



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö

BIOMETAANI TEOLLISUUDEN ENERGIA- JA KOEKÄYTÖSSÄ



Biokaasun
hyödyntämis-
mahdollisuudet
Pohjanmaalla –
hanke
WP3, T5



Österbottens förbund
Pohjanmaan liitto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Kiitokset

Tämä selvitys on laadittu osana Vaasan yliopiston Biokaasun hyödyntämismahdollisuudet Pohjanmaalla –hanketta. Tutkimusta ovat rahoittaneet Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), Pohjanmaan liitto, Wärtsilä Finland Oy, Westenergy Oy Ab, Ab Stormossen Oy ja Wasaline / NLC Ferry Ab Oy.



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Lisäksi selvityksen laatija osoittaa kiitokset Gasum Oy:lle henkilökohtaisen apurahan myöntämisestä tutkimuksen tueksi.

Kirsi Spooft-Tuomi
kirsi.spooft-tuomi@uwasa.fi

1 Johdanto

EU:n ilmastostrategia ja Suomen kansalliset päästövähennystavoitteet pakottavat etsimään vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille. Heinäkuussa 2021 Euroopan komissio julkaisi laajan ”Fit for 55” -lakialoitepakettin EU:n ilmastotavoitteiden kiristämiseksi. Paketin nimi viittaa tavoiteltuun 55 prosentin päästövähennykseen vuoteen 2030 mennessä (vertailuvuosi 1990) ja paketin tarkoituksena on luotsata EU tielle kohti vuodelle 2050 asetettua ilmastoneutraalisuustavoitetta. Lakialoitepakettissaan komissio esittää Suomen maakohtaisen päästövähennysvelvoitteen kiristämistä nykyisestä 39 prosentista 50 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä (vertailuvuosi 2005). Suomen kunnianhimoinen kansallinen tavoite on kuitenkin olla hiilineutraali jo vuoteen 2035 mennessä.

Vaikka teollisuuden käyttämissä polttoaineissa on jo pitkään näkynyt rakenteellista siirtymää fossiilisista polttoaineista kohti uusiutuvia polttoaineita, muodostivat fossiiliset polttoaineet vuonna 2019 edelleen noin neljänneksen teollisuuden käyttämistä polttoaineista (Tilastokeskus 2021a). Esimerkiksi elintarviketeollisuus käyttää huomattavia määriä öljyä höyryn tuotannossa. Vuonna 2019 öljyn osuus teollisuuden energiakäytöstä oli noin 11 %, hiilen vajaa 8 % ja maakaasun osuus 6 %.

Biokaasu tarjoaa teollisuuden toimijoille hyvän vaihtoehdon päästötavoitteiden saavuttamiseksi. Puhdistettu ja jalostettu biokaasu – biometaani – vastaa ominaisuuksiltaan maakaasua. Energiatiheys on suuri eikä siinä ole rikkiä tai raskasmetalleja. Biometaanilla voidaan korvata maakaasun lisäksi muita fossiilisia kaasuja kuten propaania ja butaania sekä öljyä. Korvattaessa öljypohjaisia polttoaineita uusiutuvalla biometaanilla vähenevät kasvihuonekaasujen lisäksi myös rikki-, hiukkas- ja typen oksidien päästöt.

Puhdasta, kotimaista biokaasua voidaan käyttää teollisuudessa energiatuotannon lisäksi monissa tuotteiden valmistusprosesseissa, kuten kuumennuksessa tai kuivauksessa. Kaasu on ihanteellinen polttoaine erityisesti tilanteissa, joissa tarvitaan korkeita lämpötiloja, nopeaa säädettävyyttä ja epäpuhtauksien välttämistä. Merkittävimmät maakaasun teollisuuskäyttäjät Suomessa löytyvät kemianteollisuudesta ja metsäteollisuudesta. Metallin jalostuksessa kaasu soveltuu moneen prosessivaiheeseen sulatuksesta karkaisuun. Muita kaasulle sopivia teollisuuskohteita löytyy esimerkiksi elintarviketeollisuudessa, savi- ja lasiteollisuudessa, asfalttiteollisuudessa, pesuloissa (Kaasuyhdistys 2021) sekä konepajoissa ja pulverimaalaamoissa (Pakarinen 2015).

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla polttoaineilla kertoo myös teollisuusyrityksen arvoista. Monille johtaville yrityksille ympäristöä koskevat toimet eivät olekaan enää pelkästään sääntöjen noudattamista tai resurssitehokkuutta, vaan kyse on kilpailuedun hankkimisesta. Erityisesti ilmastonmuutokseen liittyvät ratkaisut tunnistetaan laajalti potentiaalisiksi kilpailuedun lähteiksi (Hovila 2021). Säädösten täyttymisen ja ekokilpailukyvyn lisäksi olennaisia tekijöitä teollisuuden energialähdettä valittaessa ovat käyttövarmuus ja kustannustehokkuus.

Tämän selvityksen tarkoituksena oli tutkia teollisuusyritysten mahdollisuuksia siirtyä toiminnassaan uusiutuvan biokaasun käyttöön. Alueellisesti tutkimus rajattiin Vaasan seudulle. Tapauksittain mahdolliseksi biokaasun käyttökohteeksi valikoitui teollisuuden tutkimus- ja koetoiminta, joka on alueella vahvaa. Selvitys kattaa mm. biokaasun saatavuuteen sekä kaasun hintaan ja sen ennakoituun kehitykseen liittyviä näkökohtia. Lopuksi esitetään kehittämisskohteita ja uusia kehittämiseen tähtäviä tavoitteita kestävän, paikallisen biokaasuinfrastruktuurin luomiseksi alueelle.

2 Biometaanin saatavuus ja toimitusvarmuus

Kaasuverkon ulottumattomissa olevien teollisuuslaitosten kohdalla kaasun toimitukset toteutetaan yleensä maanteitse paineistamalla kaasu siirtokontteihin tai nesteyttämällä kaasu kuljetusta ja varastointia varten. Tuotantolaitoksen ja lähiseudun käyttäjien välille on myös mahdollista toteuttaa paikallinen biokaasuverkko.

Pohjanmaalla biokaasua tai puhdistettua biometaania teollisuuden käyttöön tuottavat Jeppo Biogas Ab ja Ab Stormossen Oy. Tällä hetkellä Jeppo Biogasin biokaasun vuosituotanto on 30 GWh (Jeppo Biogas 2021). Osa kaasusta puhdistetaan, paineistetaan ja siirretään asiakkaille konttikuljetuksina. Puhdistetun kaasun metaanipitoisuus on 98–99 %. Vuonna 2018 hyväksytyyn laajennukseen liittyvän ympäristöluvan (Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto päätös nro 40/2018/1) mukaan kapasiteettia voidaan vielä kasvattaa. Yhtiön tulevaisuuden visiona on myös jatkojalostaa biometaanin nestemäiseen muotoon. Stormossenin kaasuntuotanto vuonna 2020 oli noin 16 GWh, josta 52 % käytettiin liikennekaasun tuotantoon, 25 % sähkön tuotantoon, 7 % prosessilämmön tuotantoon ja loput 16 % soihdutettiin (Stormossen 2021).

LNG-jakeluverkoston kehittyminen on avannut uusia mahdollisuuksia myös nesteytettylle biometaanille, koska sama jakeluketju soveltuu LBG:n jakeluun. LBG on myös täysin sekoituskelpoinen LNG:n kanssa; niitä voidaan sekoittaa keskenään millä tahansa sekoitussuhteella ja käyttää yhtä aikaa tai vuorotellen samassa käyttökohteessa. LNG:n ja LBG:n yhteensopivuus myös varmistaa polttoaineen saatavuuden kaikissa tilanteissa; huoltovarmuus mahdollisten LBG:n jakelukatkojen aikana voidaan toteuttaa turvallisesti ja joustavasti LNG:llä.

Nesteytettyä biometaanin on Suomessa ollut saatavilla loppuvuodesta 2020 lähtien. Kotimainen LBG tuotetaan Turussa Gasumin Topinojan biokaasulaitoksella. Gasum on solminut sopimuksen LBG-toimituksista mm. cleantech-yhtiö Forchem Oy:n kanssa. Forchem hyödyntää LBG:tä mäntyöljytislaamonsa tuotantoprosessissa Raumalla. Huhtikuussa 2021 uutisoitiin, että Gasum on aloittanut LBG:n testitoimitukset Rajavartiolaitoksen ulkovartioalue Turvalle. Lisäksi LBG:tä toimitetaan raskaan liikenteen käyttöön. Pohjanmaan alueelle LBG-toimitukset onnistuvat säiliöautokuljetuksina Turusta. Tulevaisuudessa LBG:n jakelu on mahdollista toteuttaa myös Vaasan Vaskiluotoon rakennettavan Gasumin asiakasterminaalin kautta.

Myös Pohjanmaalla on kiinnostusta biometaanin nesteytykseen ja tämänkin hankkeen työparajatoiminnassa käytiin keskustelua ”nesteytyshubin” perustamisesta Pohjanmaalle. Ideana on biometaanin nesteytys keskitetysti usean toimijan yhteisesti omistamassa nesteytyslaitoksessa,

jolloin riskiä ja kustannuksia voidaan jakaa. Laitoksen yhteyteen voitaisiin liittää LBG-tankkausasema palvelemaan raskasta liikennettä, ja muihin käyttökohteisiin, esim. teollisuuden käyttöön, LBG kuljetettaisiin säiliöautoilla.

3 Laitteistoinvestoinnit ja laitteistojen käyttövarmuus

Kaikki maakaasukäyttöiset järjestelmät ovat käytettävissä myös biometaanilla; samat laitteet sopivat kummankin kaasun jakeluun, varastointiin ja käyttöön. Näin ollen biometaanin käyttö ei edellytä investointeja uusien laitteisiin, mikäli yrityksessä on aikaisemmin käytetty maakaasua. Biometaania ja maakaasua voidaan myös sekoittaa missä tahansa suhteessa tai kaasuja voidaan käyttää vuorotellen.

Maakaasuverkoston ulkopuolella kaasun toimitukset on teollisuuskokoluokassa järkevintä toteuttaa nesteytettynä. LBG:n käyttämiseksi tarvittava laitteisto käsittää polttimien tai muun käyttölaitteiston lisäksi kryogeenisen varastoinnin sekä höyrystyslaitteiston, jolla LBG muutetaan nestemäisestä olomuodosta takaisin kaasuksi.

Öljystä tai nestekaasusta biometaaniin vaihdettaessa muutoksia joudutaan tekemään myös polttimiin. Nestekaasupolttimien modifiointi metaanille sopivaksi on suhteellisen yksinkertaista; yleensä riittää suuttimien vaihto tai poltinpaineen säätö. Polttoöljystä kaasuun siirryttäessä vaaditut muutokset ovat laajempia ja voivat käytännössä tarkoittaa polttimien, putkistojen ja koko oheisjärjestelmän uusintaa. (Heinonen 2016.) Polttoöljystä kaasuun vaihtamisen vaatimia teknisiä muutostarpeita ja muutostöiden aiheuttamia kustannuksia on käsitelty tämän hankkeen yhteydessä erillisessä raportissa ”Biometaani jäte-energiailaitoksen tukipolttoaineena”, joka on saatavilla hankkeen verkkosivulta osoitteesta <https://www.univaasa.fi/fi/tutkimus/hankkeet/biokaasun-hyodyntamismahdollisuudet-pohjanmaalla>. Poltintekniikkaan ja prosessiautomaatioon liittyvien muutostarpeiden lisäksi raportissa käsitellään biometaanin varastointivaihtoehtoja kustannuslaskelmineen sekä kaasukäyttöön liittyvää lainsäädäntöä ja lupamenettelyitä.

Laittevalmistajan ohjeiden mukaan huollettujen ja kunnossapidettyjen kaasulaitteistojen toimintavarmuutta voidaan pitää hyvänä. Nesteytetyn kaasun kohdalla höyrystimen jäätyminen on kuitenkin asia, joka tulee ottaa huomioon. Kaksinkertaiset höyrystimet ovat normaalisti riittävä varautuminen, mutta poikkeuksellisen jäätävien olosuhteiden jatkuessa pidempään voidaan joutua turvautumaan höyrystimen höyrystulatuksen (Heinonen 2016). Kryogeenisille säiliöille tulee tehdä neljän vuoden välein käyttötarkastus (Suomen Kaasuyhdistys 2021).

4 Polttoaineiden hinnat ja hintojen ennakoitu kehitys

Energiakustannus on merkittävä menoerä etenkin tuotantoteollisuudessa. Tässä luvussa esitetään ajantasaista tietoa teollisuuden polttoainevaihtoehtojen hinnoista sekä niiden ennakoidusta kehityksestä.

4.1 Nykytilanne

LNG:n hinta on yleisesti sidottu Keski-Euroopan putkikaasun hintaan (TTF, Title Transfer Facility) (Wega 2020). Päivittäin vaihtuvaa TTF-indeksiä voi seurata esimerkiksi osoitteessa www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5303640. Kuvassa 1 nähdään TTF-indeksin kehitys viimeisen kahden vuoden ajalta.

Kaasun hinta pysyi suhteellisen vakaalla ja alhaisella 15–20 €/MWh:n tasolla vuoden 2021 kevääseen saakka, jolloin maakaasun hinta alkoi nousta. Kesällä ja varsinkin syksyn edetessä hinnan nousu alkoi kiihtyä. Syyskuussa TTF-indeksi oli kivunnut jo 50 €/MWh:n tasolle ja huippu yli 100 €/MWh:n taso saavutettiin lokakuun alussa. Marraskuussa 2021 TTF-indeksi on vaihdellut 65 ja 95 €/MWh:n välillä.



Kuva 1. TTF-indeksin kehitys viimeisen kahden vuoden aikana (ICE 2021).

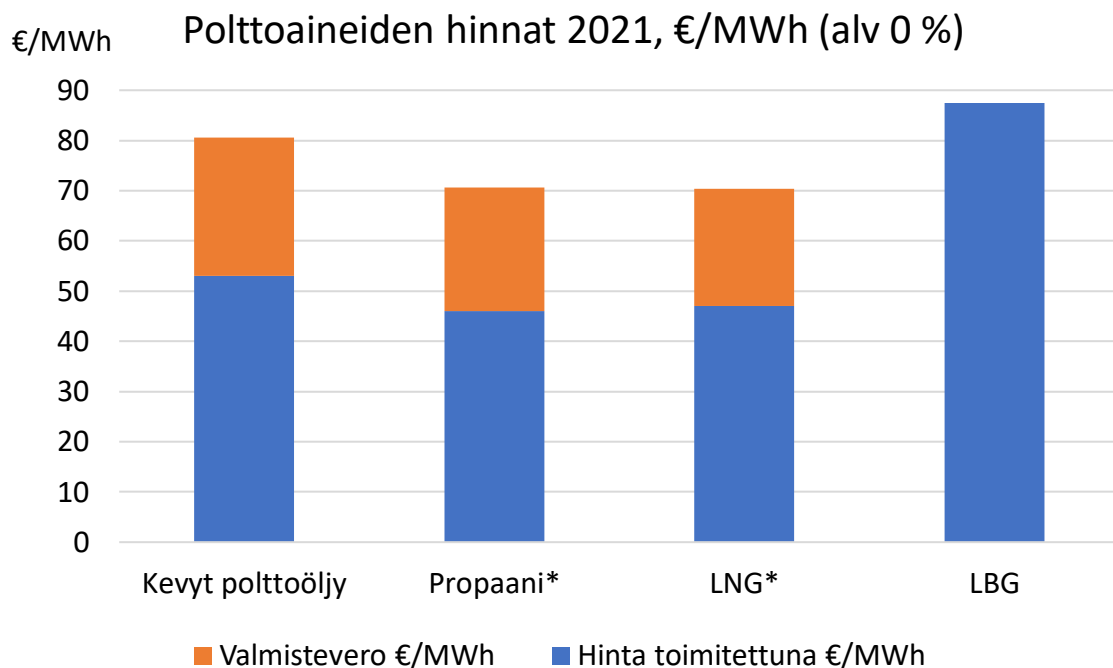
Voimakkaan hinnannousun syiksi on arveltu manner-Euroopassa vallinneen kylmän talven ja kevään takia alas vajonneita kaasun varastotasoja, koronaviruspandemian jälkeisen nopean talouskasvun myötä voimakkaasti lisääntyntä energian kysyntää, EU:n päästöoikeuksien ja hiilen korkeaa hintaa, joiden takia sähköntuotantoa siirrettiin varsinkin kesällä hiileltä kaasulle, sekä epävarmuutta Nord Stream 2 –putken käyttöönoton aikataulusta. Euroopan kaasun hintaa on osaltaan nostanut myös suuri nesteytetyn maakaasun kysyntä Aasian markkinoilla, jonka takia alun perin Euroopan LNG-tuontiterminaleihin tarkoitettuja LNG-laivoja on uudelleenreititetty Aasian markkinoille (Suomen Kaasuenergia 2021).

Koska kaasumarkkina on viime viikkoina ollut hyvin volatiili – hintavaihtelut ovat voineet olla yhden päivän sisällä jopa yli kymmenen euroa – on tulevan talven ja ensi vuoden hintoja vaikea arvioida. Esimerkiksi Euroopan loppuvuoden ja talven sää tulee vaikuttamaan hintatasoon. Jos kaasun hintaa nostaneet seikat kehittyvät suotuisaan suuntaan, voidaan kaasun hintatasoon saada helpotusta nopeastikin (Suomen Kaasuenergia 2021). Esimerkiksi Argus Media ennustaa TTF-indeksin laskevan selkeästi kevään 2022 jälkeen ja asettuvan kesällä 2022 tasolle 40 €/MWh. Samankaltaisen arvion esittää International Monetary Fund (IMF 2021). Toisaalta siten taas esimerkiksi Trading Economics ennustaa eurooppalaisen kaasun hinnan pysyvän korkealla lähes 70 €/MWh tasolla aina lokakuuhun 2022 saakka (Trading Economics 2021).

Kuvan 2 hintavertailussa esitetään LNG:n, LBG:n, propaanin ja kevyen polttoöljyn hinnat teollisuusasiakkaille vuoden 2021 lopussa. Kaikki hinnat on kuvattu ilman arvonlisäveroa. Maakaasun hinnan viimeaikaisen huomattavan vaihtelun vuoksi sen osalta esitetään viimeisen 12 kk:n TTF-indeksin keskiarvo 40 €/MWh, joka on linjassa myös Argus Median ja IMF:n kesän 2022 hintaennusteiden kanssa. Suomessa LNG:n loppuhinta asiakkaalle koostuu kaasun tukkuhinnan ja hankintaketjun kustannusten lisäksi maakaasun valmisteverosta. Vuonna 2021 maakaasun valmisteverot ja huoltovarmuusmaksu ovat alemmaa lämpöarvoa sovellettaessa yhteensä 23,354 €/MWh. Jakelukustannusten suuruudeksi esimerkiksi Heinonen (2016) arvioi noin 7 €/MWh. Valmisteverot ja jakelukustannukset huomioiden LNG:n loppuhinnaksi saadaan 70 €/MWh.

Jalostetun biometaanin tuotantokustannus on 60–65 €/MWh (IEA 2020). Kun tähän lisätään nesteytyskustannukset 15–20 €/MWh (Spoof-Tuomi 2020) sekä jakelukustannukset, asettuu nesteytetyn biometaanin hinta 85–90 euroon per MWh. Tämä hinta ei sisällä valmisteveroa, sillä biokaasu ei toistaiseksi kuulu polttoaineiden valmisteverosta annetun lain soveltamisalaan. Biokaasun verotuksen uudistaminen on tätä raporttia laadittaessa käynnissä valtiovarainministeriössä.

Maakaasun ennätyskorkeat hinnat syksyllä 2021 ovat lisänneet nestekaasun kysyntää, mikä on heijastunut myös LPG:n hintaan. Propaanin CIF ARA (Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen) futuuri marraskuussa 2021 oli noin 695 €/tonni, kun se vielä joulukuussa 2020 oli tasolla 330 €/tonni (Barchart 2021). Kuvan 2 vertailussa propaanin hintana käytetään näiden keskiarvoa 512 €/tonni eli 40 €/MWh. Propaanin valmistevero on 24,60 €/MWh ja jakelukustannuksena käytetään 6 €/MWh. Joulukuun alussa 2021 kevyen polttoöljyn toimittajat ilmoittavat verkkosivuillaan polttoöljyn arvonlisäverottomaksi hinnaksi yritysasiakkailleen noin 80 €/MWh. Hinta sisältää valmisteveroa 27,58 €/MWh. Raakaöljyn nykyisen Brent-hinnan ollessa 41 €/MWh, jää tuotanto- ja jakelukustannusten osuudeksi 12 €/MWh.



*12 kk keskiarvo

Kuva 2. Teollisuuden polttoaineiden hinnat vuonna 2021.

Teollisuudessa toimivat energiaintensiiviset yritykset voivat tietyin edellytyksin hakea valmisteveron palautusta maksamistaan energiaveroista. Palautusta voi saada esim. teollisuudessa käytetystä kivihielestä ja maakaasusta sekä sellaisesta kevyestä ja raskaasta polttoöljystä ja nestekaasusta, joka on käytetty muuna kuin moottoripolttoaineena. Energiaintensiivisten yritysten veronpalautus koskee ainoastaan valmisteveroja (Verohallinto 2021). Veronpalautuksen ehtoja kuitenkin kiristetään vuodesta 2021 lähtien.

4.2 Polttoaineiden hintojen ennakoitu kehitys

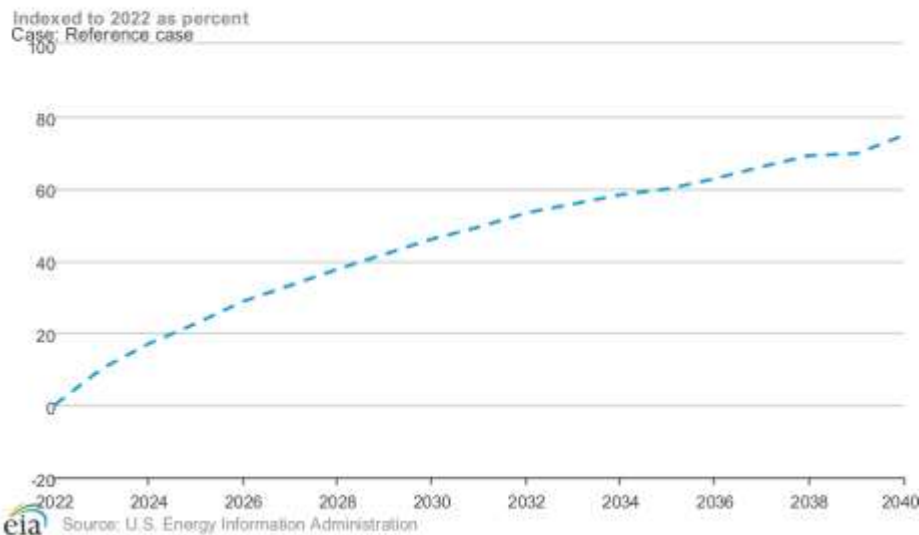
Polttoainekustannukset ovat herkkiä globaaleille markkinahintojen vaihteluille ja energiaratkaisua valittaessa on pyrittävä tarkastelemaan hintojen kehitystä pitkälle tulevaisuuteen.

Epävarmuutta aiheuttaa erityisesti raakaöljyn hinnan kehitys tulevaisuudessa. Raakaöljyn hintakehitys vaikuttaa niin polttoöljyjen kuin myös öljynjalostuksen sivutuotteena syntyvän propanin hinnan muodostumiseen. Raakaöljyn hinta on vaihdellut rajusti viime vuosina. Esimerkiksi huhtikuussa 2020 koronapandemian aiheuttama hyvin nopea kysynnän romahtaminen laski öljyn hinnan noin 20 dollariin barrelilta, jolloin öljyn tuotantoa ajettiin alas tasapainottamaan kysyntää ja tarjontaa. Vuonna 2021 öljyn kysyntä kasvoi nopeasti eikä tuotantoa saatu käynnistettyä kysynnän kasvun tahdissa, jolloin raakaöljyn hinta lähti voimakkaaseen nousuun. Myös maakaasun hintakriisi on kirittänyt öljyn kysyntää. Vuoden 2021 lokakuussa Brent-laatuksen raakaöljyn hinta kipusi jo 85 dollariin barrelilta. Marraskuun lopussa hinnan nousu taittui ja oli joulukuun alussa tasolla 74 USD/barreli (Neste 2021). Seuraavien 12-18 kk öljyn

hinnan ennustaminen on hankalaa; joidenkin arvioiden mukaan tynnyrihintaa voi nousta lähi-kuukausina jopa yli 100 dollariin. IMF:n ennusteissa raakaöljyn hinnan kuitenkin odotetaan palaavan ensi vuoden kuluessa vuoden 2019 tasolle noin 64 dollariin barreilta. Tämän työn hintakehitysskenaarioissa vuodelle 2022 käytetään edellä mainittua IMF:n arviota.

Tässä raportissa esitetty raakaöljyn pitkän ajan hintakehitysskenaario perustuu EIA:n (U.S. Energy Information Administration) ennusteeseen, joka on esitetty kuvassa 3. Vuoteen 2030 mennessä maailmankysynnän nähdään nostavan Brent-laatuiseen öljyn reaalihintaa 46 prosenttia vertailuvuoteen 2022 nähden. Vuonna 2035 EIA ennustaa Brent-raakaöljyn reaalihintaa olevan 60 prosenttia ja vuonna 2040 jo 75 prosenttia korkeampi kuin vertailuvuonna 2022. Halpojen öljylähteiden ehtyessä 2040-luvulla tulee öljyn talteenotto yhä kalliimmaksi ja vuodelle 2050 ennustettu raakaöljyn reaalihintaa on 1,9-kertainen verrattuna vuoteen 2022 (EIA 2021).

Total Energy: Real Prices: Brent



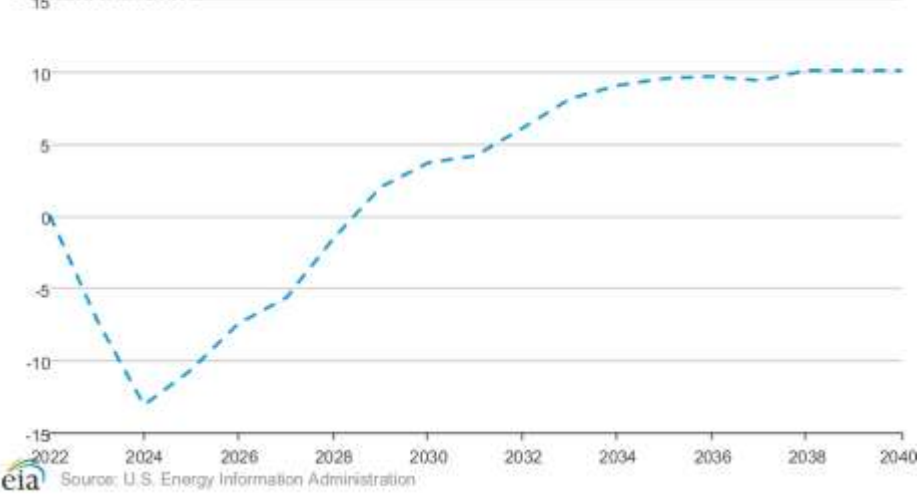
Kuva 3. Brent-raakaöljyn prosentuaalinen reaalihintojen nousu 2022–2040 (EIA 2021).

Propanin pitkän ajan hintakehityksen oletetaan seuraavan raakaöljyn hintakehitystä. Hintakehitysskenaarioissa propanin kohdalla lähtötasona käytetään vuoden 2022 European Propane CIF ARA futuurien keskiarvoa 472 €/tonni (CME 2021) eli 37 €/MWh.

Maakaasun kohdalla pitkän ajan hintakehitysskenaarioissa vuoden 2022 tasoa kuvaamaan käytetään Argus Median ja IMF:n ennusteissa kesään 2022 mennessä saavutettua tasoa 40 €/MWh. EIA:n ennusteen mukaan maakaasun hinta jatkaa laskua aina vuoteen 2024 saakka (kuva 4), jolloin hinta kääntyy taas nousuun ja saavuttaa vuoden 2022 tason vuonna 2028. Vuonna 2030 EIA ennustaa maakaasun hinnan olevan neljä prosenttia ja vuoteen 2040 mennessä kymmenen prosenttia korkeampi kuin vertailuvuotena 2022 (EIA 2021). EIA:n maakaasun hintaennusteissa viitataan Henry Hub hintoihin. Vaikka USA:ssa tuotetun maakaasun hintafutuurit ovat eurooppalaista TTF-indeksiä alemmat, mm. Maailmanpankin pitkän ajan ennusteissa näiden hintojen suhteelliset muutokset ovat kuitenkin yhteneväiset (Knoema 2021).

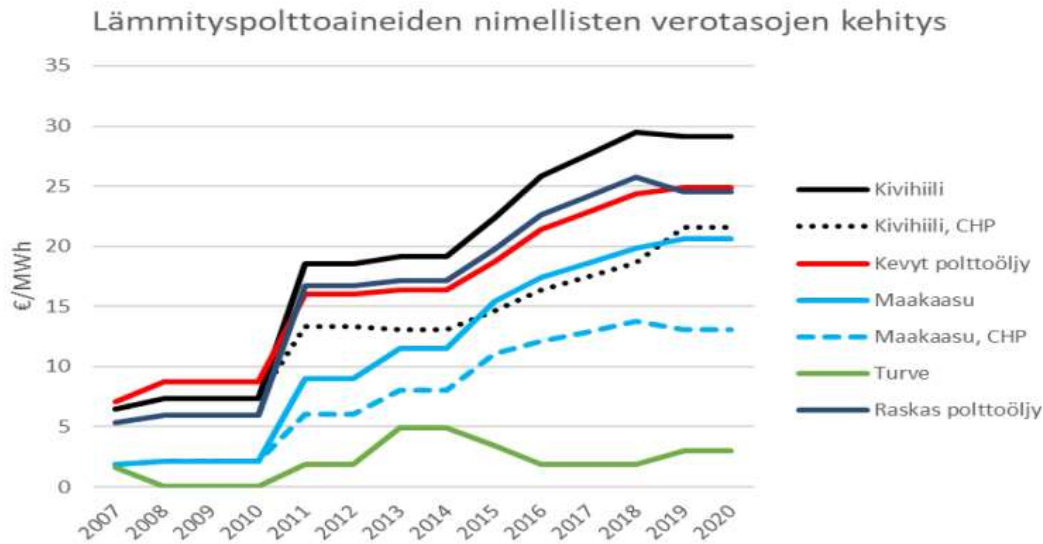
Total Energy: Real Prices: Gas Price at Henry Hub

Indexed to 2022 as percent
Case: Reference case



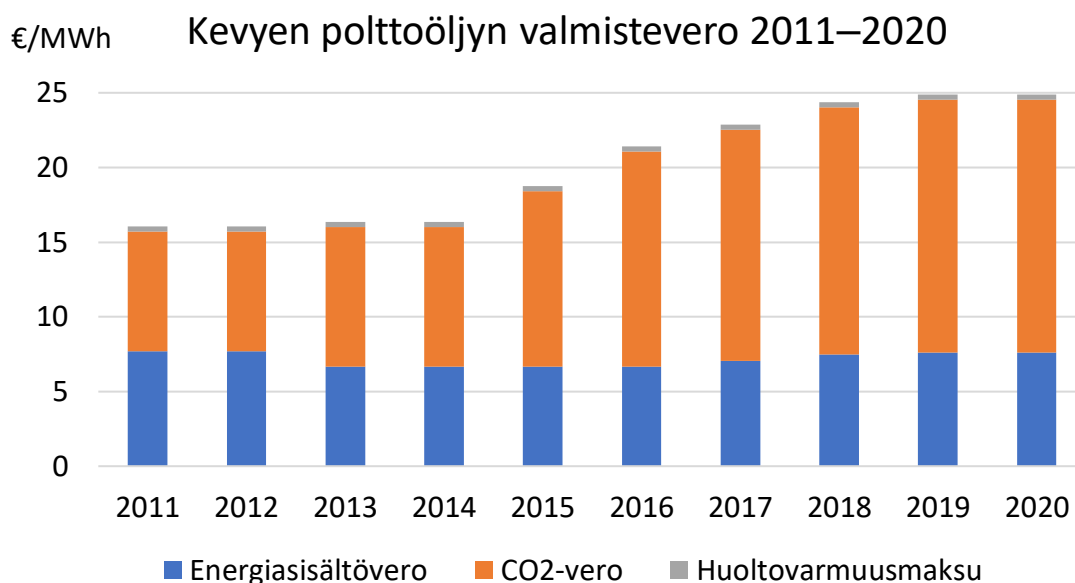
Kuva 4. Maakaasun prosentuaalinen reaalihintojen kehitys 2022–2040 (EIA 2021).

Muita hintoihin vaikuttavia uhkatekijöitä fossiilisten polttoaineiden kohdalla ovat energiapolitiittiset päätökset ja verotuskohtelu. Tärkeimmät ohjauskeinot Pariisin ilmasopimuksen tavoitteisiin pääsemiseksi ovat energiaverot ja -tuet, päästöverot ja päästökauppa (Koljonen ja muut 2019). Kuva 5 havainnollistaa keskeisimpien lämmityspolttoaineiden valmisteverojen kehityksen Suomessa vuosina 2010–2019.



Kuva 5. Lämmityspolttoaineiden verotasojen kehitys Suomessa vuosina 2010–2019 (Parkkonen 2020).

Kuvassa 6 esitetään kevyen polttoöljyn valmisteverot Suomessa vuosina 2011–2020 siten, että energiasisältövero, huoltovarmuusmaksu ja hiilidioksidivero ovat eriteltyinä. Esitystapa havainnollistaa verotuksen painopisteen siirtymistä päästöverotuksen puoleen.



Kuva 6. Kevyen polttoöljyn valmisteverojen kehitys vuosina 2011-2020.

Valmisteverot nousivat tänä vuonna edelleen ja ovat kevyen polttoöljyn osalta vuonna 2021 tasolla 27,58 €/MWh, nestekaasun osalta 24,60 €/MWh ja maakaasun osalta 23,35 €/MWh (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kevyen polttoöljyn, propanin ja maakaasun valmisteverot vuonna 2021.

	Energiasisältö- vero, €/MWh	Hiilidioksidivero €/MWh	Huoltovarmuus- maksu, €/MWh	Yhteensä €/MWh
Kevyt polttoöljy	10,33	16,9	0,35	27,58
Nestekaasu	10,38	14,13	0,086	24,60
Maakaasu	10,33	12,94	0,084	23,35

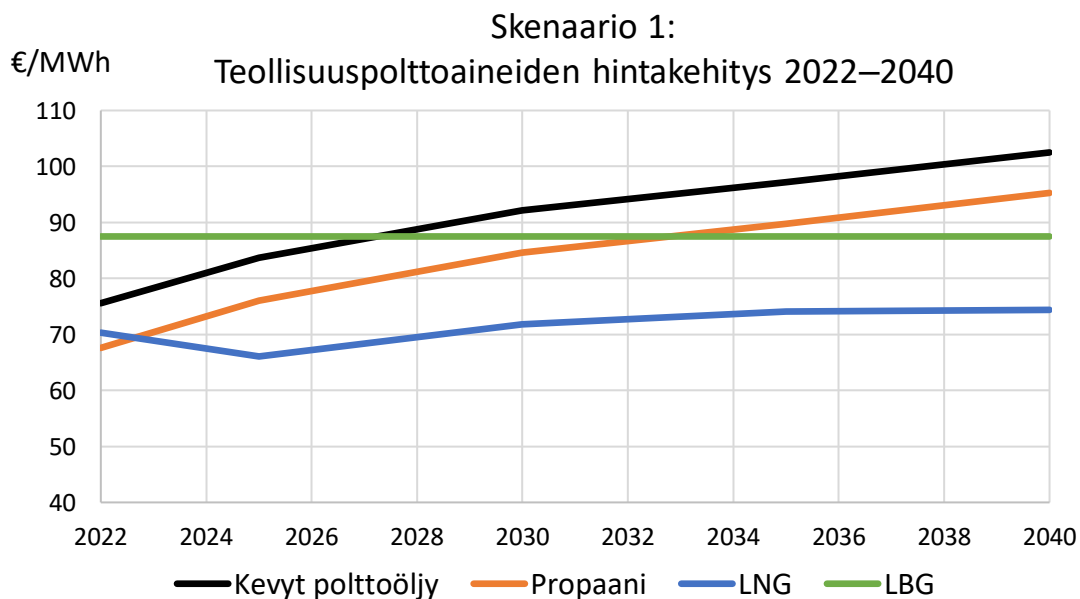
Esimerkkinä tulevista verotusmuutoksista voidaan mainita energiantensiivisten yritysten valmisteverojen veronpalautuksen ehtojen asteittainen kiristyminen vuodesta 2021 lähtien siten, että vuoden 2025 valmisteveroista ei palautusta enää voi saada (Verohallinto 2021). Lisäksi heinäkuussa 2021 julkistettu Euroopan komission Fit for 55 -lakialoittepaketti tuo mukanaan toimia päästökaupan kiristämiseksi ja laajentamiseksi. Suunnitelmassa on myös EU:n energia-verotusta koskevan direktiivin päivitys; tavoitteena on poistaa epäsuoria tukia ja verovapauksia saastuttavilta sektoreilta ja fossiilisilta polttoaineilta.

Fossiilisten polttoaineiden hinnan nousun myötä uusiutuvien energialähteiden voidaan olettaa tulevan yhä kilpailukykyisemmiksi suhteessa fossiilisiin. Lisäksi, vaikka tärkeimmät biometaanin tuotantoteknologiat ovat jo kypsiä, voi suurempien ja teollistuneempien laitosten rakentaminen tuottaa jonkin verran mittakaavaetuja, mikä edelleen kaventaa hintaeroa fossiilisiin polttoaineisiin. Esimerkiksi kansainvälisen energiajärjestö IEA:n (International Energy

Agency) ennusteessa biometaanin tuotantokustannus Euroopassa voi laskea vuonna 2040 nykyisestä keskimääräisestä 60–65 eurosta/MWh 40–45 euroon/MWh (IEA 2020). Yksittäisten laitosten tuotantokustannus voi kuitenkin vaihdella suuresti käytetyistä syötteistä riippuen. Biokaasun kohdalla epävarmuutta aiheuttaa biokaasun tuleva verotuskohtelu. Biokaasun ottaminen mukaan liikennepolttoaineiden jakelovelvoitteeseen vuoden 2022 alusta edellyttää biokaasun verollepanoa. Kansallisessa biokaasuohjelmassa biokaasun veroksi on kaavailtu lämmityspolttoaineiden mukaista energiasisältöveroa, joka on vuoden 2021 alusta 10,33 euroa/MWh, mutta esimerkiksi Energiateollisuus on esittänyt, että vain liikennekäyttö tulisi verolliseksi. Kuten aiemmin mainittiin, biokaasun verotuksen uudistaminen on tätä raporttia laadittaessa käynnissä valtiovarainministeriössä.

Edellä kuvattujen ennusteiden perusteella laadittiin neljä hintakehitysskenaariota:

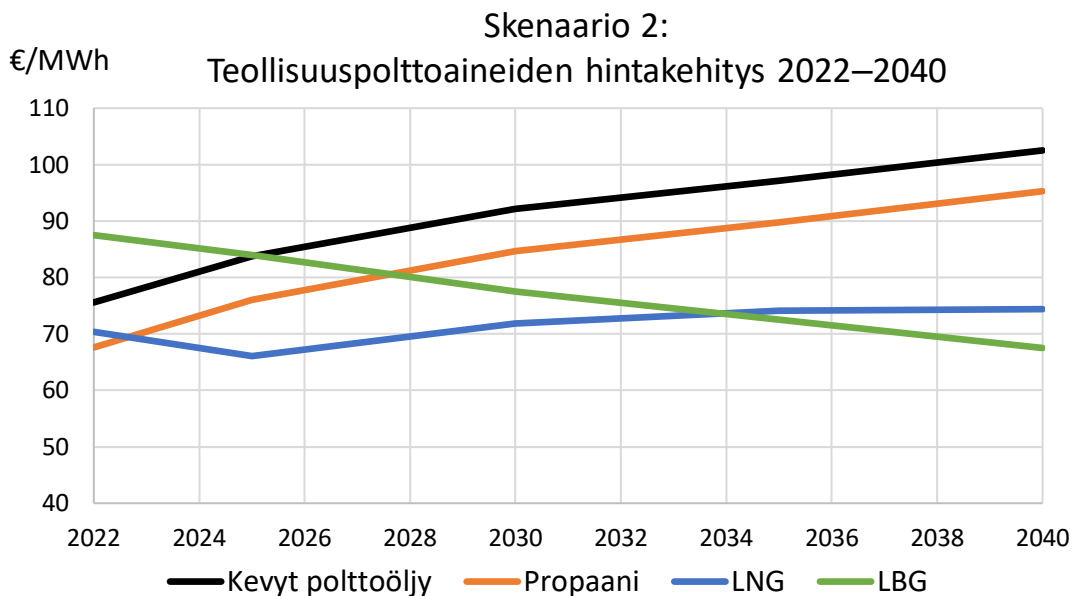
Skenaariossa 1 (kuva 7) raakaöljyn ja maakaasun hinnat nousevat EIA:n ennusteiden mukaisesti. Propaanin hintakehitys seuraa raakaöljyn hintakehitystä. Biometaanin paikallinen saataavuus nojaa edelleen pienen mittakaavan tuotantoon, jolloin biometaanin tuotantokustannus säilyy nykytasolla. LBG:n nesteytys- ja jakelukustannukset ovat 22,50 €/MWh. Fossiilisten polttoaineiden valmisteverotus säilyy nykyisellä tasolla ja biometaani säilyy valmisteverottomana.



Kuva 7. Skenaarion 1 mukainen teollisuuspolttoaineiden hintakehitys 2022–2040.

Skenaariossa 1 LNG säilyy edullisimpana vaihtoehtona, mutta LBG on hinnaltaan kilpailukykyinen kevyen polttoöljyn kanssa jo vuonna 2027 ja propaanin kanssa vuonna 2032.

Skenaariossa 2 (kuva 8) biometaanin tuotanto tapahtuu keskitetympin suuremmissa laitoksissa. Mittakaavaetu laskee biometaanin tuotantokustannusta siten, että se on vuonna 2030 55 €/MWh ja vuonna 2040 IEA:n ennusteen mukaisesti 45 €/MWh. Nesteytys- ja jakelukustannukset kuten skenaariossa 1. Fossiilisten polttoaineiden hintakehitys ja valmisteverotus kuten skenaariossa 1.

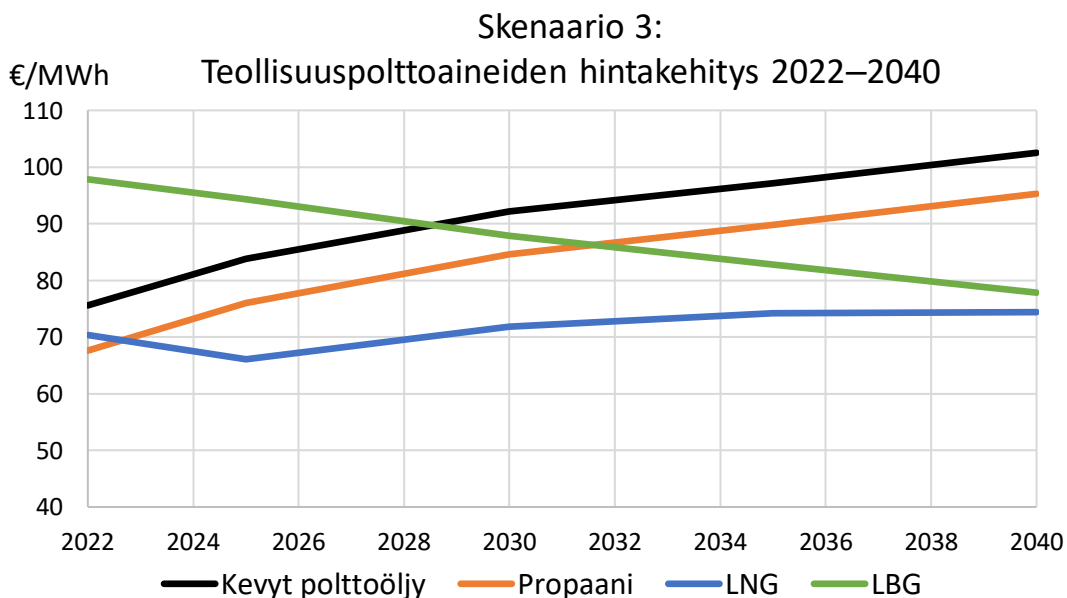


Kuva 8. Skenaarion 2 mukainen teollisuuspolttoaineiden hintakehitys 2022–2040.

Skenaarion 2 toteutuessa LBG:n hinta alittaa kevyen polttoöljyn ja propaanin hinnan jo 2020-luvun puolenvälin jälkeen ja on hinnaltaan kilpailukykyinen LNG:n kanssa vuonna 2034.

Skenaarioissa 3 ja 4 otetaan mukaan tarkastelu mahdollisten valmisteveron muutosten vaikutuksesta polttoaineiden hintoihin.

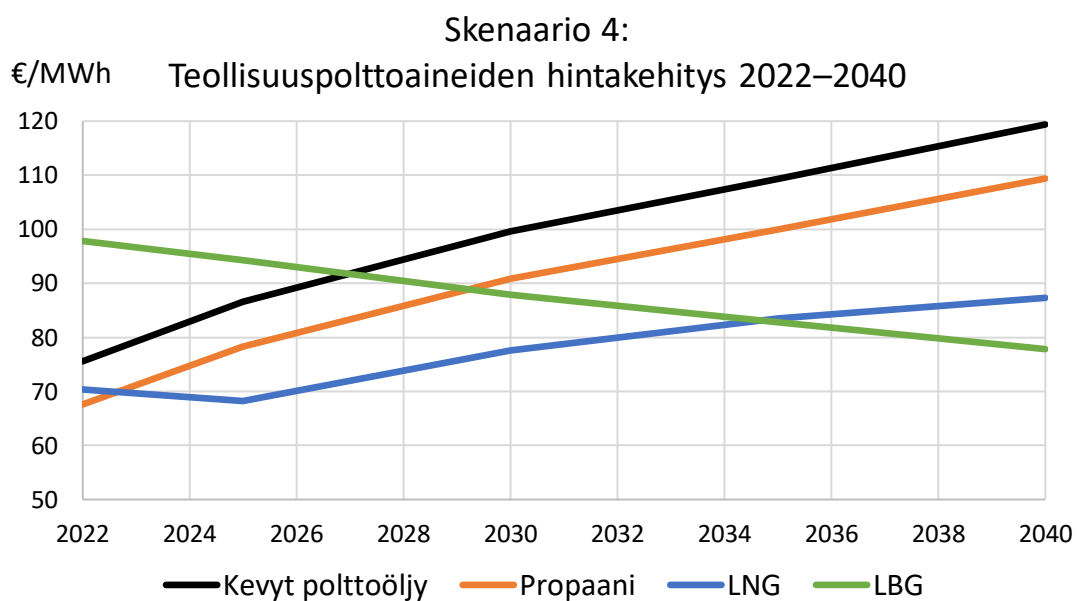
Skenaariossa 3 (kuva 9) polttoaineiden hintakehitys muutoin kuten skenaariossa 2, mutta biometaanin on asetettu valmisteverolliseksi. Biometaanin energiasisältöveron suuruus on 10,33 €/MWh. Hiilidioksidiveroa ja huoltovarmuusmaksua biometaanista ei peritä.



Kuva 9. Skenaarion 3 mukainen teollisuuspolttoaineiden hintakehitys 2022–2040.

Biometaanin asettaminen valmisteverolliseksi alentaa jonkin verran sen kilpailukykyä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Tällöinkin LBG:n hinta kuitenkin alittaa kevyen polttoöljyn hinnan vuoteen 2029 mennessä ja propaanin hinnan vuoteen 2032 mennessä. Vuonna 2040 LBG on hinnaltaan hyvin lähellä LNG:n hintaa.

Skenaariossa 4 (kuva 10) tarkastellaan mahdollisen CO₂-veron korotuksen vaikutuksia teollisuuspolttoaineiden hintoihin. Skenaariossa 4 fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidivero nousee voimakkaasti viime vuosien verokehityksen mukaisesti: CO₂-vero vuonna 2030 on noussut 44 % ja vuonna 2040 tuplaantunut vuoden 2021 tasosta. Energiasisältövero ja huoltovarmuusmaksu eivät sisällä korotuksia vuoden 2021 tasoon nähden. LBG:n valmistevero sisältää vain energiasisältöveron. Polttoaineiden valmisteverottomien hintojen kehitys kuten skenaariossa 2.



Kuva 10. Skenaarion 4 mukainen teollisuuspolttoaineiden hintakehitys 2022–2040.

Veronkorotusten painottuessa päästöveroon kasvaa LBG:n kilpailukyky fossiilisiin polttoaineisiin nähden merkittävästi; LBG:n hinta alittaa kevyen polttoöljyn hinnan vuoteen 2027 mennessä ja propaanin hinnan vuonna 2029. Skenaarion 4 toteutuessa LBG olisi hinnaltaan täysin kilpailukykyinen LNG:n kanssa jo vuonna 2035.

5 Case Wärtsilä

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava teknologiatoimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Yhtiö on keskittynyt toiminnassaan voimakkaasti merenkulku- ja energia-alan ympäristöjalanjäljen minimointiin ja päästöjen vähentämiseen. Esimerkkinä kaasun ja monipolttoainemoottorit ja siirtyminen vähähiilisempiin ja/tai hiilineutraaleihin polttoaineisiin (Wärtsilä 2020).

Maakaasua Wärtsilä käyttää pääasiassa moottoreiden testaustoiminnassa. Vuonna 2020 Wärtsilän maakaasun kulutus oli 8 976 tonnia (443 TJ) (Wärtsilä 2020). LNG-kuljetukset Wärtsilälle ovat tähän saakka hoituneet säiliöautokuljetuksina Porin terminaalista, mutta loppuvuodesta 2021 Vaskiluotoon valmistuva LNG-terminaali tehostaa polttoaineen toimitusprosessia Wärtsilän uuteen Smart Technology Hub -tutkimus-, tuotekehitys- ja tuotantokeskukseen. Tähän liittyen Wärtsilä on solminut Gasumin kanssa viisivuotisen sopimuksen LNG-toimituksista. Sopimuskausi alkaa Vaskiluodon LNG-terminaalin käyttöönottopäivästä, ja sopimus sisältää myös LBG:n hankinnat. Jos kaasun toimittaja ei pysty toimittamaan LBG:tä, on tilaajalla oikeus hankkia enintään viisi prosenttia käyttämästään nesteytetyn kaasun kokonaismäärästä joka kuukausi erillisellä ostolla muulta toimittajalta (Hilma 2021).

”Set for 30”-ilmastotavoite

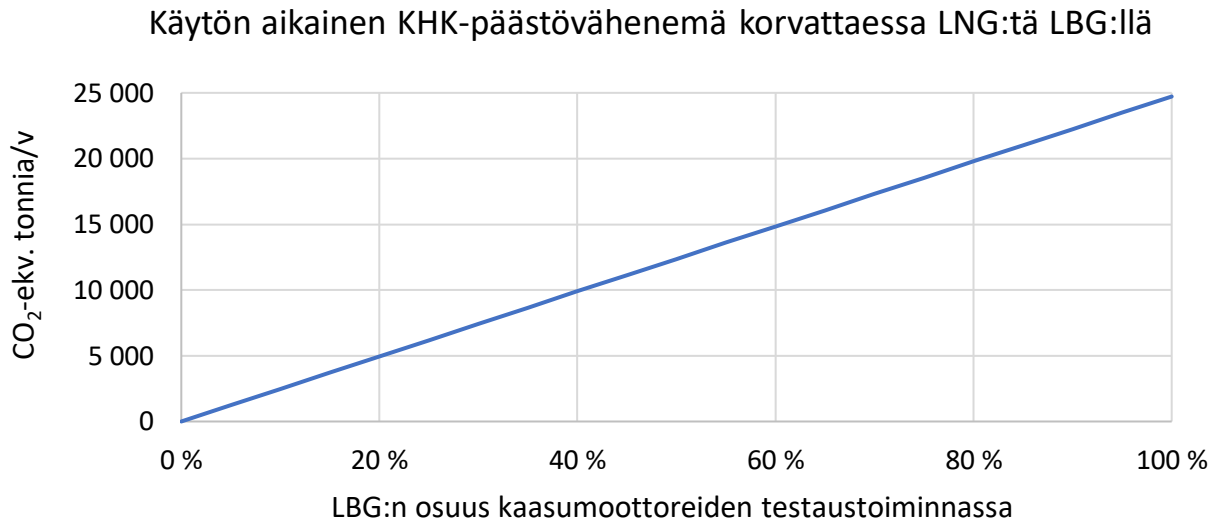
Vuoden 2021 alussa Wärtsilä päivitti kestävä kehityksen tavoitteensa, joissa se sitoutuu kunnianhimoisiin ”Set for 30”-ilmastotavoitteisiin. Hiilineutraalius-teemaan liittyvät tavoitteet julkaistiin lokakuussa 2021 julkaistulla sitoumuksella, jossa Wärtsilä sitoutuu hiilineutraaliuteen vuoteen 2030 mennessä. Wärtsilän hiilineutraaliustavoite kattaa suorat kasvihuonekaasupäästöt yhtiön omasta toiminnasta, kuten moottoritesteistä, omista ajoneuvoista ja energiantuotannosta, sekä epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt ostamastaan sähköstä sekä lämmityksen tai viilennyksen tuotannosta. Työkalupakin sisältämiä toimenpiteitä ovat esimerkiksi energiasäästö, yhä tehokkaampien teknologioiden käyttöönotto, vihreän sähkön ostaminen ja polttoaineiden vaihtaminen. (Wärtsilä 2021).

Kasvihuonepäästöjen väheneminen on yksi tärkeimpiä LBG:n käyttöä puoltavia tekijöitä. Kuten muidenkin uusiutuvien polttoaineiden, myös biokaasun *käytön aikaiset* hiilidioksidipäästöt ovat laskennallisesti nolla: Nettomääräinen hiilidioksidin määrä ilmakehässä ei lisääny, sillä biohajoavaan raaka-aineeseen on sitoutunut saman verran CO₂:ta kuin biokaasun palamisessa vapautuu.

Kasvihuonekaasujen inventaarion laadinnassa käytettävä Tilastokeskuksen polttoaineluokitus ilmoittaa maakaasun CO₂-päästökertoimeksi 55,8 t/TJ (Tilastokeskus 2021b). Tämän mukaan maakaasun käytöstä aiheutuva vuosittainen kasvihuonekaasupäästö Wärtsilän testaustoiminnassa on 24 700 hiilidioksiditonnia (CO₂-ekv.) vastaava määrä.

Wärtsilän siirtyminen fossiilisista polttoaineista hiilineutraaleihin tai hiilettömiin polttoaineisiin tulee todennäköisesti tapahtumaan vaiheittain. Jos alkuvaiheessa esimerkiksi aiemmin

mainittu viisi prosenttia maakaasusta korvattaisiin biometaanilla, tuottaisi se 1 235 hiilidioksiditonin vuosittaisen päästövähennemän. Biometaaniosuudella 20 % päästäisiin jo 5 000 hiilidioksiditonin päästövähennemään ja 60 % biometaaniosuudella 15 000 hiilidioksiditonin vuotuisen päästövähennemään (kuva 11).



Kuva 11. Käytön aikainen vuosittainen kasvihuonekaasupäästövähennemä korvattaessa LNG:tä LBG:llä.

Kustannusvaikutus

Jos Wärtsilän koetoiminnassa käytettävästä maakaasusta viisi prosenttia (450 tonnia) korvattaisiin välittömästi LBG:llä, aiheutuisi siitä kuvassa 2 esitetyillä nykyhinnoilla reilun 100 000 euron kustannuslisä vuosittain.

Jos sitten hinnat kehittyvät luvussa 4 esitettyjen tulevaisuusskenaarioiden mukaisesti, polttoaineen vaihdon kustannusvaikutus kapenee merkittävästi seuraavan reilun vuosikymmenen aikana. Esimerkiksi skenaarion 3 toteutuessa toisi kaiken koetoiminnassa käytetyn LNG:n korvaaminen LBG:llä vuonna 2035 noin miljoonan euron lisäkustannuksen vuodessa. Jos sitten maakaasun verotus kiristyy viime vuosien verokehityksen eli skenaarion 4 mukaisesti, ei polttoaineen vaihdolla vuonna 2035 ole enää kustannusvaikutusta.

6 Johtopäätökset ja kehittämiskohteet alueelliseen kaasuinfraan liityen

Kansallisten ja kansainvälisten hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttaminen edellyttää myös teollisuudelta kestäviä, uusiutuviin energialähteisiin pohjautuvia energiaratkaisuja. Tässä selvityksessä tutkittiin teollisuusyritysten mahdollisuuksia siirtyä toiminnassaan uusiutuvan biokaasun käyttöön. Biokaasukäytön merkittävät kasvihuonekaasupäästösäästöt perustuvat siihen tosiasiaan, että biometaania poltettaessa vapautuva biogeeninen hiilidioksidi kuuluu hiilen luonnolliseen kiertokulkuun. Toisin sanoen, korvattaessa maakaasua tai öljypohjaisia polttoaineita uusiutuvalla biometaanilla nettomääräinen hiilidioksidin määrä ilmakehässä ei lisääny, sillä biohajoavaan raaka-aineeseen on sitoutunut saman verran hiilidioksidia kuin biokaasun palamisessa vapautuu. Mittavien päästöhyötyjen lisäksi huoltovarmuus- ja alueiden elinvoimaisuusnäkökulmat puoltavat biokaasun saattamista kiinteämmäksi osaksi energiajärjestelmäämme.

Biometaanin laajaa hyödyntämistä teollisuudessa jarruttaa toistaiseksi sen rajoitettu saatavuus ja korkea hinta fossiilisiin polttoaineisiin nähden. Tulevaisuusskenaarioissa ennustetun fossiilisten polttoaineiden hinnan nousun myötä uusiutuvien energialähteiden voidaan kuitenkin odottaa tulevan entistä kilpailukykyisemmiksi suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin.

Suotuisan hintakehityksen lisäksi biometaanin saattaminen kiinteämmäksi osaksi teollisuuden energiajärjestelmiä vaatii vakaata ja ennustettavaa toimintaympäristöä ja varmuutta biometaanin jatkuvasta saatavuudesta. Kaasun saanti on hyvin iso kysymys. Jos halutaan kaasua laajasti käyttää, kaasun saanti on varmistettava monipuolistamalla kaasun hankintalähteitä, toimitusreitit ja jakelupisteitä. Saatavuuden parantamisessa keskeistä on etenkin paikallisen biometaanin tuotannon kasvattaminen ja alueellisen biokaasuinfrakstruktuurin kehittäminen. Tuotannon kasvattamiseksi esimerkiksi maaseudun raaka-aineet on saatava käyttöön ja kiertoon kustannustehokkaasti. Pidemmän tähtäimen tuotantotavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan myös biokaasun raaka-ainepohjan laajentamista ja uusien teknologioiden käyttöönottoa perinteisten mädätystekniikoiden rinnalle. Tulevaisuudessa biometaania voidaan tuottaa esimerkiksi jatkokäsittelemällä uusiutuvalla energialla tuotettua vetyä biometaaniksi. Tällöin teollisuuden rooli voi olla paitsi biokaasun käyttäjä, myös raaka-aineen tuottaja.

Teknologian monimutkaistuessa tarvitaan yhä monimuotoisempaa osaamista ja yhteistyötä niin alueen yritysten kesken kuin yritysten ja akateemisen maailman kesken. Uusia innovaatioita tukevia toimia voisivat olla esimerkiksi tutkimuslaitosten ja yritysten yhteisten T&K- ja pilottihankkeiden rakentaminen biokaasun ympärille. Yritysten välisiä biokaasuliiketoiminnan yhteistyöhankkeita vetämään sopisivat alueen kehitysyritykset tai teollisuuden veturiyritykset. Myös lainsäätäjät ja poliittiset ohjaajat toimivat kehityksen vetureina omilla linjauksillaan. Mm. EU:n alue- ja rakennepoliittiset ohjelmat ja kansalliset rahoitukset kohdentavat merkittävästi rahoitusta ilmastotyöhön.

Biometaanin teollisuuskäytön edistämässä ja alueellisen biokaasuinfrakstruktuurin kehittämisessä tärkeä kulmakivi on biokaasun nesteytykseen panostaminen. Nesteytysinfrakstruktuurin toteutuminen alueelle vaatii laajaa yhteistyötä ja yhdessä tekemistä ja toimijoiden sitoutumista.

Avainasemassa olevia toimijoita ovat biokaasulaitosten omistajat ja käyttäjät, raaka-aineen tuottajat (maatalous, jätehuolto, teollisuus), kaasunjakelijat, rahoittajat, laitos- ja teknologia-toimittajat, O&M-toimittajat, lupaviranomaiset, kunnat ja kaupungit (kunnalliset CO₂-neutraalisuustavoitteet, kaavoitus), valtionhallinto (poliittiset linjaukset, tukimekanismit) sekä loppukäyttäjät (teollisuuden lisäksi esimerkiksi lähimerenkulku ja raskas maantieliikenne). Pohjanmaalla ensimmäisenä konkreettisenä askeleena nesteytysinfrastruktuurin luomisessa voisi olla työryhmän perustaminen, joka lähtisi toteuttamaan esiselvitykset nesteytyslaitoshankkeelle.

Nesteytysinfrastruktuurin ohella teollisuuden hiilestä luopumista voisi lisäksi vauhdittaa alueellisen kaasuputkiverkoston rakentaminen. Tulevaisuudessa biometaaniverkko olisi mahdollista ottaa käyttöön myös vedyn infrastruktuurin kehittämisessä. Putki-infrastruktuuria mietittäessä kannattaisi hakea maksimaalista synergiaa juuri vetyinfran kanssa, koska näiden toimintojen väliset sektorikytkennät näyttävät tulevaisuudessa yhä todennäköisimmiltä.

Lähteet

- Argus Media (2021). News. Summer-winter spread inverts at Dutch TTF. 8.10.2021. Haettu 26.11.2021 osoitteesta: <https://www.argusmedia.com/en/news/2261928-summerwinter-spread-inverts-at-dutch-ttf>
- Barchart (2021). Futures. Mini European Propane CIF ARA Argus Futures Nov '21. Haettu 26.11.2021 osoitteesta: https://www.barchart.com/futures/quotes/IM9*1
- CME (2021). Markets. Energy. Petrochemicals. European Propane CIF ARA (Argus). CME Group Inc. Haettu 6.12.2021 osoitteesta: <https://www.cmegroup.com/markets/energy/petrochemicals/european-propane-cif-ara-argus-swap.html>
- EIA (2021). Annual Energy Outlook 2021. (U.S. Energy Information Administration. Haettu 29.11.2021 osoitteesta: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=1-AEO2021®ion=0-0&cases=ref2021&start=2030&end=2045&f=Q&line-chart=ref2021-d113020a.3-1-AEO2021~ref2021-d113020a.52-1-AEO2021&ctype=linechart&sourcekey=0>
- Heinonen, Joonas (2016). Nesteytetyn maakaasun kilpailukyky Suomen teollisuudessa. Diplomityö, Lappeenranta teknillinen yliopisto. <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/127287/Heinonen%20Joonas%20Nesteytetyn%20maakaasun%20kilpailukyky%20Suomen%20teollisuudessa.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Hilma (2021). Julkiset hankinnat. Supply of liquefied natural gas (LNG) and shipboard fuel tank filling for Vaasan kaupunki, Wasaline & Wärtsilä Finland Oy. Jälki-ilmoitus (TED F03). Haettu 10.9.2021 osoitteesta <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/public/procurement/45003/notice/75021/details>
- Hovila, Sini (2021). Vastuullisuus kilpailuetuna suomalaisissa pörssiyrityksissä. Pro gradu -tutkielma, Vaasan yliopisto. https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/11907/UniVaasa_2021_Hovila_Sini.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- ICE (2021). Dutch TTF Gas Futures. Haettu 26.11.2021 osoitteesta: <https://www.theice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/data?marketId=5285053&span=3>
- IEA (2020). Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth, IEA, Paris. https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf
- IMF (2021). IMFBlog. Global Economy. Surging Energy Prices May Not Ease Until Next Year. 21.10.2021. International Monetary Fund. Haettu 26.11.2021 osoitteesta: <https://blogs.imf.org/2021/10/21/surging-energy-prices-may-not-ease-until-next-year/>
- Jeppo Biogas 2021. Jeppo Biogas Ab, Jepuan Biokaasu Oy. Tietoa yrityksestä. Haettu 10.8.2021 osoitteesta: <https://jeppobiogas.fi/yritys/tietoa-yrityksesta/>
- Kaasuyhdistys (2021). Kaasu Suomessa – Kaasun käyttö – Teollisuus. Suomen Kaasuyhdistys ry. Haettu 10.8.2021 osoitteesta: <https://www.kaasuyhdistys.fi/kaasu-suomessa/kaasun-kaytto/>
- Knoema (2021). Natural Gas Price Forecast: 2021, 2022 and Long Term to 2050. Published: August 13, 2021. Haettu 3.12.2021 osoitteesta: <https://knoema.com/infographics/ncszerf/natural-gas-price-forecast-2021-2022-and-long-term-to-2050>

- Koljonen, T., Laukkanen, M., Ollikainen, M., Lehtilä, A., Eerola, E., Koreneff, G., Kyritsis, E., Lindroos, T. J., Ollikka, K., Pursiheimo, E., Rämä, M., & Siikavirta, H. (2019). *Energiantuotannon valmisteverotuksen kehittäminen Suomessa: Vero-ohjauksen arviointia hiilineutraalisuustavoitteen näkökulmasta*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 359. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2019.T359>
- Mutikainen, M., Sormunen, K., Paavola, H., Haikonen, T. ja Väisänen, M. (2016). Biokaasusta kasvua – Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet. Sitran selvityksiä 111. Toukokuu 2016. Ramboll Finland. ISBN 978-951-563-961-5. <https://media.sitra.fi/2017/02/27175150/Selvityksia111-2.pdf>
- Neste (2021). Konserni. Sijoittajille. Raakaöljyn hinta. Neste Oyj. Haettu 3.12.2021 osoitteesta: <https://www.neste.fi/konserni/sijoittajat/markkinatietoa/raakaoljyn-hinta>
- Pakarinen, Outi (2015). Biokaasu Keski-Suomessa 2015. Keski-Suomen liitto. https://keski-suomi.fi/wp-content/uploads/sites/3/2020/10/24560-Biokaasu_Keski-Suomessa.pdf
- Parkkonen, Leo (2020). Budjettiriihen ja VM:n verotyöryhmän tuloksia. Valtionvarainministeriö. https://tem.fi/documents/1410877/22928897/7_Leo+Parkkonen.pdf/e942204f-5386-09ec-4e32-6ccfd94f9c57/7_Leo+Parkkonen.pdf?t=1601020258332
- Spoof-Tuomi, K. (2020). Techno-economic analysis of biomethane liquefaction processes. https://www.uwasa.fi/sites/default/files/2021-05/WP1%20Techno_economic%20analysis%20of%20biomethane%20liquefaction%20processes_revised2_0.pdf
- Stormossen (2021). Vuosikertomus 2020. https://ar2020.stormossen.fi/annual_report/vuosikertomus-2020/tulostus/
- Suomen Kaasuenergia (2021). Ajankohtaista. Markkinakatsaus: Kaasun markkinahinta on noussut voimakkaasti kesästä lähtien. 20.10.2021. <https://suomenkaasuenergia.fi/markkinakatsaus-kaasun-markkinahinta-on-noussut-voimakkaasti-kesasta-lahtien/>
- Suomen Kaasuyhdistys 2021. LNG Asiakassäiliöt. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/lng-asiakassailiot/>
- Tilastokeskus (2021a). Tuotteet ja palvelut > Kasvihuonekaasuinventaarior > Polttoaineluokitus 2021. Haettu 10.9.2021 osoitteesta: https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html
- Tilastokeskus (2021b). StatFin - Energia - Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain (TOL 2008), 2007-2019. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_tene/statfin_tene_pxt_11wy.px/
- Trading Economics (2021). Markets. EU Natural gas. Haettu 3.12.2021 osoitteesta: <https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas>
- Verohallinto (2021). Yritykset ja yhteisöt. Verot ja maksut. Valmisteverotus. Valmisteverojen palautukset. Haettu 28.8.2021 osoitteesta: <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/palautukset/>
- VM (2021). Valtiovarainministeriö. Energiaverotus. Haettu 25.8.2021 osoitteesta: <https://vm.fi/energiaverotus>
- Wega (2020). Wega – LNG-palvelukonsepti. <https://www.wega.fi/wp-content/uploads/2018/10/Wega-LNG-palvelukonsepti-2020.pdf>
- Wärtsilä (2020). Wärtsilä Vuosikertomus 2020. <https://mb.cision.com/Main/15003/3283474/1370528.pdf>

Wärtsilä (2021). News. Wärtsilä Corporation. Wärtsilä sitoutuu hiilineutraaliuteen vuoteen 2030 mennessä. Lehistötiedote 26.10.2021. <https://news.cision.com/fi/wartsila-corporation/r/wartsila-sitoutuu-hiilineutraaliuteen-vuoteen-2030-menessa,c3439311>