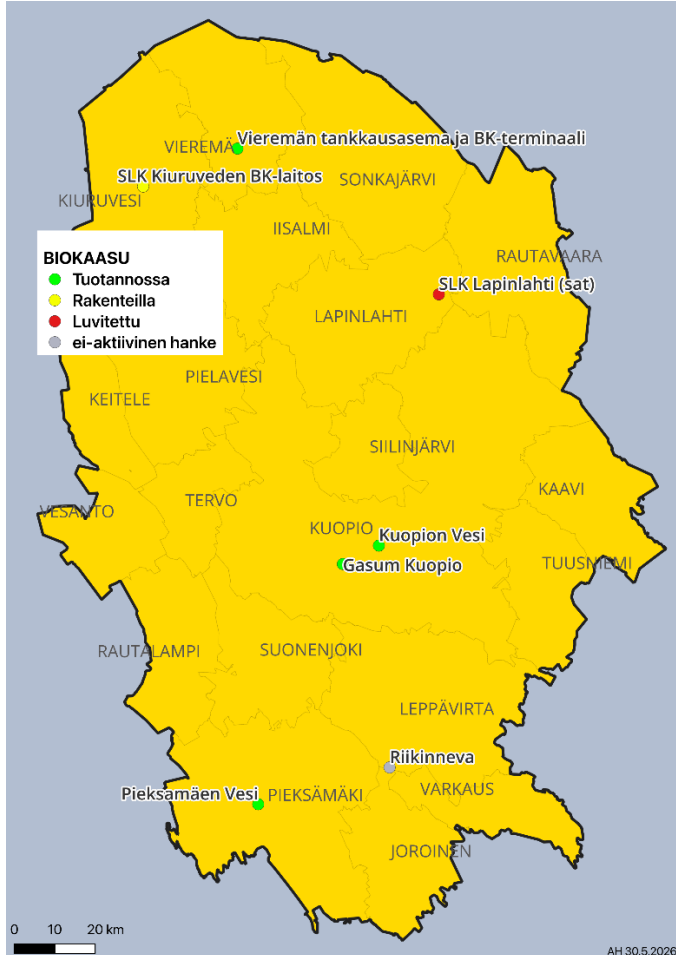




Pohjois-Savon energia
masterplan -hanke
1.5.2024 – 7.6.2026

BIOKAASUN TUOTANNON JATKOSELVITYS

Biokaasu Pohjois-Savon ja Pieksämäen
alueilla



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

warkaus
Ihän omenaleinen

NAVITAS
YRITYSPALVELUT
Navitas Kehitys Oy

Sisällys

1 Johdanto.....	4
1.1 Mitä biokaasu on ja miten sitä tuotetaan	4
1.2 Selvityksen tavoite	5
1.3 Tarkastelualue: Pohjois-Savo ja Pieksämäki	5
1.4 Aineistot, lähteet ja menetelmällinen lähestymistapa.....	6
2 Biokaasun tuotannon yleinen kehitys ja tekninen perusta.....	6
2.1 Biokaasun tuotantotavat ja keskeiset teknologiat.....	6
2.2 Syötteet ja raaka-ainepohja.....	6
2.3 Biokaasun jalostus biometaaniksi, paineistus, nesteytys ja jakelu.....	7
2.4 Mädätysjäännös, ravinteiden kierrätys ja lannoitevalmisteet	8
2.5 Tuotannon kokoluokat, kapasiteetti, käyttöikä ja investointiluonne.....	9
2.5.1 Kustannusrakenteen pääerät	9
2.6 Hankekehityksen, luvituksen ja rakentamisen päävaiheet.....	9
3 Alueellinen lähtötilanne.....	11
3.1 Biokaasun tuotannon nykytila Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä	11
3.2 Maatalous, kotieläintuotanto ja lannan alueellinen merkitys	13
3.3 Teollisuuden, yhdyskuntien ja palveluiden biohajoavat sivuvirrat.....	13
3.4 Energiainfra, kaasun jakelu, sähköverkko ja lämpökäyttö.....	13
3.5 Markkina ja kysyntä: liikenne, teollisuus, maatalous ja julkiset hankinnat .	14
3.6 Alueidenkäyttö, ympäristö- ja hyväksyttävyyssreunaehdot.....	14
3.7 Sääntely, tuet, jakeluvaihtoehdot ja kestävyyskriteerit	14
3.8 Keskeiset alueelliset pullonkaulat ja epävarmuudet.....	15
4 Biokaasun tuotannon potentiaali tarkastelualueella	15
4.1 Tekninen potentiaali: syötteet, sijainti ja prosessitekniset edellytykset.....	15
4.2 Maankäytöllinen ja luvituksellinen potentiaali	15
4.3 Syöte- ja ravinnelogistiikan mahdollistama potentiaali	16
4.4 Biometaanin kysynnän ja jakelun mahdollistama potentiaali.....	16
4.5 Energiakäytön, lämpökäytön ja teollisen käytön potentiaali	16
4.6 Ravinteiden kierrätyksen ja mädätysjäännöksen hyödyntämisen potentiaali	17
4.7 Teknistaloudellinen toteutettavuus Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä	17

4.7.1 Kustannusrakenteen esimerkkitarkastelu.....	18
4.9 Realistinen potentiaali.....	19
5 Vaikutukset	20
5.1 Vaikutukset alue- ja kuntatalouteen	20
5.2 Työllisyys- ja osaamisvaikutukset	21
5.3 Vaikutukset energiaomavaraisuuteen, huoltovarmuuteen ja kilpailukykyyn	22
5.4 Vaikutukset maatalouteen ja ravinnekiertoon	22
5.5 Ympäristö-, ilmasto-, vesistö- ja hyväksyttävyyssvaikutukset.....	22
5.6 Vaikutukset teolliseen uudistumiseen ja kiertotalouden arvoketjuihin	23
6 Riskit ja epävarmuudet.....	23
6.1 Syöteriski ja logistiikkariski.....	23
6.2 Investointi-, kustannus- ja kannattavuusriski.....	24
6.3 Markkina-, kysyntä- ja jakeluriski.....	24
6.4 Sääntely-, tukipolitiikka- ja kestävyyskriteeririski	24
6.5 Ympäristö-, turvallisuus- ja hyväksyttävyyssriski.....	24
6.6 Maatalouden toimintaympäristön riskit.....	25
7 Johtopäätökset.....	25
7.1 Keskeiset havainnot.....	25
7.2 Realistisimmat kehityssuunnat.....	26
7.3 Alueellisesti kriittisimmät edellytykset.....	26
7.4 Keskeiset riskit ja epävarmuudet	27
Lähdeluettelo.....	29

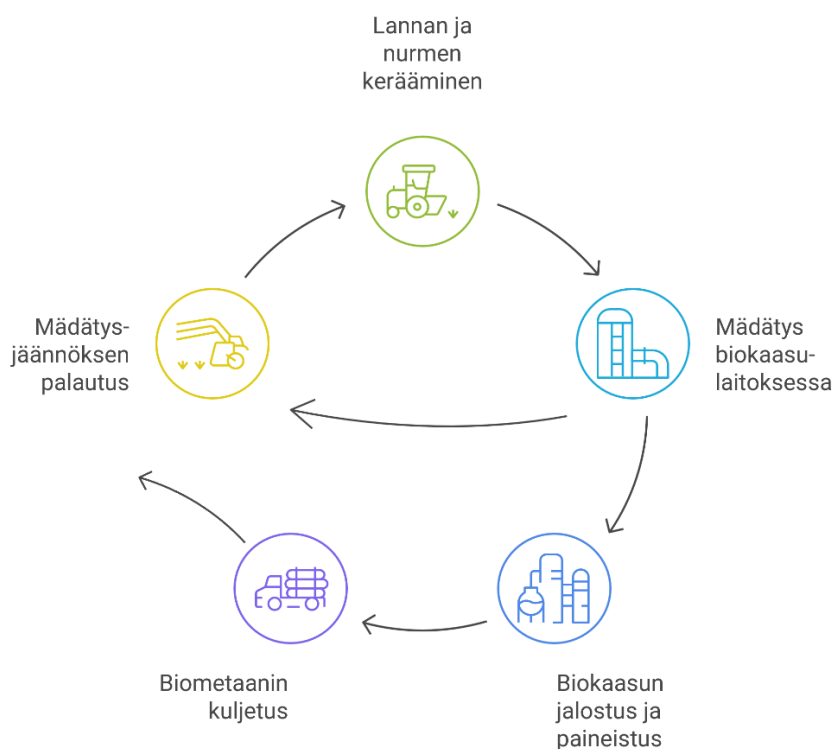
Taulukko 1. Biokaasun tuotannon keskeiset tekniset käsitteet ja niiden selitykset

Käsite	Selitys	Merkitys
Anaerobinen mädätys	Hapeton mikrobiprosessi, jossa orgaaninen aines hajoaa biokaasuksi ja mädätysjäännökseksi.	Soveltuu lannalle, jätevesilietteelle, biojätteelle, elintarviketeollisuuden sivuvirroille ja osin peltobiomassoille.
Biokaasu	Mädätyksessä syntyvä metaania ja hiilidioksidia sisältävä kaasu.	Voidaan käyttää paikallisesti lämmön ja sähkön tuotantoon, kuten Pieksämäen ja Kuopion esimerkit osoittavat.
Biometaani	Puhdistettu ja jalostettu biokaasu, jonka metaanipitoisuutta on nostettu.	Tarpeen liikennekäytössä, kaasun paineistuksessa, nesteytyksessä ja laajemmassa jakelussa.
CBG	Paineistettu biometaani.	Soveltuu henkilöautoihin, pakettiautoihin, kunnallisiin ajoneuvoihin, maatilojen koneisiin ja paikalliseen jakeluun, jos tankkausinfra on olemassa.
LBG	Nesteytetty biometaani.	Soveltuu erityisesti raskaaseen liikenteeseen ja suurempiin tuotantokokonaisuuksiin; Ylä-Savon ilmoitettu kehityssuunta liittyy tähän.
CHP	Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto.	Perusteltu, jos lämpö ja sähkö voidaan käyttää lähellä; muuten lämpöhyöty voi jäädä pieneksi.
Mädätysjäännös	Prosessin ravinnepitoinen jäännös.	Keskeinen ravinnekierro ja hyväksyttävyyden tekijä; vaatii vastaanottajat, varastoinnin ja mahdollisen jalostuksen.
Separointi	Mädätysjäännöksen jakaminen neste- ja kuivajakeeseen.	Voi helpottaa ravinteiden kohdentamista ja kuljetusta, mutta lisää investointi- ja operointikustannuksia.
Kestävyysskriteerit	Vaatimukset, joilla osoitetaan biopolttoaineen ja biokaasun kestävyys ja päästövähennys.	Olennaisia erityisesti liikennebiometaanille, jakeluvervoittele ja tukikelpoisuudelle.
Off-take-sopimus	Pitkäaikainen ostosopimus kaasulle tai muulle lopputuotteelle.	Ratkaiseva investointien rahoitettavuuden kannalta; tekninen kysyntä ei riitä ilman ostositoumusta.

1 Johdanto

1.1 Mitä biokaasu on ja miten sitä tuotetaan

Biokaasu on biomassasta anaerobisessa eli hapettomassa mädätysprosessissa muodostuva kaasumainen polttoaine. Anaerobisessa mädätyksessä mikrobit hajottavat orgaanista ainesta useassa vaiheessa, ja lopputuotteina syntyy metaania sisältävää kaasua sekä ravinteita sisältävää mädätysjäännöstä. Raakabiokaasu sisältää tyypillisesti metaania, hiilidioksidia ja epäpuhtauksia, kuten rikkiyhdisteitä; tarkka koostumus riippuu syötteistä ja prosessista. Kaasun hyödyntäminen lämmön ja sähkön tuotannossa edellyttää vähintään puhdistusta, kun taas liikennekäyttö ja kaasun kuljetus edellyttävät yleensä jalostusta biometaaniksi, paineistusta tai nesteytystä. Kuvassa 1 on esitetty maatalouspohjaisen biometaanin tuotannon yksinkertaistettu kiertomalli, jossa lanta ja nurmi kerätään syötteiksi, mädätetään biokaasulaitoksessa, jalostetaan ja paineistetaan biometaaniksi, kuljetetaan käyttöön sekä palautetaan mädätysjäännöksen ravinteet takaisin peltokäyttöön.



Kuva 1. Maatalouspohjaisen biometaanin tuotannon kiertomalli. Kuvassa esitetään lannan ja nurmen kerääminen, mädätys biokaasulaitoksessa, biokaasun jalostus ja paineistus, biometaanin kuljetus sekä mädätysjäännöksen palautus ravinnekiertoon.

Biokaasu tarkoittaa mädätysprosessissa syntyvää raakakaasua tai puhdistettua kaasua. Biometaanin tarkoittaa jalostettua kaasua, josta hiilidioksidia ja epäpuhtauksia on poistettu niin, että se soveltuu ajoneuvokäyttöön, kaasuverkkoon, paineistettuna kuljetettavaksi tai nesteytettäväksi. Liikennebiometaanin on ajoneuvojen polttoaineeksi myytävää biometaanin.

Lämmön- ja sähköntuotannossa biokaasua voidaan käyttää polttomoottorissa, kattilassa tai CHP-yksikössä. Mädätysjäännös on prosessin ravinnepitoinen lopputuote, jota voidaan käyttää sellaisenaan, separoida neste- ja kuivajakeeksi tai jatkojalostaa lannoitevalmisteiksi.

Eri käyttötavat johtavat erilaisiin laitos-, lupa-, logistiikka- ja markkinavaatimuksiin. Maatilakohtainen CHP-laitos, paikallinen biometaanitankkaus, keskitetty LBG-tuotanto ja jätevedenpuhdistamon lietettä hyödyntävä energialaitos eivät ole sama investointimalli, vaikka kaikki voivat perustua anaerobiseen mädätykseen.

1.2 Selvityksen tavoite

Pohjois-Savossa biokaasua on tarkasteltu erityisesti maatalouden biomassoihin, liikennebiometaaniiin, hajautettuun tuotantoon ja ravinnekiertoon liittyvänä ratkaisuna. Luonnonvarakeskuksen alueellisissa selvityksissä korostuu, että Pohjois-Savon tärkein biokaasutuotantoon soveltuva biomassa on nautojen lanta ja että tuotantomallin arvioinnissa on huomioitava sekä liikennekaasun jakelu että ravinteiden kierrätys.

Selvityksen tehtävä on tukea alueellista priorisointia: missä biokaasun tuotantoa voidaan edistää usean maatilan yhteislaitoksena, keskitettynä biometaaniratkaisuna tai jalostamista liikennepolttoaineeksi. Päätöksenteon kannalta keskeistä on erottaa toisistaan tekninen syötepotentiaali, logistisesti hyödynnettävissä oleva syöte, maksukykyinen kysyntä, luvituksellisesti toteuttamiskelpoinen sijainti ja kaupallisesti rahoitettavissa oleva investointi.

Tarkastelu ei sisällä uutta kuntakohtaista syötelaskentaa, maatilakohtaisia sopimustietoja, kaasun ostajien sitoumuksia eikä investointikohtaisia kannattavuuslaskelmia. Johtopäätökset ovat alueellisia ja laadullisia, eivät yksittäistä laitosisinvestointia koskevia päätöspohjia.

Selvityksen painopiste on teollisen mittaluokan biokaasulaitoksissa ja alueellisissa tuotantomalleissa. Tilakohtaisia tai pienimuotoisia biokaasuratkaisuja käsitellään vain siltä osin kuin ne liittyvät laajempiin syöte-, jakelu-, ravinnekierto- tai hankekehityskokonaisuuksiin.

1.3 Tarkastelualue: Pohjois-Savo ja Pieksämäki

Pohjois-Savo on biokaasun tuotannon kannalta maatalouspainotteinen maakunta, jossa erityisesti Ylä-Savon maidon- ja naudanlihantuotanto muodostaa vahvan lantapohjaisen syöteperustan. Maakunnassa biokaasun kehitysympäristöt eroavat toisistaan: Kiuruveden rakenteilla oleva Suomen Lantakaasun LBG-keskuslaitos edustaa teollisen mittakaavan lantapohjaista liikennebiometaanin tuotantoa, Kuopion Gasumin laitos yhdyskuntien, jätevedenpuhdistamoiden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtojen hyödyntämistä, Leppävirran Riikinneva kiertotalousalueeseen tukeutuvaa hankekehitystä ja Sonkajärvi kaavoitettua mutta uudelleensuunnitteluun palautunutta satelliittilaitoskokonaisuutta. Pieksämäki sisältyy tarkasteluun erillisenä alueellisena osana, jossa varmistettu nykyinen biokaasutuotanto perustuu jätevedenpuhdistamon lietteeseen. Tarkastelualue ei siten muodosta yhtä yhtenäistä investointimallia, vaan useita erilaisia biokaasun tuotannon, jalostuksen, jakelun ja ravinnekierron kehityspolkuja.

1.4 Aineistot, lähteet ja menetelmällinen lähestymistapa

Aineisto koostuu alueellisista biokaasu- ja ravinnekiertoselvityksistä, Luonnonvarakeskuksen Pohjois-Savon FarmGas-selvityksistä, SavoGrown ja asiantuntijayritysten tuotanto- ja kysyntäselvityksistä, uusiutuvan energian lupamenettelykäsikirjasta, kestävyyskriteeriohjeesta, biokaasuteknologian perustutkimuslähteistä sekä ajantasaisista viranomais- ja toimijaverkkolähteistä.

Määrällisiä arvoja esitetään vain silloin, kun ne ovat lähdeaineistossa suoraan ilmoitettuja. Pohjois-Savon lantamääriä, peltopinta-aloja ja FarmGas-mallinnusten liikenne- ja logistiikkalukuja käytetään alueellisen analyysin pohjana. Kuntakohtaisia, ajantasaisia maatalouden syötemääriä koko tarkastelualueelle ei ollut käytettävissä. Myöskään kaasun ostosopimuksia, maatilojen investointihalukkuutta, mädätysjäännöksen vastaanottosopimuksia tai tarkkoja laitossijaintien lupatilanteita ei voitu varmistaa kattavasti.

2 Biokaasun tuotannon yleinen kehitys ja tekninen perusta

2.1 Biokaasun tuotantotavat ja keskeiset teknologiat

Biokaasulaitokset voidaan jakaa maatilakohtaisiin laitoksiin, usean tilan yhteislaitoksiin, keskitettyihin yhteismädätyslaitoksiin, yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtoihin perustuviin laitoksiin sekä jätevedenpuhdistamoiden lietemädättäjäihin. Märkämädätys soveltuu erityisesti lietemäisille syötteille, kuten naudan lietelannalle ja puhdistamolietteille. Kuivämädätys soveltuu kiinteämmille jakeille, kuten kuivalannalle ja peltobiomassoille. Syöteominaisuudet, kuiva-ainepitoisuus, ravinnetasapaino, esikäsittelytarve ja mädätysjäännöksen käsittely määrittävät prosessivalinnan.

Pohjois-Savossa teknologinen pääkysymys ei ole pelkästään reaktorityyppi vaan koko arvoketju: kerätäänpö lantaa keskitettyyn laitokseen, tuotetaanko raakakaasu tiloilla ja jalostetaan keskitetysti, jalostetaanko biometaani tilalla vai käytetäänkö biokaasu paikallisesti lämpönä ja sähköä. Pieksämäellä nykyinen varmistettu laitos edustaa jätevesilietteen paikallista energiakäyttöä, ei liikennebiometaanin tuotantoa.

2.2 Syötteen ja raaka-ainepohja

Pohjois-Savon biokaasun syöte pohja on ensisijaisesti maatalousperusteinen. FarmGas 1 -aineiston mukaan maakunnassa muodostui tuotantoeläinten lantaa noin 1,48 miljoonaa tonnia vuodessa. Tästä naudanlannan osuus oli 1,38 miljoonaa tonnia. Lantojen laskennallinen biokaasupotentiaali oli 394 GWh vuodessa. Naudanlanta muodosti 93 % maakunnan lantamäärästä ja 92 % lannan energiapotentiaalista. Vuoden 2020 aineistossa Pohjois-Savon viljelty peltoala oli noin 135 400 hehtaaria, josta alle 5-vuotiset nurmet kattoivat 85 900 hehtaaria eli 63 % viljelyalasta.

Syötepohja jakautuu käytännössä kahteen pääryhmään. Ensimmäinen on maatalouspohjainen syöte, erityisesti naudanlanta ja sitä täydentävät nurmi- ja muut peltobiomassat. Tämä korostuu Ylä-Savossa, jossa Kiuruveden Suomen Lantakaasun keskuslaitoksen on tarkoitus vastaanottaa noin 400 000 tonnia lantaa vuodessa noin sadalta lähialueen maatilalta ja nesteyttää yhteensä noin 125 GWh biokaasua vuodessa. Lannan ohella kokonaisuudessa voidaan hyödyntää muita maatalouden ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja.

Toinen syöteryhmä muodostuu yhdyskuntien, jätevedenpuhdistamoiden ja teollisuuden biohajoavista sivuvirroista. Gasumin Kuopion biokaasulaitos käsittelee jätevedenpuhdistamoiden lietteitä, erilliskerättyä ja pakkauksellista biojätettä sekä elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Laitoksen jätteenkäsittelykapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa ja kaasuntuottokapasiteetti 35 GWh vuodessa. Pieksämäen biokaasulaitos käsittelee jätevedenpuhdistamon orgaanista lietettä.

Syötepohjan tekninen määrä ei kuitenkaan yksin ratkaise biokaasutuotannon toteutettavuutta. Naudan lietalanta on tilavuuteensa nähden matalaenerginen syöte, minkä vuoksi pitkät kuljetusmatkat heikentävät nopeasti taloudellista kannattavuutta. Nurmi- ja peltobiomassat voivat parantaa kaasuntuottoa ja ravinnetasapainoa, mutta niiden käyttö edellyttää korjuun, varastoinnin, kuljetusten ja kestävyiden erillistä tarkastelua. Siksi biokaasun realistinen tuotantopotentiaali määräytyy raaka-ainemäärien lisäksi syötteiden sijainnin, kuljetettavuuden, sopimuksellisen saatavuuden ja mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuuksien perusteella.

2.3 Biokaasun jalostus biometaaniksi, paineistus, nesteytys ja jakelu

Biokaasun jalostuksessa poistetaan hiilidioksidia ja epäpuhtauksia, jolloin kaasun metaanipitoisuus ja energiatiheys kasvavat. Liikennekäytössä biometaani paineistetaan CBG-muotoon tai nesteytetään LBG-muotoon. FarmGas 2 -selvityksen hajautetussa mallissa kustannustehokkaimmaksi ratkaisuksi todettiin malli, jossa biokaasu jalostetaan ja paineistetaan jokaisella maatilalaitoksella, minkä jälkeen paineistettu biometaani kuljetetaan autolla keskitettyyn jakelupisteeseen ja voidaan tarvittaessa nesteyttää raskaan liikenteen käyttöön. Kuvassa 2 on esitetty hajautetun biokaasuntuotannon konsepti.



Kuva 2. Hajautetun biokaasuntuotannon konsepti. (Luonnonvarakeskus 2022)

Pohjois-Savossa paineistetun biometaanin paikallinen jakelu voi soveltua henkilöautoihin, jakeluautoihin, kunnallisiin ajoneuvoihin ja maatalouden koneisiin siellä, missä tankkausinfra ja käyttäjäpohja ovat olemassa tai sitoutettavissa. Nesteytetty biometaani edellyttää suurempaa tuotanto- ja kysyntämittakaavaa, mutta soveltuu paremmin raskaaseen liikenteeseen.

Ylä-Savon lantakaasukokonaisuus havainnollistaa liikennebiometaanin arvoketjua, jossa paikallinen lantasyöte muutetaan nesteytetyksi biokaasuksi raskaan liikenteen käyttöön. Kiuruveden keskuslaitos toimii tässä mallissa nesteytyksen ja teollisen mittakaavan tuotannon ytimenä. Satelliittilaitosten roolina on tuottaa paineistettua biokaasua lähialueiden maataloilta kerätyistä syötteistä ja siirtää se edelleen keskuslaitokselle nesteytettäväksi. Kiuruveden keskitetyn tuotantolaitoksen ja nesteytysyksikön on ilmoitettu valmistuvan vuonna 2026, ja kokonaisuuteen kuuluvat myös satelliittilaitokset Lapinlahdella ja Nurmeksessa.

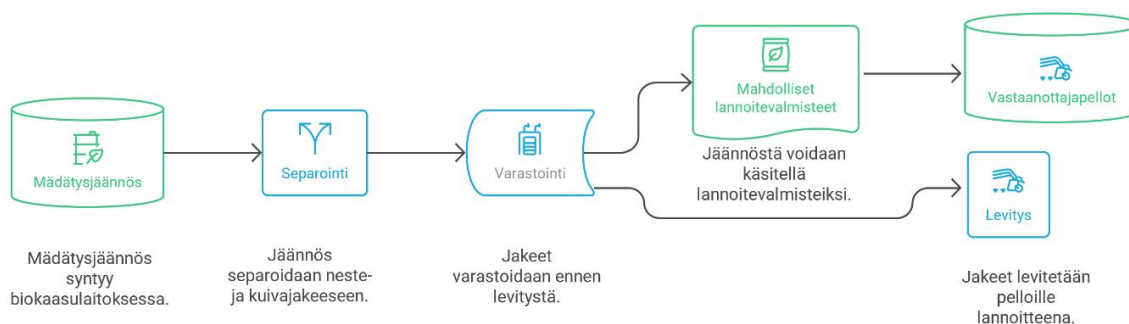
Tämä malli voi vähentää raakalannan pitkiä kuljetusmatkoja, mutta edellyttää toimivaa kaasun kuljetuslogistiikkaa, maatilasopimuksia, jakelukumppania ja riittävää raskaan liikenteen kysyntää.

2.4 Mädätysjäännös, ravinteiden kierrätys ja lannoitevalmisteet

Mädätysjäännös sisältää syötteiden mukana tulleet pää- ja hivenravinteet, kuten typen, fosforin ja kaliumin. Mädätys voi tehdä materiaalista juoksevämpää ja tasalaatuisempaa sekä parantaa käsiteltävyyttä. Toisaalta mädätteen käyttö ei ole automaattinen ympäristöhyöty, koska hyödyt riippuvat ravinnesuhteista, levitysjankohdista, varastoinnista, kuljetusäisyyksistä ja siitä, mitä mineraalilannoitteita tai muita panoksia korvataan.

Pohjois-Savossa ravinnekierro on keskeinen, koska lantaa syntyy paljon nautakarjataloudessa, mutta FarmGas 1:n mukaan maakunnassa ei ole huomattavaa lantafosforin ylijäämää; kuntien välillä on kuitenkin epätasapainoa lantafosforin saatavuuden ja tarpeen välillä. Tämä tarkoittaa, että ravinteiden paikallinen uudelleenjakso, separointi ja jalostus voivat olla perusteltuja, mutta laaja ravinnesiirto edellyttää laskentaa ja vastaanottajien tunnistamista.

Markkinoille saatettavan lannoitevalmisteen on täytettävä laatu- ja turvallisuusvaatimukset, kuten haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet, hygieniavaatimukset sekä tuoteseloste- ja merkintävaatimukset. Mädätysjäännöksen käsittelyn keskeiset vaihtoehdot ja ravinteiden kierron periaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Mädätysjäännöksen käsittely ja ravinnekierro.

2.5 Tuotannon kokoluokat, kapasiteetti, käyttöikä ja investointiluonne

Aiempien Pohjois-Savon tarkastelujen perusteella laitokset voidaan jäsentää pieniin maatilakohtaisiin laitoksiin, keskikokoisiin alueellisiin laitoksiin ja suuriin keskitettyihin laitoksiin. Envitecpoliksen Pohjois-Savon tarkastelussa käytettiin alueellisten laitosten suunnittelukokona enintään 35 000 tonnia vuodessa ja keskitettyjen biometaaniratkaisujen tarkastelua; tilakohtaiset ratkaisut eivät olleet kyseisen tarkastelun pääkohde.

Pieni laitos vähentää syötelogistiikkaa ja voi hyödyntää energian tilalla, mutta sen tulopohja voi jäädä kapeaksi, jos lämpöä ei saada käytettyä. Usean tilan yhteislaitos voi parantaa käyttöastetta ja investoinnin mittakaavaa, mutta edellyttää sitovia syöte-, kustannus- ja hyötyjenjakosopimuksia. Keskitetty laitos voi tuottaa biometaania liikenteeseen tai teollisuuteen, mutta se altistuu kuljetuskustannuksille, mädätysjäännöksen palautuslogistiikalle, luvituksen monimutkaistumiselle ja markkinariskille.

2.5.1 Kustannusrakenteen pääerät

Biokaasuhankkeen kustannukset muodostuvat useasta osasta. Pelkkä mädätysreaktori ei kuvaa koko investointia, vaan kustannuksiin sisältyvät myös syötteen vastaanotto, varastointi, esikäsitteily, lämmitys, kaasun puhdistus, mahdollinen jalostus biometaaniksi, paineistus, varastointi, kuljetus, jakelu sekä mädätysjäännöksen käsittely. Jos kaasua käytetään vain paikalliseen lämmön ja sähkön tuotantoon, kustannusrakenne on kevyempi kuin liikennebiometaanissa. Liikennekäyttö edellyttää yleensä jalostusta, paineistusta tai nesteytystä sekä jakeluratkaisua.

Pohjois-Savossa kustannusrakenteen kannalta keskeinen kysymys on syötteiden sijainti. Naudan liettelanta on alueen keskeinen syöte, mutta sen energiatiheys on matala ja pitkät kuljetukset heikentävät kannattavuutta. Nurmi ja muut peltobiomassat voivat parantaa kaasuntuottoa, mutta niiden korjuu, varastointi ja kuljetus muodostavat erillisen kustannuserän. Tämän vuoksi eri kokoluokkien vertailussa on tarkasteltava aina koko arvoketjua: syöte, laitos, energia- tai kaasumarkkina, jakelu sekä mädätysjäännöksen hyödyntäminen.

2.6 Hankekehityksen, luvituksen ja rakentamisen päävaiheet

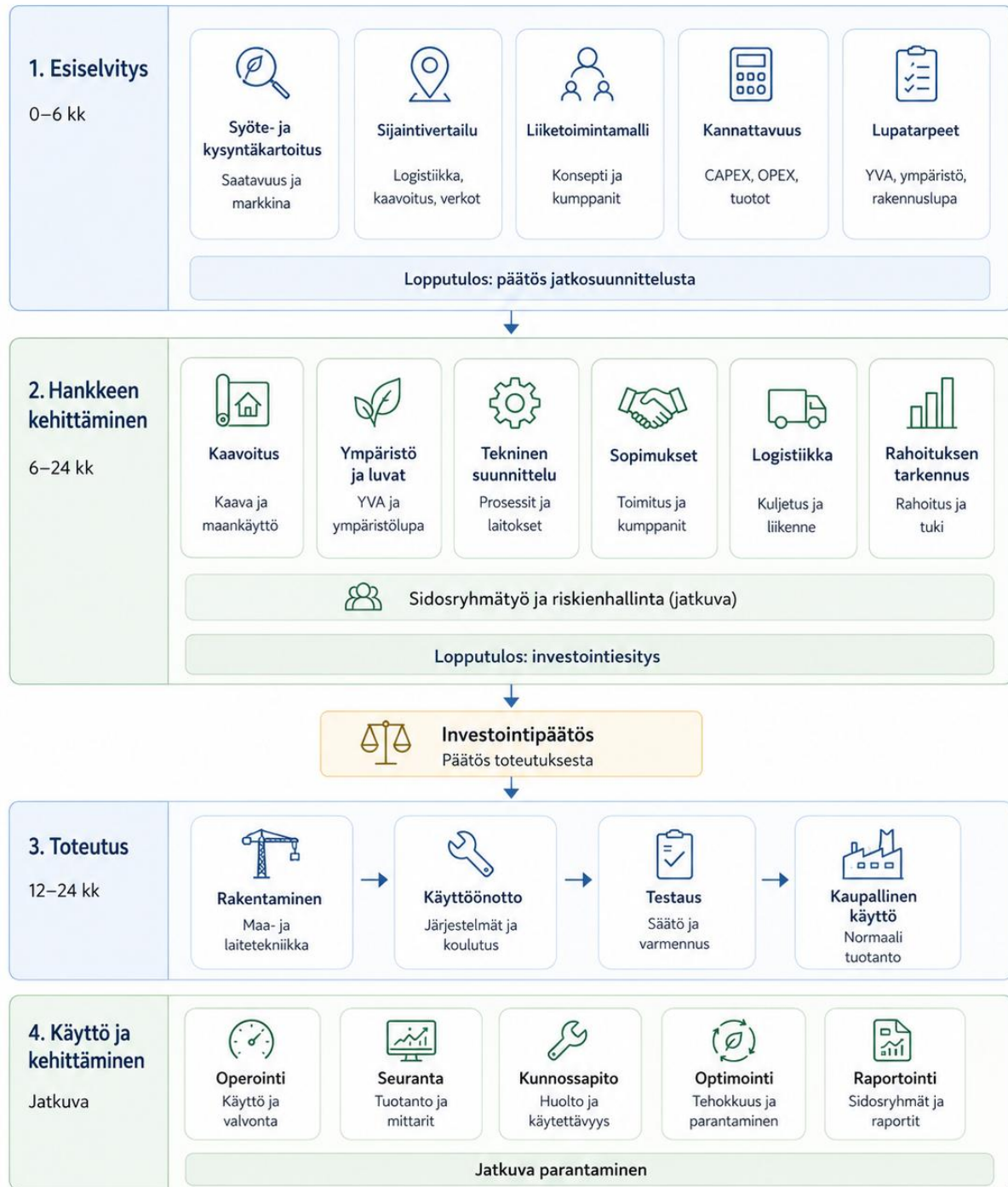
Uusiutuvan energian menettelykäsikirjan mukaan biokaasun tuotantolaitoksen suunnittelussa on huomioitava alueidenkäyttö, rakentaminen, ympäristömenettelyt, turvallisuus, biokaasu- ja biometaaniputkistoihin sekä varastointiin liittyvät menettelyt, sivutuote- ja lannoitelainsäädäntö sekä mahdolliset sähköverkkomenettelyt. Luvitustarpeet määräytyvät hankekohtaisesti, eikä aiemmissa selvityksissä käytettyjä tonnirajoja tule soveltaa automaattisina lupapäätelminä.

Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä hankekehitys etenee käytännössä syötekartoituksesta alustavaan sijaintivertailuun, kuljetus- ja ravinnebiomassan arviointiin, energian ja mädätysjäännöksen käyttösopimuksiin, kaavoitus- ja maanomistustarkasteluun, ympäristö- ja turvallisuusmenettelyjen esiselvitykseen sekä investointi- ja rahoituslaskelmiin. Näiden jälkeen seuraavat rakentaminen, käyttöönotto sekä pitkäaikaiset operointi- ja

valvontamenettelyt. Suurissa tai useita syötelajeja käsittelevissä laitoksissa luvitus on keskeinen aikataulu- ja kustannusriski. Kuvassa 4 on esitetty biokaasulaitoksen projektikehityksen vaihteita.

Biokaasulaitoksen toteutusvaiheet

Vaiheet etenevät osin rinnakkain.



Kuva 4. Biokaasulaitoksen projektikehityksen vaiheet.

YVA-menettelyn soveltamisen keskeinen kokoraja biokaasulaitoksissa on 35 000 tonnia vuodessa silloin, kun kyse on YVA-lain hankeluettelon mukaisesta jätteiden biologisesta käsittelystä. Käytännössä vähintään 35 000 t/v käsittelymäärälle mitoitettut biokaasulaitokset edellyttävät lähtökohtaisesti YVA-menettelyä. Rajaa ei tule kuitenkaan soveltaa mekaanisesti kaikkiin syötteisiin ilman syötteiden jäteluonteen, laitoksen kokonaisuuden, muutosten ja mahdollisen YVA-tarveharkinnan arviointia. Lähellä kokorajaa olevissa tai ympäristövaikutuksiltaan muutoin merkittävissä hankkeissa YVA-menettelyn tarve arvioidaan tapauskohtaisesti. Yhteysviranomaisena toimii 1.1.2026 alkaen Lupa- ja valvontavirasto.

3 Alueellinen lähtötilanne

3.1 Biokaasun tuotannon nykytila Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä

Tarkastelualueella on toiminnassa olevaa biokaasutuotantoa, rakenteilla olevaa teollisen mittakaavan tuotantoa sekä hankekehitysvaiheen kohteita. Toiminnassa olevia kohteita ovat Gasumin Kuopion biokaasulaitos, Pieksämäen jätevedenpuhdistamon lietettä hyödyntävä biokaasulaitos sekä Vieremän julkinen biokaasun tankkausasema ja kunnan oma biokaasun käyttö traktori- ja energiakäytössä. Kuvassa 5 on Pohjois-Savon energia masterplan -hankkeen kartta biokaasutoimijoista hankealueella.

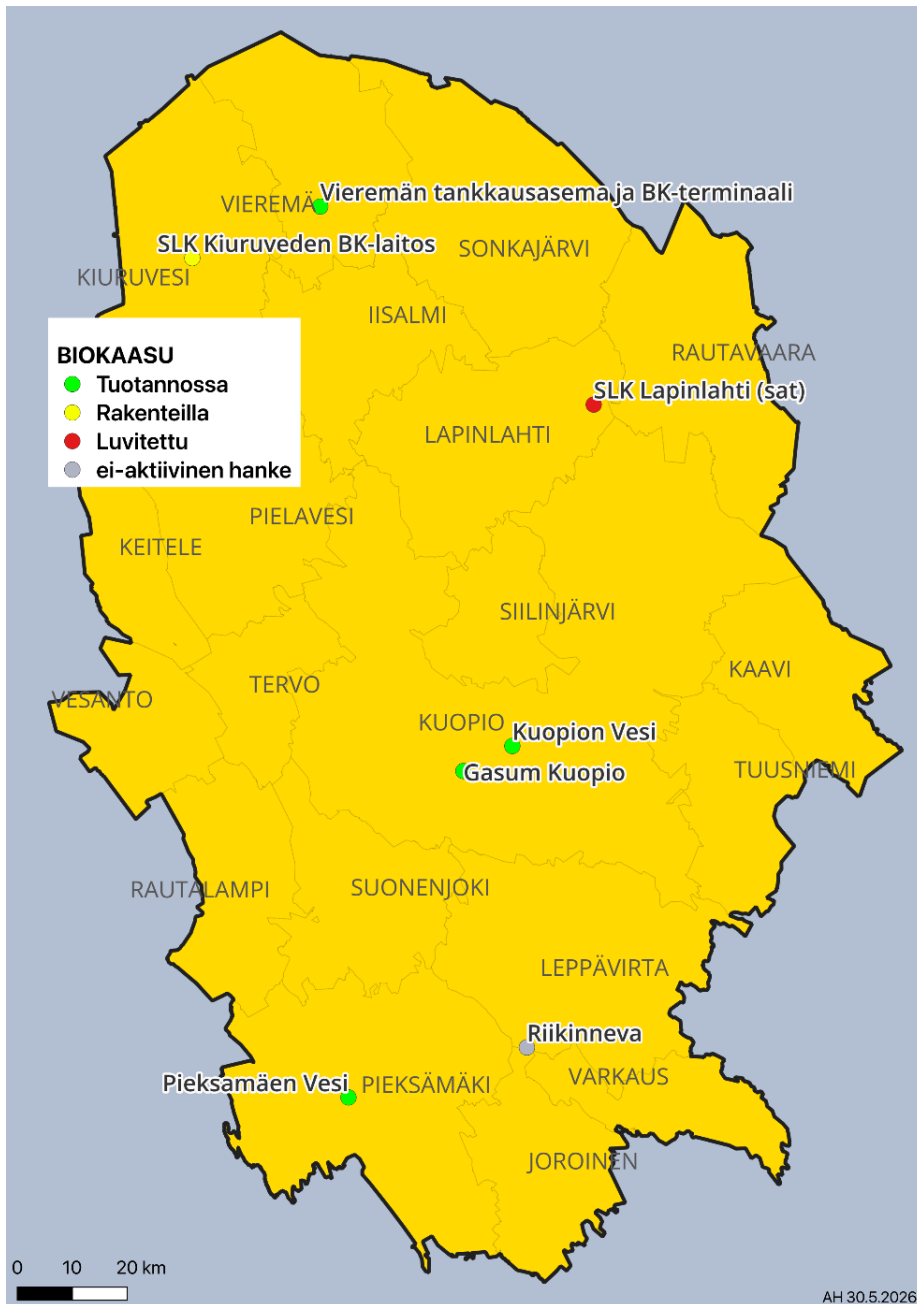
Kuopiossa Gasumin biokaasulaitos käsittelee jätevedenpuhdistamoiden lietteitä, biojätteitä ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Laitoksen kaasu johdetaan paikallisella kaasuputkella sähkön ja lämmön yhteistuotantoon, ja käsittelyjäännös hyödynnetään lannoitevalmisteenä maataloudessa. Pieksämäellä biokaasulaitos tuottaa sähköä ja lämpöä puhdistamon käyttöön sekä mahdollisesti verkkoihin ylimääräisen energian osalta.

Kiuruvedellä Suomen Lantakaasun keskuslaitos on rakenteilla oleva teollisen mittakaavan LBG-laitos, jonka käyttöönoton on julkisen tiedon mukaan tarkoitus ajoittua vuoteen 2026. Laitos on osa Ylä-Savon kokonaisuutta, johon kuuluu keskuslaitoksen lisäksi pienempiä satelliittilaitoksia. Hankkeen investointiarvo on noin 100 miljoonaa euroa, ja sille on myönnetty 19,2 miljoonaa euroa RRF-investointitukea. Lapinlahden satelliittilaitos on saanut ympäristöluvan, ja sen ilmoitetaan tuottavan noin 717 tonnia eli 10 GWh biometaania vuodessa. Biometaani paineistetaan ja kuljetetaan Kiuruvedelle nesteytettäväksi.

Sonkajärvellä biokaasulaitoksen asemakaava on hyväksytty ja kuulutettu voimaan vuonna 2025. Kaava mahdollistaa noin 34 500 tonnia vuodessa käsittelevän satelliittilaitoksen, jonka syötteistä 80–90 % olisi lantaa ja loppu peltobiomassoja. Tuotantokapasiteetiksi on arvioitu enintään noin 10 GWh paineistettua biokaasua vuodessa. Kohde on kuitenkin käsiteltävä varauksella, koska Suomen Lantakaasu on myöhemmän uutisoinnin mukaan palauttanut Sonkajärven laitoksen uudelleensuunnitteluun sijaintiin ja rakentamisen reunaehtoihin liittyvien rajoitteiden vuoksi.

Leppävirran Riikinnevan alueella biokaasulaitos on hankekehitys- ja jatkoselvitysvaiheen kohde, ei toteutunut investointi. Riikinvoiman ja Wega Groupin selvityksessä tarkastellaan sekajätteestä eroteltavan biojakeen sekä Keski-Savon maatalouden sivuvirtojen hyödyntämistä. Tavoitetasoksi on esitetty vähintään 50 GWh uusiutuvaa nesteytettyä biokaasua vuodessa, mutta eteneminen edellyttää erillistä päätöstä lupaprosessien ja investointivalmistelun käynnistämisestä. Hanke on toistaiseksi keskeytynyt.

Vieremän jatkovaiheeseen on myönnetty EU-investointitukea kahden tuotantolaitoksen sekä jalostus- ja nesteytyslaitoksen rakentamiseen. Julkisen aineiston perusteella toteutus riippuu kuitenkin edelleen lisärahoituksesta, operointiratkaisuista ja rakentamisesta.



Kuva 5. Biokaasun tuotanto ja hankkeet Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä. (Pohjois-Savon energia masterplan)

Kaikkien suunnitteilla olevien investointien lopullista rakennus-, käyttöönotto- tai rahoitustilannetta ei voitu varmistaa yhdenmukaisesti julkisista lähteistä. Tässä selvityksessä niitä ei käsitellä toteutuneina laitoksina, ellei toiminta ollut lähteestä varmistettavissa.

3.2 Maatalous, kotieläintuotanto ja lannan alueellinen merkitys

Pohjois-Savon tuotantoeläinten lannan laskennallinen energiapotentiaali oli FarmGas 1 -aineistossa 394 GWh vuodessa, josta naudanlannan osuus oli 362 GWh. Pohjois-Savon peltorakenne on nurmivaltainen, mikä tukee maatalouspohjaisen biokaasun syöteohjaa mutta ei vielä osoita taloudellisesti kerättävissä olevaa syötemäärää.

Pohjois-Savon maataloussyötteiden vahvuus on nautakarjatalouden keskittymä ja nurmipohjainen viljely. Samalla syöteohjan haaste on hajautuneisuus: lanta syntyy tiloilla, sen energiatiheys on matala, ja ravinteet on palautettava pelloille. Tämä suosii joko tilakohtaisia laitoksia, usean lähitilan yhteislaitoksia tai hajautetun tuotannon mallia, jossa biometaani tai raakakaasu kuljetetaan energiapitoisempaan tuotteeseen.

3.3 Teollisuuden, yhdyskuntien ja palveluiden biohajoavat sivuvirrat

Kuopion biokaasulaitoksen syöteohja osoittaa, että yhdyskuntien jätevesilietteet, biojäte ja elintarviketeollisuuden sivuvirrat voivat muodostaa toteutuneen biokaasun tuotantopohjan Pohjois-Savossa. Pieksämäen nykyinen laitos puolestaan osoittaa, että jätevedenpuhdistamon lietteeseen perustuva paikallinen energiaomavaraisuuden ratkaisu on kunnallisessa mittakaavassa toteutettu.

Teollisuuden ja yhdyskuntien sivuvirrat ovat yleensä logistisesti helpompia kuin hajallaan syntyvä lanta, jos ne ovat valmiiksi keskittyneitä puhdistamoille, teollisuuslaitoksille tai jätehuollon solmupisteisiin. Niiden käyttö voi parantaa laitokokoa, kaasuntuottoa ja tasaisuutta, mutta se lisää vaatimuksia hygienisointiin, laitoshyväksyntään, valvontaan ja mädätysjäätännöksen hyväksyttävyyteen.

3.4 Energiainfra, kaasun jakelu, sähköverkko ja lämpökäyttö

Biokaasun käyttömahdollisuudet ja energiainfran tarpeet eroavat tarkastelualueella alueittain. Kuopiossa biokaasun paikallinen putkisiirto sähkön ja lämmön yhteistuotantoon on toteutunut malli, jossa yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtoihin perustuva kaasu hyödynnetään paikallisesti. Pieksämäellä biokaasulaitoksen tuottama sähkö ja lämpö käytetään pääosin jätevedenpuhdistamolla.

Vieremä edustaa paikallista biokaasun tuotannon, jakelun ja käytön ekosysteemiä. Kuntaan on rakennettu biokaasuterminaali ja julkinen CBG-tankkausasema, minkä lisäksi biokaasua voidaan johtaa teollisuuteen ja kaukolämmöntuotannon varalämpölaitokseen.

Ylä-Savossa painopiste on maatalouspohjaisen biometaanin ja Kiuruveden LBG-tuotannon kehityssuunnassa. Kiuruveden lantakaasukokonaisuudessa biometaanin jalostus, nesteytys ja jakelu palvelevat erityisesti raskaan liikenteen polttoainemarkkinaa. Tämä poikkeaa teknisesti ja markkinalogiikaltaan Kuopion ja Pieksämäen paikallisista energiäkäyttömalleista.

Sähköverkkoon liittyminen on olennainen erityisesti CHP- ja omakäyttöratkaisuissa. Liikennebiometaanissa ratkaisevaa on puolestaan tankkaus-, kuljetus- ja jakeluinfrastruktuuri sekä riittävä markkinakysyntä.

3.5 Markkina ja kysyntä: liikenne, teollisuus, maatalous ja julkiset hankinnat

SavoGrown kysyntäkartoituksessa todettiin, että teollisuudessa ei yleisesti löytynyt halukkuutta maksaa lisähintaa biokaasusta, kun taas liikennekäyttö ja erityisesti lisälmen seudun raskas liikenne nousivat selvityksessä vahvimmiksi kysyntäperusteiksi. FarmGas 2 -mallinnuksessa 25 GWh:n vuosituotanto vastaisi noin 3 200 henkilöauton tai 75 rekan vuosikulutusta, mutta sama tuotantomäärä kattaisi vain pienen osuuden alueellisesta ajoneuvojen energiankäytöstä.

Tekninen käyttömahdollisuus ei ole sama asia kuin maksukykyinen kysyntä. Raskas liikenne on biometaanille kiinnostava käyttökohde, koska yksittäisen ajoneuvon energiankulutus on suuri. Julkiset hankinnat, kunnalliset kuljetukset, maitoautot, jäteautot ja alueelliset logistiikkavirrat voivat luoda peruskysyntää, mutta vain sitovat käyttövoima-, kalusto- ja tankkaussopimukset muuttavat kysyntäpotentiaalin investointikelpoiseksi tulovirraksi.

3.6 Alueidenkäyttö, ympäristö- ja hyväksyttävyyssreunaehdot

Biokaasulaitoksen sijoittaminen edellyttää alueidenkäytön, ympäristövaikutusten, turvallisuuden, liikenteen, vesienhallinnan ja sivutuote- sekä lannoitevaatimusten tarkastelua. Uusiutuvan energian menettelykäsikirja korostaa, että hankekohtaiset menettelyvaatimukset määritetään toimivaltaisten viranomaisten toimesta.

Pohjois-Savossa hyväksyttävyysskysymykset liittyvät erityisesti kuljetusreitteihin, hajuihin, varastointiin, lannan ja mädätteen liikkumiseen, lähiympäristön vesistöihin sekä hyötyjen paikalliseen jakautumiseen. Maatilalaitos voi olla helpompi sovittaa paikalliseen maatalousympäristöön kuin suuri keskitetty laitos, mutta sekin edellyttää hajun, metaanivuotojen, paloturvallisuuden ja mädätysjäännöksen käsittelyn hallintaa. Keskitetty laitos voi synnyttää enemmän liikennettä ja lupatarpeita, mutta se voi myös mahdollistaa ammattimaisemman prosessinhallinnan.

3.7 Sääntely, tuet, jakeluvelvoite ja kestävyyskriteerit

Jakeluvelvoite koskee tieliikennepolttoaineiden jakelijoita, jotka toimittavat kulutukseen vähintään miljoona litraa nestemäisiä polttoaineita tai kaasumaisten polttoaineiden osalta vähintään 9 GWh vuodessa. Vuoden 2025 alusta voimaan tulleen muutoksen mukaan jakeluvelvoite on 16,5 % vuonna 2025, 19,5 % vuonna 2026 ja 22,5 % vuonna 2027; vuosina 2028–2030 taso nousee 31 prosentista 34 prosenttiin. Biokaasulaitosten mädätysjäännöksen lannoitevalmistekäyttö edellyttää tuotteen laadun, turvallisuuden ja merkintöjen vaatimusten täyttämistä.

Jakeluvelvoite voi parantaa liikennebiometaanin tulomallia, mutta se ei yksin tee investoinnista kannattavaa. Vaikutus riippuu tuotantomäärästä, kestävyyskriteerien täyttymisestä, off-take-sopimuksista, jakelijan asemasta, tiketti- tai ylitäyttömarkkinan ehdoista ja valmisteverotuksesta. Maatalouspohjaisissa laitoksissa kestävyyskriteerien ja päästövähennysten osoittaminen on huomioitava alusta lähtien, erityisesti jos tuotetta myydään liikennepolttoaineeksi tai sitä käytetään julkisen tuen ehtojen perusteena.

3.8 Keskeiset alueelliset pullonkaulat ja epävarmuudet

Luonnonvarakeskuksen Pohjois-Savo-selvityksissä keskeisiksi hidasteiksi tunnistettiin kannattavuuden haasteet, biokaasun tulevaisuuteen liittyvät epävarmuudet, ohjauskeinojen monimutkaisuus, maatilojen taloustilanne ja jaksaminen sekä kaasun puhdistuksen ja jakelun mallin ratkaiseminen.

Pohjois-Savon ja Pieksämäen keskeiset pullonkaulat ovat syötteiden hajautuneisuus, lietemäisten syötteiden matala energiatiheys, mädätysjäännöksen palautuslogistiikka, investointien pääomaintensiivisyys, kaasun kysynnän varmistaminen, tankkausinfraan rajallisuus, maatilojen investointikyky, sääntelyn ja tukien muutokset sekä paikallisen hyväksyttävyyden varmistaminen.

4 Biokaasun tuotannon potentiaali tarkastelualueella

4.1 Tekninen potentiaali: syötteet, sijainti ja prosessitekniset edellytykset

Pohjois-Savon lannan laskennallinen energiapotentiaali on merkittävä alueellisessa mittakaavassa, mutta FarmGas 1:n mukaan suurin osa siitä on naudantalaa. Nurmibiomassa voi toimia lisäsyötteenä, mutta sen käyttöön liittyvät korjuu-, varastointi-, vaihtoehtoiskäyttö- ja kestävyyskysymykset.

Tekninen potentiaali on Pohjois-Savossa suurin nautakarjatalouden alueilla ja sellaisissa taajama- ja teollisuuskeskittymissä, joissa biojätteet, lietteet ja elintarviketeollisuuden sivuvirrat ovat valmiiksi keskittyneitä. Tekninen syötepotentiaali ei tarkoita toteutuvaa tuotantoa. Toteutuminen edellyttää keräiltävyyttä, sopimuksia, prosessiin soveltuvaa syötesestä, luvittavaa sijaintia, energiatuotteen ostajia ja mädätysjäännöksen hallittua käyttöä.

4.2 Maankäytöllinen ja luvituksellinen potentiaali

Biokaasulaitosten luvitus voi sisältää rakennusluvan, ympäristölupaan tai ilmoitusmenettelyyn liittyvät ratkaisut, Tukes-menettelyjä kaasun käsittelyyn ja varastointiin, sivutuote- ja lannoitelainsäädännön menettelyjä sekä mahdollisia sähkö- ja kaasuverkkoon liittyviä menettelyjä.

Maankäytöllisesti soveltuvia alueita ovat lähtökohtaisesti sijainnit, joissa syötteiden kuljetusmatkat ovat lyhyitä, tieyhteydet kestävät raskaan liikenteen, etäisyys häiriintyviin kohteisiin on riittävä, vesistö- ja pohjavesiriskit voidaan hallita, mädätysjäännökselle on vastaanottopellot tai jalostusratkaisu ja energiatuotteen jakelu on järjestettävissä. Yksittäisiä sijainteja ei voida nimetä sopiviksi ilman kaava-, maanomistus-, ympäristö- ja liikenneselvityksiä.

Sonkajärven tapaus osoittaa, että kaavoituksen eteneminen ei yksin varmista biokaasulaitoksen toteutumista. Vaikka asemakaava on hyväksytty ja tullut voimaan, hankkeen toteutus voi edelleen muuttua sijaintiin, luontoarvoihin, tekniseen

toteutettavuuteen, sähkölinjoihin, tontin rakennettavuuteen tai laajennusmahdollisuuksiin liittyvien reunaehtojen vuoksi. Siksi maankäytöllistä potentiaalia tulee arvioida kaavatilanteen lisäksi hankkeen teknisen toteutettavuuden, ympäristörajoitteiden, logistiikan ja tulevan laajennusvaran näkökulmasta.

4.3 Syöte- ja ravinnelogistiikan mahdollistama potentiaali

FarmGas 2:n mukaan välimatkojen kasvaessa energiatiheyden merkitys korostuu. Samassa tilavuudessa paineistettu biometaanin sisältää selvästi enemmän energiaa kuin naudan lietelanta tai säilörehu, mikä tukee hajautettua tuotantoa ja energiapitoisemman tuotteen kuljetusta. ProAgrian aineistossa todetaan, että lietelanta on separoitava jo suhteellisen lyhyillä kuljetusetäisyyksillä logistiikkakulujen pitämiseksi kohtuullisina.

Pohjois-Savossa lanta- ja ravinnelogistiikka rajaa vahvasti keskitettyjen laitosten kokoa. Lietelannan kuljetussäde on taloudellisesti kapeampi kuin kuivalannan, separoidun kuivajakeen tai peltobiomassan. Nurmi voidaan varastoida, mutta sen korjuu ja kuljetus tuovat kustannuksen, joka on laskettava suhteessa kaasuntuottoon ja ravinnearvoon. Määtysjäätteen palautus ei ole sivukysymys vaan olennainen osa laitoksen toteutettavuutta.

4.4 Biometaanin kysynnän ja jakelun mahdollistama potentiaali

FarmGas 2:n mallinnuksessa 25 GWh:n tuotanto edellyttäisi merkittävää tankkausmäärää keskitetyn jakelupisteen ohi kulkevasta tavaraliikenteestä, jotta vuosituotanto tulisi käytetyksi. SavoGrown kysyntäaineisto nosti lisälmen seudun liikennekäytön vahvaksi alustavaksi kysyntäperusteeksi.

Pohjois-Savossa biometaanin markkinapotentiaali on todennäköisimmin vahvin raskaassa liikenteessä, alueellisissa kuljetusketjuissa ja kunnallisissa käyttövoimavalinnoissa, jos tankkausinfra ja kalustopäätökset etenevät samanaikaisesti. Henkilöautokysyntä voi täydentää markkinaa, mutta yksinään se ei riitä perustelemaan suuria tuotantoinvestointeja.

4.5 Energiakäytön, lämpökäytön ja teollisen käytön potentiaali

Biokaasun pääkäyttömuotoja ovat lämpö, sähkö ja liikennepolttoaine. Liikennekäytöllä voi olla korkea jalostusarvo, mutta lämpö- ja sähköhyödyntäminen voi olla paikallisesti perustellumpaa, jos jalostus- ja jakeluketju olisi liian kallis tai kysyntä puuttuu. Pieksämäellä lietebiokaasulaitoksen malli perustuu omaan sähkö- ja lämpökäyttöön.

Paikallinen energia- ja lämpökäyttö on perusteltu vaihtoehto silloin, kun tuotanto on pieni, lämpökuorma on jatkuva ja lähellä, sähkön omakäyttö korvaa ostosähköä tai kaasun jalostus liikennekäyttöön ei ole taloudellisesti perusteltu. Tämä koskee erityisesti jätevedenpuhdistamoita, maatiloja, lämpölaitoksia ja yksittäisiä teollisuuskohteita. Liikennebiometaanin on perustellumpi siellä, missä tuotantovolyyymi, jakeluinfra ja ajoneuvokysyntä voidaan sitoa yhteen.

4.6 Ravinteiden kierrätyksen ja mädätysjäännöksen hyödyntämisen potentiaali

Pohjois-Savossa kuntien välillä on lantafosforin saatavuuden ja tarpeen epätasapainoa, vaikka maakunnassa ei ole huomattavaa lantafosforin kokonaisylijäämää. FarmGas 2:n mukaan mädätys voi parantaa lannan käsiteltävyyttä ja lisätä liukoisen typen osuutta, mutta hyöty riippuu levitystekniikasta, ajoituksesta ja ravinteiden korvausarvosta.

Ravinteiden kierrätyksen potentiaali on todellinen vain, jos mädätysjäännöksen käyttö on suunniteltu samantasoisesti kuin kaasun käyttö. Laitos voi parantaa lannoiteomavaraisuutta ja ravinteiden käytön tehokkuutta, jos vastaanottopellot, levitysjankohdat, varastointi, separointi, kuljetukset ja lannoitevalmisteiden markkina on järjestetty. Riski on, että energiaosa suunnitellaan ensin ja ravinneosa jää jälkikäteen ratkaistavaksi, jolloin kustannukset ja hyväksyttävyysoingelmat voivat heikentää koko investointia.

4.7 Teknistaloudellinen toteutettavuus Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä

Pohjois-Savon maatilamittakaavan biokaasun keskeisiksi haasteiksi on tunnistettu heikko kannattavuus, suuret investoinnit, maatalojen taloustilanne, ohjauskeinojen ennakoimattomuus ja kaasun jakelumallin ratkaiseminen. SavoGrown päivitettyjen kannattavuuslaskelmien mukaan biometaanin myyntimallilla, jakeluvetoitteen tulkinalla, tikettikaupalla, kuljetusvastuulla ja markkinavastuulla on olennainen vaikutus kannattavuuteen.

Pohjois-Savossa teknistaloudellisesti realistisimmat mallit ovat: nykyisten yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtalaitosten hyödyntäminen, maatalouspohjaiset usean tilan tai satelliittimallit vahvoissa syötekeskittymissä, paikallinen energiakäyttö pienissä kohteissa sekä raskaan liikenteen biometaaniratkaisut siellä, missä kysyntä voidaan sopimuksellisesti sitoa. Taulukossa 2 vertaillaan eri biokaasulaitosmalleja sekä niiden soveltuvuutta Pohjois-Savon ja Pieksämäen olosuhteisiin.

Taulukko 2. Biokaasulaitosmallien vertailu Pohjois-Savon ja Pieksämäen näkökulmasta

Laitosmalli	Soveltuvat syötteet	Vahvuudet tarkastelualueella	Rajoitteet ja riskit	Soveltuvuusarvio
Maatilakohtainen laitos	Tilan oma lanta, mahdolliset kasvibiomassat	Lyhyet syötematkat, ravinteet jäävät tilalle, voi lisätä energiaomavaraisuutta	Pieni mittakaava, lämpöhyödyn rajallisuus, tilan investointikyky	Pohjois-Savossa mahdollinen suurilla nautakarjatililla; Pieksämäestä ei riittävästi tietoa
Usean tilan yhteislaitos	Lähi tilojen lanta, kuivalanta, nurmi	Parempi mittakaava kuin yksittäisellä tilalla, ravinnekierron paikallinen järjestäminen	Sopimukset, kuljetukset, hyötyjen jako, yhteisomistus	Perusteltu syötekeskittymissä, jos tilat sijaitsevat lähellä
Hajautettu tuotanto ja keskitetty jakelu	Tiloilla syntyvä lanta ja lisäsyötteet, tilakohtainen	Vähentää lietemäisen syötteen kuljetusta, tukee	Korkea investointitarve useaan yksikköön, kuljetus- ja	Pohjois-Savossa aineistopohjaisesti relevantti erityisesti Ylä-Savossa

	jalostus tai paineistus	keskitettyä kaasumarkkinaa	varastointikustannukset	
Keskitetty yhteismädätyslaitos	Lanta, biojäte, teollisuuden sivuvirrat, lietteet, peltobiomassat	Skaalaedut, ammattimainen operointi, biometaanin ja ravinnejalostus mahdollisia	Pitkät kuljetusmatkat, luvitus, hyväksyttävyyden mädätysjäätännöksen palautus	Mahdollinen vahvoissa syöte- ja kysyntäkeskittymisissä
Jätevesilietteen biokaasulaitos	Puhdistamoliete	Tuottaa energiaa puhdistamon omaan käyttöön, syöte syntyy paikalla	Rajallinen laajennettavuus liikennebiometaanin, lietteen käyttörajoitteet	Toteutunut Pieksämäellä ja osa yhdyskuntien energiaomavaraisuutta
Yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtalaitos	Biojäte, lietteet, elintarviketeollisuuden sivuvirrat	Syötteen usein keskittyneitä, tasaisempi tuotanto	Tiukemmat hygieniä-, laatu- ja lannoitevaatimukset	Toteutunut Kuopiossa; mahdollinen muissa keskittymissä erillisselvityksellä

4.7.1 Kustannusrakenteen esimerkkitarkastelu

Suomalaisista selvityksistä on saatavilla suuntaa antavia arvoja biokaasu- ja biometaanihankkeen kustannusrakenteen hahmottamiseen. Lukuja ei tule käyttää hankekohtaisena budjettina, vaan ne kuvaavat kustannuserien mittaluokkaa ja herkkyyttä. Raportin tarkastelu on muutenkin alueellinen ja laadullinen, eikä se sisällä investointikohtaista kannattavuuslaskentaa tai sitovia syöte- ja ostosopimuksia.

Maatalouspohjaisessa biokaasuhankkeessa merkittäviä kustannuseriä ovat laitoksen investointi, syötelogistiikka, peltobiomassojen hankinta, sähkö ja lämpö, huolto, kaasun jalostus, paineistus, varastointi, kuljetus ja jakelu. Jos lopputuotteena on nesteytetty biometaanin, kustannusrakenteeseen lisätään myös nesteytys. Luonnonvarakeskuksen FarmGas 2 -selvityksessä paineistetun biometaanin keskitetyn jakelun kustannukseksi arvioitiin noin 0,50 €/kg, ja nesteytys lisäisi kustannuksia noin 0,3–0,6 €/kg. Selvityksen mukaan kuluttajalle myytävän biometaanin hinnan tulisi olla veroineen lähellä 2,00 €/kg, jotta kustannukset saadaan katettua ja tuloja muodostuu.

FarmGas 2 -selvityksen yksityiskohtaisessa laskelmassa paineistetun biometaanin kuljetuksen ja jakeluaseman yhteenlaskettu kustannus oli 50,07 snt/kg. Samassa yhteydessä todetaan, että noin 25 GWh:n vuosikapasiteetilla biometaanin nesteytyskustannus vaihtelee teknologian ja energiakustannusten mukaan noin 31–61 snt/kg.

Syötepuolella erityisesti nurmen hankintakustannus on huomioitava erillisenä kustannuksena. Envitecpoloksen SavoGrow-selvityksessä (2021) nurmen korjuu- ja tuotantokustannukseksi arvioitiin lyhyellä kuljetusmallilla noin 110 €/t kuiva-ainetta eli noin 38 €/t märkämpainoa. Kaukokuljetusmallissa kustannus oli noin 143 €/t kuiva-ainetta eli noin 50 €/t märkämpainoa.

Vuoden 2023 päivityksissä kannattavuuslaskelmissa keskeisiksi muuttujiksi nousivat biometaanin myyntihinta, investointituen taso, korkokanta, sähkön hinta ja jakeluvetoisuuden tikkikauppa. Laskelmissa käytettiin esimerkiksi 50 prosentin investointitukea, 5 prosentin korkokantaa, 120 €/MWh sähkön hankintahintaa ja tikketitulon arviota, joka oli neuvoteltava jakelijan kanssa. Tämä osoittaa, että kannattavuus ei riipu vain laitoksen teknisestä toimivuudesta, vaan myös markkina-, rahoitus- ja sopimusehdoista.

Näitä arvoja ei tule laskea mekaanisesti yhteen, koska eri selvityksissä kustannusten rajaukset poikkeavat toisistaan. Osa kustannuksista sisältyy laitostason laskelmaan, osa koskee erikseen jalostusta, kuljetusta, jakelua tai nesteytystä. Pohjois-Savon ja Pieksämäen jatkoselvityksessä kustannusrakenne tulisi siksi mallintaa erikseen vähintään kolmelle vaihtoehdolle: paikallinen lämmön ja sähkön käyttö, paineistettu liikennebiometaani sekä nesteytetty biometaani raskaalle liikenteelle. Taulukkoon 3 on koottu suomalaisiin selvityksiin perustuvia suuntaa antavia esimerkkilukuja biokaasuhankkeiden keskeisistä kustannuseristä.

Taulukko 3. Biokaasuhankkeen kustannusrakenteen suuntaa antavia esimerkkilukuja suomalaisista selvityksistä.

Kustannuserä	Esimerkkitaso	Merkitys hankkeelle
Paineistetun biometaanin kuljetus ja jakelu	noin 50 snt/kg	Merkittävä lisäkustannus liikennebiometaanissa.
Biometaanin nesteytys	noin 31–61 snt/kg	Koskee LBG-vaihtoehtoa ja raskaan liikenteen käyttöä.
Nurmen hankinta lyhyellä kuljetusetäisyydellä	noin 110 €/t ka	Kuvaa peltobiomassan kustannusta laitokselle toimitettuna.
Nurmen hankinta kaukokuljetuksella	noin 143 €/t ka	Kuljetusetäisyys nostaa nopeasti syötekustannusta.
Sähkön hankintahinta päivitetystä laskelmassa	120 €/MWh	Sähkön hinta vaikuttaa jalostukseen, paineistukseen ja operointiin.
Investointituen oletus päivitetystä laskelmassa	50 %	Tukitaso vaikuttaa ratkaisevasti takaisinmaksuaikaan.

Taulukon luvut ovat esimerkkitasoisia eivätkä kuvaa yksittäisen Pohjois-Savon tai Pieksämäen laitoksen kustannuksia. Ne osoittavat kuitenkin, että kannattavuuden kannalta kriittisiä ovat syötteen hankinta ja kuljetus, kaasun jalostus ja jakelu, sähkön hinta, investointituen taso sekä biometaanin myyntihinta. Hankekohtainen päätöksenteko edellyttää erillistä CAPEX-, OPEX- ja kassavirtalaskentaa.

4.9 Realistinen potentiaali

Pohjois-Savossa on merkittävä laskennallinen maatalousbiomassojen energiapotentiaali, ja alueella on sekä toteutuneita että suunnitteilla olevia biokaasu- ja biometaaniratkaisuja.

Pohjois-Savossa biokaasun realistinen kehityssuunta perustuu ennen kaikkea maatalouden biomassoihin, erityisesti naudanalantaan, ja niiden yhdistämiseen joko paikalliseen energiakäyttöön tai biometaanin jakelumalleihin. Yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirroilla on jo toteutunut rooli Kuopiossa ja Pieksämäellä. Koko tekninen lanta- tai nurmipotentiaali ei kuvaa investoitavissa olevaa potentiaalia.

Tarkastelualueella on erotettava vähintään viisi tasoa:

1. tekninen syötepotentiaali
2. logistisesti hyödynnettävissä oleva syötepotentiaali

3. maankäytöllinen ja luvituksellinen potentiaali
4. markkina- ja kysyntäperusteinen potentiaali
5. kaupallisesti toteuttamiskelpoinen potentiaali lähivuosina

Edellä kuvattujen tekijöiden yhteisvaikutusta sekä niiden merkitystä biokaasuhankkeiden toteuttamiskelpoisuudelle tarkastellaan taulukossa 4.

Taulukko 4. Pohjois-Savon ja Pieksämäen biokaasun tuotannon edellytykset, rajoitteet ja huomioitavat tekijät

Tarkastelutekijä	Pohjois-Savo ja Pieksämäki	Johtopäätös
Maataloussyötepohja	Aineiston mukaan vahva erityisesti naudanlannassa ja nurmessa	Pohjois-Savossa maatalouspohjainen tarkastelu perusteltu; Pieksämäki edellyttää lisäkartoitusta
Yhdyskuntien sivuvirrat	Kuopiossa toteutunut biokaasulaitos lietteille, biojätteille ja teollisuuden sivuvirroille	Yhdyskuntalähtöinen biokaasu on varmistettu molemmissa, mutta eri mittakaavoissa
Liikennekysyntä	lisälmen seutu ja raskas liikenne tunnistettu aiemmissa selvityksissä	Liikennebiometaani vaatii ostaja- ja reittikohtaisen selvityksen
Tankkausinfra	Kuopiossa ja Vieremällä varmistettuja ratkaisuja; Ylä-Savossa kehitteillä LBG-kokonaisuuksia	Jakelun puute rajaa kysynnän realisoitumista
Paikallinen energiakäyttö	Kuopion CHP-käyttö ja maatilojen mahdolliset omakäyttöratkaisut	Paikallinen energia voi olla realistinen etenemismalli pienissä kohteissa
Ravinnekierto	Keskeinen, mutta edellyttää kuntien välisten ravinne-epätasapainojen hallintaa	Ravinnepuoli ratkaisee maatalouspohjaisten laitosten hyväksyttävyyden
Luvitus	Riippuu syötteistä, koosta, sijainnista, ympäristövaikutuksista ja kaasun käsittelystä	Luvitus tulee arvioida hankekohtaisesti, ei vain tonnimäärän perusteella
Kaupallinen toteutettavuus	Mahdollinen vain syöte-, kysyntä-, rahoitus- ja ravinnelogistiikan yhdistyessä	Tekninen potentiaali ei riitä investointipäätökseksi

5 Vaikutukset

5.1 Vaikutukset alue- ja kuntatalouteen

Julkisesti ilmoitetut biokaasuinvestoinnit osoittavat, että teollisen mittaluokan biokaasuhankkeet voivat olla alue- ja kuntatalouden näkökulmasta merkittäviä. Kiuruveden biokaasulaitoshankkeen investointiarvo on ilmoitettu yli 80 miljoonaksi euroksi, ja koko Ylä-Savon lantakaasukokonaisuuden investointiarvoksi noin 100 miljoonaa euroa. Hankkeelle on myönnetty 19,2 miljoonaa euroa RRF-investointitukea, mikä kuvaa julkisen rahoituksen merkitystä pääomavaltaisissa biokaasuinvestoinneissa.

Valtakunnallisesti biokaasualan investointiputki antaa vertailukohdan hankkeiden mahdollisesta aluetaloudellisesta mittakaavasta. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n mukaan vuosille 2024–2027 oli suunnitteilla tai rakenteilla 36 biokaasulaitosta, minkä lisäksi 10 hankkeella oli avoin aikataulu. Näiden hankkeiden yhteenlasketuksi tuotantovaikutukseksi arvioitiin noin 1,4 TWh, pysyväksi työllisyysvaikutukseksi noin 800 työpaikkaa ja taloudelliseksi vaikutukseksi vähintään 739 miljoonaa euroa. Näitä valtakunnallisia lukuja ei

tule tulkita suoraan Pohjois-Savon tai yksittäisten kuntien vaikutuksiksi, mutta ne osoittavat biokaasuinvestointien mahdollisen mittaluokan.

Alue- ja kuntataloudelliset vaikutukset syntyvät erityisesti rakentamisen, kuljetusten, kunnossapidon, syötelogistiikan, huollon, energiantuotannon, maatilojen sivutulujen ja lannoiteomavaraisuuden kautta. SavoGrow'n esimerkkilaskelmissa alueellisen biometaanilaitoksen investointitaso oli noin 3,7–4,9 miljoonaa euroa, ja vuotuisina pääkululajeina esitettiin muun muassa logistiikkaa, nurmen hankintaa, sähköenergiaa ja huoltoa. Tällaiset kuluerät voivat vahvistaa paikallista palvelu- ja urakointikysyntää, jos hankinnat kohdistuvat alueen yrityksiin.

Vaikutuksia ei kuitenkaan pidä määrällistää kuntakohtaisiksi vero-, työllisyys- tai tulovaikutuksiksi ilman investointikohtaista laskentaa. Paikallistaloudellinen hyöty riippuu siitä, kuinka suuri osa rakentamisesta, operoinnista, kuljetuksista, huollosta ja asiantuntijapalveluista ostetaan alueelta, miten kaasun ja lannoitevalmisteiden tulovirrat jakautuvat sekä kuinka pysyviä tuotannon, logistiikan ja ylläpidon työpaikat ovat. Raportin rajauksen mukaisesti tarkastelu ei sisällä investointikohtaista kannattavuuslaskentaa, maatilakohtaisia sopimustietoja eikä kaasun ostajien sitoumuksia, joten johtopäätökset tulee esittää alueellisina ja suuntaa antavina.

5.2 Työllisyys- ja osaamisvaikutukset

Biokaasun työllisyysvaikutukset jakautuvat rakentamisvaiheen tilapäisiin vaikutuksiin sekä pysyvämpiin operointi-, kunnossapito-, logistiikka-, laboratorio-, valvonta- ja neuvontatehtäviin. Suomen Biokierro ja Biokaasu ry:n vuoden 2025 investointikatsauksen mukaan Suomessa oli vuosille 2024–2027 suunnitteilla tai rakenteilla 36 biokaasulaitosta, minkä lisäksi 10 hankkeella oli avoin aikataulu. Näiden hankkeiden yhteenlasketuksi työllisyysvaikutukseksi arvioitiin noin 800 pysyvää työpaikkaa ja taloudelliseksi vaikutukseksi vähintään 739 miljoonaa euroa. Luvut kuvaavat valtakunnallista mittakaavaa, eikä niitä tule jakaa mekaanisesti Pohjois-Savon kunnille tai yksittäisille hankkeille.

Ylä-Savon lantakaasukokonaisuus osoittaa, että teollisen mittaluokan biokaasuhanke voi synnyttää työtä useisiin arvoketjun osiin. Kiuruveden keskuslaitoksen ja satelliittilaitosten kokonaisuuden investointiarvoksi on ilmoitettu noin 100 miljoonaa euroa, ja hankkeen arvioidaan työllistävän biokaasulaitoksen työpaikkojen lisäksi rakennusalan ja logistiikan osaajia. Koska lähteissä ei esitetä tarkkaa työpaikkamäärää, vaikutus tulee kuvata laadullisesti eikä numeerisena kuntakohtaisena työllisyysarviona.

Maatalouspohjaisissa malleissa osa työstä kohdistuu myös tiloille. FarmGas 2 -selvityksen mukaan hajautetussa mallissa biokaasua tuotetaan maatilalaitoksissa ja hyödynnetään keskitetyn jakelupisteen kautta. Tämä voi lisätä maatilojen roolia biokaasun tuotanto-, operointi- ja ravinnekierto- ja jakelussa, mutta samalla se voi muodostaa tiloille sekä tulomahdollisuuden että lisätyökuorman.

Osaamisvaikutukset liittyvät erityisesti prosessibiologiaan, kaasun jalostukseen ja paineistukseen, nesteytykseen, lannoitevalmisteisiin, kuljetuslogistiikkaan, ympäristövalvontaan, luvitukseen ja sopimusmalleihin. Pohjois-Savon vetylaakso selvityksen havainto koulutetun työvoiman saatavuuden merkityksestä koskee myös biokaasua: hankkeiden eteneminen edellyttää, että alueella on riittävästi energia-, prosessi-, kunnossapito-, logistiikka- ja ympäristöosaamista.

5.3 Vaikutukset energiaomavaraisuuteen, huoltovarmuuteen ja kilpailukykyyn

Pieksämäen nykyinen biokaasulaitos tekee keskuspuhdistamosta energian suhteen omavaraisemman tuottamalla sähköä ja lämpöä laitoksen omaan käyttöön. Kuopiossa biokaasu hyödynnetään paikallisesti CHP-tuotannossa.

Biokaasu voi parantaa energiaomavaraisuutta erityisesti sellaisissa kohteissa, joissa se korvaa ostosähköä, lämpöpolttoaineita, fossiilista liikennepolttoainetta tai nestekaasua. Huoltovarmuusvaikutus on paikallisesti vahva silloin, kun tuotanto, käyttö ja varastointi ovat samalla alueella. Kilpailukykyvaikutus riippuu kuitenkin kustannuksista: biokaasu ei ole automaattisesti halvempi kuin vaihtoehtoiset polttoaineet, ja teollisuuskäytössä maksuhalukkuus voi olla rajallinen.

5.4 Vaikutukset maatalouteen ja ravinnekiertoon

FarmGas-selvitysten mukaan Pohjois-Savossa merkittävin biokaasubiomassa on naudanlanta, ja ravinteiden käytön tehostaminen voi edellyttää lantafosforin ja typen erottamista lannoitevalmisteisiin.

Biokaasu voi tarjota maataloille lisätulovirtoja, lannan käsittelyratkaisuja, lannoiteomavaraisuutta ja mahdollisuuden osallistua vähähiilisiin arvoketjuihin. Riskit liittyvät investointikykyyn, työkuormaan, sopimusten sitovuuteen, hyötyjen jakautumiseen ja siihen, kuka saa taloudellisen arvon päästövähennyksistä, biometaanista ja ravinteista. Usean tilan malleissa oikeudenmukainen sopimusmalli on yhtä tärkeä kuin tekninen ratkaisu.

5.5 Ympäristö-, ilmasto-, vesistö- ja hyväksyttävyyssvaikutukset

Biometaanin liikennekäyttö voi vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä, mutta ilmastovaikutus riippuu koko tuotantoketjusta: syötteestä, metaanivuotojen ehkäisystä, energiankäytöstä, kuljetuksista, mädätysjäännöksen käsittelystä ja korvattavasta polttoaineesta. Energiaviraston kestävyyskriteeriohje korostaa elinkaaripäästöjen ja kestävyystietojen osoittamista.

Pohjois-Savossa ja Pieksämäellä keskeiset ympäristöhyödyt liittyvät metaanipäästöjen vähentämiseen, fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen, lannan nykyistä parempaan käsittelyyn sekä ravinteiden käytön tehostumiseen. Biokaasulaitos voi parantaa lannan käsittelyä keskittämällä varastointia, prosessointia ja ravinteiden hyödyntämistä. Mädätysjäännöksen suunnitelmallinen käyttö voi tukea ravinteiden kierrätystä ja pienentää vesistökuormituksen riskiä, jos ravinteet kohdennetaan kasvien tarpeen, levitysajankohtien ja peltojen vastaanottokyvyn mukaisesti.

Hajuhaitat voivat vähentyä, kun lantaa ja muita biohajoavia syötteitä käsitellään suljetummassa prosessissa ja mädätysjäännös on lähtösyötettä vakaampaa. Samalla haittoja voi kuitenkin syntyä kuljetuksista, varastoinnista, laitoksen hajupäästöistä, ammoniakkipäästöistä, vesistökuormituksesta ja naapurustovaikutuksista, jos prosessi, logistiikka tai levityskäytännöt eivät ole riittävän hyvin suunniteltuja ja toteutettuja.

Hyväksyttävyys riippuu erityisesti sijainnista, kuljetusten määrästä, hajujen ja vesistövaikutusten ehkäisystä, avoimesta tiedottamisesta sekä siitä, kokeeko paikallinen yhteisö saavansa hyötyjä suhteessa haittoihin. Biokaasuhankkeen ympäristöhyötyjä ei siksi tule arvioida vain tuotetun energian perusteella, vaan myös lannan käsittelyn, ravinnekierron, hajuhaittojen vähenemisen ja vesistökuormituksen näkökulmasta.

5.6 Vaikutukset teolliseen uudistumiseen ja kiertotalouden arvoketjuihin

Biokaasun jalostuksessa erotettu hiilidioksidi voi olla biogeeninen CO₂-lähde, mutta pistelähteet ovat usein suhteellisen pieniä, ja taloudellinen kannattavuus edellyttää erillistä tarkastelua. Pohjois-Savon vetylaakso selvityksessä on tunnistettu Iisalmen, Kuopion ja Varkauden ympäristöissä PtX-talouden elementtejä, mukaan lukien biokaasuun liittyvät CO₂-lähteet.

Biokaasu voi tukea kiertotalouden arvoketjuja, jos energia, ravinteet, hiilidioksidi ja sivuvirrat kytketään samaan alueelliseen järjestelmään. Biohiilidioksidin talteenotto, synteettinen metaani tai Power-to-X-yhteydet voivat olla tulevaisuudessa relevantteja lähinnä suuremmissa jalostus- tai nesteytyskokonaisuuksissa, joissa kaasun jalostuksessa syntyy riittävän puhdas ja keskittynyt CO₂-virta. Niitä ei pidä käsitellä lyhyen aikavälin päävaihtoehtoina ilman tunnistettua toimijaa, sähköntarvetta, investointikokoa ja tuotteen ostajaa.

6 Riskit ja epävarmuudet

6.1 Syöteriski ja logistiikkariski

Pohjois-Savon syöte pohja on naudanlannan osalta määrällisesti vahva, mutta lannan matala energiatiheys ja kuljetusetäisyydet rajaavat sen käytännön hyödynnettävyyttä. Syöteriski syntyy siitä, että teknisesti olemassa oleva lanta, nurmi tai muu sivuvirta ei välttämättä ole sopimuksellisesti saatavilla, logistisesti kerättävissä tai taloudellisesti käytettävissä. Kilpailevaa käyttöä voi olla esimerkiksi rehuna, kuivikkeena, lannoitteena, kompostoinnissa tai nykyisissä energia- ja jätehuoltoratkaisuissa.

Logistiikkariski korostuu hankemalleissa, joissa tuotanto perustuu hajallaan sijaitsevien maataloussyötteiden keräämiseen ja mädätysjäännöksen palauttamiseen laajalle alueelle. Kiuruveden lantakaasukokonaisuudessa riskiä pienentävät laajat maatilasopimukset ja keskitetty nesteytysmalli, mutta järjestelmä on silti riippuvainen pitkäaikaisesta lannan saatavuudesta, kuljetuslogistiikasta ja biolannoitteen palautuksesta tiloille.

Sonkajärven ja Leppävirran esimerkit osoittavat, että pelkkä syötepotentiaali ei riitä hankkeen toteutumisen perusteeksi. Ratkaisevia tekijöitä ovat myös sijainti, logistiikka, kaavoitus, ympäristöreunaehdot ja hankkeen kaupallinen eteneminen.

6.2 Investointi-, kustannus- ja kannattavuusriski

Pohjois-Savon hajautetun biokaasumallin kustannuksista merkittävä osa kohdistuu tilakohtaisille laitoksille, ja kuljetus sekä varastointi ovat merkittäviä verrattuna suureen keskitettyyn tuotantoon.

Investointiriski koskee laitoksen rakentamiskustannusta, rahoitusta, korkotasoa, käyttöastetta, prosessin käytettävyyttä, syötteiden laatua, sähkön ja lämmön hintaa, biometaanin myyntihintaa, tukien saatavuutta ja mädätysjäännöksen kustannuksia. Kannattavuusväitettä ei voida tehdä ilman kohdekohtaista kassavirtalaskentaa.

6.3 Markkina-, kysyntä- ja jakeluriski

SavoGrown kysyntäkartoituksessa teollisuuden maksuhalukkuus biokaasun lisähinnalle arvioitiin rajalliseksi, kun taas liikenteessä biokaasulle tunnistettiin parempi hintaperusta. Markkinariski liittyy siihen, ettei kaasulle löydy riittävän pitkäaikaista ja maksukykyistä ostajaa.

Liikennebiometaanissa markkina- ja jakeluriski on suurempi kuin paikallisessa lämmön ja sähkön tuotannossa. Tankkausasema ei ole kannattava pelkän teknisen mahdollisuuden perusteella, vaan se edellyttää riittävää kalustokantaa, sijaintia, käyttöastetta ja hinnoittelua. Raskaan liikenteen LBG-kysyntä on lupaava vain, jos kuljetusyrietykset ja reitit sitoutuvat biometaanin käyttöön.

Kuopiossa kaasulle on paikallinen energiakäyttö, kun taas Kiuruveden LBG-malli edellyttää toimivaa raskaan liikenteen kysyntää ja jakeluverkostoa. Leppävirran Riikinnevan suunniteltu LBG-tuotanto perustuisi vastaavasti siihen, että uusiutuvalle nesteytetylle kaasulle on riittävä markkina ja että laitoksen investointi etenee selvityksestä toteutukseen. Ilman sitovia ostosopimuksia, jakeluratkaisua ja riittävää käyttöastetta tekninen tuotantopotentiali ei muutu kaupalliseksi potentiaaliksi.

6.4 Sääntely-, tukipolitiikka- ja kestävyyskriteeririski

Jakeluvelvoitteen tasot on muutettu vuodesta 2025 alkaen, ja uusiutuvien polttoaineiden velvoitetaso nousee asteittain. Kestävyyskriteerien osoittaminen on keskeistä, jos biokaasua käytetään liikennepolttoaineena, tukien perusteena tai päästövähennysten osoittamiseen.

Sääntelyriski kohdistuu jakeluvelvoitteen tasoihin, alkuperätakuiden ja kestävyystietojen markkina-arvoon, valmisteverotukseen, investointitukien ehtoihin, lannoitevalmistevaatimuksiin ja ympäristölupakäytäntöihin. Pitkä takaisinmaksuaika tekee ennakoitavuudesta keskeisen investointiehdon.

6.5 Ympäristö-, turvallisuus- ja hyväksyttävyyshriski

Biokaasulaitoksiin liittyy kaasun käsittelyn, varastoinnin, putkistojen ja mahdollisten tankkausasemien turvallisuusmenettelyjä.

Keskeiset riskit ovat hajuhaitat, liikenteen lisääntyminen, kaasuvuodot, metaanipäästöt, prosessihäiriöt, varastointiongelmien, hulevesien ja jätevesien hallinta, vesistövaikutukset

sekä naapuruston kokema haitta. Hyväksyttävyyttä ei voi olettaa, vaan se on rakennettava sijaintivalinnalla, avoimella viestinnällä, häiriöiden hallinnalla ja paikallisten hyötyjen osoittamisella.

6.6 Maatalouden toimintaympäristön riskit

FarmGas 2 nostaa esiin maatilojen heikentyneen taloustilanteen ja jaksamisen investointeja hidastavina tekijöinä. Maatilojen riskit liittyvät kannattavuuteen, velkaantumiseen, sukupolvenvaihdoksiin, työvoimaan, tilakoon kehitykseen ja sopimusmallien oikeudenmukaisuuteen. Jos tilat kantavat investointi- ja työpanosriskin mutta arvonlisä syntyy muualla arvoketjussa, osallistumishalukkuus voi jäädä rajalliseksi. Siksi sopimuksissa on ratkaistava syötteen korvaus, mädätysjäännöksen palautus, investointivastuu, päästövähennysten arvo ja riskinjak.

7 Johtopäätökset

7.1 Keskeiset havainnot

Pohjois-Savon biokaasun tuotantopotentiaali perustuu ennen kaikkea maatalouden biomassoihin, erityisesti naudanlantaan. FarmGas-aineistojen perusteella maakunnan lantapohja on määrällisesti vahva, mutta tekninen syötepotentiaali ei yksin osoita taloudellisesti toteutettavaa tuotantoa. Ratkaisevaa on, missä syötteet sijaitsevat, millä kustannuksella ne voidaan kerätä, miten mädätysjäännös palautetaan ja onko tuotetulle energialle tai biometaanille maksukykyinen ostaja.

Tarkastelualueella on jo toiminnassa olevaa biokaasutuotantoa sekä rakenteilla tai hankekehityksessä olevia kohteita. Kuopio edustaa yhdyskuntien, jätevesilietteiden ja teollisuuden sivuvirtoihin perustuvaa toteutunutta biokaasumallia. Pieksämäellä biokaasun tuotanto perustuu jätevedenpuhdistamon lietteeseen ja laitoksen omaan energiahyödyntämiseen. Ylä-Savossa painopiste on maatalouspohjaisessa biometaanissa ja nesteytetyn biometaanin tuotantoketjussa, erityisesti Kiuruveden ja siihen kytkeytyvien satelliittilaitosten kautta.

Selvityksen perusteella alueella ei ole yhtä yhtenäistä biokaasun kehitysmallia. Pohjois-Savon ja Pieksämäen biokaasupotentiaali muodostuu useista erilaisista kehityspoluista: paikallisesta sähkön ja lämmön tuotannosta, yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtojen käsittelystä, maatilojen tai usean tilan yhteisratkaisusta, hajautetusta tuotannosta sekä liikennebiometaanin CBG- ja LBG-ketjuista.

Keskeinen johtopäätös on, että biokaasun realistinen potentiaali on selvästi pienempi kuin laskennallinen syötepotentiaali. Toteutuskelpoisuus edellyttää, että syöte, sijainti, logistiikka, luvitus, ravinnekierto, ostajat, rahoitus ja paikallinen hyväksyttävyyys muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden.

7.2 Realistisimmat kehityssuunnat

Pohjois-Savossa realistisimmat kehityssuunnat ovat:

1. Maatalouspohjaiset usean tilan tai satelliittimallit vahvoissa syötekeskittymissä. Näissä ratkaisuissa naudanlanta ja sitä täydentävät peltobiomassat voidaan hyödyntää silloin, kun tilat sijaitsevat riittävän lähellä toisiaan, syötesopimukset ovat pitkäaikaisia ja mädätysjäännöksen käyttö voidaan järjestää paikallisesti.
2. Hajautettu tuotanto ja keskitetty biometaanin jalostus, jakelu tai nesteytys. Tämä malli soveltuu erityisesti Ylä-Savon kaltaiselle alueelle, jossa lanta syntyy hajallaan mutta liikennepolttoaineen kysyntää ja jalostusta voidaan keskittää. Kiuruveden lantakaasukokonaisuus edustaa tätä kehityssuuntaa.
3. Yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirtoihin perustuvat laitokset. Kuopion toteutunut malli osoittaa, että jätevedenpuhdistamoiden lietteet, biojätteet ja elintarviketeollisuuden sivuvirrat voivat muodostaa toimivan syötepohjan, jos käsittely, energiankäyttö ja mädätysjäännöksen hyödyntäminen on järjestetty.
4. Paikallinen energia- ja lämpökäyttö pienemmissä kohteissa. Pieksämäen jätevedenpuhdistamon ratkaisu osoittaa, että biokaasu voi olla perusteltu omaenergiaratkaisu siellä, missä tuotettu sähkö ja lämpö voidaan käyttää lähellä tuotantopaikkaa. Tämä voi olla realistinen etenemismalli myös muissa rajatun kokoluokan kohteissa.
5. Raskaan liikenteen biometaaniratkaisut siellä, missä kysyntä voidaan sitoa sopimuksellisesti. LBG ja CBG voivat olla alueellisesti merkittäviä, jos kuljetusyritykset, julkiset hankinnat, jäte- ja maitoautot tai muu raskas liikenne sitoutuvat käyttöön. Ilman ostosopimuksia ja toimivaa jakeluinfrastruktuuria liikennebiometaanin potentiaali jää tekniseksi mahdollisuudeksi.

7.3 Alueellisesti kriittisimmät edellytykset

Biokaasuhankkeiden toteutuminen edellyttää seuraavien ehtojen täyttymistä:

1. Syötepohjan todentaminen. Lanta-, nurmi-, biojäte-, jätevesiliete- ja teollisuussivuvirrat on arvioitava kuntakohtaisesti ja sopimuksellisesti. Pelkkä tekninen biomassa-arvio ei riitä investointipäätöksen pohjaksi.
2. Syöte- ja ravinnelogistiikan ratkaiseminen. Lietemäisten syötteiden matala energiatiheys tekee pitkistä kuljetuksista kannattavuusriskin. Samalla mädätysjäännöksen palautus pelloille, mahdollinen separointi, varastointi ja lannoitevalmistepolku on ratkaistava jo hankkeen alkuvaiheessa.
3. Kysynnän varmistaminen. Liikennebiometaanin edellyttää ostajia, kalustoa, tankkausinfraa ja riittävää käyttöastetta. Paikallinen energiahyödyntäminen edellyttää puolestaan todellista sähkön ja lämmön käyttökohdetta.
4. Rahoituskelpoinen investointimalli. Kannattavuuteen vaikuttavat investointikustannus, sähkön hinta, syötekustannukset,

kuljetukset, huolto, tukitasot, biometaanin myyntihinta, jakeluvelvoitteen vaikutus ja mädätysjäännöksen arvo. Nämä on laskettava hankekohtaisesti.

5. Luvitus ja paikallinen hyväksyttävyys.
Laitossijainti, kuljetusreitit, hajut, vesistövaikutukset, turvallisuus ja naapurustovaikutukset voivat ratkaista hankkeen toteutettavuuden. Kaavoituksen eteneminen ei yksin varmista investoinnin toteutumista.
6. Maatilojen oikeudenmukainen rooli.
Maatalouspohjaisissa malleissa tilat eivät voi olla vain syötteen toimittajia, jos ne kantavat myös työ-, investointi- tai ravinneriskejä. Sopimusmallissa on ratkaistava syötteen korvaus, mädätysjäännöksen palautus, vastuut, päästövähennysten arvo ja hyötyjen jakautuminen.

7.4 Keskeiset riskit ja epävarmuudet

Keskeiset riskit liittyvät syötteisiin, logistiikkaan, markkinaan, sääntelyyn, investointikustannuksiin ja hyväksyttävyyteen.

Syöteriski syntyy siitä, että teknisesti olemassa oleva lanta, nurmi tai sivuvirta ei välttämättä ole sopimuksellisesti saatavilla tai taloudellisesti kerättävissä. Logistiikkariski korostuu etenkin keskitettyjen laitosten ja hajallaan sijaitsevien maataloussyötteiden yhteydessä.

Markkinariski on suurin liikennebiometaanissa. Tankkausasema tai LBG-ketju ei ole kannattava pelkän teknisen tuotantomahdollisuuden perusteella, vaan se edellyttää sitoutunutta kysyntää, riittävää käyttöastetta ja toimivaa jakeluverkostoa. Teollisuuskäytössä maksuhalukkuus biokaasun lisähinnalle on aiemmissa selvityksissä arvioitu rajalliseksi.

Investointi- ja kannattavuusriski liittyy pääomavaltaisiin laitosratkaisuihin, sähkön hintaan, syötekustannuksiin, kuljetuksiin, huoltoon, investointitukiin ja kaasun myyntihintaan. Kannattavuusväitteitä ei tule esittää ilman kohdekohtaista kassavirtalaskentaa.

Sääntely- ja tukipolitiikkariski koskee erityisesti jakeluvelvoitetta, kestävyyskriteereitä, valmisteverotusta, alkuperätakuita, investointitukia, ympäristölupia ja lannoitevalmistevaatimuksia. Pitkä takaisinmaksuaika tekee sääntelyn ennakoitavuudesta keskeisen investointiedellytyksen.

Ympäristö- ja hyväksyttävyyriskit liittyvät hajuihin, liikenteeseen, vesistökuormitukseen, ammoniakkipäästöihin, metaanivuotoihin, varastointiin, turvallisuuteen ja naapurustovaikutuksiin. Hyväksyttävyys on rakennettava avoimella viestinnällä, huolellisella sijaintivalinnalla ja osoittamalla paikalliset hyödyt suhteessa haittoihin. Edellä kuvattujen riskien vaikutuksia sekä niiden hallintaa tukevia jatkoselvitystarpeita tarkastellaan taulukossa 5.

Taulukko 5. Keskeiset riskit, vaikutukset ja jatkoselvitystarpeet

Teema	Mahdollinen vaikutus	Keskeinen riski	Tarvittava jatkoselvitys tai päätös
Syötepohja	Uusiutuva energia, lannan käsittely ja maatalojen lisätulo	Syötteet eivät ole sopimuksellisesti saatavilla	Kuntakohtainen syötekartoitus ja aiesopimukset
Logistiikka	Mahdollistaa suuremmat laitokset ja ravinnekierron	Kuljetuskustannukset heikentävät kannattavuutta	Syöte- ja mädätysjäännöksen kuljetusmalli
Liikennebiometaani	Fossiilisen dieselin korvaaminen erityisesti raskaassa liikenteessä	Tankkausasema tai LBG-ketju jää vajaakäytölle	Kysyntäselvitys ja off-take-sopimukset
Paikallinen energia	Energiaomavaraisuus maatiloilla ja puhdistamoilla	Lämpöä tai sähköä ei saada hyödynnettyä riittävästi	Lämmön ja sähkön käyttötaseet
Ravinnekierto	Lannoiteomavaraisuus ja ravinteiden parempi kohdentaminen	Mädätysjäännökselle ei ole kustannustehokasta käyttöä	Ravinnetaselaskenta, vastaanottajat ja lannoitevalmistepolku
Luvitus ja hyväksyttävyyys	Ennakoitava toteutus ja pienemmät viivästysriskit	Hajut, liikenne, vesistöriskit ja naapurustovaikutukset	Alustava sijoitus- ja lupatarveselvitys
Kannattavuus	Investointien toteutuminen ja pysyvät työpaikat	CAPEX, OPEX ja tulot eivät kohtaa	Investointi- ja herkkyyyslaskelmat
Sääntely ja tuet	Voi parantaa biometaanin tulomallia	Tukien, velvoitteiden ja verotuksen muutokset	Sääntely- ja tukiskenaarioiden päivitys

Sisältöä on tuotettu AI-avusteisesti.

Lähdeluettelo

Energiavirasto. 2025. Toiminnanharjoittajan kestävyyskriteeriohje. Linkki:

<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12778928/OHJE-Toiminnanharjoittajan-kest%C3%A4vyyskriteeriohje.pdf/6eafa3a2-4c7e-adea-c955-4959a54a8b6d/OHJE-Toiminnanharjoittajan-kest%C3%A4vyyskriteeriohje.pdf>

Energiavirasto. Jakeluvuote. Linkki: <https://energiavirasto.fi/jakeluvuote>

Envitecpolis Oy. 2021. Toteutettavuusselvitykset. Kaasua liikkeelle -hanke. Loppuraportti.

Kehitysyhtiö SavoGrow Oy. Linkki: <https://www.savogrow.fi/wp-content/uploads/2021/09/2021-04-27-Loppuraportti-Toteutettavuusselvitykset-1.pdf>

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus / Uusiutuvan energian lupaneuvonta ja

yhteyspisteviranomainen. 2024. Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupa- ja muut hallinnolliset menettelyt. Menettelykäsikirja. Linkki:

<https://lvv.fi/documents/242146171/251306214/Uusiutuvan%20energian%20tuotantolaitosten%20lupamenettelyt%20ja%20muut%20hallinnolliset%20menettelyt%20menettelykäsikirja2024.pdf>

Gasum Oy. Kuopion biokaasulaitos. Linkki:

<https://www.gasum.com/fi/gasum/toimitukset/biokaasulaitokset/kuopion-biokaasulaitos/>

Hiilineutraali Pohjois-Savo. Vieremällä luodaan biokaasun tuotannon ja käytön keskittymää.

Linkki: <https://hiilineutraalipohjoissavo.fi/vieremalla-luodaan-biokaasun-tuotannon-ja-kayton-keskittymaa/>

Kari, M. & Häkkinen, P. Maatalouden biomassat biokaasulaitoksessa: opas biomassojen ominaisuuksista syötteenä ja lannoitteena. ProAgria. Linkki:

https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas_s.pdf

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. toim. 2015. Biokaasuteknologia: raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeen ammattikorkeakoulu ja Suomen Biokaasuyhdistys ry. HAMKin e-julkaisuja 36/2015. Linkki: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Lupa- ja valvontavirasto. Ympäristövaikutusten arviointimenettely. Linkki:

<https://lvv.fi/ymparisto/ymparistovaikutusten-arviointimenettely>

Luonnonvarakeskus. Pyykkönen, V., Seppänen, A.-M., Markkanen, J., Rasi, S., Luostarinen, S., Virkkunen, E. & Järvinen, M. 2021. Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet biokaasun tuotannossa ja ravinteiden kierrätyksessä. FarmGas-PS 1 -hankkeen loppuraportti.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021. Linkki:

<https://jukuri.luke.fi/bitstreams/1086c17f-b05b-4dcd-a72c-1bf3dd379035/download>

Luonnonvarakeskus. Rasi, S., Markkanen, J., Pyykkönen, V., Aro, K., Seppänen, A.-M., Niskanen, O., Mönkkönen, S., Kahelin, M. & Luostarinen, S. 2022. Kohti biokaasun liikennekäyttöä Pohjois-Savossa: FarmGas-PS 2 -hankkeen raportti hajautetusta biokaasuntuotannosta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 51/2022. Linkki:

<https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/c002dd96-cddc-4ba9-8a26-a173ef73b637/content>

LUT-yliopisto. Karjunen, H., Sikiö, P., Lassila, J., Räisänen, O., Hyypiä, J., Salmelin, M., Tynjälä, T., Kivimaa, A., Silvast, A., Kojo, M., Inkeri, E. & Laaksonen, P. 2024. Pohjois-Savon vetylaakso selvitys. LUT Scientific and Expertise Publications, Tutkimusraportit 166. Linkki: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-412-107-1>

LUT-yliopisto. Räisänen, O., Karjunen, H., Sikiö, P., Lassila, J., Hyypiä, J., Salmelin, M., Tynjälä, T., Kivimaa, A., Silvast, A., Kojo, M., Inkeri, E. & Laaksonen, P. 2024. Etelä-Savon vetylaakso selvitys. LUT Scientific and Expertise Publications, Tutkimusraportit 170. Linkki: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/168443>

Pieksämäen kaupunki. Pieksämäen biokaasulaitoksella tuotetaan jätevedenpuhdistamon lietteestä vihreää energiaa. Linkki: <https://www.pieksamaki.fi/pieksamaen-biokaasulaitoksella-tuotetaan-jatevedenpuhdistamon-lietteesta-vihreaa-energiaa/>

Pohjois-Savon liitto. 2024. Suomen Lantakaasu investoi yli 80 miljoonaa Kiuruveden biokaasulaitoshankkeeseen. Linkki: <https://www.pohjois-savo.fi/viestinta/uutiset/2024/11/suomen-lantakaasu-investoi-yli-80-miljoonaa-kiuruveden-biokaasulaitoshankkeeseen.html>

Riikinneva. 2022. Biokaasulaitoksen rakentamista selvitetään Riikinnevan kiertotalousalueelle. Linkki: <https://riikinneva.fi/biokaasulaitoksen-rakentamista-selvitetaan-riikinnevan-kiertotalousalueelle/>

Riikinvoima Oy. Wega Group Oy ja Riikinvoima Oy yhteistyöhön. Riikinnevan biokaasulaitoksen jatkoselvitys. Linkki: <https://riikinvoima.fi/wega-group-oy-ja-riikinvoima-oy/>

Ruokavirasto. Lannoitevalmisteiden vaatimukset. Linkki: <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/>

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. Virolainen-Hynnä, A. 2020. Biokaasun tuotanto ja käyttö Suomessa 2030. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n julkaisuja. Linkki: https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/06/Biokaasu2030_raportti_17062020.pdf

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. 2025. Suomeen on suunnitteilla ja rakenteilla 46 biokaasulaitosinvestointia vuosina 2025–2027. Tiedote. Linkki: <https://biokierto.fi/tiedote-suomeen-on-suunnitteilla-ja-rakenteilla-46-biokaasulaitosinvestointia-vuosina-2025-2027/>

Suomen Lantakaasu Oy. 2024. Suomen Lantakaasu investoi yli 80 miljoonaa Kiuruveden biokaasulaitoshankkeeseen. Linkki: <https://www.suomenlantakaasu.fi/artikkelit/suomen-lantakaasu-investoi-yli-80-miljoonaa-kiuruveden-biokaasulaitoshankkeeseen/>

Suomen Lantakaasu Oy. 2025. Suomen Lantakaasu Oy:n Lapinlahdelle suunnittelema biokaasulaitos sai ympäristöluvan. Linkki: <https://www.suomenlantakaasu.fi/artikkelit/suomen-lantakaasu-oy-n-lapinlahdelle-suunnittelema-biokaasulaitos-sai-ymparistoluvan/>

STT Info / Aluehallintovirasto. 2025. Lapinlahden biometaanin tuotantolaitos sai ympäristöluvan. Linkki: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/70967242/lapinlahden-biometaanin-tuotantolaitos-sai-ymparistoluvan?lang=fi>

Työ- ja elinkeinoministeriö / Valtioneuvosto. 2024. Jakeluvélvoite nousee ensi vuonna maltillisesti 16,5 prosenttiin. Valtioneuvoston tiedote 5.9.2024. Linkki: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/jakeluvélvoite-nousee-ensi-vuonna-maltillisesti-16-5-prosenttiin>

Vieremän kunta. Biokaasu. Linkki: <https://vierema.fi/asuminen-ja-ymparisto/vesihuolto/biokaasu/>

VTT. Tsupari, E., Kauppinen, J., Toukola, J., Kiviranta, K. & Boman, O.-P. 2023. Biokaasusta erotetun hiilidioksidin talteenotto. Linkki:

https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/112649321/Biokaasusta-erotetun-hiilidioksidin-talteenotto_loppuraportti.pdf

Wega Group Oy. 2021. SavoGrow – Kysyntäkartoitus ja liiketoimintamalli. Kehitysyhtiö SavoGrow Oy. Linkki: <https://www.savogrow.fi/wp-content/uploads/2021/09/SavoGrow-Kysyntakartoitus-ja-liiketoimintamalli-julkinen-v1.pdf>

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Viitattu 3.6.2026. YVA – Hankkeiden ympäristövaikutusten arviointimenettely. Linkki: <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/hankkeiden-ymparistovaikutusten-arviointimenettely-yva>