Riikka Turunen

Biokaasun tuotantomahdollisuudet Savonlinnassa

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Biotuotetekniikan koulutus

2025

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Riikka Turunen
Työn nimi	Biokaasun tuotantomahdollisuudet Savonlinnassa
Toimeksiantaja	Savonlinnan kaupungin elinkeinopalvelut
Vuosi	2025
Sivut	47 sivua, liitteitä 2 sivua
Työn ohjaaja(t)	Ritva Käyhkö (Xamk), Riku Wiitala (Savonlinnan kaupunki)

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tarkasteltiin biokaasun tuotannon mahdollisuuksia ja taloudellista kannattavuutta Savonlinnan alueella. Työn tavoitteena oli selvittää alueella syntyviä biokaasun tuotantoon soveltuvia raaka-aineita, niiden vuosittaiset määrät sekä laskea raaka-aineiden teoreettinen metaanin- ja biokaasuntuottopotentiaali. Lisäksi työssä tutkittiin keskitetyn yhteismädätyslaitoksen perustamisen kannattavuutta hyödyntämällä Luonnonvarakeskuksen kehittämää Biokaasulaskuria. Opinnäytetyö perustuu kirjallisuuteen, tilastoihin sekä laskennallisiin arvioihin.

Savonlinnan kannalta merkittävimpiä biokaasun tuotantoon soveltuvia syötteitä ovat nautakarjan lietelanta, yhdyskuntien biojäte ja jätevedenpuhdistamon puhdistamoliete. Näistä nautakarjan lietelantaa syntyy vuosittain 82 452 tonnia, yhdyskuntabiojätettä 1 386,62 tonnia ja puhdistamolietettä 3 127 tonnia. Selvityksessä ei huomioitu teollisuuden sivuvirtoja eikä kasvibiomassoja. Näiden pohjalta laskettu teoreettinen biokaasuntuotto on noin 2,5 miljoonaa m^3 vuodessa, joka vastaa noin 15,15 GWh energiantuotantoa. Biokaasu voidaan hyödyntää sähkön- ja lämmöntuotannossa tai jalostaa liikennepolttoaineeksi.

Tulokset osoittavat, että Savonlinnassa on teknistaloudellisesti varteenotettavat mahdollisuudet keskitetyn biokaasulaitoksen perustamiselle. Kaupunki voi toimia laitoksen perustajana tai osakkaana, tarjota yhdyskuntien biojätteitä ja puhdistamolietteitä syötteeksi, käyttää laitoksessa syntyvää energiaa kunnallisiin tarpeisiin tai mahdollistaa kaasun jakelun liikenteen käyttöön. Biokaasun tuotanto tukisi kaupungin strategisia tavoitteita uusiutuvan energian käytössä, vahvistaisi alueen energiaomavaraisuutta ja loisi edellytyksiä kiertotalouden vahvistamiselle.

Asiasanat: biokaasu, biokaasulaitos, uusiutuva energia, opinnäytetyö

South-Eastern Finland University of Applied Sciences

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Riikka Turunen
Thesis title	Biogas production opportunities in Savonlinna
Commissioned by	Savonlinna Business Services
Time	2025
Pages	47 pages, 2 pages of appendices
Supervisor	Ritva Käyhkö (Xamk), Riku Wiitala (Town of Savonlinna)

ABSTRACT

The thesis examines the opportunities and economic viability of biogas production in the Savonlinna region. The main objective was to identify local feedstocks suitable for biogas production, estimate their annual quantities, and calculate their theoretical methane and biogas production potential. In addition, the feasibility of establishing a centralized co-digestion plant was assessed using the Biogas Calculator developed by the Natural Resources Institute Finland (Luke). The thesis is based on literature, statistical data, and calculated estimates.

The most significant feedstocks in Savonlinna are cattle slurry, municipal biowaste, and sewage sludge from the local wastewater treatment plant. The estimated annual quantities are 82,452 tonnes of cattle slurry, 1,386.62 tonnes of municipal biowaste, and 3,127 tonnes of sewage sludge. Industrial side streams and plant-based biomasses were not considered in this study. The total theoretical biogas production potential is around 2,5 million cubic metres per year, which corresponds to around 15,15 GWh of energy. The produced biogas can be used for electricity and heat production or upgraded into transport fuel.

The results indicate that Savonlinna has considerable techno-economic potential for establishing a centralized biogas plant. The town of Savonlinna could act as the plant owner or stakeholder, provide municipal biowaste and sewage sludge as feedstock, use the produced energy for municipal needs, or enable gas distribution for transport use. Biogas production would support the strategic goals for renewable energy of the town, strengthen local energy self-sufficiency, and contribute to the development of a circular economy.

Keywords: biogas, biogas plant, renewable energy, thesis

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 7

2 BIOKAASU 7

2.1 Biokaasun määritelmä ja ominaisuudet 8

2.2 Biokaasun muodostumisprosessi 9

2.3 Mädätysjäännös ja sen hyödyntäminen 10

3 BIOKAASUN TUOTANTOON SOVELTUVAT RAAKA-AINEET 11

3.1 Maatalouden raaka-aineet 11

3.1.1 Kasvibiomassat 11

3.1.2 Lanta 12

3.2 Yhdyskuntabiojäte 13

3.3 Puhdistamolietteet 14

3.4 Teollisuuden sivutuotteet ja jätteet 15

4 BIOKAASULAITOKSET JA PROSESSIT 15

4.1 Märkä- ja kuivamädätysprosessi 16

4.2 Jatkuva- ja panostoiminen prosessi 16

4.3 Yksi- ja kaksivaiheinen prosessi 17

4.4 Lämpötila 18

4.5 Viipymäaika 18

5 BIOKAASUN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET 19

5.1 Lämmöntuotanto 19

5.2 Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto 20

5.3 Liikennepolttoaine 20

6 BIOKAASUN TUOTANTO SUOMESSA 21

6.1 Suomessa toimivat biokaasun tuotantolaitokset 21

6.2 Esimerkkejä alan toimijoista ja hankkeista 22

6.2.1 Gasum Oy 23

6.2.2 Suomen Lantakaasu Oy 23

6.2.3 Juvan Bioson Oy 24
7 BIOKAASUN TUOTTAMINEN SAVONLINNASSA 24
7.1 Savonlinnan kaupunki 25
7.2 Biokaasun tuotantoon soveltuvat syötteet Savonlinnassa 26
7.2.1 Nautakarjan lannat 26
7.2.2 Yhdyskuntabiojäte 29
7.2.3 Puhdistamoliete 30
7.3 Yhteenveto saatavilla olevista syötteistä 31
7.4 Biokaasun ja mädätysjäännöksen käyttökohteet Savonlinnassa 32
8 ERI LAITOSTYYPPIEN KUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS 32
8.1 Maatilamittakaavan biokaasulaitos 33
8.2 Puhdistamolietteen mädättämö 34
8.3 Yhteismädätyslaitos 35
8.3.1 Biokaasulaskuri 35
8.4 Yhteenveto kannattavuustarkasteluista 38
9 HAASTEET JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT 39
9.1 Raaka-aineiden saatavuus ja logistiikka 39
9.2 Taloudelliset realiteetit 39
9.3 Sääntely ja tukipolitiikka 40
9.4 Infrastruktuurin ja jakeluverkoston puute 40
9.5 Biokaasun tuotannon ympäristövaikutukset 40
9.6 Tulevaisuuden mahdollisuudet 41
10 YHTEENVETO 41
LÄHTEET 43
KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO
LIITTEET
Liite 1. Biokaasulaskuri

LYHENNE- JA KÄSITELUETTELO

Biokaasu	Uusiutuva energianlähde, joka koostuu pääasiassa metaanista (CH_4) ja hiilidioksidista (CO_2). Syntyy, kun mikrobit hajottavat orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa.
Mädätysjäännös	Biokaasuprosessin ravinnerikas lopputuote, jota voidaan käyttää lannoitteena tai maanparannusaineena.
TS (Total Solids)	Kuiva-ainepitoisuus.
VS (Volatile Solids)	Orgaaninen osuus kuiva-aineesta (TS), joka hajoaa biokaasuprosessissa ja tuottaa metaania.
Hydrolyysi	Biokaasuprosessin ensimmäinen vaihe, jossa suuret orgaaniset molekyylit pilkkoutuvat pienemmiksi yhdisteiksi.
Asidogeneesi	Prosessin toinen vaihe, jossa syntyy haihtuvia rasvahappoja ja muita yhdisteitä.
Asetogeneesi	Kolmas vaihe, jossa haihtuvista rasvahapoista muodostuu mm. etikkahappoa ja vetyä.
Metanogeneesi	Viimeinen vaihe, jossa metanogeeniset mikrobit tuottavat metaania ja hiilidioksidia.

1 JOHDANTO

Biokaasu on kotimainen ja uusiutuva energiamuoto, joka voi parhaimmillaan toimia jopa hiilinegatiivisena ratkaisuna ilmastopäästöjen vähentämisessä. Biokaasun tuotanto tukee Suomen huoltovarmuutta sekä edistää omavaraisuutta niin energian kuin ravinteiden osalta. Biokaasun tuotantomahdollisuuksia on mahdollista lisätä huomattavasti, sillä käyttökelpoista raaka-ainetta on yhä runsaasti hyödyntämättä. Nykyisellä teknologialla biokaasun tuotantoon soveltuvia syötemateriaaleja syntyy Suomessa vuosittain arviolta 20 miljoonaa tonnia. Tästä määrästä olisi mahdollista tuottaa teoreettisesti jopa 24 TWh biokaasua vuodessa. Käytännön kannalta toteuttamiskelpoinen eli teknis-taloudellinen tuotantopotentiaali on puolestaan noin 10 TWh vuodessa. (Biokaasuvisio 2030.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia biokaasun tuotannon realistisuutta ja taloudellista kannattavuutta Savonlinnassa. Selvityksessä kartoitettiin ensin alueella käytettävissä olevat biokaasun tuotantoon soveltuvat raaka-aineet ja niiden määrät sekä laskettiin näiden raaka-aineiden teoreettinen biokaasupotentiaali. Lopulliset laskelmat tuotannon kustannuksista ja kannattavuudesta tehtiin hyödyntämällä Luonnonvarakeskuksen Biokaasulaskuria. Laskelmat kustannuksista ja kannattavuudesta laadittiin ensisijaisesti yhden keskitetyn biokaasulaitoksen perustamista varten. Työn teoriaosuus pohjautuu pääosin kirjallisiin lähteisiin. Savonlinnaa käsittelevässä osassa hyödynnetään tilastotietoja, kuten eläinmäärätilastoja maataloudesta. Biokaasun määrää arvioidaan laskennallisesti, käyttämällä eri syötteille kirjallisuudessa esitettyjä tuottoarvioita.

2 BIOKAASU

Biokaasu on pääasiassa metaanista ja hiilidioksidista koostuvaa kaasua, jota muodostuu, kun bakteerit hajottavat orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Tätä prosessia kutsutaan anaerobiseksi käsittelyksi. Biokaasua tuotetaan usein erityisissä laitoksissa, joissa orgaanista ainesta, esimerkiksi lantaa, kasvi- ja eläinperäisiä jätteitä tai yhdyskuntien jätevesilietteitä mädätetään.

(Alm 2022, 15.) Luonnossa tätä tapahtuu esimerkiksi järvien ja soiden pohjalla, missä sedimentit ovat hapettomia sekä märehtijöiden ruoansulatuselimistössä, kuten lehmän pötsissä. Jos happea on mukana hajotusprosessissa, tapahtuu sen sijaan kompostoituminen. (Motiva 2013, 3.) Biokaasuprosessissa syntyy aina kahta lopputuotetta: biokaasua ja käsittelyjäännöstä. Biokaasu koostuu pääasiassa metaanista, joka on energiapitoinen kaasu ja voidaan hyödyntää uusiutuvana energialähteenä. Käsittelyjäännös puolestaan sisältää jäljelle jäänyttä orgaanista ainesta ja ravinteita, minkä ansiosta se voidaan hyödyntää joko sellaisenaan tai jatkojalostettuna esimerkiksi orgaanisina lannoitteina. (Luostarinen 2013, 17.)

2.1 Biokaasun määritelmä ja ominaisuudet

Biokaasu on kaasuseos, joka koostuu pääasiassa metaanista ja hiilidioksidista (taulukko 1). Se sisältää myös pieniä määriä muita yhdisteitä, kuten typpeä, vetyä sekä hyvin vähäisiä pitoisuuksia rikkivetyä. Lisäksi biokaasu voi sisältää vesihöyryä ja happea pieniä määriä. Biokaasun lämpöarvo on tyypillisesti noin 4–7 kWh/m³. (Alm 2022, 15.) Metaanin energiasisältö puolestaan on 36 MJ/m³ eli 10 kWh/m³. Yksi kuutiometri metaania vastaa energiasisällöltään suunnilleen yhtä litraa kevyttä polttoöljyä. (Luoma & Aalto 2006, 70.)

Taulukko 1. Biokaasun keskimääräinen koostumus (Alm 2022, 15)

Aine	%
Metaani, CH_4	55–75
Hiilidioksidi, CO_2	25–45
Hiilimonoksidi, CO	0–0,3
Typpi, N_2	1–5
Vety, H_2	0–3
Rikkivety, H_2S	0,1–0,5

Biokaasu on uusiutuva energianlähde, koska sen polttaminen ei lisää ilmakehän kasvihuonekaasupäästöjä. Kun biokaasusta poistetaan hiilidioksidi, saadaan biometaania, joka voi korvata maakaasun eri käyttökohteissa. Poltettaessa biometaania vapautuu hiilidioksidia yhtä paljon kuin maakaasua poltettaessa, mutta biokaasun hiilidioksidi on peräisin biomassasta ja sitoutunut siihen

lyhyellä aikavälillä. Maakaasussa taas vapautuu hiiltä, joka on ollut varastoituneena miljoonia vuosia, lisäten näin ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 20–21.)

2.2 Biokaasun muodostumisprosessi

Biokaasua muodostuu, kun orgaaninen aine hajoaa hapettomissa olosuhteissa. Prosessissa toimii monenlaisia mikro-organismeja, jotka tekevät yhteistyötä ja ovat osittain riippuvaisia toisistaan. Kunkin vaiheen hajoamistuotteet toimivat seuraavan vaiheen syötteinä, mikä mahdollistaa aineen asteittaisen muuttumisen biokaasuksi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 60.) Hajoamisprosessi etenee neljässä eri vaiheessa, joissa jokaisessa eri pieneliöryhmät hajottavat orgaanista materiaalia. Nämä vaiheet ovat: liukoistuminen (hydrolyysi), happokäyminen (asidogeneesi), etikkahappokäyminen (asetogeneesi) ja metaanikäyminen (metanogeneesi). (Motiva 2013, 4.)

Hajoamisen ensimmäisessä vaiheessa, eli hydrolyysissä, suuret orgaaniset molekyylit, kuten proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat, pilkkoutuvat pienemmiksi osiksi ja liukoistuvat. Alkuperäisessä muodossaan nämä molekyylit ovat liian suuria, jotta mikrobit voisivat hyödyntää niitä ravintonaan. Siksi mikrobit erittävät entsyymejä solun ulkopuolelle hajottamaan molekyylejä. Esimerkiksi amylaasit pilkkovat hiilihydraatteja, kuten tärkkelystä, sokereiksi, proteaasit hajottavat proteiineja aminohapoiksi ja lipaasit pilkkovat rasvat rasvahapoiksi ja glyseroliksi. Mikrobeja, jotka tuottavat näitä hajottavia entsyymejä, kutsutaan hydrolyyttisiksi bakteereiksi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 61.)

Hajoamisen toinen vaihe tunnetaan asidogeneesinä, koska siinä syntyy erilaisia happoja. Fermentoivat mikrobit hajottavat sokereita, aminohappoja ja alkoholeja tuottaen erilaisia orgaanisia happoja, kuten etikkahappoa, propionihappoa, voihappoa ja maitohappoa, joita kutsutaan yhteisesti haihtuviksi rasvahapoiksi. Lisäksi muodostuu alkoholeja, ammoniakkia (aminohapoista), hiilidioksidia ja vetyä. Tässä prosessissa on mukana monenlaisia mikrobeja, joista osa on samoja kuin hydrolyysivaiheessa, mutta mukana on myös uusia mikrobilajeja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 62.)

Asetogeneesi-vaiheessa edellisen vaiheen hajoamistuotteista, kuten haihtuvista rasvahapoista, muodostuu metaanin tuotantoon tarvittavia raaka-aineita: asetaattia, vetyä ja hiilidioksidia. Vaikka tätä vaihetta kutsutaan hapettumiseksi, siinä ei käytetä molekylaarista happea (O_2), vaan hapetus tapahtuu anaerobisesti. Näissä reaktioissa mukana ovat hapettuneet yhdisteet, kuten nitraatti, sulfaatti ja karbonaatti. Hajoamisen viimeinen vaihe on metanogeneesi, jossa metanogeenit tuottavat metaania ja hiilidioksidia asetaatista, vedystä ja hiilidioksidista, muodostaen näin biokaasua. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 62.)

2.3 Mädätysjäännös ja sen hyödyntäminen

Biokaasuprosessin jälkeen mädätysjäännökseen jää kaikki syötteeksi käytetyn materiaalin sisältämät ravinteet, mikä tekee siitä arvokkaan lannoitteen ja maanparannusaineen. Sen ravintosisältö vaihtelee käytettyjen syötteiden, biokaasuprosessin ominaisuuksien ja materiaalin viipymäajan mukaan. (Motiva 2013, 13.) Biokaasuprosessin avulla käsitellyn lannan käyttö pelloilla tarjoaa useita etuja verrattuna sellaisenaan levitettyyn lantaan. Mädätyksen aikana valkuaisaineisiin sitoutunut typpi muuttuu ammoniumtypeksi, jota kasvit pystyvät hyödyntämään tehokkaammin. Samalla typen huuhtoutuminen viljelysmaasta vähenee, ja epämiellyttävät hajut vähenevät, koska hajua aiheuttavat orgaaniset yhdisteet hajoavat prosessissa. Mädätysjäännös on koostumukseltaan tasalaatuisempaa ja sen kuiva-ainepitoisuus on alhaisempi kuin syötteiden. (Motiva 2013, 13.)

Mädätetty liete voidaan levittää pelloille samalla kalustoilla kuin lanta. Kuivamädätyslaitoksessa syntyvä jäännös on kiinteää ja levitetään kuin kiinteä lanta. Mädätysjäännöksen voi myös erotella kiinteään ja nestemäiseen osaan, jolloin saadaan kahdenlaista lannoitetta: kiinteään osaan sitoutuu suurin osa fosforista, kun taas nestemäinen osa soveltuu hyvin typpilannoitteeksi. (Motiva 2013, 13.) Joidenkin reaktoriin syötettävien jätteiden, kuten kunnallisten jätevesilietteiden ja biojätteiden käyttö voi estää mädätteen levittämisen pelloille. Tällöin mädätteelle on löydettävä toisenlaisia käyttötapoja. Sitä voidaan esimerkiksi käyttää kiinteän lannoitteen valmistukseen tai kompostoida viherrakentamisen tarpeisiin. Molemmissa vaihtoehdoissa mädätteen kuivaaminen on kuitenkin välttämätöntä. (Soininen ym. 2007, 21.)

3 BIOKAASUN TUOTANTOON SOVELTUVAT RAAKA-AINEET

Kaikki orgaaninen materiaali on periaatteessa mahdollista mädättää, mutta menetelmä toimii parhaiten sellaisten aineiden kanssa, jotka hajoavat luonnostaan helposti (Motiva 2013, 8). Biokaasun tuotantoon sopivampia raaka-aineita ovat esimerkiksi yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesilietteet, maatalouden lietteet ja lannat, kasvijätteet ja energiakasvit, puutarhajätteet, turve ja järvikaislat sekä yhdyskuntien ja teollisuuden biojätteet. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 32.) Kymäläisen ja Pakarisen (2015, 21–23) mukaan raaka-aineet sisältävät yleensä runsaasti helposti hajoavia yhdisteitä, kuten hiilihydraatteja, proteiineja ja rasvoja. Raaka-aineet koostuvat vedestä ja kuiva-aineesta, josta käytetään lyhennettä TS (Total Solids). Kuiva-aine puolestaan jakautuu orgaaniseen aineeseen VS (Volatile Solids) ja epäorgaaniseen aineeseen eli tuhkaksi. Biokaasua syntyy, kun kuiva-aineen orgaaninen osa hajoaa. Epäorgaaninen aines ei hajoa, vaan jää jäljelle mädätysjäännökseen yhdessä veden ja hajoamattoman orgaanisen aineen kanssa. Raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa siihen, valitaanko mädätysprosessiksi märkä- vai kuivamädätys.

3.1 Maatalouden raaka-aineet

Maataloudessa syntyy runsaasti biokaasuntuotantoon sopivia orgaanisia sivutuotteita, kuten lantaa, ylijäämärehua ja kasvijätteitä. Lisäksi biokaasuntuotantoon voidaan viljellä erikseen ns. energiakasveja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 32–33.)

3.1.1 Kasvibiomassat

Biokaasulaitoksille sopivia kasviperäisiä biomassoja voidaan joko viljellä nimenomaan tätä tarkoitusta varten tai ne voivat syntyä sivutuotteina ja jätteinä muunlaisen kasvintuotannon yhteydessä. Esimerkiksi nurmi ja ruokohelpi ovat energiakasveja, joita voidaan viljellä nimenomaan biokaasun tuotantoa silmällä pitäen. Nurmea kasvatetaan laajalti eläinrehuksi, mutta biokaasuntuotantoon voitaisiin hyödyntää myös nurmea, joka korjataan kesannoiduilta pelloilta, hoidetuilta mutta viljelemättömiltä alueilta tai suojavyöhykkeiltä, joilla nurmi muuten jäisi hyödyntämättä. Lisäksi rehukäytöstä ylijäävä tai hävikkiin

päätyvä nurmi soveltuisi raaka-aineeksi biokaasun tuotannossa. Nurmen ohella toinen merkittävä kasvibiomassa biokaasuntuotannon kannalta on olki, jota tavallisesti käytetään kuivikkeena tai muokataan takaisin peltoon. Osa kerätystä oljesta voitaisiin edelleen käyttää kuivikkeena ja osa ohjata biokaasun tuotantoon. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 37–38.)

3.1.2 Lanta

Lanta on yksi merkittävimmistä sivuvirroista, sillä se sisältää runsaasti ravinteita. Sen biokaasuntuotantopotentiaali on kuitenkin verrattain alhainen esimerkiksi biojätteisiin tai nurmeen verrattuna. Syynä tähän on se, että eläimet käyttävät ravinnostaan suuren osan hyödyksi, jolloin lantaan ei jää paljon helposti hajoavaa orgaanista ainesta. Tämä pätee erityisesti märehtijöihin, jotka hyödyntävät rehunsa erittäin tehokkaasti. (Alm 2022, 17–18.) Toisaalta lantaa syntyy runsaasti, tasaisesti ja sen laatu pysyy melko samanlaisena, mikä tekee siitä erittäin hyvän perusraaka-aineen biokaasulaitoksen käyttöön. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 36.) Nautakarjan lantojen metaanintuottopotentiaalit on esitetty alla taulukossa 2.

Taulukko 2. Lantojen metaanintuottopotentiaalit (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 36)

Materiaali	$m^3CH_4(tVS)^{-1}$	$m^3CH_4(t\ tp)^{-1}$
Naudan lietelanta	120–300	10–20
Naudan kuivalanta	126–250	24–55

VS = volatile solids, orgaaninen aine, tp = tuorepaino (eli märkäpaino)

Suomen kotieläintuotanto perustuu suurelta osin maidontuotantoon ja nautakarjankasvatukseen, mikä tarkoittaa, että vaikka lantaa syntyy paljon, sen energiapotentiaali suhteessa määrään on melko alhainen. Arvioiden mukaan kaikesta Suomessa syntyvästä lannasta olisi teoriassa mahdollista tuottaa noin 3,93 TWh energiaa vuosittain. (Alm 2022, 17–18.) Koko lannan energiapotentiaalia ei kuitenkaan voida hyödyntää, sillä lypsy- ja emolehmätiloilla eläimet viettävät yleensä 3–4 kuukautta vuodessa laitumella. Tänä aikana lantaa ei kerätä talteen, joten hyödynnettäväksi jää vain noin 70 % koko lannan määrästä. (Soininen ym. 2007, 8.)

Lannan koostumus ja määrä vaihtelevat eläinlajin sekä eläinsuojan rakenteiden ja lannanpoistoratkaisujen mukaan. Lietelantaan sekoitetaan sonnan ja

virtsan lisäksi pesuvedet ja mahdollisesti muita vesiä tarkoituksella, jotta sen kuiva-ainepitoisuus pysyy matalana (< 12 %). Tämä helpottaa lannan keräämistä ja siirtämistä, sillä se voidaan poistaa vähällä vaivalla. Lietelannan käsittelyssä kuivikkeita käytetään vain vähän tai ei lainkaan. Kuivalanta tarkoittaa erikseen kerättyä, kuivaa eläinten lantaa, jossa on mukana jonkin verran kuivikkeita, kuten turvetta, olkea tai kutteripurua. Tässä tapauksessa virtsa ohjataan erikseen talteen, ja vain pieni osa siitä imeytyy kuivikkeisiin. Kuivikelannaksi kutsutaan lantaa, jossa kuivikkeita käytetään runsaammin, jolloin kaikki virtsa imeytyy niihin. Kuivikepohjalanta puolestaan syntyy, kun eläinsuojaan tehdään paksu kuivikepatja, jota ei poisteta säännöllisesti, vaan sitä kasvatetaan lisäämällä uutta kuivikeainesta vanhan päälle. Tämä patja voidaan poistaa jopa vain kerran vuodessa. Eri kuivien lantatyyppien kuiva-ainepitoisuus vaihtelee välillä 15–70 % eläinlajista ja lantatyypistä riippuen, ja niiden orgaanisen aineen osuus on yleensä noin 85 % kuiva-aineesta. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 33–34.)

Biokaasun energiapotentiaalista noin 70 % tulee nautojen lannasta. Lietelannan osuus potentiaalista on 32 %, kun taas kuivien lantojen osuus on 68 %. Vaikka lietelantaa syntyy määrällisesti enemmän, sen matalampi kuiva-ainepitoisuus ja alhaisempi orgaanisen aineksen osuus tekevät siitä heikomman energialähteen verrattuna kuiviin lantoihin. (Alm 2022, 17–18.) Lantatyyppi vaikuttaa myös siihen, millaista laitostekniikkaa voidaan käyttää. Lietelannalle sopivat märkäprosessit eivät yksinään toimi kuivemman lannan käsittelyssä. Kuivalannalle on joko valittava kuivaprosessi tai se on käsiteltävä yhdessä lietelannan tai muun lietemäisen materiaalin kanssa märkäprosessissa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 37.) Lannan biokaasupotentiaalin maksimoimiseksi se tulisi käsitellä mahdollisimman tuoreena, sillä pitkä varastointi lisää metaanipäästöjä ja vähentää orgaanisen aineksen määrää. (Alm 2022, 17–18.)

3.2 Yhdyskuntabiojäte

Biojäte on eloperäistä ja biologisesti hajoavaa jätettä, jota syntyy kotitalouksien, maatalouden ja puutarhojen lisäksi myös elintarviketeollisuudessa sekä koulujen, ravintoloiden ja työpaikkaruokaloiden keittiöissä. Biokaasun tuotantoon voidaan hyödyntää lähes kaikkia biojätteitä, ja niitä käytetään biokaasu-

reaktoreissa sekä kaasuntuottokyvyn että jätteenkäsittelymaksun eli porttimaksun vuoksi. Yleensä biojätteet toimivat lisäsyötteenä lantalietteiden rinnalla yhteismädätyksessä. (Luoma & Aalto 2006, 72.) Heinäkuusta 2024 alkaen biojätteen erilliskeräys tuli pakolliseksi kaikissa yli 10 000 asukkaan taajamissa Suomessa ja koskee kaikkia asuinkiinteistöjä. Vaihtoehtoisesti kiinteistöt voivat kompostoida keittiöbiojätteensä asianmukaisessa, haittaeläimiltä suojatussa kompostorissa. (Biojäte info 2023.)

Biojätteen kuiva-ainepitoisuus (TS) vaihtelee 20–35 % välillä, ja tästä kuiva-aineesta suurin osa, eli 70–90 % on orgaanista ainesta (VS/TS). Yhdyskuntabiojätteen hajotessa syntyy metaania määrältään 350–500 litraa $(kgVS)^{-1}$. Biokaasun metaanipitoisuus puolestaan vaihtelee tyypillisesti 50–60 % välillä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 40–41.) Anaerobisessa käsittelyssä suotuisia biojätteen ominaisuuksia ovat korkea energiasisältö, helppo hajoavuus ja vaivaton käsiteltävyys. Esimerkiksi tärkkelyspitoiset rasvat ja liemet ovat hyviä raaka-aineita biokaasun tuotantoon, kun taas runsaasti ligniiniä sisältävät biomassat hajoavat huonosti biokaasureaktorissa. (Luoma & Aalto 2006, 72.)

Erilliskerätty biojäte sisältää erilaisia epäpuhtauksia, kuten muovia, styroksia, metallia, puuta, avaamattomia pakkauksia sekä kiviä ja hiekkaa, jotka on poistettava mahdollisimman hyvin ennen biojätteen syöttämistä biokaasureaktoriin. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 51.) Teollisuuden, maatalouden ja suurtalouskeittiöiden biojätteet ovat usein laadultaan tasaisempia ja puhtaampia, joten niiden käsittely ei yleensä vaadi suuria esikäsittelytoimenpiteitä. Epäpuhtauksien esiintyminen mädätettävässä raaka-aineessa voi aiheuttaa ongelmia erityisesti silloin, kun lopputuotteena syntyvää mädätettä käytetään peltolannoitteena. Tällöin epäpuhtaudet voivat näkyä roskina maaperässä. (Luoma & Aalto 2006, 73.)

3.3 Puhdistamolietteet

Biojätteen ohella biokaasulaitokselle sopivia syötteitä ovat yhdyskuntien jätevedenpuhdistuksessa syntyvät lietteet sekä sako- ja umpikaivolietteet. Suomessa puhdistamolietteiden käsittely tapahtuu tavallisesti jätevedenpuhdistamoiden yhteyteen rakennetuissa biokaasureaktoreissa, joita kutsutaan myös lietemädättämöiksi. Viime vuosina lietteitä on alettu käsitellä yhä enemmän

myös muissa biokaasulaitoksissa, joissa ne usein käsitellään yhdessä yhdyskuntien biojätteen kanssa. Tällöin lietteet täytyy kuljettaa jätevedenpuhdistamolta erilliselle biokaasulaitokselle. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 41.)

Puhdistamolietteen kuiva-ainepitoisuus määräytyy puhdistamolla käytössä olevan sakeutus- ja kuivausmenetelmän mukaan. Kuljetuskustannusten vähentämiseksi on edullista poistaa lietteestä mahdollisimman paljon vettä. Kuivatun ja kuljetettavan lietteen kuiva-ainepitoisuus on yleensä 15–30 %. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 53–54.) Orgaanista ainesta on kuiva-aineessa yleensä noin 64–75 %, ja siitä voidaan tuottaa metaania 160–400 litraa $(kgVS)^{-1}$. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 43).

3.4 Teollisuuden sivutuotteet ja jätteet

Biokaasuntuotantoon erinomaisesti soveltuvia orgaanisia sivuvirtoja ja jätteitä syntyy erityisesti elintarvike-, juoma-, rehu- ja panimoteollisuuden sekä teurastamojen toiminnasta. Näitä materiaaleja saadaan kuitenkin yleisesti kaikesta biomassaa hyödyntävästä teollisuudesta. Materiaalien koostumus, metaanintuottopotentiaali ja esikäsittelytarpeet voivat vaihdella merkittävästi. Teollisesta toiminnasta saatava biomassa on biokaasuntuotannon kannalta yleensä tasalaatuisempaa ja yhtenäisempää kuin yhdyskuntabiojätteestä peräisin oleva materiaali. Teollisuuden sivuvirtoja ja jätteitä hyödynnetään laajasti myös maatilojen biokaasulaitoksissa, joissa niitä lisätään parantamaan lantapohjaisten reaktorien biokaasun tuotantoa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 43–44.)

4 BIOKAASULAITOKSET JA PROSESSIT

Biokaasulaitokset voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: maatilakokoluokan laitoksiin, jätevedenpuhdistamoiden laitoksiin ja yhteiskäsittelylaitoksiin. Maatilakohtaiset biokaasulaitokset käsittelevät yleensä yhden tilan karjan- tai sianlantaa, mutta voivat myös hyödyntää muita lähialueella syntyviä syötteitä joko säännöllisesti tai satunnaisesti. Näiden laitosten tuottama biokaasu käytetään usein sähkön ja lämmön tuotantoon tilan omiin tarpeisiin, ja prosessissa syntynyt mädäte levitetään pelloille lannoitteeksi. Jätevedenpuhdistamoilla käsitellään pääasiassa yhdyskuntien jätevesilietteitä sekä muita vastaavia lietteitä.

Yhteiskäsittelylaitokset puolestaan vastaanottavat monenlaisia orgaanisia jätteitä, kuten erilliskerättyä biojätettä, teollisuuden ja jätevedenpuhdistamoiden lietteitä, kasvibiomassaa sekä maatalouden lietteitä. Näissä laitoksissa vastaanotettavista jätteistä peritään yleensä porttimaksu. (Latvala 2009, 11–19.)

Biokaasulaitokset koostuvat useista eri osaprosesseista, joihin voidaan käyttää erilaisia tekniikoita. Nämä tekniikat eroavat toisistaan muun muassa siinä, miten syöte lisätään (jatkuvasti tai erissä), kuinka paljon prosessissa on kuiva-ainetta (märkä- tai kuivamenetelmä) ja monessako vaiheessa hajotus tapahtuu (yleensä yksi- tai kaksivaiheinen prosessi). Sopivin tekniikka valitaan pääasiassa sen perusteella, millaisia raaka-aineita on käytettävissä, erityisesti niiden kuiva-ainepitoisuuden mukaan. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 82.)

4.1 Märkä- ja kuivamädätysprosessi

Biokaasulaitokset voivat toimia joko märkä- tai kuivaprosesseina riippuen syöttömateriaalin kuiva-ainepitoisuudesta. Märkäprosessit soveltuvat erityisesti lietemäisille, helposti pumpattaville syötteille, kuten lietelannalle ja puhdistamolietteelle. Lisäksi kuivempia biomassoja voidaan hyödyntää märkäprosessissa sekoittamalla ne märkiin materiaaleihin tai laimentamalla erikseen. Tyypillisesti reaktorin sisällön kuiva-ainepitoisuus on korkeimmillaan noin 12 %. Kuivaprosesseissa käsitellään sen sijaan biomassoja, joilla on suurempi kuiva-ainepitoisuus, esimerkiksi kuivia lantoja tai erilliskerättyä biojätettä. Näiden prosessien kuiva-ainepitoisuus vaihtelee reaktoritekniikan mukaan tyypillisesti 20–60 %. (Luostarinen ym. 2023, 16.)

4.2 Jatkuva- ja panostoiminen prosessi

Lähes kaikki märkäprosessit toimivat jatkuvatoimisesti, mikä tarkoittaa, että prosessi ei keskeydy missään vaiheessa, vaan biokaasun tuotanto on jatkuvaa. Uutta biomassaa syötetään reaktoriin yleensä ylhäältä, samalla kun käsitelty materiaali poistetaan pohjalta. Reaktori on tyypillisesti katettu, ympyrälieriön muotoinen allas, joka Suomen sääolosuhteissa täytyy eristää lämpöhäviöiden estämiseksi. Reaktori voidaan rakentaa joko osittain tai kokonaan maan päälle. (Haatainen 2023, 8.)

Kuivamädätysprosessi toteutetaan usein panostoimisesti, jolloin mädätettävä biomassa kasataan laakasiilon kaltaiseen reaktoriin ja peitetään tiiviisti. Biomassaa ei voi lisätä tai sekoittaa prosessin aikana, vaan sen annetaan hajota 3–4 kuukauden ajan, minkä jälkeen reaktori tyhjennetään ja täytetään uudelleen. Prosessin lopputuotteena syntynyt mädäte voidaan kompostoida tai käyttää suoraan lannoitteena. (Haatainen 2023, 8.) On olemassa myös jatkuvatoimisia kuivamädätyslaitoksia. Niissä prosessi etenee tulppavirtauksen periaatteella, eli biomassan hajoaminen tapahtuu siinä järjestyksessä, jossa se syötetään reaktoriin. Biomassa liikkuu vaakasuorassa sylinterimäisessä reaktorissa ruuvin avulla, kulkien sisään toisesta päästä ja poistuen toisesta. Samalla materiaali sekoittuu, ja mädätyksen aikana syntyvä biokaasu vapautuu reaktorin yläosasta, josta se voidaan kerätä talteen. (Latvala 2009, 32.)

4.3 Yksi- ja kaksivaiheinen prosessi

Useimmat biokaasulaitokset toimivat yksivaiheisesti, eli niissä on vain yksi biokaasureaktori, jossa suurin osa raaka-aineesta hajoaa ja biokaasua syntyy. On tulkintakysymys, lasketaanko mahdollinen jälkikaasuallas laitoksen toiseksi vaiheeksi vai pidetäänkö sitä vain osana kokonaisuutta. Jälkikaasuallas on kuitenkin suositeltava jatkuvatoimisissa laitoksissa, sillä sen avulla voidaan hallitusti kerätä ja hyödyntää reaktorin jäännöksestä vapautuva biokaasu, ts. jälkikaasu yhdessä varsinaisen reaktorikaasun kanssa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 88.)

Kaksivaiheinen prosessi tarkoittaa yleensä sitä, että hydrolyysivaihe ja metaanintuottovaihe tapahtuvat erillisissä reaktoreissa. Tavoitteena on luoda kummallekin vaiheelle parhaat mahdolliset olosuhteet: hydrolyysi ja asidogeneesi, joissa orgaaninen aine hajoaa haihtuviksi rasvahapoiksi, tapahtuvat ensimmäisessä reaktorissa, kun taas metaanin muodostuminen optimoidaan erikseen toisessa reaktorissa. Käytännössä tämä tarkoittaa kahta peräkkäistä reaktoria, joita operoidaan hieman eri tavoin. Kaksivaiheinen prosessi ei kuitenkaan ole yleistynyt, koska yksivaiheinen menetelmä on edullisempi ja helpompi hallita. Vaikka kaksivaiheinen prosessi voi joissain tapauksissa parantaa syötteen hajoamista ja biokaasun tuotantoa, hyödyt eivät ole olleet riittävät menetelmän laajamittaiseen käyttöönottoon. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 89.)

4.4 Lämpötila

Biokaasuprosessit luokitellaan lämpötilan perusteella psykrofiilisiin, mesofiilisiin ja termofiilisiin prosesseihin. Psykrofiiliset prosessit tapahtuvat alle 25 °C:n lämpötilassa. Näissä olosuhteissa metaanintuotto on hidasta, ja kaasun muodostuminen jää vähäiseksi. Luonnossa psykrofiilista metaanintuottoa esiintyy esimerkiksi soilla ja lietealtaissa. (Motiva 2013, 5.) Mesofiilisessä prosessissa lämpötila on yleensä 35–43 astetta, kun taas termofiilinen prosessi toimii korkeammassa lämpötilassa, noin 50–55 asteessa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 63–64.) Useimmat biokaasulaitokset toimivat mesofiilisessä lämpötilassa, joka vastaa kotieläinten ruoansulatuskanavan bakteerien optimaalista toimintaympäristöä. Mesofiilinen prosessi tuottaa hyvin biokaasua ja on myös helppo pitää vakaana. Termofiilisessä mädätyksessä orgaaninen aine hajoaa nopeammin – se vie vain noin puolet tai kaksi kolmasosaa ajasta verrattuna mesofiiliseen prosessiin. Tämän menetelmän haittapuolena on kuitenkin sen herkkyys häiriöille sekä suurempi energiankulutus, koska prosessi vaatii korkeamman lämpötilan ylläpitämistä. (Motiva 2013, 6.)

Anaerobisessa hajoamisessa energia sitoutuu pääasiassa metaaniin sen sijaan, että se vapautuisi lämpönä, kuten aerobisessa kompostoinnissa. Tämän vuoksi prosessi vaatii yleensä ulkoista lämmönlähdettä. Käytännössä lämpöä voidaan lisätä esimerkiksi esilämmittämällä syötettä tai lämmittämällä itse reaktoria. Lisäksi reaktorit on eristetty lämpöhäviöiden vähentämiseksi. Tasaisen lämpötilan ylläpitämiseksi sekoitus on tärkeässä roolissa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 64.)

4.5 Viipymäaika

Luostarisen (2023, 16) mukaan biokaasun tuotannon kannalta on keskeistä, kuinka pitkään biomassa viipyy reaktorissa. Viipymäajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka syöteseos viettää reaktorissa prosessin aikana. Viipymäajan pituuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten materiaalin tasalaatuisuus, kuiva-ainepitoisuus (TS), orgaanisen aineen määrä (VS), prosessilämpötila sekä reaktorin tilavuus ja sekoitus. Pidempi viipymäaika parantaa orgaanisen aineen hajoamista ja lisää biokaasun tuotantoa. Kuitenkin pitkä viipymä kasvattaa energi-

ankulutusta lämmityksen ja sekoituksen osalta sekä vaatii suuremman reaktorinkoon, mikä lisää investointikustannuksia. Liian lyhyt viipymä puolestaan voi ylikuormittaa reaktorin, mikä heikentää biokaasuntuottoa ja johtaa puutteelliseen hajoamiseen. Suomessa biokaasulaitosten viipymäajat vaihtelevat yleensä 12–30 vuorokauden välillä. (Latvala 2009, 35.)

5 BIOKAASUN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Biokaasu on monipuolinen ja arvokas polttoaine, joka soveltuu moneen eri käyttötarkoitukseen. Sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmöntuotannossa, yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa sekä jalostettuna liikennepolttoaineena. Lisäksi jalostettua biokaasua voidaan syöttää maakaasuverkkoon osaksi laajempaa energiantuotantoa. (Motiva 2013, 18). Biokaasua poltetaan soihtupoltossa varajärjestelmänä tilanteissa, joissa sen käyttö muilla tavoin ei ole mahdollista. Tämä voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun pääasiallinen laitteisto on rikki tai huollossa eikä laitoksella ole riittävästi tilaa biokaasun varastoimiseen. Ylimääräinen biokaasu poltetaan tällöin soihdussa, mikä vähentää sen sisältämän metaanin haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä. Lähes kaikilla suomalaisilla biokaasulaitoksilla on soihtupoltto käytössä varatoimenpiteenä. (Latvala 2009, 48.)

5.1 Lämmöntuotanto

Yksinkertaisin ja edullisin tapa hyödyntää biokaasua on tuottaa pelkästään lämpöä. Tässä ratkaisussa biokaasureaktorissa syntyvä metaani poltetaan kaasukattilassa ja hyödynnetään lämpimänä vetenä. Tätä lämpöä voidaan käyttää biokaasureaktorin omiin tarpeisiin sekä läheisten rakennusten, tuotantotilojen tai muiden lämmitystä vaativien kohteiden lämmittämiseen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 22.) Tämä ratkaisu on investointikustannuksiltaan edullinen ja vaatii vain vähän valvontaa ja huoltoa. Erityisesti maatiloilla biokaasulla lämmitetään vettä esimerkiksi asuinrakennusten ja eläinsuojien tarpeisiin. (Latvala 2009, 45.)

5.2 Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto

Useimmiten lämpöä syntyy enemmän kuin mitä laitoksen tai sen lähialueen tarpeisiin vaaditaan. Tästä syystä yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (Combined Heat and Power, CHP) kaasumoottoreilla, stirling-moottoreilla tai mikroturbiineilla on usein houkuttelevampi vaihtoehto. Valitusta tuotantotavasta ja laitoksen koosta riippuen noin 30–40 % biokaasun sisältämästä energiasta saadaan muunnettua sähköksi, ja loput hyödynnetään lämmöntuotantona. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 22.)

Biokaasulaitoksessa tuotettu sähkö voidaan käyttää suoraan laitoksen omiin tarpeisiin tai myydä sähköverkkoon. Omaan käyttöön hyödynnettävä sähkö on taloudellisesti kannattavampaa, koska se vähentää ostosähkön tarvetta. Tällöin säästöä tulee paitsi sähkön markkinahinnassa, myös siirtomaksuissa ja pienimuotoisessa tuotannossa veroissa. Lisäksi, jos biokaasulaitoksen sähköntuotanto jää alle 800 MWh vuodessa, ei tuotetusta sähköstä tarvitse maksaa sähköveroa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 22.)

5.3 Liikennepolttoaine

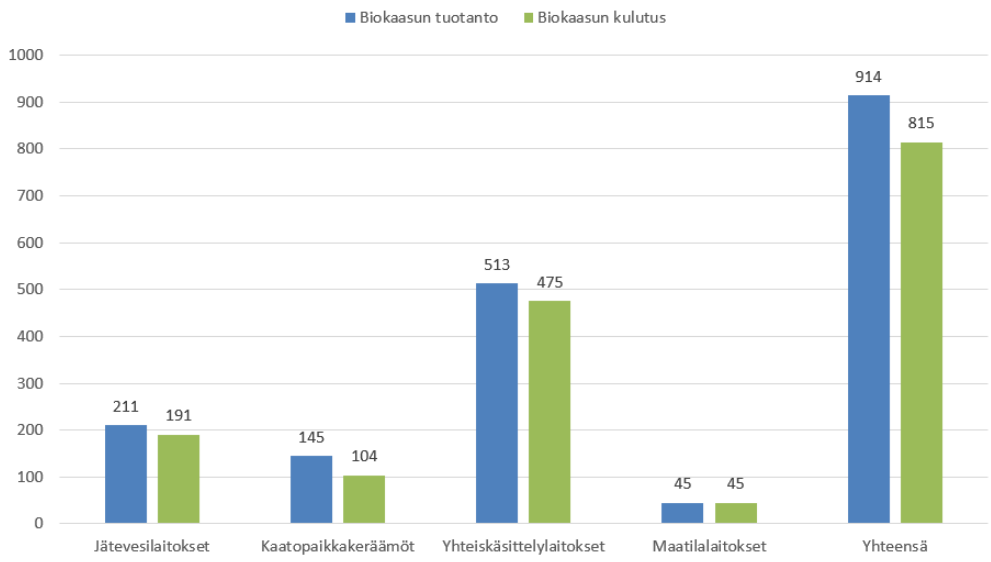
Jos biokaasulaitos on kaasuverkoston alueella, biokaasu voidaan puhdistaa epäpuhtauksista ja hiilidioksidista, jolloin siitä saadaan biometaania. Tämä biometaani voidaan syöttää kaasuverkkoon, minkä jälkeen sitä voidaan hyödyntää sähköä ja lämpöä tuottavissa laitoksissa tai jakaa tankkausasemille ajoneuvojen polttoaineeksi. Vastaavasti biokaasu voidaan puhdistaa ja paineistaa jo tuotantolaitoksella, jolloin se voidaan jakaa suoraan laitoksen omalta tankkausasemalta tai kuljettaa kaasukonteissa muille asemille. Biokaasu voidaan myös nesteyttää, mikä pienentää sen tilavuutta huomattavasti. Tämä tekee kaasun kuljettamisesta pitkiäkin matkoja taloudellisesti kannattavaa. Nesteytettyä biometaania voidaan käyttää erityisesti raskaassa liikenteessä polttoaineena. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022, 22–23.)

Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän raportin mukaan biokaasun tulisi korvata tieliikenteessä noin 2,5 TWh fossiilisia polttoaineita vuoteen 2030 mennessä, jotta päästövähennystavoitteet saavutettaisiin. Vuoteen 2045 mennessä biokaasun osuus liikenteen energiankulutuksesta olisi kasvanut jo 10 TWh. (Alm 2022, 26.) Työ- ja elinkeinoministeriön (2020, 24) mukaan vuoteen

2030 mennessä tavoitteena on, että Suomessa olisi vähintään 50 000 kaasukäyttöistä henkilöautoa ja 3 000 pakettiautoa. Erillisiä tavoitteita raskaalle kalustolle tai nesteytettyä metaania käyttäville ajoneuvoille ei suunnitelmassa ole asetettu.

6 BIOKAASUN TUOTANTO SUOMESSA

Vuonna 2023 biokaasun tuotanto oli yhteensä 914 gigawattituntia (GWh), josta 211 GWh tuotettiin jätevesilaitoksilla, 145 GWh kaatopaikkalaitoksilla, 513 GWh yhteiskäsittelylaitoksilla ja 45 GWh maatilalaitoksilla (kuva 1). Vastaavasti biokaasun kulutus oli yhteensä 815 GWh, jakautuen seuraavasti: jätevesilaitokset 191 GWh, kaatopaikkakeräämöt 104 GWh, yhteiskäsittelylaitokset 475 GWh ja maatilalaitokset 45 GWh. (Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus 2023)

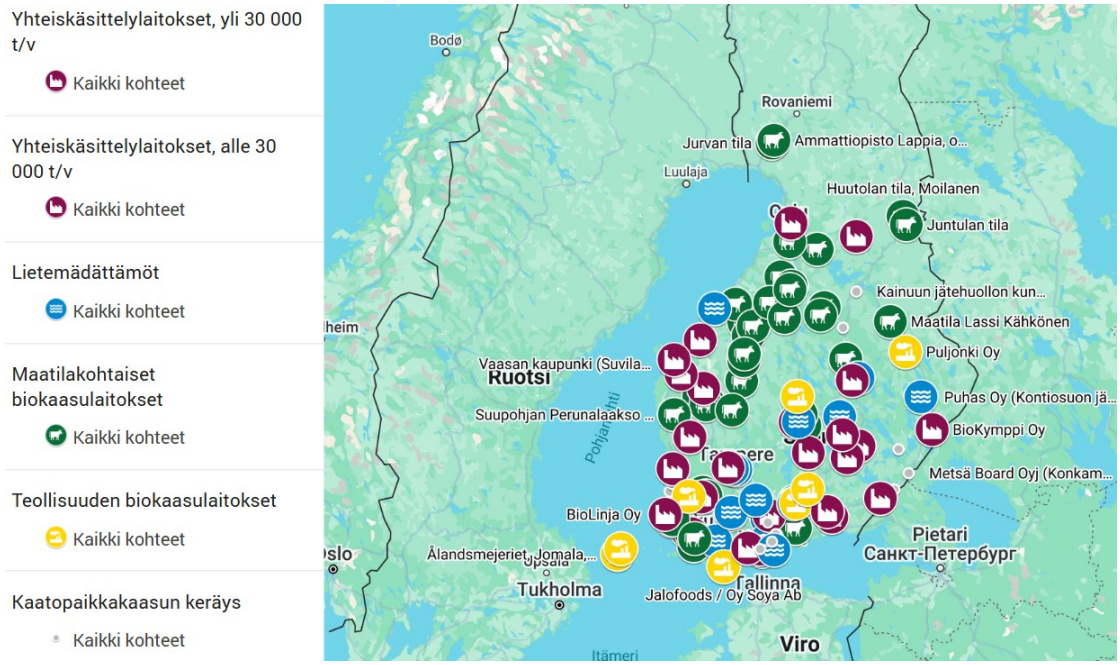


Kuva 1. Suomessa toimivien biokaasulaitosten tuotanto ja kulutus vuonna 2023, GWh (Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus 2023)

6.1 Suomessa toimivat biokaasun tuotantolaitokset

Reaktorilaitoksiin kuuluvat laitokset, jotka käsittelevät yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesilietteitä, maatilojen biokaasulaitokset sekä yhteismädätyslaitokset, joissa voidaan hyödyntää useita erilaisia orgaanisia raaka-aineita (Alm 2022, 24). Vuonna 2025 Suomessa toimii yhteensä 97 tällaista laitosta. Näistä maatilalla toimivia laitoksia on 46, yhdyskuntien jätevedenpuhdistuslaitoksia

18, teollisuuden jätevesilaitoksia 7 ja kiinteitä yhdyskuntajätteitä käsitteleviä laitoksia 26. Kaatopaikkakaasua kerättiin 34 kaatopaikalla. Kaikkiaan Suomessa on siis yhteensä 131 biokaasulaitosta. Näiden laitosten sijainnit eri laitostyyppien mukaan on esitetty kuvassa 2. Laitoskartta löytyy myös Google Maps -sovelluksella Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n sivuilta. (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025.)



Kuva 2. Suomessa toimivat biokaasulaitokset laitostyypeittäin vuonna 2024 (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025)

Suomessa kotieläintuotanto on alueellisesti keskittynyt erityisesti Varsinais-Suomeen, Satakuntaan, Pohjanmaan maakuntiin ja Pohjois-Savoon. Myös yksittäisten maakuntien sisällä kotieläintuotannon intensiivisyydessä on vaihtelua. (Luostarinen ym. 2019, 6.) Kuvasta 2 voidaan havaita, että maatilamittakaavan biokaasulaitokset ovat keskittyneet juuri näille samoille alueille.

6.2 Esimerkkejä alan toimijoista ja hankkeista

Suomessa on vuosina 2024–2027 suunnitteilla ja rakenteilla 36 uutta biokaasun ja biometaanin tuotantolaitosta. Näiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on 1,4 terawattituntia (TWh). Suurin osa eli yli 71 % tästä määrästä on nesteytettyä biometaania, joka on tarkoitettu erityisesti raskaiden ajoneuvojen kuten kuorma-autojen käyttöön, mutta sitä voidaan myös hyödyntää laivalii-

kenteessä. (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025.) Erityisesti Etelä-Pohjanmaalle suunnitellaan suurikokoisia biokaasulaitoksia, joissa raaka-aineena käytettäisiin lantaa. Tämä johtuu siitä, että alueella on runsaasti kotieläintuotantoa ja lantaa muodostuu paljon. (Luostarinen ym. 2019, 16–17.)

6.2.1 Gasum Oy

Valtion omistama Gasum on Suomen suurin biokaasun tuottaja. Gasum tarjoaa puhtaampia energiaratkaisuja sekä energiamarkkinapalveluja yrityksille, mukaan lukien teollisuus, maantie- ja meriliikenne. Yhtiön erikoisaloja ovat maakaasu, nesteytetty maakaasu (LNG), biokaasu, nesteytetty biokaasu (LBG) sekä sähkömarkkinat. Gasum omistaa ja ylläpitää yhteensä 18 biokaasulaitosta sekä laajaa kaasutankkausasemien verkostoa eri puolilla Pohjoismaita. Yritys käsittelee vuosittain noin miljoona tonnia yhdyskunta- ja maatalousjätettä, tuottaen biokaasua sekä uusiutuvia lannoitteita ja kierrätysravinteita. (Gasum 2025.)

6.2.2 Suomen Lantakaasu Oy

Suomen Lantakaasu on energiayhtiö St1 Biokraftin ja elintarvikeyhtiö Valion yhteisyritys, joka keskittyy lantapohjaisen biokaasun tuotantoon. St1 Biokraft on pohjoismainen energiakonserni, jonka tavoitteena on tuottaa ja myydä hiilineutraalia energiaa, kun taas Valio pyrkii nollaamaan maidon hiilijalanjäljen vuoteen 2035 mennessä. Yhteistyön kunnianhimoinen tavoite on tuottaa 1 TWh nesteytettyä biokaasua vuoteen 2030 mennessä, mikä vastaa 5–7 teollisen mittakaavan nesteytyslaitosta. Yritys kehittää aktiivisesti biokaasuhankkeita Ylä-Savossa sekä Pohjois-, Keski- ja Etelä-Pohjanmaalla. (Suomen Lantakaasu 2025.)

Ylä-Savon hybrididituotantohankkeessa rakennetaan Kiuruvedelle keskitetty biokaasu- ja nesteytyslaitos, joka käsittelee vuosittain noin 460 000 tonnia raaka-ainetta, pääosin maatilojen lantaa. Hankkeeseen kuuluu lisäksi kolme pienempää satelliittilaitosta Lapinlahdella, Nurmeksessa ja Sonkajärvellä. Lopputuotteina syntyy nesteytettyä biokaasua (LBG) ja biolannoitteita. Hankkeessa on mukana yli 100 maatilaa. Rakentaminen käynnistyy loppusyksystä 2024 ja laitoksen on suunniteltu aloittavan toimintansa vuonna 2026.

Nurmon biokaasulaitoksen rakennuttaa Nurmon Bioenergia Oy, jonka pääomistajana on Suomen Lantakaasu ja jossa myös Atria Suomi Oy on mukana. Valmistuttuaan laitos käsittelee vuosittain noin 240 000 tonnia raaka-ainetta, pääasiassa lantajakeita ja teollisuuden sivuvirtoja, ja sen arvioitu tuotantokapasiteetti on 125 GWh vuodessa. Tuotannossa syntyy nesteytettyä biokaasua raskaalle liikenteelle sekä lannoitteita maatalouden käyttöön. Hanke on edennyt investointivaiheeseen ja rakennustyöt ovat jo käynnissä. Laitos otetaan käyttöön vuoden 2026 aikana yhdessä Kiuruveden biokaasulaitoksen kanssa. (Suomen Lantakaasu 2025.)

6.2.3 Juvan Bioson Oy

Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos aloitti toimintansa vuonna 2011. Laitoksen omistajina toimii pääosin 12 maatilaa, joihin kuuluu sekä kananmunantuottajia että luomu- ja tavanomaisia maitotiloja. Suurin osakas on Turakkalan Puutarha Oy. Laitoksen toiminta ja taloudellinen kannattavuus perustuvat kolmeen keskeiseen osa-alueeseen: lämpö- ja sähköenergian myyntiin Turakkalan puutarhalle, ravinteiden kierrätykseen osakkaiden maatilojen välillä sekä elintarviketeollisuuden sivutuotteiden vastaanottoon porttimaksua vastaan. Laitoksessa hyödynnetään märkämädätysprosessia, ja syötteet valitaan huolella niin, että prosessin lopputuotteena syntyvä mädätysjäännös soveltuu luomupeltojen lannoitukseen. Laitos pystyy käsittelemään vuodessa enintään 19 500 tonnia syötteitä. (Juvan Bioson Oy 2025.)

7 BIOKAASUN TUOTTAMINEN SAVONLINNASSA

Tässä luvussa tarkastellaan Savonlinnassa syntyviä erilaisia raaka-ainevirtoja. Biokaasun tuotantomahdollisuuksien arvioimiseksi on ensin selvitettävä saatavilla olevien syöttöaineiden määrä, joka on koottu Luken tilastoista ja Savonlinnan kaupungilta saatujen tietojen perusteella. Kaupungit ja kunnat voivat monin tavoin edistää biokaasun tuotantoa ja sen käyttöä. Suomen teknistaloudellinen biokaasun tuotantopotentiaali on arvioiden mukaan vähintään kymmenkertainen nykyiseen tuotantoon nähden. Biokaasun tuotannon hyödyntämättömiä mahdollisuuksia löytyy erityisesti maatalouden sivuvirroista, mutta

myös kuntien hallinnoimat yhdyskuntien jätevesilietteet ja kotitalouksien biojätteet tarjoavat merkittävää potentiaalia energiantuotantoon. (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025.)

Biokaasulaitoksen perustajina voivat toimia kaupungit ja kunnat, yksittäiset yritykset, maatilat tai useiden maatilojen yhteenliittymät. Savonlinnan kaupunki voi olla mukana biokaasun tuotannossa eri tavoin. Se voi esimerkiksi tukea toimintaa tai toimittaa biomassaa, kuten yhdyskuntien biojätettä mädätyskäsittelyyn. Kaupunki voi myös rakennuttaa biokaasulaitoksen ja pitää sen omistuksessaan, jolloin se toimii itse biokaasun tuottajana. Lisäksi kaupunki voi hyödyntää laitoksessa syntyvää energiaa tuottamalla sähköä ja lämpöä tai jakaa biokaasua polttoaineena, jos sillä on oma jakeluasema. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 43.)

7.1 Savonlinnan kaupunki

Savonlinna on Etelä-Savon maakunnassa sijaitseva kaupunki, joka tunnetaan erityisesti kauniista järvimaisemistaan ja rikkaasta kulttuuriperinnöstään, kuten Olavinlinnasta ja siellä järjestettävistä Savonlinnan Oopperajuhlista. Kaupungin väkiluku oli 31 843 henkilöä vuoden 2023 lopussa, ja sen pinta-ala on 3 598 km², josta vesistöjen osuus on noin 38 %. (Savonlinnan kaupunki 2025.)

Kaupungin elinkeinorakenne on monipuolinen, ja siihen kuuluvat muun muassa matkailu, teollisuus ja palvelut. Metsäteollisuus ja maatalous ovat perinteisesti olleet merkittäviä työllistäjiä alueella. Savonlinnan strategisena tavoitteena on myös puhtaan energian investointien edistäminen, mikä luo mahdollisuuksia uusiutuvan energian, kuten biokaasun tuotannolle. Tämä edistäisi paikallista energiantuotantoa ja vähentäisi riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. (Savonlinnan kaupunkistrategia 2023.) Lisäksi Savonlinnassa on suunnitteilla merkittäviä aurinkovoimahankkeita, kuten Winda Energyn 52 megawatin ja Skarta Energyn 10 megawatin aurinkovoimalat, jotka osoittavat kaupungin sitoutumista uusiutuvan energian hyödyntämiseen (Jokinen 2023).

7.2 Biokaasun tuotantoon soveltuvat syötteet Savonlinnassa

Savonlinnassa biokaasun tuotantoon sopivia kunnallisia jätteitä ovat erilliskerätty biojäte sekä Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamon jätevesiliete. Kaupungin hallinnoimien jätteiden käsittely tapahtuu pääosin kunnan päätösten mukaisesti, mutta teollisuudessa syntyvän biojätteen käsittelystä vastaavat yritykset itse. Näiden yritysten kannalta biokaasulaitos voisi olla houkutteleva vaihtoehto erityisesti, jos jätteen käsittelymaksu olisi edullisempi tai jos kuljetusmatka biokaasulaitokseen olisi lyhyempi ja siten logistisesti kannattavampi. Maatalouden osalta merkittävimmät biokaasun tuotantoon soveltuvat jätteet ovat nautakarjan lietelannat. Savonlinnassa toimii useita nautakarjatiloja, joiden lietelanta voisi olla keskeinen biokaasun raaka-aine. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 63.) Kasvibiomassan määrän arviointi on haastavaa, eikä siitä ole saatavilla tarkkaa tietoa. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä keskitytään maatalouden sivuvirtojen osalta pelkästään nautakarjatiloilla syntyvään lantaan.

7.2.1 Nautakarjan lannat

Luonnonvarakeskuksen tilastoista voidaan tarkastella kotieläinten määrää Savonlinnassa. Alueella toimii yhteensä 57 nautakarjatilaa, joiden eläinmäärät vaihtelevat tilakohtaisesti. Vuoden 2024 kotieläintilastot eivät ole vielä saatavilla, mutta vuoden 2023 tiedot on esitetty taulukossa 3. (Luonnonvarakeskus 2025).

Taulukko 3. Kotieläinten lukumäärä Savonlinnassa vuonna 2023 (Luonnonvarakeskus 2025)

	Naudat yhteensä	Lypsy-lehmät	Emo-lehmät	Hiehot	Sonnit	Vasikat alle 1v.
Eläimiä	5 162	1 898	489	806	392	1 577
Tiloja	57	40	14	52	24	53

Muodostuvia lantamääriä voidaan arvioida ottamalla huomioon eläinten lukumäärä, eri eläinlajit sekä kunkin eläimen tuottama lantamäärä vuodessa (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 34). Tässä opinnäytetyössä maataloudesta muodostuvien lietteiden määrän arviointi on tehty eläinmäärän perusteella.

Nautaeläinten lukumäärä Savonlinnassa vuonna 2023 oli 5 162. Nämä jakautuvat alaryhmiin, joita ovat: lypsylehmät, emolehmät, hiehot, sonnit ja vasikat

alle 1 vuotta. (Luonnonvarakeskus 2025.) Lanta voidaan kerätä talteen eri tavoilla: lietelantana, kuivalantana tai kuivikelantana. Näillä lantamuodoilla on erilaiset kuiva-ainepitoisuudet ja ominaisuudet. (Saastamoinen 2018, 29.) Nautakarjan eri eläinryhmien keskimääräiset lannantuottomäärät yleisellä tasolla on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Nautakarjan lannantuottomäärät yleisesti (Valtioneuvoston asetus 15.10.2015/1261)

Eläin	Lietelanta (m³/eläin/a, ilman sadevettä)	Kuivalanta (m³/eläin/a, ilman sadevettä)	Kuivikelanta (m³/eläin/a, ilman sadevettä)
Lypsylehmä (8500 kg)	25,5	15,8	28,6
Hieho	8,5	6,6	13,4
Emolehmä	19,0	16,9	20,4
Sonni	12,1	10,1	12,9
Lehmävasikka 6–12 kk	7,2	6,1	9,7
Sonnivasikka 6–12 kk	9,5	8,0	12,1

Taulukossa 5 on esitetty, kuinka paljon eri eläinlajit tuottavat lietelantaa, kuivalantaa ja kuivikelantaa Savonlinnassa vuoden aikana. Määrät on laskettu Luonnonvarakeskuksen eläinmäärien ja Suomen säädöskokoelman lannantuottomäärien perusteella. Kun eri lantojen kokonaismäärä ja luvussa 3.1.2 esitetyt metaanintuottopotentiaalit tuorepainoa kohti tiedetään, voidaan niiden perusteella laskea lannoista saatava vuosittainen metaanin- ja biokaasuntuotto Savonlinnassa.

Vuosittainen metaanintuotto lasketaan yhtälöllä 1:

$$V_{CH_4} = \dot{m} * BMP_{tp} \quad (1)$$

jossa	V_{CH4}	vuosittainen metaanintuotto	[m^3 CH_4/a]
	$\dot{m}$	lantamäärä	[t/a]
	BMP_{tp}	syötteen tuorepainon (tp) metaanintuottopotentiaali	[m^3 CH_4(t tp)$^{-1}$]

Lietelannan kuiva-ainepitoisuus on alle 15 %, joten sen tiheydeksi voidaan olettaa 1000 kg/m³. Sen sijaan kuiva- ja kuivikelannan tiheydeksi oletetaan 780 kg/m³, kun niiden kuiva-ainepitoisuus on 21,5 %. Laskennassa käytetään keskiarvoja ja biokaasun metaanipitoisuudeksi oletetaan 60 %. (Saastamoinen 2018, 30.)

Taulukko 5. Nautakarjan lantamäärä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa

Eläin	Lantatyyppi	Lantamäärä t/a	Metaanintuotto m^3CH_4/a	Biokaasuntuotto m^3/a
Lypsylehmä (8500 kg)	Lietelanta	48 399	725 985	1 209 975
	Kuivalanta	23 391	935 638	1 559 397
	Kuivikelanta	42 341	1 693 623	2 822 706
Hieho	Lietelanta	6 851	102 765	171 275
	Kuivalanta	4 149	165 972	276 619
	Kuivikelanta	8 424	336 972	561 621
Emolehmä	Lietelanta	9 291	139 365	232 275
	Kuivalanta	6 446	257 840	429 733
	Kuivikelanta	7 781	311 239	518 731
Sonni	Lietelanta	4 743	71 148	118 580
	Kuivalanta	3 088	123 527	205 878
	Kuivikelanta	3 944	157 772	262 954
Vasikka alle 1v.	Lietelanta	13 168	197 519	329 199
	Kuivalanta	8 672	346 877	578 128
	Kuivikelanta	13 408	536 306	893 844
Yhteensä	Lietelanta	82 452	1 236 782	2 061 304
	Kuivalanta	45 746	1 829 853	3 049 756
	Kuivikelanta	75 898	3 035 913	5 059 855

Jos lanta kerätään pääasiassa lietelantana, saadaan siitä tuotetun biokaasun kokonaismääräksi 2 061 304 m³ vuodessa. Tämä vastaa energiasisällöltään noin 12,37 GWh:a. Vaikka muiden lantatyyppien teoreettinen biokaasuntuotto-potentiaali on selvästi suurempi, lietelanta on yleisin käytössä oleva keräysmuoto. Laskelmassa ei ole huomioitu mahdollisia lantahävikkejä tai eläinten kesäaikaista laiduntamista. (Saastamoinen 2018, 31.)

7.2.2 Yhdyskuntabiojäte

Savonlinnan alueella syntyvä erilliskerätty eli kotitalouksien biojäte kuljetetaan Kiteelle BioKymppi Oy:n biokaasulaitokseen, jossa se hyödynnetään energian ja lannoitteiden tuotannossa. Kuluttajat tekevät sopimuksen jätteiden kuljetuksesta, minkä jälkeen biojäte toimitetaan ensin Nousialaan Konepalvelu Suomalaisen siirtokuormaushalliin. Sieltä se jatkaa matkaansa rekkojen kyydissä Kiteelle, missä se käsitellään biokaasulaitoksessa. Laitoksella käsitellään vuosittain jopa 35 000 tonnia biojätettä ja lietteitä ympäristöluvan puitteissa. Merkittävä osa käsiteltävästä biojätteestä tulee Savonlinnan ja Joensuun seudulta. Biojäte koostuu muun muassa kotitalouksien erilliskerätystä biojätteestä, kauppojen ruokahävikistä, elintarviketeollisuuden sivuvirroista sekä muista orgaanisista jätteistä. (Lankinen 2019.)

Vuonna 2024 Savonlinnassa syntyi 1 386,62 tonnia biohajoavaa jätettä (Utriainen 2025). Todellisuudessa biojätteen kokonaismäärä Savonlinnassa on tätä suurempi, sillä erilliskeräysvelvoite koskee vain taajamissa sijaitsevia kotitalouksia. Taajamien ulkopuolella syntyvä biojäte jää tilastojen ulkopuolelle, koska se kompostoidaan useimmiten kiinteistökohtaisesti. (Biojäte info 2023.)

Taulukko 6. Yhdyskuntabiojätteen määrä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa

Biomassa	Määrä t/a	Metaanintuotto m^3CH_4/a	Biokaasuntuotto m^3/a	GWh
Yhdyskunta-biojäte	1 386,62	134 780	224 633	1,35

Savonlinnassa syntyvän yhdyskuntabiojätteen metaanintuottoa voidaan arvioida luvussa 3.2 esitettyjen tietojen perusteella. Kun biojätteen kuiva-ainepitoisuudeksi oletetaan 27 %, saadaan kuiva-aineen määräksi 374,39 tonnia vuodessa. Tästä kuiva-aineesta oletetaan 90 % olevan orgaanista ainesta, mikä tarkoittaa 336,95 tonnia orgaanista materiaalia vuodessa. Yhdyskuntabiojätteen metaanintuotto vaihtelee välillä 350–500 litraa orgaanista kuiva-ainetta kohti, eli toisin sanottuna 0,35–0,5 kuutiometriä per kilogramma orgaanista ainesta. Käytettäessä keskimääräistä metaanintuottoarvoa 0,4 m^3 $CH_4(kgVS)^{-1}$, metaania muodostuu Savonlinnassa syntyvästä biohajoavasta jätteestä 134 780 m^3 vuodessa. Jos yhdyskuntabiojätteestä tuotetun biokaasun metaanipitoisuudeksi oletetaan 60 %, niin biokaasun kokonaismääräksi saadaan

224 633 m³ vuodessa (taulukko 6). Tämä vastaa energiamäärältään 1,35 GWh, kun metaanin energiasisältö on 10 kWh $(m^3CH_4)^{-1}$. (Saastamoinen 2018, 29.)

Vuosittainen metaanintuotto lasketaan yhtälöllä 2:

$$V_{CH_4} = \dot{m} * BMP_{VS} \quad (2)$$

jossa	V_{CH4}	vuosittainen metaanintuotto	[m^3 CH_4/a]
	$\dot{m}$	syötteen määrä	[t/a]
	BMP_{VS}	syötteen orgaanisen aineen (VS, Volatile Solids) metaanintuottopotentiaali	[m^3 $CH_4(kgVS)^{-1}$]

7.2.3 Puhdistamoliete

Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamo käsittelee kaikki Savonlinnan viemäriverkostosta tulevat jätevedet. Lisäksi siellä puhdistetaan umpi- ja sakokaivolietteitä. Puhdistamo on kaksilinjainen ja toimii biologiskemiallisen rinnakkaissaostuksen periaatteella. Jäteveden käsittelyyn kuuluu useita vaiheita: välppäys, esiselkeytys, ilmastus, jälkiselkeytys ja lopuksi puhdistus flotaatiosuodattimien avulla. Puhdistuksessa käytetään ferrosulfaattia saostuskemikaalina. Prosessissa syntyvä liete kalkitetaan, sakeutetaan ja kuivataan lingolla polymeerin avulla. Lopuksi kuivattu liete kuljetetaan suljetuissa konteissa Kuopioon Gasumin biokaasulaitokselle jatkokäsittelyä varten. (Timonen 2023, 18.)

Taulukko 7. Puhdistamolietteen määrä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa

Biomassa	Määrä t/a	Metaanintuotto m^3CH_4/a	Biokaasuntuotto m^3/a	GWh
Puhdistamoliete	3 127	143 416	239 027	1,43

Vuonna 2024 Savonlinnassa syntyi 3 127 tonnia kuivattua lietettä, jonka kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 23,4 %. Tämä tarkoittaa, että varsinaista kuiva-ainetta syntyi yhteensä 731,7 tonnia. (Vanninen 2025.) Puhdistamolietteen kuiva-aineessa orgaanisen aineen osuus on tavallisesti 64–75 %. Käytetään tässä laskelmassa arvoa 70 %, jolloin vuodessa syntyy 512,2 tonnia orgaanista ainetta. Vuosittainen metaanintuotto lasketaan yhtälöllä 2. Kun me-

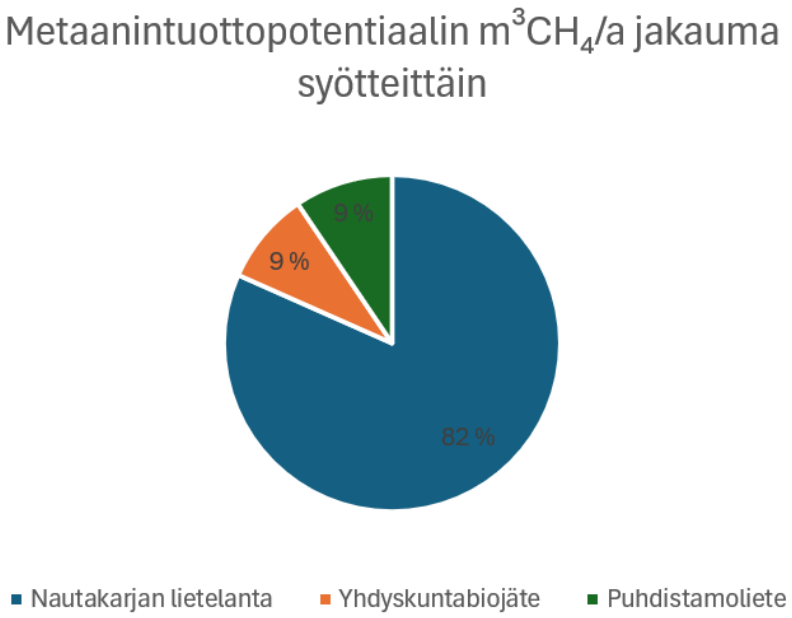
taanintuotoksi arvioidaan 280 l $(kgVS)^{-1}$ eli 0,28 m^3 $(kgVS)^{-1}$, metaania muodostuu vuosittain 143 416 m^3. Jos puhdistamolietteestä tuotetun biokaasun metaanipitoisuudeksi oletetaan 60 %, niin biokaasun kokonaismääräksi saadaan 239 027 m^3 vuodessa (taulukko 7). Tämä vastaa energiamäärältään 1,43 GWh, kun metaanin energiasisältö on 10 kWh $(m^3CH_4)^{-1}$. (Saastamoinen 2018, 32–33.)

7.3 Yhteenveto saatavilla olevista syötteistä

Savonlinnassa on saatavilla yhteensä 86 965,62 tonnia syötteitä, joiden energiasisällöksi on arvioitu 15,15 GWh (taulukko 8). Tehtyjen laskelmien perusteella nautakarjan lietelanta on alueella lupaavin vaihtoehto biokaasun raaka-aineeksi (kuva 3). Saastamoisen (2018, 33) mukaan yhdyskuntien biojätteet ovat kuitenkin tärkeä raaka-aine biokaasun tuotannossa, ja yhteismädätyslaitoksissa syötteiden ominaisuuksia voidaan säädellä siten, että kaasuntuotto on tehokkaampaa kuin yksittäisiä syötteitä erikseen käytettäessä.

Taulukko 8. Yhteenveto Savonlinnassa saatavilla olevista syötteistä

Biomassa	Määrä t/a	Metaanintuotto m^3CH_4/a	Biokaasuntuotto m^3/a	GWh
Nautakarjan lietelanta	82 452	1 236 782	2 061 304	12,37
Yhdyskuntabiojäte	1 386,62	134 780	224 633	1,35
Puhdistamoliete	3 127	143 416	239 027	1,43
Yhteensä	86 965,62	1 514 978	2 524 964	15,15



Kuva 3. Syötteiden metaanintuottopotentiaalin jakauma

7.4 Biokaasun ja mädätysjäännöksen käyttökohteet Savonlinnassa

Maatilat ovat tärkein biokaasusta saatavan energian käyttäjäryhmä, sillä suurin osa biokaasun tuotantoon tarvittavista raaka-aineista syntyy juuri maatiloilla. Maatilojen ohella tätä energiaa voivat hyödyntää myös esimerkiksi kunnan omistamat rakennukset, jotka saavat lämpönsä lämpölaitoksen kautta. (Luuru 2021, 27.) Biokaasua voidaan myös jalostaa liikennepolttoaineeksi, mutta sen jakelu ajoneuvoihin on haasteellista, koska Etelä-Savossa tankkausasemia on vähän ja Savonlinnassa niitä ei ole lainkaan. Paikallista kaasuverkkoa ei myöskään ole, joten biokaasua ei voi johtaa verkkoon. Lisäksi tuotantomäärät saattavat olla liian pieniä, jotta oman verkoston rakentaminen olisi taloudellisesti järkevää. Sen sijaan paineistetun biokaasun kuljettaminen 6000 normikuutiometrin (Nm^3) tilavuuden rekoissa on tehokas ratkaisu, kun kuljetusmatka pysyy alle 200 kilometrissä ja tuotantomäärät ovat rajallisia. (Hänninen 2023, 25–26.) Savonlinnassa mädätysjäännöstä voidaan hyödyntää pääasiassa maataloudessa, missä sitä käytetään lannoitteena.

8 ERI LAITOSTYYPPIEN KUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS

Biokaasua voitaisiin tuottaa joko kaikista kolmesta käsitellystä syötteestä tai vain joistakin niistä. Sen valmistus voisi tapahtua pelkästään jätevedenpuhdis-

tamon lietteestä tai vaihtoehtoisesti yhteismädätyslaitoksessa, jossa nautakarjan lietelannan lisäksi käytettäisiin myös muita syötteitä. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 77.) Saastamoisen (2018, 33) mukaan biokaasulaitosta suunniteltaessa ensimmäinen päätettävä asia on, käytetäänkö kuivamädätystä vai märkämädätystä.

Biokaasulaitoshankkeen kustannuksia ja kannattavuutta voidaan arvioida suuntaa antavasti esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen Biokaasulaskurin avulla. Laskuriin syötetään tietoja muun muassa käytettävistä raaka-aineista ja niiden määristä, laitoksen teknisistä ratkaisuista sekä energian hyödyntämistavoista. Näiden lähtötietojen perusteella saadaan karkea arvio investoinnin kokonaiskustannuksista, mahdollisista tuotoista ja kuluista sekä hankkeen taloudellisesta kannattavuudessa. (Luke 2025.) Kannattavuuden arvioinnin pohjaksi on tärkeää selvittää jo suunnitteluvaiheessa käytettävissä olevat syötteet ja niiden biokaasuntuottopotentiaali, jotka on tässä opinnäytetyössä selvitetty aiemmin. Myös laitoksen sijainti on olennainen tekijä kannattavuuden kannalta. Sijainti vaikuttaa muun muassa logistiikan tehokkuuteen, raaka-aineiden saatavuuteen ja lopputuotteiden hyödyntämismahdollisuuksiin, ja siten koko hankkeen taloudelliseen onnistumiseen. (Luste ym. 2012, 17.)

8.1 Maatilamittakaavan biokaasulaitos

Maatilamittakaavan biokaasulaitos hyödyntää raaka-aineenaan pääasiassa tilan omaa karjanlantaa, mutta joissain tapauksissa myös lähitilojen lantaa ja pelloilta kerättävää kasvibiomassaa. Tyypillisesti lietelanta johdetaan eläinsuojasta siirtoputkea pitkin esisäiliöön ja sieltä edelleen biokaasureaktoriin (Latvala 2009, 26.) Biokaasun tuotanto on tilalle kannattavaa, jos se tuo taloudellista hyötyä. Energia on maatiloilla merkittävä kuluerä, jota voidaan pienentää tuottamalla itse lämpöä, sähköä tai polttoainetta. Raakakaasua voi hyödyntää suoraan lämmöntuotannossa tai jalostaa sähköksi, jolloin se voi kattaa tilan energiatarpeet. Ylijäämäsähköä voi myydä verkkoon ilman suuria lisäinvestointeja. Sen sijaan kaasun käyttö koneiden ja ajoneuvojen polttoaineena vaatii lisäpanostuksia, kuten tankkauslaitteiston ja markkinoiden kehittämisessä. Mädäte hyödynnetään pääosin tilan omilla pelloilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 16.)

Vaikka maatalouden biomassoissa on runsaasti potentiaalia biokaasun tuotantoon, Savonlinnassa ei tällä hetkellä toimi yhtään maatilamittakaavan biokaasulaitosta (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025.) Luken Biokaasulaskuri tarjoaa viljelijöille mahdollisuuden selvittää, kuinka paljon energiaa ja ravinteita heidän tiloillaan syntyvistä biomassoista voitaisiin tuottaa. Sen avulla voi myös arvioida, kannattaisiko biokaasulaitoksen rakentaminen taloudellisesti. Samalla viljelijä saa paremman käsityksen koko biokaasuprosessista. (Luke 2025.) Ruokavirastolta on mahdollista saada 50 % investointitukea uuteen biokaasulaitokseen. Tuen edellytyksenä on, että investoinnin kokonaiskustannukset ovat vähintään 10 000 euroa ja enintään 2 miljoonaa euroa. (Ruokavirasto 2025.)

8.2 Puhdistamolietteen mädättämö

Savonlinnan jätevedenpuhdistamon yhteydessä sijaitsevassa mädättämössä puhdistamolietettä mädättämällä voitaisiin teoreettisesti tuottaa vuodessa noin 239 027 m^3 biokaasua. Syötteen kuiva-ainepitoisuuden 23,4 % perusteella käytettäväksi menetelmäksi soveltuisi kuivamädätys. (Luke 2025.) Mädätyksessä syntyvää energiaa voitaisiin hyödyntää suoraan puhdistamon omaan sähkö- ja lämmitystarpeisiin. Tämä tarkoittaisi myös, ettei lietettä tarvitsisi enää kuljettaa käsiteltäväksi Kuopioon, joten kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset jäisivät pois. Mädätyksessä syntyvät jätevedet voitaisiin helposti käsitellä suoraan jätevedenpuhdistamolla. (Kiviluoma-Leskelä 2010, 109–110.)

Savonlinnan puhdistamolietteen mädättämön kapasiteetti jää kuitenkin verrattain pieneksi, kun sitä verrataan muiden suomalaisten jätevedenpuhdistamoiden tuotantoon. Vuonna 2023 Suomen jätevedenpuhdistamoiden yhteenlaskettu biokaasuntuotanto oli 211 GWh. Tämä jakautui 18 eri laitoksen kesken, jolloin keskimääräinen tuotanto yhtä puhdistamolaitosta kohden oli noin 11,7 GWh. Tähän suhteutettuna Savonlinnan puhdistamolietteen mädättämön tuotantopotentiaali 1,43 GWh on merkittävästi pienempi kuin valtakunnallinen keskitaso, mikä osoittaa sen olevan pienehkö mittakaavaltaan. (Tilastokeskus 2025; Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2025.) Laitosratkaisu ei myöskään hyödynnä muita raaka-aineita, minkä vuoksi biokaasun tuotanto jää niin vähäiseksi, ettei tuotanto ole Luken Biokaasulaskurin mukaan taloudellisesti kannattavaa. Tämän vuoksi laskuri ei anna kannattavuusarviota. (Luke 2025.)

Kannattavuuden näkökulmasta mielenkiintoinen vertailukohde on Pieksämäen biokaasulaitos, joka käsittelee vuosittain 6000 tonnia jätevedenpuhdistamon lietettä. Vaikka Pieksämäen talousalueella on vain noin 17 000 asukasta, laitoksen tuottama energia, noin 1,8 GWh, on silti suurempi kuin Savonlinnan potentiaali. Pieksämäellä biokaasusta tuotetaan täysin uusiutuvaa sähköä ja lämpöä, joista osa hyödynnetään puhdistamon omiin tarpeisiin ja ylijäämäenergia johdetaan sähkö- ja kaukolämpöverkkoon. Laitos toimii täydessä kapasiteetissaan ja on saatu taloudellisesti kannattavaksi ilman lisäsyötteitä. Näiden tekijöiden perusteella Savonlinnan tilanteessa voisi olla tarpeen arvioida, voitaisiinko kannattavuutta parantaa lisäämällä mädättämön syötteeksi muita orgaanisia materiaaleja, kuten lietelantaa tai biojätettä. (Pieksämäen kaupunki 2023.)

8.3 Yhteismädätyslaitos

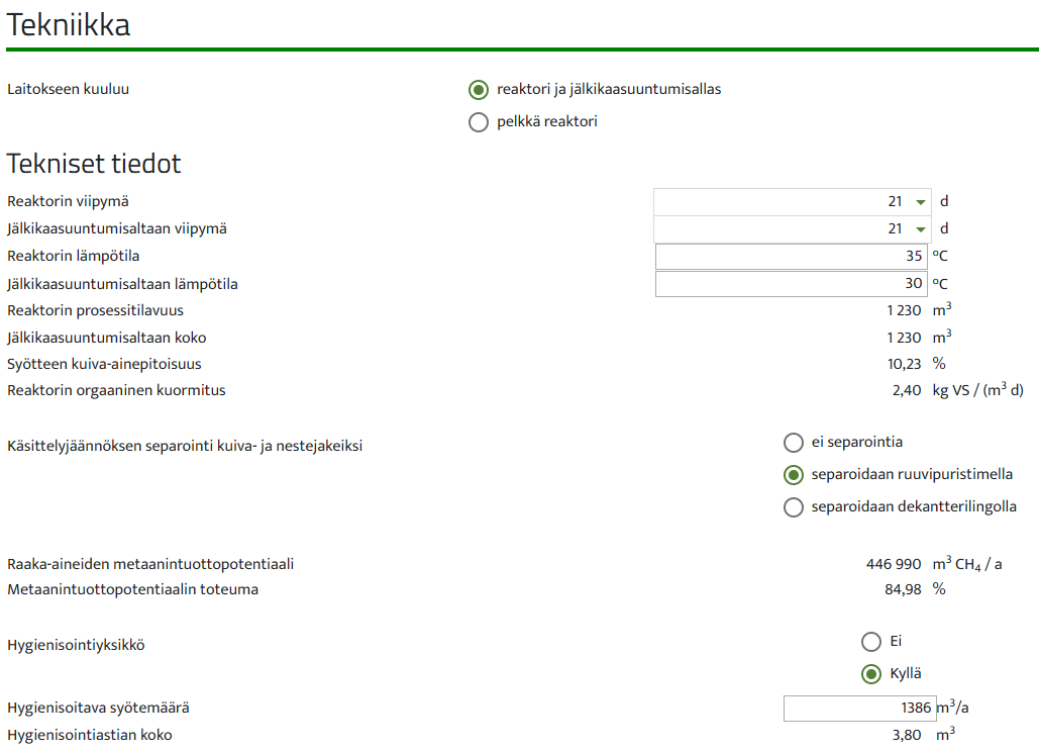
Mahdollisessa Savonlinnan yhteismädätyslaitoksessa märkämädätys on sopiva vaihtoehto, koska sillä voidaan käsitellä sekä maatiloilta saatavaa lietelantaa että erilliskerättyä biojätettä. Laitos voidaan rakentaa joko käsittelemään vain lietelantaa tai toimimaan yhteismädätyslaitoksena, jossa hyödynnetään molempia jakeita. Jos biojätettä otetaan mukaan prosessiin, tarvitaan monimutkaisempaa esikäsittelyä ja hygienisointia, mikä nostaa kustannuksia verrattuna siihen, että käytettäisiin pelkästään lietelantaa. Prosessin toteuttaminen yksivaiheisena on kannattavampaa, koska toisen vaiheen lisääminen kasvattaisi kuluja ilman, että biokaasun tuotanto välttämättä paranisi merkittävästi. (Saastamoinen 2018, 33.)

8.3.1 Biokaasulaskuri

Esimerkkitapauksen yhteismädätyslaitoksen reaktorin mitoitus tehdään Luken Biokaasulaskurilla, jolla arvioidaan myös hankkeen kustannuksia ja taloudellista kannattavuutta. Laskuri on kehitetty erityisesti maatilojen biokaasulaitoksia varten, ja sen maksimisyötemäärä on 35 000 tonnia vuodessa, joten syötteet mukautetaan tämän rajoituksen mukaan. Laskuri etenee yhdeksässä vaiheessa, joissa käyttäjä antaa tarvittavat tiedot ja tekee valintoja. Laskurissa on valmiiksi asetettuja arvoja, jotka perustuvat tutkimustietoon eri syötteistä ja

prosessien hyötysuhteista. Laskelmat tehdään keskimääräisten arvojen pohjalta, joten tulokset ovat vain arvioita. (Luke 2025.)

Tässä tapauksessa syötteinä käytetään 20 000 tonnia lietelantaa ja 1 386,62 tonnia yhdyskuntabiojätettä vuodessa. Näillä syötteillä reaktorin ja jälkikaasuuntumisaltaan metaanintuotoksi arvioidaan 446 990 m³ vuodessa. Koska syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus on 10,23 %, laitostyypiksi soveltuu parhaiten perinteinen märkämädätys. Hygienisointi on tarpeen, koska syötteenä käytetään yhdyskuntien biojätettä. Arvioitu tarve hygienisointikapasiteetille on 3,80 m³. Kun sekä reaktorin että jälkikaasuuntumisaltaan viipymäaika on 21 vuorokautta, saadaan kummankin reaktorin mitoitustilavuudeksi 1230 m³. Tällöin reaktoriin kohdistuva orgaaninen kuormitus on 2,40 kgVS/(m³d) (kuva 4). (Luke 2025.)



Kuva 4. Yhteismädätyslaitoksen tekniikka (Luke 2025)

Biokaasulaitos tuottaa vuosittain noin 601 737 m³ biokaasua. Prosessin lopputuotteena syntyy lisäksi noin 20 679 tonnia käsittelyjäännöstä vuodessa. Tuotetusta biokaasusta saadaan energiaa arviolta yhteensä 3,8 GWh. Tätä energiaa voidaan hyödyntää eri tavoin: sitä voidaan käyttää lämmön tuotantoon, yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon (CHP), liikennepolttoaineena tai

vaihtoehtoisesti siirtää ja myydä kaasuna. Laitoksen oma lämmöntarve katetaan käyttämällä 21 % tuotetusta energiasta lämmöntuotantoon, hyötysuhteen ollessa 85 %. Sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ohjataan 29 % kokonaisenergiasta. Liikennepolttoaineeksi käytetään 30 % kokonaisenergiasta, hyötysuhteen ollessa 98 %. Loput 20 % kokonaisenergiasta käytetään kaasun siirtoon ja myyntiin. (Luke 2025.)

Tällaisen biokaasulaitoksen investointikustannukseksi arvioidaan 1 355 500 euroa. Suurin osa tästä summasta kuluu laitoksen reaktorin ja jälkikaasuuntumisaltaan rakenteisiin, CHP-yksikköön, kaasun jalostukseen ja paineistukseen sekä maatöihin. Laskelmassa ei ole huomioutu syötteen vastaanottoa, varastointia eikä käsittelyjäännöksen varastoa, joten todelliset investointikulut ovat jonkin verran suuremmat kuin laskurin antama arvio. Biokaasun siirto- ja myyntihinnaksi on arvioitu 0,05 €/kWh ja liikennepolttoaineena käytettävän biometaanin hinnaksi 1,23 €/kg. Laitoksen vuosittaisiksi tuotoiksi on arvioitu 154 821 euroa ja käyttökustannuksiksi 32 757 euroa, mikä tarkoittaa, että vuosittainen kate olisi 122 064 euroa. (Luke 2025.)

Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää investointitukea biokaasulaitoksille, jotka tuottavat energiaa, mutta eivät sovellu syöttötariffiin. Tuen määrä vaihtelee 8–30 % välillä hyväksyttävistä investointikuluista. (Kannonlahti 2020, 13.) Jos investoinnille saadaan 20 %:n tuki, sen rahallinen arvo on 271 100 euroa. Tuen jälkeen investoinnin omarahoitusosuudeksi jää 1 084 400 euroa. Kun tuki otetaan huomioon laskentakorkokannan ollessa 4 % ja käytettäessä annuiteettimenetelmää, laitoksen vuotuinen tulos on 21 013 euroa ja takaisinmaksuajaksi saadaan 8,88 vuotta. Tämä viittaa siihen, että hanke vaikuttaa laskurin perusteella kannattavalta. On kuitenkin huomioitava, että investoinnin todelliset kustannukset ovat arvioitua hieman korkeammat, mikä tarkoittaa myös pidempää takaisinmaksuaikaa. (Luke 2025.) Lopullisen sijoituspäätöksen tulee kuitenkin aina perustua asiantuntijoiden tekemiin tarkkoihin laskelmiin. Liitteessä 1 on esitetty tarkemmat tiedot investoinnin laskentaperusteista.

8.4 Yhteenveto kannattavuustarkasteluista

Tässä luvussa esitettyjen Biokaasulaskurin tulosten perusteella Savonlinnan alueelle sijoittuva keskitetty yhteismädätyslaitos vaikuttaa alustavasti teknistaloudellisesti kannattavalta ratkaisulta. Kannattavuus perustuu erityisesti alueen runsaaseen lietelannan saatavuuteen sekä kunnallisten jätteiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Jotta hanketta voidaan viedä eteenpäin konkreettisella tasolla, on tärkeää tunnistaa ja koota yhteen työn keskeiset löydökset, reunaehdot sekä niihin liittyvät suositeltavat toimenpiteet eri sidosryhmien näkökulmasta. Taulukossa 9 on esitetty tiivis yhteenveto biokaasuhankkeen tärkeimmistä edellytyksistä ja suosituksista Savonlinnan alueella. Taulukko voi toimia tukena jatkoselvityksissä, päätöksenteossa ja mahdollisten yhteistyötahojen kanssa käytävissä keskusteluissa.

Taulukko 9. Keskeiset reunaehdot ja suositukset biokaasuhankkeelle Savonlinnassa

Laitostyyppi	Reunaehdot	Suositukset
Maatilamittakaavan laitos	Soveltuu yksittäisille tiloille, joilla on riittävä määrä lantaa ja/tai kasvibiomassaa. Vaatii omarahoitusta ja sitoutumista. Ei vaikuta merkittävästi alueelliseen energiantuotantoon, mutta voi parantaa tilojen omavaraisuutta.	Edistetään neuvontaa ja kannustetaan suurimpia nautakarjatiloja arvioimaan tilakohtaista biokaasuntuottopotentiaalia hyödyntämällä esim. Luken Biokaasulaskuria. Kannustetaan yhteistyöhön esim. lähitilojen satelliittimalli.
Puhdistamolietteen mädättämö	Pieni tuotantopotentiaali (1,43 GWh/a). Hyödynnetään vain jätevedenpuhdistamon lietettä; ei taloudellisesti kannattava itsenäisenä laitoksena.	Ei suositella itsenäisenä investointina ilman lisäsyötteitä. Arvioidaan mahdollisuus liittää puhdistamoliete osaksi suurempaa yhteismädätyslaitosta.
Yhteismädätyslaitos	Taloudellisesti kannattava Luken Biokaasulaskurin mukaan. Maatalouden syötteet keskeisiä, joten viljelijöiden kiinnostus on ratkaisevaa.	Laaditaan tarkempi liiketoimintasuunnitelma. Kartoitetaan viljelijöiden sitoutumishalukkuus ja kaupungin rooli hankkeessa.

		Tehdään logistiikkaselvitys sekä kartoitetaan kuljetus- ja keräysreitit.

9 HAASTEET JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Biokaasun tuotanto kohtaa useita haasteita, kuten raaka-aineiden hajanaista saatavuutta ja korkeita kuljetuskustannuksia. Tiukka sääntely rasittaa erityisesti pieniä laitoksia ja jakeluverkoston puutteet rajoittavat sen käyttöä liikenteessä. Toisaalta biokaasu tarjoaa merkittäviä ympäristöhyötyjä ja sen rooli uusiutuvan energian ratkaisuna kasvaa tulevaisuudessa. Kasvua tukevat kiertotalouden periaatteet, raskaan liikenteen vaihtoehtoiset polttoaineet sekä biokaasualan ympärille kehittyvä teknologiaosaaminen.

9.1 Raaka-aineiden saatavuus ja logistiikka

Kun kuljetusetäisyyttä lisätään, myös saatavilla olevan biomassan määrä kasvaa. Tämä kuitenkin vaikuttaa suoraan kannattavuuteen, sillä pidemmät kuljetusmatkat nostavat kustannuksia sekä syötteiden että mädätysjäännöksen kuljetuksessa. Erityisesti maatalousperäinen biomassa sisältää runsaasti vettä, mikä tekee sen kuljettamisesta pitkien matkojen päähän taloudellisesti kannattamatonta. (Föhr ym. 2023, 27.) Myös mädätyksestä syntyvän mädätteen olisi hyvä päätyä lähelle, mieluiten suoraan laitokselta pellolle niin, että traktori voisi noutaa ja levittää sen ilman välikuljetuksia. Säiliöauton käyttö kuljetuksessa voi maksaa yli 100 euroa tunnissa, mikä nostaa kustannuksia nopeasti. Yksi tehokas ratkaisu on viedä mädäte takaisin maatilalle samalla kuljetuksella, kun tilalta tuodaan uutta raaka-ainetta laitokselle. Näin vältetään ajaminen tyhjällä kuormalla. (Kannonlahti 2020, 14.)

9.2 Taloudelliset realiteetit

Lantabiokaasun tuotannon suurimpia haasteita ovat edelleen taloudelliset realiteetit. Maatilat sijaitsevat laajalla alueella hajallaan, mikä tekee sekä raaka-aineiden että biokaasun tuotannosta syntyvien lopputuotteiden kuljettamisesta kallista. Maatilayrittäjillä ei ole riittäviä taloudellisia kannustimia kuljettaa lantaa

biokaasulaitokseen tai hakea sieltä kierrätyslannoitteita takaisin, eikä biokaasulaitoksilla puolestaan ole resursseja maksaa lantatoimituksista. Lannan hyödyntäminen biokaasun tuotannossa on myös teknisesti haastavampaa kuin esimerkiksi biojätteiden tai puhdistamolietteiden käyttö. Lanta sisältää vähemmän helposti hajoavaa orgaanista ainesta, mikä tarkoittaa, että suuremman laitoksen olisi käsiteltävä merkittäviä määriä raaka-ainetta ollakseen kannattava. Tämä edellyttää laitoksen sijoittamista alueelle, jossa se voi hyödyntää useiden maatilojen lantavirtoja tehokkaasti. (Uusitalo 2022.)

9.3 Sääntely ja tukipolitiikka

Pienet biokaasulaitokset Suomessa kärsivät raskaasta sääntelystä, vaikka ne hyödyntävät jätteitä ja vähentävät fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Niiltä vaaditaan samoja standardeja kuin suurilta toimijoilta, mikä heikentää kannattavuutta. Alhainen nettohinta, suuret investointikustannukset ja tiukat sääntelyvaatimukset tekevät pienimuotoisesta tuotannosta vaikeaa. Sääntely ei ota huomioon laitoksen kokoa, vaan pieniltä ja suurilta toimijoilta edellytetään samoja vaatimuksia, vaikka niiden tuotantomäärät eroavat merkittävästi. (Kämppi 2024).

9.4 Infrastruktuurin ja jakeluverkoston puute

Yksi biokaasun käytön haasteista on se, että jakeluverkosto ei ole vielä kovin laaja. Tankkausasemia on kuitenkin tulossa lisää eri puolille maata. Tällä hetkellä niiden vähäinen määrä tarkoittaa, että ajoreitit täytyy suunnitella huolellisesti, sillä kaasulla toimivien ajoneuvojen ajomatka yhdellä tankkauksella on melko lyhyt. (Peräkoski 2015, 15–16.) Savonlinnan alueella ei tällä hetkellä ole kaasuntankkausasemia, vaan lähimmät tankkausasemat sijaitsevat Kiteellä ja Mikkelissä (Roiha 2022). Jakeluverkoston kehittyminen ja mahdollinen kaasuaseman avaaminen Savonlinnaan parantaisi merkittävästi biokaasun käyttömahdollisuuksia alueella.

9.5 Biokaasun tuotannon ympäristövaikutukset

Biokaasun ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa on tärkeää ottaa huomioon, että vaikutukset vaihtelevat sen mukaan, mitä raaka-aineita käytetään ja mil-

lainen tuotantoprosessi on kyseessä. Biokaasun tuotannolla voi olla sekä haitallisia että hyödyllisiä vaikutuksia ympäristöön. Haitat liittyvät erityisesti siihen, jos biokaasua varten viljellään erityisiä kasveja, sillä niiden kasvattaminen ja kuljettaminen voivat kuormittaa ympäristöä. Toisaalta biokaasun käyttö tuo mukanaan monia myönteisiä vaikutuksia ympäristölle. Koska biokaasu on uusiutuva energianlähde, sen hyödyntäminen vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja siten pienentää kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi biokaasu vähentää ilman epäpuhtauksia, kuten typen oksideja, hiilivetyjä ja pienhiukkasia. (Soininen ym. 2007, 22.)

9.6 Tulevaisuuden mahdollisuudet

Biokaasun tulevaisuus näyttää lupaavalta erityisesti megatrendien, kuten kiertotalouden ja uusiutuvan energian valossa. Biokaasulla tulee olemaan jatkossakin rooli energian tuotannossa, erityisesti tukemassa tuuli- ja aurinkoenergian rinnalla tarvittavaa joustavaa sähköntuotantoa. Biokaasulaitokset edistävät myös resurssien tehokasta hyödyntämistä ja materiaalien kierrätystä. Tulevaisuudessa biokaasualan kannattavuus ei perustu pelkästään energian tuotantoon, vaan myös muihin lopputuotteisiin. Samalla kun fossiilisten polttoaineiden saatavuus heikkenee ja hinnat nousevat, kasvaa kiinnostus vaihtoehtoisiin ratkaisuihin. Monissa maissa ollaan jo rajoittamassa polttomoottoriautojen käyttöä, erityisesti dieselautojen osalta. Tämä voi vaikuttaa siihen, kuinka paljon autovalmistajat jatkossa kehittävät polttomoottorimalleja. Kuitenkin suurin mahdollisuus biometaanin käytölle liikenteessä nähdään erityisesti raskaassa liikenteessä ja merenkulussa. Kasvun mahdollisuuksia on myös biokaasulaitosten ympärillä toimivilla yrityksillä, jotka kehittävät ja myyvät teknologiaa prosessin eri vaiheisiin. Tätä teknologiaosaamista voidaan myös viedä kansainvälisille markkinoille. (Winquist ym. 2018, 16.)

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä selvitettiin biokaasun tuotantomahdollisuuksia ja taloudellista kannattavuutta Savonlinnan alueella. Tarkastelun kohteena olivat alueella syntyvät biokaasun tuotantoon soveltuvat syötteet, niiden määrä sekä näiden pohjalta laskettu teoreettinen biokaasuntuottopotentiaali. Parhaiten biokaasun-

tuotantoon soveltuviksi raaka-aineiksi todettiin nautakarjan lietelanta, yhdyskuntien biojätteet sekä jätevedenpuhdistamon liete. Näiden kolmen syötteen yhteenlaskettu vuotuinen määrä Savonlinnassa on noin 86 965 tonnia, josta nautakarjan lietelantaa muodostuu noin 82 452 tonnia, yhdyskuntabiojätettä 1 387 tonnia ja puhdistamolietettä 3 127 tonnia. Näiden syötteiden teoreettinen biokaasuntuotto on noin 2,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, mikä vastaa noin 15,15 gigawattituntia energiaa.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kolmea eri laitostyyppiä: maatilamittakaavan biokaasulaitosta, jätevedenpuhdistamon yhteyteen rakennettavaa mädättämöä sekä keskitettyä yhteismädätyslaitosta. Näistä vaihtoehdoista keskistetty yhteismädätyslaitos osoittautui kannattavimmaksi. Laitostyyppien kustannuksia ja kannattavuutta arvioitiin hyödyntämällä Luonnonvarakeskuksen kehittämää Biokaasulaskuria. Biokaasulaskurin tulokset osoittivat, että hanke olisi kannattava etenkin silloin, kun syötteinä käytetään nautakarjan lietelantaa ja yhdyskuntabiojätettä. Vaikka laskennalliset tulokset ovat lupaavia, biokaasuntuotannon käytännön toteutus vaatii vielä lisäselvityksiä. Erityisen tärkeää on arvioida tarkemmin taloudellista kannattavuutta, varmistaa syötteiden tasainen saatavuus sekä löytää toimivat logistiset ratkaisut. Lisäksi olisi hyvä selvittää, kuinka kiinnostuneita viljelijät ovat osallistumaan mahdolliseen yhteismädätyslaitokseen, joko syötteiden toimittajina tai mädätysjäännöksen vastaanottajina. Samalla viljelijöitä olisi hyvä kannustaa pohtimaan myös omien tai useamman tilan yhteisten pienimuotoisten biokaasulaitosten toteuttamista. Koska Savonlinnan alueen suurin biokaasupotentiaali liittyy maatalouden sivuvirtoihin, viljelijöiden aktiivinen rooli on ratkaiseva tekijä koko biokaasutuotannon edistämisessä.

LÄHTEET

Alm, M. 2022. Uusiutuva energia: biokaasulla kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Työ- ja elinkeinoministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-951-3 [viitattu 12.2.2025].

Biojäte info. 2023. Artikkeli. WWW-dokumentti. Saatavissa: Biojäte.info [viitattu 3.3.2025].

Biokaasuvisio 2030. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://biokaasu2030.fi/ [viitattu 12.4.2025].

Föhr, J., Koppelmäki, K., Gyawali, A., Poelert, J. & Ranta, T. 2023. Kiertotaloutta ruoantuotantoon – Biomassojen logistinen aluetarkastelu Järvi-Suomessa (JÄSTI). Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-412-056-2 [viitattu 3.4.2025].

Gasum. 2025. Gasum lyhyesti. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.gasum.com/fi/gasum/tietoa-gasumista/gasum-lyhyesti/ [viitattu 6.3.2025].

Haatainen, A. 2023. Biokaasun tuotantomahdollisuudet Rastinlahden maatilalla. Savonia ammattikorkeakoulu. Agrologin tutkinto-ohjelma. Opinnäyte. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023060621810 [viitattu 4.3.2025].

Hänninen, J. 2023. Biokaasun tuotantopotentiaali Etelä-Savon maatiloilla. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Energiatekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2023050942165 [viitattu 10.4.2025].

Jokinen, H. 2023. Savonlinna panostaa aurinkovoimaan – viritteille on tullut muutamassa päivässä kaksi isoa investointia. *Yle 4.7.2023*. Verkkolehti. Saatavissa: https://yle.fi/a/74-20039688 [viitattu 23.1.2025].

Juvan Bioson. 2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.bioson.fi/ [viitattu 10.4.2025].

Kannonlahti, J. 2020. Suupohjan biokonsepti. Biokaasun hyödyntämisen taloudellinen merkitys. Vaasan yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://vuoksi.fi/wp-content/uploads/2020/06/Biokaasun-hy%C3%B6dynt%C3%A4misen-taloudellinen-merkitys.pdf [viitattu 13.4.2025].

Kiviluoma-Leskelä, L. 2010. Biokaasun tuottaminen ja hyödyntäminen Lappeenrannassa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201006212074 [viitattu 26.1.2025].

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. E-kirja. Hämeenlinna: Suomen biokaasuyhdistys ry. Saatavissa: https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1 [viitattu 4.3.2025].

Kämppi, M.-L. 2024. Pienikin biokaasuyrittäjä maksaa joka vuosi kymppitonnin, jotta saa tuottaa ympäristöystävällistä polttoainetta. *Yle 2.2.2024*. Verkkolehti. Saatavissa: https://yle.fi/a/74-20071833 [viitattu 25.3.2025].

Lankinen, O. 2019. Muiden jätteet on toisten aarteet – BioKymppi kerää Savonlinnan seudulta biojätettä, jota hyödynnetään lannoitteen ja biokaasun valmistuksessa. *Puruvesi 18.8.2019*. Verkkolehti. Saatavissa: https://www.puruvesi.net/paikalliset/4080145 [viitattu 26.1.2025].

Latvala, M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT), Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://hdl.handle.net/10138/37998 [viitattu 4.3.2025].

Luke. 2025. Biokaasulaskuri. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://biokaasulaskuri.luke.fi/?lang=fi [viitattu 10.4.2025].

Luoma, H. & Aalto, M. 2006. Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1027. Tieto tuottamaan 115. Keuruu: Otava.

Luonnonvarakeskus. 2025. Tilastotietokanta. Kotieläinten lukumäärä 1.4 ja 1.5 kunnittain. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__12%20Kotielainten%20lukumaara/01d_Kotielainten_lukumaara_kevaalla_kunta.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f [viitattu 4.2.2025].

Luostarinen, S. 2013. Biokaasuteknologiaa maatiloilla 1: Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi - käytännön kokemuksia MTT:n maatilakohtaiselta laitokselta. MTT Jokioinen. Raportti. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-481-6 [viitattu 4.3.2025].

Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Helsinki: Luonnonvarakeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-777-0 [viitattu 3.4.2025].

Luostarinen, S., Tampio, E., Lehtoranta, S., Valve, H., Laakso, J., Rasi, S., Pyykkönen, V., Markkanen, J., Heikkinen, J., Haapala, H., Winquist, E., Lång, K., Timonen, K. & Silfver, T. 2023. Kestävät käytännöt biokaasuntuotannossa. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-479-8 [viitattu 15.2.2025].

Luste, S., Soininen, H., Ranta-Korhonen, T., Seppäläinen, S., Laitinen, A. & Tervo, M. 2012. Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-588-353-7 [viitattu 4.3.2025].

Luuru, A. 2021. Biokaasun tuotannon mahdollisuudet Hailuodossa. Oulun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma. Opinnäyte. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021060313836 [viitattu 18.2.2025].

Motiva Oy. 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf [viitattu 13.2.2025].

Peräkoski, M. 2015. Biokaasu liikennepolttoaineena. Vaasan ammattikorkeakoulu. Ympäristöteknologia. Opinnäyte. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201504174499 [viitattu 26.1.2025].

Pieksämäen kaupunki. 2023. Pieksämäen biokaasulaitoksella tuotetaan jätevedenpuhdistamon lietteestä vihreää energiaa. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.pieksamaki.fi/pieksamaen-biokaasulaitoksella-tuotetaan-ja-tevedenpuhdistamon-lietteesta-vihreaa-energiaa/ [viitattu 25.4.2025].

Pyykkönen, V., Winquist, E., Virkkunen, E., Annunen, V. & Rasi, S. 2023. Biokaasulaskurin käyttöohje 21.12.2023. Luonnonvarakeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://biokaasulaskuri.luke.fi/?lang=fi [viitattu 25.4.2025].

Roiha, M. 2022. Biokaasun myynti on kasvanut selvästi Mikkelin seudulla – paikallinen tuotanto on riittänyt hyvin kysyntään. *Yle 10.2.2022.* Verkkolehti. Saatavissa: https://yle.fi/a/3-12306865 [viitattu 4.3.2025].

Ruokavirasto. 2025. Uusiutuvan energian ja biopolttoaineiden tuotanto. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maaseudun-yrittajyys/maaseudun-yritystuet/yrityksen-investointi--ja-kehittamistuet/uusiutuvan-energian-ja-biopolttoaineiden-tuotanto/ [viitattu 13.4.2025].

Saastamoinen, J. 2018. Biokaasun tuotantomahdollisuudet Taipalsaarella. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energiatekniikan koulutusohjelma. Opinnäyte. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018050823631 [viitattu 25.3.2025].

Savonlinnan kaupunki. 2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.savonlinna.fi/savonlinna-tietoa/yleistietoa/ [viitattu 25.5.2025].

Savonlinnan kaupunkistrategia 2022–2025. 2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.savonlinna.fi/wp-content/uploads/2023/11/savonlinna_kaupunkistrategia_2022-2025_paivitetty2023.pdf [viitattu 23.1.2025].

Soininen, H., Kiukas, I. & Mäkelä, L. 2007. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Biokaasusta bioenergiaa Etelä-Savolaisille maaseutuyrityksille. [viitattu 2.4.2025].

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. 2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://biokierto.fi/ [viitattu 13.2.2025].

Suomen Lantakaasu. 2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.suomenlantakaasu.fi/ [viitattu 6.3.2025].

Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus. 2023. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: https://stat.fi/julkaisu/cln1j9qh0wzc10cut9qsdtjz3 [viitattu 5.3.2025].

Timonen, V. 2023. Toimintakertomus. Savonlinnan kaupunki. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.savonlinna.fi/wp-content/uploads/2024/06/toimintakertomus-2023-1.pdf [viitattu 26.1.2025].

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2020. Biokaasuohjelmaa valmistelevan työryhmän loppuraportti. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-482-2 [viitattu 13.2.2025].

Utriainen, M. 2025. Palveluvastaava. Sähköpostiviesti 4.2.2025. Kierrätysyhtiö Rippee.

Uusitalo, K. 2022. Biokaasu voi saada nyt uutta nostetta: Suomen maatiloilla makaa aarre, joka voisi auttaa meitä irti Venäjän kaasusta ja ratkaista toisenkin kriittisen tarpeen. *Yle 3.6.2022.* Verkkolehti. Saatavissa: https://yle.fi/a/3-12440447 [viitattu 4.3.2025].

Vanninen, T. 2025. Puhdistamonhoitaja. Sähköpostiviesti 27.1.2025. Savonlinnan vesi.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 15.10.2015/1261.

Winquist, E., Rikkonen, P. & Varho, V. 2018. Suomen biokaasualan haasteet ja mahdollisuudet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2018. Helsinki: Luonnonvaraskeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-630-8 [viitattu 6.3.2025].

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Suomessa toimivien biokaasulaitosten tuotanto ja kulutus vuonna 2023, GWh. Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus. 2023. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavissa: https://stat.fi/julkaisu/cln1j9qh0wzc10cut9qsdtjz3 [viitattu 5.3.2025]

Kuva 2. Suomessa toimivat biokaasulaitokset laitostyypeittäin vuonna 2024. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://biokierto.fi/ [viitattu 26.3.2025].

Kuva 3. Syötteiden metaanintuottopotentiaalin jakauma. 10.4.2025.

Kuva 4. Yhteismädätyslaitoksen tekniikka. Luke. 2025. Biokaasulaskuri. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://biokaasulaskuri.luke.fi/?lang=fi [viitattu 3.5.2025].

Taulukko 1. Biokaasun keskimääräinen koostumus. Alm, M. 2022. Uusiutuva energia: biokaasulla kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Työ- ja elinkeinoministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-951-3 [viitattu 12.2.2025].

Taulukko 2. Lantojen metaanintuottopotentiaalit. Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. E-kirja. Hämeenlinna: Suomen biokaasuyhdistys ry. Saatavissa: https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1 [viitattu 2.4.2025].

Taulukko 3. Kotieläinten lukumäärä Savonlinnassa vuonna 2023. Luonnonvarakeskus. 2025. Tilastotietokanta. Kotieläinten lukumäärä 1.4 ja 1.5 kunnittain. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__12%20Kotielainten%20lukumaara/01d_Kotielainten_lukumaara_kevaalla_kunta.px/?rxid=786f0450-355f-4a91-af51-6898606f4e0f [viitattu 4.2.2025].

Taulukko 4. Nautakarjan lannantuottomäärät yleisesti. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 15.10.2015/1261.

Taulukko 5. Nautakarjan lantamäärä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa. 25.3.2025.

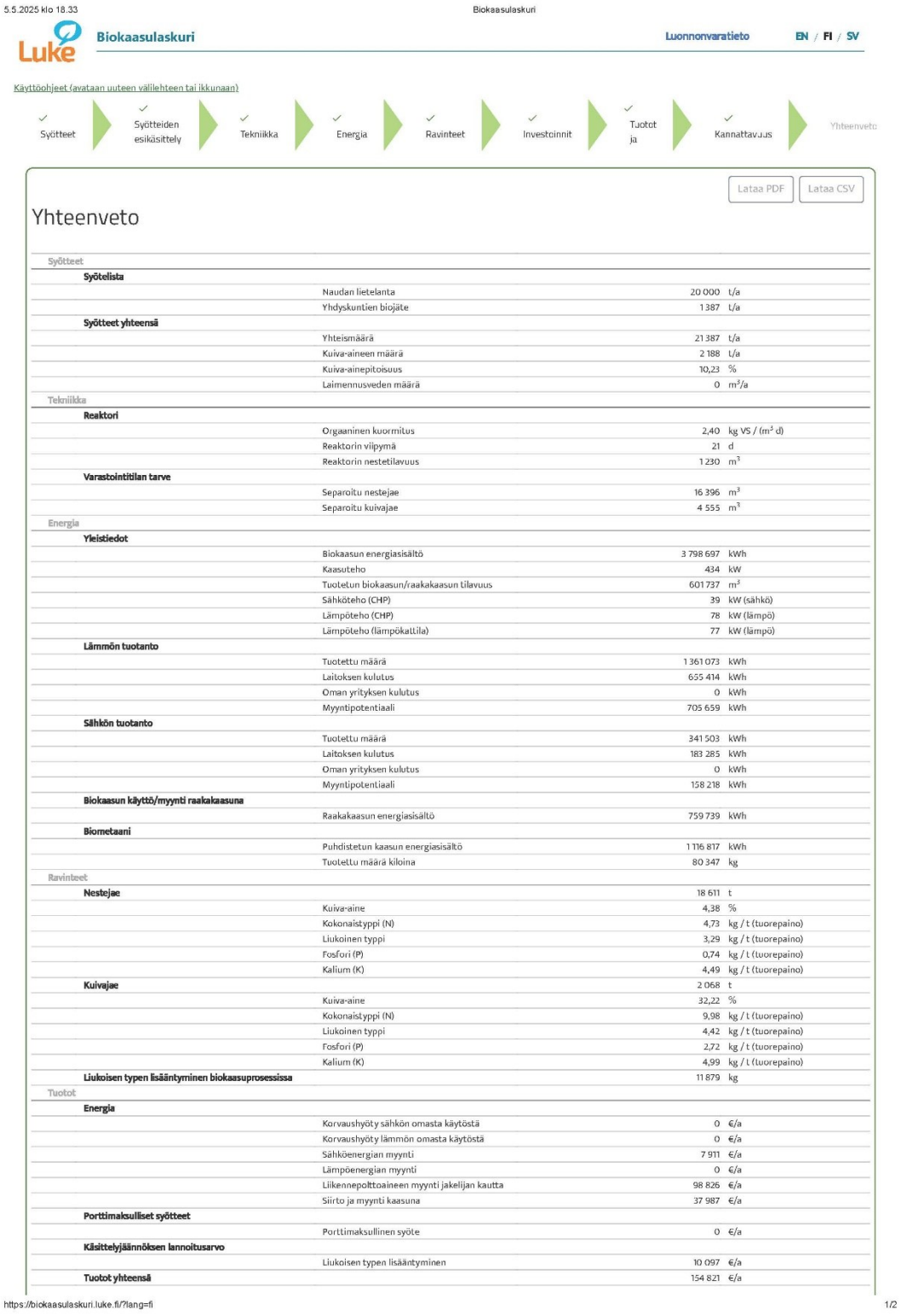
Taulukko 6. Yhdyskuntabiojätteen määrä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa. 26.1.2025.

Taulukko 7. Puhdistamolietteen määrä ja biokaasuntuotto Savonlinnassa. 25.3.2025.

Taulukko 8. Yhteenveto Savonlinnassa saatavilla olevista syötteistä. 10.4.2025.

Taulukko 9. Keskeiset reunaehdot ja suositukset biokaasuhankkeelle Savonlinnassa. 14.5.2025.

Liite 1/1



Biokaasulaskuri

Luonnonvaratieto EN / FI / SV

Käyttöohjeet (avataan uuteen välilehteen tai ikkunaan)

Syötteet › Syötteiden esikäsittely › Tekniikka › Energia › Ravinteet › Investoinnit › Tuotot ja › Kannattavuus › Yhteenveto

Lataa PDF Lataa CSV

Yhteenveto

Syötteet			
Syötelista			
	Naudan lietelanta	20 000	t/a
	Yhdyskuntien biojäte	1 387	t/a
Syötteet yhteensä			
	Yhteismäärä	21 387	t/a
	Kuiva-aineen määrä	2 188	t/a
	Kuiva-ainepitoisuus	10,23	%
	Laimennusveden määrä	0	m^3/a
Tekniikka			
Reaktori			
	Orgaaninen kuormitus	2,40	kg VS / (m^3 d)
	Reaktorin viipymä	21	d
	Reaktorin nestetilavuus	1 230	m^3
Varastointitilan tarve			
	Separoitu nestejae	16 396	m^3
	Separoitu kuivajae	4 555	m^3
Energia			
Yleistiedot			
	Biokaasun energiasisältö	3 798 697	kWh
	Kaasuteho	434	kW
	Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	601 737	m^3
	Sähköteho (CHP)	39	kW (sähkö)
	Lämpöteho (CHP)	78	kW (lämpö)
	Lämpöteho (lämpökattila)	77	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto			
	Tuotettu määrä	1 361 073	kWh
	Laitoksen kulutus	655 414	kWh
	Oman yrityksen kulutus	0	kWh
	Myyntipotentiaali	705 659	kWh
Sähkön tuotanto			
	Tuotettu määrä	341 503	kWh
	Laitoksen kulutus	183 285	kWh
	Oman yrityksen kulutus	0	kWh
	Myyntipotentiaali	158 218	kWh
Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna			
	Raakakaasun energiasisältö	759 739	kWh
Biometaani			
	Puhdistetun kaasun energiasisältö	1 116 817	kWh
	Tuotettu määrä kiloina	80 347	kg
Ravinteet			
Nestejae		18 611	t
	Kuiva-aine	4,38	%
	Kokonaistyppi (N)	4,73	kg / t (tuorepaino)
	Liukoinen typpi	3,29	kg / t (tuorepaino)
	Fosfori (P)	0,74	kg / t (tuorepaino)
	Kalium (K)	4,49	kg / t (tuorepaino)
Kuivajae		2 068	t
	Kuiva-aine	32,22	%
	Kokonaistyppi (N)	9,98	kg / t (tuorepaino)
	Liukoinen typpi	4,42	kg / t (tuorepaino)
	Fosfori (P)	2,72	kg / t (tuorepaino)
	Kalium (K)	4,99	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen typen lisääntyminen biokaasuprosessissa		11 879	kg
Tuotot			
Energia			
	Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	0	€/a
	Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	0	€/a
	Sähköenergian myynti	7 911	€/a
	Lämpöenergian myynti	0	€/a
	Liikennepolttoaineen myynti jakelijan kautta	98 826	€/a
	Siirto ja myynti kaasuna	37 987	€/a
Porttimaksulliset syötteet			
	Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo			
	Liukoisen typen lisääntyminen	10 097	€/a
Tuotot yhteensä		154 821	€/a

Liite 1/2

Kustannukset			
Syötteet ja käsittelyjäännös			
	Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
	Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
	Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
	Raaka-aineen kuljetus	0	€/a
	Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet			
	Ostosähkö	0	€/a
	Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset			
	CHP	4 440	€/a
	Liikennekaasun jalostus	7 644	€/a
	Tankkausasema	0	€/a
	Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	6 373	€/a
	Hygienisointiyksikkö	814	€/a
	Konetyö	0	€/a
	Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	4 709	€/a
	Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut			
	Vakuutus	6 778	€/a
	Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä		32 757	€/a
Investoinnit			
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)			
	Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	1 355 500	€
	CHP-yksikkö	0	€
	Kaasun puhdistus ja paineistus	204 200	€
	Tankkausasema	0	€
	Käsittelyjäännöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
	Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
	Investointi ilman tukea yhteensä	1 355 500	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)			
	Tuki	20	%
	Tuen määrä	271 100	€
	Investointikustannus tuen jälkeen	1 084 400	€
Kannattavuus			
Annuiteettimenetelmä			
	Laskentakorkokanta	4	%
	Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-101 052	€
	Kate	122 064	€
	Tulos	21 013	€
Takaisinmaksuajan menetelmä			
	Takaisinmaksuaika tuki huomioiden	8,88	a