



DigiBiogasHubs

Digitaaliset alustat joustavan ja skaalautuvan
biokaasutoiminnan mahdollistajina

CBG:n tuotannon ja käytön sekä biokaasun tuotannon sivuvirtojen hyötykäytön teknistaloudellinen analyysi

- Keski-Pohjanmaan maakunta

30.1.2025

TP2, osaraportti 2

Petri Jäntti

Centria-ammattikorkeakoulu



Sisältö

Executive summary

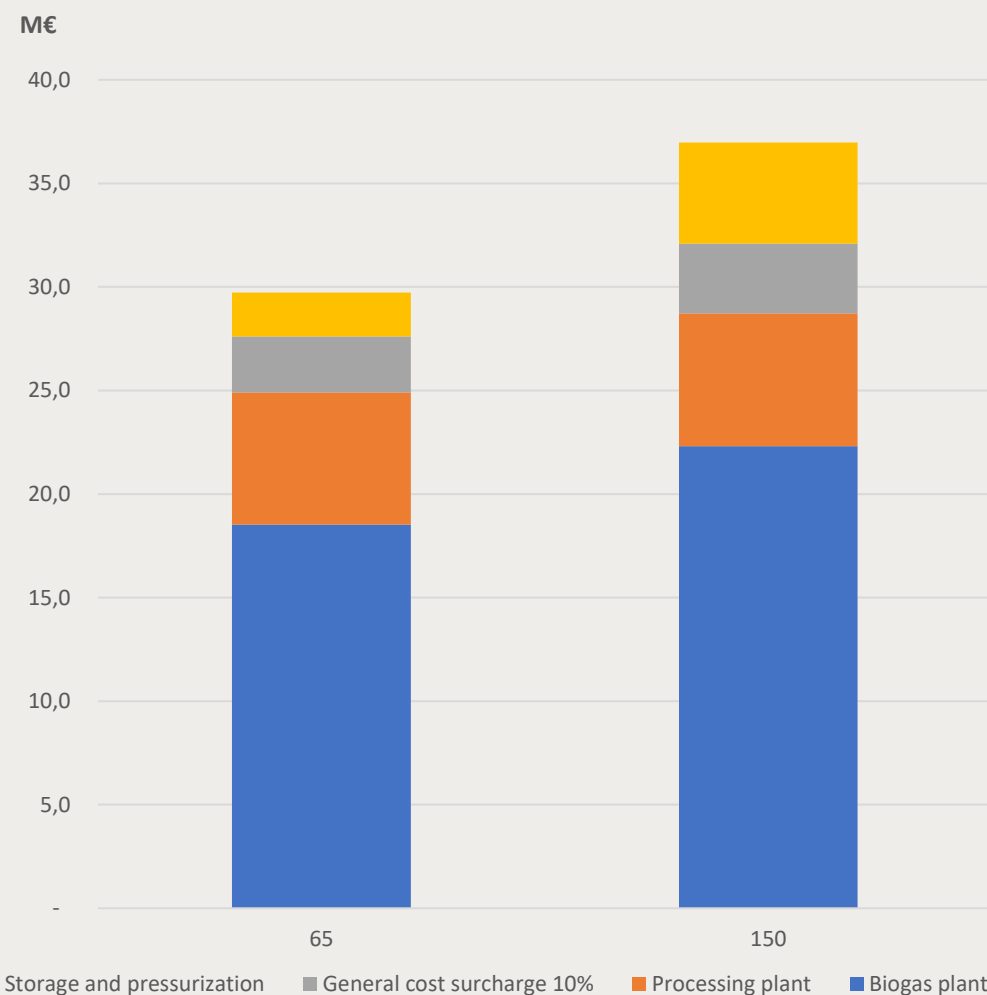
1. Johdanto
2. CBG:n tuotantokustannukset
3. CBG:n käytön kustannukset
4. Mädätysjäännöksen lannoitekäyttö
5. Yhteenveto

Lähteet

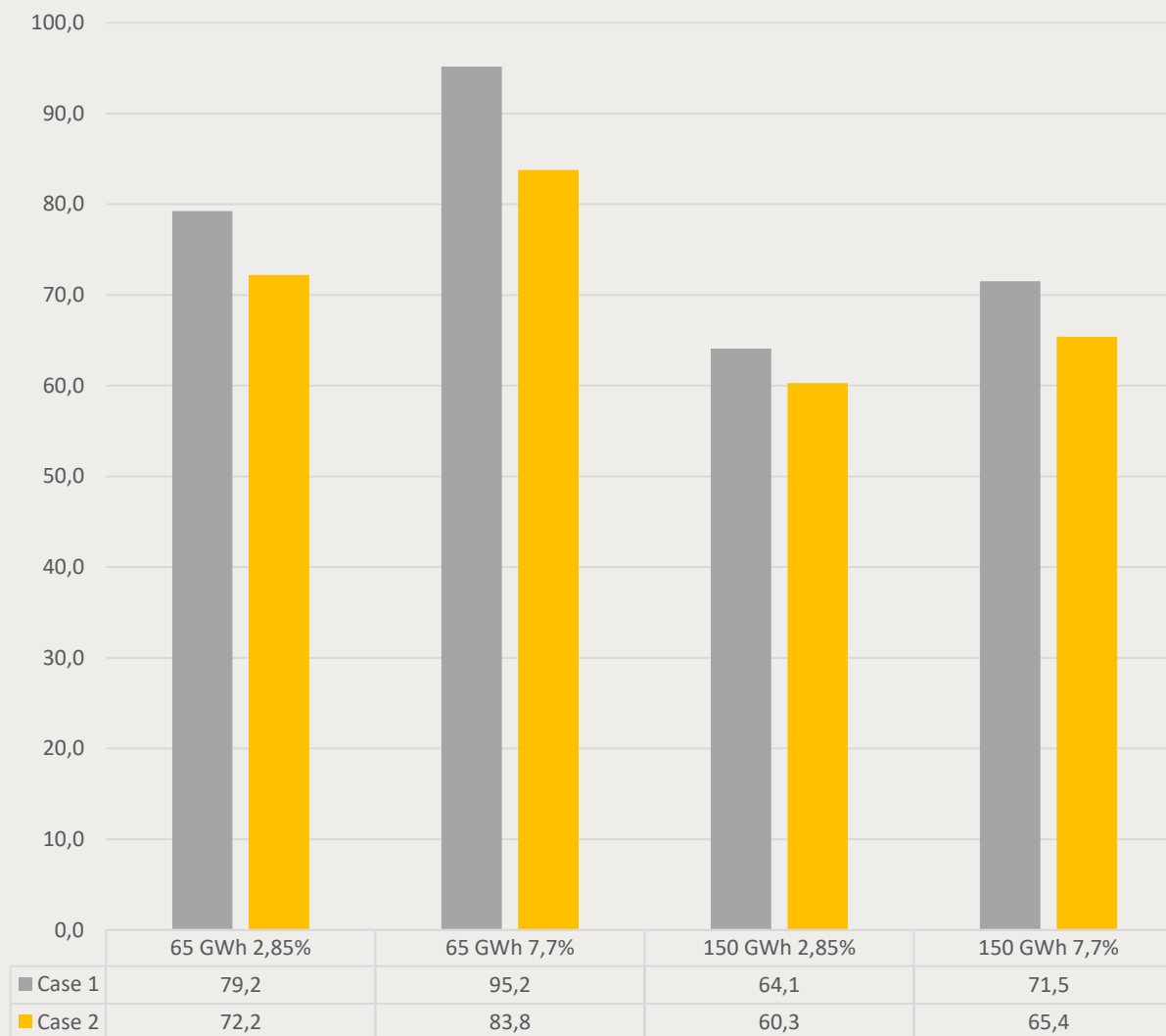
Executive summary

- This study complements the previously completed TP2 sub-report, *“Assessment of Biogas Production and Utilization Potential as well as Emission Calculations for Biogas Production and Use – Central Ostrobothnia.”* This report focuses on techno-economic assessments of biogas production and utilization. The study examines the perspectives of both biogas and compressed biogas (CBG) producers and users. Additionally, it explores how agricultural entrepreneurs can utilize recycled fertilizer products generated during biogas production.
- The research focuses on the lifecycle costs of compressed biogas (CBG) production, assessed through the levelized cost of energy (LCOE). The LCOE is significantly influenced by factors such as initial investment, capital costs, operation and maintenance costs, fuel costs, and the amount of energy produced. The calculation yields a unit price of energy at which the facility can operate economically. Calculations are performed at different discount rates, and sensitivity analysis considers factors such as potential investment subsidies. The calculations were made for two different-sized CBG plants, 65 GWh/year and 150 MWh/year, so that the scale advantage of production would be noticeable in the calculations.
- The aim of the study is to determine whether the production facilities defined in the calculations can produce fuel at a lower cost than CNG, diesel, or 95E10 gasoline, and at what price it would be economically viable for users to switch to CBG instead of fossil-based CNG or diesel fuel. The analysis is conducted from the perspectives of transportation, industry, and energy production.
- The research examines the usability, nutrient content, and pricing practices of recycled fertilizer products generated during biogas production.

- CBG-plant investment cost calculations mainly followed the recent study of the Biomethane Industrial Partnership (BIP Europe, 2023) on the costs of biomethane production. In addition, the cost data from the study by Rautavuori et al. (2023) were refined to determine the investment costs.
- The investment cost for a 65 GWh CBG-plant was estimated at 29.7 M€, and for a 150 GWh CBG-plant, 37.0 M€. The investment costs of the plants are in the same size category as biogas production plants in Finland.
- Many large plants in Finland primarily produce liquefied biogas, which requires slightly different investments from the plant compared to the production of compressed biogas. This may explain the small differences in investment costs.



- The LCOE calculated at the risk-free rate (2.85%) reflects the CBG production cost, covering initial investment, operating, and financing costs over the project's lifetime, but excludes profit generation. At the higher interest rate (7.7%), the LCOE incorporates a reasonable return on investment and is considered indicative of the expected CBG selling price.
- For a 150 GWh plant with investment support, the expected CBG selling price is 65.4 €/MWh, rising to 71.5 €/MWh without support. For a 65 GWh plant, the corresponding prices are 83.8 €/MWh and 95.2 €/MWh, respectively.



Case 1: Basic case where the plant's heat needs, and part of the electricity needs are covered by burning the produced biogas

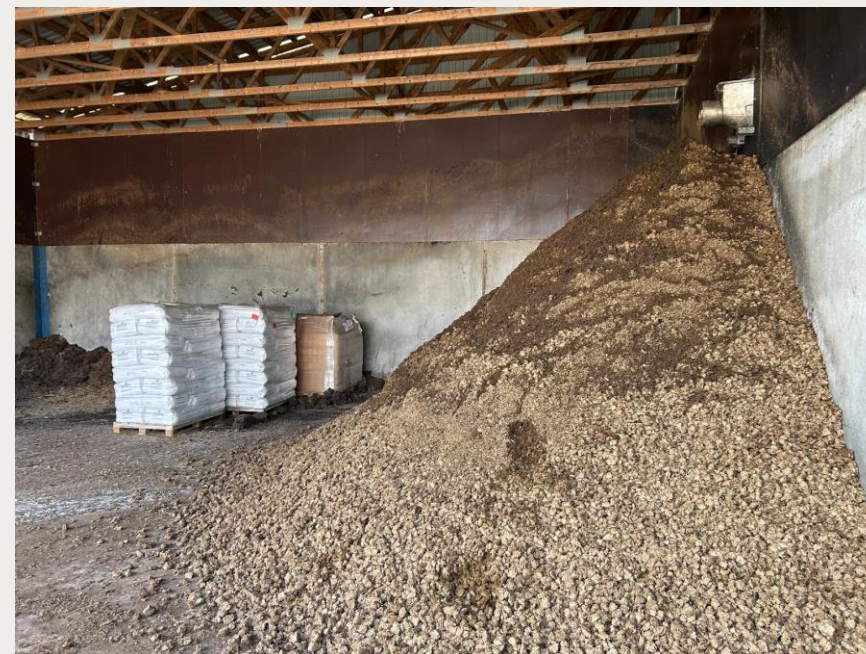
Case 2: Energy production like the base case. A 30% investment subsidy is granted for the project.

-
- Next, the cost effects of switching to CBG use in road traffic, industry and energy production were evaluated.
 - The analysis confirmed that CBG is already in most cases a cost-competitive fuel alternative for diesel use in heavy road traffic, for gasoline in passenger car traffic. The density of CBG means that CBG is not very effective for long distance heavy traffic. Also, EU regulation and the technologies generally used in internal combustion engines weaken the possibilities of using CBG in passenger car traffic.
 - In addition, depending on the production volume, CBG is competitive with CNG in industry and CHP in energy production.
 - In industrial use, an excise duty of 10,41 €/MWh is added to the price of biogas. The corresponding excise duty for natural gas is 23,35 €/MWh (Verohallinto, 2024b). The price of CNG without value added tax and excise duty has been on average 51.26 €/MWh in the period 1–6.2024 (Tilastokeskus, 2024b). The maximum excise duty-free price of biogas in this case is 64.2 €/MWh to make it the same price as CNG.
 - Fuels used for the combined production of electricity and heat have their own excise duties (Verohallinto, 2024b). The excise duty on biogas made from waste and used for heating purposes or stationary engines that meets sustainability criteria is 1.28 €/MWh. The excise duty on natural gas in that use is 15.72 €/MWh. The maximum excise duty-free price of biogas in this case is 65.7 €/MWh, so that it would be the same price as CNG.
 - In addition, in the calculations, CBG was considered a local product, resulting in lower transport costs compared to CNG delivered from afar. This allows CBG to be cheaper than CNG in certain cases, even if its production costs are slightly higher.
 - In electricity production, the lack of excise duty makes CBG more expensive to use than CNG.
-

Biomethane production plants not only generate renewable energy but also produce digestate, a byproduct rich in essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, and organic matter. Fertilizer products made from digestate provide farmers with a sustainable and competitive alternative to traditional mineral fertilizers.

The use of recycled organic fertilizers offers several advantages over industrially produced mineral fertilizers. By utilizing recycled fertilizers, farmers can reduce their dependence on mineral fertilizers, whose prices fluctuate significantly with changing market conditions. This helps stabilize production costs and reduces exposure to external price volatility. Additionally, recycled fertilizers are often more affordable than their mineral counterparts, enabling farmers to save on one of their largest annual expenses.

Recycled fertilizers also promote efficient and ecological nutrient cycling. They return organic matter to the soil, increasing its carbon stock, enhancing growth conditions, and boosting biological activity. Furthermore, the domestic production of recycled fertilizers strengthens fertilizer self-sufficiency and improves the security of supply.



Johdanto

- Biokaasun avulla orgaaniset jätteet ja sivuvirrat voidaan hyödyntää uusiutuvan energian sekä kierrätyslannoitteiden ja maanparannusaineiden tuotannossa (Biokaasuvision 2030, 2024). Biokaasun käyttö lisää erilaisten tuotantopanosten kotimaisuutta ja edistää hyvinvointia eri puolilla Suomea samalla vähentäen päästöjä muun muassa maataloudessa, liikenteessä ja teollisuudessa. Voidaankin sanoa, että biokaasutuotanto tukee tehokkaasti kotimaista kiertotaloutta.

DigiBiogasHubs-hankkeen tavoitteet ja kohderyhmät

DigiBiogasHubs-hankkeen tavoitteena on kehittää digitaalinen verkkoalusta, joka tukee biokaasutoimijoiden yhteistyötä. Hanke toteutetaan Keski-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueilla, ja sen ensisijaisia kohderyhmiä ovat:

- raaka-aineen ja biomassan omistajat sekä tuottajat
- biokaasun tuottajat
- biokaasun jakelijat
- biokaasun käyttäjät
- teknisten ratkaisujen toimittajat

Raportin sisältö ja tavoitteet

Tämä selvitys täydentää aiemmin valmistunutta TP2-osaraporttia ”Biokaasun tuotanto- ja käyttöpotentiaalinen selvitys sekä biokaasun tuotannon ja käytön päästölaskenta”. Tämä raportti keskittyy biokaasun tuotannon ja käytön teknistaloudellisiin arvioihin.

- Selvitystyö tarkastelee sekä biokaasun ja paineistetun biokaasun (CBG) tuottajan että käyttäjän näkökulmia. Lisäksi tutkitaan, miten maatalousryttäjät voivat hyödyntää biokaasutuotannossa syntyviä kierrätyslannoitevalmisteita.

Tutkimusmenetelmät

- **CBG:n tuottajan näkökulma**

Tutkimus keskittyy paineistetun biokaasun (CBG) tuotannon elinkaaren aikaisiin kustannuksiin, joita arvioidaan tasoitetuilla energiakustannuksilla (LCOE, levelized cost of energy). LCOE-hintaan vaikuttavat keskeisesti alkuinvestointi, pääomakustannukset, huolto- ja ylläpitokustannukset, polttoainekustannukset sekä tuotetun energian määrä. Laskennan tuloksena saadaan energian yksikköhinta, jolla laitos voi toimia taloudellisesti kannattavasti. Laskentaa tehdään eri laskentakoroilla, ja herkkyyksianalyysissä huomioidaan muun muassa mahdolliset investointituet.

- **CBG:n käyttäjän näkökulma**

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, kykenevätkö tutkimuksen laskelmissa määritellyt tuotantolaitokset tuottamaan CNG:tä, dieseliä tai 95E10-bensiiniä halvempaa polttoainetta, ja millä CBG:n hinnalla käyttäjän on taloudellisesti kannattavaa siirtyä CBG:n käyttöön fossiilisen CNG:n tai dieselpolttoaineen sijaan. Tarkastelua tehdään liikenteen, teollisuuden ja energian tuotannon näkökulmista.

- **Syötetoimittajien näkökulma**

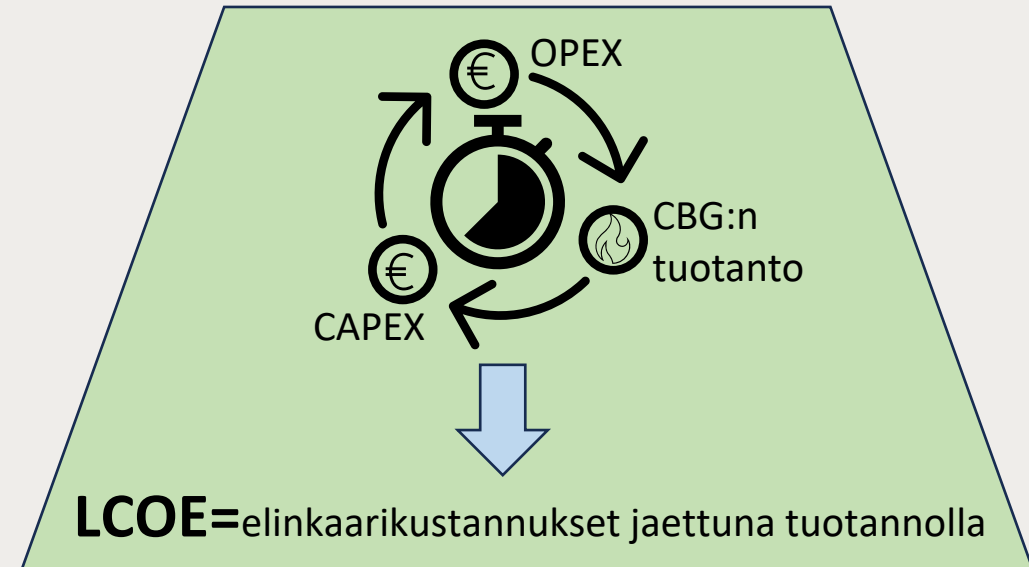
Tutkimus tarkastelee biokaasutuotannon yhteydessä syntyvien kierrätyslannoitevalmisteiden käytettävyyttä, ravinnepitoisuuksia ja hinnoittelukäytäntöjä.

CBG:n tuotantokustannukset

- CBG:n tasoitetut tuotantokustannukset (LCOE) tarkoittavat yksikköhintaa, jolla CBG:tä tuotetaan laitoksen koko elinkaaren aikana. LCOE ilmoitetaan muodossa €/MWh.
- LCOE lasketaan jakamalla elinkaarikustannukset laitoksen tuottamalla energiamäärällä. Laskelma huomioi seuraavat tekijät:

1. Pääomakulut
2. käyttö- ja ylläpitokulut
3. mahdolliset polttoainekulut.

Kaikki kustannukset ja tuotettu energia diskontataan nykyarvoon.



Investointikustannukset

- Investointikustannukset perustuvat BIP European (Biomethane Industrial Partnership) vuoden 2023 raporttiin biometaanin tuotannon kustannuksista (BIP Europe, 2023). Tiedot raporttiin kerättiin eurooppalaisilta biokaasulaitosten omistajilta, operaattoreilta, laitoskehittäjiltä, teknologiatoimittajilta ja kokonaisratkaisujen tarjoajilta. Lisäksi Rautavuoren, ym. (2023) selvitystä kustannustiedoista jalostettiin investointikulujen selvittämiseksi.
- Saadut tulokset on lopuksi vertailtu Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n listaukseen vireillä olevista paineistetun biometaanin laitoshankeinvestoinneista Suomessa (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, 2024).
- Tässä selvityksessä investointikustannukset selvitettiin kahdelle eri kokoluokan CBG-laitokselle: 65 GWh/v ja 150 GWh/v. 150 GWh vuosituotanto kykenisi hyvin kattamaan aiemmin valmistuneessa osaraportissa lasketun tieliikenteen biometaanin käyttöpotentiaalin Keski-Pohjanmaan maakunnassa.
- Investointikustannusten laskenta on jaoteltu kolmeen osaan: biokaasun tuotantoon, jalostukseen ja varastointiin. Lisäksi kustannuksiin sisältyy 10 % yleiskustannuslisä, joka kattaa muun muassa suunnittelun, projektinhallinnan, lupaprosessit, viranomaismaksut, vakuutukset sekä toimisto-, hallinto- ja konsultointipalvelut. Lisäys huomioi myös mahdollisiin viivästyksiin liittyvät kulut.

Biokaasulaitosinvestointiin sisältyvät:

- **Esikäsittely:** syötteiden vastaanotto, välivarastointi, esikäsittely ja syöttö.
- **Mädätys:** reaktorit, kaasun käsittely (esim. rikinpoisto), kaasun ja mädätysjäännöksen varastointi.
- **Jäteveden ja mädätysjäännöksen käsittely.**
- **Balance of Plant (BOP):** automaatio-, ohjaus-, sähköistys- ja LVI-järjestelmät, prosessitilat ja muut oheislaitteet.
- **Rakennuttaminen.**

Jalostuslaitosinvestointiin sisältyvät:

- laitteistokustannukset
- Balance of Plant
- Rakennuttaminen

•Varastointi- ja paineistuslaitosinvestointiin sisältyvät:

- Rakennuttaminen
- Paineistaminen
- Varastointi
- Tankkausasema

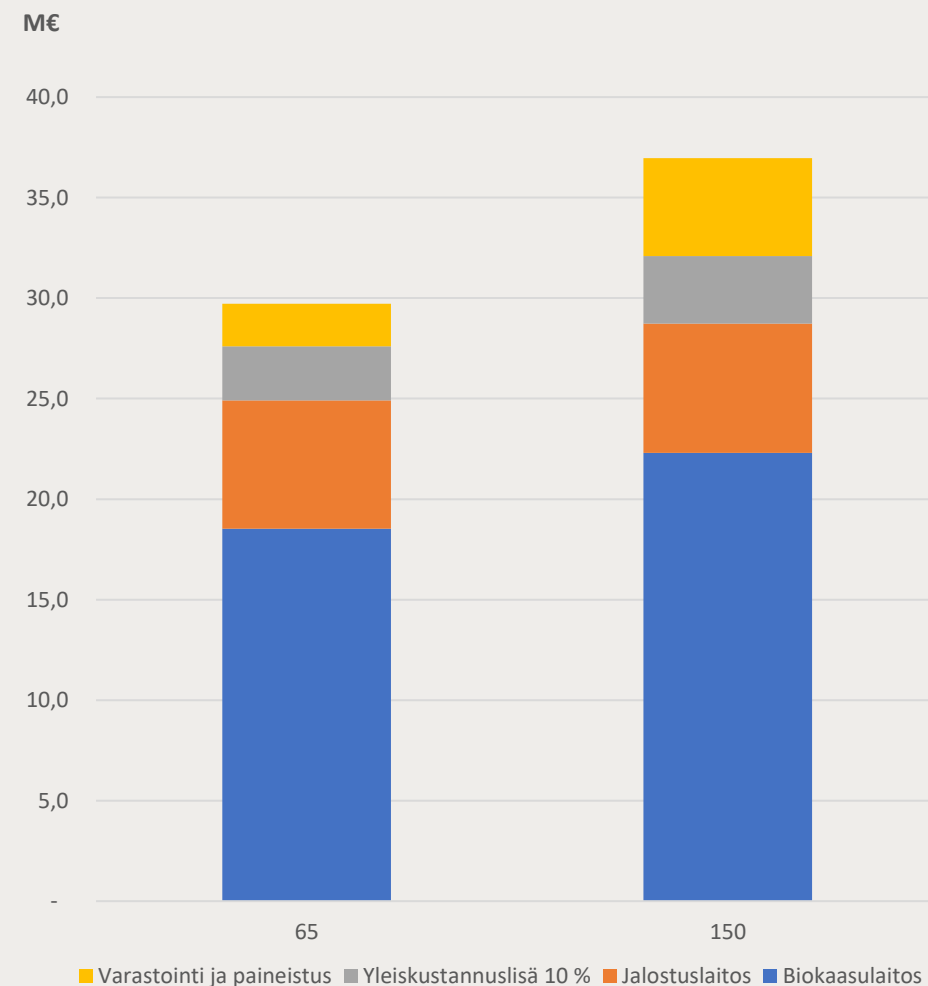
Jalostuslaitos mitoitettiin vuosituotantoihin 65 GWh ja 150 GWh. Perustapauksessa CBG-laitoksen lämpöenergian ja osan sähkön tarpeista katetaan polttamalla tuotettua biokaasua, joten biokaasun tuotantolaitokset mitoitettiin suuremmiksi (71 ja 163 GWh/v). Tästä 8 % tuotetusta biokaasusta käytetään omaan tarpeeseen. Laitoksen syöteseos valittiin mukailemaan aiemmassa TP2 osaraportissa selvitettyä Keski-Pohjanmaan biomassajakaumaa, jossa biomassat koostuvat suurilta osin lannoista. Syöteseosten jakaumaksi valittiin näin ollen lantasyötteen 80 % ja nurmisyötteen 20 %.

Lisäksi huomioitiin tuotantolaitoksen:

- **Metaanivuoto:** 1 %
- **Käyttöaste:** 95 %

CBG-laitoksen arvioidut investointikustannukset

CBG:n tuotanto, GWh/v	65	150	65	150
Raakakaasun tuotanto, GWh/v	71	163		
Biokaasulaitoksen kapasiteetti, MW	8,05	18,6		
Jalostuslaitoksen kapasiteetti, MW	7,4	17,1		
	Yksikkökustannus		Kokonaiskustannus	
	M€/MW	M€/MW	€	€
Biokaasulaitos	2,3	1,2	18 525 371	22 304 795
Jalostuslaitos	0,56	0,38	6 381 279	6 421 233
Varastointi ja paineistus	0,3	0,3	2 116 460	4 884 139
Yleiskustannuslisä 10 %			2 702 311	3 361 017
Yhteensä			29 725 421	36 971 183



Biokaasuinvestointien hintavertailu

- Useimmat suuret biokaasulaitokset tuottavat nesteytettyä biokaasua (LBG) juuri sen energiatiheydestä johtuen. Koska biokaasun nesteytys on erillinen prosessivaihe, aiheuttaa se lisäkustannuksia laitosinvestointeihin ja käyttökustannuksiin. BIP Europen (2023) mukaan nesteytysyksikön laitosinvestointi kustantaisi tämän selvityksen laitoksissa keskimäärin 0,8 M€/MW. Varastointi ja paineistusyksiköiden investointikustannuksiksi arvioitiin 0,3 M€/MW. Arvioinnissa hyödynnettiin Rautavuoren, ym. (2023) selvitystä. Tämä tulee huomioida verrattaessa LBG-tuotantolaitoksia CBG-laitoksiin.
- Tämän selvityksien laitoksien investointikustannukset ovat seuraavat:
 - 65 GWh laitokselle 0,457 M€/GWh
 - 150 GWh laitokselle 0,246 M€/GWh
- 1. Pöytyälle rakenteilla oleva 150 GWh nesteytetyn biokaasun laitoksen investointikustannuksiksi muodostuu 0,33 M€/GWh (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, 2024). Lisäksi laitokselle on merkitty mahdollisuus tuottaa 100 GWh e-metaania biokaasutuotannon hiilidioksidista. Tällöin investointikustannus laskisi 0,2 M€/GWh.
- 2. BioGPaimio Oy on rakentamassa Paimioon 40 GWh nesteytetyn biokaasun laitosta. Kyseisen laitoksen hinnaksi muodostuu 0,5 M€/GWh (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, 2024).
- Investointikustannukset ovat samaa kokoluokkaa vertailtujen laitosten kanssa. On huomattava kuitenkin, että nesteytyslaitosten investointikustannukset voivat olla poikkeavia verrattuna paineistuslaitokseen nähden. Lisäksi on huomioitava, että käytettävä syöte vaikuttaa laitoksen investointeihin, sillä pelkkää lietelantaa käyttävien laitosten reaktorien ja mädätysjäännösaltaiden on oltava huomattavasti suurempia kuin saman tuotantomäärän peltobiomassoihin perustuvien laitosten.

CBG:n käyttökustannukset

- Biometaanin tuotantokustannukset ovat suuresti riippuvaisia käytetyistä syötteistä, teknologioista ja laitoksen sijainnista. Tässä työssä käytetyt teknologiavalinnat on kuvattu hankkeessa aiemmin valmistuneessa T2 osaraportissa ”Biokaasun tuotanto- ja käyttöpotentiaalin selvitys sekä biokaasun tuotannon ja käytön päästölaskenta”. Poikkeuksena edellä mainittuun selvitykseen tässä selvityksessä biometaania ei nesteytetä vaan se paineistetaan.
- Tyypillisesti käyttökustannukset muodostuvat:
 - Raaka-aineen hankinnasta (syötteiden keräily ja kuljetus, syötemaksut)
 - Energiakustannuksista
 - Palkoista
 - Huolto- ja kunnossapitokustannuksista
 - Kemikaalien ja kulutustarvikkeiden hankinnasta
 - Hallinnollisista kuluista

Raaka-aineiden hankintakustannukset

- Tässä selvityksessä syötteet muodostuvat maatalouden jätteistä ja sivuvirroista, jotka eivät ole pois eläinten tai ihmisten ruoantuotannosta. Näiden raaka-aineiden arvo voidaan tällöin olettaa vähäiseksi. Laskennassa laitos ei maksa syötemaksuja kyseisistä jätteistä eikä myöskään peri niistä porttimaksuja. Tällöin raaka-aineen ainoaksi hankintakustannukseksi voidaan määrittää kuljetuskulut. Kuljetuskustannuksena käytettiin 0,15 €/t/km (Aarras ja muut, 2018). Hankkeessa aiemmin valmistuneessa T2 osaraportissa ”Biokaasun tuotanto- ja käyttöpotentiaalin selvitys sekä biokaasun tuotannon ja käytön päästölaskenta” mainituilla kuljetusetäisyyksillä MWh-perusteiseksi kuljetuskustannukseksi muodostuu 12 €/MWh. CBG:n kuljetus tehdään selvityksessä painesäiliöitä kuljettavilla kuorma-autoilla. AD-Fuelsin (2022) mukaan CBG:tä voidaan kuljettaa heidän kuljetusperävaunuissaan lähes 9 tonniin asti kerrallaan. Kuljetuksen massaksi arvioidaan kuitenkin 25 tonnia. CBG:n kuljetus 50 km kuljetusetäisyydelle kustantaa tällöin 1,50 €/MWh

Energiakustannukset

- Laitoksen omat lämmöntarpeet ja osa sähköntarpeista katetaan polttamalla tuotettua biokaasua. Oman sähköntuotannon ylittävä sähkö ostetaan verkosta. Verkkosähkön hintana käytetään vuoden 2024 ensimmäisen vuosipuoliskon keskihintaa 84,5 €/MWh (Tilastokeskus, 2024a). Perustapauksessa laitoksen MWh-perusteiseksi energiakustannukseksi muodostuu 14 €/MWh. Energiankulutus koostuu syötteiden käsittelystä, biokaasun tuotannosta, jalostuksesta, paineistuksesta ja varastoinnista sekä mädätejäännöksen käsittelystä.

Kemikaalien ja kulutustarvikkeiden hankintakustannukset

- Biokaasun puhdistus- ja jalostusprosessit vaativat erilaisia kemikaaleja mm. rikkivetyjen ja muiden epäpuhtauksien poistamiseen sekä hiilidioksidin poistamiseen kaasusta. Kemikaalien ja kulutustarvikkeiden hankintakustannukseksi asetettiin 5,50 €/MWh (BIP, 2023).

Palkat

- Laitoksen operointi vaatii ammattitaitoista henkilöstöä, erityisesti ylläpito- ja valvontatehtäviin. Palkkakustannusten määrittelyssä lähteenä käytettiin BIP Europen raporttia (BIP, 2023), jossa biokaasun tuotannon palkkakustannukset alle 8 MW laitoksissa ovat 7,50 €/MWh ja yli 14 MW laitoksissa 4 €/MWh. Jalostuksen palkkakustannuksena molemmissa kokoluokissa käytettiin BIP Europen raportin mukaista 1 €/MWh. Palkkakustannukseksi 65 GWh laitokselle muodostuu näin 8,5 €/MWh ja 150 GWh laitokselle 5 €/MWh.

Huolto- ja kunnossapitokustannukset

CBG-laitoksen huolto ja kunnossapito ovat kriittinen osa laitoksen toimintaa, sillä ne varmistavat laitoksen turvallisuuden, tehokkuuden ja pitkän käyttöiän. Huollon ja kunnossapidon kustannukset liittyvät erityisesti laitoksen laitteistojen, kuten biokaasun jalostuslaitteiden sekä muun teknisen infrastruktuurin ylläpitoon ja korjauksiin. Kustannusten suuruudeksi arvioitiin 2 % investointikustannuksesta ilman asennusta ja yleiskustannuslisää.

Hallintokustannukset

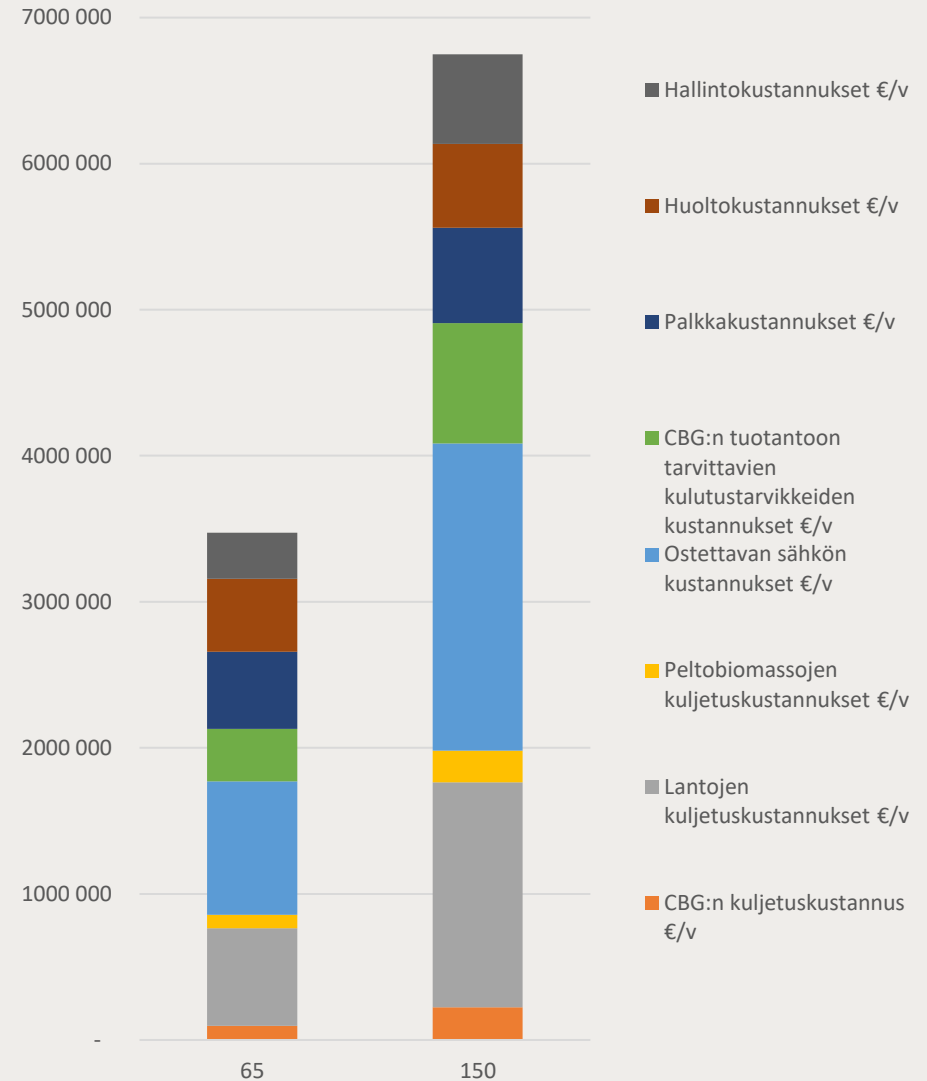
Hallintokulut eivät suoraan liity tuotantoprosessiin, mutta ovat välttämättömiä laitoksen toiminnan kannalta ja sisältävät mm. toimistokulut, vakuutukset, markkinoinnin ja myynnin sekä lupamaksut ja ympäristövalvonnan. Hallintokulujen suuruudeksi arvioitiin 10 % laitoksen vuosittaisista kokonaiskäyttökustannuksista.



Kuva: Centria TKI

CBG-laitoksen arvioidut käyttökustannukset

CBG:n tuotanto, GWh/v	65	150
Raakakaasun tuotanto, GWh/v	71	163
CBG:n kuljetuskustannus €/v	97 422	224 820
Lantojen kuljetuskustannukset €/v	667 337	1 540 008
Peltobiomassojen kuljetuskustannukset €/v	93 387	215 509
Ostettavan sähkön kustannukset €/v	913 652	2 103 722
CBG:n tuotantoon tarvittavien kulutustarvikkeiden kustannukset €/v	357 500	825 000
Palkkakustannukset €/v	529 246	651 450
Huoltokustannukset €/v	498 133	574 521
Yhteensä	3 156 678	6 135 030
Hallintokustannukset €/v	315 668	613 503
Yhteensä sis. Hallintokustannukset	3 472 346	6 748 533
Tuotantokustannukset €/MWh	53	45



LCOE

Laskentakorko on keskeinen tekijä LCOE-laskennassa, sillä sen avulla arvioidaan tulevaisuuden kustannusten arvo nykyhetken rahassa. Ensimmäisenä laskentakorkona käytettiin niin sanottua riskitöntä korkoa, joka määritettiin Suomen valtion 10 vuoden viitelainojen korkotasoksi, 2,85 % (Suomen Pankki, 2024). Tämän perusteella laskettu tulos kuvaa laitoksen CBG-tuotantohintaa, joka kattaa alkuinvestoinnin, käyttökustannukset ja rahoituskustannukset laitoksen koko elinkaaren ajalta. Tällöin laitos toimii kustannusperusteisesti ilman voittoa.

Koska hankkeen sijoittajilta voidaan kuitenkin odottaa kohtuullista tuottoa, LCOE laskettiin myös laskentakorolla, joka sisältää kohtuullisen tuottovaatimuksen. Kohtuullisen tuottovaatimuksen määrittelyssä hyödynnettiin Energiaviraston (2023) ohjeistusta riskipreemioiden huomioimisesta. Laskentakorkoon lisättiin seuraavat komponentit:

1. **Markkinariski:** 4,6 % * beeta 0,6
2. **Likviditeettipremio:** 0,6 %
3. **CBG:n lisäriskipremio:** 0,9 %
4. **Vieraan pääoman riskipremio:** 0,59 %

Yllä mainittujen komponenttien yhteisvaikutuksesta laskentakorko nousi 7,7 %:iin. Tämän laskentakoron pohjalta määritelty LCOE edustaa laitoksen odotettua CBG:n verotonta myyntihintaa.

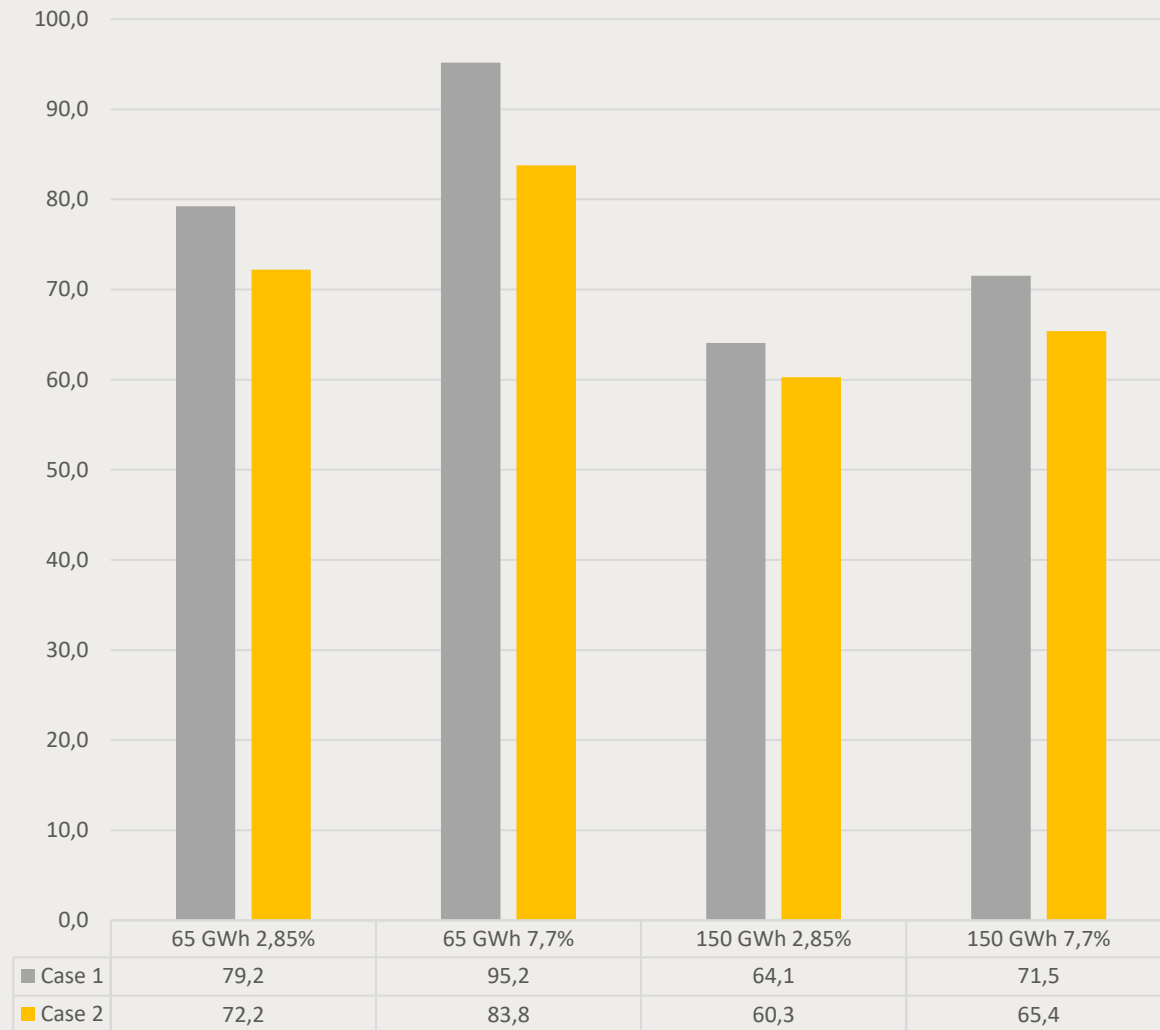
Laskelmissa laitoksen taloudelliseksi käyttöiäksi asetettiin 25 vuotta ja käyttökustannusten vuosittaiseksi hinnannousuksi 1,6 %.

-
- Tapauksessa 2 (Case 2) investoinneille myönnetään 30 % hankintatuki. Tuki myönnetään investointiosuudesta ilman yleiskustannuslisää.
 - Työ- ja elinkeinoministeriön energiatukiohjelman tarkoituksena on tukea energiahankkeita, joiden arvioidaan parhaiten edistävän tulevaisuuden energiaratkaisuja vuoden 2030 EU-tavoitteiden ja vuoden 2035 kansallisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuen myöntämisessä voidaan arvioida myös sitä toteutuisiko hanke ilman kyseessä olevaa tukea. Tuen tavoitteena onkin madaltaa etenkin uuteen teknologiaan liittyviä teknisiä ja taloudellisia riskejä (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2024).
 - Biokaasun jalostukseen, siirtoon ja jakeluun liittyviä investointeja tuetaan vain, jos samalla investoidaan uuteen reaktorikapasiteettiin. Hakijan on biokaasuhankkeissa toimitettava myös suunnitelma mädätysjäännöksen jatkojalostuksesta ja käytöstä.
 - Energiatuen osuus voi olla investointihankkeessa enintään 30 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista, ja sen myöntämisestä tehdään aina erillinen harkinta. Energiatuen myöntämisen yleiset ehdot vuosille 2023–2027 on määritelty valtioneuvoston asetuksessa (262/2023).
 - Hyväksytyiltä investointikustannuksiltaan yli viiden miljoonan euron tukihakemukset käsitellään suurten uuden energiateknologian demonstraatiohankkeiden tukihaussa.

65 GWh/v laitokoossa riskittömällä korkokannalla lasketuksi CBG:n tuotantohinnaksi muodostuu 72,2 ja 79,2 €/MWh.

Mittakaavaetu muodostaa suuremman 150 GWh/v laitoksen tuotantohinnan alemmaksi, 60,3 – 64,1 €/MWh.

Kun tuotantohintaan lisätään kohtuullinen tuottovaatimus laitoksen toiminnalle, saadaan CBG:n odotetuksi verottomaksi myyntihinnaksi 65 GWh/v laitokoossa 83,8 – 95,2 €/MWh ja suuremmassa 150 GWh/v laitokoossa 65,4 – 71,5 €/MWh.



Case 1: Perustapaus, jossa laitoksen lämmöntarpeet ja osa sähköntarpeista katetaan polttamalla tuotettua biokaasua

Case 2: Energiantuotanto samanlainen kuin perustapauksessa. Hankkeelle myönnetään 30 % investointituki.

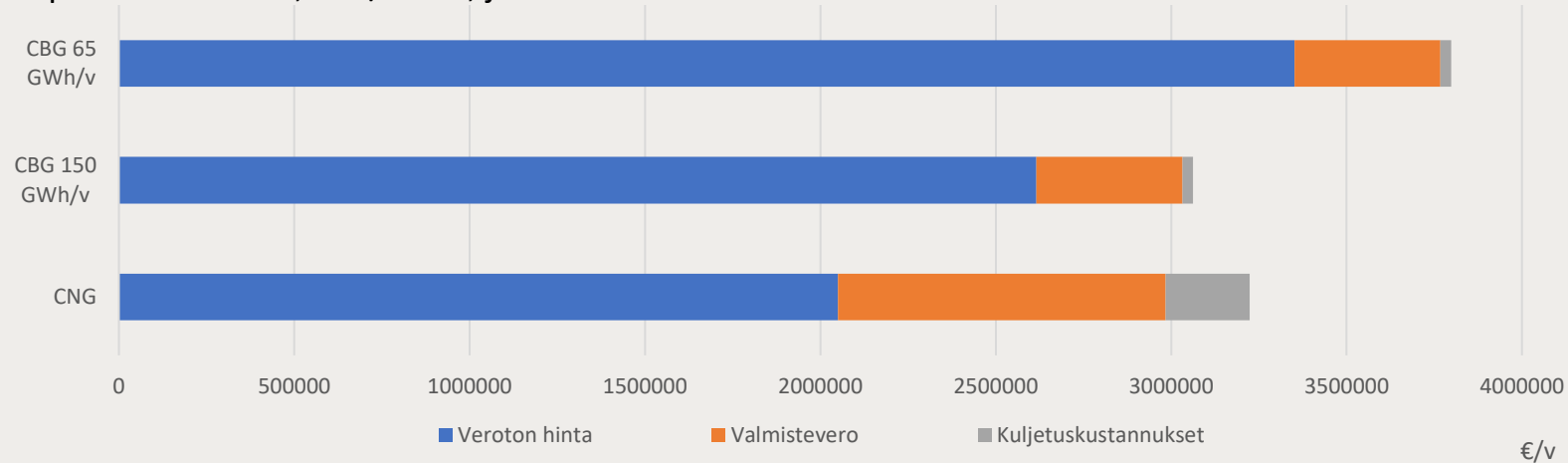
CBG:n käytön kustannukset

Teollisuudessa sekä lämmön- ja sähköntuotannossa käytettävät polttoaineet muodostavat tuotantoon suuren kuluerän. Polttoaineen hintaan vaikuttaa merkittävästi sen valmistevero. Seuraavissa laskelmissa esitetään tilanne, jossa kaasun tarpeeksi oletetaan 40 GWh/v. Lisäksi maakaasun kuljetusetäisyydeksi on määritelty 200 km ja paikallisen biokaasun kuljetusetäisyydeksi 25 km. Esimerkkilaskelmissa biokaasun hintana käytetään tapauksen 2 (Case 2) 7,7 % laskentakoron eli kohtuullisen tuottovaatimuksen mukaista hintaa.

Teollisuus

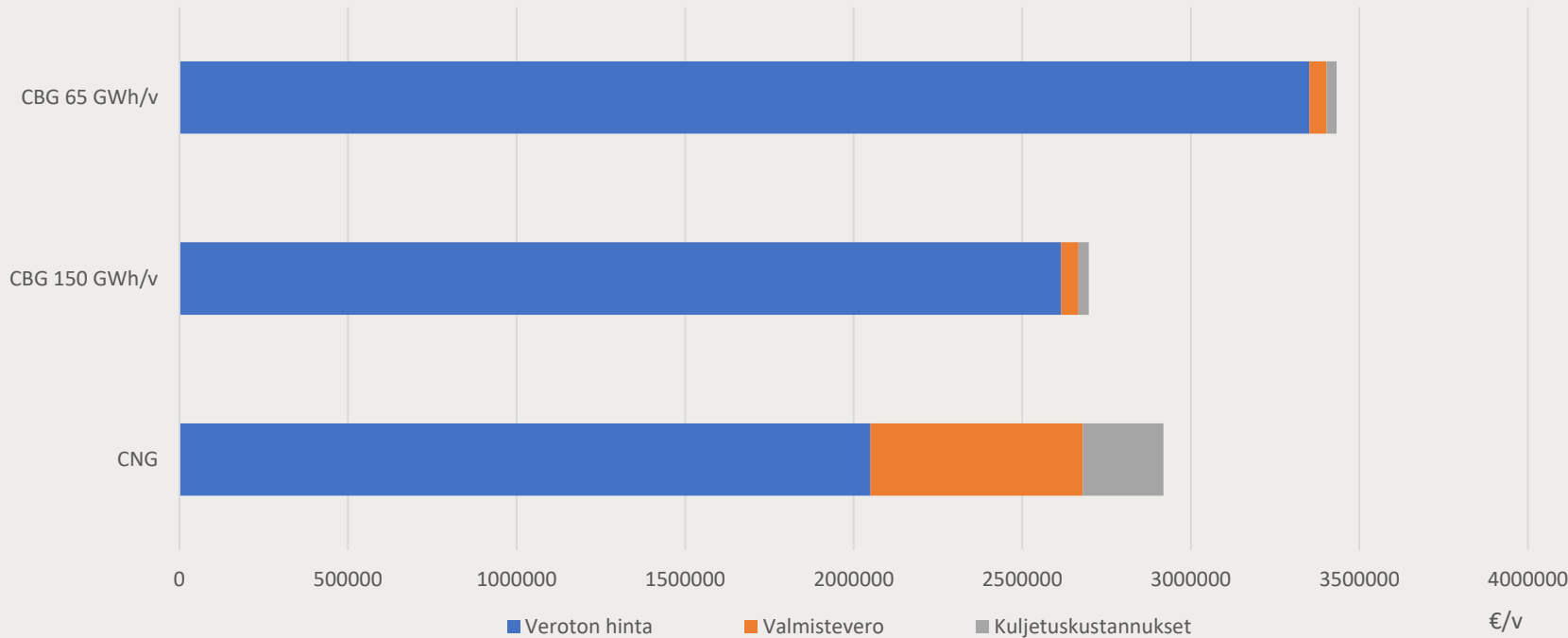
- Teollisuuskäytössä biokaasun hintaan lisätään 10,41 €/MWh valmistevero biokaasulle, joka täyttää laissa (393/2013) määritellyt kestävyyskriteerit, ja joka on lisäksi tuotettu jätteistä tai tähteistä (Verohallinto, 2024a). Maakaasulle vastaava valmistevero on 23,35 €/MWh (Verohallinto, 2024b). Tällöin CBG:n arvonlisäverottomaksi hinnaksi muodostuu 65 GWh/v laitoksella 94,20 €/MWh ja suuremmalle 150 GWh/v laitokselle CBG:n hinnaksi muodostuu 75,80 €/MWh. CNG:n arvonlisäveroton ja valmisteveroton hinta on ollut keskimäärin 51,26€/MWh aikavälillä 1.–6.2024 (Tilastokeskus, 2024b). Tällöin arvonlisäverottomaksi kokonaishinnaksi CNG:lle muodostuu 74,61 €/MWh. Biokaasun valmisteveroton enimmäishinta tässä tapauksessa on 64,20 €/MWh, jotta se olisi saman hintaista CNG:n kanssa.

- 150 GWh/v laitoksen tuottaman biokaasun hinta on valmisteverot huomioiden vain vähän maakaasua kallimpaa. Kuitenkin paikallisen biokaasun käytössä muodostuvat matalammat kuljetuskustannukset muodostavat 150 GWh/v biokaasulaitoksen biokaasusta maakaasua halvempaa.
- Kun biokaasu kuljetetaan 25 km ja maakaasu 200 km etäisyydeltä, ja kuljetuksen hinnaksi oletetaan 0,15 €/t/km, kokonaiskustannukset voivat olla jopa 160 000 € pienemmät vuodessa biokaasua käytettäessä kun metaanin käyttömäärä on 40 GWh/v.



Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto

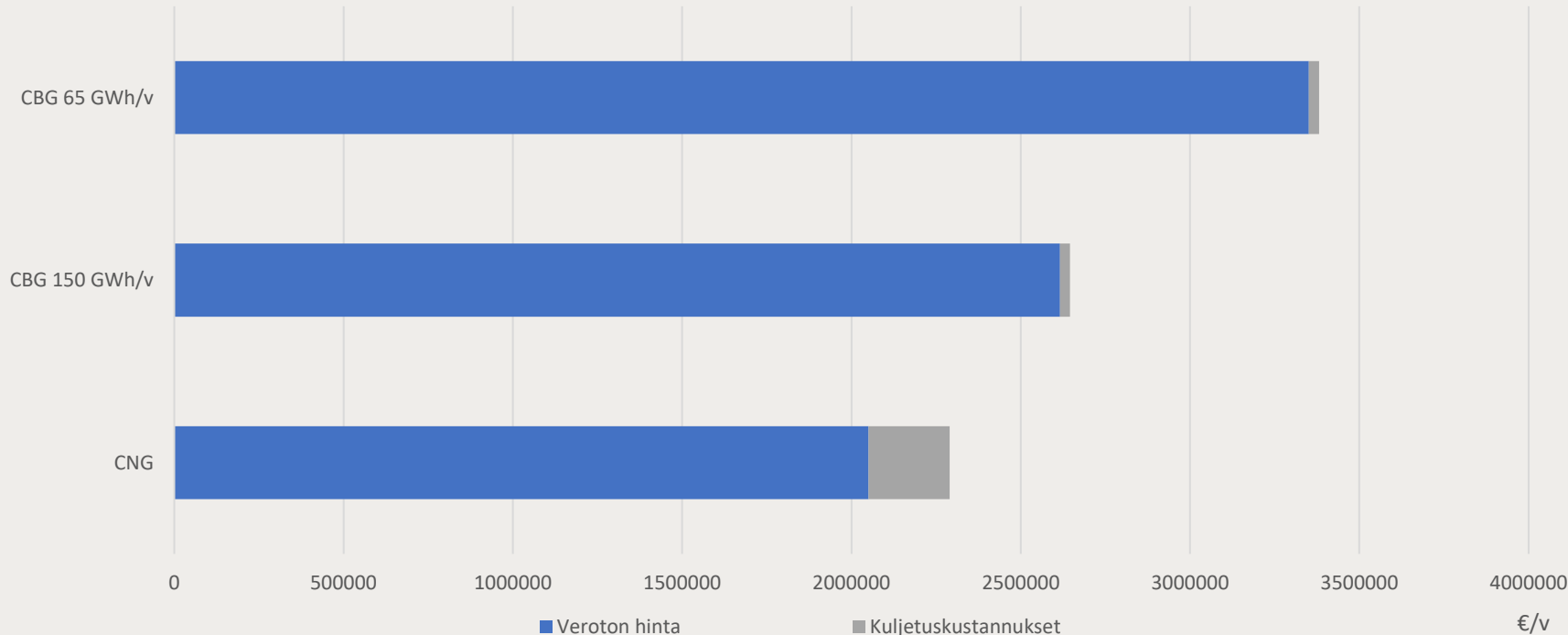
Sähkön ja lämmön yhteistuotantoon käytettäville polttoaineille on määritelty omat valmisteveronsa (Verohallinto, 2024b). Jätteistä valmistetun ja kestävyyskriteerit täyttävän lämmityskäytössä tai kiinteissä moottoreissa käytettävän biokaasun valmistevero on 1,28 €/MWh. Maakaasun valmistevero kyseisessä käytössä on 15,72 €/MWh. Biokaasun valmisteveroton enimmäishinta tässä tapauksessa on 65,7 €/MWh, jotta se olisi saman hintaista CNG:n kanssa.



- Ilmoitetuilla kulutusmäärillä suuremman 150 GWh/v biokaasulaitoksen tuottama CBG on kilpailukykyistä maakaasulle myös sähkön ja lämmön yhteistuotantoon johtuen sen matalammasta valmisteverosta. Lisäksi paikallisen biokaasun kuljetuskustannukset lisäävät biokaasun kilpailukykyisyyttä.
- Pienemmän, 65 GWh/v laitoksen tuottama biokaasu on kuitenkin maakaasua kalliimpaa, vaikka sen valmistevero ja kuljetuskustannukset ovat pienemmät. Tämä johtuu siitä, että pienemmän laitoksen investointi- ja tuotantokustannukset eivät alene samassa suhteessa kuin tuotantokapasiteetti verrattuna 150 GWh/v laitokseen. Siksi biokaasun hinta on korkeampi.

Sähkötuotanto

Pelkästään sähkötuotannossa käytettävät polttoaineet ovat verottomia ja huoltovarmuusmaksuttomia (Verohallinto, 2024a). Esimerkiksi lauhdevoimaloissa voidaan käyttää metaania polttoaineena sähkötuotannossa ilman lämmöntuotantoa kulutukseen.



- Selvityksessä tarkasteltujen esimerkkilaitosten biokaasu ei polttoainekulutuksen ja nykyisten maakaasun hintojen perusteella pysty kilpailemaan maakaasun kanssa, vaikka sen kuljetuskustannukset ovat pienemmät. Maakaasun kokonaishinta kuljetuskustannuksineen on 57,25 €/MWh, kun taas biokaasun hinta on 84,53 €/MWh 65 GWh/v laitoksessa ja 66,14 €/MWh 150 GWh/v laitoksessa.

Liikenne

- Perustapauksessa (Case 1) CBG:n odotettu arvonlisäveroton myyntihinta (laskentakorko 7,7 %) asettuu tasolle 84,94 – 108,58 €/MWh. Tämä hinta sisältää kestävyyskriteerit täyttävän, jätteistä ja tähteistä tuotetun biokaasun valmisteveron 10,41 €/MWh (Verohallinto, 2024a) sekä jakelukustannuksen 3 €/MWh. Investointituella tuetussa tapauksessa (Case 2) CBG:n valmisteverollinen hinta jakelukustannuksineen asettuu tasolle 78,80 – 97,20 €/MWh (alv 0 %). Dieselin arvonlisäverollisen pumppuhinnan keskiarvo ajalla 1–6/2024 on 1,85 €/l. Tästä laskettu MWh-kohtainen arvonlisäveroton hinta dieselille on 152 €/MWh.
- Seuraava esimerkkilaskelma esittää kustannustietoja enintään 42-tonnisen puoliperävaunuyhdistelmän vuosittaisista polttoainekustannuksista diesel- ja CBG-käytössä. Kulutusarviot perustuvat oppaaseen, joka tarjoaa kattavasti tietoja Volvo FH kuorma-auton ostajalle (ClassTrucks, 2023). Oppaassa esitetään kulutustietoja dieselpolttoaineelle sekä CNG:lle ja LNG:lle.

			Case 1 65GWh	Case 2 65GWh	Case 1 150GWh	Case 2 150GWh
Dieselin hinta (alv 0 %), €/MWh	152	CBG hinta (alv 0 %), €/MWh	108,58	97,20	84,94	78,80
Dieselin hinta (alv 0 %), €/l	1,47	CBG hinta (alv 0 %), €/kg	1,51	1,35	1,18	1,10
Ajomäärä km/v	150 000	Ajomäärä km/v	150 000	150 000	150 000	150 000
Kulutus l/100km	30	Kulutus kg/100km	30	30	30	30
Kustannukset yhteensä	66 150		67 919	60 797	53 130	49 291

- Voidaan huomata, että CBG on kustannustehokas raskaan liikenteen käyttövoimavaihtoehto. Ainoastaan 65 GWh/v laitoksen tuottama biokaasu on dieseliä kalliimpaa. Jukkaran (2024) mukaan, paineistetun kaasun säiliöt nostavat kuorma-auton hankintahintaa noin 10 000 €. Samalla paineistettua kaasua käyttävien kuorma-autojen hankintaan on myönnetty noin 6000 € hankintatuki. Tällöin laskelmassa kannattavina esitetyillä hinnoilla ja kulutusarvoilla investointikustannuksen ero säästyy polttoainekustannuksessa jopa 2,4 – 9,0 kuukaudessa.
- On kuitenkin huomattava, että paineistetun kaasun energiatiheys on dieseliin ja nesteytettyyn biokaasuun verrattuna pieni. Tällöin vastaavan kokoisilla polttoainesäiliöillä, kuorma-auton kantama jää 400-500 km, joka on jopa alle puolet edellä mainittujen nestemäisten polttoaineiden kantamasta (Scania Suomi, n.d.). Lyhyt kantama voi rajoittaa kuorma-auton soveltuvuutta pidemmän matkan kuljetuksiin.

- Henkilöautoliikenteessä paineistettua biokaasua voidaan verrata 95E10 bensiiniin. 95E10 arvonlisäveroton pumppuhinnan keskiarvo ajalla 1–6/2024 on 1,48 €/l (Tilastokeskus, 2024c). Tästä laskettu MWh-kohtainen arvonlisäveroton hinta on 172 €/MWh.
- Seuraava esimerkkilaskelma esittää kustannustietoja Škoda Kamiq 1.0 TSI –auton vuosittaisista polttoainekustannuksista bensiini ja CBG-käytössä. Kulutusarviot perustuvat Jokelan (2019) kirjoittamaan artikkeliin kyseisen auton koeajosta bensiiniä käyttäen ja Kuurion (2020) kirjoittamaan artikkeliin kyseisen auton koeajosta CNG:tä käyttäen.

			Case 1 65GWh	Case 2 65GWh	Case 1 150GWh	Case 2 150GWh
Bensiini (95E10) hinta (alv 0), €/MWh	172	CBG hinta (alv 0), €/MWh	108,58	97,20	84,94	78,80
Bensiinin (95E10) hinta (alv 0), €/l	1,48	CBG hinta (alv 0), €/kg	1,51	1,35	1,18	1,10
Ajomäärä km/v	90 000	Ajomäärä km/v	90 000	90 000	90 000	90 000
Kulutus l/100km	6	Kulutus kg/100km	5	5	5	5
Kustannukset yhteensä	7 989		6 792	6 080	5 313	4 929

- CBG kykenisi kilpailemaan henkilöautoliikenteen polttoaineena bensiinille. Tämän selvityksen ensimmäisessä osaraportissa esitettiin kuitenkin, että liikennesektorilla kaasukäyttöisten henkilöautojen määrä on rajallinen, eikä biokaasulla nähdä henkilöautoissa juurikaan kasvupotentiaalia, kun EU-regulaatio ohjaa voimakkaasti ajoneuvokantaa sähköistymään.
- Lisäksi nykyisin paljon käytetyt suorasuihkutusmoottorit aiheuttavat haasteita biokaasun käytössä polttoaineena (Kaasuautoilijat ry, 2024).
- Voidaankin siis todeta, että taloudellinen hyöty ei todennäköisimmin lisää biokaasun käyttöä henkilöautoliikenteen polttoaineena.

Yhteenveto

- Liikenteen esimerkkilaskelmissa on havaittu, että paineistetun biokaasun käyttö fossiilisia polttoaineita korvaavana vaihtoehtona on taloudellisesti edullisempaa liikenteessä useimmissa tutkituissa tapauksissa. Poikkeuksena on 65 GWh/v laitoksen tuottama biokaasu Case 1 -tapauksessa, jossa sen käyttö raskaassa liikenteessä ei ole fossiilista dieseliä halvempaa. Sen sijaan 150 GWh/v perustapauksessa (Case 1) sekä 30 % investointituen tapauksessa (Case 2) biokaasu on fossiilisia polttoaineita edullisempi vaihtoehto. Raskaassa liikenteessä biokaasun hyödyntäminen on kuitenkin haastavaa sen matalan energiatiheyden vuoksi, mikä rajoittaa ajoneuvojen toimintasädettä, kohtuullisen kokoisilla kaasusäiliöillä. Henkilöautoliikenteessä suurin rajoittava tekijä on EU-regulaatio, joka ohjaa ajoneuvojen sähköistymistä.
- Teollisuudessa ja sähkön ja lämmön yhteistuotannossa suuremman laitoksen (150 GWh) biokaasulaitos kykenee tuottamaan paineistettua biokaasua, joka on maakaasua halvempaa, kun huomioidaan polttoainekohtaiset valmisteverot. Lisäksi paikallisen CBG:n käyttö tuottaa säästöjä myös kuljetuskustannuksissa verrattuna kaukaa tuotuun CNG:hen. Pienempi laitos (65 GWh/v) ei kykene tuottamaan CNG:tä halvempaa CBG:tä edes valmisteverot huomioon ottaen, koska pienemmän biokaasulaitoksen investointi- ja tuotantokustannukset eivät alene samassa suhteessa kuin tuotantokapasiteetti, mikä tekee biokaasusta kalliimpaa.
- Pelkässä sähköntuotannossa biokaasu ei kykene kilpailemaan nykyisillä hinnoilla maakaasulle missään laitospaikassa. Tämä johtuu siitä, että aikaisemmissa tapauksissa esitettyjä valmisteveroja ei käytetä sähköntuotantoon ohjattuihin polttoaineisiin.
- Kuitenkin myös tapauksissa, joissa CBG:n hinta CNG:tä korkeampi tulee ottaa huomioon, että maakaasun korvaaminen biokaasulla voi tarjota yritykselle imago- ja ympäristöhyödyn. Vastuullisuus on yksi osa yrityksen imagoa, ja sen vaikutukset näkyvät yhä konkreettisemmin niin kuluttajavalinnoissa, toimitusketjuissa ja rekrytoinneissa (Elinkeinoelämän keskusliitto, 2024).

Mädätysjäännöksen lannoitekäyttö

- Biokaasutuotannon sivutuotteena syntyvä mädätysjäännös sisältää runsaasti kasveille välttämättömiä ravinteita, kuten typpeä, fosforia ja kaliumia. Sen hyödyntäminen lannoitteena on tehokas ja ympäristöystävällinen tapa palauttaa ravinteita takaisin maaperään. Mädätysjäännöstä voidaan käyttää sellaisenaan tai käsitellä edelleen ravinnepitoisuuksien räätälöimiseksi.
- Tässä työssä tarkastelluissa esimerkkitapauksissa mädätysjäännöksen osuus syöteseoksen massasta on 94 %. Massa- ja ravinnevirtojen hallitsemiseksi mädätysjäännös separoidaan neste- ja kuivajakeeseen. Kuivajae sisältää suurimman osan mädätysjäännöksen fosforista sekä kiintoaineesta. Nestejake puolestaan sisältää valtaosan liukoisesta tyyppistä ja kaliumista, jotka ovat kasveille helposti hyödynnettävässä muodossa.
- Nestejake tiivistetään haihduttamalla, mikä vähentää sen tilavuutta ja mahdollistaa kustannustehokkaamman kuljetuksen sekä pidemmät kuljetusmatkat. Haihdutuksen jälkeen noin 90 % nestejakeen ravinteista jää konsentraattiin. Ravinnepitoisuudet on laskettu Luken Biokaasulaskurin avulla (Luonnonvarakeskus, 2023).

	kg/t	65 GWh	150 GWh
Liukoisen tyyppien osuus kuivajakeessa	4,41		
Fosforin osuus kuivajakeessa	4,42		
Kaliumin osuus kuivajakeessa	4,46		
Liukoisen tyyppien osuus nestejakeessa	3,28		
Fosforin osuus nestejakeessa	1,15		
Kaliumin osuus nestejakeessa	4,01		
Kuivajakeen massa		39 148t	90 342t
Nestejakeen konsentraatin massa		31 318t	72 273t

Ravinteiden määrä konsentraatissa	462 t N	1 067 t N
	162 t P	374 t P
	565 t K	1 304 t K

Ravinteiden määrä kuivajakeessa	172,6 t N	398,4 t N
	173,0 t P	383,0 t P
	174,6 t K	402,9 t K

Kuivajakeen ja konsentraatin käyttökohteet maataloudessa

- Mädätysjäännöksen kuivajae sisältää runsaasti orgaanista ainesta, minkä ansiosta se soveltuu erinomaisesti maanparannusaineeksi. Orgaanisen aineksen lisääminen parantaa maaperän ominaisuuksia, kuten multavuutta, huokoisuutta, veden- ja ravinteiden pidätyskykyä sekä mikrobien aktiivisuutta (Seppänen, Laakso ja Luostarinen, 2018). Lisäksi kuivajakeen orgaaniseen aineeseen sitoutuneet ravinteet rikastuttavat maaperän ravinnevarastoa ja tarjoavat monivuotista lannoitusvaikutusta. Lannoitekäytössä kuivajae soveltuu erityisesti fosforin peruslannoitukseen.
- Nestejakeen väkevöity konsentraatti voidaan hyödyntää typpi-fosfori-kalium (NPK) –lannoitteena (Seppänen, Laakso ja Luostarinen, 2018). Yleensä lannoitussuunnitelmat laaditaan typpitarpeen perusteella, ja tarvittaessa niitä voidaan täydentää mineraali- tai kierrätyslannoitteilla.
- Yksi keskeinen haaste ravinnekonsentraatin käytössä on ravinteiden epätasapaino (Seppänen, Laakso ja Luostarinen, 2018). Esimerkiksi korkea fosforipitoisuus voi rajoittaa käyttöä, jos maaperässä on jo riittävästi fosforia tai jos lainsäädännön asettamat rajat ylittyvät. Mädätysjäännöksen käsittelyprosessia voidaan kuitenkin jalostaa, jotta ravinteet saadaan halutussa N/P-suhteessa.
- Esimerkkinä ammoniakkipausmenetelmä, jossa typpikonsentraattia erotetaan nestejakeesta nostamalla lämpötilaa ja pH:ta (Ervasti, Winqvist ja Rasi, 2018). Prosessissa typpi haihtuu ammoniakkinä, joka otetaan talteen happopesurissa esimerkiksi rikkihapon avulla ammoniumsulfaattina. Menetelmällä saavutetaan yli 90 % ammoniumtyypen erotustehokkuus. Tuotettua ammoniumsulfaattia voidaan hyödyntää typpilannoituksessa, ja sen korkea rikkipitoisuus mahdollistaa erillisen rikkilannoituksen korvaamisen.

- Koska ravinteiden määrät esimerkkitapauksessa eivät vastaa yleisimmin markkinoilla myytäviä lannoitteita, joutuu esimerkiksi konsentraattiin lisäämään muita lannoitteita halutun seossuhteen saavuttamiseksi.

Ravinteiden määrä konsentraatissa	1 067 t N	1,48 %
	374 t P	0,52 %
	1 304 t K	1,80 %

Ravinteiden määrä kuivajakeessa	398,4 t N	0,44 %
	383,0 t P	0,42 %
	402,9 t K	0,45 %

- Mikäli lannoitteesta tavoitellaan esimerkiksi typen osalta täydennyslannoitteena käytettävää nestemäistä lannoitetta, joka sisältää typpeä 3 %. Konsentraattiin lisätä 3 m-% vesiliukoista ureaa, joka sisältää 46 % typpeä. Tällöin lopputuotteen pitoisuudet olisivat 3 % typpeä, 0,5 % fosforia ja 1,7 % kaliumia. Tällöin on kuitenkin myös tarkasteltava, onko fosforin ja kaliumin määrä soveltuva haluttuun lannoituskäyttöön. Vesiliukoisen urean hinta on 1,12 €/kg (Hankkija, n.d.). Luomulannoitukseen käytettävän nestemäisen lannoitteen (typpi (N) 3 %, fosfori (P) 0 %, kalium (K) 3 %) hinta on 3.84 €/l (Järvenkylä Oy, n.d.). Lisäksi mädätysjäännöstä voidaan pitää sivutuotteena, eikä sille huomioida tässä laskelmassa arvoa.
- Konsentraatista ja ureasta koostuvan lannoitteen hinta 0,0326 €/l. Tällöin saatava säästö olisi 3,81 €/l. Säästö olisi mahdollista olla merkittävä suurilla käyttötarpeilla.
- Saatava säästö riippuu luonnollisesti tarvittavista lannoitteista ja lannoitteena käytettävän mädätteen muokkaustarpeesta. Onkin syytä huomata, että lannoitekustannukset voivat kattaa jopa puolet maatalousyrityksen tuotantopanostuksista, joten lannoitteiden hintavaihtelut voivat aiheuttaa merkittäviä haasteita maatalousyrittäjille (Yli-Liipola ja muut., 2024). Vuonna 2022 erityisesti typpilannoitteiden hinnat nousivat rajusti Venäjän hyökkäyssodan alettua muun muassa maakaasun hinnan nousun takia, mikä on keskeinen raaka-aine typpilannoitteiden valmistuksessa. Typpilannoitteiden hinnat ovat lähteneet sittemmin tasaantumaan. Tästä huolimatta monet viljelijät ovat olleet kiinnostuneita vähentämään riippuvuutta teollisista lannoitteista, joiden hinta voi vaihdella markkinoiden mukana merkittävästi.

- Kierrätyslannoitteiden hinnat kulkevat käsi kädessä ravinnekonentraation ja prosessointiasteen kanssa (Unnbom, Zrim ja Sipiläinen, 2020). Koska esimerkiksi biokaasun tuotannosta saatavan kierrätyslannoitteen prosessointiaste on matala, on niiden hinta myös todella matala. Esimerkiksi Gasumin Kouvola biokaasulaitos myy syntynyttä mädätejäännöstä pakkaamattomana kierrätyslannoitteena (Kiertoravinne, 2024a). Kierrätyslannoitteen hinta on 1,5 €/t toimitettuna yli 70 km etäisyyksille. On oletettavaa, että mädätysjäännös myydään kuljetuskulujen hinnalla.
- Myöskään ravinnekonentraatilla, joka on kuitenkin suhteellisen laimea nestemäinen tuote, ei ole tällä hetkellä merkittävää hintaa. Kiertoravinne -sivustolla konsentraattia myydään hintaan 7 €/t (Kiertoravinne, 2024b). Tähän hintaan lisätään kuitenkin erikseen kuljetuskustannukset. Tällöin voidaan huomata prosessointiasteen vaikutus lopputuotteen hintaan. Mädätysjäännöksen jalostusasteen nostaminen esimerkiksi ammoniakkipauksella vaatii kierrätyslannoitevalmistajalta lisäpanostuksia mm. laitteistoihin ja kemikaaleihin (Seppänen, Laakso ja Luostarinen, 2018). Tämän vuoksi kierrätyslannoitevalmistaja voi odottaa saavansa hyvälaatuisista, väkevöidyistä lannoitevalmisteista myös kohtuullisen korvauksen.



Kuva: Roine Piirainen

Vaikutukset hiilijalanjälkeen

- Kierrätyslannoitteiden käyttö mahdollistaa maataloille pienemmän hiilijalanjäljen verrattuna teollisiin lannoitteisiin, koska kierrätyslannoite on valmistettu kestävästi esimerkiksi maatalouden jätteistä eikä maakaasua tarvitse käyttää tuotannon raaka-aineena toisin kuin teollisten typpilannoitteiden tuotannossa. Tällöin tuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat paljon pienemmät. Hiilijalanjäljen pienemisen lisäksi kierrätyslannoitteiden käyttö auttaa yrittäjiä vastaamaan ympäristötavoitteisiin ja kestävän kehityksen vaatimuksiin.
- Ympäristöystävällinen tuotanto voi myös parantaa tilan imagoa ja lisätä asiakasuskollisuutta. Esimerkiksi viljoille voidaan näin ollen luoda pienen hiilijalanjäljen tuotantoketju aina valmiiseen tuotteeseen asti.

Yhteenveto

- Tämän raportin tehtävä on täydentää hankkeessa aiemmin valmistunutta T2-osaraporttia ”Biokaasun tuotanto- ja käyttöpotentiaalin selvitys sekä biokaasun tuotannon ja käytön päästölaskenta”. Tämä selvitys keskittyi biokaasun tuotannon ja käytön teknistaloudellisiin arviointeihin. Työssä taloudellinen tarkastelu suoritettiin sekä biometaanin tuotantoon että sen käyttöön eri sektoreilla. Selvityksessä nostettiin esille, myös biokaasutuotannon sivutuotteena syntyvä mädätysjäännös ja sen käyttäminen lannoitteena ja maanparannusaineena.
- Paineistetun biokaasun (CBG) tuottajan näkökulmasta tutkimus painottui elinkaaren aikaisiin tuotantokustannuksiin. Laskenta tehtiin sekä ns. riskittömällä 2,85 % laskentakorolla, joka edustaa tuotantohintaa, mikä kattaa investointi- ja käyttökulujen lisäksi rahoituskustannukset tuottamatta vielä voittoa. Laskenta suoritettiin myös 7,7 % laskentakorolla, joka kulujen kattamisen lisäksi sisälsi kohtuullisen tuottovaatimuksen. Lisäksi haluttiin osoittaa mittakaavaetujen vaikutukset, minkä vuoksi laskelma tehtiin kahdelle eri kokoiselle CBG-laitokselle: 65 GWh/v ja 150 GWh/v.
- Riskittömällä laskentakorolla lasketut CBG:n tuotantohinnat olivat 79,2 €/MWh 65 GWh/v laitokselle ja 64,1 €/MWh 150 GWh/v laitokselle. Kun tuotantohintaan lisättiin kohtuullinen tuottovaatimus, odotetut myyntihinnat olivat laitoksen koosta riippuen 95,2 €/MWh (65 GWh/v) ja 71,5 €/MWh (150 GWh/v). Mikäli laitoksen investointeihin saatiin 30 % energiatuki, myyntihinnat laskivat kohtuullisella tuottovaatimuksella 83,8 €/MWh:iin (65 GWh/v) ja 65,4 €/MWh:iin (150 GWh/v).

-
- Teollisuudessa ja energiantuotannossa biometaanin käyttökuluja tarkasteltiin käyttämällä paineistetun biokaasun (CBG) hintana 150 GWh/v ja 65 GWh/v tuotantolaitosten tuotantohintoja. Näissä laskelmissa huomioitiin Case 2 30 % energiatuen vaikutus sekä kohtuullinen tuottovaatimus. Liikenteessä laskentaan sisällytettiin sekä kohtuullisen tuottovaatimuksen mukainen perushinta (Case 1) että 30 % energiatuen (Case 2) vaikutuksesta muodostuvat hinnat.
 - Biometaanin käytön kannattavuutta verrattuna fossiilisiin verrokipolttoaineisiin vertailtiin sekä teollisuudessa, energiantuotannossa kuin liikenteessäkin. Teollisuudessa ja energiantuotannossa CBG:tä verrattiin CNG:hen, raskaassa liikenteessä CBG:tä verrattiin dieseliin ja henkilöautoliikenteessä sitä verrattiin 95E10-bensiiniin.
 - Raskaassa liikenteessä paineistettu biokaasu on muissa tapauksissa paitsi 65 GWh/v tuotannon perustapauksessa (Case 1) kustannuksellisesti kilpailukykyinen dieselille. On kuitenkin huomattava, että paineistetun kaasun energiatiheys on dieseliin verrattuna pieni. Tällöin vastaavan kokoisilla polttoainesäiliöillä, kuorma-auton kantama jää jopa alle puolet dieseliä käyttävien yhdistelmäajoneuvojen kantamasta. Lyhyt kantama voi rajoittaa ajoneuvon soveltuvuutta pidemmän matkan kuljetuksiin, mutta lyhyen matkan jakeluliikenteessä paineistetun biokaasun soveltuvuus on parempi.
 - Henkilöautoliikenteessä CBG on selvästi hinnaltaan kilpailukykyinen 95E10-bensiinille. Kaasukäyttöisten henkilöautojen määrä on kuitenkin rajallinen, eikä biokaasulla nähdä henkilöautoissa juurikaan kasvupotentiaalia, kun EU-regulaatio ohjaa voimakkaasti ajoneuvokantaa sähköistymään. Lisäksi nykyisin paljon käytetyt suorasuihkutusmoottorit aiheuttavat haasteita biokaasun käytössä polttoaineena. Tällöin alhaisemmat käyttökustannukset eivät luo CBG:lle kokonaisvaltaista kilpailukykyä fossiiliselle bensiinille.

-
- Kuitenkin, kun paineistettua biokaasua (CBG) verrattiin sitä lähimpänä vastaavaan paineistettuun maakaasuun (CNG), kilpailukyky ei ollut aina täysin selvä. Kilpailukykyisyys riippui merkittävästi polttoaineiden valmisteverosta, joka vaihtelee käyttökohteen mukaan. Valmisteverottomana CBG osoittautui CNG:tä kalliimmaksi.
 - Esimerkiksi sähköntuotannossa, jossa polttoaineet ovat valmisteverottomia, CBG oli molemmilla tuotantomäärillä (150 GWh/v ja 65 GWh/v) kalliimpaa, vaikka CBG:n kuljetuskustannukset paikallisessa tuotannossa olivat laskelmien mukaan CNG:tä matalammat. Toisaalta, biokaasu määritettiin paikalliseksi tuotteeksi, mikä lyhyiden kuljetusmatkojen ansiosta mahdollisti teollisuuskäytössä biokaasun edullisemmän hinnan verrattuna maakaasuun.
 - Teollisuudessa maakaasun valmistevero oli 23,35 €/MWh, kun taas jätteistä tuotetulle biokaasulle vero oli vain 10,41 €/MWh. Lisäksi kuljetuskustannukset erosivat merkittävästi. Maakaasun 200 km:n kuljetusmatka nosti kuljetuskustannukset 6,0 €/MWh:iin, kun taas biokaasun 25 km:n kuljetusmatka tuotti vain 0,7 €/MWh kulut. Nämä erot tekivät 150 GWh/v tuotantolaitoksen biokaasusta maakaasua edullisemmän vaihtoehdon. Sen sijaan 65 GWh/v tuotantolaitoksen tuotanto oli alhaisista kuljetuskustannuksista huolimatta maakaasua kalliimpaa.
 - Lämmön ja sähkön yhteistuotannossa maakaasun valmistevero oli 15,72 €/MWh, kun taas biokaasun vero oli vain 1,28 €/MWh. Näissä olosuhteissa 150 GWh/v tuotanto oli maakaasun kanssa saman hintaista tai hieman edullisempaa. Alhaiset kuljetuskustannukset vahvistivat tätä etua, tehden 150 GWh/v tuotannosta maakaasua halvemmän vaihtoehdon. Sen sijaan 65 GWh/v tuotantomäärän biokaasu osoittautui maakaasua kalliimmaksi, vaikka kuljetuskustannukset olivat myös tässä tapauksessa alhaiset.
 - Vaikka biokaasun käyttökustannukset nousisivat fossiilisia polttoaineita korkeammiksi voi niiden korvaaminen biokaasulla tarjota yritykselle imagohyödyn, mikä mahdollistaa monissa tapauksissa myynnin kasvun.

-
- Biometaanin tuotantolaitokset eivät tuota pelkästään uusiutuvaa energiaa, vaan myös ravinteita, kuten typpeä, fosforia ja kaliumia, sekä orgaanista ainetta sisältävää mädätysjäännettä. Mädätysjäänneksestä valmistetut lannoitevalmisteet tarjoavat viljelijöille kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen vaihtoehdon perinteisille mineraalilannoitteille.
 - Orgaanisten kierrätyslannoitevalmisteiden käytöllä on monia etuja teollisiin mineraalilannoitteisiin verrattuna. Niiden avulla maatalousyrittäjät voivat vähentää riippuvuuttaan väkilannoitteista, joiden hinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan. Kierrätyslannoitteiden tuotantokustannukset ovat vakaammat ja vähemmän alttiita ulkoisille hintavaihteluille. Usein ne ovat myös mineraalilannoitteita edullisempia, mikä tuo säästöjä maatalouden merkittävimpiin kulueriin.
 - Lisäksi kierrätyslannoitteet mahdollistavat ravinteiden tehokkaan ja ekologisen kierron, joka luo edellytyksiä kestäväälle ja kannattavalle viljelylle.
 - Kotimainen lannoitevalmisteiden tuotanto ja käyttö vahvistaa myös Suomen lannoiteomavaraisuutta ja huoltovarmuutta ja edistää tehokkaasti kiertotalouden tavoitteita.

Lähteet

- Aarras, N., Hautala, J., Lähde, P., et al. (2018) 'BIOKAASUTUOTANTOON SOVELTUVIEN BIOMASSOJEN MATERIAALISELVITYS'. Saatavilla: https://circhubs.fi/wp-content/uploads/2017/11/Business-Tampere_Biomassojen_materiaaliselvitysraportti_FINAL.pdf.
- AD Fuels Ltd (2022) CNG Trailers. Saatavilla: <https://adfuels.co.uk/our-fleet/cng-trailers/> (Haettu: 10.12.2024).
- Biokaasuvisio2030 (2024) Kotimaisen biokaasun 2030 tavoitteeksi 4 TWh. Saatavilla: <https://biokaasu2030.fi/> (Haettu: 16.12.2024).
- BIP Europe (2023) 'INSIGHTS INTO THE CURRENT COST OF BIOMETHANE PRODUCTION FROM REAL INDUSTRY DATA'. Saatavilla: https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2024/08/BIP_TF4.2_study.pdf (Haettu: 27.11.2024).
- ClassTrucks (2023) 'Volvo FH Buyers Guide: Comprehensive Insights. Saatavilla: <https://www.classtrucks.com/en/buyers-guide/volvo-fh> (Haettu: 4 December 2024).
- Elinkeinoelämän keskusliitto (2024) Vastuullisuudesta kilpailuetua pk-sektorille. Saatavilla: <https://ek.fi/tavoitteemme/vastuullisuus/vastuullisuudesta-kilpailuetua-pk-sektorille/> (Haettu: 4.12.2024).
- Energiavirasto (2023) 'Valvontamenetelmät viidennellä 1.1.2024 – 31.12.2027 ja kuudennella 1.1.2028 – 31.12.2031 valvontajaksolla - Maakaasun jakeluverkkotoiminta'. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12766832/Maakaasu+jakelu+-+Menetelm%C3%A4liite.pdf/aafadee6-7c12-5a09-0a31-da5a191703a8/Maakaasu+jakelu+-+Menetelm%C3%A4liite.pdf?t=1703848652196> (Haettu: 2.12.2024).
- Hankkija (n.d.) YaraVera Foliar Urea 25 kg. Saatavilla: <https://www.hankkija.fi/ammattipuutarha/lannoitteet/ia-yaravera-foliar-urea-25-kg-2047207/> (Haettu: 11.12.2024).
- Jokela, M. (2019) 'Koeajo: Suositun autoluokan kompakti kirittäjä – Škoda Kamiq', Moottori-lehti, 23 November. Saatavilla: <https://moottori.fi/koeajo/koeajo-suositun-autoluokan-kompakti-kirittaja-skoda-kamiq/> (Haettu: 4.12.2024).
- Jukkara, M. (2024) Luokkalan uusi kaasukuorma-auto, Scania Suomi. Saatavilla: <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/newsroom/news/luokkalan-uusi-kaasukuorma-auto.html> (Haettu: 4.12.2024).
- Järvenkylä Oy (n.d.) Novarbo Aino Luomulannoite 3-0-3 25L -. Saatavilla: <https://jarvenkyla.fi/product/novarbo-aino-luomulannoite-3-0-3-25-l/71522> (Haettu: 11.12.2024).
- Kaasuautoilijat ry (2024) 'Auton konvertointi kaasukäyttöiseksi', 7 February. Saatavilla: <https://kaasuautoilijat.fi/tag/biokaasuauto/> (Haettu: 4.12.2024).
- Kuurio, H. (2020) Kaasuautoilla päästellään halvalla – halvat kilometrit maksetaan muualla, Ilta-Sanomat. Saatavilla: <https://www.is.fi/autot/art-2000006472863.html> (Haettu: 4.12.2024).
- Luonnonvarakeskus (2023) Biokaasulaskuri. Saatavilla: <https://biokaasulaskuri.luke.fi/?lang=fi> (Haettu: 11.12.2024).
- Rautavuori, A., Ahokas, M. and Saarela, H. (2023) 'Kysyntäperusteisen energian jakelujärjestelmän analyysi ja kehittämissuunnitelman tekeminen'. Saatavilla: https://kaustisenseutu.fi/site/assets/files/7164/kierth2on_2_0_tyopaketti2_20032023.pdf?
- Scania Suomi (n.d.) Biokaasu ja maakaasu. Saatavilla: <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/sustainability/vaihtoehtoiset-polttoaineet/biokaasu-maakaasu.html> (Haettu: 4.12.2024).
- Seppänen, A.-M., Laakso, J. ja Luostarinen, S. (2018) 'Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi : Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa'. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-590-5>.

Lähteet

- Suomen Biokierto ja Biokaasu ry (2024) Biokaasu tilastot. Saatavilla: <https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2024/04/Biokaasulaitosinvestoinnit-2024-2027-03042024-1.xlsx> (Haettu: 2.12.2024).
- Suomen Pankki (2024) Suomen valtion viitelainojen korot, Suomen Pankki. Saatavilla: https://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/taulukot-ja-kuviot/korot/taulukot2/korot_taulukot/viitelainojen_korot_fi/ (Haettu: 2.12.2024).
- Tilastokeskus (2024a) Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin muuttujina Kuukausi, Hintakomponentti, Sähkön kuluttajatyypit ja Tiedot. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/tableViewLayout1/ (Haettu: 2.12.2024). Muuttujat: Tiedot: Hinta (snt/kWh), Kuukausi: 1.-6.2024, Hintakomponentti: Kokonaishinta, Sähkön kuluttajatyypit: Yritys ja yhteisöasiakas, vuosikulutus 2 000 - 19 999 MWh
- Tilastokeskus (2024b) Maakaasun hinta siirtoverkkoasiakkaille (ei sis. veroja) muuttujina Kuukausi, Maakaasun kuluttajatyypit ja Tiedot. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_12gw.px/ (Haettu: 3.12.2024). Muuttujat: Hinta: (eur/MWh), Kuukausi: 1.-6.2024, Maakaasun kuluttajatyypit: Kulutus 27 778 - 277 777 MWh/vuosi.
- Tilastokeskus (2024c) Polttonesteiden keskihintoja muuttujina Kuukausi, Hyödyke ja Tiedot. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khi/statfin_khi_pxt_11xx.px/ (Haettu: 4.12.2024). Muuttujat: Tiedot: Keskihinta, Kuukausi: 1.-6.2024, Hyödyke: Bensiini 95E10 1l.
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2024) Tuettavat hankkeet ja tuen enimmäismäärä. Saatavilla: <https://tem.fi/tuettavat-hankkeet> (Haettu: 3.12.2024).
- Unnbom, M., Zrim, J. and Sipiläinen, T. (2020) 'HYKERRYK 2–HYVÄN SADON KIERRÄTYSLANNOITUSHANKE 2 2019-2020 LOPPURAPORTTI'. Saatavilla: <https://blogs.helsinki.fi/hykerres-hanke/files/2021/03/HYKERRYK2-hankkeen-loppuraportti.pdf>.
- Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2023-2027 (2023). Oikeusministeriö. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2023/20230262#Pidm46111190754320> (Haettu: 3.12.2024).
- Verohallinto (2024a) Energiaverotus. Saatavilla: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus5/> (Haettu: 4.12.2024).
- Verohallinto (2024b) Sähkön, maakaasun, biokaasun, polttoturpeen, kivihiilen verotaulukot. Saatavilla: <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/sahkovero/verotaulukot/> (Haettu: 4.12.2024).
- Yli-Liipola, M. et al. (2024) Maa- ja elintarviketalous - kevät 2024, PTT. Saatavilla: <https://www.ptt.fi/ennusteet/maa-ja-elintarviketalous-kevat-2024/> (Haettu: 11.12.2024).