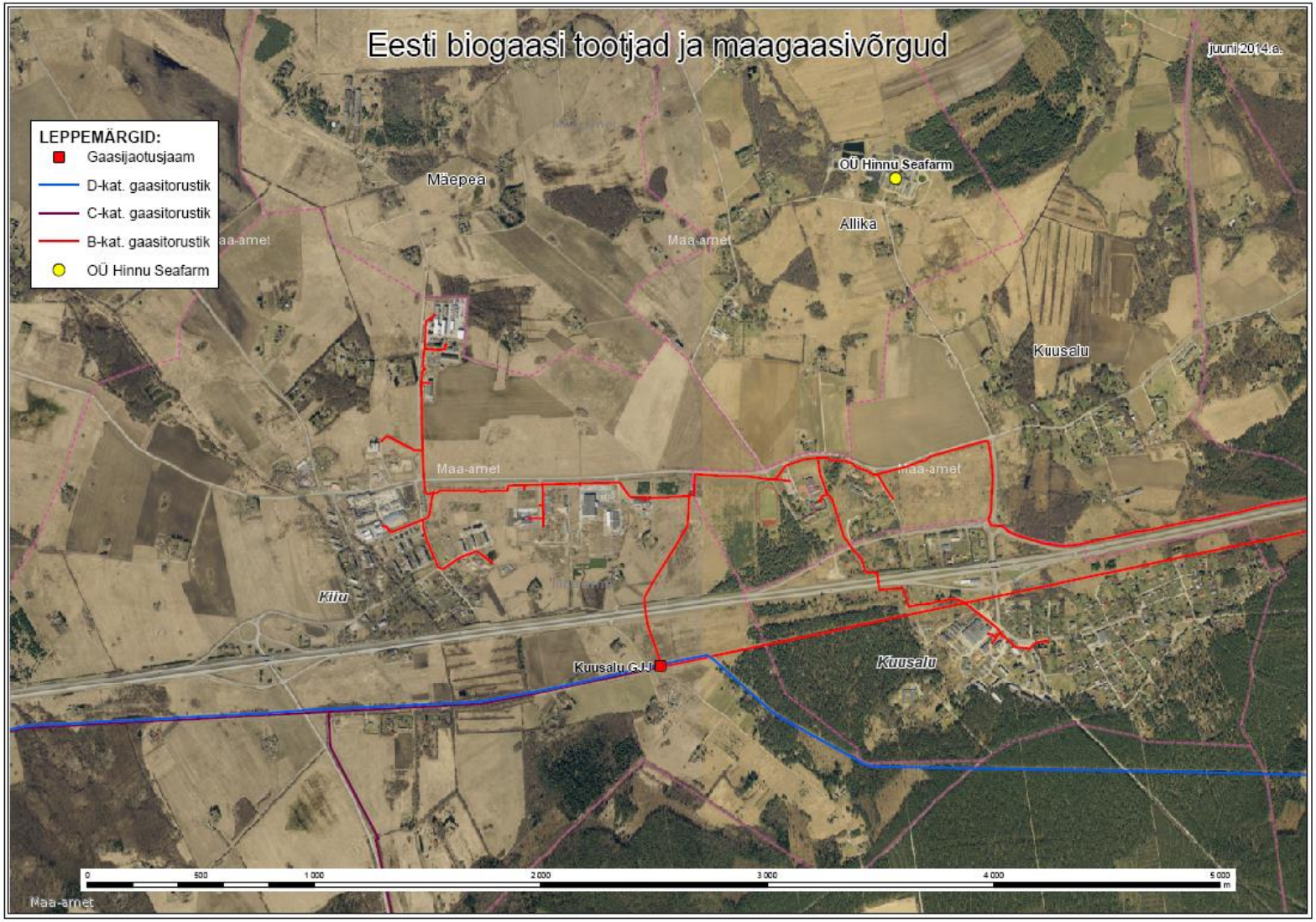
[31] 1m^3=1l, arvestuslik kütuse kulu 7,4l/100km.

[32] Keskmine läbisõit 20 000km/a.

[33] Surugaasi hind 0,779 eurot/kg, 1kg=1,4m^3 biometaani.

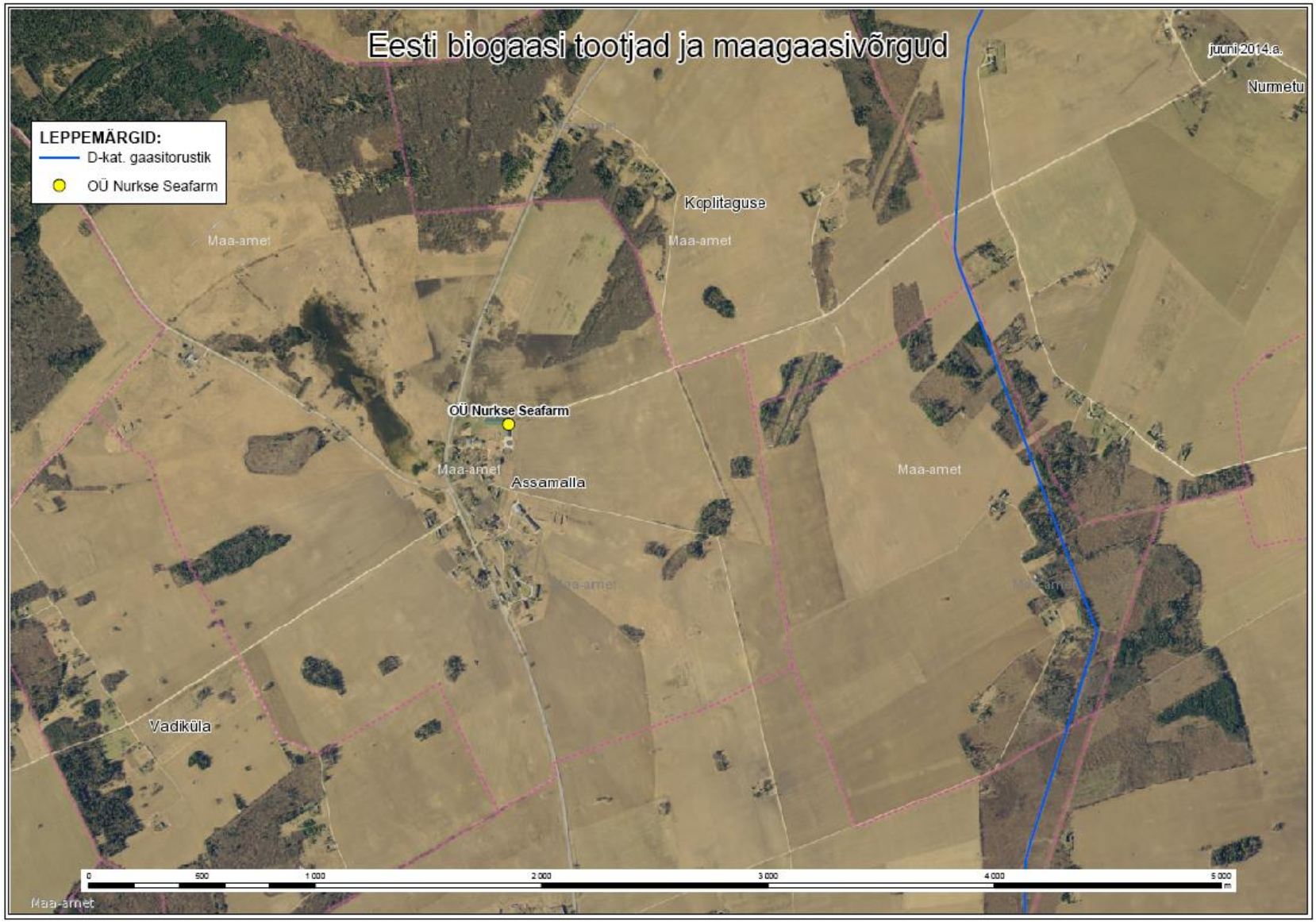
[34] Aastas 8 760h.

Lisa 15. Mõnede farmigruppide asukohad maagaasivõrgu kaartidel.



Hinnu seafarm (Harjumaa, Kuusalu vald). Farmi kaugus B-kategooria torustikust ~1 200 m.

OÜ SF Pandivere farm (Lääne-Virumaa, Väike-Maarja vald). Farmi kaugus D-kategooria torustikust ~850 m.



OÜ Nurkse Seafarm (Lääne-Virumaa, Väike-Maarja vald). Farm asetseb eelnimetatu läheduses ja kaugus D-kategooria torustikust ~2 200 m.

Laiuse POÜ, (Jõgeva maakond, Laiuse vald). Farm asub B-kategooria torustikust ~450 m kaugusel.