



UEF// University of Eastern Finland



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Päästövähennyksiä metsäalan kuljetuksissa

Sami Huuskonen
Itä-Suomen yliopisto



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE. Euroopan unionin osarahoittama.
Esitetyt näkemykset ja mielipiteet kuuluvat kuitenkin
ainoastaan kirjoittajille eivätkä välttämättä heijasta
Euroopan unionin tai CINEAN kantoja. Euroopan unionia tai
myöntävää viranomaista ei voida pitää niistä vastuussa.



Ilmastoratkaisujen vauhdittaja
Accelerating Climate Efforts
and Investments – ACE



Taustatietoa

- **Metsäsektorin tiekuljetukset** ovat haasteellinen osa-alue päästövähennyksien näkökulmasta
- Ajoneuvojen **kuljetussuoritteet** ovat pääasiassa **suuria** sekä **toimintaympäristö** toisinaan **haasteellisempi** kuin tavallisissa maantiekuljetuksissa
- **Vaihtoehtoisia polttoaineita** käyttävät ajoneuvot ovat tärkeä osa **päästöjen vähentämisessä**
- **Biokaasu** on yksi varteenotettava vaihtoehto metsäsektorin raskaiden kuljetusten käyttövoimaksi





Tutkimus 1

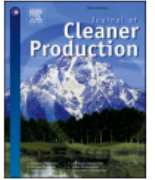
- Ensimmäisessä osatutkimuksessa tutkittiin **69 tonnisen biokaasukäyttöisen** puutavara-auton energiankulutusta, päästöjä ja kulurakennetta, joita verrattiin normaaliin **76 tonniseen dieselkäyttöiseen** yhdistelmään
- Vajaan vuoden mittaisessa seurantatutkimuksessa ajoneuvot ajoivat yhteensä lähes **300 000 kilometriä** sisältäen ajoa kaikkina vuodenaikoina
- Tutkimuksen aineisto kerättiin vuoden 2023 aikana





Tutkimus 1

- Tutkimuksen tulokset julkaistiin kesällä 2025 ja ovat vapaasti saatavilla
- Huuskonen, S., Karjalainen, J., Poikela, A., Venäläinen, P., Riekkä, K., Helo, P., Kauranen, P., Tilli, A., Kärhä, K. 2025. Greenhouse gas emissions, energy and cost-efficiencies associated with liquefied biogas-powered heavy-duty timber trucks in industrial roundwood transportation, Journal of Cleaner Production, 521, 146215, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146215>.



Greenhouse gas emissions, energy and cost-efficiencies associated with liquefied biogas-powered heavy-duty timber trucks in industrial roundwood transportation

Sami Huuskonen ^{a,*}, Jouni Karjalainen ^b, Asko Poikela ^c, Pirjo Venäläinen ^c, Kirsi Riekkä ^c, Petri Helo ^d, Pertti Kauranen ^e, Aki Tilli ^f, Kalle Kärhä ^a

^a University of Eastern Finland, Yliopistokatu 7, FI-80100, Joensuu, Finland

^b Metsähallitus Forestry Ltd., Veteraaninkatu 9, FI-90130, Oulu, Finland

^c Metsäteho Oy, Vernissakatu 1, FI-01300, Vantaa, Finland

^d University of Vaasa, Wolffintie 34, FI-65200, Vaasa, Finland

^e LUT University, Yliopistonkatu 34, FI-53850, Lappeenranta, Finland

^f Finnish Transport and Communications Agency (Traficom), Opatinsilta 12 A, FI-00520, Helsinki, Finland

ARTICLE INFO

Keywords:
Biomethane
Decarbonization
ISO 14083
Road traffic
Well-to-wheel method

ABSTRACT

Forestry transportation is a difficult sector for decarbonization. Liquefied biogas (LBG)-powered heavy-duty vehicles have the potential to reduce greenhouse gas (GHG) emissions across a range of transportation tasks. In this study, we investigated energy consumption, GHG emissions and operational costs of a heavy-duty LBG-powered timber-truck combination and compared the results to a regular diesel-powered heavy-duty reference timber-truck combination. The investigation was undertaken over a nearly year-long follow-up study under arctic conditions in northern Finland. The results revealed that the LBG combination consumed 15.4 % more energy per tonne-kilometer (tkm) than the reference combination. However, it produced substantially less GHG emissions when well-to-wheel emissions were considered. Using the default emission factors provided by the ISO 14083:2023 standard, the LBG combination produced 44.6 % less carbon dioxide equivalent (CO₂eq) tkm⁻¹. Moreover, the operational costs of the combinations were similar. In a scenario where 10 % of timber transportation was carried out by LBG-powered trucks, a 4.5 % reduction in total emissions was achieved, which equates to approximately 12,000 t CO₂eq annually when GHG emissions from all timber transportation in Finland are considered. We found that LBG-powered timber trucks are cost-effective and can achieve substantial emissions reductions under challenging operating conditions, which is crucial to accomplish emission reduction goals. Furthermore, the LBG combinations were found to be functional under harsh arctic conditions and have sufficient operational range for long-distance timber transportation from forests where electrification is currently not cost-effective.



Tutkimuksen ajoneuvot



Kaasuauto

- Volvo FH 460 LNG
- Yhdistelmän omamassa 19,7 t (kuormaimen kanssa 23,5 t)
- Yhdistelmän max. paino **69 t**
- **Hyötykuorma 49,3 t (45,5 t)**
- Moottorin teho: 338 kW (460 hv)
- Polttoainesäiliöt:
 - Nesteytetylle kaasulle 205 kg
 - Pilottipolttoaineena käytettävälle dieselille 170 L

Verrokkiauto

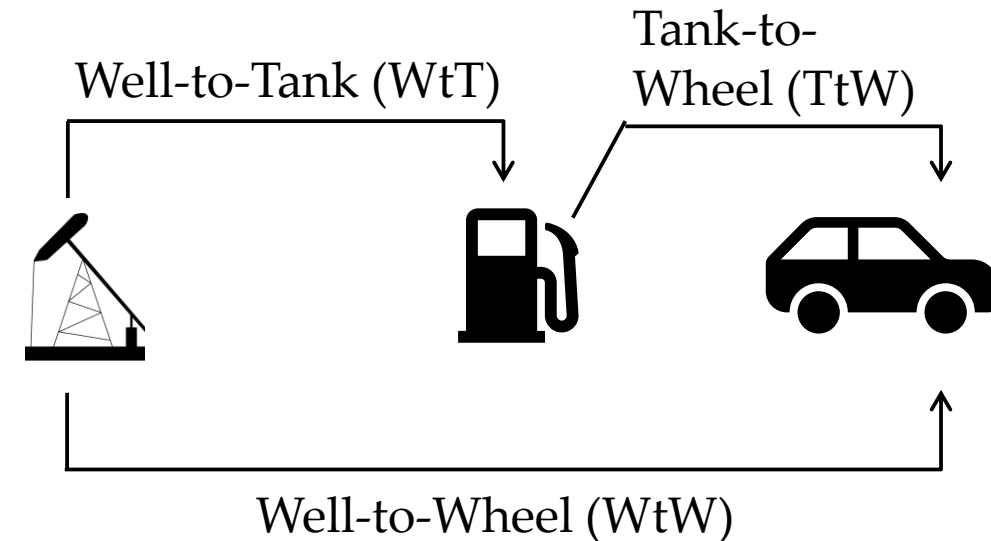
- Scania R660
- Yhdistelmän omamassa 21,6 t (kuormaimen kanssa 25,7 t)
- Yhdistelmän max. paino **76 t**
- **Hyötykuorma 54,4 t (50,3 t)**
- Moottorin teho: 485 kW (660 hv)
- Polttoainesäiliö: 450 L





Kasvihuoneekaasupäästöjen laskenta

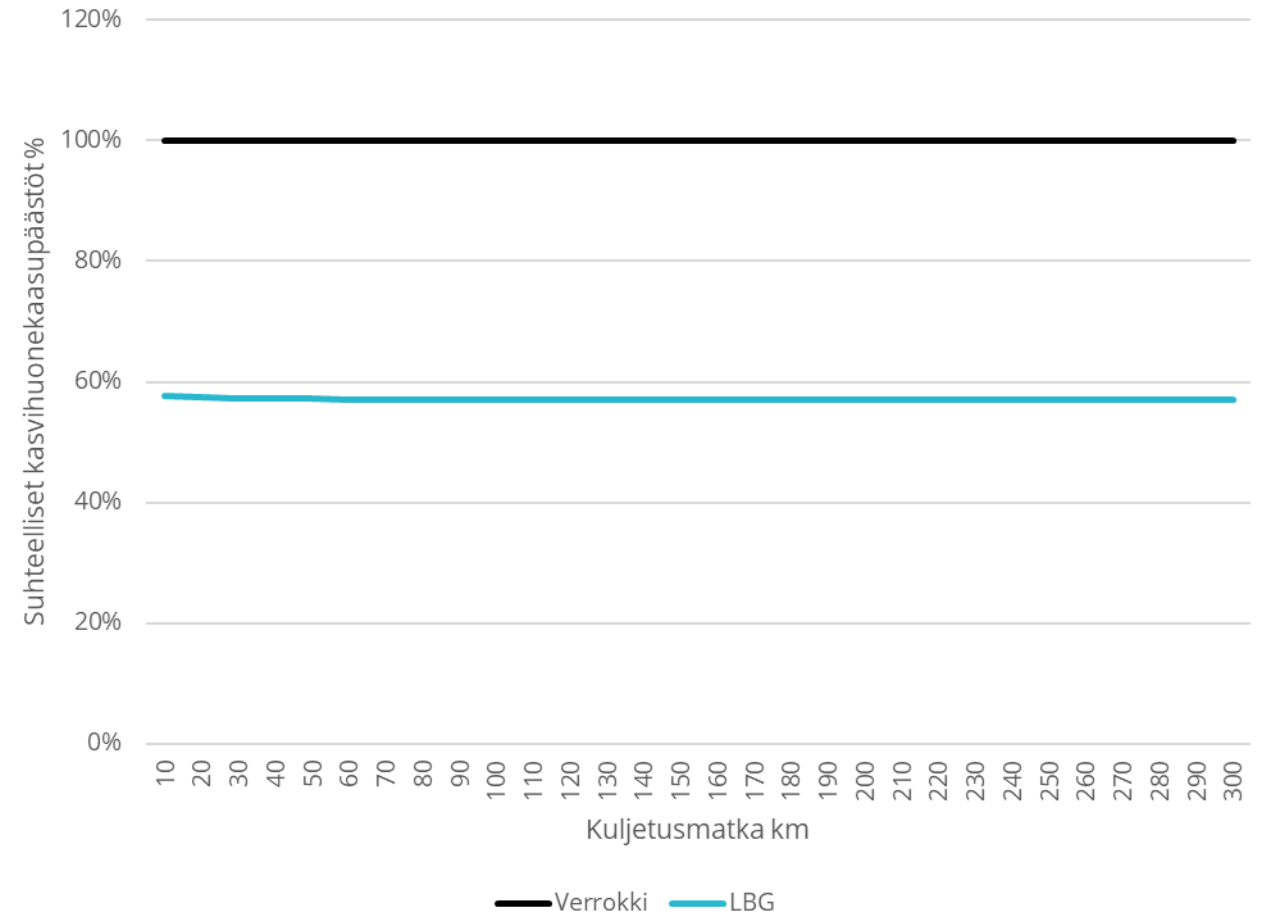
- Päästöt laskettiin koko elinkaaren huomioivilla **Well-to-Wheel** päästökertoimilla
- Päästökertoimina käytettiin **ISO 14083-standardin** (2023) vakiokertoimia dieselille ja nesteytetylle biokaasulle
- **Tank-to-Wheel** päästöt ovat biopolttoaineilla yleensä määritelty **nollaksi**, koska niistä vapautuva hiilidioksidi on ollut sitoutuneena uusiutuvaan materiaaliin
- Biopolttoaineilla päästöt tulevatkin valmistuksen aikaisista päästöistä, jonka vuoksi **elinkaaripäästöjen selvittäminen on tärkeää**





Kasvihuoneekaasupäästöt

- Biokaasua käytettäessä kaasukäyttöisen yhdistelmän Well-to-Wheel –päästöt ovat **merkittävästi pienemmät** kuin dieselkäyttöisellä yhdistelmällä
- ISO-standardin kertoimilla biokaasuyhdistelmän päästöt ovat **yli 40 % pienemmät** kuin dieselkäyttöisen yhdistelmän
- Huomioitava kuitenkin **ajoneuvojen kokonaismassojen erotus ja kuljetussuoritteiden huomioiva laskentatapa**
 - Samalla kokonaispainolla varustetuissa ajoneuvoissa **päästöero olisi luultavimmin suurempi**





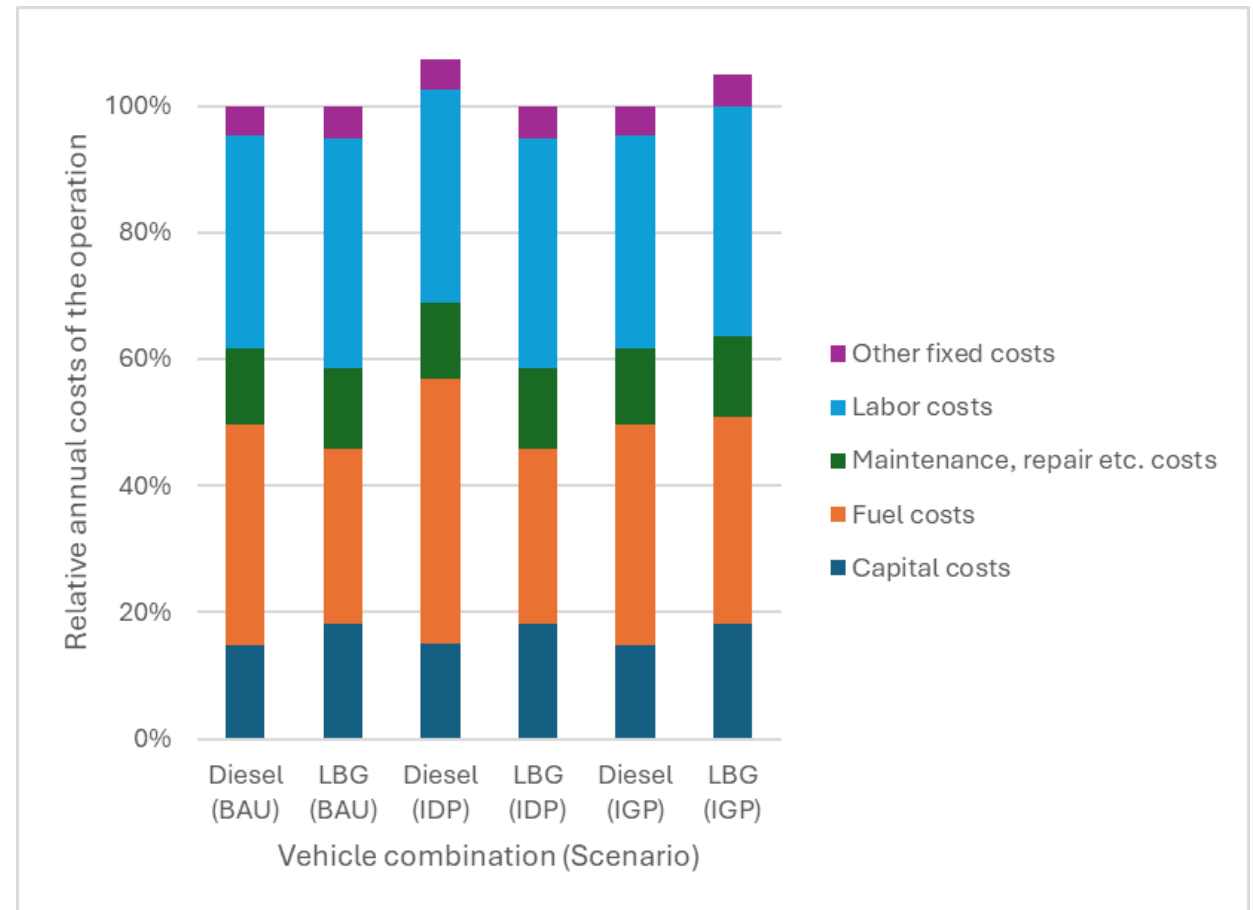
Kustannusten laskenta

- Kustannukset selvitettiin ajoneuvon **elinkaarikustannuksina (TCO) kuljetettua puutavaramäärää kohden**
- Suurimmat erot ajoneuvojen välillä kohdistuivat **auton hankintahintaan ja polttoaineiden hintoihin**
- Tarkemmat kustannusten laskentaperusteet ovat luettavissa julkaistusta artikkelista
- Biokaasukäyttöisen **ajoneuvon hankintahinnan oletettiin olevan 30 % korkeampi** kuin vastaavan dieselikäyttöisen ajoneuvon
- Polttoaineiden hintoina käytettiin julkisista lähteistä saatavilla olevia **vuoden 2023 arvonlisäverottomia keskihintoja** (LBG: 1,50 €/kg, Diesel: 1,60 €/l)
- Viime vuoteen verrattaessa (Lähde: Tilastokeskus) LBG:n vastaava hinta on 1,83 €/kg ja dieselin 1,69 €/l)
- Nesteytetylle biokaasulle on tullut vastaan eri hintoja myös muista lähteistä, joilla vaihteluväliksi saadaan 1,25–1,83 €/kg



Kustannusvertailu

- Biokaasukäyttöisen yhdistelmän kustannukset havaittiin olevan **samalla tasolla** verrattuna dieselyhdistelmään
- Viime vuoden polttoaineiden hintatasoon verraten tulokset olisivat korotettu kaasun hinta (IGP) ja normaali (BAU) skenaarioiden välimaastossa
- Saman kokonaispainon omaavilla ajoneuvoilla **kuluero paranisi kaasuajoneuvon eduksi**





Tutkimus 2

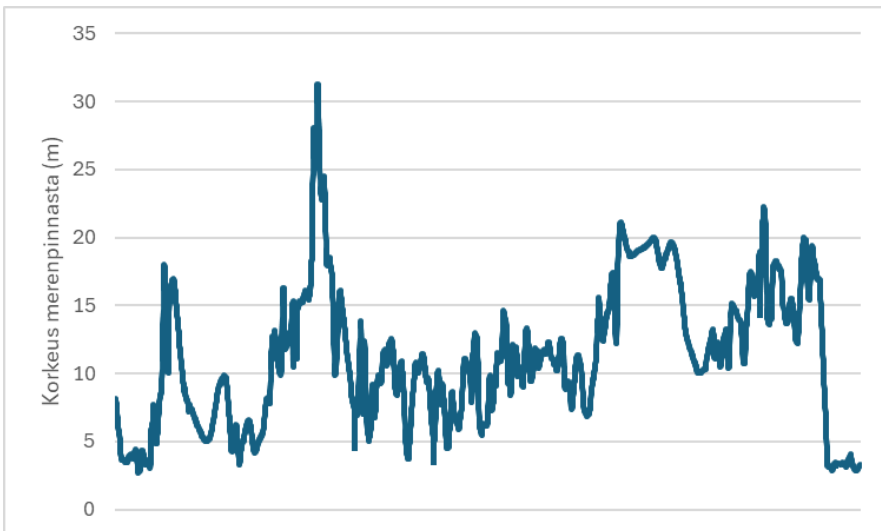
- Toisessa osatutkimuksessa tutkittiin **75 tonnia biokaasukäyttöisiä** hakeautoja (3 kpl) ja niitä verrattiin **vastaaviin dieselkäyttöisiin** hakeautoihin (4 kpl)
- Vuoden mittaisella seurantajaksolla ajoneuvot ajoivat yhteensä noin **1,33 miljoonaa kilometriä**, joista vajaa **600 000 km** ajettiin biokaasuajoneuvoilla
- Tutkimuksen aineisto kerättiin 2024-2025
- Tutkimuksen aineiston käsittely on kesken ja tutkimuksen on tarkoitus valmistua kevään 2026 aikana





Tutkimus 2

- Tutkimuksessa kerättyyn aineistoon yhdistetään tietoa muista lähteistä kuten **säätietoja ja tiestön ominaisuustietoja ajoreiteiltä**
- Säätiiedoilla (**lämpötila ja sade**) saadaan mallinnettua ajoneuvon ajo-olosuhteita
- Tiestön ominaisuustiedolla (**korkeustieto**) saadaan huomioitua tiestön korkeusprofiilia





Yhteenveto

- Biokaasukäyttöisillä ajoneuvoilla voidaan saavuttaa **merkittäviä päästövähennyksiä** metsäsektorin kuljetuksissa verrattuna dieselkäyttöisiin yhdistelmiin
- Biokaasukäyttöisten ajoneuvojen on havaittu **soveltuvan metsäteollisuuden kuljetuksiin** ja niiden **toimintamatkan riittävä** isoon osaan kuljetuksista
- Tankkausverkoston laajentuessa biokaasu on **vartenotettava vaihtoehto** yhä useammalla alueella metsäsektorin kaukokuljetuksissa





Ilmastoratkaisujen vauhdittaja
Accelerating Climate Efforts
and Investments – ACE



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Kiitos!

sami.huuskonen@uef.fi

uef.fi





Lähteet

- Huuskonen, S., Karjalainen, J., Poikela, A., Venäläinen, P., Riekk, K., Helo, P., Kauranen, P., Tilli, A., Kärhä, K. 2025. Greenhouse gas emissions, energy and cost-efficiencies associated with liquefied biogas-powered heavy-duty timber trucks in industrial roundwood transportation, Journal of Cleaner Production, 521, 146215, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146215>.
- ISO 14083:2023 (2023) Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14083:ed-1:v1:en>
- Tilastokeskus. 2026. Kuluttajahintaindeksi. <https://stat.fi/tilasto/khi>. (avattu 29.1.2026).