



Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM), Ympäristöministeriö (YM)

Liikenteen jakeluvelvoitetason nosto

VN/13807/2021 | 102003133

Tekijät  
Esa Sipilä<sup>1</sup>, Henna Poikolainen<sup>1</sup>, Anna Lilja<sup>1</sup>,  
Taneli Rautio<sup>1</sup> ja Nils-Olof Nylund<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AFRY Management Consulting Oy  
<sup>2</sup>TEC TransEnergy Consulting Oy

Päivämäärä  
30/11/2021

Projektinumero  
102003133

Raportin tunnus  
VN/13870/2021

Asiakas  
Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM)  
Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM)  
Ympäristöministeriö (YM)

## Liikenteen jakeluvuorotason nosto

- uusiutuvien polttoaineiden riittävyys ja vaikutusarvioinnit

## Esipuhe

Tämä selvitys on toteutettu työ- ja elinkeinoministeriön (TEM), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) ja ympäristöministeriön (YM) toimeksiannosta syksyn 2021 aikana. Raportti edustaa tekijöiden näkemyksiä eikä työn ja raportin lopputulokset sellaisenaan edusta muiden ohjausryhmätoimintaan osallistuneiden ministeriöiden tai henkilöiden yhteistä näkemystä. Työn aikana ohjausryhmää ja heidän näkemyksiään on kuultu useassa kokouksessa.

AFRY Management Consulting  
marraskuu 2021

<b>Tekijät</b>	Esa Sipilä <sup>1</sup> , Henna Poikolainen <sup>1</sup> , Anna Lilja <sup>1</sup> , Taneli Rautio <sup>1</sup> ja Nils-Olof Nylund <sup>2</sup> <sup>1</sup> AFRY Management Consulting Oy <sup>2</sup> TEC TransEnergy Consulting Oy		
<b>Työn nimi</b>	Liikenteen jakeluvuorotason nosto		
<b>Asiasanat</b>	Ilmasto, liikenne, uusiutuva energia, jakeluvuoroite		
<b>Päivämäärä</b>	marraskuu, 2021	<b>Sivuja</b> 94	<b>Kieli</b> Suomi

### Tiivistelmä

Fossiilittoman liikenteen tiekartan yhtenä keskeisenä toimenpide-ehdotuksena esitettiin uusiutuvien polttoaineiden jakeluvuoroitejärjestelmän vuoroitetason nostamista. Tämä selvitys tarkastelee mahdollisuutta nostaa vuoden 2030 vuoroitetasoa 30 prosentista 34 tai 40 prosenttiin. Selvityksessä on myös tarkasteltu kestävien uusiutuvien polttoaineiden saatavuutta, kysyntää, raaka-aineiden riittävyyttä ja alkuperää, kansallisia sakkotasoja, polttoaineiden hintoja, kustannuksia loppukäyttäjille sekä eri jakeluvuoroiteasojen (30 %, 34 % ja 40 %) vaikutuksia kansantalouteen ja valtiontalouteen.

Maailmassa on riittävästi nykyilmasäännön kestävyyskriteerit täyttäviä uusiutuvia polttoaineita Suomen tarpeisiin, mutta vuoroitetason nosto ei ole riskitöntä. Kansalliset ja kansainväliset regulaatiot ohjaavat kysyntää kehittyneisiin biopolttoaineisiin, joiden tarjonta on vielä vähäistä verrattuna uusiutuvien polttoaineiden kokonaistuotantoon. Kilpailu uusiutuvista polttoaineista ja erityisesti kehittyneistä biopolttoaineista tulee kiristymään seuraavina vuosina, kun kansallisten regulaatioiden ja RED II -direktiivin vuoroitetasot nousevat. Sakkotasot määrittelevät uusiutuvien polttoaineiden hinnat tarjontarajoitteisella markkinalla ja kehittyneiden biopolttoaineiden hinnat voivat nousta yli nelinkertaisiksi verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin vuonna 2030. Regulaatiokentän muutokset, epävarmuudet liittyen kehittyvien biopolttoaineiden investointeihin, raaka-aineiden saatavuus ja syrjäytysvaikutukset sekä vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittyminen heikentävät toimialan pitkän aikavälin ennustettavuutta.

Suomessa uusiutuvien polttoaineiden tuotanto on keskittynyt muutama suuren toimijaan. Kotimaisten toimijoiden suunnittelema tuotanto Suomessa ylittää kotimaisen kysynnän myös tarkastellulla 40 prosentin vuoroitetasolla, mikäli kaikki harkinnassa olevat projektit toteutuvat aikataulussa. Vuoroitetason noston ei nähdä tuovan suoria lisäinvestointeja.

Ruoka-, kemian- ja energiateollisuus käyttävät osin samoja raaka-aineita kuin uusiutuvien polttoaineiden tuottajat. Uusiutuvien polttoaineiden kysynnän kasvaessa raaka-aineiden syrjäytysvaikutuksilta ei voida varmuudella vältyä. Suomessa ei ole julkista listausta uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineista, koska tiedot ovat toiminnanharjoittajakohtaisia ja osa päätöksistä on salassa pidettäviä liikesalaisuuksia julkisuuslain 24 §:n 1 momentin 20 kohdan nojalla. Jakeluvuoroiteen nosto lisäksi RED II -direktiivin liite IX osan A ja B raaka-aineiden sekä vielä määrittämättömien raaka-aineiden kuten luokan 3 eläinrasvojen ja uusien kasviöljyjen käyttöä, koska ravinto- ja rehukasvien enimmäisosuus on Suomessa rajattu 2,6 prosenttiin tieliikenteen kokonaisenergiankäytöstä.

Vuoroitetason noston taloudelliset vaikutukset arvioidaan maltillisiksi, sillä polttoaineiden yleinen hintavaihtelu vaikuttaa pumppuhintoihin enemmän kuin jakeluvuoroiteen taso. Jos nosto toteutettaisiin täysin kehittyvien biopolttoaineiden lisävuoroiteella, pienentäisi se epäsuoran maankäytön muutoksen riskiä ja tukisi kotimaisten raaka-aineiden käyttöä, mutta kustannusvaikutukset lähes kaksinkertaisuisivat. Uusiutuvien polttoaineiden tarpeen on laskettu kasvavan vuonna 2030 116 – 133 ktoe, jos jakeluvuoroite nousee 34 %:n ja 291 – 332 ktoe, jos vuoroite nousee 40 %:n.

Jakeluvuoroite on ennustettava, varma ja hallinnollisesti kevyt tapa vähentää tieliikenteen päästöjä. Suomen jakeluvuoroiteetason nosto 30 prosentista 34 prosenttiin vähentäisi 0,3 – 0,4 Mt CO<sub>2eq</sub> Suomen tieliikenteen päästöjä, kun taas vuoroitetason nosto 30 prosentista 40 prosenttiin vähentäisi tieliikenteen päästöjä 0,8 – 1,0 Mt CO<sub>2eq</sub> vuonna 2030.

---

<b>Utfört av</b>	Esa Sipilä <sup>1</sup> , Henna Poikolainen <sup>1</sup> , Anna Lilja <sup>1</sup> , Taneli Rautio <sup>1</sup> och Nils-Olof Nylund <sup>2</sup> <sup>1</sup> AFRY Management Consulting Oy <sup>2</sup> TEC TransEnergy Consulting Oy		
<b>Arbetets namn</b>	Höjning av trafikens distributionsskyldighetsnivå		
<b>Nyckelord</b>	Klimat, trafik, förnybar energi, distributionsskyldighet		
<b>Datum</b>	November, 2021	<b>Sidor</b> 94	<b>Språk</b> Finska

---

### Sammanfattning

I färdplanen för fossilfria transporter föreslogs det som en central åtgärd att man skulle öka nivån på distributionsskyldigheten för förnybara drivmedel. Denna utredning undersöker möjligheten att öka vägtrafikens distributionsskyldighetsnivå för år 2030, från 30 procent till 34 eller 40 procent. I utredningen undersöks även tillgången på hållbart producerade förnybara bränslen, efterfrågan, tillräckligheten och ursprunget av råmaterial, nationella nivån för sanktioner, bränslepriserna, kostnaderna för slutanvändaren, samt olika kravnivåers (30%, 34% och 40%) inverkan på nationalekonomin och statsekonomin.

För Finlands behov finns det globalt sett tillräckligt med förnybara råmaterial som uppfyller hållbarhetskraven, men en ökning av distributionsskyldigheten är inte riskfri. Nationella och internationella regleringar styr efterfrågan på förnybara bränslen mot avancerade bränslen, vars utbud ännu är litet i jämförelse med totala produktionen av förnybara bränslen. Konkurrensen om förnybara bränslen och speciellt om avancerade bränslen kommer att öka under de kommande åren då de nationella regleringarna och RED II-direktivets distributionskyldighetsnivåer stiger. I en utbudsbegränsad marknad bestäms priset på förnybara bränslen på basen av nivåerna för sanktioner, och priset på avancerade biobränslen förutspås år 2030 vara över fyra gången högre än priset på fossila bränslen. Regleringsförändringar, investeringar i avancerade biobränslen, tillgången på råmaterial, och utvecklingen av alternativa drivkrafter försvagar den långsiktiga förutsägbarheten av verksamhetsområdet.

I Finland står några stora aktörer för produktionen av förnybara bränslen. De inhemska aktörernas planerade produktion i Finland överskrider den inhemska efterfrågan även för en 40 procents distributionsskyldighet, förutsatt att alla planerade projekt framskrider enligt planerad tidtabell. En ökning av distributionsskyldighetsnivån skulle inte medföra direkta tilläggsinvesteringar.

Då efterfrågan på förnybara bränslen ökar, kan man inte med säkerhet undgå utträngningseffekten av råmaterial. Livsmedels-, kemi- och energiindustrin använder delvis samma råmaterial som producenterna för förnybart HVO-bränsle. Finland har ingen offentlig lista på råmaterial för förnybara bränslen, eftersom informationen är operatörspecifik och enligt offentlighetslagen 24 §:n 1 moment 20 klassas som affärshemligheter. En högre distributionsskyldighet skulle sannolikt öka användningen av Annex IX A och B -råmaterial, eftersom maximala andelen av drivmedel baserade på närings- och fodergrödor är begränsad till 2.6 procent. Enligt statistiken för år 2020 var det inhemska råmaterialets andel i Sverige och Nederländerna endast 7 respektive 6 procent.

En allmän förhöjning av distributionsskyldighetsnivån skulle ha moderata ekonomiska konsekvenser. Om höjningen däremot skulle göras med avancerade förnybara drivmedel skulle detta nästan fördubbla kostnadseffekten. Konsumentpriset på dieselbränsle beror dock i högre grad på den allmänna prisutvecklingen på bränslen än nivån på distributionsskyldigheten. Behovet av förnybara bränslen år 2030 förutspås att växa med 116 – 133 ktoe om distributionsskyldigheten ökar till 34% och med 291 – 332 ktoe om distributionsskyldigheten ökar till 40%.

Distributionsskyldigheten är en förutsägbar och säker metod att minska på vägtrafikens utsläpp. En ökning av distributionsskyldigheten från 30 till 34 procent skulle minska Finlands vägtrafikutsläpp med 0.3-0.4 Mt CO<sub>2eq</sub>, och en ökning av distributionsskyldigheten från 30 till 40 procent skulle minska utsläppen med 0.8-1.0 Mt CO<sub>2eq</sub> år 2030.

<b>Authors</b>	Esa Sipilä <sup>1</sup> , Henna Poikolainen <sup>1</sup> , Anna Lilja <sup>1</sup> , Taneli Rautio <sup>1</sup> and Nils-Olof Nylund <sup>2</sup> <sup>1</sup> AFRY Management Consulting Oy <sup>2</sup> TEC TransEnergy Consulting Oy		
<b>Title of the report</b>	Increasing the level of distribution obligation in road transport		
<b>Keywords</b>	Climate, transportation, renewable energy, distribution obligation		
<b>Date</b>	November, 2021	<b>Pages</b> 94	<b>Language</b> Finnish

### Abstract

Increasing the level of renewable fuel distribution obligation was one of the key proposed actions of the Finnish Roadmap for Fossil-Free Transport. In this study, AFRY's working group has evaluated the opportunities to increase the year 2030 obligation level from current 30% to 34%, or up to 40%. The analyses cover supply and demand of renewable transportation fuels, availability and origin of biofuel feedstocks, national penalties, fuel prices, costs to end-user as well as economic impact assessments at different obligation levels (30%, 34% and 40%).

The availability of renewable fuels that meet current sustainability criteria is sufficient for Finnish demand at all studied target levels, but increasing the obligation level does not come without risks. Both Finnish and international regulations drive the demand towards advanced biofuels, where the production is still small compared to the overall biofuel supply. Competition for these fuels, advanced biofuels in particular, is expected to tighten in the coming years along with increasing obligation levels in national and EU legislation. National penalties will continue to define renewable fuel prices in a supply restricted market, and advanced biofuels can become over four times more expensive than conventional fossil fuels in 2030. Continuous regulatory changes, uncertainty of advanced biofuel investments, availability of feedstocks and their substitution risks, as well as development of alternative powertrains all reduce long-term visibility and predictability of the renewable fuel industry.

Renewable fuel production in Finland is concentrated at a few large players, whose planned domestic production capacity exceeds Finnish demand in 2030 even at the highest 40% obligation level – assuming all announced projects materialize on schedule. Proposed increase of the distribution obligation is not seen to promote additional direct investments.

Some of the same biofuel feedstocks are also used in the food, chemical and energy industries. As the demand for renewable fuels increases, displacement risks cannot be fully excluded. The Energy Authority of Finland does not disclose information on the biofuel feedstocks, and therefore, analysis of the feedstocks is restricted on a category level. Increase of the obligation level is likely to promote the use of biofuels produced from feedstocks listed in Renewable Energy Directive Annex IX Part A and B as well as feedstocks that are not yet categorized, such as category 3 animal fats and novel vegetable oils, because the use of biofuels produced from food or feed crops is limited to 2.6% of the total energy use in road transport in Finland.

Economic impacts of increasing the level of distribution obligation are expected to remain moderate. General fuel price fluctuations have a greater impact on the diesel prices at the pump than the studied changes in distribution obligation. If the increase would be allocated only to the additional obligation, which includes advanced biofuels, biogas and RFNBOs, it would reduce the risks of indirect land-use change but would almost double the cost impacts. The demand for renewable fuels is modelled to increase 116 – 133 ktoe in 2030 if the obligation level is increased to 34%, and to 291 – 332 ktoe if the level is increased to 40%.

Distribution obligation is a predictable and certain alternative to reduce emissions from road transport. Increasing the Finnish distribution obligation from decided 30% to 34% would reduce 0,3 – 0,4 Mt CO<sub>2</sub>eq emissions from Finnish road transport, whereas increasing the level from 30% to 40% would reduce 0,8 – 1,0 Mt CO<sub>2</sub>eq in 2030.



## Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta .....	1
1.2	Tavoitteet ja menetelmät .....	1
1.3	Suomen jakeluvetoite .....	2
2	Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto .....	4
2.1	Uusiutuvien polttoaineiden kapasiteetin kehitys.....	4
2.1.1	Drop-in polttoaineet .....	4
2.1.2	Kehittyneet biopolttoaineet .....	6
2.1.3	Sähkölpolttoaineet.....	7
2.2	Uusiutuvien polttoaineiden kotimainen tuotanto .....	8
2.2.1	Nestemäiset uusiutuvat polttoaineet .....	8
2.2.2	Biokaasu.....	10
3	Raaka-aineiden saatavuus .....	13
3.1	Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet.....	13
3.1.1	Raaka-aineet maailmalla ja niiden kilpailevat käyttökohteet .....	13
3.1.2	Kestävyyssnäkökulmia .....	21
3.2	Raaka-aineet Euroopassa ja niiden luokittelu .....	24
3.2.1	Raaka-aineiden luokittelu Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Alankomaissa ja Norjassa .....	30
3.2.2	Raaka-aineet Suomessa .....	34
3.3	Uusien raaka-aineiden mahdollisuudet .....	39
4	Regulaatioiden vaikutukset uusiutuvien polttoaineiden kysyntään ja hintaan .....	43
4.1	Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä .....	43
4.2	Euroopan maiden vetoite- ja sakkotasot.....	44
4.3	Uusiutuvien polttoaineiden hintakehitys.....	48
4.4	Muutokset regulaatiokentässä .....	50
4.4.1	Muutosten vaikutukset Suomen uusiutuvien polttoaineiden kysyntään....	53
5	Vaikutusarviot .....	54
5.1	Uusiutuvien polttoaineiden tarve 2030 .....	55
5.2	Polttoaineiden pumppuhinnat .....	57
5.2.1	Nestemäiset uusiutuvat polttoaineet .....	57
5.2.2	Biokaasu.....	62
5.3	Vaikutusarviot valtiontalouteen, sektoreihin ja kuluttajiin .....	64
5.4	Päästövähennys ja sen kustannus .....	67
6	Epävarmuudet ja mahdollisuudet .....	69
6.1	Uusiutuvien polttoaineiden saatavuus .....	69
6.2	Regulaation vaikutukset .....	70
6.3	Velvoitetason noston vaikutukset .....	72
6.4	Liikenteen päästöjen vähentäminen .....	74
7	Työryhmän suositukset.....	76
8	Johtopäätökset .....	78
9	Lähteet.....	80
10	Liitteet.....	91



## Kuvat

Kuva 1 Drop-in biopolttoaineiden globaali kapasiteetti vuosina 2021-2030 .....	5
Kuva 2 Projekti-ilmoituksiin perustuvat HVO raaka-aineiden osuudet .....	6
Kuva 3 Kehittyneiden biopolttoaineiden globaali kapasiteetti vuosina 2021-2030 .....	7
Kuva 4 Sähköpolttoaineiden kapasiteetti ja sen kehitys Euroopassa .....	8
Kuva 5 Biokaasun käyttö Suomen tieliikenteessä .....	10
Kuva 6 Biokaasun tuotanto vuosina 2019 ja 2020 tuotantolaitostyypeittäin .....	11
Kuva 7 Työ- ja elinkeinoministeriön investointitukea hakeneet biokaasuprojektit 2018-2020 .....	12
Kuva 8 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet maailmassa vuonna 2019 .....	13
Kuva 9 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-ainejakaumat maailmassa vuonna 2015 .....	14
Kuva 10 Jätterasvojen ja öljyjen saatavuus maailmassa .....	14
Kuva 11 Palmuöljyn käyttö biodieselin raaka-aineena Indonesiassa, Thaimaassa ja Malesiassa vuonna 2020.....	15
Kuva 12 Soijaöljyn käyttö uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena USA:ssa, Brasiliassa ja Argentiinassa vuonna 2020 .....	16
Kuva 13 Palmuöljy ja sen tuotannossa syntyvien tyhjien palmuhedelmäterttujen, palmuynidinöljyn, palmuöljyn rasvahappotisle ja palmuöljypuristamoiden jätelietteen arvioitu globaali kokonaistuotanto .....	17
Kuva 14 Soijaöljyn, rypsi- ja rapsiöljyn, auringonkukkaöljyn, maapähkinäöljyn, puuvillansiemenöljyn ja kookosöljyn arvioitu kokonaistuotanto .....	18
Kuva 15 SER:n näkemys biopohjaisten raaka-aineiden käytön kestävyyshierarkiasta .....	19
Kuva 16 Rasvahappojen saatavuus ja käyttö polttoainetuotannossa .....	20
Kuva 17 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat ravinto- ja rehukasveista.....	21
Kuva 18 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat palmuöljypuhdistamoiden jäteliitteestä .....	22
Kuva 19 PFAD raaka-aineen kestävyysnäkökulmat.....	22
Kuva 20 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat eläinrasvoista .....	23
Kuva 21 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat käytetystä paistorasvasta.....	23
Kuva 22 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatavasta biomassaosuudesta.....	24
Kuva 23 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineiden saatavuus ja käyttö.....	29
Kuva 24 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet Euroopassa 2012-2020 .....	29
Kuva 25 Ruotsin raaka-ainejakauma ja raaka-aineiden alkuperämaat vuonna 2019 .....	30
Kuva 26 Ruotsin raaka-ainejakauma ja raaka-aineiden alkuperämaat vuonna 2020 .....	31
Kuva 27 Ruotsin HVO:n raaka-ainejakauma vuosina 2017 - 2020 .....	31
Kuva 28 Ison-Britannian uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakaumat vuonna 2019 ja alkuperämaat.....	32
Kuva 29 Alankomaiden uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakauma vuonna 2020 ja alkuperämaat.....	33
Kuva 30 Norjan uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakauma vuonna 2020 .....	34
Kuva 31 Nestemäiset biopolttoaineet Suomessa 2020 .....	38
Kuva 32 Uusien raaka-aineiden mahdollisuudet .....	39
Kuva 33 Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä valikoiduissa Euroopan maissa polttoaineittain jaoteltuna vuonna 2030.....	43
Kuva 34 Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä valikoiduissa Euroopan maissa 2030.....	44
Kuva 35 Saksan vuoden 2021 ja vuoden 2022 sakkotasot EUR/t, CO <sub>2eq</sub> .....	47
Kuva 36 Saksan vuoden 2021 ja vuoden 2022 sakkotasot EUR/t .....	47
Kuva 37 Euroopan maiden sakkotasot vuonna 2021 .....	48
Kuva 38 Polttoaineiden trendihintojen kehitys perushintaskenaariossa .....	49
Kuva 39 Uusiutuvien polttoaineiden tarve perusskenaariossa vuonna 2030 .....	56
Kuva 40 Uusiutuvien polttoaineiden tarve WAM-skenaariossa vuonna 2030.....	57
Kuva 41 Dieselin pumppuhinnan muutos - perusskenaario vuonna 2030.....	58
Kuva 42 Dieselin pumppuhinnan muutos - WAM-skenaario vuonna 2030.....	58





Kuva 43 Pumppuhinnan nousun kustannuksien vertailu, kun hinnan nousu allokoidaan täysmääräisenä dieselille ja tasan dieselille ja bensalle perusskenaariossa vuonna 2030 .....	59
Kuva 44 Pumppuhinnan nousun kustannuksien vertailu, kun hinnan nousu allokoidaan täysmääräisenä dieselille ja tasan dieselille ja bensalle WAM-skenaariossa vuonna 2030 .....	59
Kuva 45 Dieselin pumppuhinnat perusskenaariossa vuonna 2030 .....	60
Kuva 46 Dieselin pumppuhinnat WAM-skenaariossa vuonna 2030 .....	61
Kuva 47 Dieselin ja bensiinin osuus kotitalouksien käytettävistä olevista tuloista kulutusmenoittain .....	62
Kuva 48 Maakaasun ja biokaasun pumppuhinnat ilman tikettiarvoa.....	63
Kuva 49 Raskaan kaluston hintasuhde dieselille ja kaasulle.....	64
Kuva 50 Taloudelliset vaikutukset vuonna 2030 – WAM-skenaario .....	66
Kuva 51 Sektorikohtaiset suhteelliset vaikutukset WAM-skenaariossa.....	67
Kuva 52 Jakeluvaihtoehdon noston keskimääräinen kustannus EUR/tCO <sub>2</sub> .....	68
Kuva 53 Uusiutuvien polttoaineiden tarve raaka-aineluokittain 2021 ja 2030 (WAM-skenaario) ..	73
Kuva 54 Päästöpuu liikenteen päästöjen vähentämisestä .....	75

## Taulukot

Taulukko 1 Kotimaisten toimijoiden biopolttoaineiden nykytila ja kapasiteetin kehitys .....	10
Taulukko 2 Euroopan maiden tavoitteet syyskuussa 2021 .....	46
Taulukko 3 Hintaskenaariot reaalihinnoissa (2021) vuonna 2030.....	49
Taulukko 4 Päästövähennämät eri jakeluvaihtoehdon tasoilla perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa verrattuna vuoden 2005 tasoon.....	67

## Liitteet

Liite 1 Toimijahaastatteluiden kysymykset .....	91
Liite 2 Polttoaineiden kuluttajahinnat vuonna 2030 eli kysyntä- ja hintaskenaarioissa.....	92
Liite 3 Kuluttajavaikutukset dieselautoilijoille.....	93
Liite 4 Velvoitetason taloudelliset vaikutukset perusskenaariossa .....	93
Liite 5 Liikenteen käytössä olevien autojen energiankäyttö (ktoe/a) perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa .....	94
Liite 6 Biopolttoaineiden kokonaistarve perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa vuonna 2030 ..	94

## Lyhenteet

ALV	Arvonlisävero
CTO	Crude Tall Oil, raakamäntyöljy
FAME	Fatty Acid Methyl Ester, rasvahappometyyliesteri
FAO	Food and Agriculture Organization, YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestö
FQD	Fuel Quality Directive, polttoaineiden laatudirektiivi
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil, vetykäsittelyistä rasvahapoista tuotettu uusiutuva polttoaine
ILUC	Indirect Land Use Change, epäsuorat maankäytön muutokset
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
KHK	Kasvihuonekaasu
LBG	Liquefied biogas, nesteytetty biokaasu
LNG	Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu
LUKE	Luonnonvarakeskus
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
PFAD	Palm Fatty Acid Distillate, palmuöljyn rasvahappotisle
POME	Palm Oil Mill Effluent, palmuöljypuristamoiden jäteliete
RCF	Recycled Carbon Fuels, kierrätetyt hiilipolttoaineet
RED	Renewable Energy Directive, uusiutuvan energian direktiivi
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origins, muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäiset ja kaasumaiset liikenteen polttoaineet
SBEO	Spent Bleaching Earth Oil, käytetty valkaisuaviöljy
TCO	Technical Corn Oil, tekninen maissiöljy
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
TIRIB	Tax Incentive for Incorporation of Biofuels, verokannustin biopolttoaineiden käytön edistämiseksi
UCO	Used Cooking Oil, käytetty paistorasva
USDA	United States Department of Agriculture, USA:n maatalousministeriö
VECTO	Vehicle Energy Consumption Calculation Tool, ajoneuvojen energiankulutuksen laskentatyökalu
WAM	With Additional Measures, lisätoimenpiteiden avulla
WEM	With Existing Measures, voimassa olevien toimenpiteiden avulla
YM	Ympäristöministeriö

# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Valtioneuvosto hyväksyi periaatepäätöksen fossiiliton liikenteen tiekartasta eli kotimaan liikenteen kasvihuonekaasujen vähentämisestä 6 toukokuuta 2021. Tiekartan yhtenä keskeisenä toimenpide-ehdotuksena esitettiin biokaasun ja sähköpolttoaineiden sisällyttämistä uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteen piiriin sekä velvoitetason nostamista, jotta nämä polttoaineet eivät korvaa velvoitteessa jo olevia uusiutuvia polttoaineita, vaan fossiilisia polttoaineita.

Suomen lakia uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä uudistettiin 30 kesäkuuta 2021. Biokaasu päätettiin lisätä jakeluelvoitteeseen 1.1.2022 alkaen ja muuta kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat nestemäiset ja kaasumaiset polttoaineet eli liikenteen RFNBO-polttoaineet 1.1.2023 alkaen.

Tässä selvityksessä on arvioitu jakeluelvoitteen vuoden 2030 velvoitetason nostamista valtioneuvoston periaatepäätöksessä esitettyyn 34 prosenttiin tai sitäkin korkeammaksi, mikäli uusiutuvan dieselin ja biokaasun saatavuus kotimaisella kestäväällä tuotannolla vahvistuu ja investoinnit sähköpolttoaineiden teollisen mittakaavan tuotantoon edistyvät. Lisäksi selvityksessä on arvioitu uusiutuvien polttoaineiden saatavuutta ja raaka-aineiden kestävyyttä sekä syrjäytysvaikutuksia. Jälkimmäinen tarkastelu vastaa pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmassa esitettyyn tarpeeseen arvioida kestävästi tuotettujen biopolttoaineiden riittävyyttä maantieliikenteessä.

Tämä selvitys on toteutettu työ- ja elinkeinoministeriön (TEM), liikenne- ja viestintäministeriön (LVM) ja ympäristöministeriön (YM) toimeksiannosta syksyn 2021 aikana. Selvityksessä on tarkasteltu nykyisen 30 % velvoitetason lisäksi kestävien uusiutuvien polttoaineiden riittävyyttä ja vaikutusarvioita myös 34 % sekä 40 % velvoitetasoilla.

## 1.2 Tavoitteet ja menetelmät

Työn tavoitteena oli arvioida mahdollisuutta nostaa tieliikenteen jakeluelvoitteen vuoden 2030 velvoitetasoa 30 prosentista 34 tai 40 prosenttiin. Selvityksessä on tarkasteltu kestävien uusiutuvien polttoaineiden saatavuutta, raaka-aineiden riittävyyttä ja alkuperää, kansallisia sakkotasoja, polttoaineiden hintoja, kustannuksia loppukäyttäjille sekä eri jakeluelvoitetasojen (30 %, 34 % ja 40 %) vaikutuksia valtiontalouteen, sektoreihin ja kuluttajiin. Työssä on myös vertailtu vaikutusarvioiden muutoksia mikäli nosto toteutettaisiin kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoitteella.

Työn toteutuksessa tukeuduttiin vahvaan vuorovaikutukseen sekä laajennetun ohjausryhmän että keskeisten sidosryhmien kanssa. AFRY haastatteli alan toimijoita syys-lokakuun 2021 aikana sekä järjesti sidosryhmätilaisuuden alustavista tuloksista 14 lokakuuta 2021. AFRYn haastattelemiin toimijoihin kuuluivat Atria, Gasum, NEOT, Neste, Nurmon Bioenergia, SEO, St1, UPM, Teboil ja Valio, joiden lisäksi sidosryhmätilaisuuteen kutsuttiin myös Bioenergia ry, Energiavirasto, Greenpeace, Helsingin yliopisto, Luontopaneeli, Luonnonvarakeskus (LUKE), Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto (MTK), Suomen biokierto ja biokaasu ry, Suomen Luontoliitto (SLL), SYKE, VTT ja WWF. Laajennetun ohjausryhmän kokoonpanoon kuuluivat tilaajien työ- ja elinkeinoministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön ja ympäristöministeriön edustajien lisäksi asiantuntijoita valtiovarainministeriöstä, maa- ja metsätalousministeriöstä

ja Sitrasta. Työn aikana järjestettiin viisi ohjausryhmäkokousta, joissa keskusteltiin työn tavoitteista, menetelmistä, tuloksista ja työsuunnitelmasta.

Uusiutuvien polttoaineiden tuotantokapasiteettien ja niiden kehityksen arvioinnissa hyödynnettiin AFRYn kehittämiä globaaleja projektitietokantoja. Raaka-ainetarkastelu toteutettiin pääosin kirjallisuuskatsauksena, jota tuettiin AFRYn omilla arvioilla erityisesti tähteiden ja sivutuotteiden osalta. Regulaatioiden vaikutuksia uusiutuvien polttoaineiden kysyntään ja hintaan tarkasteltiin eri maiden kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien, lainsäädännön, julkisten tilastojen, toimijahaastattelujen sekä AFRYn markkinanäkemyksen pohjalta. TEC Transenergy Consulting vastasi eri jakeluvuorotasoilla tarvittavien polttoainemäärien laskennasta, ajoneuvoregulaatiosta ja TCO-laskelmista. Polttoainemäärälaskelmat perustuvat liikenne- ja viestintäministeriön 29 lokakuuta 2021 työryhmälle toimittamiin WEM (with existing measures) ja WAM (with additional measures) -skenaarioihin. Saara Tamminen Sitralta toimi työryhmän neuvonantajana kansantaloudellisten vaikutusten arvioinnissa, jotta menetelmät ja tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoiset vuonna 2018 AFRYn toteuttaman jakeluvuoroteselvityksen kanssa (Sipilä, ym., 2018). Vaikutusarviot kansantalouteen ja valtiontalouteen tehtiin laskennallisesti vain suorille vaikutuksille eikä dynaamisia kansantaloudellisia vaikutuksia arvioitu numeerisesti.

Velvoitetason nosto mahdollistaa kestävätkä päästövähennykset tieliikenteessä, mutta toimintaympäristön epävarmuudet heikentävät vaikutusarvioiden luotettavuutta. Tämä selvitys on toteutettu keskittyen RED II -direktiiviin ja Suomen voimassa oleviin lakeihin, joten regulaatiokentän epävarmuudet ovat tarkastelun luotettavuuden kannalta tärkeitä. Uusiutuvien polttoaineiden kysynnän kasvaessa raaka-aineiden syrjäytysvaikutuksilta ei voida varmuudella välttyä. Työssä on rajattu raaka-aineiden kestävyuden tarkastelu RED II-direktiivin mukaisesti ja kuvattu julkisten lähteiden puitteissa eri raaka-aineiden syrjäytysvaikutuksia, mutta niiden todennäköisyyttä ja vaikuttavuutta ei ole arvioitu tässä raportissa.

Tämä selvitys on laadittu tukemaan poliittista päätöksentekoa, valtioneuvoston ja erityisesti ministeriöiden (TEM, LVM, YM) lainsäädäntötyötä sekä tarjoamaan avointa tietoa toimialasta, jonka raaka-aineet eivät ole julkista tietoa ja regulaatiokenttä on hyvin monimutkainen ja jatkuvassa murroksessa. Selvitys mahdollistaa toimijoiden valmistautumisen tuleviin lainsäädännön muutoksiin, jota tarvitaan yhtäältä kustannusvaikutuksiin varautumiseksi ja toisaalta syntyvien liiketoimintamahdollisuuksien hyödyntämiseksi.

### 1.3 Suomen jakeluvuoro

Suomessa on voimassa oleva laki (13.4.2007/446) uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä. Lain tarkoituksena on edistää uusiutuvien polttoaineiden käyttöä moottoribensiinin, dieselöljyn ja maakaasun korvaamiseksi liikenteessä. Suomessa polttoaineen jakelija on velvollinen toimittamaan uusiutuvia polttoaineita kulutukseen. Jakeluvuorotteen piiriin kuuluvat nestemäisten polttoaineiden jakelijat, joiden vuoden aikana kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn, biopolttoaineiden ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten liikenteen polttoaineiden määrä on yli 1 miljoonaa litraa ja kaasumaiset polttoaineiden jakelijat, joiden vuoden aikana kulutukseen toimittamien maakaasun, biokaasun ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien kaasumaisten liikenteen polttoaineiden määrä on yli 9 gigawattituntia.

Suomessa on tällä hetkellä voimassa 18,0 prosentin jakeluvuoro ja 2 prosenttiyksikön lisävuoro. Vuodesta 2022 alkaen myös 0,2 prosenttiyksikön vähimmäisosuusvuoro. Jakeluvuoroa sovelletaan kulutukseen toimitetun biokaasun osalta 1. tammikuuta 2022

alkaen ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden osalta 1. tammikuuta 2023 alkaen. Jakeluelvoitteen, lisävelvoitteen ja vähimmäisosuusvelvoitteen lisäksi ravinto- ja rehukasveista tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun enimmäisosuus on rajattu 2,6 prosenttiyksikköä ja palmuöljystä tuotetuilla polttoaineilla ei voida täyttää jakeluelvoitetta, mutta niitä voi kuitenkin toimittaa kulutukseen.

#### **13.4.2007/446 Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä**

##### **5 §**

Uusiutuvien polttoaineiden energiasisällön osuus jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn, maakaasun, biopolttoaineiden, biokaasun ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä (**jakeluelvoite**) tulee olla vähintään:

- 1) 20,0 prosenttia vuonna 2020
- 2) 18,0 prosenttia vuonna 2021
- 3) 19,5 prosenttia vuonna 2022
- 4) 21,0 prosenttia vuonna 2023
- 5) 22,5 prosenttia vuonna 2024
- 6) 24,0 prosenttia vuonna 2025
- 7) 25,5 prosenttia vuonna 2026
- 8) 27,0 prosenttia vuonna 2027
- 9) 28,5 prosenttia vuonna 2028
- 10) 30,0 prosenttia vuonna 2029 ja sen jälkeen.

#### **13.4.2007/446 Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä**

##### **5 §**

Jakeluelvoitteessa on täytettävä liitteen A osassa tarkoitetuista raaka-aineista tuotetuilla tai valmistetuilla biopolttoaineilla tai biokaasulla, taikka muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla (**lisävelvoite**)

- 1) 2,0 prosenttiyksikköä vuosina 2021-2023
- 2) 4,0 prosenttiyksikköä vuosina 2024 ja 2025
- 3) 6,0 prosenttiyksikköä vuosina 2026 ja 2027
- 4) 8,0 prosenttiyksikköä vuonna 2028
- 5) 9,0 prosenttiyksikköä vuonna 2029
- 6) 10,0 prosenttiyksikköä vuonna 2030 ja sen jälkeen.

Liitteen A osassa tarkoitetuista raaka-aineista tuotettujen tai valmistettujen biopolttoaineiden ja biokaasun osuus tulee olla kuitenkin vähintään (**vähimmäisosuusvelvoite**)

- 1) 0,2 prosenttiyksikköä vuosina 2022-2024
- 2) 1,0 prosenttiyksikköä vuosina 2025-2029
- 3) 3,5 prosenttiyksikköä vuonna 2030 ja sen jälkeen

## 2 Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto

Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto oli globaalisti noin 146 miljoonaa tonnia vuonna 2020, josta etanolin ja FAME-biodieselin osuus oli 95 %. Drop-in polttoaineiden maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti on tänä vuonna 9 miljoonaa tonnia, joka on lähes kokonaan HVO-polttoaineita, kun taas kehittyneiden biopolttoaineiden kapasiteetti on noin 1 miljoona tonnia. HVO-polttoaineilla tarkoitetaan vetykäsittelystä rasvoja ja öljyjä, jotka on tuotettu uusiutuvista raaka-aineista, kun taas kehittyneillä biopolttoaineilla tarkoitetaan RED II-direktiivin liitteessä IX osa A luetelluista raaka-aineista tuotettuja nestemäisiä biopolttoaineita ja biokaasua.

Tuotannon kehitystä on arvioitu julkaistujen projektitietojen perusteella. Drop-in polttoaineiden globaali kapasiteetti tulisi kasvamaan jopa 44 miljoonaan tonniin vuoteen 2030 mennessä, jos kaikki hankkeet toteutuvat suunnitellusti. Kehittyneistä biopolttoaineista odotetaan kuitenkin niukkuutta, sillä niiden maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti kasvaa projektien perusteella 6 miljoonaan tonniin, joka vastaa yksin Euroopan ennustettua kysyntää. RFNBO-hankkeiden yhteenlasketut kapasiteetit saavuttavat vain 0,5 miljoonaa tonnia vuoteen 2030 mennessä.

Kotimaisten toimijoiden suunnittelema tuotanto Suomessa ylittää kotimaisen kysynnän myös tarkastellulla 40 prosentin velvoitetasolla, mikäli kaikki harkinnassa olevat projektit toteutuvat aikataulussa. Vuonna 2020 nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto Suomessa oli 625 ktoe ja biokaasun kokonaistuotanto oli 75 ktoe. Vuoden 2020 kotimaisesta biokaasutuotannosta vain 13 prosenttia kului liikennekäytössä.

### 2.1 Uusiutuvien polttoaineiden kapasiteetin kehitys

Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto globaalisti oli noin 146 miljoonaa tonnia vuonna 2020, josta Suomessa käytettiin noin 0,4 miljoonaa tonnia (0,3 %) (FAO, 2021b; Tilastokeskus, 2021b). Perinteinen FAME-biodiesel ja etanoli vastaavat noin 95 % globaalista nykytuotannosta, mutta niiden käytön kasvu Euroopassa on rajattu toisaalta polttoainelaadun ja toisaalta raaka-ainepohjan osalta. Euroopan polttoainelaatudirektiivi (2009/30/EC, Fuel Quality Directive, FQD) rajoittaa FAME-biodieselin käytön enintään 7 tilavuusprosenttiin ja etanolin enintään 10 tilavuusprosenttiin valmiista polttoaineesta. Uusiutuvan energian direktiivi (2018/2001) puolestaan rajoittaa ravinto- ja rehuksveista tuotetut polttoaineet enintään 7 prosenttiin tai yhden prosenttiyksikön suuremmaksi kuin niiden osuus oli kulutukseen toimitetuista liikennepolttoaineista vuonna 2020. Energiavirasto julkaisi kesäkuussa 2021 Suomen ravinto- ja rehuksveista tuotettujen polttoaineiden rajaksi 2,6 % vuonna 2030 (Energiavirasto, 2021a). Suurin osa markkinoilla myytävästä FAME-biodieselista ja etanolista pohjautuu juuri ravinto- ja rehuksveihin. Uusiutuvien polttoaineiden saatavuustarkastelu keskittyykin Suomen kannalta tärkeimpiin polttoainetyyppeihin: nestemäisiin drop-in polttoaineisiin, kehittyneisiin biopolttoaineisiin, biometaaniin ja sähköpolttoaineisiin.

#### 2.1.1 Drop-in polttoaineet

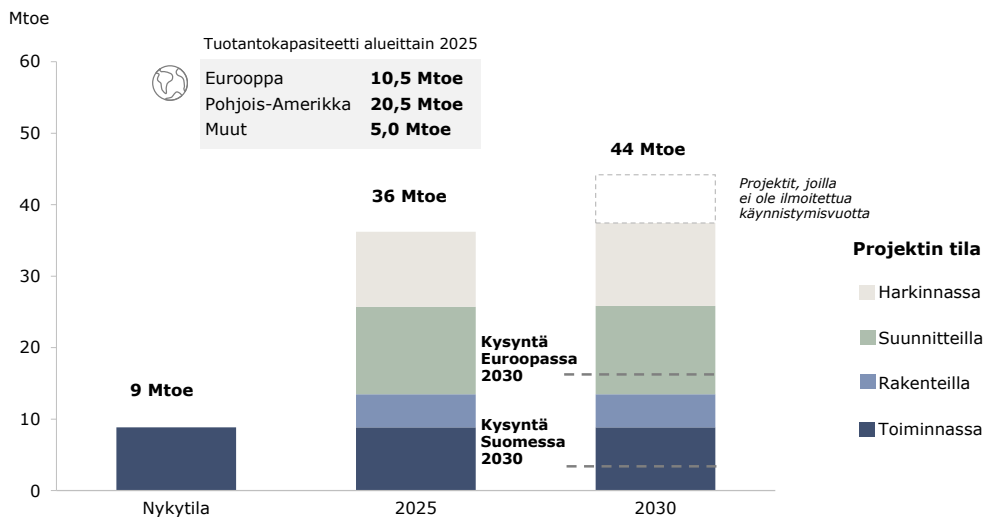
Drop-in polttoaineilla tarkoitetaan uusiutuvia polttoaineita, jotka etanolista ja FAME-dieselistä poiketen sopivat sellaisenaan kaikkiin moottoreihin ilman erillisiä sekoitusrajoituksia. Etanolilla ja FAME:lla voidaan saavuttaa vain noin 7 % uusiutuvan osuus polttoaineseoksessa. Drop-in polttoaineet ovatkin edellytys korkeampien sekoitusasteiden saavuttamiseksi. Drop-in polttoaineet ovat ratkaisu erityisesti liikenteessä olevien vanhempien ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-päästövähennyksiin. Pääosa nykyisestä drop-in polttoainetuotannosta on vetykäsitellyistä rasvahapoista tuotettuja HVO-polttoaineita, jotka korvaavat dieseliä. Seuraavana esiteltävät

drop-in polttoaineiden tuotantokapasiteetit sisältävät myös kaasutukseen pohjautuvat termokemialliset polttoaineet sekä mäntyöljyyn ja POME raaka-aineisiin pohjautuvat HVO-polttoaineet, jotka raaka-aineista riippuen voidaan luokitella myös kehittyneiksi biopolttoaineiksi.

Globaali drop-in biopolttoaineiden tuotantokapasiteetti on noin 9 miljoonaa tonnia vuonna 2021 ja sen on ennustettu kasvavan noin 36 miljoonaan tonniin vuoteen 2025 mennessä, mikäli kaikki suunnitteilla ja harkinnassa olevat projektit toteutuvat ajallaan. Noin 20,5 miljoonaa tonnia (57 %) vuoden 2025 tuotannosta on suunniteltu tuotettavan Pohjois-Amerikassa, 10,5 miljoonaa tonnia (29 %) Euroopassa ja 5 miljoonaa tonnia (14 %) muilla alueilla. Suurin osa vuoden 2025 projekteista on vielä suunnitteilla (12 Mt) tai harkinnassa (11 Mt). "Suunnitteilla" luokitus viittaa projekteihin, joista on tehty investointipäätös, mutta rakentamista ei ole vielä ehditty aloittaa, kun taas "harkinnassa" viittaa hankkeisiin, joista on jo julkaistu suunnitelmia ja tavoiteltu käynnistymisvuosi, mutta ei investointipäätöstä. Rakenteilla drop-in polttoaineiden kapasiteetista on noin 5 miljoonaa tonnia.

Vuonna 2030 drop-in biopolttoaineiden kapasiteetti olisi jopa 44 miljoonaa tonnia, mikäli kaikki julkaistut projektit toteutuisivat. Drop-in polttoaineiden kapasiteetin on näin ennustettu kasvavan 19 % keskimääräistä vuosivauhtia vuosien 2021 ja 2030 välillä. Hankkeet, joilla ei ole vielä ilmoitettua käynnistymisvuotta vastaavat noin viidesosaa vuoden 2030 kapasiteetista. Kaikki tarkastellut projektit eivät välttämättä tule toteutumaan tarkasteluvälillä. Toisaalta seuraavan kymmenen vuoden aikana ehtii syntyä myös uusia biopolttoaineinvestointeja, jotka eivät ole vielä tiedossa.

AFRYn arvioiden mukaan Euroopan drop-in biopolttoaineiden kysyntä tieliikenteessä on noin 14 miljoonaa tonnia vuonna 2030, mikä on hieman suurempi kuin tällä hetkellä toiminnassa ja rakenteilla oleva globaali tuotantokapasiteetti. Kuvassa 1 esitetään drop-in biopolttoaineiden globaali kapasiteetti ja sen kehitys vuosina 2025 ja 2030.

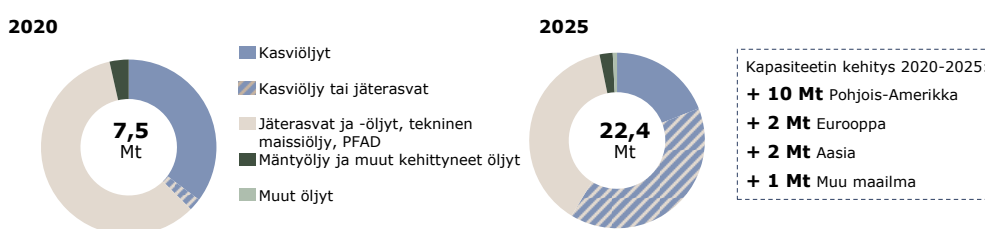


Kuva 1 Drop-in biopolttoaineiden globaali kapasiteetti vuosina 2021-2030

Vuonna 2020 HVO-tuotantoon käytettiin 7,5 miljoonaa tonnia raaka-aineita. Suurin osa HVO-raaka-ainepohjasta keskittyy jäte- ja tähdepohjaisiin raaka-aineisiin, erityisesti käytettyyn paistorasvaan tai eläinrasvoihin, joiden käytöksi on arvioitu noin 4,5 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (USDA, 2021b). Muita merkittäviä raaka-aineita olivat kasviöljyt (2,5 Mt) sekä mäntyöljy, tekninen maissiöljy ja muut kehittyneet raaka-aineet.

Kapasiteettikehityksen myötä HVO-polttoaineiden raaka-ainetarpeen ennustetaan kasvavan 22,4 miljoonaan tonniin vuoteen 2025 mennessä, joka luonnollisesti vaikuttaa myös kasviöljyjen ja jättepohjaisten rasvahappojen markkinoihin ja kilpaileviin käyttötarkoituksiin. Raaka-ainetarkastelussa on tärkeää huomioida laitosten joustavuus käsitellä erilaisia syötteitä. Monet uudet HVO-laitokset ovat suunniteltu hyödyntämään hyvin laajaa raaka-ainepohjaa, jossa syötteiden keskinäiset osuudet vaihtelevat vuodesta toiseen riippuen esimerkiksi niiden saatavuudesta, hinnasta ja markkinoiden erityisvaatimuksista.

Kuvassa 2 on esitetty projekti-ilmoituksiin perustuvat HVO-raaka-aineiden osuudet vuonna 2020 ja vuonna 2025 sekä kapasiteetin kehitys alueittain vuosina 2020-2025. Suurin osa HVO-polttoaineiden kasvusta keskittyy Pohjois-Amerikkaan, jossa yhdysvaltalaiset öljy-yhtiöt muuttavat perinteisiä öljyjalostamoitaan HVO-biopolttoainetuotantoon. Näiden hankkeiden raaka-aineiksi mainitaan erityisesti soijaöljy, käytetty paistorasva ja eläinrasvat. Euroopassa HVO-kapasiteetin on ennustettu kasvavan vain 2 Mt vuosina 2020-2025.



Kuva 2 Projekti-ilmoituksiin perustuvat HVO raaka-aineiden osuudet

### 2.1.2 Kehittyneet biopolttoaineet

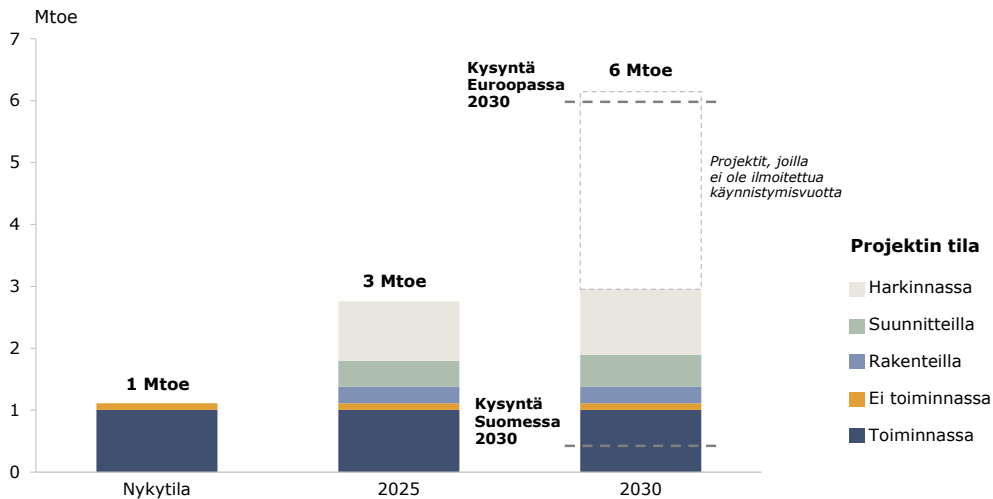
Kehittyneillä biopolttoaineilla, jotka tunnetaan myös toisen tai kolmannen sukupolven biopolttoaineina, tarkoitetaan biopolttoaineita, joiden valmistus ei kilpaile ruoan tai rehun tuotannon kanssa, sillä valmistuksessa ei käytetä ruoaksi kelpaavia raaka-aineita. Kehittyneiden biopolttoaineiden raaka-aineet on eritelty uusiutuvan energian direktiiviin liitteessä IX osa A. Raaka-aineisiin kuuluvat muun muassa palmuöljypuristamoiden jäteliete (POME), olki, eläinten lanta, sokeriruokojäte, mäntyöljy ja metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatava biomassaosuus.

Vuonna 2021 nestemäisten kehittyneiden biopolttoaineiden kokonaiskapasiteetiksi on arvioitu olevan noin 1 miljoonaa tonnia, josta noin 40 % on mäntyöljy tai POME raaka-aineista valmistettuja polttoaineita, 25 % selluloosaetanolia ja 34 % muita kehittyneiksi biopolttoaineiksi luokiteltavia nestemäisiä polttoaineita, jotka sisältävät muun muassa metanolin ja ruoantähteistä valmistetut polttoaineet. AFRYn kehittyneiden biopolttoaineiden tietokanta ei huomioi pyrolyysiöljyä tieliikenteen polttoaineena.

Kehittyneiden biopolttoaineiden kapasiteetti tulee kasvamaan tämän hetken yhdestä miljoonasta tonnista noin 3 miljoonaa tonniin vuoteen 2025 ja 6 miljoonaa tonniin vuoteen 2030 mennessä, mikäli kaikki tunnetut projektit toteutuvat. Vuoden 2025 ennustetusta 3 miljoonan tonnin kapasiteetista noin 1 Mt on harkinnassa, 0,4 Mt tonnia suunnitteilla ja vain 0,3 Mt rakenteilla. Lisäksi 10 % nykyisistä projekteista ei ole toiminnassa. "Ei toiminnassa" olevilla projekteilla viitataan projekteihin, jotka ovat rakennettu, mutta eivät ole tuotannollisessa käytössä. Vuoden 2030 ennustetusta 6 miljoonan tonnin kehittyneiden biopolttoaineiden kapasiteetista yli puolet on hankkeita, joilla ei ole ilmoitettua käynnistymisvuotta. Kuvassa 3 on esitetty kehittyneiden biopolttoaineiden globaali kapasiteetin kehitys projektin tilan mukaan jaoteltuna vuoteen 2030 asti.



Nykyisillä kansallisilla poliittisilla toimilla Euroopan kehittyneiden biopolttoaineiden kysynnän ennustetaan olevan sähköistymisen asteesta riippuen noin 6 miljoonaa tonnia vuonna 2030, joka vastaa lähes kaikkea vuoden 2030 globaalista kapasiteetista. Kehittyneiden biopolttoaineiden tarjonta tulee todennäköisesti olemaan rajoittunutta, vaikka kaikki projektit käynnistyisivätkin ajallaan. Suurin osa tulevaisuuden projekteista on vielä harkinnassa, suunnitteilla tai niiden käynnistymisvuotta ei ole ilmoitettu, mikä lisää projektien toteutumisen epävarmuutta.



Kuva 3 Kehittyneiden biopolttoaineiden globaali kapasiteetti vuosina 2021-2030

### 2.1.3 Sähköpolttoaineet

Sähköpolttoaineet eli sähkön avulla hiilidioksidista tuotetut polttoaineet (Power-to-X) ovat muihin uusiutuviin polttoaineisiin nähden vielä varhaisessa kehitysvaiheessa. Sähköpolttoaineiden laajemman kaupallisen tuotannon on arvioitu alkavan 5-10 vuoden kuluessa. Sähköpolttoaineiden kapasiteetti Euroopassa voi toistaiseksi ilmoitettujen projektien perusteella saavuttaa noin 0,5 miljoonaa tonnia vuoteen 2030 mennessä, josta lähes puolet keskittyy lentoliikenteen polttoaineisiin.

Euroopan unionin ReFuel-aloitteessa ehdotetaan sekoitevelvoitetta uusiutuville lentopolttoaineille lentoliikenteessä. Aloitteessa ehdotetaan seuraavia velvoitetasoja: 2 % vuonna 2025 ja 5 % vuonna 2030, joista synteettisiä lentopolttoaineita on 0,7 %. Synteettisillä lentopolttoaineilla tarkoitetaan muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia polttoaineita, jotka määritellään RED II ((EU) 2018/2001) artiklassa kaksi. RFNBO-polttoaineilla tarkoitetaan muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia liikenteen polttoaineita, jotka eivät ole biopolttoaineita tai biokaasua. Sähköpolttoaine on samaan aikaan synteettinen polttoaine kuin RFNBO-polttoaineekin.

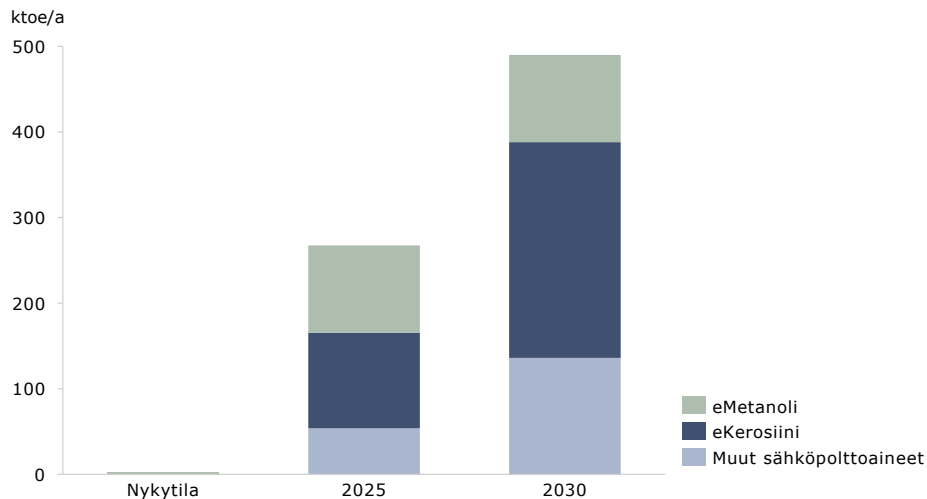
### ReFuel EU ehdotus, 3 artikla, määritelmät

'**Synteettisillä lentopolttoaineilla**' ilmailussa käytettäviä polttoaineita, jotka ovat muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia polttoaineita, sellaisina kuin ne määritellään direktiivin (EU) 2018/2001 2 artiklan toisen kohdan 36 alakohdassa

### RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2, alakohta 36

'**Synteettisillä lentopolttoaineilla**' tarkoitetaan liikennealalla käytettäviä nestemäisiä tai kaasumaisia polttoaineita, jotka eivät ole biopolttoaineita tai biokaasua, joiden energiasisältö on peräisin muista uusiutuvista energialähteistä kuin biomassasta

Kuvassa 4 on esitetty sähköpolttoaineiden kapasiteetti ja sen kehitys Euroopassa perustuen julkisesti ilmoitettuihin projekteihin. Kerosiinin korkean osuuden taustalla on Saksan asettama jakeluvuote RFNBO-polttoaineille lentoliikenteessä vuodesta 2025 alkaen.



Kuva 4 Sähköpolttoaineiden kapasiteetti ja sen kehitys Euroopassa

## 2.2 Uusiutuvien polttoaineiden kotimainen tuotanto

Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto Suomessa on keskittynyt muutama suureen toimijaan. Nestemäisten biopolttoaineiden kotimaiseksi tuotannoksi on arvioitu noin 625 ktOE vuonna 2020, josta Nesteen osuus on noin 80 %. Biokaasun tuotanto oli samana vuonna 75 ktOE, josta 13 % käytettiin liikennekaasuna. Suomessa on meneillään useita uusiutuvien polttoaineiden investointihankkeita, mutta useat niistä ovat viivästyneet alkuperäisestä aikataulusta.

### 2.2.1 Nestemäiset uusiutuvat polttoaineet

Kotimaisten toimijoiden biopolttoaineiden tuotanto keskittyy lähitulevaisuudessa Nesteen, UPM:n ja St1:n projekteihin. Taulukossa 1 on esitetty kotimaisten toimijoiden biopolttoaineiden nykytila ja kapasiteetin kehitys niin kotimaassa kuin ulkomailla. Nesteellä on HVO-laitoksia Porvoossa, Singaporessa ja Rotterdammassa, joiden yhteenlaskettu

tuotantokapasiteetti on noin 3 miljoonaa tonnia. Singaporen jalostamon meneillään oleva laajennus kasvattaa Nesteen uusiutuvien kokonaiskapasiteettia lähes 4,5 miljoonaan tonniin vuonna 2023. Neste käytti vuonna 2020 uusiutuvien tuotteiden jalostuksessa yhteensä 3,7 miljoonaa tonnia raaka-aineita, joista 83 prosenttia (3,1 Mt) oli luokiteltu jätteiksi tai tähteiksi. (Neste, 2021e; Neste, 2021d) Jätteiden ja tähteiden osuus nousi tänä vuonna kahdella ensimmäisellä vuosineljänneksellä 92 prosenttiin (Neste, 2021h). Suomessa Neste tuottaa uusiutuvia tuotteita Kilpilahden jalostamolla Porvoossa, jonka uusiutuvien polttoaineiden tuotanto on 480 ktoe/a. Porvoossa tutkitaan myös kehittyneiden biopolttoaineiden valmistusta kiinteästä biomassasta. Nesteen tavoitteena on muuttaa metsäpohjaisia jäte- ja tähderaaka-aineita liikenteen biopolttoaineiksi. (Neste, 2021c) Nesteen uusiutuvan tuotannon lisäksi yhtiön tavoitteena on tehdä Porvoon öljynjalostamosta Euroopan vastuullisin jalostamo vuoteen 2030 mennessä vähentämällä kasviuonekaasupäästöjä 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä ja saavuttamalla hiilineutraalin tuotannon vuoteen 2035 mennessä. Osana tätä kokonaisuutta yhtiö pyrkii lisäämään uusiutuvien ja kierrätettyjen syöttöaineiden osuutta (ns. co-processing) yli 10 prosenttiin jalostamon raaka-aineista (noin 1,4 Mt uusiutuvia ja kierrätysraaka-aineita) vuoteen 2030 mennessä.

UPM käynnisti mäntyöljypohjaisen HVO-tuotannon Lappeenrannassa vuonna 2015, jonka uusiutuvien polttoaineiden kapasiteetti on tänä vuonna noin 130 000 tonnia uusiutuvaa dieseliä ja naftaa (UPM, 2021e). UPM suunnittelee parhaillaan toista yli 500 000 tonnin biopolttoaineinvestointia Kotkan Mussaloon tai vaihtoehtoisesti Rotterdamiin. Uudessa jalostamossa olisi tarkoitus käyttää useita eri raaka-aineita kuten metsätähteitä ja Brassica carinata -kasviöljyä. Laitos perustuisi osin eri teknologiaan kuin Lappeenrannan jalostamo. (UPM, 2021d)

St1:n biopolttoainetuotanto on toistaiseksi keskittynyt bioetanolin valmistukseen ruokapohjaisista jätteistä ja metsätähteistä, mutta yritys on tehnyt investointipäätöksen vuonna 2023 käynnistyvästä 200 000 tonnin HVO-laitoksesta Göteborgiin Ruotsissa. Investointi on osa syksyllä 2021 perustettua St1:n ja ruotsalaisen metsäyhtiö SCA:n yhteisyritystä, joka on saanut ympäristöluvan myös 300 000 tonnin biopolttoainetuotannolle SCA:n Östrandin tehtaan yhteyteen. Östrandin jalostamo käyttäisi raaka-aineenaan kiinteää biomassaa ja mustalipeää. (St1, 2021) Suomessa St1:n tuotantokapasiteetti on alle 0,1 miljoonaa tonnia uusiutuvia polttoaineita.

Suurten toimijoiden ohella Suomessa on kehitteillä kaksi muuta nestemäisten biopolttoaineiden projektia. BioEnergo suunnittelee 60 000 kuution (30 ktoe/a) selluloosaetanoli-hanketta Poriin, jonka raaka-aineena käytettäisiin sahanpurua ja haketta noin 200 000 tonnia vuodessa (BioEnergo, 2021). Nordfuel kehittää vastaavaa 65 000 tonnin (40 ktoe/a) puupohjaista etanoliprojektia Haapavedelle (NordFuel, 2021). Kumpikaan etanolihankkeista ei ole vielä edennyt investointipäätökseen asti, mutta Nordfuel tavoittelee päätöstä vuoden 2022 aikana (Sekab, 2021).

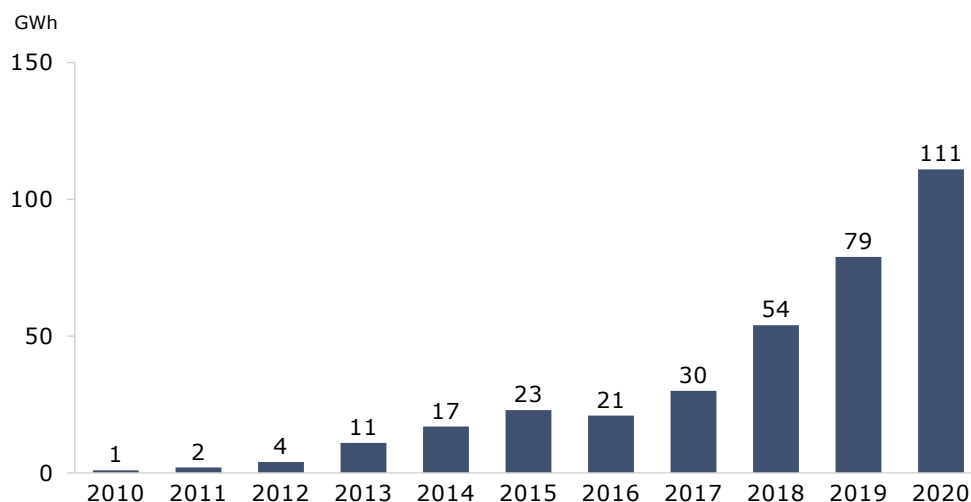
AFRYn tekemissä toimijahaastatteluissa nousi esille, että mahdollinen jakeluvuoroituksen nosto ei suoraan vaikuta kotimaisiin investointipäätöksiin, sillä jo nykyinen 30 % velvoitetaso nähtiin positiivisena tukena investoinneille. Toimijat korostivat Suomen jakeluvuoroituksen sijaan alati muuttuvan EU-lainsäädännön vaikutusta investointiympäristöön.

Taulukko 1 Kotimaisten toimijoiden biopolttoaineiden nykytila ja kapasiteetin kehitys

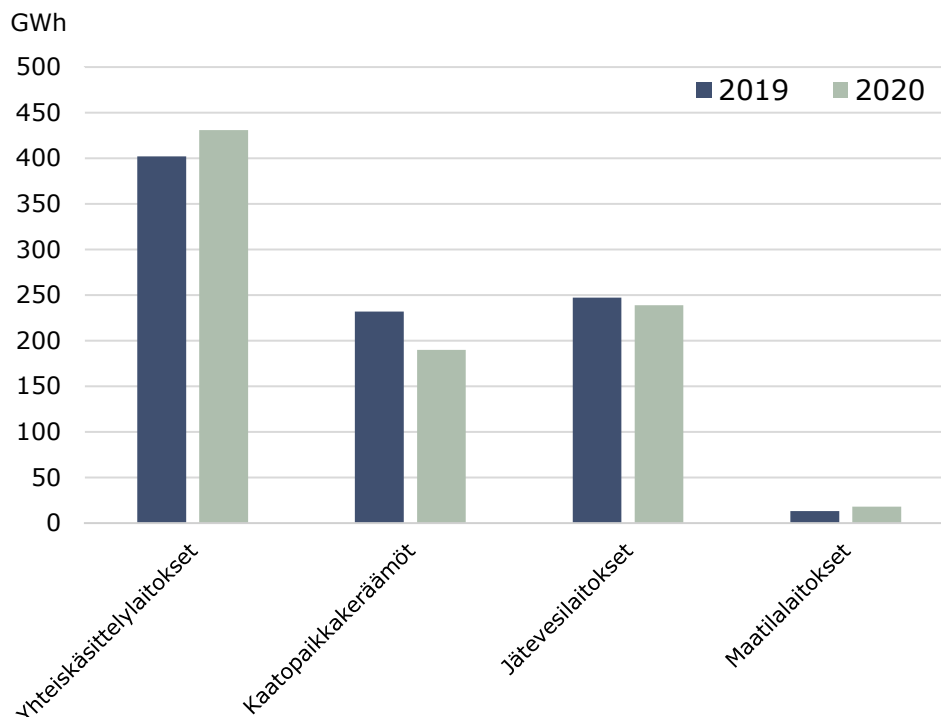
Yritykset ja laitokset	Tuotantokapasiteetti 2021		Suunniteltu lisäkapasiteetti		Tuotantokapasiteetti vuoteen 2030 mennessä		
	ktoe/a	Kotimainen	Ulkomainen	Kotimainen	Ulkomainen	Kotimainen	Ulkomainen
<b>Neste Oyj</b>		<b>480</b>	<b>2 730</b>	<b>210</b>	<b>2 835</b>	<b>690</b>	<b>5 565</b>
MyDiesel		480	2 730	210	2 835	690	5 565
<b>St1 Oy</b>		<b>15</b>	<b>&lt;1</b>	<b>25</b>	<b>245</b>	<b>35</b>	<b>245</b>
Etanolix		10	<1		10	10	10
Bionolix		<1				<1	
Cellunolix		5		25	25	25	25
Göteborg HVO					210		210
<b>UPM-Kymmene Oyj</b>		<b>130</b>	<b>0</b>	<b>500</b>		<b>630</b>	
Lappeenranta		130				130	
Kotka/Rotterdam				500		500	
<b>Muut toimijat</b>							
<b>BioEnerg</b>				<b>30</b>		<b>30</b>	
Pori				30		30	
<b>Nordfuel</b>				<b>40</b>		<b>40</b>	
Haapavesi				40		40	
<b>Yhteensä</b>		<b>625</b>	<b>~2 730</b>	<b>305-805</b>	<b>3 080-3 580</b>	<b>925-1 425</b>	<b>5 810-6 310</b>

## 2.2.2 Biokaasu

Vuonna 2020 biokaasua tuotettiin Suomessa huomattavasti enemmän kuin sitä kulutettiin tieliikenteessä, vaikka biokaasun tuotanto on laskenut Suomessa viime vuosina. Vuonna 2020 biokaasua tuotettiin Suomessa 75 ktoe:ta, mikä on hieman vähemmän kuin vuonna 2019 ja lähes 100 GWh vähemmän kuin vuonna 2017. Biokaasun käyttö tieliikenteessä on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Biokaasua kulutettiin tieliikenteessä 111 GWh vuonna 2020, mikä on yli kaksinkertainen määrä verrattuna vuoden 2018 kulutukseen, mutta vain noin 0,25 % kaikkien liikennepolttoaineiden kulutuksesta. Suomessa suurimmat biokaasuntuotantolaitokset ovat yhteiskäsittelylaitoksia ja vastaavasti pienempiä laitoksia ovat maatilalaitokset. Kuvassa 5 on esitetty biokaasun käytön kasvu tieliikenteessä viimeisen kymmenen vuoden aikana ja kuvassa 6 biokaasun tuotanto laitostyypeittäin Suomessa vuosina 2019 ja 2020. (Tilastokeskus, 2021a; Tilastokeskus, 2021b)



Kuva 5 Biokaasun käyttö Suomen tieliikenteessä



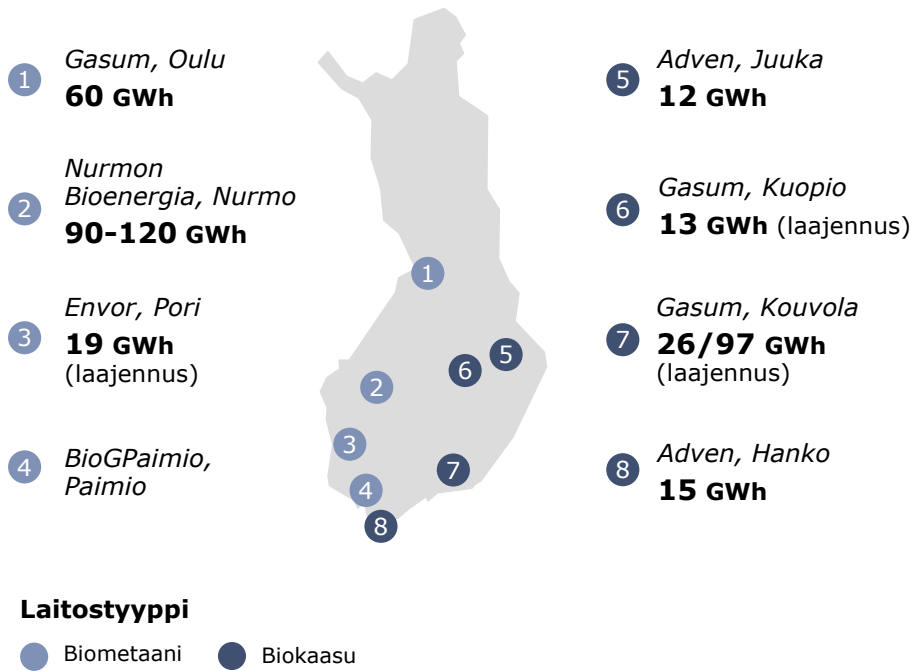
Kuva 6 Biokaasun tuotanto vuosina 2019 ja 2020 tuotantolaitostyypeittäin

Suomen biokierto ja biokaasu ry on listannut Suomessa toimivat biokaasulaitokset. Suomessa on 16 yli 30 000 t/v syötettä käsittelevää yhteiskäsittelylaitosta, 14 alle 30 000 t/v syötettä käsittelevää yhteiskäsittelylaitosta, 16 lietemädättämöä, 23 maatilakohtaista biokaasulaitosta ja 7 teollisuuden biokaasulaitosta. (Suomen Biokierto & Biokaasu ry, 2021a)

Luonnonvarakeskuksen (LUKE) on arvioinut biokaasun raaka-aineiden teknistaloudellisen potentiaalin olevan noin 10 TWh (LUKE, 2021c). Lisäksi asiantuntijajoukko on arvioinut, että biokaasun vuosituotanto voisi olla 4-7 TWh vuonna 2030 Suomessa. Bioenergia ry, Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK, Suomen Biokierto ja Biokaasu ry, Suomen Kaasuyhdistys ry, Suomen Kiertovoima ry ja Suomen Lähienergialiitto ry ovat asettaneet tavoitteeksi 5 TWh tuotannon. (Suomen Biokierto & Biokaasu ry, 2021b) LUKEn mukaan maatalouden biomassojen, kuten lannan, nurmen, oljen ja naattien hyödyntäminen biokaasun tuotannossa voisi kasvattaa biokaasun tuotantoa merkittävästi Suomessa (LUKE, 2021a).

Työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt viime vuosina energiatukea suuriin biokaasuhankkeisiin. Energiatukea on vuosina 2018-2020 hakenut kahdeksan biokaasuprojektia, joiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on noin 0,2-0,3 TWh/a. Nurmon Bioenergia Oy:n ja Atrian laitos on yksi suurimmista suunnitteilla olevista laitoksista. Laitoksen käsittelykapasiteetti olisi 240 000 tonnia vuodessa ja syötteenä olisi pääasiassa maataloudesta syntyvä lanta (Heilä, 2019). Gasum suunnittelee Ouluun Oulun Energian kanssa nesteytettyä biokaasua tuottavaa biokaasulaitosta, jonka käsittelykapasiteetti olisi 130 000 tonnia vuodessa ja syötteenä olisi pääasiassa biohajoavaa jätettä (Gasum, 2021).

Muita biokaasuhankkeita on muun muassa Valion ja St1 tavoite tuottaa biokaasua lannasta 1 TWh verran vuoteen 2030 mennessä (Valio, 2021).



Kuva 7 Työ- ja elinkeinoministeriön investointitukea hakeneet biokaasuprojektit 2018-2020

## 3 Raaka-aineiden saatavuus

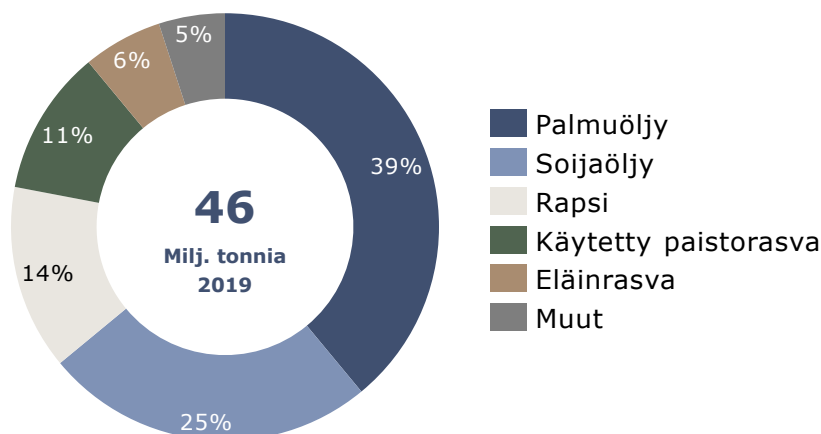
Tässä selvityksessä keskitytään uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineisiin, sillä HVO-polttoaineet ovat edellä esitetyn tuotantotarkastelun perusteella keskeisessä roolissa sekä Suomen jakeluvaihtoehdon että Euroopan biopolttoainetavoitteiden täytössä vuoteen 2030 saakka. Suomen biopolttoaineiden raaka-aineet eivät ole julkista tietoa, mutta raaka-ainetiedot julkistaneissa Ruotsissa ja Alankomaissa kotimaisten raaka-aineiden osuus oli tuoreimmassa tilastoissa vain 7 ja 6 prosenttia.

Kasviöljyjen saatavuus maailmassa on noin 210 miljoonaa tonnia ja jätteisiin sekä tähteisiin perustuvien HVO-raaka-aineiden saatavuus on noin 35 miljoonaa tonnia. Ruoka-, kemian- ja energiateollisuus käyttävät osin samoja raaka-aineita kuin uusiutuvien HVO-polttoaineiden tuottajat. Suomen jakeluvaihtoehdon nosto voi lisätä liite IX osan A ja B raaka-aineiden käyttöä, koska ravinto- ja rehukasvien enimmäisosuus on Suomessa rajattu 2,6 prosenttiin.

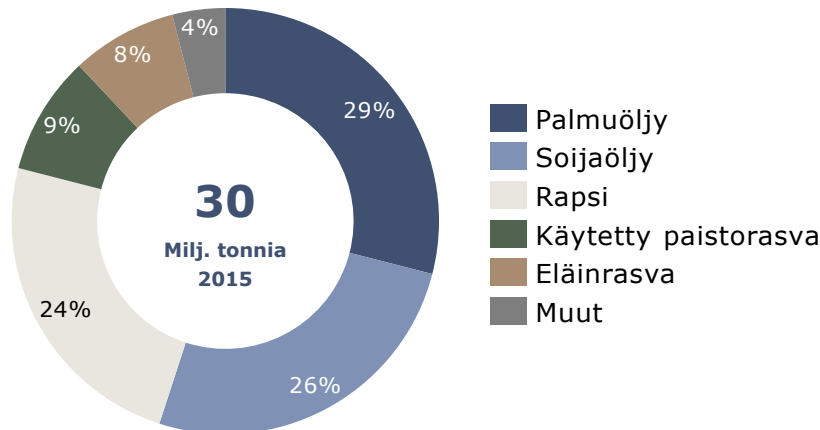
### 3.1 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet

#### 3.1.1 Raaka-aineet maailmalla ja niiden kilpailevat käyttökohteet

Maailmassa käytettiin vuonna 2019 uusiutuvan dieselin eli HVO:n ja biodieselin eli FAME:n tuotantoon noin 46 miljoonaa tonnia erilaisia kasviöljyjä ja rasvahappoja. Käytetyistä raaka-aineista suurin osa oli palmuöljyä (39 %), soijaöljyä (25 %), rypsi- ja rapsiöljyä (14 %) sekä käytettyä paistorasvaa (11 %). Muita raaka-aineita olivat muun muassa eläinrasvat (6 %) ja muut raaka-aineet (5 %), kuten esimerkiksi mäntyöljy, POME, PFAD, tekninen maissiöljy ja muut kasviöljyt, kuten auringonkukkaöljy. Kuvassa 8 on esitetty uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-ainejakaumat maailmassa vuonna 2019. (UFOP, 2021) Uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon käytettävien raaka-aineiden kokonaismäärä on kasvanut vuodesta 2015 vuoteen 2019 noin 16 miljoonalla tonnilla. Raaka-aineista erityisesti palmuöljyn käyttö on kasvanut, kun taas vastaavasti rypsi- ja rapsiöljyn käyttö on vähentynyt. Vuonna 2015 maailmassa käytettiin uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon noin 30 miljoonaa tonnia raaka-aineita, joista suurin osa oli palmuöljyä (29 %). Kuvassa 9 on esitetty vuoden 2015 uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-ainejakaumat vertailun vuoksi. (UFOP, 2017)

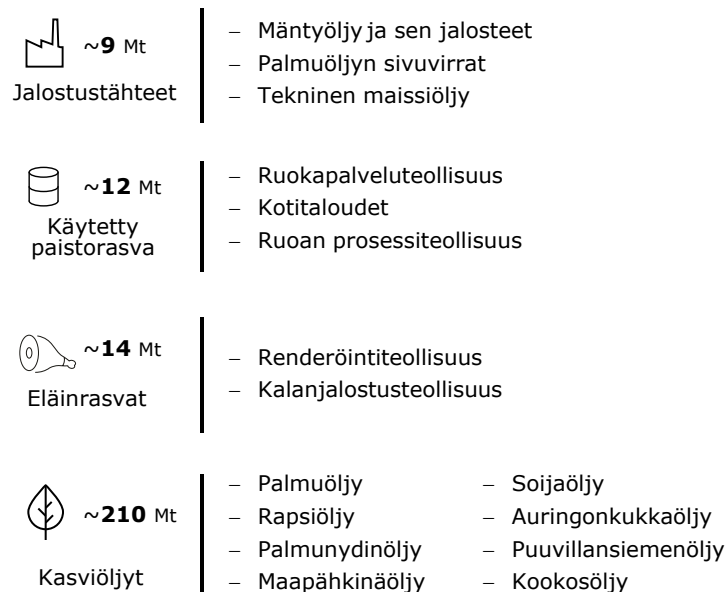


Kuva 8 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet maailmassa vuonna 2019



Kuva 9 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-ainejakaumat maailmassa vuonna 2015

Maailman rasvahappojen tuotannosta alle viidesosa käytetään uusiutuvien dieselin ja biodieselin tuotantoon. Kasviöljytuotannosta noin 17 %, eläinrasvoista noin 20 % ja jalostustähteistä noin 26 % käytetään liikenteen polttoaineiden valmistukseen. Kerätystä käytetystä paistorasvasta vastaava osuus on noin 40 %. (UFOP, 2021; USDA, 2021a; World Economic Forum, 2020; Xu;Lee;& Wang, 2020; EIA, 2021a; USDA, 2020a) Kuvassa 10 on esitetty jalostustähteiden, käytetyn paistorasvan, eläinrasvojen sekä kasviöljyjen saatavuus maailmassa.

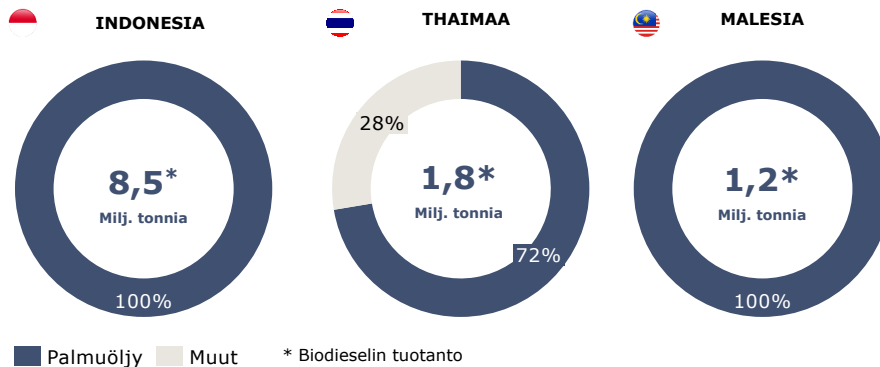


Kuva 10 Jäterasvojen ja öljyjen saatavuus maailmassa

Merkittäviä uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuottajia ovat Euroopan maiden ohella USA, Brasilia, Thaimaa, Argentiina, Malesia, Indonesia ja Singapore. Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineiden käyttöä Euroopassa käsitellään tarkemmin luvussa 3.2. Kaakkois-Aasian maissa palmuöljy ja sen sivutuotteet ovat tärkeimpiä biodieselin raaka-aineita. Kuvassa 11 on esitetty palmuöljyn käyttö biodieselin raaka-aineena Indonesiassa, Thaimaassa ja Malesiassa vuonna 2020. Vuonna 2020 Indonesiassa tuotettiin 8,5 miljoonaa tonnia biodieseliä, jonka raaka-aineena käytettiin lähes 8 miljoonaa tonnia palmuöljyä (USDA,

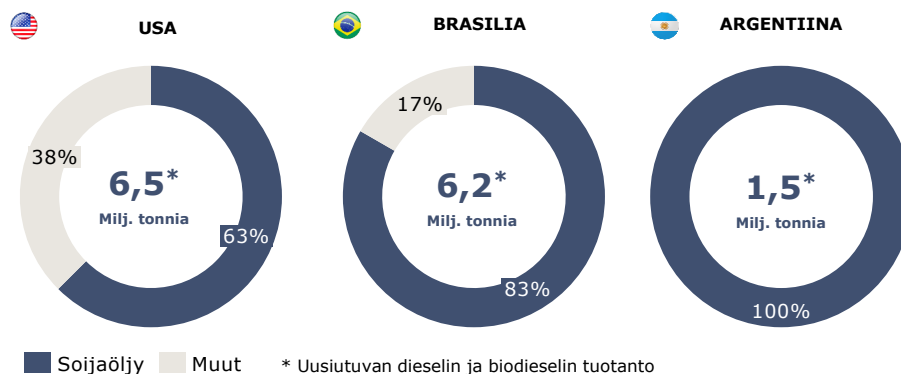


2021d). Thaimaassa palmuöljyä käytettiin biodieselin tuotantoon yhteensä 1,3 miljoonaa tonnia muita raaka-aineita olivat muun muassa steariini ja palmuöljyn rasvahapot vuonna 2020, kun koko maan biodieselin tuotanto oli 1,8 miljoonaa tonnia (USDA, 2021e). Malesiassa palmuöljyä käytettiin vastaavasti 1,1 miljoonaa tonnia maan 1,2 miljoonan tonnin biodieseltuotantoon (USDA, 2020c). Pelkästään Indonesiassa, Malesiassa ja Thaimaassa käytettiin yhteensä yli 10 miljoonaa tonnia palmuöljyä biodieselin tuotantoon, mikä vastaa yli 20 prosenttia kaikista maailman uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineista (UFOP, 2021; USDA, 2020c; USDA, 2021d; USDA, 2021e).



Kuva 11 Palmuöljyn käyttö biodieselin raaka-aineena Indonesiassa, Thaimaassa ja Malesiassa vuonna 2020

USA:ssa ja Etelä-Amerikassa uusiutuvan dieselin ja biodieselin pääasiallinen raaka-aine on soijaöljy. Kuvassa 12 on esitetty soijaöljyn käyttö uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena USA:ssa, Brasiliassa ja Argentiinassa. USA:ssa käytettiin vuonna 2020 noin 6 miljoonaa tonnia raaka-aineita uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon (EIA, 2021b). Kasviöljyjä käytettiin yhteensä noin 5 miljoonaa tonnia, joista merkittävin oli soijaöljy noin 75 prosentin osuudella. Muita raaka-aineita oli muun muassa eläinrasvat, joita käytettiin raaka-aineena vain 0,5 miljoonaa tonnia. (EIA, 2021c) Vuonna 2020 Brasiliassa tuotettiin noin 6,2 miljoonaa tonnia biodieseliä, pääosin soijaöljystä, jota käytettiin noin 4,0 miljoonaa tonnia ja muita raaka-aineita, kuten eläinrasvoja noin 0,8 miljoonaa. (USDA, 2020b) Vuonna 2020 Argentiinassa käytettiin vastaavasti 1,3 miljoonaa tonnia soijaöljyä maan 1,5 miljoonan tonnin biodieseltuotantoon (USDA, 2021c). USA:n, Brasilian ja Argentiinan yhteenlaskettu soijaöljyn käyttö uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena on noin 9 miljoonaa tonnia, joka vastaa lähes 20 % kaikista uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineista maailmassa ja 80 % soijaöljyn käytöstä uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotannossa. (UFOP, 2021; USDA, 2020b; USDA, 2021c; EIA, 2021c)



Kuva 12 Soijaöljyn käyttö uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena USA:ssa, Brasiliassa ja Argentiinassa vuonna 2020

Palmuöljyn ja soijaöljyn ohella uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon käytetään laajaa kirjoa erilaisia kasviöljyjä ja rasvahappoja. Pالمuöljy ja sen tuotannossa syntyvien tyhjen palmuhedelmäterttujen, palmunydinöljyn, PFAD:n ja palmuöljypuristamoiden jätelietteen arvioitu globaali kokonaistuotanto on esitetty kuvassa 13 ja soijaöljyn, rypsi- ja rapsiöljyn, auringonkukkaöljyn, maapähkinäöljyn, puuvillansiemenöljyn ja kookosöljyn arvioitu kokonaistuotanto kuvassa 14. Näillä raaka-aineilla on myös paljon muita käyttökohteita, ja vain murto-osa tuotannosta käytetään liikenteen polttoaineisiin. Uusia raaka-aineita uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon kehitetään kokoajan, ja kotimaiset toimijat Neste ja UPM ovat tämän kehitystyön edelläkävijöitä. Seuraavaksi esitellään yleisimmät uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet kokonaiskuvan hahmottamiseksi.

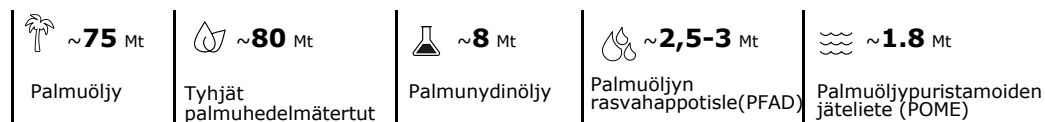
Palmuöljy on kasviöljy, jonka maailmanlaajuinen kysyntä ja tuotanto ovat kasvaneet merkittävästi viimeisten 30 vuoden aikana. Pالمuöljy on maailman yleisimmin käytetty paistorasva ja sen tuotanto oli noin 75 miljoonaa tonnia vuonna 2020. (MPOC, 2021; UFOP, 2021) Suurimmat palmuöljyn tuottajamaat ovat Indonesia (58 % maailman tuotannosta) ja Malesia (26 % maailman tuotannosta) (Malaysian Palm Oil Board, 2021; USDA, 2021a). Pالمuöljyä tuotetaan öljypalmun hedelmien hedelmälihasta (FAO, 2019). Pالمuöljyn hedelmä sisältää kaksi osaa: hedelmälihan ja siemenen. Raakapالمuöljy tuotetaan puristamalla hedelmälihaa, kun taas palmunydinöljy tuotetaan siemenkuoren sisällä olevasta ytimestä. Palmunydinöljyä voidaan käyttää myös uusiutuvan polttoaineen tuotannossa. (FAO, 2021a) Jokaista kymmentä raakapالمuöljytonnia kohden saadaan noin 1 tonni palmunydinöljyä (Malaysian Palm Oil Board, 2021). Palmunydinöljyn kokonaistuotanto oli noin 8 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (UFOP, 2021).

Suurin osa noin 65 – 70 % palmuöljyn tuotannosta menee ruokateollisuuteen esimerkiksi margariinien valmistukseen (UNDP, 2020; Xu;Lee;& Wang, 2020; Palmoil Investigations, 2021; Ritchie & Roser, 2021; USDA, 2021a). Teknisesti elintarvikkeiden palmuöljy voitaisiin korvata muilla kovilla rasvoilla kuten voilla tai kookosöljyllä, mutta vaihtoehtoisten rasvojen hinnat ovat palmuöljyä korkeampia (Ruokavirasto, 2021). Muita palmuöljyn käyttökohteita ovat esimerkiksi kosmetiikkateollisuus ja kemikaaliteollisuus, jotka ovat noin 10-20 % palmuöljyn tuotannosta. Pالمuöljyn energiakäyttö on noin 5 – 20 %. Teollisuuden- ja energiakäytön arviot vaihtelevat suuresti lähteistä riippuen. (UNDP, 2020; Xu;Lee;& Wang, 2020; Palmoil Investigations, 2021; Ritchie & Roser, 2021; USDA, 2021a)

Palmuöljytuotannossa syntyy myös tyhjiä palmuhedelmäterttuja, palmuöljypuristamoiden jätelietettä (POME) ja palmuöljyn rasvahappotislettä (PFAD), joista kahta jälkimmäistä käytetään uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon. Pالمuöljypuristamoiden jäteliete (POME) syntyy palmuöljyn uutto-prosessissa. On arvioitu, että jokaista raakapالمuöljytonnia kohden syntyy noin 2,5 – 3,5 tonnia palmuöljypuristamoiden jätelietettä. Jätelietteestä noin

2 % on öljyä, 2 – 4 % kiintoainetta ja 94 – 96 % vettä. (Osman N. ;Ujang;Roslan;Ibrahim;& Hassan, 2020; Hosseini & Wahid, 2015) POME-tuotannon arvioitiin olevan 1,8 miljoonaa tonnia vuonna 2020, josta Indonesian ja Malesian yhteenlaskettu osuus oli noin 1,4 miljoonaa tonnia (Indonesian Palm Oil Association, 2021; PT Indo Energy Solutions, 2019). Palmuöljyn rasvahappotisle (PFAD) syntyy jalostettaessa raakapalmuöljyä elintarvikekäyttöön. Öljypalmun hedelmässä sijaitseva rasva alkaa pilaantua, kun hedelmiä käsitellään sadonkorjuun ja kuljetuksen yhteydessä. Nämä pilaantuneet rasvahapot on poistettava palmuöljystä, jotta tuote täyttää elintarviketeollisuuden laatuvaatimukset. Vuonna 2018 Indonesia tuotti 43 miljoonaa tonnia raakapalmuöljyä, jonka jalostuksessa syntyi 1,6 miljoonaa tonnia (3,7 %) PFAD:ta. (Golden Agri-Resources, 2021) PFAD:n globaaliksi tuotannoksi arvioitiin 2,5 – 3 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (PT Indo Energy Solutions, 2019; Xu;Lee;& Wang, 2020). PFAD:n vuosituotanto riippuu näin palmuöljyn elintarvikekäytöstä ja pilaantuneen rasvan määrästä. PFAD:ta käytetään niin saippuateollisuudessa, eläinrehuna, kemianteollisuudessa kuin biopolttoaineissa (Xu;Lee;& Wang, 2020).

Jokaista raakapalmuöljytonnia kohden syntyy noin 1,0 tonnia tyhjiä palmuhedelmäterttuja. Tyhjiä palmuhedelmäterttujen kokonaistuotannoksi on arvioitu noin 80 miljoonaa tonnia. (Dolah & Karnik, A Comprehensive Review on Biofuels from Oil Palm Empty Bunch (EFB): Current status, Potential, Barriers and Way Forward, 2021) Tyhjiä palmuhedelmäterttuja ei käytetä merkittävässä määrin nestemäisten biopolttoaineiden valmistuksessa, vaikka niiden käyttöä etanolin tuotantoon onkin tutkittu laajalti. Suurin osa tyhjistä terttuista käytetään tällä hetkellä plantaaseilla lannoituskäyttöön sekä energiatuotantoon. Tyhjiä palmuhedelmäterttujen käyttöä rajoittaa toisaalta korkea vesipitoisuus, joka rajoittaa taloudellisesti kannattavia kuljetusvälikäytöksiä, ja toisaalta kuitumainen rakenne, joka vaatii kovaa mekaanista esikäsittelyä.



*Kuva 13 Palmuöljy ja sen tuotannossa syntyvien tyhjiä palmuhedelmäterttujen, palmunydinöljyn, palmuöljyn rasvahappotisle ja palmuöljypuristamoiden jätelietteen arvioitu globaali kokonaistuotanto*

Soijapapu on viljelty peltokasvi, jonka siemenien öljypitoisuus on 18 – 22 % (Yao, ym., 2020). Soijapavun tuotanto maailmassa oli noin 360 miljoonaa tonnia vuonna 2020, josta soijaöljyn tuotannoksi on arvioitu noin 60 miljoonaa tonnia (UFOP, 2021). Kiina on suurin soijaöljyn tuottaja (18 Mt), jota seuraa USA (11,5 Mt), Brasilia (9 Mt) ja Euroopan unioni (3 Mt). Muita pienempiä soijaöljyn tuottajia ovat muun muassa Intia ja Meksiko. (USDA, 2021a)

Rypsi ja rapsi ovat öljykasveja, jotka muistuttavat ulkonäöltään hyvin paljon toisiaan, mutta ovat kuitenkin eri lajeja. Rypsi on nauriin, kun taas rapsi lantun alalaji. Sekä rypsiä että rapsista tuotetun kasviöljyn rasvahappokoostumus on hyvin samankaltainen, ja siksi rypsiöljyn ja rapsiöljyn markkinoista ja käytöistä puhutaan usein yhtenevästi. Rypsi- ja rapsiöljyn tuotannoksi maailmassa on arvioitu noin 27 miljoonaa tonnia, josta 6,4 miljoonaa tonnia käytetään uusiutuviin polttoaineeseen (UFOP, 2021). Kiina on suurin rapsiöljyn tuottaja noin 6 miljoonalla tonnilla, kun taas Euroopan unionissa rypsi- ja rapsiöljyä tuotetaan yhteensä noin 9 miljoonaa tonnia. Muita merkittäviä tuottajamaita ovat myös Kanada (4 Mt) ja Japani (1 Mt). (USDA, 2021a)

Auringonkukan siemen sisältää noin 44 % auringonkukkaöljyä ja 16 % proteiinia. Auringonkukan siemeniä tuotetaan maailmassa noin 45 miljoonaa tonnia vuodessa. Merkittäviä tuottajamaita ovat Ukraina (27 % tuotannosta), Venäjä (23 % tuotannosta) ja Euroopan unioni (20 % tuotannosta). Auringonkukkaöljy ei ole ollut merkittävä raaka-aine uusiutuvien polttoaineen tuotannossa viime vuosikymmenellä. Arviolta noin 6 % Euroopan auringonkukkaöljystä eli noin 300 000 tonnia käytettiin uusiutuvien polttoaineen tuotantoon vuonna 2018. (Pilorgé, 2020) Auringonkukkaöljyä tuotettiin maailmassa noin 19 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (UFOP, 2021). Muita mainittavia kasviöljyjä on maapähkinäöljy, jota tuotettiin noin 6,4 miljoonaa tonnia; puuvillansiemenöljy, jota tuotettiin 4,8 miljoonaa tonnia ja kookosöljy, jota tuotettiin noin 3,4 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (USDA, 2021a).



*Kuva 14 Soijaöljyn, rypsi- ja rapsiöljyn, auringonkukkaöljyn, maapähkinäöljyn, puuvillansiemenöljyn ja kookosöljyn arvioitu kokonaistuotanto*

Uusiutuvan dieselin ja biodieselin kannalta tärkeistä jalostustähteistä sekä raakamäntyöljyä että teknistä maissiöljyä tuotettiin vuonna 2020 noin 2 miljoonaa tonnia kumpaakin. Mäntyöljystä noin 14 % ja maissiöljystä noin puolet käytettiin liikenteen polttoaineiden tuotantoon. Raakamäntyöljy syntyy havusellutehtaiden prosessitähteenä erityisesti Pohjoismaissa, Venäjällä ja Pohjois-Amerikassa, ja sen tuotannosta noin 66 % menee kemianteollisuuteen ja 20 % energian tuotantoon. (AFRY, 2021) Tekninen maissiöljy syntyy pääosin USA:ssa valkuaisrehutuotannon tähteenä, kun rehun rasvapitoisuutta ja rasvahappokoostumusta optimoidaan. (EIA, 2021a; USDA, 2020a)

Käytetyn paistorasvan tuotannon arvioidaan olevan maailmassa 11 – 13 miljoonaa tonnia (World Economic Forum, 2020), kun taas maailman eläinrasvojen tuotannoksi on arvioitu noin 12 – 15 miljoonaa tonnia vuodessa (World Economic Forum, 2020). Tuotetuista eläinrasvoista arviolta 2,8 miljoonaa tonnia käytetään uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuotantoon. Eläinrasvoista noin 1 miljoonaa tonnia on kalateollisuudesta syntyneitä öljyjä ja 11 – 14 miljoonaa tonnia on renderointiteollisuudesta. (OECD, FAO, 2018; UFOP, 2021) Renderointiteollisuudella tarkoitetaan eläintarviketeollisuuden jatkojalostusta, jossa esimerkiksi lihatuotannon jätteitä jatkojalostetaan eläinrasvaksi. Euroopassa eläinrasvojen käyttö kokonaisuudessaan on ennustettu olevan noin 3 Mt, josta noin 80 % on luokan 3 eläinrasvoja ja 20 % luokan 1 ja 2 eläinrasvoja (Aveno Lipid Solutions, 2021a).

Ruoka-, kemian- ja energiateollisuus käyttävät osin samoja raaka-aineita kuin uusiutuvan dieselin ja biodieselin tuottajat. Uusiutuvien polttoaineiden kysynnän kasvaessa raaka-aineiden syrjäytysvaikutuksilta ei voida varmuudella välttyä. Alla kuvassa 16 esitellään yleisimpien uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineiden kilpailevia käyttäjiä. Syrjäytysvaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa uusiutuvan polttoaineen tuotannossa käytetyn raaka-aineiden kysynnän kasvu tapahtuu jonkin toisen hyödykkeen kustannuksella. Raaka-aineen kysynnän kasvu voi lisätä myös kyseisen raaka-aineen tuotantoa, joka voi erityisesti kasviöljyjen kohdalla johtaa muun muassa epäsuoriin maankäytön muutoksiin.

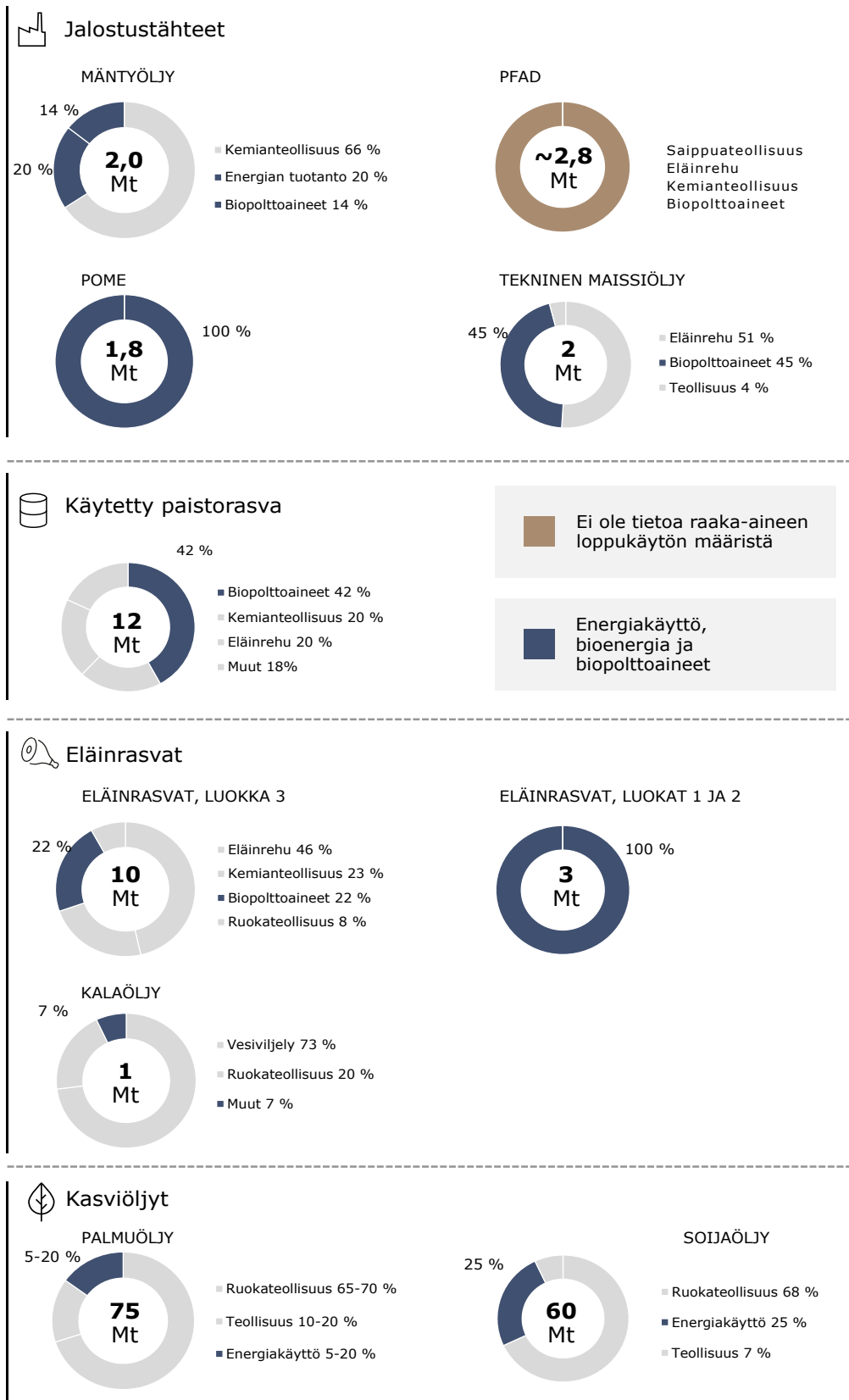
Uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineiden syrjäytysvaikutusten arviointiin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Globaalien markkinamuutosten kausallisuutta on vaikea todentaa käytännön esimerkein ja siksi syrjäytysvaikutuksia tarkastellaan usein mallintamalla epäsuoran maankäytön muutoksia (ILUC) (Valin, ym., 2015). ILUC-päästölaskelmat eivät

kuitenkaan huomioi esimerkiksi tilannetta, jossa aiemmin kemianteollisuudessa käytetty tähderaaka-aine ohjautuu regulaatioiden vaikutuksesta uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon. Euroopan unionin jätehierarkia määrittelee, että esimerkiksi jätteen kierrätys uusiokäyttöön on korkeampi arvoista kuin energiantuotanto, mutta eri loppukäyttöjen keskinäinen arvostus voi pohjautua useasti enemmän käytännön arvostukselle ja arvovalinnalle kuin määritettyihin hierarkioihin.

Alankomaiden Sosiaalinen ja taloudellinen neuvosto (De Sociaal-Economische Raad, SER) julkaisi vuonna 2020 kestävyysraamit biopohjaisten raaka-aineiden käytölle, jossa ruoka, rehu ja tekstiilit määritettiin hierarkian korkeimman arvon käyttökseen, kun puolestaan sähköntuotanto ja kevyt liikenne olivat alhaisimman arvon käyttökohteita. SER:in määrittämä hierarkia on esitetty kuvassa 15. Alankomaiden luokittelun mukaan sähkön- ja lämmöntuotannosta voisi vapautua merkittäviä määriä biomassaa uusiutuvan dieselin ja lentopolttoaineiden tuotantoon, mutta samalla tulisi estää kemianteollisuuden syrjäytysvaikutukset. Tämän jakeluvaikeuksien tarkoituksena ei ole ollut arvioida mitkä raaka-aineiden loppukäytöstä ovat korkeampiarvoisia kuin toiset. Työssä on sen sijaan keskitytty esittelemään RED II -direktiivin mukaisten uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineiden vaihtoehtoiset käyttökohteet ja sekä erilaisia kestävyysnäkökulmia. (SER, 2020)



Kuva 15 SER:n näkemys biopohjaisten raaka-aineiden käytön kestävyyshierarkiasta



Kuva 16 Rasvahappojen saatavuus ja käyttö polttoainetuotannossa

### 3.1.2 Kestävyyssäkökulmia

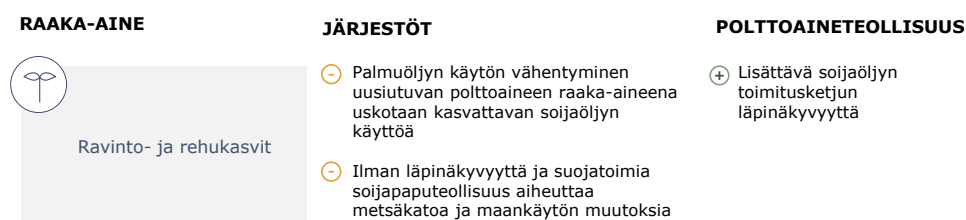
Uusiutuvan polttoaineen raaka-aineista erityisesti ravinto ja rehukasvit, POME, PFAD, eläinrasvat, käytetty paistorasva, sekä metsäteollisuuden jätteet ja tähteet ovat herättäneet kestävyyskeskustelua viime vuosina. Seuraavassa esitellään kyseisten raaka-aineiden keskeisiä kestävyysasioita eri näkökulmista.

Soijaöljyä tuotettiin noin 60 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (UFOP, 2021; 3Keel, Directorate-General for Environment, LMC International, 2018). Soijaöljyä käytetään pääasiassa ruokateollisuuteen, joka vastaa noin 68 % kysynnästä. Ruokateollisuudessa soijaöljyä käytetään esimerkiksi salaattikastikkeisiin, margariineihin ja paistamiseen. Muita käyttökohteita soijaöljylle on energiakäyttö (25 %) ja teollisuuskäyttö (7 %), kuten esimerkiksi erilaiset muovit ja puhdistusaineet (NC Soybean Producers Association, 2021). Soijaöljyn käytön uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineena odotetaan kasvavan seuraavina vuosina erityisesti USA:ssa ja Etelä-Amerikassa (Biodiesel Magazine, 2021; EIA, 2021d).

Palmuöljyn etuna suhteessa vaihtoehtoisin raaka-aineisiin on suuri öljysato hehtaaria kohti eli palmuöljyn tuotantoon tarvittava maa-ala ja muut tuotantopanokset ovat vähäisiä verrattuna esimerkiksi soijaöljyyn. Soijapavusta saadaan noin 80 prosenttia proteiinia ja vain 20 prosenttia öljyä. Öljyn hehtaarisato on soijalla huomattavasti pienempi kuin palmuöljyllä, mutta niin soijaöljy kuin palmuöljykin nähdään metsäkadon aiheuttajina. (Euroopan komissio, 2018) Mikäli kasviöljyjen tuotantoa kasvatettaisiin saman verran palmuöljyn kilpailevilla viljelykasveilla kuten soijaöljyllä, maata tarvittaisiin 5 – 8 kertaa enemmän kuin palmuöljyn viljelyssä. Soijaöljyn kysynnän ennustetaan kasvavan 60 miljoonasta tonnista 74 miljoonaan tonniin vuoteen 2030 mennessä, jona aikana myös palmuöljyn kysynnän odotetaan kasvavan 75 miljoonasta tonnista 90 miljoonaan tonnin. (3Keel, Directorate-General for Environment, LMC International, 2018; MPOC, 2021)


Ravinto- ja rehukasvien käyttö uusiutuvien polttoaineen raaka-aineena on rajattu RED II -direktiivissä enintään 7 prosenttiin ja niiden osuus saa olla enintään yhden prosenttiyksikön suurempi kuin niiden osuus energian loppukulutuksesta maantie- ja rautatieliikenteessä EU:n jäsenvaltiossa vuonna 2020. EU:n ilmastopakettiin niin kutsuttuun 55-valmiuspakettiin (Fit for 55) sisältyi lainsäädäntöehdotus lentoliikenteen kestävästä polttoaineista (Refuel Aviation). Ravinto- ja rehukasveista tuotettuja polttoaineita ei sisällytetty ehdotettuihin lentopolttoaineiden tavoitteisiin, koska Euroopan komissiossa nähtiin, ettei ruoka- ja rehukasvien käyttöä uusiutuvien polttoaineiden tuotannossa tulisi enää kasvattaa. (Euroopan komissio, 2021d)

Järjestöt näkevät, että palmuöljy käytön vähentyminen voi johtaa soijaöljyn kasvavaan käyttöön, joka ilman läpinäkyvyyttä aiheuttaa palmuöljyn tapaan metsäkatoa ja maankäytön muutoksia. (Transport & Environment, 2021b; WWF, 2021b) Uusiutuvien polttoaineen tuottajista muun muassa Cargillilla on tavoitteita lisätä soijaöljyn toimitusketjun läpinäkyvyyttä (Cargill, 2021). Kuvassa 17 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia ravinto- ja rehukasveista.




Kuva 17 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat ravinto- ja rehukasveista

Palmuöljypuristamoiden jäteliete eli POME on peräisin palmuöljyn tuotantoprosessista syntyvästä jätevedestä ja luokitellaan kehittyneeksi raaka-aineeksi RED II -direktiivissä eli on osa liite IX osa A raaka-aineita. POME:n kestävydestä ja sen vaikutuksista on käyty keskustelua viime vuosina. Saksa päätti poistaa kaksoislaskennan POME:lta keväällä 2021 korostaen sertifiointin haasteita ja mahdollista petoksen riskiä (Deutscher Bundestag, 2021). Saksan tulkinnan mukaan palmuöljyn tuotannosta syntyvän POME:n käytön edistäminen luokiteltuna jätteeksi antaisi vääränlaisen kannustimen Euroopassa (Argus, 2021). Useat järjestöt suhtautuvat kuitenkin myönteisesti POME:n erottamiseen, sillä POME aiheuttaa vesistöjen saastumista ja vaikuttaa vesistöjen biodiversiteettiin sekä ekosysteemiin (SPOTT, 2021; WWF, 2021a; ICCT, 2016). Myös tieteellisissä julkaisuissa on nostettu esille POME:n negatiivinen vaikutus vesistöihin (Osman N. ;Ujang;Roslan;Ibrahim;& Hassan, 2020; Hosseini & Wahid, 2015; Liew;Kassim;Muda;Loh;& Affam, 2015). POME sisältää vettä, öljyä ja suspendoitunutta kiintoainetta. Uusien teknologioiden avulla POME voidaan erottaa kirkkaaksi vedeksi ja kiinteäksi lietevirraksi (Alfa Laval, 2021; Neste, 2018). Kuvassa 18 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia POME:sta.

RAAKA-AINE	JÄRJESTÖT	POLTTOAINETEOLLISUUS
 <p>Palmuöljypuristamoiden jäteliete (POME)</p>	<p>+ POME:n joutuminen vesistöön vahingoittaa ekosysteemiä luomalla happamia ympäristöjä ja aiheuttamalla rehevöitymistä</p>	<p>+ Uudet teknologiat mahdollistavat sen, että POME erotetaan kirkkaaksi vedeksi ja kiinteäksi lietevirraksi</p>

Kuva 18 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat palmuöljypuhdistamoiden jäteliettestä

Suomessa palmuöljyn rasvahappotisle (PFAD) on luokiteltu prosessitähteeksi. Luokittelu on tehty ennen nykyistä RED II -direktiiviä. Useat maat ovat luokitelleet viime vuosina PFAD uudelleen vedoten muun muassa ympäristösyihin. Kansainväliset järjestöt näkevät, että PFAD:n käyttö lisää metsäkatoa ja PFAD:n kysynnän katsotaan epäsuorasti lisäävän päästöjä sekä palmuöljyn kysyntää. (Farm Europe, 2021; Transport & Environment, 2021c; Rainforest Foundation Norway, 2019; Cerulogy, 2017) Uusiutuvien polttoaineen tuottajista italialainen Eni on ilmoittanut lopettavansa palmuöljyn ja PFAD käytön uusiutuvien polttoaineen raaka-aineena vuoteen 2023 mennessä osana hiilidioksidipäästöjen vähennysohjelmaa, mutta jatkaa POME:n käyttöä raaka-aineena. PFAD ja palmuöljyn käytön kieltäminen ennustetaan lisäävän muun muassa käytetyn paistorasvan, eläinrasvan, POME:n ja SBEO:n (Spent Bleaching Earth Oil) käyttöä. (Eni, 2020) Osa teollisuuden yrityksistä näkee, että PFAD:n käyttö ei lisää palmuöljyn viljelyä (Neste, 2021f; Transport & Environment, 2021c). Kuvassa 19 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia PFAD:sta

RAAKA-AINE	JÄRJESTÖT	POLTTOAINETEOLLISUUS
 <p>Palmuöljyn rasvahappotisle PFAD</p>	<p>+ PFAD käytön sanotaan kasvattavan palmuöljyn kysyntää ja siten painetta raivata lisää sademetsiä plantaaseiksi</p> <p>+ Uusiutuvilla polttoaineilla, joiden tuotannossa on käytetty PFAD:ta on merkittäviä epäsuoria päästövaikutuksia, jotka johtuvat palmuöljyn lisätuotantoon liittyvästä maankäytön muutoksesta</p>	<p>+ PFAD käyttö ei lisää paineita palmuöljyviljelyn laajentamiseen. Palmuöljyn tuottajat saavat PFAD:sta alhaisemman hinnan kuin elintarviketeollisuudesta</p>

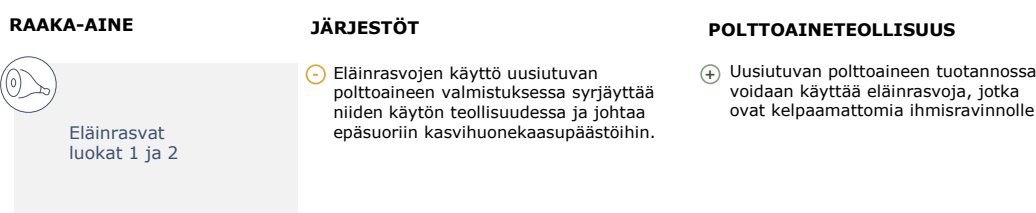
Kuva 19 PFAD raaka-aineen kestävyysnäkökulmat

Eläinrasvat jaotellaan Euroopassa ensimmäisen, toisen ja kolmannen luokan eläinrasvoihin. Luokka 3 on globaalisti suurin noin 10 miljoonan tonninn tuotannolla, kun taas luokat 1 ja 2 sisältävät yhteensä noin 3 miljoonaa tonnia eläinrasvoja. (Toldrá-Reig;Mora;& Toldrá, 2020) Luokan 3 eläinrasvoista suurin osa käytetään rehuksi tai lemmikkien ruoaksi (46 %), kemianteollisuuteen (23 %), biopolttoaineisiin (22 %) ja ruokateollisuuteen (8 %). Ruoaksi



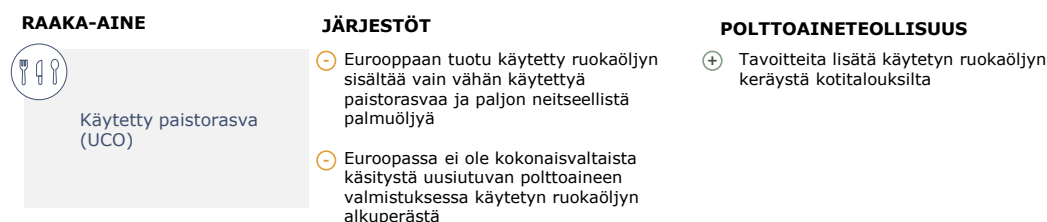
ja rehuksi kelpaamattomat luokkien 1 ja 2 eläinrasvat on määritelty erityisen riskin materiaaleiksi ja RED II -direktiivissä liitteen IX osaan B, jolloin niiden käyttö raaka-aineena on rajattu 1,7 prosenttiin. (Aveno Lipid Solutions, 2021a; Aveno Lipid Solutions, 2021b; EFPPA, 2016). Kalaöljyn tuotannon on arvioitu olevan 1 miljoonaa tonnia. Kalaöljyä käytetään pääasiassa vesiviljelyyn (73 %), ruokateollisuuteen (20 %) ja muihin käyttötarkoituksiin (7 %). (IFFO, 2021; OECD, FAO, 2018)

Järjestöt näkevät, että eläinrasvojen käyttö uusiutuvien polttoaineen tuotannossa voi syrjäyttää sen käyttöä teollisuudessa. Vuonna 2014, vain 2 prosenttia Euroopan 1 ja 2 luokan eläinrasvoista käytettiin oleokemikaalien valmistukseen (ICCT, 2021; EFPPA, 2015). Uusiutuvien polttoaineiden tuottajat korostavat, kuinka polttoainetuotannossa voidaan käyttää ihmisravinnolle kelpaamattomia ja jopa korkean riskin eläinrasvoja (Neste, 2021g; Renewable Energy Group, 2021). Kuvassa 20 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia luokkien 1 ja 2 eläinrasvoista.



Kuva 20 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat eläinrasvoista


Käytetty paistorasva on luokiteltu RED II liitteessä IX osaan B, jolloin sen käyttö raaka-aineena on rajattu eläinrasvojen tapaan 1,7 prosenttiin. Käytetyn paistorasvan tuotanto on noin 12 miljoonaa tonnia maailmassa (World Economic Forum, 2020). Monet yritykset näkevät mahdollisuutena käytetyn paistorasvan käytön lisäämisen uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineena. Kansainväliset järjestöt ovat kritisoineet, että käytetyn paistorasvan alkuperää on vaikea todistaa ja käytetyn paistorasvan tuonnin valvontaa pitäisi lisätä (EURACTIV, 2021b; Transport & Environment, 2021a). Osassa Euroopan maissa on jo onnistuneesti kerätty käytettyä paistorasvaa kotitalouksilta, ja kotitalouskeräys nähdäänkin potentiaalisena keinona lisätä UCO:n tarjontaa, mutta keräysketjujen kehittäminen vie aikaa. (Eni, 2021; EURACTIV, 2021a; Greena, 2021) Kuvassa 21 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia käytetystä paistorasvasta.



Kuva 21 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat käytetystä paistorasvasta

Metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatava biomassaosuus on luokiteltu kehittyneeksi raaka-aineeksi RED II -direktiivissä eli se kuuluu POMEn ja raakamäntööljyn tavoin liitteen IX osa A raaka-aineisiin. EU:n uudessa metsästrategiassa kaskadikäyttöperiaatteen mukaisesti puubiomassaa tulisi käyttää siitä saatavan suurimman taloudellisen ja ympäristöön liittyvän arvonlisäyksen mukaisesti. Järjestöt näkevät metsätalouden tähteiden voivan varastoida hiiltä keskimäärin pidempään kuin energia- ja kuitutuotteet ja tätä kautta kasvattaa maaperän hiilivarastoa. Lisäksi ne ovat tärkeitä maaperän ravinteille. (ICCT, IEEP, NNFFC, 2016) Erityisesti pohjoismaalaiset

metsäteollisuuden yritykset näkevät metsätähteet ja jätteet kotimaisena raaka-aineena. Lisäksi erilaiset tuotantoprosessien tähteet, kuten sahanpuru ja selluntuotannon tähteet, nähdään kestävinä raaka-aineina, koska niitä varten ei tehdä erillisiä hakkuita (Preem, 2021; UPM, 2021c). Lämmön- ja sähköntuotannosta voi tulevaisuudessa vapautua merkittäviä määriä puubiomassaa uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon. Kuvassa 22 on esitetty niin järjestöiden kuin polttoaineteollisuudenkin näkökulmia metsäteollisuuden jätteistä ja tähteistä.

RAAKA-AINE	JÄRJESTÖT	POLTTOAINETEOLLISUUS
 <p>Metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatava biomassaosuus</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊖ Metsätalouden tähteet hajoavat tietyissä ilmasto-olosuhteissa hitaasti ja toimivat tilapäisenä hiilidioksidinieluna</li> <li>⊖ Metsätalouden tähteet ovat tärkeitä hiilen ja ravinteiden palauttamisen kannalta maaperään, ne vähentävät maaperän eroosioita ja edistävät maaperän hiilidioksidipäästöjä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Muun muassa Pohjoismaissa metsätähteet ja jätteet nähdään kotimaisena uusiutuvana raaka-aine, joka on kestävä vaihtoehto ulkomaalaisille raaka-aineille</li> </ul>

Kuva 22 Järjestöjen ja polttoaineteollisuuden näkökulmat metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatavasta biomassaosuudesta

## 3.2 Raaka-aineet Euroopassa ja niiden luokittelu

Raaka-aineiden kestävyttä on määritelty niin Euroopan unionin tasolla, kuin kansallisellakin tasolla. Uusiutuvan energian direktiivi (RED II) sisältää useita rajoitteita ja vaatimuksia biopolttoaineiden raaka-aineille. RED II -direktiivissä kehittyneillä biopolttoaineilla tarkoitetaan polttoaineita, jotka tuotetaan liitteessä IX olevassa A osassa luetelluista raaka-aineista. Näille kehittyneille biopolttoaineille on asetettu vähimmäistavoite 0,2 % liikenteen energiakäytöstä vuonna 2020, 1 % vuonna 2025 ja 3,5 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2018) Useat jäsenvaltiot ovat tehneet lisäksi kansallisia linjauksia biopolttoaineiden raaka-aineista. Osa maista on luokitellut yksittäisiä raaka-aineita uudelleen tai ottanut käyttöön tiukemmat rajoitukset kuin Euroopan unioni on direktiivissä määritellyt. RED II -direktiivin raaka-aineiden luokittelut määrittävät näistä raaka-aineista tuotettujen polttoaineiden kysynnän ja arvon Euroopan markkinoilla. Suomessa Energiavirasto hoitaa kestävyyslain mukaisia viranomaistehtäviä. Biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden kestävyys pitää osoittaa kestävyyslain 393/2013 mukaisesti. (Energiavirasto, 2021b)

### RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2

'kehittyneillä biopolttoaineilla' tarkoitetaan biopolttoaineita, jotka tuotetaan liitteessä IX olevassa A osassa luetelluista raaka-aineista

**RED II ((EU) 2018/2001) Liite IX osa A**

- a) Levät, jos ne on tuotettu maalla lammikoissa tai valoreaktoreissa
- b) Sekalaisen yhdyskuntajätteen biomassaosuus, mutta ei lajiteltu kotitalousjäte, johon sovelletaan direktiivin 2008/98/EY 11 artiklan 2 kohdan a alakohdassa asetettuja kierrätystavoitteita
- c) Kotitalouksista peräisin oleva biojäte, sellaisena kuin se on määritelty direktiivin 2008/98/EY 3 artiklan 4 alakohdassa ja jota koskee mainitun direktiivin 3 artiklan 11 alakohdassa määritelty erilliskeräys
- d) Teollisuusjätteen biomassaosuus, joka ei sovellu käytettäväksi elintarvike- tai rehuketjussa, mukaan lukien raaka-aineet, jotka ovat peräisin vähittäis- ja tukkukaupasta sekä elintarvike- ja rehuteollisuudesta ja kalastus- ja vesiviljelyalalta, lukuun ottamatta tämän liitteen B osassa lueteltuja raaka-aineita
- e) Olki
- f) Eläinten lanta ja jätevesiliete
- g) Palmuöljypuristamoiden jäteliete ja tyhjät palmuhedelmätertut
- h) Mäntypiki
- i) Raaka glyseroli
- j) Sokeriruokojäte
- k) Rypäleiden puristejäännökset ja viinisakka
- l) Pähkinänkuoret
- m) Kuoret
- n) Tähkät, joista on poistettu maissinjyvät
- o) Metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatava biomassaosuus, kuten puunkuori, oksat, esikaupalliset harvennukset, lehdet, neulaset, latvukset, sahanpuru, kutterilastut, mustalipeä, ruskealipeä, kuituliete, ligniini ja mäntyöljy
- p) Muu muiden kuin ruokakasvien selluloosa
- q) Muu lignoselluloosa, lukuun ottamatta sahatukkeja ja vaneritukkeja.

**RED II ((EU) 2018/2001) Liite IX osa B**

- a) Käytetty ruokaöljy
- b) Eläinrasvat, jotka on luokiteltu asetuksen (EY) N:o 1069/2009 mukaisesti luokkiin 1 ja 2

**RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 28 (6)(2)**

Raaka-aineet, jotka voidaan jalostaa ainoastaan kehittyneitä teknologioita käyttäen, on lisättävä liitteessä IX olevaan A osaan. Raaka-aineet, jotka voidaan jalostaa biopolttoaineiksi tai liikenteessä käytettäväksi biokaasuksi kypsää teknologiaa käyttäen, on lisättävä liitteessä IX olevaan B osaan.

**RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2 (2)(40)**

'ravinto- ja rehuksveilla' tarkoitetaan paljon tärkkelystä sisältäviä viljelykasveja sekä sokeri- tai öljykasveja, joita tuotetaan maatalousmaalla pääviljelykasvina, pois lukien tähteet, jätteet ja lignoselluloosa, ja väliaikaista kasvustoa, kuten kerääjäkasveja ja maanpeitekasveja, edellyttäen että tällaisen väliaikaisen kasvuston käyttö ei lisää viljelymaan tarvetta

Uusiutuvan energian direktiivissä (EU) 2018/2001 tiukennettiin ravinto- ja rehuksveista tuotettujen biopolttoaineiden käyttöä ottamalla käyttöön kansalliset enimmäismäärät. Ravinto- ja rehuksveista tuotettujen biopolttoaineiden osuus vuonna 2030 saa olla enintään yhden prosenttiyksikön suurempi kuin niiden osuus energian loppukulutuksesta maatieliikenne- ja rautatieliikennealalla kyseisessä jäsenvaltiossa vuonna 2020 ja enintään 7 prosenttia maantie- ja rautatieliikennealan energian loppukulutuksesta kyseisessä jäsenvaltiossa. Mikäli mainittu osuus on jäsenvaltiossa alle yhden prosentin niin sen voi nostaa enintään kahteen prosenttiin. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2018)

Direktiivissä määriteltiin myös rajat ravinto- ja rehuksveille, joihin liittyy korkea epäsuoran maankäytön ILUC-riski (Indirect Land Use Change) ja joiden raaka-aineiden tuotantoalue on laajentunut merkittävästi paljon hiiltä sitovalle maalle. Näistä raaka-aineista tuotettujen biopolttoaineiden käyttö on rajattava enintään vuoden 2019 kulutuksen tasolle jäsenvaltioissa. Lisäksi korkean ILUC-riskin ravinto- ja rehuksvien osuutta on vähennettävä asteittain 31 päivästä joulukuuta 2023 alkaen siten, että niiden osuus on 0 % viimeistään vuonna 2030. Euroopan komissio on määritellyt ainoastaan palmuöljyn korkean ILUC-riskin raaka-aineeksi. Komissio voi tarkasteluissaan muuttaa ILUC-riskin raaka-aineiden luokittelua muuttuvien olosuhteiden ja viimeisimmän saatavilla olevan tiedon puitteissa (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2018) Myöhemmin raportissa asiaa on käsitelty tarkemmin.

Vuonna 2019 RED II -direktiiviä täydentävässä komission delegoidussa asetuksessa (EU) 2019/807 mainitaan, että epäsuoraa maankäytön muutosta voi ilmetä, kun aiemmin ravinto- tai rehuksvien tuotantoon käytettyä maata muutetaan biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden tuotantoon. Tämä saattaa johtaa maatalousmaan laajentumiseen paljon hiiltä sitoville alueille, kuten metsiin, koska ravinto- ja rehuksvien kysyntä on biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden lisäksi tyydytettävä. Direktiivissä

otettiin käyttöön yleinen raja, jolla rajoitetaan ravinto- ja rehukasveista tuotettujen biopolttoaineiden ja bionesteiden käyttöä, koska direktiivissä (EU) 2015/1512 myönnetään, että ILUC-päästöjä esiintyy ja tunnustetaan, että niiden laskemisessa on epävarmuutta. On kuitenkin huomioitavaa, että ILUC-päästöjen taso riippuu monista tekijöistä, kuten uusiutuvien polttoaineen tuotantoon käytetystä raaka-aine tyypistä ja muun muassa niiden raaka-aineiden lisäkysynnästä. Tällä hetkellä ainoastaan palmuöljy on määritelty korkean ILUC-riskin raaka-aineeksi, mutta myös palmuöljyä voi direktiivin puitteissa käyttää, jos tuotantoketju on sertifioitu osoittamaan ettei käytöstä aiheudu epäsuoria maankäytön muutoksia. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2019)

#### **Delegoitu asetus ((EU) 2019/807 Artikla 2 (1))**

**'öljykasveilla'** ravinto- ja rehukasveja, kuten rapsia, öljypalmua, soijapapua ja auringonkukkaa, jotka eivät ole paljon tärkkelystä sisältäviä kasveja eivätkä sokerikasveja ja joita käytetään yleisesti raaka-aineena biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden tuotannossa

#### **RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2 (2)(43)**

**'tähteellä'** tarkoitetaan ainetta, joka ei ole lopputuote, joka tuotantoprosessissa pyritään suoraan tuottamaan; se ei ole tuotantoprosessin ensisijainen tavoite, eikä prosessia ole tarkoituksella muutettu sen tuottamiseksi

#### **RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2 (2)(23)**

**'jätteellä'** tarkoitetaan direktiivin 2008/98/EY 3 artiklan 1 alakohdassa määriteltyä jätettä pois lukien aineet, joita on muutettu tai jotka on pilattu tarkoituksellisesti, jotta ne olisivat tämän määritelmän mukaisia;

#### **RED direktiivi ((EU) 2008/98/EY) Artikla 3 (1)**

**'jätteellä'** mitä tahansa ainetta tai esinettä, jonka haltija poistaa käytöstä, aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä

Euroopassa muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden säädöksiä määrittää Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1069/2009/EY ja sitä täydentävä Euroopan komission asetus 142/2011. Asetukset koskevat kaikkia Euroopan unionin alueella sivutuotteiden kanssa toimivia yrityksiä ja niiden tavoitteena on vahvistaa ihmisten ja eläinten terveyttä. (Euroopan parlamentti ja neuvosto, 2009; Euroopan komissio, 2011)

Eläinrasvat on luokiteltu asetuksen (EY) N:o 1069/2009 mukaisesti luokkiin 1, 2 ja 3. Luokan 1 ja 2 eläinrasvat kuuluvat RED II direktiivin liitteen IX osa B raaka-aineisiin, joille on asetettu 1,7 prosentin enimmäisosuus vuonna 2030. Luokan 1 eläinrasvat ovat erityisen riskin raaka-aineita, jotka voivat levittää eläinperäisiä tauteja kuten sienimäisiä aivorappeumatauteja TSE:tä. Luokkaan 1 kuuluvat muut eläimet kuin tuotantoeläimet ja luonnonvaraiset eläimet (muun muassa lemmikkieläimet, eläintarhaeläimet, sirkuseläimet) ja eläimet, jos näiden epäillään sairastaneen jotakin ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa vakavaa tautia. Luokan 2 eläinrasvat ovat myös korkean riskin raaka-aineita, johon kuuluvat muun muassa lanta ja

eläinten ruuansulatuskanavan sisältö. Luokkaan 2 kuuluvat myös eläinrasvat, jotka eivät sisälly luokkien 1 tai 3 määritelmiin.

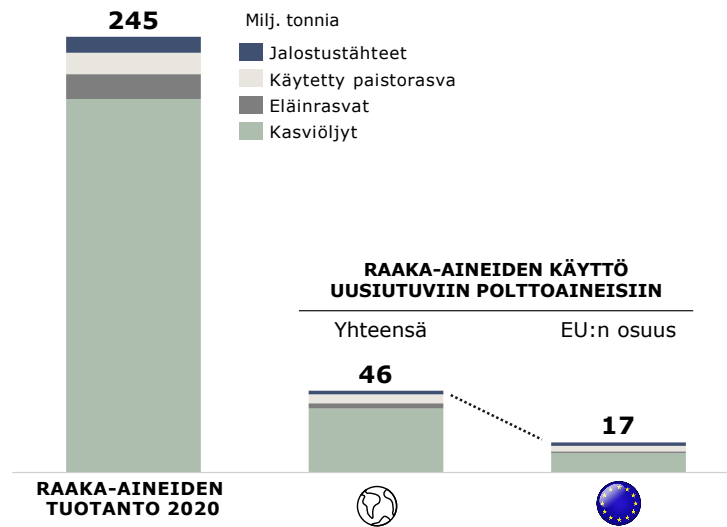
Luokan 3 raaka-aineet ovat matalimman riskin raaka-aineita. Luokka 3 sisältää teurastettujen eläinten ja kaadetun riistan ruhot ja ruhonosat, jotka on todettu ihmisravinnoksi kelpaaviksi yhteisön lainsäädännön mukaisesti, mutta joita ei ole kaupallisista syistä tarkoitettu ihmisravinnoksi. Luokan 3 eläinrasvoja ei ole erikseen määritelty RED II -direktiivissä vaan ne kuuluvat niin sanottuun luokkaan "muut uusiutuvat polttoaineet".

Euroopassa kasviöljyt ovat suurin uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aine (USDA, 2021a). Vuonna 2020 Euroopassa kulutettiin noin 7,4 miljoonaa tonnia palmuöljyä, josta 36 prosenttia oli uusiutuvan dieseliin ja biodieseliin raaka-aineena eli noin 2,7 miljoonaa tonnia, mikä vastaa 17 prosenttia kaikesta Euroopassa käytetyn uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineista. Rapsi- tai rypsiöljyä kulutettiin noin 10 miljoonaa tonnia, josta 60 prosenttia oli uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena eli 6 miljoonaa tonnia. Euroopassa kulutettiin auringonkukkaöljyä noin 5 miljoonaa tonnia, josta noin 4 prosenttia eli 0,2 miljoonaa tonnia oli uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena. (Fediol, 2021; USDA, 2021a; USDA, 2021b)

Soijaöljyä oli Euroopan uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineena noin 1 miljoonaa tonnia, kun taas käytettyä paistorasvaa yli kolmekertaa enemmän eli noin 3,5 miljoonaa tonnia. (USDA, 2021a). Eläinrasvoja oli hieman enemmän kuin soijaöljyä: 1,2 miljoonaa tonnia. Jalostustähteitä käytettiin noin 2,2 miljoonaa tonnia, joista merkittävin raaka-aine oli mäntyöljy 0,8 miljoonaa tonnia, PFAD 0,7 miljoonaa tonnia, POME 0,5 miljoonaa tonnia ja maissiöljy noin 0,2 miljoonaa tonnia. (Espí;Ribas;Díaz;& Sastrón, 2020; EIA, 2021c)

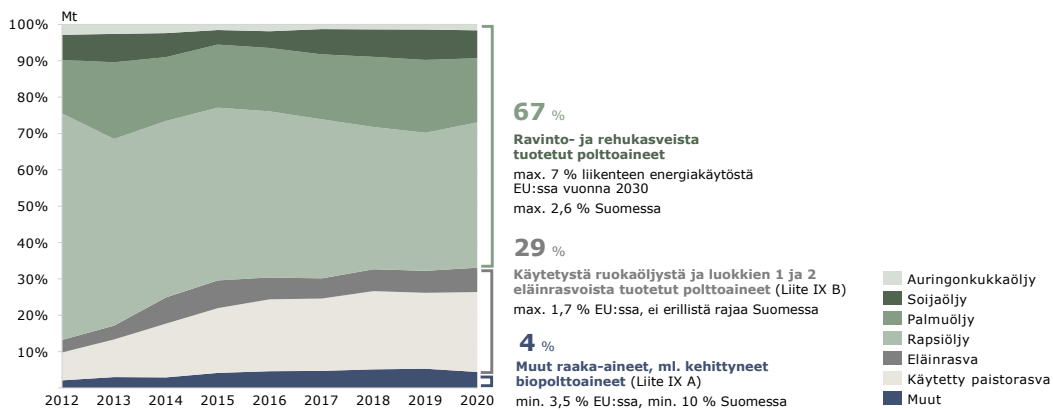
Euroopan unionin alueelta arvioidaan kerättävän noin 700 000 – 800 000 tonnia käytettyä paistorasvaa. Käytetyn paistorasvan kerääminen ammattisektorilta kuten ravintoloista ja suurtalouskeittiöistä on saavuttanut jo lähes täyden potentiaalinsa, joten kasvumahdollisuudet ammattisektorilta ovat hyvin rajalliset. Kotitalouskeräyksessä on vielä suuri lisäpotentiaali, jonka on arvioitu olevan jopa 800 000 – 900 000 tonnia vuodessa. (Greenea, 2016) Eurooppaan tuodaan noin 1,4 miljoonaa tonnia käytettyä paistorasvaa Aasiasta, Itä-Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta. Kiina on suurin yksittäinen tuoja, mikä selittyy Kiinan suurella noutoruoka- ja ravintolakulttuurilla. (CME Group, 2021)

Euroopan unionin uusiutuviissa polttoaineissa käytetään vain noin 7 % (17 Mt) maailman jalostustähteiden, käytetyn paistorasvan, eläinrasvojen ja kasviöljyjen tuotannosta vuonna 2020. Koko maailman uusiutuvat polttoaineet vastaavat noin 19 % (46 Mt) näiden raaka-aineiden tuotannosta. Euroopan osuus uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineista on näin 37 prosenttia. Raaka-aineiden saatavuutta ja käyttöä polttoainetuotannossa on havainnollistettu kuvassa 23.



Kuva 23 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineiden saatavuus ja käyttö

Kuvassa 24 on jaoteltu Euroopassa vuosina 2012 – 2020 käytetyt uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet ravinto- ja rehuksveihin (auringonkukkaöljy, soijaöljy, palmuöljy ja rapsiöljy), käytettyyn paistorasvaan, luokan 1 ja 2 eläinrasvoihin sekä muihin raaka-aineisiin. Kuten EU lainsäädännön yhteydessä esiteltiin, ravinto- ja rehuksveista tuotetut biopolttoaineet on rajattu enintään 7 prosenttiin ja käytetty paistorasva ja luokkien 1 ja 2 eläinrasvat enintään 1,7 prosenttiin liikenteen energiakäytöstä vuonna 2030. Kehittyneille biopolttoaineille on asetettu 3,5 prosentin vähimmäisvaatimus vuonna 2030. Kuvasta 24 huomataan, että raaka-aineiden suhteelliset osuudet ovat vaihdelleet merkittävästi viimeisen kahdeksan vuoden aikana. Palmuöljyn osuus biodieselin ja uusiutuvan dieselin raaka-aineista on kasvanut sekä absoluuttisesti että suhteellisesti. Tällä hetkellä palmuöljyn osuus Euroopassa käytettyjen dieselpolttoaineiden raaka-aineista on noin 18 prosenttia, kun se oli noin 15 prosenttia vuonna 2012. Käytetyn paistorasvan määrä raaka-aineena on yli nelinkertaistunut näiden kahdeksan vuoden aikana ja sen suhteellinen osuus kasvanut 7 prosentista 22 prosenttiin. Eläinrasvojen, auringonkukkaöljyn, rypsiöljyn sekä soijaöljyn käyttö on ollut melko tasaista vuosien varrella. Myös muiden raaka-aineiden kehitys on ollut melko tasaista viime vuosina. Muihin raaka-aineisiin kuuluu muun muassa POME ja PFAD. (USDA, 2019; USDA, 2021b)



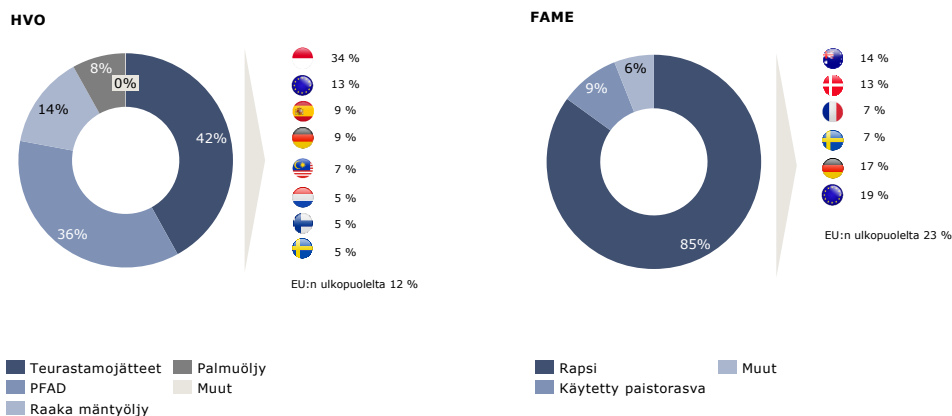
Kuva 24 Uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineet Euroopassa 2012-2020

### 3.2.1 Raaka-aineiden luokittelu Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Alankomaissa ja Norjassa

Euroopan unionin jäsenmaissa on jonkin verran vaihtelua RED II -direktiivin raaka-ainesäädösten tulkinnassa ja osa maista on asettanut myös direktiivistä poikkeavia raaka-ainerajoituksia. Erityisesti PFAD:n luokittelu vaihtelee jäsenmaasta riippuen prosessitähteen ja sivutuotteen välillä, mikä vaikuttaa suuresti PFAD:stä tuotettujen polttoaineiden laskennalliseen hiilidioksidipäästövähennykseen. Tässä selvityksessä perehdytään tarkemmin Ruotsin, Ison-Britannian, Alankomaiden ja Norjan uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineisiin, sillä nämä maat julkaisevat vuosittaisia tilastoja raaka-ainejakaumista sekä niiden alkuperästä.

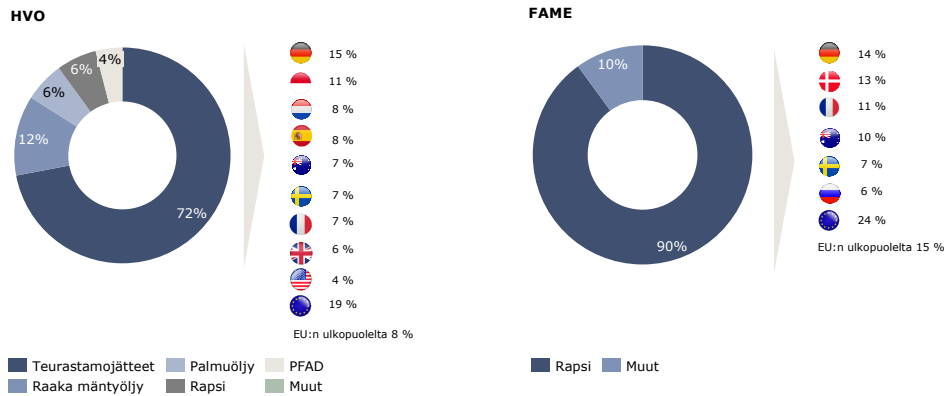
Ruotsissa suurimpia HVO-raaka-aineita vuonna 2020 olivat teurastamojätteet (72 %), raakamäntyöljy (12 %), rapsi (6 %), palmuöljy (6 %), PFAD (4 %) ja muut (0,3 %). HVO-polttoaineita käytettiin tieliikenteessä noin 1 miljoonaa tonnia, kun taas FAME-biodieseliä noin 0,5 miljoonaa tonnia. Biodieselin raaka-aineita olivat puolestaan rypsi- tai rapsiöljy (90 %) ja Muut (10 %). (Statens energimyndighet, 2021) Ruotsissa ei käytetty palmuöljypohjaisia polttoaineita ollenkaan vuosina 2015 ja 2016, mutta palmuöljyn käyttö raaka-aineena on viime vuosina lisääntynyt: vuonna 2017 se oli 5 %, vuonna 2018 3 %, vuonna 2019 8 % ja vuonna 2020 6 % HVO-polttoaineiden raaka-aineista.

Palmuöljyn rasvahappotisleet luokiteltiin Ruotsissa aiemmin prosessitähteen, mutta 1. heinäkuuta 2019 alkaen PFAD on luokiteltu sivutuotteeksi, mikä tarkoittaa, että tuotteen alkuperä pitää olla jäljiteltävissä ja laskennalliset päästöt ovat samaa kokoluokkaa raakapalmuöljyn kanssa (Energimyndigheten, 2020). Luokittelun myötä PFAD:n käyttö vuonna 2019 laski edellisvuoteen verrattuna. Vuonna 2018 PFAD:n osuus oli 46 % HVO:n raaka-aineista, kun taas vuonna 2019 sen osuus oli enää 36 % ja vuonna 2020 vain 4 %. (Statens energimyndighet, 2018; Statens energimyndighet, 2019; Statens energimyndighet, 2020) Kuvassa 25 on esitetty HVO-polttoaineiden ja FAME-biodieselin raaka-ainejakaumat sekä raaka-aineiden alkuperämaat vuonna 2019 ja kuvassa 26 vuonna 2020. Kuvassa 27 on esitetty Ruotsin HVO-polttoaineiden suhteelliset raaka-aineet vuosina 2017 - 2020. (Statens energimyndighet, 2018; Statens energimyndighet, 2019; Statens energimyndighet, 2020)

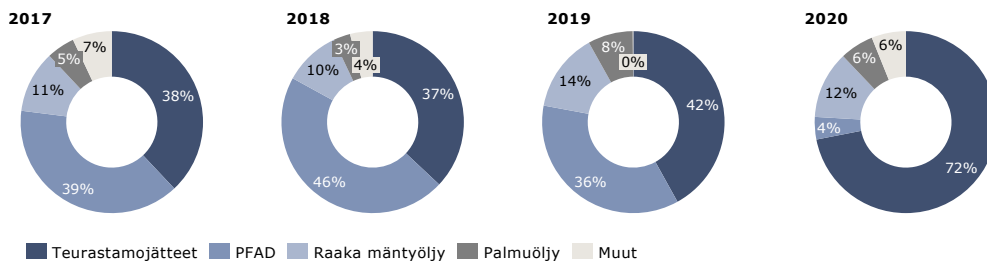


Kuva 25 Ruotsin raaka-ainejakauma ja raaka-aineiden alkuperämaat vuonna 2019





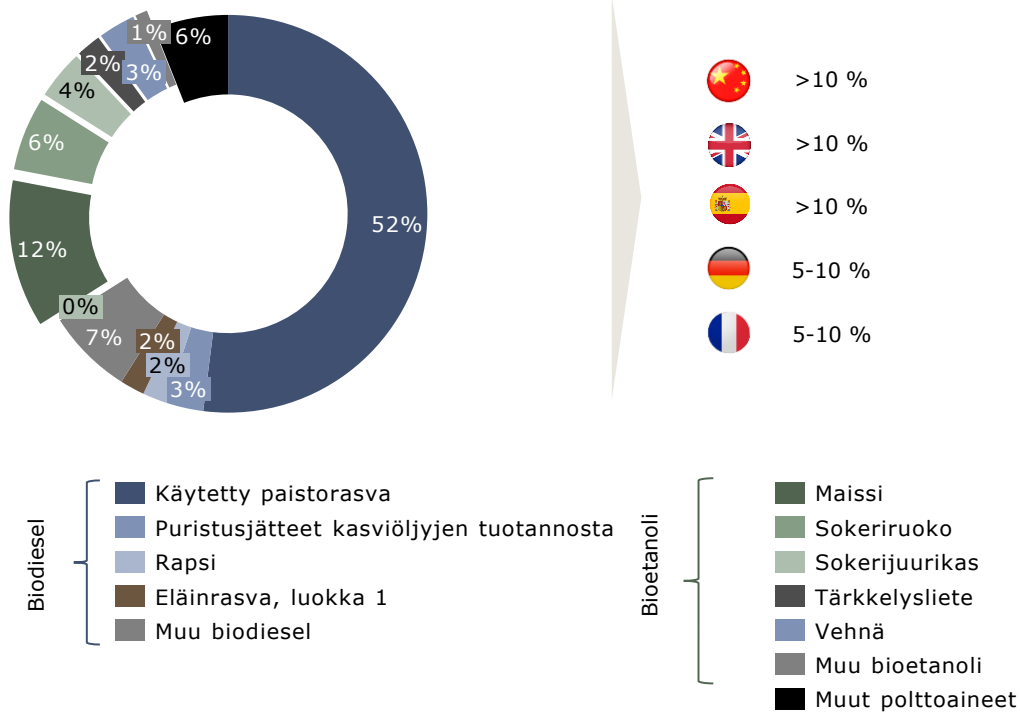
Kuva 26 Ruotsin raaka-ainejakauma ja raaka-aineiden alkuperämaat vuonna 2020



Kuva 27 Ruotsin HVO:n raaka-ainejakauma vuosina 2017 - 2020

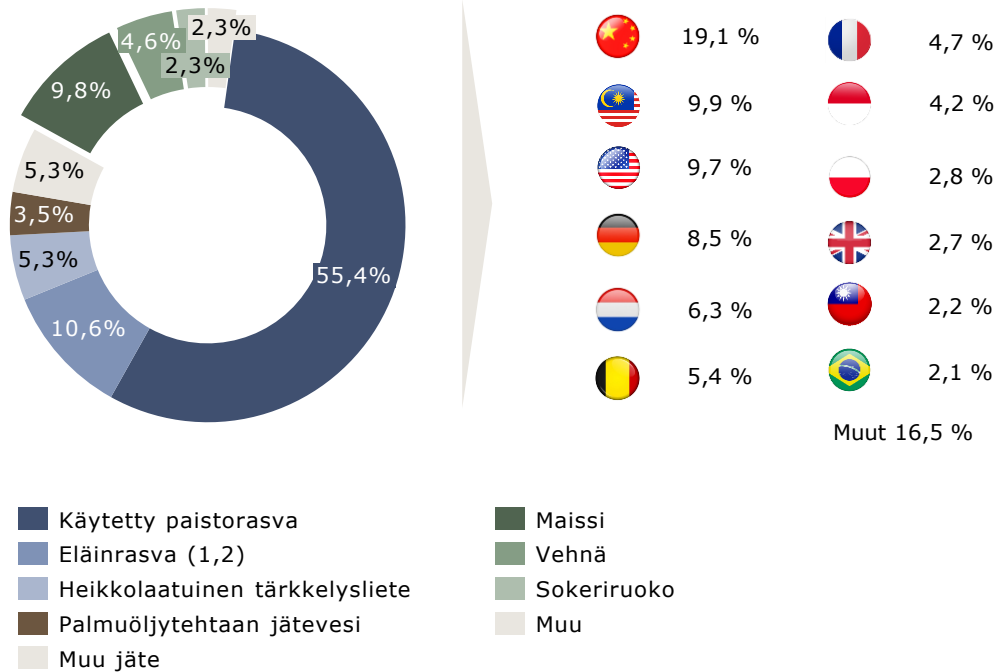
Ruotsin HVO-polttoaineiden raaka-aineista vain 7 prosenttia oli kotimaisia vuonna 2020. Suurin osa raaka-aineista oli vuonna 2019 peräisin Indonesiasta, kun taas vuonna 2020 suurin osa raaka-aineista oli Saksasta. Ruotsissa on tapahtunut suuri muutos raaka-aineiden alkuperämaissa vuosien 2019 ja 2020 vuosien välillä. (Statens energimyndighet, 2014; Statens energimyndighet, 2017; Statens energimyndighet, 2020; Statens energimyndighet, 2021)

Isossa-Britanniassa vuonna 2019 viisi suurinta uusiutuvien polttoaineiden (biodiesel, bioetanoli ja muut polttoaineet) raaka-ainetta olivat käytetty paistorasva (52 %), ruokajäte, kasviöljyjen puristusjätteet, tärkkelysliete ja eläinrasva. Korkeat ILUC-riskin raaka-aineet, kuten palmuöljy olivat 2,6 % kaikista raaka-aineista. (Department for Transport, 2021b) Iso-Britannia tulkitsee RED -direktiivissä esitettyä kasvihuonekaasulaskelmia siten, että PFAD tulisi luokitella tuotteeksi prosessitähteen sijaan. PFAD:lla on merkittävä taloudellinen arvo suhteessa päätuotteeseen palmuöljyyn sekä useita tuottavia käyttökohteita. Isossa-Britanniassa uusiutuvien polttoaineiden kulutus vuonna 2019 oli 1,5 miljoonaa tonnia. Kuvassa 28 on esitetty Isossa-Britanniassa jaeltujen uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineet ja niiden merkittävimmät alkuperämaat vuonna 2019 (Department for Transport, 2021a).



Kuva 28 Ison-Britannian uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakaumat vuonna 2019 ja alkuperämaat

Käytetyn paistorasvan osuus Alankomaiden uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineista oli yli 55 % vuonna 2020, kun luokan 1 ja 2 eläinrasvojen osuus oli 10,6 % ja heikkolaatuisen tärkkelyslietteen osuus 5,3 %. Muita raaka-aineita olivat muun muassa palmuöljytehtaan jätevesi, maissi, vehnä ja sokeriruoko. Kuvassa 29 on havainnollistettu Alankomaiden uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakaumaa vuonna 2020 ja alkuperämaita. Huomioitavaa on se, että Alankomaissa ei ole käytetty lainkaan palmuöljystä, soijaöljystä eikä myöskään PFAD:sta tuotettuja polttoaineita sitten vuoden 2016. POME:n osuus biopolttoaineiden raaka-aineista on viime vuosina ollut hieman yli 3 %. (Nederlandse Emissieautoriteit, 2021) Alankomaiden raaka-ainejakauma on muuttunut merkittävästi viimeisten yhdeksän vuoden aikana: käytetyn paistorasvan osuus on noussut merkittävästi, kun taas eläinrasvojen ja maissin osuus on vähentynyt. Vuonna 2011 käytetyn paistorasvan osuus uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineista oli 9 %, vuonna 2015 44 % ja vuonna 2019 peräti 63 %. Alankomaissa uusiutuvia polttoaineita käytettiin yhteensä 619 000 tonnia vuonna 2020. (Nederlandse Emissieautoriteit, 2016; Nederlandse Emissieautoriteit, 2020)



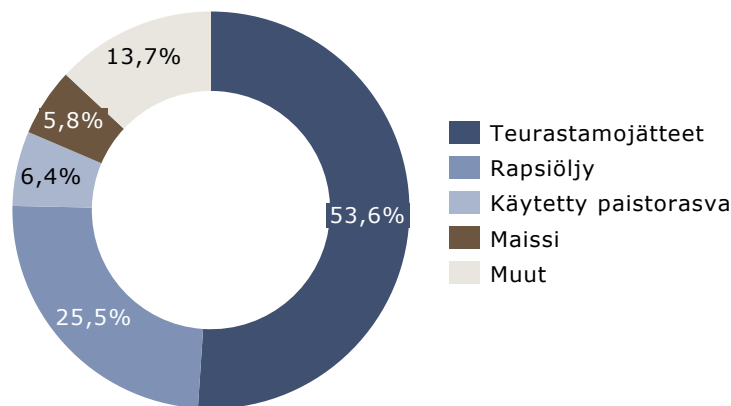
Kuva 29 Alankomaiden uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakauma vuonna 2020 ja alkuperämaat

Suurin osa Alankomaissa vuonna 2020 jaeltujen biopolttoaineiden raaka-aineista tuli Euroopasta (43 %) ja Aasiasta (42 %). Pohjois-Amerikan osuus raaka-aineista oli 11 prosenttia, Etelä-Amerikan 4 % ja Afrikan sekä Oseanian yhteensä noin 2 prosenttia. Maakohtaisesti raaka-aineista suurin osa oli peräisin Kiinasta (19,1 %), Malesiasta (9,9 %), Yhdysvalloista (9,7 %), Saksasta (8,5 %) ja noin 6,3 % raaka-aineista oli kotimaisia. Raaka-aineista käytettyä paistorasvaa tuodaan muun muassa Kiinasta, kun taas POME:a ja Malesiasta. Yhdysvalloista tuodaan pääasiassa maissia ja durraa. (Nederlandse Emissieautoriteit, 2021)

Alankomaissa PFAD on luokiteltu sivutuotteeksi, jolla on itsenäinen markkina-arvo ja se on osa palmuöljyn viljelystä saatavaa tuottoa. PFAD luokiteltiin sivutuotteeksi jo vuonna 2015 annetussa liikenteen uusiutuvan energian asetuksessa. PFAD:sta tuotetut biopolttoaineet ovat kuuluneet elintarvike- ja rehuksista tuotettujen biopolttoaineiden rajoitusten piiriin. PFAD aiotaan luokitella korkean ILUC-riskin raaka-aineeksi vuodesta 2022 alkaen. Korkean ILUC-riskin raaka-aineita ei saa enää sisällyttää kansalliseen liikenteen uusiutuvan energian tavoitteeseen. Päätöstä pohjusti selvitys palmuöljytuotannon sivutuotteiden negatiivisista vaikutuksista. Selvityksen mukaan PFAD:n markkina-arvo on palmuöljyä alhaisempi, palmuöljytuottajat pyrkivät minimoimaan vapaiden rasvahappojen kertymisen ja polttavat niitä tuottaakseen sähköä tai prosessilämpöä. PFAD:sta käydään kuitenkin maailmanlaajuisesti kauppaa ja sen arvo on 80 prosenttia palmuöljyn markkina-arvosta ja näin ollen ei voida todeta, että PFAD:lla olisi itsenäinen palmuöljystä riippumaton arvo. Lisäksi raportissa mainitaan, että PFAD:ta käytetään eläinten rehuna sekä saippuateollisuuden ja petrokemian raaka-aineena, joiden katsotaan olevan arvokkaampia ja siten toivottavampia käyttökohteita kuin energiateollisuus. (Rijkdienst voor Ondernemend Nederland voor het Ministerie van I&W, 2021)

Norja muutti PFAD:n luokittelua vuonna 2016 jätteestä sivutuotteeksi ja muutos astui voimaan 1.1.2017. Norja perusteli muutosta sillä, että palmuöljytuotannon

kasvihuonekaasupäästöjen riski nousta on huomattavasti suurempi kuin aiemmin oli arvioitu ja PFAD:n markkina-arvo oli noussut viime määritelmästä. Vuonna 2016, kun Norja luokitteli PFAD:n uudelleen todettiin, että hintaero päätuotteen eli raakapalmuöljyn ja PFAD:n välillä oli ainoastaan 10 prosenttia. (Miljødirektoratet, 2021b) Palmuöljy ja sen sivutuotteet olivat vain 0,4 prosenttia Norjassa käytettyjen biopolttoaineiden raaka-aineista vuonna 2020, kun vuonna 2017 vastaava luku oli peräti 48 prosenttia. Vuonna 2020 suurin osa Norjassa käytetyistä biopolttoaineista oli tuotettu teurastamojätteistä (54 %) ja rapsiöljystä (36 %). (Miljødirektoratet, 2021a) Kuvassa 30 on havainnollistettu Norjan uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakaumaa vuonna 2020.



Kuva 30 Norjan uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainejakauma vuonna 2020

### 3.2.2 Raaka-aineet Suomessa

Suomen lakia uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä uudistettiin 30 kesäkuuta 2021. Biokaasu päätettiin lisätä jakeluvuoteeseen 1.1.2022 alkaen ja muuta kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat nestemäiset ja kaasumaiset polttoaineet eli liikenteen RFNBO-polttoaineet 1.1.2023 alkaen. (Laki 446/2007, 2007) Työ- ja elinkeinoministeriö lähestyi Euroopan komissiota koskien RED II -direktiivin 27 artiklan 1 kohdan b alakohdan 2 alakohdan säännöksen tulkintaa suhteessa direktiivissä asetettuihin uusiutuvan energian tavoitteisiin ja velvoitteisiin. Euroopan komissio on vastauksessaan todennut, että 1,7 prosenttiyksikön osuusrajoitusta sovelletaan ainoastaan suhteessa liikenteen velvoitteeseen. Jäsenvaltiot voivat huomioida kyseisten polttoaineiden osuuden täysmääräisesti kansallisissa uusiutuvan energian kokonaistavoitteissa kuten myös unionin yhteisessä uusiutuvan energian tavoitteessa ilman rajoituksia, kuitenkin kyseistä rajoitusta ei ole välttämätöntä kohdistaa jakelijoille, vaan kyseistä velvoitetta sovelletaan jäsenvaltioiden raportoidessa direktiivissä asetetun liikenteen velvoitteen täyttymistä. Suomen jakeluvuoteissa asetetut velvoitetasot ylittävät selkeästi direktiivissä asetetun velvoitteen ja Suomessa 1,7 osuusrajoitus poistettiin laista. (Talousvaliokunta, 2021) Direktiiviä korkeamman päävelvoitteen ja lisävelvoitteen myötä Suomella riittää kuitenkin muita kuin käytettyyn paistorasvaan tai luokan 1 ja 2 eläinrasvoihin pohjautuvia biopolttoaineita täyttämään direktiivin vaatiman uusiutuvan energian osuuden liikenteessä.

Suomen jakeluelvoitelaisissa (13.4.2007/446) on määritelty, että tieliikenteen uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteen tason tulee täyttää vähintään 30 prosenttia vuonna 2029 ja sen jälkeen. Lisäksi RED II liitteen IX A-osassa määritellyistä raaka-aineista, kuten esimerkiksi biojätteestä, POME:sta ja mäntyöljystä tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun alataavoite on asetettu vähintään 10 prosenttiin vuonna 2030 ja sen jälkeen. Suomessa ravinto- ja rehuksveista tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun enimmäisosuus on vahvistettu 2,6 prosenttiin (Energiavirasto, 2021a).

#### **RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 27 (1) (b) (2)**

Kun lasketaan osoittajaa, liitteessä IX olevaan B osaan sisällytetyistä raaka-aineista tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun osuus on rajattava Kyprosta ja Maltaa lukuun ottamatta 1,7 prosenttiin markkinoille kulutukseen tai käyttöön toimitettujen liikenteen polttoaineiden energiasisällöstä. Jäsenvaltiot voivat perustellussa tapauksessa muuttaa liitteessä IX olevaan B osaan sisällytetyille raaka-aineille asetettua rajaa ottaen huomioon raaka-aineen saatavuuden. Kaikkiin tällaisiin muutoksiin on saatava komission hyväksyntä.

Kestävyysslain muutoslailla (Laki biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain muuttamiseksi 976/2020) kestävyysslain määritelmiä päivitettiin vastaamaan RED II –direktiivin mukaisia määritelmiä. RES-direktiivi on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. Direktiiviä on muutettu muun muassa EU 2018/1513 direktiivillä. Suomessa RES-direktiivin mukainen prosessitähteen määritelmä ((EU) 2015/1513) Artikla 1 (1) (13) muutettiin Suomessa RED II – direktiivissä määriteltyyn tähteen määritelmään RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2 (43).

Suomessa Energiavirasto on toimivaltainen viranomaisen raaka-aineiden luokitteluun liittyvissä asioissa. Lisäksi Energiavirasto valvoo jakeluelvoitelain noudattamista sekä seuraava jakeluelvoitteen täyttämistä jakelijoiden vuosittain toimittaman ilmoituksen ja valvonnan kautta. Suomessa ei pääsääntöisesti säädellä laintasolla yksittäisten raaka-aineiden luokittelussa, vaan jakelija voi hakea ennakkotietoa raaka-aineen luokittelusta Energiavirastosta. Ennakkotieto on voimassa toistaiseksi ja Energiavirasto voi peruttaa ennakkotiedon muun muassa lainkäyttöviranomaisen päätöksellä tapahtuneen säännöksen tulkinnan muuttumisen vuoksi. Energiavirasto voi antaa kestävyysslain 38 §:n mukaisen päätöksen siitä pidetäänkö raaka-ainetta esimerkiksi jätteenä vai tähteenä. Suomessa ei ole julkista listausta raaka-aineiden luokittelusta, koska luokittelut ovat toiminnanharjoittajakohtaisia ja osa päätöksistä on salassa pidettäviä liikesalaisuuksia julkisuuslain 24 §:n 1 momentin 20 kohdan nojalla. Raaka-aineiden luokittelussa noudatetaan

#### **((EU) 2015/1513) Artikla 1 (1) (13)**

**'prosessitähteellä'** ainetta, joka ei ole lopputuote, joka tuotantoprosessissa pyritään suoraan tuottamaan; se ei ole tuotantoprosessin ensisijainen tavoite, eikä prosessia ole tarkoituksella muutettu sen tuottamiseksi

#### **RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 2 (43)**

**'tähteenä'** tarkoitetaan ainetta, joka ei ole lopputuote, joka tuotantoprosessissa pyritään suoraan tuottamaan; se ei ole tuotantoprosessin ensisijainen tavoite, eikä prosessia ole tarkoituksella muutettu sen tuottamiseksi

RES ja RED II -direktiiveissä säädettyjä määritelmiä, jotka on pantu täytäntöön Suomen kestävyyslaissa. Energiavirasto luokittelee raaka-aineet toiminnanharjoittajan kestävyysjärjestelmän hyväksymistä koskevissa päätöksissä tai kestävyys- tai jakeluvuorotilain ennakkotietopäätöksissä.

Kestävyys lain 38 §:n mukaisesti raaka-aineilla, jotka on luokiteltu jätteiksi tai tähteiksi sovelletaan nestemäisten polttoaineiden valmisteverotuksessa laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta (1472/1994) alemmaa T-veroluokkaa. Kestävyyskriteerit täyttävät biopolttoaineisiin ja bionesteisiin sovelletaan R-veroluokkaa, joka on korkeampi kuin T-veroluokka.

### **7.6.2013/393 Laki biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista**

#### **5 a § Jätteet ja tähteet**

Muista kuin maataloudesta, vesiviljelystä, kalastuksesta ja metsätaloudesta suoraan peräisin olevista jätteistä ja tähteistä tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden tulee täyttää ainoastaan 6 §:ssä säädetyt kestävyyskriteerit

Maatalousmaasta peräisin olevista jätteistä ja tähteistä tuotettujen biopolttoaineiden, bionesteiden ja biomassapolttoaineiden osalta tulee toiminnanharjoittajalla olla käytössä seuranta- tai hallintasuunnitelmat maan laatuun ja maaperän hiileen kohdistuviin vaikutuksiin puuttumiseksi.

### **7.6.2013/393, 4 § (2) Laki biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista**

**'tähteellä'** tarkoitetaan ainetta, joka syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa tai on sellaisen tuotantoprosessin lopputuote, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen valmistaminen, ja jonka tuottamiseksi tuotantoprosessia ei ole tarkoituksellisesti muutettu

### **17.6.2011/646 Jätelaki, 5 a §**

**'sivutuotteella'** tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen, ja

- 1) aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus
- 2) ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti
- 3) aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana; sekä
- 4) aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle

**7.6.2013/393 Laki biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista****4 § 2 kohta**

'**jätteellä**' tarkoitetaan jätelain (646/2011) 5 § 2 kohdassa tarkoitettua jätettä lukuun ottamatta ainetta, jota on tarkoituksellisesti muunnettu, jotta se luettaisiin jätteeksi

**17.6.2011/646 Jätelaki 5 §**

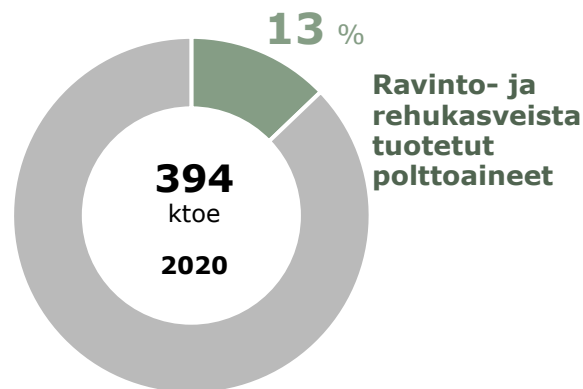
'**jätteellä**' tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä

Suomessa Energiavirasto on tutkinut PFAD:n, palmuöljysteariinin, teknisen maissiöljyn ja mäntyöljynpien luokittelua ja todennut, että raaka-aineet syntyvät kestävyyslain 4 § 2 momentin edellyttämällä tavalla ja edellä mainitut raaka-aineet täyttävät biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 4 § 2 kohdan mukaisen silloisen prosessitähteen määritelmän. Nykyisessä laissa ei ole enää prosessitähteen määritelmää vaan tähteen määritelmä. Ei voida suoraan tulkita, että prosessitähde olisi vastaava kuin tähde, koska kuten aiemmin mainittu Energiavirasto arvioi tapauskohtaisesti raaka-aineiden luokittelun. Energiavirasto on myös todennut, että elintarviketeollisuuden eläinrasvajäte, kalanjalostuksen rasvajäte, jätevesilietteestä erotettu palmuöljy, silikaattisakasta erotettu palmuöljy ja pilaantunut vilja tai elintarvike voidaan luokitella jätelain 5 § momentin mukaisina jätteinä. (Energiavirasto, 2014)

Tällä hetkellä metsähaketta ja purua käytetään pääasiassa energiantuotannossa, kuten hakkeena lämmön ja sähkön tuotannossa. Vuonna 2020 metsäteollisuuden purusta, kuoresta ja puutähdehakkeesta 10,6 miljoonaa m<sup>3</sup> meni energiantuotantoon. Lisäksi raakapuusta 14 prosenttia eli 11,3 miljoonaa m<sup>3</sup> meni energiantuotantoon eli lämpö- ja voimalaitoksille sekä polttopuiksi. Yhteensä noin 22 miljoonaa m<sup>3</sup> suomalaisista metsistä saatavaa biomassaa menee energiantuotantoon. (LUKE, 2021d) Metsähaketta kuin muitakin metsäteollisuuden sivutuotteita voidaan myös käyttää uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineina. Biopolttoaineiden valmistamiseen voisi käyttää biomassaa, mitä tällä hetkellä käytetään lämmön ja sähkön tuotantoon. Sähköntuotantoon on olemassa muitakin päästöttömiä energianlähteitä, missä tapauksessa biopolttoaineiden valmistaminen biomassasta olisi jätehierarkian mukaan korkeampiarvioista, kuin sähkön ja lämmön tuotanto (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, (EU) 2018/851). Biomassa määrä, mitä käytetään lämmön ja sähkön tuotantoon voisi sen sijaan käyttää biopolttoaineiden valmistamiseen, koska sähköntuotantoon on olemassa muitakin päästöttömiä energianlähteitä, jolloin myös biopolttoaineiden valmis olisi jätehierarkian mukaan korkeampiarvioista. 22 miljoonasta kuutiometristä metsäbiomassaa voidaan tuottaa noin 2 miljoonaa tonnia biopolttoaineita.

Suomessa tuotettiin sian-, naudan-, siipikarjan- ja karitsanlihaa 409 000 tonnia vuonna 2020 (Lihatiedotus, 2021). Suomessa syntyy vuosittain lihateollisuuden sivutuotteena yli 250 000 tonnia eläinperästä, ihmisravinnoksi kelpaamatonta jätettä. (Honkajoki, 2019) Honkajoen tytäryhtiö Findest Protein käsittelee 70 % Suomen eläinrasvoista, joista 90 % menee kotimaahan ja 10 prosenttia ulkomaille biopolttoaineiden tuotantoon ja rehuarvoiksi (Honkajoki, 2020). Kaikki Findest Proteinilla tuotettu luokan 3 eläinrasva, jota oli noin 485 tonnia, toimitettiin kotimaahan uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineeksi. Luokan 1 eläinrasva myytiin ulkomaille ja luokan 2 eläinrasvat (7 980 tonnia) toimitettiin pääasiassa uusiutuvan dieselin raaka-aineeksi Suomessa. (Honkajoki, 2020)

Rypsi- ja rapsiöljyä tuotettiin Suomessa vuonna 2018 yhteensä vain 71 000 tonnia (LUKE, 2021b). Käytettyä paistorasvaa kerätään Suomessa esimerkiksi ravintoloista. Muun muassa Neste julkaisi syksyllä 2021 yhteistyöhankkeen Hesburgerin kanssa, jossa yli 300 Hesburgeria Suomessa, Latviassa, Liettuassa toimittaa käytetyt paistorasvat Nesteen Porvoon jalostamoon. Näistä yli 300 ravintolasta kertyy vuosittain vain noin 420 tonnia käytettyä paistorasvaa. (Neste, 2021a) Suomessa käytetyn paistorasvan tarjonta on hyvin rajoittunutta johtuen Suomen väkiluvusta ja ruokakulttuurista. Kuvassa 31 on esitetty ravinto- ja rehukasveista tuotettujen polttoaineiden osuus Suomessa 2020 (Energiavirasto, 2021a; Tilastokeskus, 2021b).



Kuva 31 Nestemäiset biopolttoaineet Suomessa 2020

Suomen kanta on ollut jo pitkään, että liikenteen uusiutuvien polttoaineiden raaka-ainepohja tulisi olla mahdollisimman laaja EU:n kestävyysvaatimusten puitteissa. Kuten edellä on esitetty, Suomessa ravinto- ja rehukasveista tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun enimmäisosuudeksi on määrätty 2,6 prosenttia. Lisäksi korkean ILUC-riskin raaka-aineiden eli palmuöljyn enimmäisosuus sidotaan vuoden 2019 kulutukseen, joka Suomessa oli nolla. Jakelijan on vuosittain ilmoitettava edellisen kalenterivuoden aikana kulutukseen toimittamansa moottoribensiinin, dieselöljyn, maakaasun, biopolttoaineiden, biokaasun ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden määrä tuotteittain ja tiedot niiden kestävyyskriteerien mukaisuudesta. Biopolttoaine- tai bioneste-erän raaka-aine on ilmoitettava myös ilmoitettava Energiavirastolle toimitettavassa ilmoituksessa, kuitenkin julkisuuslain 24 §:n mukaan osa tiedoista on salassa pidettäviä, kuten biopolttoaine- tai bioneste-erän raaka-aineet. Palmuöljystä tuotettuja polttoaineilla ei voi täyttää jakeluvuorotetta, mutta niitä voi kuitenkin toimittaa kulutukseen. Suomen jakeluvuorotteesta on palmuöljykiellon ja tiukan ravinto- ja rehukasvirajoitteen myötä rajoitettu kaikkein edullisempien drop-in polttoaineiden käyttöä. Mikäli Suomessa raaka-aineiden luokittelu muuttuisi on mahdollista, että Suomessa jaeltavien uusiutuvien polttoaineiden keskihinta nousisi mikäli jouduttaisiin siirtymään kalliimpiin polttoainejakeisiin.



Suomessa ei julkaista biopolttoaineiden raaka-aineita, niiden määriä ja alkuperää, kuten esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa. Suomessa raaka-aineiden määrät on luokiteltu liikesalaisuudeksi. Vuodesta 2022 alkaen Energiavirasto julkaisee jakeluvelvoitelain piirissä jaeltujen polttoaineiden raaka-aineet ja alkuperämaat.

### 7.6.2013/393 luku 5 31 §

Energiaviraston on julkaistava verkkosivuillaan vuosittain tiedot kunkin jakeluvelvoitelain alaisen jakelijan biopolttoaineiden, bionesteiden ja biokaasun maantieteellisestä alkuperästä ja raaka-aineesta kestävyyskriteeriselvityksissä saatuihin tietoihin perustuen. (29.6.2021/604)

## 3.3 Uusien raaka-aineiden mahdollisuudet

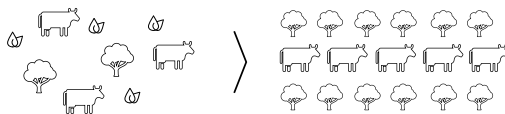
Uudet kasviöljykonseptit nähdään yhtenä ratkaisuna biopolttoaineiden raaka-aineiden lisäyksellisyyteen. Lisäyksellisyys (*eng. additionality*) on muun muassa RFNBO-polttoaineiden yhteydessä käytetty termi, jolla sähköpolttoaineiden yhteydessä varmistetaan, että polttoaineiden tuotantoon käytettävä uusiutuva energia on varta vasten rakennettua lisätuotantoa, eikä syrjäytä nykyisiä käyttäjiä. Vastaavasti uudet kasviöljykonseptit tavoittelevat positiivista maankäyttöä ja lisätuotantoa, jolla vältettäisiin syrjäytysvaikutukset.

Useat uusiutuvien polttoaineiden tuottajat tekevät pitkäjänteistä yhteistyötä tutkijoiden ja instituuttien kanssa kehittääkseen uusien raaka-aineiden mahdollisuuksia. Kehitteillä olevia uusia kasviöljykonsepteja ovat esimerkiksi Brassica carinatan vuoroviljely, pongamiaöljyn tuotanto puustoisella peltolaitumella ja maucaubaöljyn sekaviljely. Kuvassa 32 on havainnollistettu uudenlaisia viljelykonsepteja.

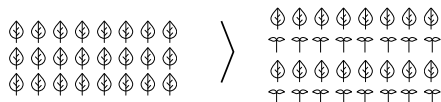
#### VUOROVILJELY



#### PUUSTOINEN PELTOLAIDUN



#### SEKAVILJELY



Kuva 32 Uusien raaka-aineiden mahdollisuudet

Kaalinsukuinen Brassica carinata on öljykasvi, joka soveltuu biopolttoaineiden raaka-aineeksi, mutta on ihmisravinnoksi kelpaamaton. Brassica carinatan on kehittänyt kanadalainen Agrisoma Biosciences inc. Brassica carinata -kasvi tuottaa noin 40 – 45 prosenttia öljyä ja noin 55 – 60 prosenttia eläimille soveltuvaa rehua. Brassica carinata on vuoroviljeltävä kasvi,

jota viljellään talvella pääkasvukauden ulkopuolella samoille pelloille kuin kesän ravintokasveja. Useat kesällä tuotantokäytössä olevat viljelymaat ovat talvisin tyhjillään. Kesällä Uruguayssa viljellään soijaa, mutta talvella viljelyyn on vain muutama vaihtoehto, kuten rapsi, vehnä tai ohra. Vuotuisen sadon lisäämiseksi uudet lajikkeet, kuten Brassica carinata nähdään tärkeitä viljelykierron kannalta. Talvilviljelymenetelmä estää eroosioita, lisää maan hiilensidontaa ja parantaa maaperän laatua. (George, ym., 2021; Cartea, ym., 2019) Vuoroviljelyn on todistettu parantavan sadon tuottoa, vähentävän lannoitteiden käyttöä ja parantavan maaperän rakennetta (Agtiv, 2021; NRCS, 2009).

UPM on kokeillut Brassica carinatan viljelyä Uruguayssa sopimusviljelijöiden kanssa. Vuonna 2018 UPM:n julkaisemassa artikkelissa todettiin, että Brassica carinataa viljeltiin UPM:n sopimusviljelijöillä Uruguayssa yhteensä 7 200 hehtaaria vuonna 2017. UPM:n mukaan Brassica Carinatan viljelyala kasvoi vuonna 2018 noin 10 000 hehtaariin ja tavoitteena on kasvattaa viljelyalaa edelleen yhdessä paikallisten toimijoiden kanssa. (UPM, 2021a; UPM, 2021b) Brassica carinatan viljelyä on myös pilotoitu Australiassa ja Brassica carinatasta valmistettua uusiutuvaa lentopolttoainetta on käytetty muun muassa Qantasin lennoilla. Australiassa Brassica carinatalla nähdään potentiaalia juuri lentoliikenteen polttoaineiden raaka-aineena. Yksi hehtaari carinatan siemeniä tuottaa 2 000 litraa öljyä, mistä saadaan tuotettua 400 litraa biopolttoainetta, 1 400 uusiutuvaa dieseliä ja 10 % uusiutuvia sivutuotteita. (Bioenergy Australia, 2021) Esimerkiksi Airbus A350-900 lentokoneella polttoainetta kuluu noin 200 litraa per henkilö Helsinki-Singapore lentomatalla, jonka välimatka on 9 300 kilometriä. Airbus A350-900 lentokoneessa on 440 matkustajapaikkaa, joten polttoainetta kuluu noin 90 000 litraa (Airbus, 2021; AFRY Management Consulting, 2020).

Alun perin Intiasta ja Australiasta kotoisin oleva pongamia-puu tuottaa öljysiemeniä sisältäviä papuja, joista voidaan erottaa sekä proteiinia että kasviöljyä. Noin 25 prosenttia siemenestä on proteiinia ja 40 prosenttia on öljyä. Pongamia-puuta on perinteisesti käytetty polttopuuna ja eläintenrehuna. Lisäksi pongamia-puun siemenistä puristettua öljyä on käytetty muun muassa saippuanvalmistukseen. Pongamia-puu tuottaa neljä kertaa enemmän siemeniä samalla pinta-alalla verrattuna soijaan, mutta tarvitsee kasvamiseen vähemmän vettä. Puun juuret sitovat typpeä ja hiilidioksidia eikä se tarvitse lannoitteita. Pongamia on sukua soijalle ja herneelle, mutta voi tuottaa jopa kymmenkertaisen määrän papuja yhdeltä hehtaarilta soijapapuun verrattuna. Pongamia-puut menestyvät marginaalimailla eli huonontuneella tai vajaakäytössä olevilla mailla eivätkä sen takia kilpaile ruoantuotannon kanssa. Puut kestävät poikkeuksellisen hyvin sekä tulvia että kuivuutta. Pongamia-puun viljely parantaa maaperän hedelmällisyyttä ja maataloustuotantoa. Esimerkiksi Kalimantassa Indonesiassa pongamioviljelmistä on istutettu huonontuneille soille ja entisille kaivosalueille. (Forest News, 2021; All About Feed, 2021)

Investancia Paraguay S.A on sopinut 30 vuoden toimitussopimuksen ECB Groupin kanssa, joka suunnittelee uusiutuvien polttoaineiden HVO-tuotantoa Paraguayhin. Sopimuksen mukaan Investancia Paraguay toimittaa vuosittain jopa 300 000 tonnia pongamia-öljyä vuoteen 2030 mennessä. Toimitussopimus edellyttää noin 50 miljoonan puun istuttamista 125 000 hehtaarille seuraavan vuosikymmenen aikana. (Bioenergy International, 2021b) Pongamia-puiden tuottamia palkokasveja on toistaiseksi korjattu lähinnä lääkinällisiin tarkoituksiin. (All about feed, 2021)

Macauba-palmu on monivuotinen laji, joka kasvaa erilaisissa ympäristöissä ja sen veden tarve on vähäinen. Macauba-palmu kasvaa luonnonvaraisena kuivilla alueilla Meksikosta ja Karibian saaristosta Pohjois-Argentiinaan saakka. Macauba-palmu viihtyy puolilehtimetsissä ja metsäalueilla sekä kallioalueilla. Macauba tuottaa samanlaisia tuotteita kuin Afrikasta kotoisin oleva öljypalmu, mutta ei tarvitse sademetsän kaltaisia kasvuolosuhteita. Macauba-palmun hedelmä sisältää noin 20 % kuorta, 40 % hedelmälihaa, 33 % endokarpia ja 7 %

ydintä. Macauba-palmu voi tuottaa noin 1 tonnin öljyä ja 1,8 tonnia rehua hehtaarilta. Sato on suurempi kuin soijalla, mutta pienempi kuin palmuöljyn tuotannossa Brasiliassa. Maucauban hedelmä on prosessoidaan yleensä öljyksi ja eläinten rehuksi. Macauba-palmun ja laidunten yhdistäminen eli sekaviljely nähdään tärkeänä keinona lisätä pienten ja keskisuurten karjankasvattajien tuloja ja vähentää karjankasvatuksen ympäristövaikutuksia Brasiliassa. Sekaviljely parantaa sekä maaperää että vähentää eroosiota. Macauba-palmun viljelyä varten ei tarvitse metsähakkuita tai maanmuokkausta. (Colombo;Berton;Diaz;& Ferrari, 2017; INOCAS, 2015; Climate Investment Funds, 2020)

Isossa-Britanniassa toimiva biopolttoainekehittäjä Green Fuels Ltd on yhteistyössä INOCAS GmbH kanssa tehneet yhteistyösopimuksen sekaviljelyn arvoketjun kehittämisestä vuoroviljelyllä ja puustoisella peltolaitumella (Bioenergy International, 2021a). INOCAS on brasilialais-saksalainen yritys, joka vastaa uuden laidunkäyttökonepölyn käyttöönotosta brasilialaisten karjankasvattajien keskuudessa. INOCASin tavoitteena on istuttaa 2 000 hehtaaria macauba puita sekaviljelyä hyväksi käyttäen seuraavina vuosina. Tähän mennessä INOCAS on istuttanut lähes puolet tavoitteestaan eli 839 hehtaarin verran maucauba-puita. Maucauba-puita istutettiin muun muassa kausiviljelykasvien, kuten ananasten, papujen, maniokkin, kurpitsan, maissin ja vesimelonin kanssa. Joillain tiloilla maucauba-puita kasvatettiin karjan kanssa erillisissä osastoissa ensimmäiset kolme vuotta, jonka jälkeen siirryttiin laidunkäyttökonepölyyn. (Climate Investment Funds, 2020; INOCAS, 2021)

Vuosien varrella on tutkittu useiden eri raaka-aineiden soveltuvuutta uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineeksi – myös Suomessa. Vuonna 2013 Neste ja Raisioagro tutkivat oljen hyödyntämistä uusiutuvien polttoaineiden tuotannossa. Tutkimuksessa selvitettiin oljen varastointia ja onko Suomeen mahdollista luoda riittävän tehokas suuren mittakaavan oljenkorjuuketju. (Neste, 2021b) Vuonna 2014 Neste ilmoitti, että olkea hyödyntävä mikrobiöljyprosessi ei ole taloudellisesti kannattava. Oljesta saataisiin uusiutuvaa dieseliä pilkkomalla ensin oljen sisältämä selluloosa ja hemiselluloosa sokeriksi, jonka jälkeen mikrobit muuttavat sokerin rasvaksi, josta voidaan valmistaa HVO-tuotantoon soveltuvia rasvahappoja. (Maaseudun tulevaisuus, 2021) Myllykosken Bioetanoli Oy:n tavoitteena on käynnistää olkipohjainen bioetanolilaitos Kouvolan Myllykoskelle lähivuosina, mutta hankkeen haasteena on ollut juuri tehokkaan oljenkorjuuketjun kehittäminen (Myllykosken Bioetanoli Oy, 2021). Suomessa tutkitaan laajasti myös leväöljyjen hyödyntämistä uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon.

Uusia kasviöljykonsepteja on kehitteillä, mutta laajamittaiseen viljelyyn tarvitaan ennakoitavaa lainsäädäntöä, aikaa sekä yhteistyötä läpi arvoketjun. Toimijahaastattelussa nousi esille huoli etteivät nykyiset sertifiointijärjestelmät sellaisenaan sovellu uusien raaka-aineiden kaupallistamiseen. Investointeja uusiin raaka-aineisiin ja menetelmiin on hankala toteuttaa, kun kestävyys sertifiointiprosessi on hidastunut ja muuttunut hyvin byrokraattiseksi. Lisäksi nostettiin esille, että Suomen tulisi ottaa edelläkävijän rooli positiivisen maankäytön tukemisessa ja uusien kasviöljykonseptien hyväksynnässä, eikä odottaa Euroopan unionin linjauksia, joiden odotetaan viivästyvän 55-valmiuspaketin avaamisen lainsäädäntömuutosten vuoksi. Ratkaisuna sertifiointihaasteisiin esitettiin muun muassa Yhdysvalloissa käytössä olevaa pathway- eli arvoketjumallia, jossa yksittäisen raaka-aineen yleisestä hyväksyttävyydestä siirryttäisiin todennettujen arvoketjujen sertifiointiin. Tällöin toimijoilla olisi mahdollisuus osoittaa polttoaineen kestävyys heidän kyseisessä arvoketjussaan, jolloin kestävyystarkastelussa huomioitaisiin paremmin positiiviset muutokset läpi tuotantoketjun ja päästäisiin eroon raaka-aineiden kategorisesta globaalista luokittelusta, jossa ei voida huomioida paikallisia eroja. Kategorisessa kestävyys haasteena on se, että varovaisuusperiaatteen mukaisesti on lähes mahdotonta osoittaa jokin raaka-aine täysin riskittömäksi kestävyys suhteen, jolloin hyväksyntä voisi perustua

ensisijassa todennettuihin arvoketjuihin, joissa jokaisen toimijan tulisi täyttää ulkopuolisen tarkastajan määrittämän kestävyyskriteerit.

#### **RED II ((EU) 2018/2001) Artikla 28**

Komissio tarkastelee viimeistään 25 päivänä kesäkuuta 2019 ja sen jälkeen kahden vuoden välein liitteessä IX olevissa A ja B osassa olevan raaka-aineiden luettelon raaka-aineiden lisäämiseksi luettelon kolmannessa alakohdassa esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Siirretään komissiolle valta antaa delegoituja säädöksiä 35 artiklan mukaisesti liitteessä IX olevissa A ja B osassa esitetyn raaka-aineiden luettelon muuttamisesta raaka-aineiden lisäämiseksi luettelon mutta ei luettelosta poistamiseksi. Raaka-aineet, jotka voidaan jalostaa ainoastaan kehittyntä teknologiaa käyttäen, on lisättävä liitteessä IX olevaan A osaan. Raaka-aineet, jotka voidaan jalostaa biopolttoaineiksi tai liikenteessä käytettäväksi biokaasuksi kypsää teknologiaa käyttäen, on lisättävä liitteessä IX olevaan B osaan.

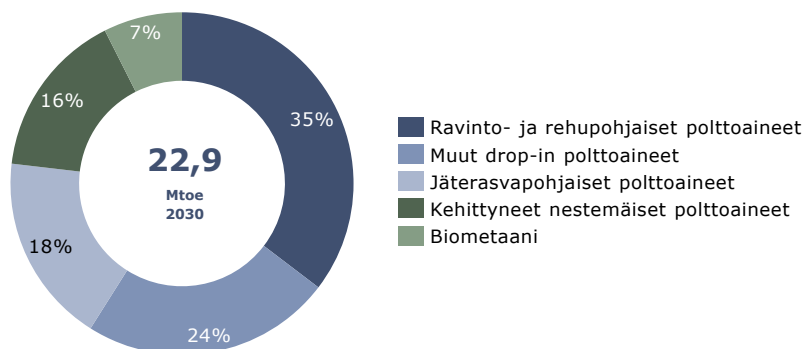
## 4 Regulaatioiden vaikutukset uusiutuvien polttoaineiden kysyntään ja hintaan

Tässä työssä arvioidaan jakeluvuorituksen tason noston vaikutuksia olemassa olevan lainsäädännön puitteissa eikä arvioida 55-valmiuspaketin laajempia vaikutuksia jakeluvuoritukseen. Velvoitetasot ja RED II -direktiivin implementointi kansalliseen lainsäädäntöön vaihtelevat merkittävästi eri maiden välillä. Euroopasta ei löydy kahta maata, joilla olisi samankaltainen jakeluvuoritus, jonka takia regulaatio- ja kysyntätarkastelussa on tarkasteltu jokaista markkinaa erikseen.

Tässä selvityksessä on keskitytty kymmeneen uusiutuvien polttoaineiden kannalta keskeisimpään Euroopan maahan, joiden tieliikenteen polttoaineiden kulutus vastaa noin 80 prosenttia koko Euroopan arvioidusta kulutuksesta vuonna 2030. Kehittyneiden polttoaineiden kysynnän on ennustettu nousevan 5 miljoonaan tonniin ja drop-in polttoaineiden kysynnän 11 miljoonaan öljykvivalenttitonniin vuoteen 2030 mennessä tarkastelluissa Euroopan maissa. RED II -direktiivi ja kansalliset tavoitteet lisäävät pääasiassa kehittyneiden biopolttoaineiden ja drop-in polttoaineiden kysyntää. Kysyntä ja tarjonta sekä sakkotasot määrittelevät uusiutuvien polttoaineiden hinnat tarjontarajoitteisella markkinalla.

### 4.1 Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä

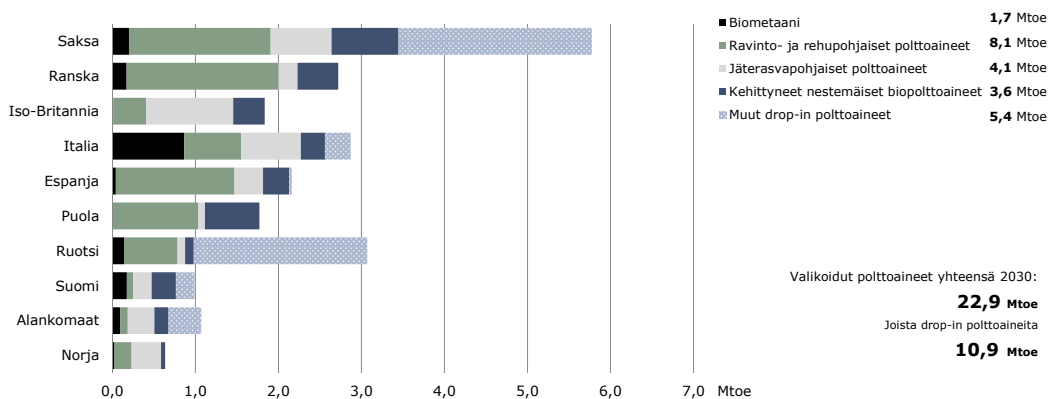
Nykyllä lainsäädännöllä mukaisilla velvoitetasoilla uusiutuvien polttoaineiden kysynnäksi valikoiduissa maissa (Saksa, Ranska, Iso-Britannia, Italia, Espanja, Puola, Ruotsi, Suomi, Alankomaat ja Norja) on arvioitu olevan noin 23 miljoonaa öljykvivalenttitonnia vuonna 2030, josta drop-in polttoaineiden osuus olisi lähes puolet eli 11 miljoonaa toe. Kuvassa 33 on havainnollistettu uusiutuvien polttoaineiden vuoden 2030 kysyntää valikoiduissa Euroopan maissa. Uusiutuvien polttoaineiden vuoden 2030 kysynnästä noin 8,1 Mtoe olisi ravinto- ja rehuksveista tuotettuja polttoaineita, 5,4 Mtoe olisi määrittelemättömiä drop-in polttoaineita (kuten PFAD:sta tai luokan 3 eläinrasvoista valmistettua HVO:ta), 4,1 Mtoe olisi RED II liitteen IX osa B mukaisia jäterasvopohjaisia polttoaineita, 3,6 Mtoe nestemäisiä kehittyneitä biopolttoaineita ja 1,7 Mtoe biometaanina. Biometaanin on vuonna 2030 arvioitu olevan melko pienessä roolissa valtaosassa valituista maista, kuten Saksassa, Ranskassa, Espanjassa, Ruotsissa ja Hollannissa. Poikkeuksena tarkastelussa erottuu Italia, jossa biometaanin vastaisi lähes neljäsosa uusiutuvien polttoaineiden kysynnästä vuonna 2030.



Kuva 33 Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä valikoiduissa Euroopan maissa polttoaineittain jaoteltuna vuonna 2030

Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä julkaistuilla velvoitetasoilla olisi korkeinta Saksassa, missä kysyntä kasvaisi lähes 6 miljoonaan öljykvivalenttonniin vuonna 2030. Suurin osa Saksan uusiutuvista polttoaineista tulisi olemaan niin sanottuja muita tai määrittelemättömiä drop-in polttoaineita, joilla tarkoitetaan polttoaineita, joille ei ole asetettu raaka-aineisiin perustuvia enimmäis- tai vähimmäisvaatimuksia. AFRYn tulkin mukaan tähän luokkaan kuuluvat esimerkiksi PFAD:sta, luokan 3 eläinrasvoista ja kiertoviljelykasveista tuotetut polttoaineet sekä vähimmäistavoitteet ylittävät kehittyneet ja RFNBO-polttoaineet. Ravinto- ja rehuksveista tuotetuilla polttoaineilla tulee olemaan vielä merkittävä rooli Saksan markkinoilla vuonna 2030. Saksan uuden velvoitteen laki- ja asetusteksteissä on vielä jonkin verran epätarkkuuksia sähkön osuuden laskentaperiaatteista, joiden tulkin riippuen uusiutuvien polttoaineiden kysyntä voi jäädä tässä selvityksessä esitettyjä arvioita pienemmäksi.

AFRYn polttoaine-ennusteet perustuvat jäsenmaiden kansallisiin tavoitteisiin yhdistettynä arvioituihin polttoaineen kulutuksiin vuonna 2030, jotka perustuvat EU:n Referenssiskenaario 2020 -raporttiin. Jäsenmaiden, jotka eivät ole toistaiseksi asettaneet virallista uusiutuvien polttoaineiden tavoitetta vuodelle 2030, oletetaan seuraavan liikenteen päästötavoitteissaan kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien tavoitteita. Kappaleessa 4.2. esitetystä taulukosta 2 nähdään maat, jotka ovat asettaneet uusiutuvien polttoaineiden tavoitteen vuonna 2030. Kuvassa 34 esitellään uusiutuvien polttoaineiden kysyntä valikoiduissa Euroopan maissa vuonna 2030. Kuvasta huomataan, että RED II ja jäsenvaltioiden kansalliset tavoitteet lisäävät pääasiassa kehittyneiden biopolttoaineiden ja drop-in polttoaineiden kysyntää. Suomen polttoaineiden kysyntä vastaa WAM-skenaariota.



Kuva 34 Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä valikoiduissa Euroopan maissa 2030

## 4.2 Euroopan maiden velvoite- ja sakkotasot










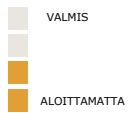









































Velvoitetasot ja RED II -direktiivin implementointi vaihtelevat merkittävästi Euroopan maiden välillä. Tässä työssä on vertailtu Ranskan, Iso-Britannian, Norjan, Ruotsin, Suomen, Saksan, Italian, Alankomaiden, Espanjan ja Puolan velvoite- ja sakkotasoa syyskuun 2021 viimeisimmän tiedon mukaan. Vaikka Iso-Britannia ja Norja eivät ole Euroopan unionin jäsenmaita, niiden biopolttoainepolitiikka on hyvin yhtenevä uusiutuvan energian direktiivin kanssa.

RED II -direktiivin implementoinnissa eniten ovat edistyneet Iso-Britannia, Suomi, Saksa ja Alankomaat. Näillä kaikilla edellä mainituilla mailla on määritelty direktiivin mukaiset yleisvelvoite ja kehittyneiden lisävelvoite, vuoden 2030 tavoitetaso ja raaka-aineiden enimmäismäärät sekä niiden rajoitteet. Myös Norja ja Ruotsi ovat edenneet RED II tavoitteiden siirtämisessä kansalliseen lainsäädäntöön, mutta Norjalta puuttuu vuoden 2030 tavoitetaso ja Ruotsissa ei ole erikseen määritelty kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoitetta. Ranska on tuonut joitain RED II -direktiivin osioita kansalliseen lainsäädäntöön, mutta esimerkiksi tavoitteet yltävät vain vuoteen 2024. Ranskalla on myös oma direktiivistä poikkeava raaka-aineiden luokittelu. Italiassa, Espanjassa ja Puolassa RED II implementointi kansalliseen lainsäädäntöön odottaa toimeenpanoa ja vuoden 2030 tavoitteet ovat vielä avoimia.

Kuten kappaleen 3.1.3 raaka-ainetarkastelussa on esitelty, useat maat ovat määritelleet RED II -direktiivistä poikkeavia raaka-ainerajoituksia. Luokittelumuutokset kohdistuvat pääasiassa tekniseen maissiöljyyn (TCO), palmuöljyn rasvahappotisleeseen (PFAD) ja palmuöljyyn. Iso-Britannia ja Ranska ovat myös rajoittaneet mäntyöljyn käyttöä, jonka lisäksi Iso-Britannia on asettanut rajoituksia myös luokan 2 eläinrasvoille.

Taulukosta 2 huomataan, että RED II implementointi on hyvin eri vaiheissa Euroopan maissa. Lisäksi sekä yleisvelvoitteen että kehittyneiden lisävelvoitteen taso vaihtelee maakohtaisesti. Suurimmassa osassa tarkastelluista maista jakelovelvoite perustuu Suomen lain tavoin polttoaineiden energiasisältöön, muutamissa maissa on tilavuusperusteinen velvoite, kun taas Ruotsissa ja Saksassa velvoite perustuu polttoaineiden jakelijalta vaadittaviin kasviuonekaasujen päästöväheneisiin. Komission ehdotus RED II -direktiivin päivityksestä muuttaisi Euroopan unionille raportoitavat liikennealalle toimitettavat uusiutuvien polttoaineiden ja uusiutuvan sähkön tavoitteet khk-perusteisiksi vuodesta 2025 alkaen. Huomioitavaa on se, että osassa maissa kehittyneiden lisävelvoite on toteutettu ilman kaksoislaskentaa, kuten Suomessa ja Ruotsissa. Muun muassa Ranskassa on kehittyneille biopolttoaineille kaksoislaskenta, joten absoluuttinen tavoite on 1,75 eli kaksoislaskennan kanssa 3,5 prosenttia. RED II -direktiivin päivityksessä ehdotetaan, että kehittyneiden biopolttoaineiden ja biokaasun energiaperustaista tavoitetta laskettaisiin 2,2 prosenttiin 3,5 prosentista, mutta siihen ei sovellettaisi enää kaksoislaskentaa tieliikenteessä, kuten aiemmin, joten kehittyneiden alavelvoitteen tavoite nousisi osassa Euroopan jäsenmaissa.

Taulukko 2 Euroopan maiden tavoitteet syyskuussa 2021

	FR % cal		UK % vol	NO % vol	SE % KHK		FI % cal	DE % KHK	IT % cal		LU % cal	ES % cal	PL % cal
Yleisvelvoite 2021	8,0 % Diesel	8,6 % Bensiini	9,6 %	24,5 %	26,0 % Diesel	6,0 % Bensiini	18,0 %	6,0 %	10,0 %		17,5 %	9,5 %	8,7 %
Kehittyneiden lisävelvoite 2021	 1 % Diesel	 1,2 % Bensiini	 0,50 %	 18,0 %			2,0 %	0,05 %	 1,5 % Bio- metaani	 1 % Muu kuin bio- metaani	 1,2 %	 0,1 %	 0,1 %
RED II implementointi <sup>1</sup>													
Kaksoislaskenta kehittyneille biopolttoaineille													
REDII:sta poikkeavat raaka-ainerajoitukset	CTO < 0,1 %, ei kaksoislaskentaa. Palmuöljy ja PFAD ei lasketa raaka-aineiksi 2020 alkaen		Eläinrasva 2, CTO, PFAD, TCO ja sulfiittilipeä	PFAD ja TCO sivutuotteita	PFAD ja TCO alennettiin rinnakkais-tuotteiksi 2019 alkaen			PFAD ei tähdä			PFAD kuin sivutuote		
													
Tavoite 2030			13,9 %		66 %	30 %	25 %				27,1 %		
RFNBO													

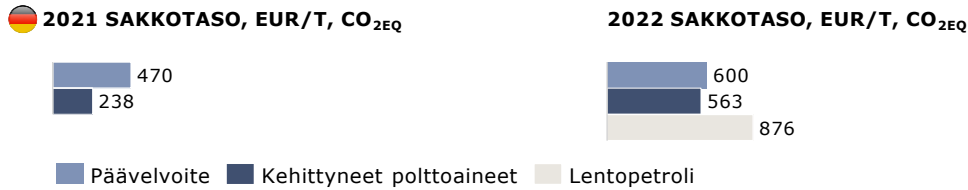
Sakkotasot vaihtelevat merkittävästi maiden välillä. Ranskassa TIRIB eli verokannustin biopolttoaineiden sekoittamisesta on tärkein mekanismi, jolla veloitetaan polttoaineen toimijat sekoittamaan uusiutuvia polttoaineita. Vero lasketaan biokiintiön jäljellä olevalla prosentiosuudella kerrottuna markkinoille myydyin polttoaineen kokonaismäärällä. Veron suuruus on tällä hetkellä 104 EUR/hehtolitradieselille ja bensiinille sekä 125 EUR/hehtolitra lentopetrolille.

Isossa-Britanniassa sakkotaso on 50 p/litra päävelvoitteelle ja 80 p/litra kehittyneiden biopolttoaineiden velvoitteelle. Ruotsissa sakkotaso on 4 SEK/kg dieselille ja 5 SEK/kg bensiinille jokaista CO<sub>2</sub>-ekvivalenttikiloa kohden, jonka jakelija on jäänyt asetetusta vuosittaisesta tavoitteesta. Suomessa seuraamusmaksun suuruus on määritelty jakeluvuolitoissa ja energiavirasto määrittelee seuraamusmaksun määrän perustuen laissa säädettyyn seuraamusmaksun suuruuteen ja siihen, miten paljon jakelija alittaa veloitettaan. Jakeluvuolitojen noudattamatta jättämisestä seuraamusmaksun, jonka suuruus on 0,04 EUR/MJ siltä osin kun jakelija ei ole täyttänyt veloitettaan. Kehittyneiden polttoaineiden lisävelvoitteen osalta seuraamusmaksu on 0,03 EUR/MJ. Mikäli jakelija ei täytä yleisvelvoitetta ja lisävelvoitetta jakelijalle määrätään molemmat seuraamusmaksut.

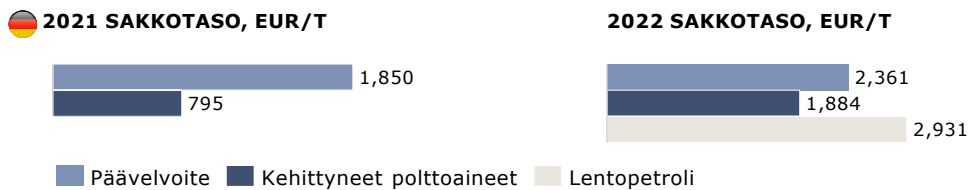
Saksassa päävelvoitteen sakkotaso on tällä hetkellä 470 EUR CO<sub>2</sub>-ekvivalenttitonnia kohden vuonna 2021, mutta nousee 600 EUR/t CO<sub>2eq</sub> vuoden 2022 alusta alkaen. Kehittyneiden biopolttoaineiden sakko on 238 EUR/t CO<sub>2eq</sub> vuonna 2021 ja 563 EUR/t CO<sub>2eq</sub> vuodesta 2022



alkaan. Lentoliikenteen sakkotasoksi on määritelty 70 EUR/GJ, mikä vastaa 2 931 EUR/t tai 876 EUR/t CO<sub>2eq</sub>. Saksan sakkotasojen muutokset on esitetty kuvissa 35 ja 36.



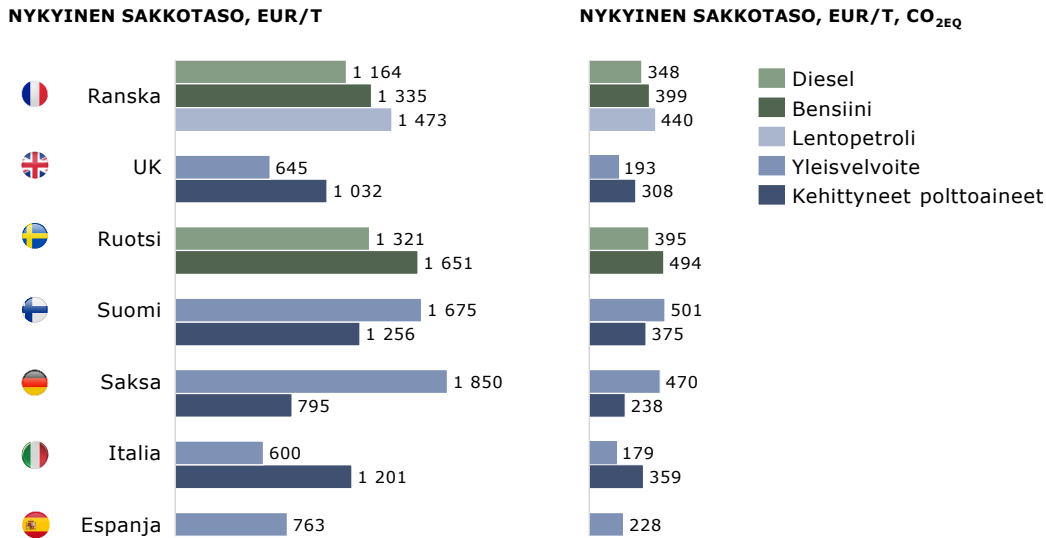
Kuva 35 Saksan vuoden 2021 ja vuoden 2022 sakkotasot EUR/t, CO<sub>2eq</sub>



Kuva 36 Saksan vuoden 2021 ja vuoden 2022 sakkotasot EUR/t

Italian jakelovelvoite perustuu sertifikaattijärjestelmään. Sertifikaatteja myönnetään aina yksi jokaista 10 Gcal uusiutuvaa polttoainetta ja 5 Gcal kehittyviä polttoaineita kohden. Mikäli jakelija ei toimita tarpeeksi sertifikaatteja velvoitekauden loppuun mennessä, sakkomaksu on 600-900 euroa sertifikaattia kohti. Espanjassa sakko määräytyy myös sertifikaattien mukaan, joita myönnetään jokaista tonnia kohti uusiutuvaa polttoainetta. Velvoitteen noudattamatta jättämisestä seuraa sakkomaksu, joka on 763 EUR jokaista täyttämättä jäänyttä sertifikaattia kohden.

Norjassa ei ole määritelty erillistä sakkotasoa, mutta jakeluelvoitteeseen liittyvissä julkaisuissa todetaan, että tavoitetasoa saavuttamatta jättämisestä seuraa sakkoja. Myöskään Alankomaissa sakkotasoa ei ole määritelty, mutta todetaan, että sakkotasoa määräytyy tilanteesta riippuen ja velvoitteet on korvattava seuraavana vuonna. Kuvassa 37 on esitetty eri maiden sakkotasot, jotka on vertailun helpottamiseksi yhteismitallistettu yksikköihin euroa per tonni uusiutuvaa polttoainetta (EUR/t) ja euroa per tonni hiilidioksidiekvivalenttia. Yksikkömuunnoksissa polttoaineen tiheydeksi on oletettu 0,85 t/m<sup>3</sup> ja CO<sub>2</sub>-intensiteetiksi 94g CO<sub>2eq</sub>/MJ (diesel) RED II mukaan kaikissa muutoksissa sekä 85 % GHG-vähennystä.

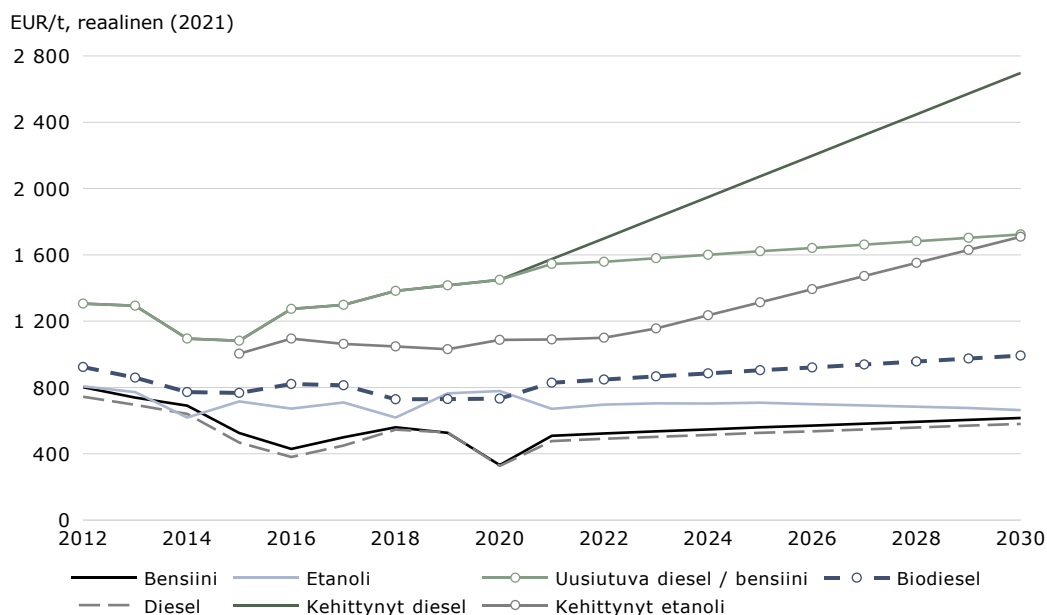


Kuva 37 Euroopan maiden sakkotasot vuonna 2021

### 4.3 Uusiutuvien polttoaineiden hintakehitys

Uusiutuvien polttoaineen hintakehitykseen vaikuttavat muun muassa regulaatiot, raaka-aineiden markkinat, uusiutuvien polttoaineiden kysyntä ja tarjonta sekä sakkotasot. Esimerkiksi 55-valmiuspaketin ja siinä erityisesti lentoliikennettä koskevan ReFuelEU ja laivaliikenteen päästöjä käsittelevän FuelEU esityksien hyväksyminen lisäisi uusiutuvien polttoaineiden kysyntää Euroopassa, ja vaikuttaisi myös hintakehitykseen. ReFuelEU esityksessä ei hyväksytä lentoliikenteen jakeluvelvoitteen täyttämistä ravinto- ja rehupohjaisilla polttoaineilla, mikä tulisi merkittävästi lisäämään sekä kehittyneiden biopolttoaineiden että jäterasvapohjaisten polttoaineiden kysyntää tulevaisuudessa. Kasviöljyjen hinnat ovat olleet ennätyskorkealla tänä vuonna johtuen toisaalta tarjonnan niukkuudesta ja toisaalta vahvistuneesta kysynnästä pandemian jälkeen. Korkeat raaka-ainehinnat vaikuttavat uusiutuvien polttoaineen tuotantokustannuksiin ja sitä kautta hintaan.

Uusiutuvien polttoaineiden kysyntä ja tarjonta, joka perustuu edellä esitettyihin kysyntäennusteisiin sekä julkaistujen projektien mallinnettuihin tuotantokustannuksiin, on merkittävänä ajurina kuvassa 38 esitettyjen hintaennusteiden taustalla, erityisesti kehittyneiden polttoaineiden osalta. Kysynnän ja tarjonnan lisäksi hintaennusteisiin vaikuttavat eri maiden sakkotasot. Sakkotasot kuvaavat korkeinta mahdollista hintaa, jonka uusiutuvien polttoaineiden tuottajat voivat saada markkinoilta. Tällä hetkellä Isossa-Britanniassa, Suomessa, Saksassa ja Italiassa on määritelty sakkotaso kehittyneille polttoaineille. Uusilla sakkotasoilla (lisävelvoite 1 884 EUR/t ja yleisvelvoite 2 015 EUR/t vuodesta 2022 alkaen) Saksa ylittää merkittävästi muiden maiden sakkotasot sekä yleisvelvoitteen että kehittyneiden polttoaineiden osalta. Aiemmin Suomen sakkotaso on ollut hieman Saksan sakkotaso korkeammalla. Hintaennusteiden taustalla vaikuttavat myös Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n öljynhintaennusteet sekä OECD:n ja FAO:n pitkän aikavälin näkymät kasviöljyjen hintakehityksestä (FAO, 2021b; IEA, 2021).



Kuva 38 Polttoaineiden trendihintojen kehitys perushintaskenaariossa

Taulukossa 3 on esitetty polttoaineiden matalan, perus ja korkean hinnan hintaskenaariot vuodelle 2030. Kehittyneen dieselin uskotaan nousevan merkittävästi perustuen juuri edellä mainittuihin vaikutuksiin. Perusskenaariossa kehittyneen dieselin hinnan vuonna 2030 ennustetaan nousevan 2 700 EUR/t, matalassa skenaariossa 2 416 EUR/t ja korkeassa skenaariossa 4 155 EUR/t. Uusiutuvan dieselin ennustetaan nousevan korkeassa skenaariossa 2 274 EUR/t.

Taulukko 3 Hintaskenaariot reaalihinnoissa (2021) vuonna 2030

EUR/t	Perus	Matala	Korkea
Benssiini	617	469	692
Diesel	581	439	654
Etanoli	664	531	796
Kehittynyt diesel	2700	2416	4155
Uusiutuva diesel / benssiini	1723	1 490	2 274
Biodiesel	992	776	1 118
Maakaasu, EUR/MWh	32,7	30	50
Biokaasu, EUR/MWh	100	60	120

Edistyneen dieselin ja HVO:n hintaennusteet ovat tässä työssä korkeammat kuin vuoden 2018 selvityksessä "Biopolttoaineiden kustannustehokkaat toteutuspolut vuoteen 2030" (Sipilä, ym., 2018). Tämä johtuu siitä, että markkinat ovat kehittyneet, sakkotasot ovat nousseet, uusiutuvan polttoaineen tavoitteita on nostettu ja yleisestikin markkinakäytös on muuttunut merkittävästi. Aikaisemmin on oletettu, että kysyntä ja tarjonta olisi tasapainossa ja hintaennusteet on perustettu enemmän tuotantokustannuksiin. Markkina on kehittynyt enemmän tarjontarajoitteiseksi kehittyvien polttoaineiden osalta ja tarjonta ei ole kasvanut odotetusti kysynnän mukana.

## 4.4 Muutokset regulaatiokentässä

14 heinäkuuta 2021 Euroopan komission julkisti "Fit for 55" -ilmastopakettin, joka tunnetaan myös nimellä "Valmiina 55:een: Vuoden 2030 ilmastotavoitteesta totta matkalla kohti ilmastoneutraaliutta". 55-valmiuspaketti on kokonaisvaltainen avaus EU:n ilmastopolitiikkaan, jolla tavoitellaan 55 prosentin päästövähennemää vuonna 2030 ja asetetaan Euroopan päästöt oikealle kehitysuralle vuoden 2050 hiilineutraaliustavoitetta kohti. Valmiuspaketti sisältää Euroopan komission ehdotukset ilmastotoimien sosiaalisesta rahastosta, hiilitullimekanismista, EU:n päästökaupan muutoksista, energiaverodirektiivistä, energiatehokkuusdirektiivistä, uusiutuvaa energiaa koskevasta direktiivistä, FuelEUMaritime - aloitteesta, ReFuelEU Aviation - aloitteesta, vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskevasta asetuksesta, CO<sub>2</sub> päästönormeista henkilö- ja pakettiautoille, taakanjakoasetuksesta, EU:n metsästrategiasta, maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsätaloutta koskevasta asetuksesta sekä tieliikenteen ja rakennusten päästökaupasta. (Euroopan komissio, 2021h)

Uusiutuvan energian direktiivi RED II avataan osana 55-valmiuspakettia. Komissio on ehdottanut, että liikenteen energiaperusteinen 14 prosentin uusiutuvan energian tavoite vuonna 2030 muutettaisiin 13 prosentin kasvihuonekaasuintensiteetin vähennystavoitteeksi. RFNBO-polttoaineille on ehdotettu nykyistä kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoitetta vastaavaa erillistavoitetta ja uusiutuvaa vetyä edistetään useissa komission ehdottamissa muutoksissa. Tällä hetkellä Saksa, Suomi ja Ruotsi ovat määritelleet tukimekanismeja RFNBO-polttoaineille, kun taas vetyä tuetaan erityisesti Saksassa, Ranskassa ja Alankomaissa. Uusiutuvan energian direktiivissä ei esitetä muutoksia ravinto- ja rehukasvien 7 prosentin rajaukseen tai käytetyn paistorasvan ja eläinrasvoihin perustuvien uusiutuvien polttoaineiden enimmäismäärään, joka tulisi pysymään 1,7 prosentissa. (Euroopan komissio, 2021b)

### Ehdotuksen tausta

*Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2018/2001, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/1999 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/70/EY muuttamisesta uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi sekä neuvoston direktiivin (EU) 2015/652 kumoamisesta*

EU:n nykyinen tavoite uusiutuvan energian vähintään 32 prosentin osuudesta vuoteen 2030 mennessä, joka on asetettu uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi annetussa direktiivissä (RED II), ei ole riittävä vaan tulisi nostaa 38–40 prosenttiin ilmastotavoitesuunnitelman mukaisesti.

Komissio on ehdottanut 55-valmiuspaketissaan myös kestävien polttoaineiden käyttöönoton edistämistä lentoliikenteessä ja meriliikenteessä (Euroopan komissio, 2021d; Euroopan komissio, 2021e).

**ReFuel Aviation -aloite****ehdottaa sekoitelvelvoitetta uusiutuville lentopolttoaineille lentoliikenteessä**

Vuonna 2025: 2 %  
Vuonna 2030: 5 %, joista synteettisiä lentopolttoaineita 0,7 %  
Vuonna 2035: 20 %, joista synteettisiä lentopolttoaineita 5 %  
Vuonna 2040: 32 %, joista synteettisiä lentopolttoaineita 8 %  
Vuonna 2045: 48 %, joista synteettisiä lentopolttoaineita 11 %  
Vuonna 2050: 63 %, joista synteettisiä lentopolttoaineita 28 %

**FuelEU Maritime -aloite****ehdottaa kehittyneiden biopolttoaineiden, RFNBO:n ja RCF:n käyttöä merenkulkualalla EU:n tasolla ilman polttoainetyypikohtaisia erityistavoitteita, kasvihuonekaasuintensiteetin vähentymistä verrataan perusvuoteen 2020**

Vuonna 2025: -2 %  
Vuonna 2030: -6 %  
Vuonna 2035: -13 %  
Vuonna 2040: -26 %  
Vuonna 2045: -59 %  
Vuonna 2050: -75 %

Tällä hetkellä Euroopassa on voimassa oleva henkilöautoja, keveitä hyötyajoneuvoja ja raskaita kuorma-autoja koskeva CO<sub>2</sub> -regulaatio (Euroopan komissio, 2021a; Euroopan komissio, 2021c). Henkilö- ja pakettiautojen osalta CO<sub>2</sub> määritelmä perustuu kokonaisten ajoneuvojen mittauksiin, kun taas kuorma-autojen osalta mitataan vain moottori ja ajoneuvo simuloidaan VECTO laskentatyökalun avulla (Euroopan komissio, 2021g). Kaikkien ajoneuvojen tapauksissa arvioinnit perustuvat pakoputkesta mitattuihin eli palamisen hiilidioksidipäästöihin. Järjestelmä ei huomio uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Metaania saa järjestelmässä etua suhteessa bensiiniin ja dieseliin, koska sillä on alhaisempi ominaispäästö (metaani noin 55 g CO<sub>2</sub>/MJ, bensiini ja diesel noin 73 g CO<sub>2</sub>/MJ). Regulaatiossa sekä täyssähkö- että vetyautot lasketaan nollapäästöisiksi.

55-valmiuspaketissa on ehdotettu tiukennuksia henkilö- ja pakettiautojen CO<sub>2</sub>-päästörajoihin. Huomattavaa on se, että jo päätetyt henkilöautojen päästövähennykset eli -37,5 % vuonna 2030 vuoden 2021 tasoon verrattuna ajavat jo voimakkaasti henkilö- ja pakettiautojen sähköistykseen. 55-valmiuspaketissa on henkilöautoille ehdotettu 55 prosentin päästövähennystä vuodelle 2030 ja 100 prosentin päästövähennystä vuodelle 2035. Vuoden 2035 100 prosentin päästövähennys tarkoittaisi uusien polttomoottorilla varustettujen autojen valmistuksen loppumista.

Raskaita ajoneuvoja käsittelevän asetuksen (EU) 2019/1242 tarkistus on vielä käynnissä. Komission ehdotusta odotetaan vuoden 2022 ja mahdollisia päätöksiä vuoden 2023 aikana. (Euroopan komissio, 2020) Voimassa oleva asetus edellyttää -15 prosentin päästövähennystä vuoteen 2025 ja -30 prosentin päästövähennystä vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2019 tasoon. Absoluuttiset referenssitasot ovat valmistajakohtaisia. Asetuksen tarkistuksessa katsotaan myös uusien ajoneuvoluokkien sisällyttäminen määräyksen piiriin

sekä bio- ja sähköpolttoaineiden ja elinkaaritarkastelujen mahdollinen huomioon ottaminen ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-regulaatiossa. Tällä hetkellä puhtaisten ajoneuvojen direktiivi (EU) 2019/1161 määrittelee kaikki vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävät raskaat ajoneuvot puhtaisiksi ajoneuvoiksi. Vaihtoehtoiset polttoaineet puolestaan on määritelty vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskevassa direktiivissä 2014/94/EU.

Kaasukäyttöisten henkilöautojen tarjonta on supistumassa. Toisaalta usealla valmistajalla on tarjota raskaita kaasukuorma-autoja. Tällä hetkellä paras käytössä oleva raskaiden kaasumootorien tekniikka on suoraruiskutukseen perustuva dual-fuel tekniikka, mikä alentaa jo itsessään pakoputkesta mitattua CO<sub>2</sub> päästöä noin 20 % dieselkäyttöön verrattuna. Näin ollen vuoden 2025 päästövähennystavoite täyttyy helposti. Mikäli raskaiden ajoneuvojen regulaatio lisäksi ottaisi CO<sub>2</sub>-laskennassa huomioon vaihtoehtoiset ja erityisesti uusiutuvat polttoaineet, voisi tämä mahdollisesti lisätä edistyksellisen dual-fuel kaasumootoritekniikan houkuttelevuutta. Logistiikkajärjestelmän toimivuuden kannalta raskaimmat yhdistelmät tulevat vielä pitkään tarvitsemaan polttomootoreita, jonka takia raskaiden ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-regulaatioissa tuskin voidaan mennä henkilö- ja pakettiautojen tapaan ohjauskeinoon, joka nopealla aikataululla ajaisi täyssähköistykseen tai polttokennoajoneuvoihin, jotka käyttäisivät polttoaineenaan uusiutuvaa vetyä.

55-valmiuspaketti esittää uutta erillistä päästökauppaa tieliikenteelle ja rakennusten erillislämmitykselle vuodesta 2025 alkaen. Komission ehdotuksen mukaan vuodesta 2025 alkaen päästökaupan piirissä olevien yritysten pitää raportoida päästönsä vuosilta 2024 ja 2025, mutta päästöoikeuksien myöntäminen ja noudattamisveloitteet sovelletaan näihin yrityksiin vasta vuodesta 2026 alkaen. Tieliikenteen ja rakennussektorin soveltamisala määriteltäisiin käyttäen perusteena IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) vuonna 2006 julkaistuja kasvihuonekaasuinventaariota koskevia ohjeistuksia.

### **RED II ((EU) 2018/2001) Liite V osa C**

Jätteiden ja tähteiden, mukaan lukien kaikki liitteessä IX mainitut, ei katsota aiheuttavan elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä ennen kyseisten materiaalien keräämistä riippumatta siitä, onko ne prosessoitu välituotteiksi ennen lopputuotteeksi jalostusta. Niiden tähteiden, jotka eivät sisälly liitteeseen IX ja jotka soveltuvat elintarvike- tai rehumarkkinoille, tuotannosta, korjuusta tai viljelystä aiheutuvien päästöjen, eec, katsotaan olevan samat kuin elintarvike- ja rehumarkkinoiden lähimmillä korvaavilla tuotteilla D osan taulukon mukaisesti.

Valmiuspaketissa on ehdotettu muutosta biopolttoaineiden khk-päästöjen laskentaan tähteille, jotka soveltuvat elintarvike- ja rehumarkkinoille. Ehdotuksen englanninkielisessä versiossa on lauseen alku *Residues that are not included in Annex IX and fit for use in the food or feed market...*, mutta suomenkielisessä virallisessa dokumentissa kohta on käänntynyt *Niiden tähteiden, jotka eivät sisälly liitteeseen IX ja jotka eivät sovellu elintarvike- tai rehumarkkinoille...*

Esitetty muutos vaikuttaisi merkittävästi ns. muiden tähderaaka-aineiden soveltavuuteen biopolttoaineiden tuotantoon, kun niille tulisi lisätä korvaavien tuotteiden viljelystä aiheutuvat päästöt. Myös eri tähteiden korvaavien tuotteiden arviointi jäisi oletettavasti kansallisten viranomaisten tarkastelun varaan, joka edelleen monimutkaistaisi ei-ruokapohjaisten biopolttoaineiden tuloa markkinoille.

#### 4.4.1 Muutosten vaikutukset Suomen uusiutuvien polttoaineiden kysyntään

55 -valmiuspaketissa esitelty 13 prosentin kasvihuonekaasuintensiteetin vähennystavoite liikenteessä vuonna 2030 on tavoitteena kunnianhimoisempi kuin RED II -direktiivin 14 prosentin uusiutuvan energian tavoite. Osittain siitä syystä, että 14 prosentin uusiutuvan osuuden laskentaan voidaan käyttää erilaisia kertoimia. Tämä johtuu siitä, että biopolttoaineiden sertifioitu kasvihuonekaasuvähenemä on 65-90 % ja samalla esimerkiksi kehittyneiden biopolttoaineiden ja sähkön kertoimet poistuisivat.

Mikäli uusi tavoite tulee voimaan se todennäköisesti lisää uusiutuvien polttoaineiden kysyntää Euroopan unionin jäsenvaltioissa, joiden tämänhetkinen liikenteen uusiutuvien energian tavoite tieliikenteessä on lähellä RED II -direktiivissä asetettua 14 prosentin minimitalvoitetta. AFRYn alustavan arvion mukaan Suomen tämänhetkiselällä 30 prosentin liikenteen jakeluvuotetasolla yhdistettynä tieliikenteen sähköistymiseen voidaan päästä yli 30 prosentin kasvihuonekaasuintensiteetin vähenemään tieliikenteessä.

Koska tieliikenteen arvioitu energiankäyttö on suhteessa paljon korkeampi kuin muun liikenteen energiankäyttö vuonna (vuonna 2019 tieliikenteen energiankäyttö oli 3,9 miljoonaa öljykvivalentttonnia ja Suomen raide-, vesi- ja lentoliikenteen energiankäyttö vain noin 1,6 miljoonaa öljykvivalentttonnia (Tilastokeskus, 2021)), voidaan tieliikenteen arvioidulla päästövähennyksellä täyttää huomattava osa 55-ilmastopakettissa esitellystä 13 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteesta.

On kuitenkin huomioitavaa, että Euroopan komissio ei ole vielä julkistanut virallisia laskentasääntöjä kasvihuonekaasuintensiteetin arviointiin, joten Suomen arvioituja päästöjä ja vähenemiä osana 55 -valmiuspakettia on syytä arvioida myöhemmin uudelleen. Lisäksi meri- ja lentoliikenteen päästövähennyksiin tähtäävät RefuelEU ja FuelEU Maritime aloitteet myös osaltaan vähentävät arvioitua kasvihuonekaasupäästöjä tieliikenteen ulkopuolella.

Tähderaaka-aineiden korvaavuustarkastelun ulottaminen Liite IX listauksen ulkopuolisiin jakeisiin rajoittaisi yhä enemmän jo rajallisten raaka-aineiden saatavuutta biopolttoaineiden tuotantoon. Tämän muutoksen kohteena olisivat ne tähteet, jotka nykyisen tulkinnan mukaan kuuluvat ns. muihin raaka-aineisiin, jotka eivät ole ruoka- tai rehupohjaisia tai kehittyneitä. Korvaavuustarkastelulla voisi mahdollisesti olla vaikutusta elintarvikeketjun jätteiden ja tähteiden luokitteluun kestävyys näkökulmasta, kuten Ruotsissa ja Norjassa on esim. PFAD osalta tehty. Tähde raaka-aineiden korvaavuustarkastelussa haasteeksi voi nousta kansallisten viranomaisten kyky arvioida onko tuotteilla kysyntää elintarvike- ja rehumarkkinoilla. Toinen vastaava raaka-aine on tekninen maissiöljy, jota syntyy etanolin ja valkuaisrehun tuotannosta. Tällöin korvaavaksi tuotteeksi tulisi kasviöljyn tuotanto, kuten soija-, palmu-, auringonkukka- tai rapsiöljyn viljely. Kolmas raaka-aine, jota korvaavuus voisi koskea, on luokka 3 eläinrasvat, jotka ovat tällä hetkellä osa HVO-tuotannon raaka-ainepoolia. Niiden osalta voi olla vaikeaa osoittaa onko elintarvike- ja rehumarkkinalla kysyntää tuotteelle vai onko rasvoista alueellista yli- tai alitarjontaa. Korvaavuuden huomioiden voisi siis rajata joitain tähteitä HVO-tuotannon ulkopuolelle Euroopassa, mikäli näiden tuotanto ei ylittäisi biopolttoaineille asetettua vähintään 65 % khk-vähennyksiä. Se miten kukin kansallinen viranomainen tulkitsee soveltuvuutta elintarvike- ja rehumarkkinoille, voi aiheuttaa myös erilaisia markkinavaikutuksia jäsenmaiden välille.

## 5 Vaikutusarviot

Tässä selvityksessä on tutkittu jakeluelvoitteen noston vaikutuksia valtiontaloudelle, eri sektoreille ja kuluttajille. Laskelmissa on havainnollistettu millaisia kustannusvaikutuksia jakeluelvoitteen nostolla olisi eri toimijoille. Vaikutusarviossa on noudatettu niin sanottua varovaisuusperiaatetta, mikä tarkoittaa, että esitetyt esimerkkikustannukset ovat todennäköisemmin liian korkeita kuin alhaisia. Laskelmat perustuvat polttoaineiden hintaennusteisiin, joita käsitellään tarkemmin luvussa 4.3. Nykyisen jakeluelvoitelain (30 % velvoitetaso vuonna 2030) arvioidaan nostavan dieselin pumppuhintaa 12 – 22 snt/litra vuoteen 2030 mennessä, kun dieselin hinnan on mallinnettu nousevan yhteensä 30 – 40 snt/litra tarkastellulla aikavälillä. Hintaeroon vaikuttaa se lasketaanko dieselin pumppuhinnat käyttäen liikenne- ja viestintäministeriön perusskenaariota vai WAM-skenaariota, joista perusskenaarion kustannusvaikutukset ovat korkeammat. Kaasun pumppuhintojen arvioidaan nousevan maltillisemmin kuin dieselin, mikä parantaa (bio-) LNG:n kilpailukykyä raskaassa kalustossa.

Nestemäisiä uusiutuvia polttoaineita voidaan sekoittaa joko fossiiliseen bensiiniin tai dieseliin. Euroopan polttoaineiden laatudirektiivi (2009/30/EC) määrittelee kuitenkin raja-arvot kuinka suuri osuus biokomponentteja voidaan sekoittaa fossiiliseen polttoaineeseen. Biodieseliä eli FAMEa voidaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin enimmillään 7 tilavuusprosenttia, kun taas uusiutuvalla dieselielle vastaavaa raja-arvoa ei ole. Kemiallisen koostumuksen ansiosta esimerkiksi HVO-dieseliä voidaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin missä suhteessa tahansa aina 100 prosenttiin saakka. Dieselin talvilaadulta vaadittavat kylmäominaisuudet rajaavat FAME-biodieselin keskimääräisen osuuden 7 prosentin enimmäismäärää alhaisemmaksi. Suomessa on kaksi bensiinilaatua bensiinikäyttöisille autoille 95E10 ja 98E5. 95E10 voi sisältää enintään 10 tilavuusprosenttia etanolia, kun taas 98E5 etanolin tilavuusprosentti on enintään 5 %. Bensiiniin voidaan sekoittaa vain rajallisesti yleisimpiä uusiutuvia polttoainekomponentteja kuten alkoholeja tai eettereitä laatudirektiivin mukaisesti. Bensiinijakeen drop-in biopolttoaineet ovat vielä hyvin heikosti saatavilla verrattuna uusiutuvaan dieseliin, jonka vuoksi jakeluelvoitteen kustannusvaikutukset on mallinnettu täysimääräisesti dieselpolttoaineille. Kuvissa 43 ja 44 esitellään herkkyytarkastelu, jossa kustannusvaikutukset on jaettu tasan bensiini- ja dieseljakeille.

Työssä on myös vertailtu polttoaineiden hintojen nousun vaikutuksia, mikäli jakeluelvoitteen nosto tehtäisiin niin sanotulla yleisellä jakeluelvoitteella tai lisävelvoitteella. Suomessa uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoite on vähintään 18 % vuonna 2021 ja 30 % vuonna 2029 ja sen jälkeen. Lisävelvoitteella tarkoitetaan nestemäisillä kehittyvillä biopolttoaineilla, RED II -direktiivin liite IX osa A raaka-aineista tuotetulla biokaasulla tai RFNBO-polttoaineilla täytettävää liikenteen jakeluelvoitetta. Laskelmat osoittavat jakeluelvoitteen velvoitetason noston taloudelliset vaikutukset maltillisiksi, sillä polttoaineiden yleinen hintavaihtelu vaikuttaa pumppuhintoihin enemmän kuin jakeluelvoitteen taso. Nosto lisävelvoitteella lähes kaksinkertaistaisivat kustannusvaikutukset. Uusiutuvien polttoaineiden tarpeen on laskettu kasvavan vuonna 2030 116 – 133 ktoe, jos jakeluelvoite nousee 34 %:n ja 291 – 332 ktoe, jos velvoite nousee 40 %:n.

Kustannusvaikutusten herkkyyden testaamiseksi vaikutusarvioissa on tarkasteltu kahta eri liikenne- ja viestintäministeriön tieliikenteen käyttövoimien kehityksen päästöskenaariota: perusskenaariota ja WAM-skenaariota. Laskelmissa on käytetty kolmea eri jakeluelvoitteen tasoa 30 %, 34 % ja 40 %. Jakeluelvoitteen tasot perustuvat energiapohjaiseen velvoitteeseen ilman kaksoislaskentaa ja 30 % vertailutaso perustuu nykyilmaisäädännössä määritettyyn jakeluelvoitteeseen vuonna 2029 ja sen jälkeen. Tulostarkastelussa on huomioitava, että WAM-skenaario toteutuu vain, jos kaikki skenaarion sisällytyt



päästövähennystoimenpiteet vuoteen 2030 mennessä toteutuvat täysimääräisesti. Molemmista skenaarioista niin perusskenaariossa kuin WAM-skenaariossa vetyajoneuvojen yleistymistä ei ole erikseen arvioitu, vaan se on sisällytetty arvioihin täyssähköautojen määrästä.

**Perusskenaario (WEM)** kuvaa kehitystä nykyisten politiikkatoimien vallitessa. Perusskenaariossa oletetaan tieliikenteen päästöjen oletetaan laskevan 40 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2005 Suomessa. Perusskenaariossa on oletettu, että liikennekäytössä olevia henkilöautoja olisi noin 2,85 miljoonaa, joista 55 % olisi bensiini käyttöisiä henkilöautoja, 23 % olisi diesel käyttöisiä henkilöautoja, 12 % plug-in hybridautoja, 9 % täyssähköautoja ja 1 % kaasuautoja vuonna 2030. Pakettiautoja on oletettu olevan noin 320 000 perusskenaariosta, joista 89 % diesel käyttöisiä pakettiautoja, 7 % täyssähkö pakettiautoja, 3 % plug-in hybridautoja ja 1 % bensiini käyttöisiä pakettiautoja vuonna 2030. Kaasulla toimivia pakettiautoja on oletettu olevan vain noin 450 vuonna 2030. Linja-autoista (13 000 kappaletta) 92 % on diesel käyttöisiä, 6 % sähkökäyttöisiä ja 2 % kaasukäyttöisiä vuonna 2030. Perävaunuttomista kuorma-autoista (75 000 kappaletta) 97 % on diesel käyttöisiä, 2 % sähkö ja 1 % kaasu käyttöisiä perusskenaariossa vuonna 2030. Suurin osa myös perävaunullisista kuorma-autoista (29 000 kappaletta) on myös diesel käyttöisiä 97 %, 3 % on kaasu käyttöisiä ja 1 % sähkö käyttöisiä vuonna 2030.

**WAM-skenaariota (päivitetty 29.10.2021)** eli politiikkaskenaario kuvaa LVM:n fossiiliton liikenteen tiekartan mukaista tulevaisuutta, jossa liikenteen päästöt puolitetaan vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2005. WAM-skenaariossa on tieliikenteen energiankulutuksen oletettu laskevan 12 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoteen 2020. WAM-skenaariossa on oletettu, että liikennekäytössä olevia henkilöautoja olisi noin 2,85 miljoonaa, joista 47 % olisi bensiini käyttöisiä henkilöautoja, 22 % diesel käyttöisiä, 12 % plug-in hybridautoja, 14 % täyssähköautoja ja 5 % kaasuautoja vuonna 2030. Pakettiautoja on oletettu olevan noin 320 000, joista 86 % diesel käyttöisiä pakettiautoja, 8 % täyssähkö pakettiautoja, 3 % plug-in hybridautoja ja 1 % bensiini käyttöisiä pakettiautoja vuonna 2030. Kaasulla toimivia pakettiautoja on oletettu olevan noin 6 000 vuonna 2030. Linja-autoista (13 000 kappaletta) 84 % on diesel käyttöisiä, 12 % sähkökäyttöisiä ja 3 % kaasukäyttöisiä vuonna 2030. Perävaunuttomista kuorma-autoista (75 000 kappaletta) 86 % on diesel käyttöisiä, 7 % kaasu ja 7 % sähkö käyttöisiä perusskenaariossa vuonna 2030. Suurin osa myös perävaunullisista kuorma-autoista (29 000 kappaletta) on myös diesel käyttöisiä 92 %, 4 % on kaasu käyttöisiä ja 2 % sähkö käyttöisiä vuonna 2030.

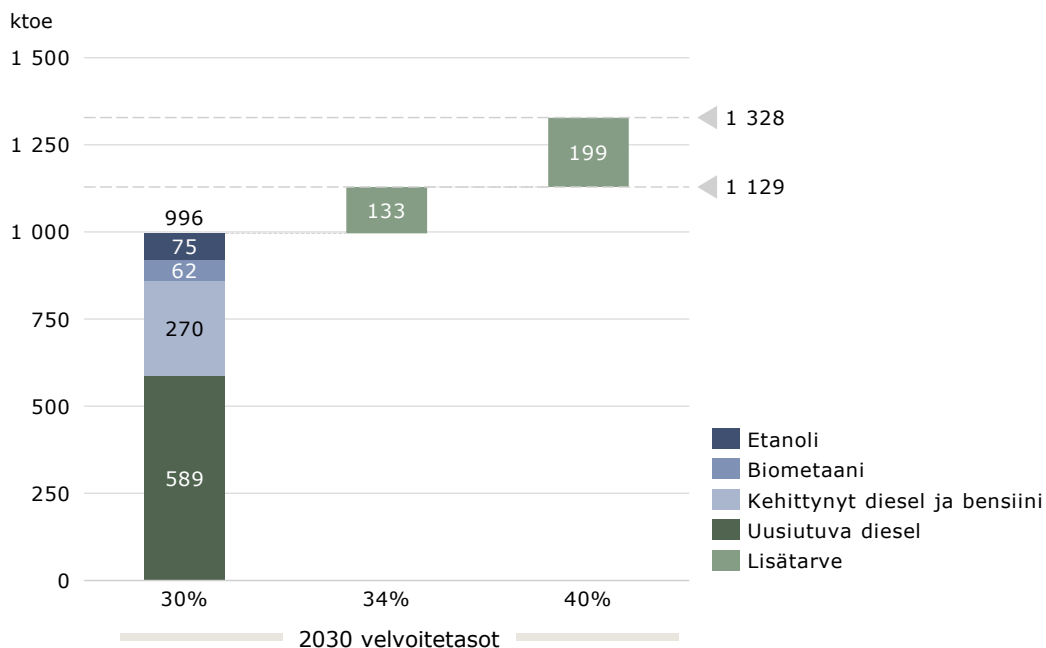
## 5.1 Uusiutuvien polttoaineiden tarve 2030

Eri skenaarioiden polttoainemäärät noudattavat liitteessä 5 esitettyjä liikenteen energiakulutuksen laskentaoletuksia ja liitteessä 6 esitettyä uusiutuvien polttoaineiden kokonaistarvetta. Laskelmissa on huomioitu Suomen jakeluvuorituksen erityispiirteet, kuten ruoka- ja rehupohjaisten 2,6 % rajoite, 3,5 % vähimmäisosuusvelvoite sekä 10 % lisävelvoite vuonna 2030.

Uusiutuvien polttoaineiden tarve vaihtelee perusskenaariota ja WAM-skenaariota välillä. Laskelmat osoittivat, että polttoaineiden tarpeeseen vaikuttavat liikenteen tavoiteltu päästövähennystaso vuonna 2030, energiatehokkuuden kehittyminen ja sähköautojen määrä. Kuvista 39 ja 40 huomataan, että perusskenaariossa uusiutuvien polttoaineiden tarve

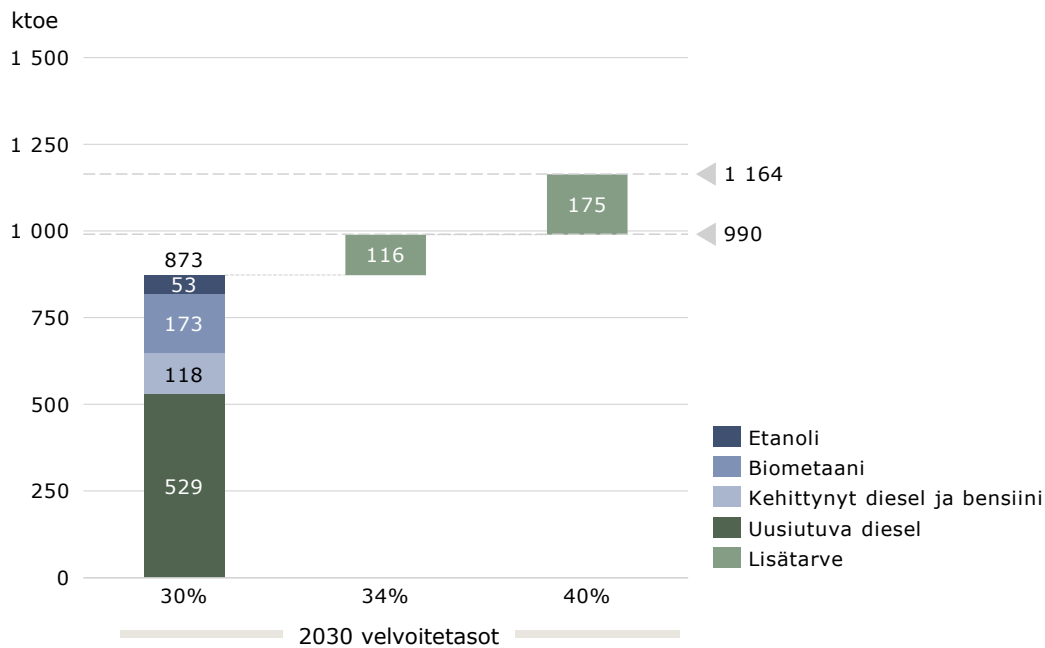
on huomattavasti suurempi kuin WAM-skenaariossa. WAM-skenaariossa tieliikenteen sähköistymisen oletetaan olevan nopeampaa kuin perusskenaariossa, joten uusiutuvan dieselin ja bensiinin tarve on WAM-skenaariossa perusskenaarioita huomattavasti pienempi. WAM-skenaariossa uusiutuvan dieselin määrä 30 prosentin jakeluvuorotetasolla on noin 64 ktoe pienempi ja kehittyneen dieselin ja bensiinin yhteenlaskettu määrä on noin 152 ktoe pienempi verrattuna perusskenaarioon.

Jakeluvuorotetta nostettaessa 4 prosenttiyksikköä (30 prosentista 34 prosenttiin) perusskenaariossa uusiutuvien polttoaineiden tarve kasvaa +133 ktoe, kun vastaavasti WAM-skenaariossa uusiutuvien polttoaineiden tarve kasvaa hieman vähemmän eli +116 ktoe. Nostettaessa jakeluvuorotetta 10 prosenttia eli 40 prosenttiin, uusiutuvien polttoaineiden tarve nousee perusskenaariossa +332 ktoe, mikä nostaa uusiutuvien polttoaineiden kokonaistarpeen noin 1 328 000 öljykvivalenttitonniin vuonna 2030. WAM-skenaariossa uusiutuvien polttoaineiden tarve kasvaa +291 ktoe, jos jakeluvuorotetta nostetaan 10 prosenttia, mikä vastaa 1 164 ktoe:n uusiutuvien polttoaineiden kokonaistarvetta vuonna 2030. Uusiutuvien polttoaineiden tarve kasvaa, mitä enemmän jakeluvuorotetta nostetaan. Kuvassa 39 on esitetty uusiutuvien polttoaineiden tarve perusskenaariossakin vuonna 2030.



Kuva 39 Uusiutuvien polttoaineiden tarve perusskenaariossa vuonna 2030

Jakeluvuorotetta nostettaessa 4 prosenttiyksikköä (30 prosentista 34 prosenttiin) WAM-skenaariossa uusiutuvien polttoaineiden määrä kasvasi +116 ktoe ja 10 prosentin jakeluvuorotteen nostolla +291 ktoe vuonna 2030. WAM-skenaariossa 40 %:n vuorotetaso vastaa 1 164 ktoe:n uusiutuvien polttoaineiden kokonaistarvetta, mikä on lähes 200 ktoe vähemmän kuin perusskenaariossa. Kuvassa 40 on esitetty uusiutuvien polttoaineiden tarve WAM-skenaariossa vuonna 2030.



Kuva 40 Uusiutuvien polttoaineiden tarve WAM-skenaariossa vuonna 2030

## 5.2 Polttoaineiden pumppuhinnat

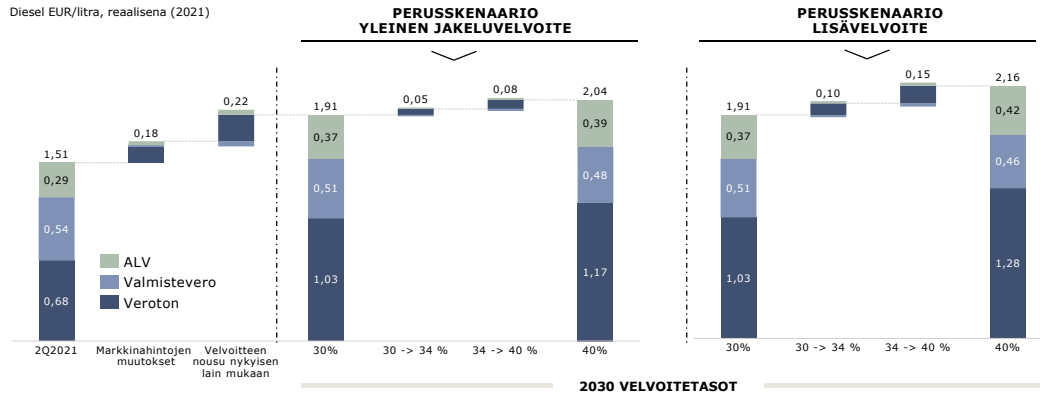
Dieselin pumppuhintalaskelmat perustuvat kappaleessa 4.3 esitettyihin uusiutuvien polttoaineiden hintaskenaarioihin. Tässä työssä on oletettu edellä mainittujen markkinahintamuutosten lisäksi, että polttoaineiden verotus pysyisi vuoden 2021 reaalilla tasolla koko tarkastelujakson ajan, eli verotus olisi sidottuna inflaatiokehitykseen. Tämä oletus noudattelee pitkälti viime vuosien verotusperiaatteita ja antaa siten korkeammat kustannusvaikutukset kuin nominaalisesti vakioveroilla. Nominaalisesti vakioiduilla verotasoilla polttoaineverotus olisi hieman alle 10 senttiä alhaisempi litraa kohden vuonna 2030 kuin reaalisesti vakioiduilla veroilla.

### 5.2.1 Nestemäiset uusiutuvat polttoaineet

Jakeluelvoitteen tasolla ja Suomen tieliikenteen sähköistymisellä on vaikutusta dieselin pumppuhintoihin eli mitä korkeampi jakeluelvoitteen taso on sitä korkeammaksi nousee dieselin pumppuhinta. Jakeluelvoitteen tason lisäksi pumppuhintaan vaikuttavat polttoaineiden markkinahinnat. Pumppuhintojen kustannusvaikutukset vaihtelevat sen mukaan nostetaanko yleistä jakeluelvoitetta vai lisävelvoitetta. Lisäksi, jos biometaanin käyttö lisääntyisi merkittävästi raskaassa kalustossa, pienentäisi se kehittyneen dieselin osuutta dieselsekoitteessa, koska suurin osa tuotetusta biometaanista lasketaan kehittyneeksi biopolttoliikenteeksi (Liite IX, A).

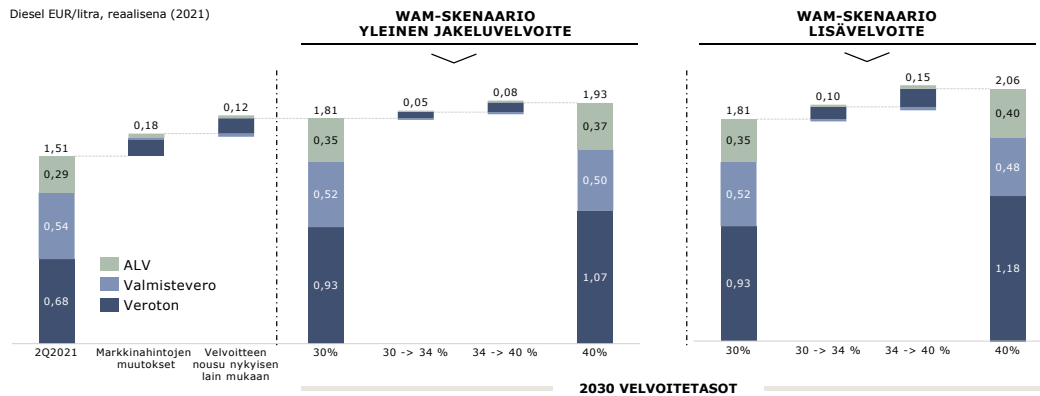
Kuvissa 41 ja 42 on havainnollistettu dieselin pumppuhinnan nousu niin perusskenaariossa kuin WAM-skenaariossa eri jakeluelvoitteen tason nostoilla vuonna 2030. Nykyisillä markkinahintojen muutoksilla ja jakeluelvoitteen nousulla 30 %:n (vuoden 2021 velvoite 18 %) dieselin litra hinta nousee 1,51 eurosta 1,91 euroon perusskenaariossa vuonna 2030. Perusskenaariossa jakeluelvoitteen nostolla 34 %:n dieselin litra hinta nousee 1,96 euroon, mikäli nosto tehdään jakeluelvoitteella ja 2,01 euroon mikäli nosto tehdään lisävelvoitteella.

Perusskenaariossa jakeluelvoitteen nostolla 40 %:n dieselin litra hinta nousee 2,04 euroon, mikäli nosto tehdään jakeluelvoitteella ja 2,16 euroon mikäli nosto tehdään lisävelvoitteella.



Kuva 41 Dieselin pumppuhinnan muutos - perusskenaario vuonna 2030

Markkinahintojen muutoksilla ja jakeluelvoitteen nousulla 30 prosenttiin dieselin litra hinta nousee 1,51 eurosta 1,81 euroon WAM-skenaariossa vuonna 2030. WAM-skenaariossa jakeluelvoitteen nostolla 34 prosenttiin dieselin litra hinta nousee 1,86 euroon, mikäli nosto tehdään yleisvelvoitteella ja 1,91 euroon mikäli nosto tehdään lisävelvoitteella. WAM-skenaariossa hintavaikutus on niin yleisvelvoitteella kuin lisävelvoitteellakin noin 0,10 euroa pienempi kuin perusskenaariossa. WAM-skenaariossa jakeluelvoitteen nostolla 40 prosenttiin dieselin litra hinta nousee 1,93 euroon, mikäli nosto tehdään yleisvelvoitteella ja 2,06 euroon mikäli nosto tehdään lisävelvoitteella.

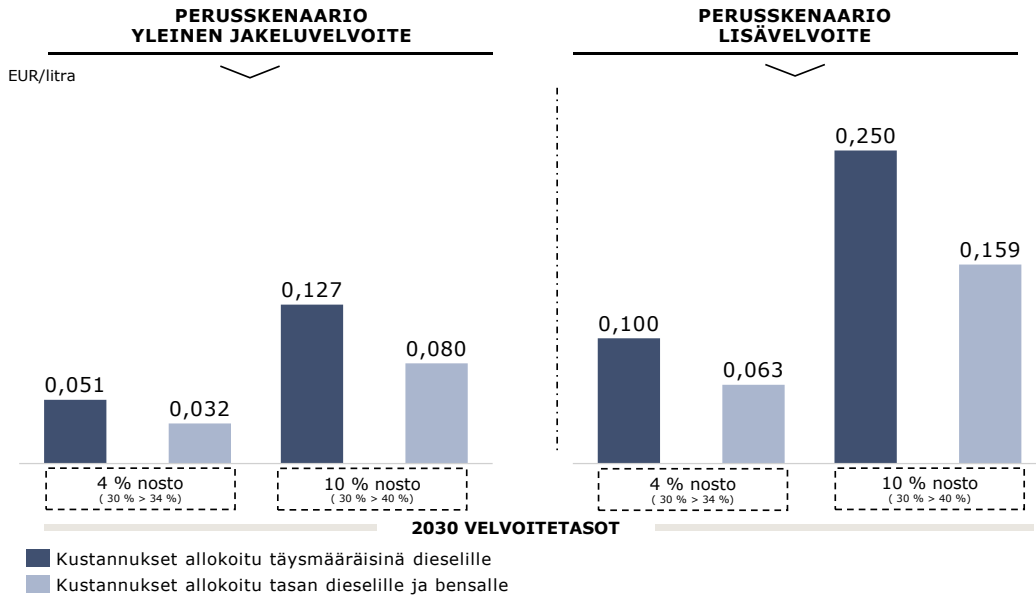


Kuva 42 Dieselin pumppuhinnan muutos – WAM-skenaario vuonna 2030

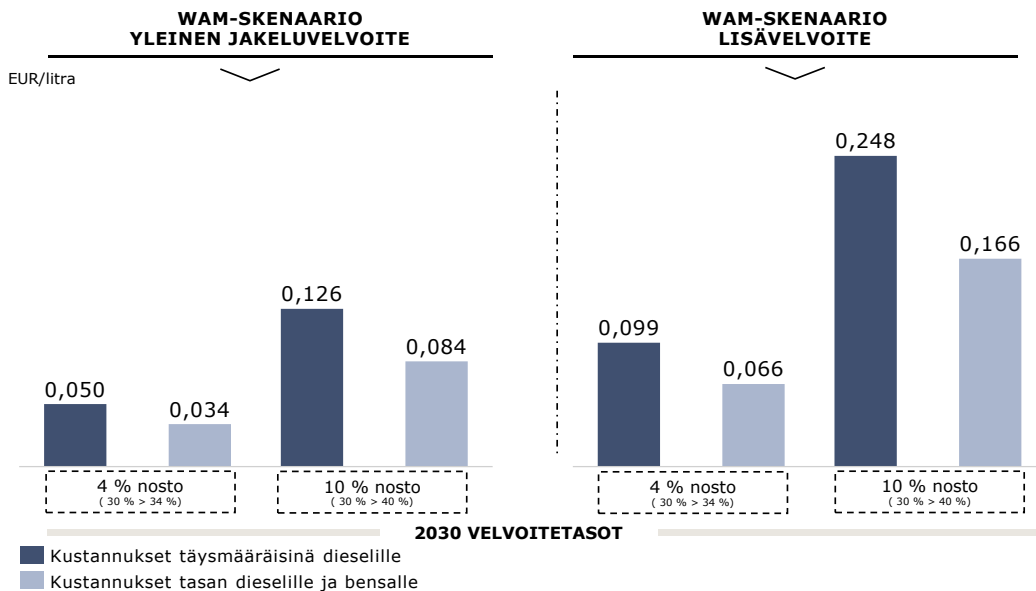
Kuvissa 43 ja 44 on havainnollistettu herkkyytarkastelua, jossa pumppuhinnan nousu allokoitaisiin tasan dieselin ja bensalle verrattuna tilanteeseen, missä pumppuhinnan nousu allokoitaisiin täysmääräisenä dieselin. Laskelmissa on vain hieman eroa perusskenaarion ja WAM-skenaarion välillä. Mikäli pumppuhinnan nousu allokoitaisiin tasan dieselin ja bensalle 10 %:n jakeluelvoitteen nostolla dieselin ja bensiinin pumppuhinta nousisi noin 5 senttiä. Mikäli jakeluelvoitetta nostettaisiin vain lisävelvoitteella, olisi pumppuhinnan nousu noin viisinkertainen eli 25 senttiä.

Nostettaessa lisävelvoitetta 10 % kustannusten täysmääräinen allokointi dieselin nostaa dieselin pumppuhintaa enemmän verrattuna tilanteeseen jossa kustannukset jaettaisiin tasan dieselin ja bensiinin välillä. Perusskenaariossa 10 %:n lisävelvoitteen nousu lisäisi dieselin pumppuhintaa 25 senttiä, jos kustannukset allokoitaisiin täysin dieselin, kun taas tilanteessa, missä kustannukset jaetaan tasan dieselin ja bensiinin kesken pumppuhinnan

nousu olisi 16 senttiä. Jakeluelvoitetta nostettaessa 10 % perusskenaariossa kustannusten täysmääräinen allokointi dieselille nostaa pumppuhintaa 13 senttiä, kun taas kustannusten allokointi tasan dieselille ja bensalle nostaa pumppuhintaa vain 8 senttiä.



Kuva 43 Pumppuhinnan nousun kustannuksien vertailu, kun hinnan nousu allokoidaan täysmääräisenä dieselille ja tasan dieselille ja bensalle perusskenaariossa vuonna 2030

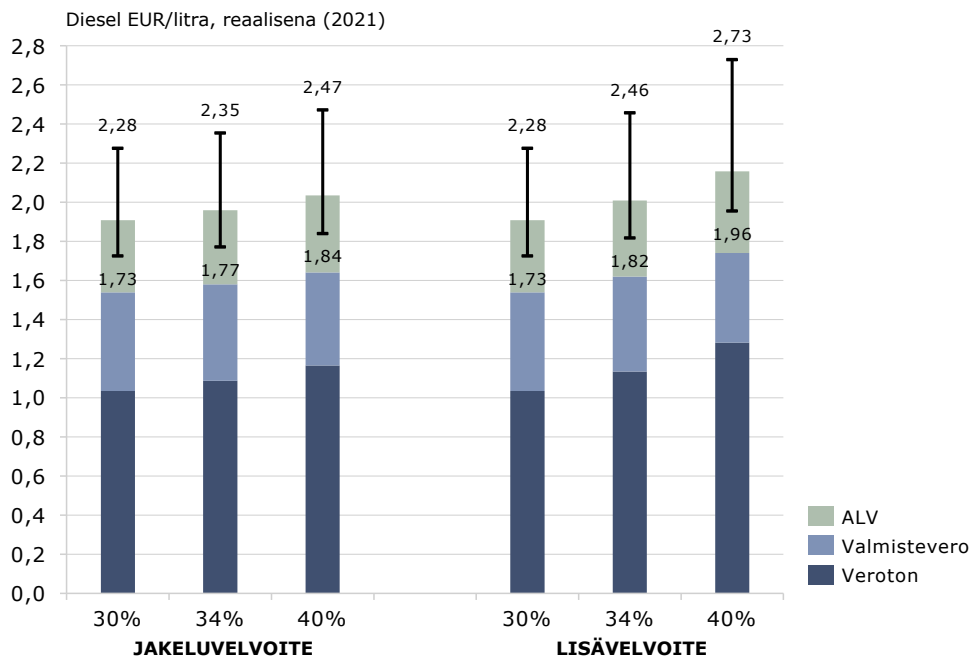


Kuva 44 Pumppuhinnan nousun kustannuksien vertailu, kun hinnan nousu allokoidaan täysmääräisenä dieselille ja tasan dieselille ja bensalle WAM-skenaariossa vuonna 2030

Kuvissa 45 ja 46 on havainnollistettu dieselin pumppuhintoja eri jakeluelvoitteen tasoilla (30 %, 34 %, 40 %). Dieselin pumppuhintaan vaikuttaa täytetäänkö se jakeluelvoitteella vai lisävelvoitteella. Kappaleen 5 alussa on selitetty jakeluelvoitteen ja lisävelvoitteen ero.

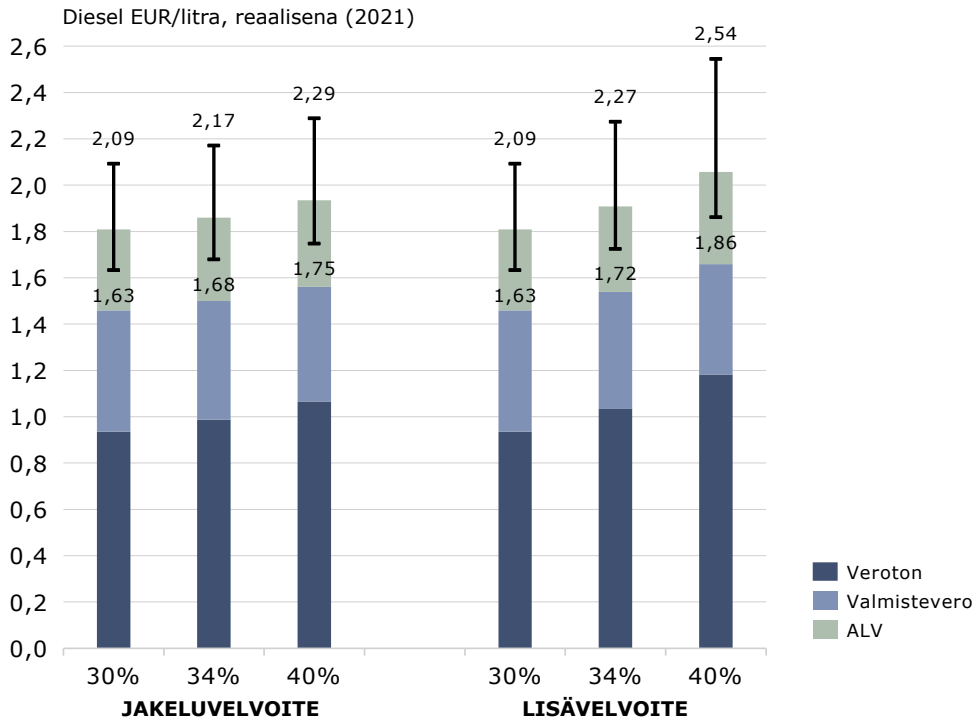
Vaihteluväli kuvastaa pumppuhintaa matalassa hintaskenaariossa ja korkeassa hintaskenaariossa. Matalat ja korkeat hintaskenaariot on kuvattu tarkemmin kappaleessa 4.3. Kehittyneen dieselin matala hintaskenaario on 2 416 EUR/t vuoden 2021 reaalihinnoissa ja korkea hintaskenaario on 4 155 EUR/t vuoden 2021 reaalihinnoissa vuonna 2030. Vastaavasti uusiutuvan dieselin matala hintaskenaario on 1 490 EUR/t vuoden 2021 reaalihinnoissa ja 2 274 EUR/t vuoden 2021 reaalihinnoissa vuonna 2030. Matalan ja korkean hintaskenaarioiden erot selittävät dieselin pumppuhintojen maksimi ja minimi hintojen erot. Kehittyneen dieselin ja uusiutuvan dieselin hintaero pumppuhintojen eron, jos jakeluvaihteen nosto tehdään jakeluvaihteen tai lisävalvaimella.

Perusskenaariossa dieselin pumppuhinta on minimihintatasolla 1,73 EUR/litra ja maksimihinta tasolla 2,28 EUR/litra 30 %:n jakeluvaihteen avulla vuonna 2030. Perusskenaariossa jakeluvaihteen nosto 4 prosenttiyksiköllä vuonna 2030 nostaisi dieselin pumppuhinnan minimitasoa 4 senttiä ja maksimihintatasoa 7 senttiä, kun taas jakeluvaihteen nosto 10 %:lla nostaisi dieselin pumppuhinnan minimitasoa 11 senttiä ja maksimitasoa 19 senttiä verrattuna 30 %:n jakeluvaihteen avulla vuonna 2030. Perusskenaariossa jakeluvaihteen nosto lisävalvaimella 4 prosenttiyksiköllä nostaisi dieselin pumppuhinnan minimitasoa 9 senttiä ja maksimitasoa 18 senttiä, kun taas 10 %:n nosto nostaisi minimitasoa 23 senttiä ja maksimitasoa 45 senttiä verrattuna 30 %:n jakeluvaihteen avulla vuonna 2030.



Kuva 45 Dieselin pumppuhinnat perusskenaariossa vuonna 2030

WAM-skenaariossa dieselin pumppuhinnat ovat matalammat kuin perusskenaariossa johtuen jo aiemmin mainitusta korkeammasta tieliikenteen sähköistymisestä ja kaasun käytön kasvusta tieliikenteessä vuonna 2030. WAM-skenaariossa dieselin pumppuhinta on minimitasolla 1,63 EUR/litra ja maksimitasolla 2,09 EUR/litra, mikä on lähes 20 senttiä matalampi kuin perusskenaariossa 30 %:n jakeluvaihteen avulla vuonna 2030. WAM-skenaariossa mukainen 10 %:n veloitustason korotus nostaisi dieselin pumppuhinnan minimitasoa 12 senttiä ja maksimitasoa 10 senttiä. Lisävalvaimella 10 %:n noston minimitaso olisi 23 senttiä korkeampi ja maksimitaso 43 senttiä korkeampi verrattuna 30 %:n jakeluvaihteen avulla vuonna 2030.



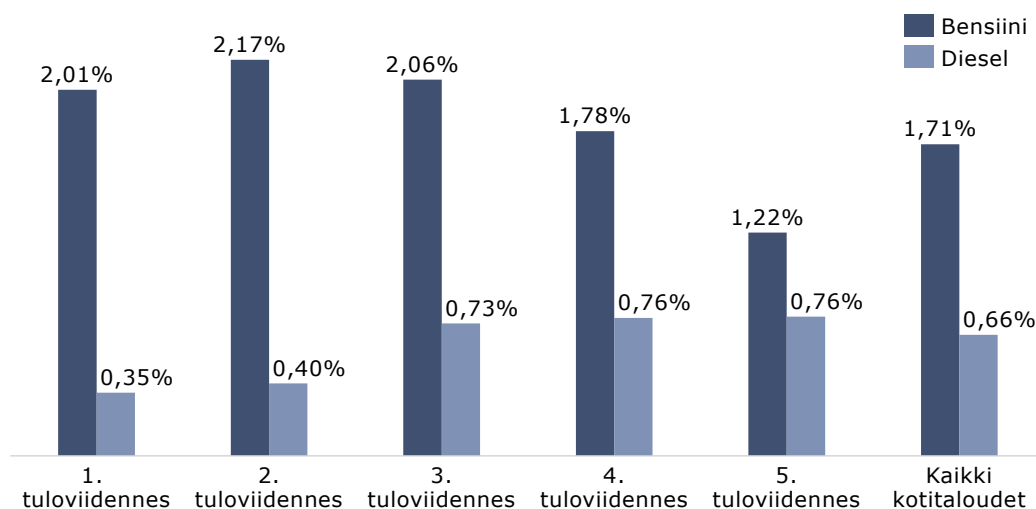
Kuva 46 Dieselin pumppuhinnat WAM-skenaariossa vuonna 2030

Dieselin hinnan nousun vaikutuksia tuloluokittain ja taajama-asteen mukaan on arvioitu Tilastokeskuksen kotitalouksien kulustilastojen pohjalta. Dieseliä kulutetaan enemmän maaseutumaisissa ja taajaan asutuissa kunnissa verrattuna kaupunkeihin. Kaupunkilaisilla on keskimäärin pienempi polttoainekulutus, johtuen muun muassa omistautojen pienemmästä määrästä ja lyhyemmistä välimatkoista. Kaupungissa asuvan dieselautoilijan tuloista keskimäärin noin 0,5 %:a menee dieselin polttoainekuluihin, kun taas maaseutumaisissa kunnissa vastaava luku on 1,15 %:a.

Tilastokeskuksen kotitalouksien kulutusmenot on jaoteltu seuraavasti:

1. Tuloviidennes 13 844 euroa kulutusmenot (keskimäärin 1,49 kulutusyksikköä)
2. Tuloviidennes 21 172 euroa kulutusmenot (keskimäärin 2,06 kulutusyksikköä)
3. Tuloviidennes 27 142 euroa kulutusmenot (keskimäärin 2,17 kulutusyksikköä)
4. Tuloviidennes 33 850 euroa kulutusmenot (keskimäärin 2,21 kulutusyksikköä)
5. Tuloviidennes 53 176 euroa kulutusmenot (keskimäärin 2,18 kulutusyksikköä)

Dieselin hinnannousu vaikuttaa enemmän suurituloisiin (4. ja 5. tuloviidennes) kuin pienituloisiin (1. tuloviidennes) kuluttajiin. Dieselin osuus käytetyistä tuloista on keskituloisilla ja suurituloisilla sama, mutta absoluuttisesti viidennen tuloviidennen kuuluvat kuluttajat käyttävät eniten rahaa diesel polttoaineeseen. Pienituloiset omistavat vähemmän diesel autoja kuin suurituloiset ja ylipäättänsä vähemmän autoja. Kuvassa 47 on havainnollistettu dieselin ja bensiinin osuutta kotitalouksien käytettävistä olevista tuloista kulutusmenoittain.



Kuva 47 Dieselin ja bensiinin osuus kotitalouksien käytettävistä olevista tuloista kulutusmenoittain

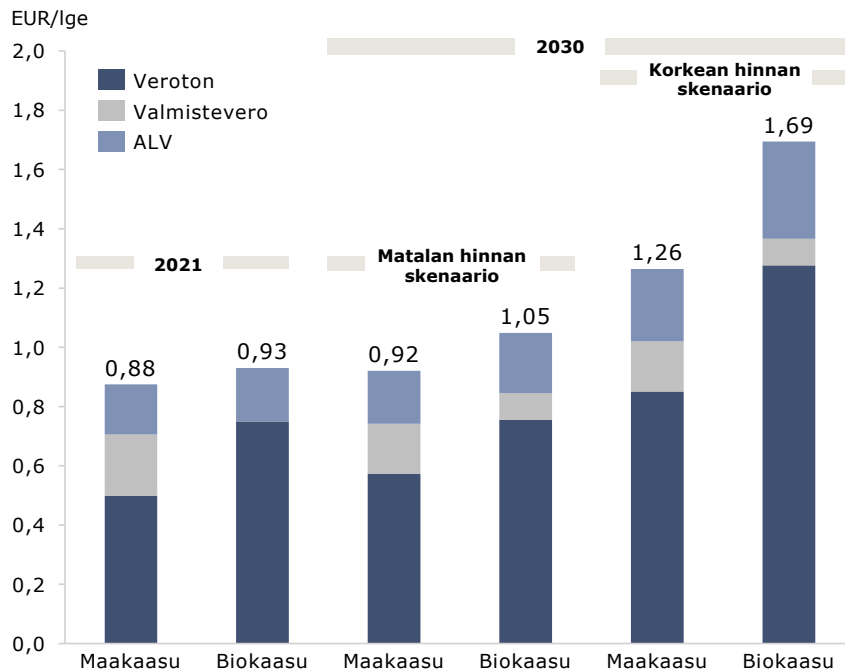
## 5.2.2 Biokaasu

Biokaasun pumppuhintojen oletetaan kasvavan maltillisesti vuoteen 2030 mennessä johtuen biometaanin tuotannossa käytettävien raaka-aineiden käytöstä. Vuoden 2021 toisen kvartaalin toteutunut paineistetun maakaasun hinta oli 0,88 EUR/lge ja biokaasun hinta oli 0,93 EUR/lge. (Traficom, 2021) Samaan aikaan bensiinin keskimääräinen hinta oli 1,65 EUR/litra.

Kuvassa 48 on esitetty maakaasun ja biokaasun pumppuhintojen matalan hinnan skenaario ja korkean hinnan skenaario sekä maakaasuun ja biokaasuun pumppuhinnat ilman tikettiä vuoden 2021 toteutuneilla arvioilla. Matalan hinnan skenaario ja korkean hinnan skenaario perustuvat hintaskenaarioihin reaalihinnoissa (2021) vuonna 2030. Hintataulukko on esitetty kappaleessa 4.3. Hintataulukossa maakaasu on matalassa skenaariossa 30 EUR/MWh, kun taas vastaavasti 50 EUR/MWh korkeassa skenaariossa. Vastaavasti biokaasu on 60 EUR/MWh matalassa skenaariossa ja 120 MWh korkeassa skenaariossa.

Maakaasun ja biokaasun pumppuhintojen skenaarioissa on käytetty 24 %:n ALV-veroa ja vuoden 2021 valmisteveroja. Matalan hinnan skenaariossa maakaasun hinta nousee vuodesta 2021 vuoteen 2030 noin 0,04 EUR/lge ja biokaasun hinta nousee 0,12 EUR/lge. Korkean hinnan skenaariossa maakaasun hinta nousee vuodesta 2021 vuoteen 2030 noin 0,38 EUR/lge ja biokaasun 0,76 EUR/lge. Maakaasun pumppuhinta vaihtelee matalan skenaarion 0,92 EUR/lge ja korkean skenaarion 1,26 EUR/lge välillä. Biokaasun pumppuhinta taas vaihtelee matalan skenaarion 1,05 EUR/lge ja korkean skenaarion 1,69 EUR/lge välillä.





Kuva 48 Maakaasun ja biokaasun pumppuhinnat ilman tikettiarvoa

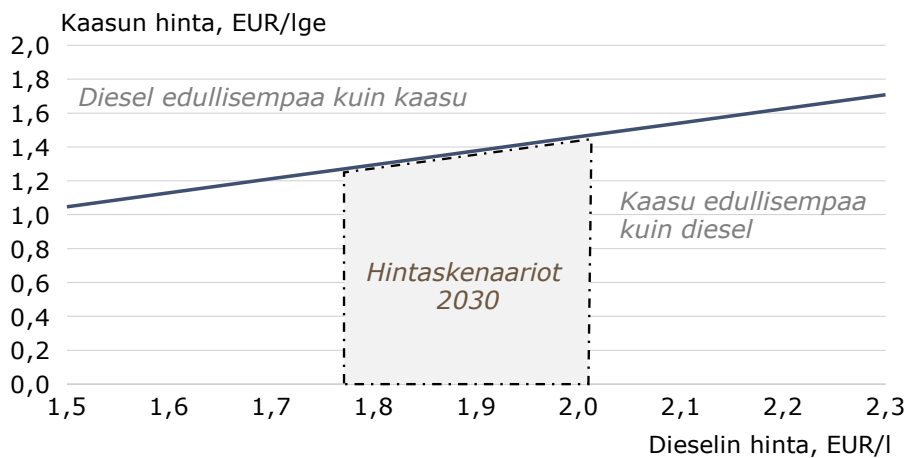
Liikennekaasun, ja erityisesti biokaasun, kilpailukykyä raskaassa kalustossa arvioitiin omistajuuden kokonaiskustannusten kautta (ns. TCO eli *total cost of ownership*). Raskaan kaluston hintasuhte dieselille ja kaasulle on laskettu 60 tonnia painavalle ajoyhdistelmälle. Auton hinta on arvioitu vetoautolle ilman päällirakenteita olevan 150 000 euroa dieselkäyttöiselle ajoneuvolle ja pääomakustannus on laskettu annuiteettimenetelmällä. LNG-käyttöiselle raskaalle HPDI-ajoneuvolle lisähinnaksi on arvioitu 45 000 euroa suhteessa dieseliin, johon on tällä hetkellä tarjolla kaasujoneuvojen hankintatukea 15 000 euroa. Laskelmissa on käytetty 15.9.2021 polttoaineiden pumppuhintoja ja raskaiden ajoneuvoyhdistelmien energian kulutus perustuu VTT:n mittauksiin.

Kuvasta 49 huomataan, että (bio-)LNG hinta pumpulla, voisi nousta jopa 1,5 EUR/lge tai 2,4 EUR/kg tasolle dieselin hinnan noustessa 2 EUR/litra tasolle, jotta kustannus per kilometri olisi sama. Tämä 2,4 EUR/kg vuonna 2030 vastaisi nesteytettylle kaasulle noin 100 EUR/MWh tukkuhintaa verojen jälkeen, pois lukien jakelijan kulut ja katteet. Arvioitu taso 100 EUR/MWh on lähes kaksikertainen verrattuna biokaasun vuoden 2021 tukkuhintaan 57 EUR/MWh, joka on laskettu biokaasun pumppuhinnasta vähentämällä verot, kulut ja kate. Nykyinen jakelijan yhdistetty kulu- ja katetaso on arvioitu laskennallisen verottoman myyntihinnan ja maakaasun tukkuhinnan välisestä erotuksesta. Tuloksena saatu taso on jo sellainen hintataso, joka mahdollistaisi useamman nesteytetyn biokaasun tuotantoon suunnitellun laitoksen investointipäätöksen.

Puhtaan biokaasun jakelija voisi saada lisäksi ylitäytön osalta merkittäviä ns. tikettimyyntituloja, joita syntyy kun jakelija jakelee uusiutuvia polttoaineita yli vaaditun määrän ja myy ylitäytön osuuden toiselle jakeluvälilliselle. Tikettiarvot voivat nousta erittäin merkittäviksi mentäessä kohti vuotta 2030, sillä kehittyneiden biopolttoaineiden hintamarginaalien uskotaan lähestyvän eri maiden sakkotasoja. Suurin osa suunnitelluista biokaasulaitoksista aikoo käyttää tuotantonsa raaka-aineena kehittyneiden biopolttoaineiden luokkaan kuuluvia jakeita, kuten lantaa, biojätettä ja erilaisia lietteitä. Uusiutuvan dieselin ja fossiilisen dieselin hintaeron on arvioitu perusskenaariossa olevan noin 100 EUR/MWh sekä kehittyneiden ja uusiutuvan dieselin hintaeron olevan noin 80 EUR/MWh, joiden avulla

voidaan haarukoida biokaasun tikkettiä. Jakeluvaihteen ollessa 40 % tikkettiä, joka lasketaan aiemmin esitetyn tukkuhinnan päälle olisi silloin vähintään 60 EUR/MWh myydylle puhtaalle biokaasulle, mikä vastaisi 60 % ylitäytötä suhteessa jakeluvaihteen. Kehittyneiden alavaihteen osalta vastaava tikkettiä olisi 72 EUR/MWh kehittyneiden alavaihteen osalta, jolloin ylitäytön osuus olisi jopa 90 %. Biokaasun ylitäytön arvon muodostuminen on vielä hyvin epävarmaa, sillä kyseinen markkina käynnistyy vasta vuoden 2022 alusta. Ylitäytölle ei ole syntymässä avointa ja läpinäkyvää markkinaa, sillä ylitäytön siirtämisestä toiselle jakelijalle tullaan sopimaan kahdenvälisin sopimuksin, jolloin ulkopuolisille toimijoille tai viranomaisille ei ole oikeutta saada tietoonsa ylitäytön siirron kaupallisista ehdoista, kuten hinnoista. Siitä syystä tässä työssä ei ole lähdetty laajemmin arvioimaan ylitäytön tikkettiä kehitymistä.

Suurimpana epävarmuutena biokaasun yleistymiselle on ajoneuvojen saatavuus nyt ja tulevaisuudessa, koska ajoneuvovalmistajien on vähennettävä CO<sub>2</sub>-päästöjään. Yli 44 tonnia painavissa yhdistelmissä vaaditaan 5 kWn moottoritelo jokaista kokonaispainon tonnia kohti eli 60-tonniselle yhdistelmäajoneuvolle tämä olisi 300 kW, joka vastaa 408 hv. Autovalmistaja Scania 13-litraisen kaasumoottorin teho on 410 hv eli ainakaan nykyisillä kaasumoottoreilla ne ei voi vetää yli 60 tonnia painavia yhdistelmiä. Volvon uudesta HPDI LNG moottorista on tarjolla 420 hv ja 460 hv mallit, jotka nekään eivät riitä suurimpien kuormien vetämiseen. Muista ajoneuvovalmistajista esimerkiksi Daimler on ilmoittanut keskittyvänsä vain sähkö- ja polttokennoajoneuvojen kehittämiseen, koska he eivät usko kaasukäyttöisten ajoneuvojen pystyvän vastaamaan päästöttömän liikenteen haasteisiin (Transport&Environment, 2019). Tällä hetkellä suurin sallittu yhdistelmäpaino Suomessa on 76 tonnia.



Kuva 49 Raskaan kaluston hintasuhde dieselille ja kaasulle

### 5.3 Vaikutusarviot valtiontalouteen, sektoreihin ja kuluttajiin

Valtiontalouden, sektorien ja kuluttajien vaikutusarvioiden pohjana käytettiin Tilastokeskuksen julkisia panos-tuotos aineistoja vuodelta 2018 (käyttötaulukot ja käänteismatriisit perushintaisena) sekä Tilastokeskuksen tutkimuskäyttöön saatavilla olevaa kotitalouskohtaista kulutustutkimusaineistoa vuodelta 2016. Laskelmien pohjana on käytetty WAM-skenaariota ja kustannusvaikutuksia on verrattu jo päätettyyn 30 % jakeluvaihteen vuonna 2030 sisältäen kehittyneiden biopolttovaihteen 10 % lisävaihteen. WAM-skenaariota on käytetty raportissa esitettyjen laskelmien pohjana. Vastaavat tulokset perusskenaarioissa on luettavissa liitteestä 4.

Laskelmissa on oletettu, että jakeluvuorituksen aiheuttaman polttoaineen tuotantokustannusten nousu välittyy täysmääräisenä kunkin toimialan suoraan polttoaineen hinnannousuun. Laskelmissa on huomioitu kotimaisen arvoketjujen kautta syntyvien kustannusten nousu muilla toimialoilla välituotekäytön huomioimisen kautta, mutta laskelmat eivät ota huomioon muita yleisen tasapainon vaikutuksia, kuten yleisen kulutuksen laskua. Laskelmissa suorat hintamuutokset, laskettiin vain dieselsekoitukseen, koska bensiinisekoitukseen voidaan sekoittaa vain 10 % etanolia nykyisen E10 polttoainestandardin mukaisesti. Jakeluvuorituksen noustessa bensiinisekoitukseen ei voida polttoainestandardin mukaisesti kasvattaa jakeluvuoritusta rajattomasti. Tämän ei kuitenkaan nähdä toteutuvan täysimääräisesti, koska todennäköisesti dieselsekoitelle kohdistuvia lisäkustannuksia siirretään bensiinisekoitteen hintaan. Laskelmissa valittu yksinkertaisuus allokoida kustannukset täysin dieselsekoitukseen johtaa maksimiarvioon.

Laskelmissa käytetyt polttoainesekoiteiden hintamuutokset perustuivat aikaisemmin raportissa liitteessä 6 esitettyihin laskelmiin eri polttoaineiden tarpeesta eri jakeluvuoritetasoilla (30 %, 34 %, 40 %) sekä arvioihin eri polttoainehintojen reaalisesta kehityksestä maailmanmarkkinoilla vuoteen 2030 asti. Polttoainehintojen reaalin kehitys on esitetty kappaleessa 4.3.

Polttoainesekoiteiden hinnanmuutoksien vaikutuksia eri käyttäjille ja toimialoille arvioitiin sekä suorien että (laajempien) epäsuorien vaikutusten pohjalta. Suorat kustannusmuutokset perustuvat polttoainesekoiteiden hintamuutoksiin verrattuna 30 % jakeluvuoritukseen sekä panos-tuotosaineistoista saatuihin tietoihin eri toimialojen polttoaineiden käytöstä vuonna 2018. Tässä työssä ei ole huomioitu, polttoaineiden hinnanmuutoksien vaikutuksia polttoainekulutukseen, mikä edelleen korostaa arvioiden varovaisuutta suhteessa taloudellisiin vaikutuksiin. Työssä käytetyt laskentamenetelmät on kuvattu tarkemmin vuoden 2018 jakeluvuorituksen taustaselvityksessä, joita on pyritty tässä työssä seuraamaan tulosten vertailtavuuden takia. (Sipilä, ym., 2018)

Velvoitetason noston taloudelliset vaikutukset vaihtelevat sen mukaan nostetaanko jakeluvuoritusta jakeluvuorituksella vai lisävelvoituksella. Vaikutusten ero jakeluvuorituksen ja lisävelvoituksen välillä johtuu pääasiassa polttoainekustannuksien vaikutuksista. Kappaleessa 4.3 käsiteltiin uusiutuvien polttoaineiden hintoja. Kehittyneiden polttoaineiden hinta on ennustettu olevan merkittävästi korkeampi kuin uusiutuvan dieselin ja bensiinin hintojen vuonna 2030. Kuvassa 50 on esitetty taloudelliset vaikutukset vuonna 2030 WAM-skenaariossa ja kuvassa 51 sektorikohtaiset suhteelliset vaikutukset.

Valtiontaloudelliset laskelmat ottavat huomioon vain jakeluvuorituksen aiheuttamat suorat muutokset eri polttoaineiden myynnistä saatavaan verotuottoon (valmisteveroihin ja polttoaineiden arvonlisäverokertymään). Verotuottolaskelmat perustuvat raportissa aikaisemmin liitteessä 5 esitettyihin lukuihin liikenteen käytössä olevien autojen energiankäyttöön perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa ja valmisteverotasoihin kulutusyksikköä kohti 1.1.2018 voimassa olevien verotasojen mukaan.



Nostettaessa jakeluvuoritusta lisävelvoituksella taloudelliset vaikutukset ovat merkittävämpiä kuin nostettaessa jakeluvuoritusta. Jakeluvuorituksella tehtävän noston 30 %:sta 34 %:iin vaikutuksesta valmisteverot laskevat -26 MEUR ja ALV-verot nousevat +22 MEUR. Vastaavasti lisävelvoituksella valmisteverot laskevat -42 MEUR ja ALV-verot nousevat +43 MEUR. Toisaalta jakeluvuorituksen nosto 30 %:sta 40 %:iin yli kaksinkertaistaa sen vaikutukset verrattuna velvoituksen nostoon 30 %:sta 34 %:iin. Yleisvelvoituksella tehtävän 10 %:n noston vaikutus on -65 MEUR ja ALV-verot nousevat +55 MEUR, kun taas lisävelvoituksella tehtävän 10 prosentin noston vaikutus on lähes kaksinkertainen yleisvelvoitukseen nähden. Valmisteverot laskevat -105 MEUR ja ALV-verot nousevat saman verran +109 MEUR. Vaihtotase on 10 prosentin jakeluvuorituksen nostolla 224 MEUR negatiivinen ja

lisävelvoitteella 337 MEUR negatiivinen, kun taas 4 prosenttiyksikön nostolla vaihtotase on 119 MEUR negatiivinen jakeluelvoitteella ja 225 MEUR negatiivinen lisävelvoitteella.


Maantieliikenteeseen vaikutusten laskelmissa on otettu huomioon Tilastokeskuksen toimialakoodi 49. Maaliikenne ja putkijohtokuljetus ja vientiteollisuuden vaikutusten laskelmissa on otettu huomioon metallien jalostus, kaivostoiminta, mineraalituotteiden valmistus, kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistus, paperi- ja sahateollisuus, metallituotteiden valmistus sekä konepajateollisuus. Näiden sektoreiden tuotos oli noin 80 miljardia euroa vuonna 2018. Sektoritasoiset vaikutukset niin maantieliikenteessä kuin vientiteollisuudessaakin ovat lähes kaksinkertaiset jakeluelvoitetta nostettaessa lisävelvoitteella verrattuna yleisvelvoitteeseen. Yleisvelvoitteella jakeluelvoitetta nosttaessa 40 %:in maantieliikenteen kustannukset kasvaisivat +80 MEUR (0,7 % liikevaihdosta) kun taas lisävelvoitteella kustannusten nousu olisi +150 MEUR (1,4 % liikevaihdosta).

Jakeluelvoitteen vaikutus vientiteollisuuteen on pienempi kuin maantieliikenteeseen. Laskelmissa on oletettu, että jakeluelvoitteen muutos nostaa vientiteollisuuden polttoainekustannuksia suhteessa pumppuhinnan nousuun eli ns. hintashokin verran. Vientiteollisuudessa kustannukset nousisivat 4 prosenttiyksikön jakeluelvoitteen nostolla +19 MEUR (0,03 % liikevaihdosta) ja lisävelvoitteessa +38 MEUR (0,05 % liikevaihdosta). Jakeluelvoitetta nostettaessa 10 prosenttia kustannukset nousisivat +49 MEUR (0,06 % liikevaihdosta) ja lisävelvoitteella +96 MEUR (0,12 % liikevaihdosta).

Samoin kuluttajavaikutukset ovat lähes kaksinkertaisia yleisvelvoitteen ja lisävelvoitteen välillä. Kuluttajavaikutusten osalta luovuttiin kuluttajatutkimusaineiston käyttämisestä, sillä niissä kulutusyksiköt on jaettu tyypillisesti joko tulotason tai asumiskunnan mukaan. Näissä tutkimuksissa polttoainekulut on ilmoitettu keskimäärin kulutusyksikköä kohti, jolloin esimerkiksi dieselin osuus jää huomattavasti pienemmäksi kuin keskiverto dieselautoilijalla, johtuen dieselautoilijoiden rajoitetusta osuudesta kuluttajia. Sen sijaan kuluttajavaikutukset on laskettu ottaen huomioon kustannukset, mitkä tulisivat dieselautoilijalle, joka ajaa esimerkinomaisesti 20 000 km vuodessa. Jakeluelvoitetta nostettaessa 10 prosenttia kuluttajavaikutukset ovat +151 EUR/vuosi ja lisävelvoitteen vaikutukset ovat +298 EUR/vuosi. Liitteessä 3 on esitetty dieselautoilijan kustannusvaikutuksia myös muilla ajomäärillä ja eri jakeluelvoitteen nosto- ja hintaskenaarioilla. Nostettaessa jakeluelvoitetta 30 %:sta 34 %:iin niin valtiotalouden, sektoreiden kuin kuluttajankin vaikutukset ovat maltilliset.

	LÄHTÖTASO 30 %		→ 34 % (4 % nosto)		→ 40 % (10 % nosto)	
	Jakeluelvoite	Lisävelvoite	Jakeluelvoite	Lisävelvoite	Jakeluelvoite	Lisävelvoite
<b>VALTIONTALOUS</b>						
 Valmisteverot	- 26 MEUR	- 42 MEUR	- 65 MEUR	- 105 MEUR		
ALV	+ 22 MEUR	+ 43 MEUR	+ 55 MEUR	+ 109 MEUR		
Yhteensä	- 4 MEUR	+ 1 MEUR	- 10 MEUR	+ 4 MEUR		
<b>VAIHTOTASE</b>	- 119 MEUR	- 179 MEUR	- 225 MEUR	- 337 MEUR		
<b>SEKTORIT</b>						
 Maantieliikenne	+ 31 MEUR	+ 62 MEUR	+ 78 MEUR	+ 154 MEUR		
Vientiteollisuus	+ 19 MEUR	+ 38 MEUR	+ 49 MEUR	+ 96 MEUR		
<b>KULUTTAJA-VAIKUTUKSET</b>						
 Dieselautoilija 20 000 km vuodessa	+ 60 EUR/a	+ 119 EUR/a	+ 151 EUR/a	+ 298 EUR/a		

Kuva 50 Taloudelliset vaikutukset vuonna 2030 – WAM-skenaario

	LÄHTÖTASO 30 %		→ 34 % (4 % nosto)		→ 40 % (10 % nosto)	
	Jakeluelvoite	Lisävelvoite	Jakeluelvoite	Lisävelvoite	Jakeluelvoite	Lisävelvoite
 <b>SEKTORIT</b>						
Maantiiliikenne	+ 0,3 %	+ 0,6 %	+ 0,7 %	+ 1,4 %	+ 0,7 %	+ 1,4 %
Vientiteollisuus	+ 0,03 %	+ 0,05 %	+ 0,06 %	+ 0,12 %	+ 0,06 %	+ 0,12 %

Kuva 51 Sektorikohtaiset suhteelliset vaikutukset WAM-skenaariossa

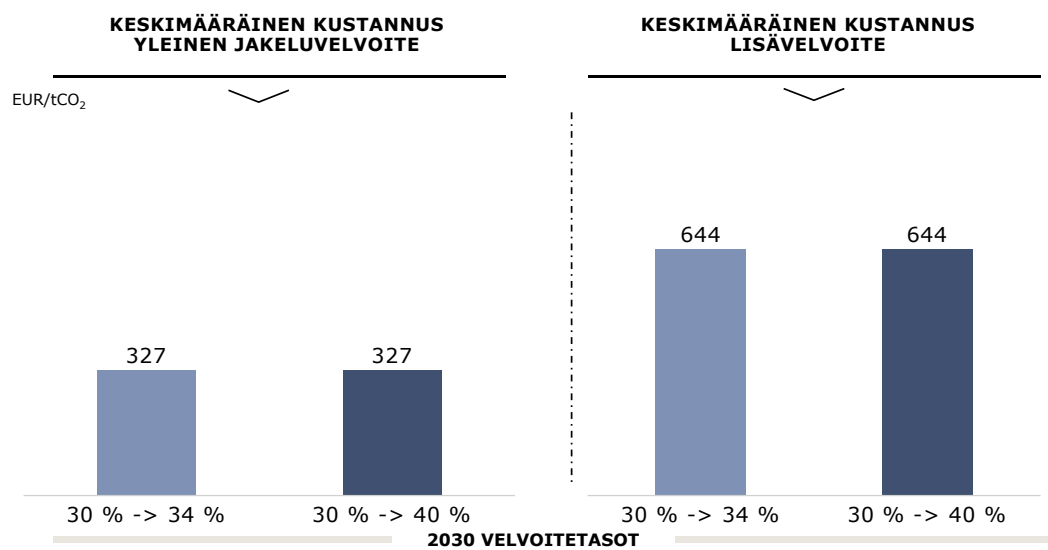
## 5.4 Päästövähennys ja sen kustannus

Päästövähennys laskelmissa perusvuotena on käytetty vuotta 2005. Peruskkenaariossa 30 %:n jakeluelvoitteella saavutetaan 39,1 % päästövähennys ja WAM-skenaariossa 47,5 %:n päästövähennys vuonna 2030 verrattuna vuoteen 2005. 40 %:n jakeluelvoitteella saavutetaan 47,1 %:n päästövähennys peruskkenaariossa ja WAM-skenaariossa 54,4 %:n päästövähennys. Taulukossa 4 on esitetty päästövähennykset eri jakeluelvoitteiden tasoilla niin peruskkenaariossa kuin WAM-skenaariossa vuonna 2030.

Taulukko 4 Päästövähennykset eri jakeluelvoitteiden tasoilla peruskkenaariossa ja WAM-skenaariossa verrattuna vuoden 2005 tasoon

Päästövähennys-% verrattuna vuoden 2005 tasoon		
Jakeluelvoite	Peruskkenaario	WAM-skenaario
<b>30 %</b>	<b>39,1 %</b>	<b>47,5 %</b>
<b>34 %</b>	<b>42,3 %</b>	<b>50,3 %</b>
<b>40 %</b>	<b>47,1 %</b>	<b>54,4 %</b>

Jakeluelvoitetta nostettaessa marginaalinen päästöjen vähennyskustannus on 372 EUR/tCO<sub>2</sub> niin peruskkenaariossa kuin WAM-skenaariossa. Jakeluelvoitteiden kustannukseen vaikuttaa uusiutuvan dieselin ja kehittyneen dieselin hinta. Lisävelvoitteella nostettaessa keskimääräinen kustannus on 644 EUR/tCO<sub>2</sub>, joka on korkeampi kuin jakeluelvoitetta nostettaessa jakeluelvoitteella, mikä johtuu kehittyneen dieselin oletetusta korkeammasta hinnasta suhteessa uusiutuvaan dieseliin. Kuvassa 52 on havainnollistettu keskimääräistä kustannusta EUR/tCO<sub>2</sub>, jos jakeluelvoitetta nostetaan jakeluelvoitteella tai lisävelvoitteella.



Kuva 52 Jakeluveloitteen noston keskimääräinen kustannus EUR/tCO<sub>2</sub>

## 6 Epävarmuudet ja mahdollisuudet

Velvoitetason nosto mahdollistaa kestävätkä päästövähennykset tieliikenteessä, mutta toimintaympäristön epävarmuudet heikentävät vaikutusarvioiden luotettavuutta. Sähköautojen kannan kasvuarviot sisältävät paljon epävarmuuksia kulutuskäyttäytymisestä akkujen ja komponenttien saatavuuteen. Sähköautoilla on merkittävä rooli päästöjen vähenemisessä, joten niiden osuus autokannasta ja ajosuoritteesta on laskelmien suurin ulkopuolinen tekijä, joka vaikuttaa uusiutuvien polttoaineiden tarpeeseen. Myös kaasuajoneuvojen yleistymisen on riippuvainen ulkoisista tekijöistä, kuten Euroopan unionin ajoneuvovalmistajien CO<sub>2</sub>-regulaatiosta ja kaasuautojen saatavuudesta.

Suomen ajoneuvomarkkina on niin pieni, että Suomi on riippuvainen Euroopan markkinoiden kehityksestä ja ajoneuvovalmistajien tarjoamasta. RFNBO-polttoaineet nähdään tulevaisuuden ratkaisuna, mutta niiden laajamittaisen kaupallistumisen ennustetaan tapahtuvan vasta 2030-luvulla. RFNBO-polttoaineiden regulaatiot ja teknologian kehitysaste eivät vielä vuonna 2021 tue merkittävien mittaluokan investointihankkeita. Vaikutusarvioiden pohjana käytetyt LVM:n skenaariot sisältävät näin edellä mainituista syistä paljon epävarmuuksia, jotka heijastuvat polttoaineiden kulutusennusteiden kautta vaadittuihin uusiutuvien polttoaineiden osuuksiin ja sitä kautta myös hinta- ja kustannusvaikutuksiin.

### 6.1 Uusiutuvien polttoaineiden saatavuus

Kansalliset ja kansainväliset regulaatiot ohjaavat uusiutuvien polttoaineiden kysyntää kehittyneisiin biopolttoaineisiin, joiden tarjonta on vielä vähäistä verrattuna uusiutuvien polttoaineiden kokonaistuotantoon. Kehittyneiden biopolttoaineiden kapasiteetti ei julkaistujen projektien perusteella kasva samassa suhteessa kysynnän kanssa, minkä ennustetaan johtavan niukkuuteen vuotta 2030 lähestyttäessä. Uusien tuotantoteknologioiden kaupallistuminen on ollut ennakoitua hitaampaa erityisesti selluloosaetanolin ja kiinteää biomassaa hyödyntävien teknologioiden osalta. Tämän syksyn uutiset lupaavat kuitenkin positiivista käännettä kehityssuuntaan. Teknologiaoimittaja Clariant on kehittänyt Sunliquid® -etanoliteknologiaansa vuodesta 2006, mutta ovat vasta tänä syksynä, 15 vuotta myöhemmin, saaneet ensimmäisen teollisen mittakaavan laitoksen rakennettua. Clariantin 50 000 tonnin olkietanoliitehdas Romaniassa käynnistyy vielä tämän vuoden aikana ja yritys on myynyt toistaiseksi viisi teknologialisenssiä Eurooppaan ja Kiinaan (Clariant, 2021). Axens on puolestaan kaupallistamassa kiinteän biomassan kaasutukseen ja Fischer-Tropsch synteesiin perustuvaa BioTfuel® -teknologiaansa ensi vuoden alkupuolella (Axens, 2021). Uusien teknologioiden kaupallistuminen ja kehittyneiden biopolttoaineiden saatavuus on yksi merkittävimmistä epävarmuustekijöistä tämän selvityksen taustalla.

Regulaatiot ohjaavat polttoaineen kysynnän lisäksi myös raaka-aineiden käyttöä. Useat maat ovat luokitelleet raaka-aineita uudelleen ja keskustelu niin raaka-aineiden hyväksyttävyydestä kuin syrjäytysvaikutuksista on lisääntynyt viime vuosina. Lähes kaikkia uusiutuvien polttoaineen tuotannossa käytettyjä raaka-aineita voidaan käyttää myös muuhun tarkoitukseen, kuten teollisuuden tuotantoon, eläinten rehuna tai energian tuotantoon. Globaalisti raaka-aineiden käytön lisääntyessä niiden kestävyys ja hyväksyttävyys uusiutuvien polttoaineiden tuotantoon tulee arvioida aina uudelleen. Raaka-aineiden mahdollinen uudelleen luokittelu EU:n tasolla vaikuttaa myös Suomessa jaeltujen polttoaineiden raaka-ainepohjaan, jonka kaventuessa jakeluvelvoitteen kustannukset tulisivat todennäköisesti nousemaan.

Kesällä 2021 Suomen jakeluvelvoitteeseen sisällytettiin biokaasu ja RFNBO-polttoaineet. Biokaasu lisätään velvoitteeseen vuodesta 2022 alkaen ja RFNBO-polttoaineet vuodesta 2023

alkaen. Jakeluvaihteen laajentamisen tavoitteena on muun muassa parantaa liikenteen energialähteiden monipuolistumista. Kotimaisen biokaasun tuotanto on ollut laskussa viime vuosina, mutta uusia investointihankkeita on kehitteillä koko ajan. Kotimaisesta biokaasusta vain murto-osa käytetään tieliikenteessä, vaikka biokaasun osuus liikennekaasussa onkin ollut viime vuosina kasvussa. Kotimainen biokaasu nähdään yhtenä mahdollisuutena lisätä kehittyvien biopolttoaineiden saatavuutta Suomessa, mutta mahdollisuutta rajoittaa kaasujoneuvojen markkinakehitys. Jo nykyinen jakeluvaihte nähdään vahvana kannustimena lisäämään biokaasun osuutta kaasun liikennekäytössä, ja vaikutusarvioissa onkin oletettu vuonna 2030 kaiken liikennekaasun olevan biokaasua.

RFNBO-polttoaineet nähdään tulevaisuuden ratkaisuna liikenteessä, vaikka niiden merkitys tulee olemaan vielä vähäinen seuraavina vuosina. RFNBO-polttoaineet voivat tuoda uusia mahdollisuuksia erityisesti raskaan liikenteen päästöjen vähentämiseen. Henkilöautoliikenne tulee sähköistymään merkittävästi seuraavina vuosina, mutta raskaiden ajoneuvojen laaja sähköistyminen nähdään haasteellisena. Kotimaiseen uusiutuvaan energiaan perustuvat RFNBO-polttoaineet ovat houkutteleva vaihtoehto kestävyysnäkökulmasta, mutta tuotannon kasvattamisessa on vielä paljon avoimia haasteita. Euroopan komission 55-valmiuspaketissa ehdotettu RFNBO-polttoaineiden erillisvelvoite vahvistaisi vuoden 2030 kysyntää ja markkinanäkymiä, mutta ei vielä takaa tarjontaa. RFNBO-polttoaineiden osalta on todennäköistä, että tuotanto ei tule riippumaan kotimaisesta kysynnästä vaan tuotteille syntyy vähintäänkin eurooppalainen markkina, joka määrittää tuotteiden hinnat ja suomalaisen tuotannon kilpailukykyyn. Myös RFNBO-polttoaineiden käyttömahdollisuuksiin tulevaisuudessa vaikuttaa vahvasti EU:n ensi syksynä tuleva raskaiden ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-raja-arvoehdotus. Jos ehdotus on samankaltainen kuin henkilö- ja pakettiautojen ehdotus, uudet polttomoottoriautot katoavat myös raskaan kaluston puolelta. Tämä tarkoittaisi sitä, että RFNBO-polttoaineiden käyttö rajautuisi vain vanhempiin ajoneuvoihin ja loppuisi vähitellen vanhojen ajoneuvojen käytöstä poistamisen kautta.

Kiinteessä biomassassa ja uusissa kasviöljykonsepteissa nähdään potentiaalia uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineena. Suomessa käytetään metsäteollisuuden sivutuotteita paljon energiantuotantoon, kuten lämmitykseen, vaikka niitä voisi käyttää myös korkeamman jalostusasteen, kuten biopolttoaineiden valmistukseen. Metsäteollisuuden sivutuotteet, jotka tällä hetkellä käytetään lämmitykseen nähdään potentiaalisina kotimaisina raaka-aineina uusiutuville polttoaineille. Energiateollisuuden vaihtoehtoiset ratkaisut, kuten tuuli ja aurinkoenergia, maalämpö sekä lämpöpumput, tulevat kehittymään tämän vuosikymmenen aikana, jolloin metsäbiomassaa voisi vapautua nestemäisten polttoaineiden raaka-aineeksi. Maailmassa on myös muita kiinteitä biomassoja, kuten tyhjät palmuöljyhedelmätartut, olki ja sokeriruokotuotannon tähteet, joiden hyödyntäminen on vielä alhaista. Uusissa kasviöljykonsepteissa nähdään myös mahdollisuuksia positiiviseen maankäyttöön ja raaka-aineiden lisäyksellisyyteen, mutta laajamittaiseen viljelyyn ja sen sertifiointiin sekä uusien raaka-aineiden käyttöön uusiutuvan polttoaineen tuotannossa liittyy vielä useita epävarmuustekijöitä.

## 6.2 Regulaation vaikutukset

Verrattuna moniin muihin päästövähennyskeinoihin, uusiutuvien polttoaineiden jakeluvaihteella saavutetaan taatut päästövähennykset tieliikenteessä. Esimerkiksi tieliikenteen sähköistämisen päästövähennyksen ennustaminen on huomattavasti vaikeampaa kuin jakeluvaihteen vaikutusten arviointi. Jakeluvaihteen tuomat päästövähennykset eivät ole riippuvaisia esimerkiksi kansalaisten halukkuudesta ostaa uusi auto.

Tieliikenteen päästövähennyksiä koskevat säädökset ovat olleet jatkuvassa murroksessa jo vuosikymmenen, sillä päästövähennysten tarve ja poliittinen tahtotila ilmastonmuutoksen



hillitsemiseen on lisääntynyt. Kesällä julkistettu 55-valmiuspaketti avasi muun muassa RED II -direktiivin, taakanjakoasetuksen ja ajoneuvojen CO<sub>2</sub> -määräykset. EU-lainsäädännön lisäksi, muutoksia on tuotu myös jäsenmaiden kansalliseen lainsäädäntöön. Sääntelyn monimutkaisuus, jatkuva muutos ja systeemihitaus aiheuttavat epävarmuutta, joka heikentää uusiutuvien polttoaineiden investointiympäristöä. Hitaudella tarkoitetaan muun muassa sitä, että uusista raaka-aineiden valmistettujen uusiutuvien polttoaineiden hyväksyttävyyden velvoitteen täyttämiseen tai niiden kohtelu suhteessa RED II -direktiiviin ei ole selkeää. Poikkeustilanteissa tai uusien innovaatioiden kohdalla RED II -direktiivi kuin kansallisetkin säädökset ovat suhteellisen joustamattomia eikä esimerkiksi uuden raaka-aineen lisäämistä jakeluvelvoitteen piiriin ole helppo toteuttaa. Sääntelyn monimutkaisuus vaatii kasvavia virkamiesresursseja Suomessa, jotta polttoainetuottajilla ja jakelijoilla on edellytykset toimivaan liiketoimintaan. Toisaalta Euroopan unionin laajuinen uusiutuvan energian direktiivi luo kasvavaa kysyntää uusiutuville polttoaineille ja sitä kautta parantaa investointiedellytyksiä.

Kilpailu uusiutuvista polttoaineista ja erityisesti kehittyneistä biopolttoaineista tulee kiristymään seuraavina vuosina, kun kansallisten regulaatioiden ja RED II -direktiivin velvoitetasot nousevat. Uusiutuvien polttoaineiden hintojen ennustetaan nousevan tulevaisuudessa ja kansalliset sakkotasot nähdään hintojen pääajurina tarjontarajoitteisella markkinalla. Sakkotaso määrittää polttoaineiden maksimihinnan ja ohjaa polttoaineiden tarjontaa korkeamman sakkotason markkinoille. Tämän markkinakehityksen uskotaan tukevan investointeja kehittyneisiin biopolttoaineisiin ja RFNBO-polttoaineisiin seuraavan vuosikymmenen aikana. Jo syksyn 2021 aikana on biopolttoainemarkkinalla nähty erittäin korkeita kehittyneiden biopolttoaineiden hintoja, jotka osaltaan parantavat investointien kannattavuutta ja hankkeiden rahoitettavuutta. Kansallinen sakkotason nosto ei tosin suoraan takaa uusien investointien syntyä, sillä polttoainemarkkina on hyvin yhtenäinen esimerkiksi Pohjois-Euroopan tasolla, jossa tuotteille muodostuu yksi markkinahinta, eivätkä maakohtaiset hintaerot pääse nousemaan yli logistiikkakustannusten eron alueiden välillä.

Tämä selvitys on toteutettu keskittyen RED II -direktiiviin ja Suomen voimassa oleviin lakeihin, joten regulaatiokentän epävarmuudet ovat tarkastelun luotettavuuden kannalta tärkeitä. Euroopan komission 55-valmiuspaketin nostot eivät näyttäisi vaikuttavan merkittävästi tämän selvityksen johtopäätöksiin tai AFRYn työryhmän suosituksiin.

Ajoneuvojen CO<sub>2</sub>-päästödirektiivit ovat yksi merkittävä epävarmuustekijä, jolla voi olla vaikutusta Suomen liikenteen päästöjen vähentämisen kustannuksiin. Edellä kuvatuista skenaariossa on laskettu, että biokaasun kysynnällä on vaikutusta myös nestemäisten polttoaineiden hintoihin. Uusiutuvien polttoaineiden sekoitustarve nestemäisiin polttoaineisiin vähenee, kun biokaasun käyttö kasvaa arvioitua enemmän. Laskelmien mukaan vuoden 2030 WAM-skenaariossa 300 LNG-rekan lisäys laskisi dieselin laskennallista hintaa yhden sentin, koska kehittynyttä dieseliä tarvitsisi tällöin sekoittaa vähemmän, jotta saavutettaisiin sama velvoitetaso. Vastaavasti biokaasukäyttöisten henkilöautojen osalta tarvittaisiin 7500 uutta CNG-ajoneuvoa, jotta dieselin laskennallinen pumppuhinta laskisi yhden sentin. Tämä vaikutus syntyy siitä, että bensiinipuolella etanolin sekoiterajoite vaatii uusiutuvaa dieseliä yli keskimääräisen velvoitteen kompensoimaan bensiinipuolen matalaa jakeluosuutta. CNG-autot nähdään pääosin bensiiniautojen vaihtoehtona, jolloin fossiilisen bensiinin kulutus laskisi suhteessa enemmän kuin uusiutuvien bensiinikomponenttien, vaatien vähemmän kompensoivaa uusiutuvaa dieseliä.

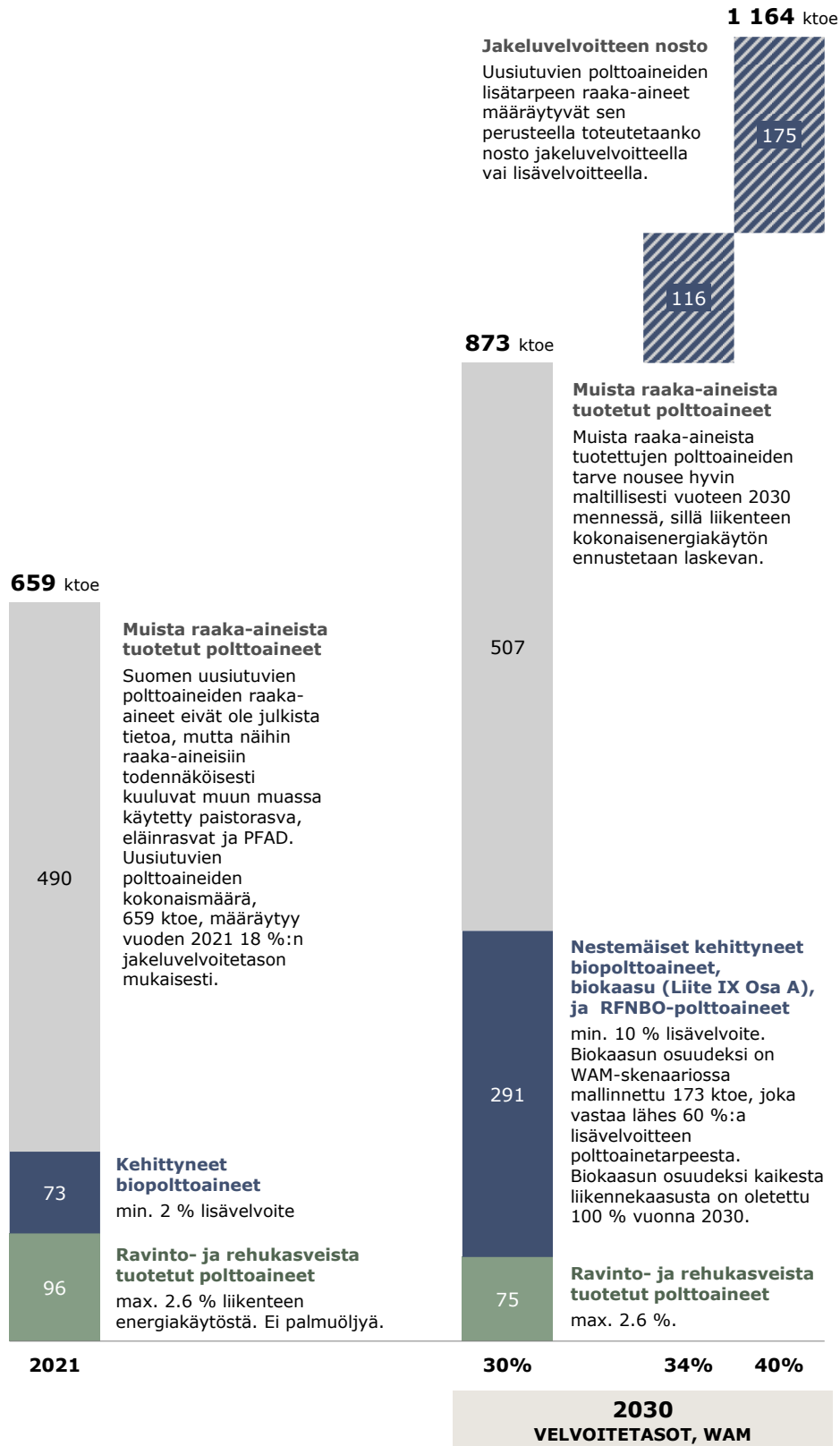
### 6.3 Velvoitetason noston vaikutukset

Suomen jakeluelvoitetason nosto 30 prosentista 34 prosenttiin vähentäisi 0,3 – 0,4 Mt CO<sub>2eq</sub> Suomen tieliikenteen päästöjä kun taas velvoitetason nosto 30 prosentista 40 prosenttiin vähentäisi tieliikenteen päästöjä 0,8 – 1,0 Mt CO<sub>2eq</sub> vuonna 2030. Suomen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt olivat 10,4 Mt CO<sub>2eq</sub> vuonna 2020 (Tilastokeskus, 2021c) joten jakeluelvoitteen nostolla voidaan enimmillään saavuttaa noin 10 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen alennus vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon nähden. Velvoitetason nostolla ei nähdä suoria vaikutuksia investointeihin. Jo nykyinen jakeluelvoitteen taso ja Euroopan unionin laajuinen RED II -direktiivi vaikuttaa positiivisesti investointeihin Euroopan unionin alueella.

Uusiutuvien polttoaineiden markkinoilla vallitsee vahva hintaepävarmuus, joka heijastuu myös tämän selvityksen vaikutusarvioihin. Uusiutuvien polttoaineiden hintaennusteissa on merkittäviä epävarmuustekijöitä kuten tarjonnan ja kysynnän epäsuhta, regulaatioiden muutokset ja teknologian kehittyminen, raaka-aineiden saatavuus ja hinta sekä fossiilisten polttoaineiden hintakehitys. Jakeluelvoitteen nosto lisävelvoitteella eli kehittyneillä biopolttoaineilla kaksinkertaistaisi kustannusvaikutukset. Jakeluelvoitteen nosto yleisvelvoitteella nostaisi myös pumppuhintoja, mutta ei niin merkittävästi kuin täysin lisävelvoitteella toteutettava nosto. Esille nousee myös pumppuhintojen sosiaalinen ja taloudellinen hyväksyttävyyys, jos hinnat nousevat merkittävästi jakeluelvoitteen vaikutuksesta. Jakeluelvoitteella on kustannusvaikutuksia, mutta esimerkiksi nesteytetyn kaasun yleistyminen raskaassa liikenteessä mahdollisesti laskee jakeluelvoitteen vaikutuksia ammattiliikenteessä. Varovaisuusperiaatteen mukaisesti velvoitetason kustannukset on osoitettu täysimääräisesti dieselpolttoaineille. Velvoitekustannusten mahdollinen jakautuminen myös bensiinipooliin laskee ammattiliikenteen kustannusvaikutuksia.

Velvoitetason noston vaikutuksia voidaan arvioida Suomessa vain raaka-aine luokittain, koska kuten edellä on useasti mainittu Suomessa käytettyjen uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineet eivät ole julkista tietoa. Vuonna 2021 Suomen uusiutuvien polttoaineiden tarpeeksi on mallinnettu 18 prosentin jakeluelvoitetason mukaisesti 659 ktoe, josta enintään 96 ktoe on ravinto- ja rehukasveista, pois lukien palmuöljystä tuotetut polttoaineet. E10-sekoiterajoitteen puitteissa enintään 83 % näistä ravinto- ja rehukasveista tuotetuista polttoaineista voi olla etanolia. Kehittyneiden nestemäisten biopolttoaineiden osuudeksi vuonna 2021 on laskettu vähintään 73 ktoe lisävelvoitteen 2 prosentin velvoitetason mukaisesti. Laskelmien perusteella kaikista Suomessa tänä vuonna jaeltavista uusiutuvista polttoaineista noin 74 % eli 490 ktoe on tuotettu muista kuin edellä mainituista raaka-aineista. Näihin kuuluvat todennäköisesti käytetystä paistorasvasta, eläinrasvoista ja PFAD:sta tuotetut polttoaineet.

WAM-skenaarioon pohjautuvien laskelmien perusteella ravinto- ja rehukasveista tuotettujen polttoaineiden määrä tulee vähenemään vuoteen 2030 mennessä, jolloin sen on arvioitu olevan enintään 75 ktoe. Vuoden 2030 10 prosentin lisävelvoitteeseen hyväksytään lakimuutosten myötä myös RED II liite IX osa A raaka-aineista tuotettu biokaasu sekä RFNBO-polttoaineet. Lisävelvoitteen polttoainetarpeeksi on mallinnettu 291 ktoe vuonna 2030, josta biokaasun osuus olisi jopa 60 prosenttia. Jakeluelvoitteen tuoman tikettiaron myötä kaikki liikennekaasu vuonna 2030 oletettiin täysimääräisesti biokaasuksi. Muista raaka-aineista tuotettujen polttoaineiden tarve nousee hyvin maltillisesti vuoteen 2030 mennessä, sillä liikenteen kokonaisenergiakäytön ennustetaan laskevan. Jakeluelvoitteen noston tuoman uusiutuvien polttoaineiden lisätarpeen raaka-aineet määräytyvät sen perusteella toteutettaisiinko nosto jakeluelvoitteella vai lisävelvoitteella. Jakeluelvoitetason noston vaikutuksia yksittäisiin biopolttoaineiden raaka-aineisiin ei voida nykyisen tiedon valossa tarkemmin mallintaa.



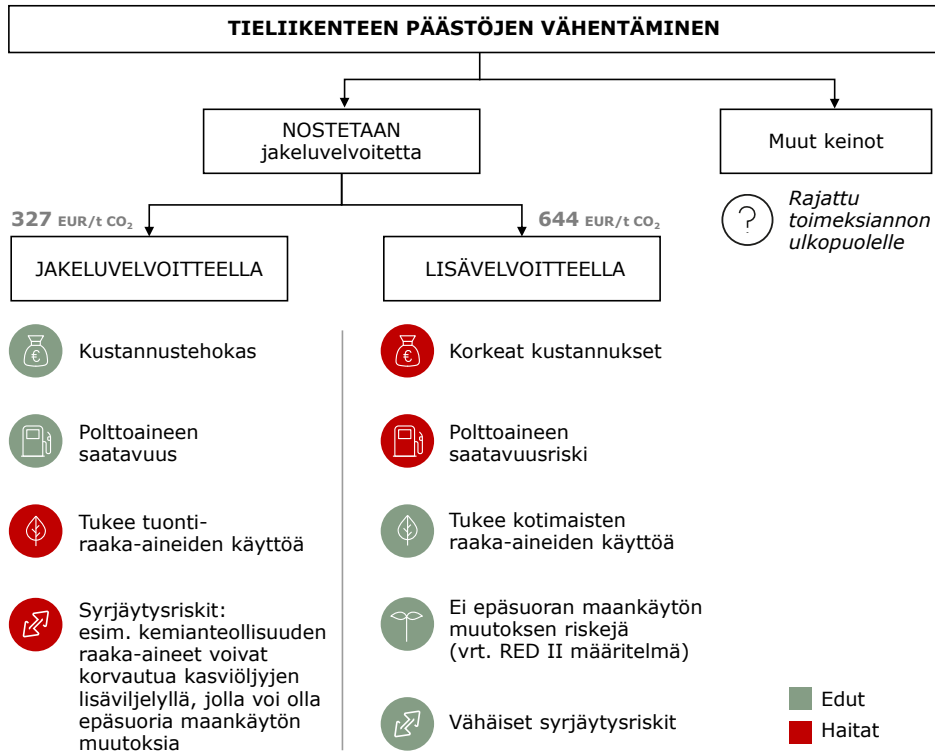
Kuva 53 Uusiutuvien polttoaineiden tarve raaka-aineluokittain 2021 ja 2030 (WAM-skenaario)

## 6.4 Liikenteen päästöjen vähentäminen

Tässä työssä on arvioitu liikenteen päästöjen vähentämistä nostamalla jakeluelvoitetta. Liikenteen päästöjen vähentämiseen on olemassa myös muita keinoja, mutta tämä työ on rajattu arvioimaan jakeluelvoitteen vaikutusta liikenteen päästöjen vähentämiseen. Liikenteen päästöjä voidaan vähentää nostamalla jakeluelvoitetta tai lisävelvoitetta. Jakeluelvoitteen nosto niin jakeluelvoitteella tai lisävelvoitteella ei ole täysin riskitöntä. Jakeluelvoite nähdään kustannustehokkaaksi, koska uusiutuvan polttoaineen hinta suhteessa kehittyneiden polttoaineiden hintaa on matalampi ja uusiutuvan polttoaineen saatavuus on varmempaa kuin kehittyneiden polttoaineiden saatavuus johtuen tarjontarajoitteisesta markkinasta. Toisaalta syrjäytysriskeiltä ei voida täysin välttyä, jos jakeluelvoitetta nostetaan. Nostettaessa jakeluelvoitetta lisävelvoitteella tuetaan kotimaisten raaka-aineiden käyttöä, koska lisävelvoitetta nostettaessa tuetaan liitteen IX osassa A mainittujen raaka-aineiden kysyntää, joita on muun muassa eläinten lanta ja metsätalouden ja siihen perustuvan teollisuuden jätteistä ja tähteistä saatava biomassaosuus.

Jakeluelvoitetta nostettaessa yhtenä mahdollisena riskinä nähdään, että kemianteollisuuden raaka-aineet voivat korvautua kasviöljyjen lisäviljelyllä, jolla voi olla epäsuoria maankäytön muutoksia. Mikäli jakeluelvoitteen nostoa ei rajata lisävelvoitteeseen ja liitteen IX osan A mainittuihin raaka-aineisiin ravinto- ja rehupohjaisten raaka-aineiden käyttö voi absoluuttisesti lisääntyä, mutta kuitenkin vain 2,6 prosenttiin asti uusiutuvista polttoaineista. RED II -direktiivissä mainitaan, että ravinto- tai rehuksvien tuotannossa voi ilmetä epäsuoraa maankäytön muutosta. Kun uusiutuvan polttoaineen raaka-aineet on rajattu lisävelvoitteella nostettaessa liitteen IX osassa A mainittuihin raaka-aineisiin, epäsuoran maankäytön muutosta ei ainakaan lisätä ravinto- tai rehuksvien osalta.

Suomen jakeluelvoitteen nostolla 30 prosentista 40 prosenttiin saavutetaan 0,8 – 1,0 Mt CO<sub>2eq</sub> päästövähennykset verrattuna 30 % jakeluelvoitteeseen vuonna 2030. Päästövähennyksien kannalta ei ole merkitystä tehdäänkö jakeluelvoitteen nosto jakeluelvoitteella vai lisävelvoitteella. Jakeluelvoitteen nosto voidaan myös tehdä osittain jakeluelvoitteella ja osittain lisävelvoitteella. Kuvassa 54 on havainnollistettu yksinkertainen päätöspuu liikenteen päästöjen vähentämisestä.



Kuva 54 Päätöspuu liikenteen päästöjen vähentämisestä

## 7 Työryhmän suositukset

Jakeluelvoite on teknologianeutraali, ennustettava ja varma tapa vähentää tieliikenteen päästöjä. Jos Suomen hiilineutraalisuustavoitteet vaativat lisätoimia tieliikenteen päästöjen vähentämiseksi, niin AFRYn työryhmä suosittelee jakeluelvoitteen vuoden 2030 velvoitetason nostoa mahdollisena ja hallinnollisesti kevyenä vaihtoehtona. Tässä selvityksessä tuotettujen vaikutusarvioiden perusteella jakeluelvoitteen mahdollinen nosto 30 prosentista 40 prosenttiin nostaisi dieselin polttoainekustannuksia noin 7 % prosenttia. Uusiutuvien ja fossiilisten polttoaineiden hintakehityksen yleinen epävarmuus on velvoitetason nostoa merkittävämpi kustannusajuri.

Jos velvoitetason nosto toteutetaan yleisellä jakeluelvoitteella, niin HVO-polttoaineiden käyttö tulee lisääntymään Suomen tieliikenteessä eikä raaka-aineiden syrjäytysvaikutuksilta voida varmuudella välttyä. AFRYn suositusten mukaan osa velvoitetason nostosta tulisi toteuttaa lisävelvoitteella, jonka kustannukset ovat yleisvelvoitetta korkeammat, mutta jolla pienennetään syrjäytysriskien mahdollisuutta. Lisävelvoite tukee lisäksi kotimaisten raaka-aineiden käyttöä.

Biokaasun tikettikauppa on houkutteleva ja kustannustehokas vaihtoehto täyttää lisävelvoitetta, mutta biokaasun rooli Suomen jakeluelvoitteessa tulee määräytymään kaasuajoneuvojen yleistymisen myötä. Työryhmä suosittelee vahvaa vaikuttamista EU:n päätöksenteossa, jotta raskaan kaluston CO<sub>2</sub>-päästörajat olisivat suotuisat biokaasun käytölle.

Nestemäisistä kehittyneistä biopolttoaineista ja RFNBO-polttoaineista ennustetaan niukkuutta vuotta 2030 lähestyttäessä. Tämän hetken markkinanäkemyksen perusteella, Suomen ei ole välttämätöntä nostaa jakeluelvoitteen seuraamusmaksuja, mutta lisävelvoitteen maksuissa on nousupainetta. AFRY ei suosittele varauksetonta seuraamusmaksujen nostamista, jolla varmistettaisiin uusiutuvien polttoaineiden saatavuus markkinahinnoista riippumatta. Seuraamusmaksut asettavat jakeluelvoitteen enimmäiskustannukset, ja toimivat näin perälautana tieliikenteen päästövähennysten hinnalle. Lisävelvoitteen jääminen vajaaksi markkinahintoja alhaisempien seuraamusmaksujen takia ei vaikuta juurikaan tieliikenteen päästövähennyksiin, jos jakeluelvoite silti täyttyy. Tässä tilanteessa Suomessa käytettäisiin kehittyneiden biopolttoaineiden sijaan enemmän muita HVO-polttoaineita, mikä lisäisi mahdollisesti raaka-aineiden syrjäytysriskejä. Tämän selvityksen puitteissa, AFRY suosittelee harkitsemaan lisävelvoitteen seuraamusmaksujen nostamista 40 – 45 EUR/GJ (0,04 – 0,045 EUR/MJ) tasolle, joka on korkeampi kuin muiden maiden sakkotasot, mutta jää alle Saksan vuoden 2022 sakkotason. Seuraamusmaksujen tasoja tulisi kuitenkin verrata myös muihin vaihtoehtoihin päästövähennyskeinoihin.

Jotta liiketoimintaympäristö olisi mahdollisimman ennustettava, tieliikenteen jakeluelvoitteeseen ei suositella muita muutoksia ennen kuin hyväksytty 55-valmiuspaketti tulee kansallisesti toimeenpanna vuonna 2024 tai 2025. AFRYn näkemyksen mukaan Suomi tulee saavuttamaan komission ehdottaman 13 prosentin khk-päästövähennyksen vuonna 2030 jo nykyisillä päätöksillä, ilman tieliikenteen lisätoimia. Valmiuspaketin toimeenpanon yhteydessä on luontevaa tarkistaa myös jakeluelvoitteen ja lisävelvoitteen osuuksia sekä sakkotasoa markkinakehityksen mukaisesti.

RED II -direktiivi ja kansalliset jakeluelvoitteet ovat luoneet lähes 6 miljoonan tonnin kysynnän kehittyneille biopolttoaineille Euroopassa vuonna 2030 ja 3 – 4 kertaiset hintatasot fossiiliin polttoaineisiin verrattuna. Vahvoista markkina-ajureista huolimatta, kehittyneiden biopolttoaineiden projektit eivät ole edenneet toivotussa aikataulussa. Kehittyneiden biopolttoaineiden ja RFNBO-polttoaineiden kapasiteetin kehitys on kriittistä sekä Suomen että

laajemmin Euroopan unionin liikenteen päästövähennysten kannalta. Ilman polttoaineiden tuotantoa ei tulla saavuttamaan tavoiteltuja päästövähennyksiä. Kesän valmiuspaketti avasi suurimman osan tieliikenteen päästövähennyksiä koskevista säädöksistä, mikä heikentää toimialan ennustettavuutta ja lyhyen tähtäimen investointiympäristöä. Kehittyneiden ja RFNBO-polttoaineiden lisätukea tarvitaan, että uudet teknologiat kaupallistuisivat nopeammin. AFRY suositteleeekin panostamaan konkreettisiin toimiin, jotka tukisivat sekä investointeja kehittyneiden biopolttoaineiden ja RFNBO-polttoaineiden tuotantoon, että HVO raaka-aineiden lisäyksellisyyttä vielä tämän hallituskauden aikana, jotta laitokset ehtivät käynnistyä hyvissä ajoin ennen vuotta 2030.

## 8 Johtopäätökset

Tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida Suomen jakeluvuorituksen vuoden 2030 vuoritusasteen nostamista valtioneuvoston periaatepäätöksessä esitettyyn 34 prosenttiin tai sitäkin korkeammaksi, mikäli uusiutuvan dieselin ja biokaasun saatavuus kotimaisella kestäväällä tuotannolla vahvistuu ja investoinnit sähköpolttoaineiden teollisen mittakaavan tuotantoon edistyvät. Työssä on 34 prosentin vuoritusasteen lisäksi arvioitu 40 prosentin vuoritusastetta, uusiutuvien polttoaineiden saatavuutta, raaka-aineiden kestävyttä, syrjäytysvaikutuksia ja alkuperää, kansallisia sakkotasoja, polttoaineiden hintoja ja kustannuksia niin loppukäyttäjälle kuin vaikutuksia kansantalouteen ja valtiontalouteen nykyisen lainsäädännön puitteissa eikä 55-valmiuspaketin vaikutuksia jakeluvuoritukseen ole arvioitu laajemmin.

Uusiutuvien polttoaineiden tuotanto oli maailmanlaajuisesti noin 146 miljoonaa tonnia vuonna 2020, josta etanolin ja FAME-biodieselin osuus oli 95 prosenttia. Drop-in polttoaineiden maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti on lähes kokonaan HVO-polttoaineita ja sen on ennustettu olevan tänä vuonna 9 miljoonaa tonnia, kun taas kehittyneiden biopolttoaineiden kapasiteetti on noin 1 miljoonaa tonnia. Työssä arvioitiin uusiutuvien polttoaineiden tuotannon kehitystä julkaistujen projektitietojen perusteella. Drop-in polttoaineiden globaalinen kapasiteetti on ennustettu kasvavan jopa 44 miljoonaan tonniin vuoteen 2030 mennessä, jos kaikki hankkeet toteutuvat suunnitellusti. Kehittyneistä biopolttoaineista on odotettavissa niukkuutta, sillä niiden maailmanlaajuinen tuotantokapasiteetti kasvaa projektien perusteella 6 miljoonaan tonniin, joka vastaa yksin Euroopan ennustettua kysyntää. RFNBO-hankkeiden yhteenlasketut kapasiteetit saavuttavat vain 0,5 miljoonaa tonnin tason vuoteen 2030 mennessä. Kotimaisten toimijoiden suunnittelema tuotanto Suomessa ylittää kotimaisen kysynnän myös tarkastellulla 40 prosentin vuoritusasteella, mikäli kaikki harkinnassa olevat projektit toteutuvat aikataulussa. Vuoden 2020 kotimaisesta biokaasutuotannosta vain 13 prosenttia kului liikennekäyttöön.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin uusiutuvan dieselin ja biodieselin raaka-aineita, sillä HVO-polttoaineet ovat edellä esitetyn tuotantotarkastelun perusteella keskeisessä roolissa Suomen jakeluvuorituksen täytössä vuoteen 2030 saakka. Suomen biopolttoaineiden raaka-aineet eivät ole julkista tietoa, mutta raaka-ainetiedot julkistaneissa Ruotsissa ja Alankomaissa kotimaisten raaka-aineiden osuus oli tuoreimmissa tilastoissa vain 7 ja 6 prosenttia.

Kasviöljyjen saatavuus maailmassa on noin 210 miljoonaa tonnia ja jätteisiin sekä tähteisiin perustuvien HVO-raaka-aineiden saatavuus noin 35 miljoonaa tonnia. Ruoka-, kemian- ja energiateollisuus käyttävät osin samoja raaka-aineita kuin uusiutuvien HVO-polttoaineiden tuottajat. Suomen jakeluvuorituksen nosto lisäisi liite IX A- ja B-osan raaka-aineiden käyttöä, koska ravinto- ja rehukasvien enimmäisosuus on Suomessa rajattu 2,6 prosenttiin vuodesta 2021 alkaen.

Tässä selvityksessä tarkasteltiin kymmentä (Alankomaat, Espanja, Iso-Britannia, Italia, Norja, Puola, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi) uusiutuvien polttoaineiden kannalta keskeistä Euroopan maata, joiden tieliikenteen polttoaineiden kulutus on arvioitu vastaavan noin 80 prosenttia koko Euroopan arvioidusta kulutuksesta vuonna 2030. Vuoritusasteet ja RED II -direktiivin implementointi kansalliseen lainsäädäntöön vaihtelevat merkittävästi näiden maiden välillä. Euroopasta ei löydy kahta maata, joilla olisi samankaltainen jakeluvuoritus, jonka takia regulaatio- ja kysyntätarkastelussa on käsitelty jokaista markkinaa erikseen. RED II ja jäsenvaltioiden kansalliset tavoitteet lisäävät pääasiallisesti kehittyneiden biopolttoaineiden ja drop-in polttoaineiden kysyntää, joiden on ennustettu vuoteen 2030 mennessä nousevan jopa 5 miljoonaan ja 11 miljoonaan öljykvivalenttonniin tarkastelluissa



Euroopan maissa. Kysyntä ja tarjonta sekä sakkotasot, jotka vaihtelevat merkittävästi tarkasteltujen maiden välillä määrittelevät uusiutuvien polttoaineiden hinnat tarjontarajoitteisella markkinalla.

Työssä on myös vertailtu vaikutusarvioiden muutoksia, mikäli nosto toteutettaisiin kehittyneiden biopolttoaineiden lisävelvoitteella. Työssä tutkittiin jakeluelvoitteen noston vaikutuksia valtiontaloudelle, eri sektoreille ja kuluttajalle. Laskelmat perustuivat polttoaineiden hintaennustuksiin ja niissä on havainnollistettu millaisia kustannusvaikutuksia jakeluelvoitteen nostolla olisi suurimmillaan eri toimijoille. Laskelmiin perustuen dieselin pumppuhinnan arvioidaan nousevan 45 – 65 snt/litra vuoteen 2030 mennessä, josta jakeluelvoitteen noston vaikutus olisi 13 – 25 snt/l. Kaasun pumppuhintojen arvioidaan nousevan maltillisemmin kuin dieselin, jolloin (bio-) LNG:n kilpailukyky raskaassa kalustossa paranisi. Velvoitetason nosto mahdollistaa kestävätkä päästövähennykset tieliikenteessä, mutta toimintaympäristön epävarmuudet heikentävät vaikutusarvioiden luotettavuutta.

Jakeluelvoite on todettu laajasti kustannustehokkaaksi tavaksi vähentää liikenteen päästöjä. Jakeluelvoitetason nosto 34 prosenttiin vähentäisi 0,3 – 0,4 Mt CO<sub>2</sub>eq päästöjä, ja nosto 40 prosenttiin vähentäisi 0,8 – 1 Mt CO<sub>2</sub>eq päästöjä verrattuna 30 % jakeluelvoitteeseen vuonna 2030. AFRYn työryhmä suosittelee jakeluelvoitteen vuoden 2030 velvoitetason nostoa mahdollisena vaihtoehtona, jos Suomen hiilineutraalisuustavoitteet vaativat lisätoimia tieliikenteen päästöjen vähentämiseksi.

## 9 Lähteet

- 3Keel, Directorate-General for Environment, LMC International. (2018). *Study on the environmental impact of palm oil consumption and on existing sustainability standards*. Luxembourg: European Commission.
- AFRY. (2021). *AFRY analyysit*. AFRY.
- AFRY Management Consulting. (2020). *Selvitys: Uusiutuvien lentopolttoaineiden jakeluvaihto: Nykytila ja vaikutusarviot*. Valtioneuvoston selvitys.
- Aktiv. (18. 10 2021). *Crop Rotation: a good agricultural practice*. Noudettu osoitteesta Aktiv: <https://www.ptaktiv.com/en/blog/crop-rotation/>
- Airbus. (14. 11 2021). *Key figures*. Noudettu osoitteesta Airbus: <https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a350/a350-900>
- Alfa Laval. (27. 10 2021). *POME treatment*. Noudettu osoitteesta Alfa Laval: <https://www.alfalaval.com/industries/food-dairy-beverage/food-processing/fat-and-oil-processing/palm-oil-processing/pome-treatment/>
- All About Feed. (18. 11 2019). *Pongamia trees: For more beans per acre*. Noudettu osoitteesta All About Feed: <https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/pongamia-trees-for-more-beans-per-acre/>
- All about feed. (18. 10 2021). *Pongamia trees: For more beans per acre*. Noudettu osoitteesta All about feed: <https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/pongamia-trees-for-more-beans-per-acre/>
- All About Feed. (18. 11 2021). *Pongamia trees: For more beans per acre*. Noudettu osoitteesta All About Feed: <https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/pongamia-trees-for-more-beans-per-acre/>
- Argus. (26. 10 2021). *SE Asian POME sellers seek support from EU legislators*. Noudettu osoitteesta Argus media: <https://www.argusmedia.com/en/news/2218296-se-asian-pome-sellers-seek-support-from-eu-legislators>
- Autoalan Tiedotuskeskus. (1. 11 2021). *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vähenivät Suomessa vuonna 2020 noin 8 prosentilla*. Noudettu osoitteesta Autoalan Tiedotuskeskus: [https://www.aut.fi/ajankohtaista/uutiset/liikenteen\\_kasvihuonekaasupaastot\\_vahenivat\\_suomessa\\_vuonna\\_2020\\_noin\\_8\\_prosentilla.3181.news](https://www.aut.fi/ajankohtaista/uutiset/liikenteen_kasvihuonekaasupaastot_vahenivat_suomessa_vuonna_2020_noin_8_prosentilla.3181.news)
- Aveno Lipid Solutions. (16. 10 2021a). *The world of animal fats (part 2)*. Noudettu osoitteesta Aveno: <https://www.aveno.be/2020/04/the-world-of-animal-fats-part-2.html>
- Aveno Lipid Solutions. (27. 10 2021b). *The world of animal fats (part 1)*. Noudettu osoitteesta Aveno Lipid Solutions: <https://www.aveno.be/2020/02/the-world-of-animal-fats-part-1.html>
- Axens. (1. 11 2021). *BioTfuel® project: Success of the test program and entry into the industrialization and commercialization phase of this technology to produce advanced biojet*. Noudettu osoitteesta Axens: <https://www.axens.net/resources-events/news/pr-biotfuelr-project-success-test-program-and-entry-industrialization-and>

- Biodiesel Magazine. (12. 10 2021). *USDA predicts increase in soybean oil use for biofuel.* Noudettu osoitteesta Biodiesel Magazine: <http://www.biodieselmagazine.com/articles/2517550/usda-predicts-increase-in-soybean-oil-use-for-biofuel>
- BioEnergó. (25. 10 2021). *Bioenergó.* Noudettu osoitteesta Bioenergó: <https://bioenergó.fi/en/home/>
- Bioenergy Australia. (18. 10 2021). *World first US-Australia biofuel flight takes off.* Noudettu osoitteesta Bioenergy Australia: <https://www.bioenergyaustralia.org.au/news/world-first-us-australia-biofuel-flight-takes-off/>
- Bioenergy International. (18. 10 2021a). *Green Fuels and INOCAS announce Macaúba value-chain collaboration.* Noudettu osoitteesta Bioenergy International: <https://bioenergyinternational.com/feedstock/green-biofuels-and-inocas-announce-brazilian-macauba-value-chain-collaboration>
- Bioenergy International. (18. 10 2021b). *Investancia to plant 50 million Pongamia trees in landmark deal with ECB Group.* Noudettu osoitteesta Bioenergy International: <https://bioenergyinternational.com/feedstock/investancia-to-plant-50-million-pongamia-trees-in-landmark-deal-with-ecb-group>
- Cargill. (27. 10 2021). *Sustainable Soy.* Noudettu osoitteesta Cargill: [https://www.cargill.com/cs/Satellite?c=Page&childpagename=CCOM%2FPage%2FCOM%2FCCOM\\_GeneralPage%2FNav1Layout&cid=1432081620282&pagename=CCOM\\_Wrapper](https://www.cargill.com/cs/Satellite?c=Page&childpagename=CCOM%2FPage%2FCOM%2FCCOM_GeneralPage%2FNav1Layout&cid=1432081620282&pagename=CCOM_Wrapper)
- Cartea, E.;De Haro-Bailon, A.;Padilla, G.;Obergon-Cano, S.;del Rio-Celestionó, M.;& Ordas, A. (2019). Seed Oil Quality of Brassica napus and Brassica rapa Germplasm from Northwestern Spain. *Foods*. 2019 Aug; 8(8): 292.
- Cerulogy. (2017). *Waste not want not.* Cerulogy and the International Council on Clean Transportation.
- Cerulogy and the International Council on Clean Transportation . (2017). *Waste not want not.* Cerulogy.
- Clariant. (1. 11 2021). *Clariant completes construction of first commercial sunliquid cellulosic ethanol plant in Podari, Romani.* Noudettu osoitteesta Clariant: <https://www.clariant.com/en/Corporate/News/2021/10/Clariant-completes-construction-of-first-commercial-sunliquid-cellulosic-ethanol-plant-in-Podari-Rom>
- Climate Investment Funds. (2020). *Building a Sustainable MacaubaBased Silvopastoral System and.* Climate Investment Funds.
- CME Group. (11. 10 2020). *Can restaurant waste oil help reduce climate change?* Noudettu osoitteesta Reuters: <https://www.reuters.com/article/sponsored/restaurant-oil-climate-change>
- CME Group. (11. 10 2021). *Can restaurant waste oil help reduce climate change?* Noudettu osoitteesta Reuters: <https://www.reuters.com/article/sponsored/restaurant-oil-climate-change>
- Colombo, C.;Berton, L.;Diaz, B.;& Ferrari, R. (2017). Macauba: a promising tropical palm for the production. *EDP Sciences*.

- Department for Transport. (15. 10 2021a). *Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) guidance: 2020*. Noudettu osoitteesta gov.uk: <https://www.gov.uk/government/publications/renewable-transport-fuel-obligation-rtfo-guidance-2020/rtfo-guidance-feedstocks-including-wastes-and-residues>
- Department for Transport. (2021b). *Renewable Transport Fuel Obligation Annual Report 2019*. Department for Transport.
- Deutscher Bundestag. (2021). *Tagesordnung - Öffentliche Anhörung*. Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.
- Dolah, R.;& Karnik, R. H. (2021). A Comprehensive Review on Biofuels from Oil Palm Empty Bunch (EFB): Current status, Potential, Barriers and Way Forward. *Sustainability 13, 10210*, <https://doi.org/10.3390/su131810210>.
- Dolah, R.;Karnik, R.;& Hamdan, H. (2021). A Comprehensive Review on Biofuels from Oil Palm Empty Bunch (EFB): Current status, Potential, Barriers and Way Forward. *Sustainability 13, 10210*, <https://doi.org/10.3390/su131810210>.
- EFPRA. (2015). *Statistical overview of the animal by-products industry in the EU in 2014*. EFPRA.
- EFPRA. (2016). *Reidnering in numbers infographic*. EFPRA.
- EIA. (2021a). *Monthly Biodiesel Production Survey*. U.S. Energy Information Administration.
- EIA. (2021b). *Monthly Energy Review*. U.S. Energy Information Administration.
- EIA. (2021c). *U.S. Inputs to biodiesel production*. U.S. Energy Information Administration.
- EIA. (16. 10 2021d). *Soybean oil comprises a larger share of domestic biodiesel production*. Noudettu osoitteesta EIA: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39372>
- Energiavirasto. (2014). *Päätös toiminnanharjoittajan kestävyysjärjestelmän hyväksymisestä*. Energiavirasto.
- Energiavirasto. (21. 10 2021a). *Energiavirasto vahvisti ravinto- ja rehukasveista tuotettujen biopolttoaineiden ja biokaasun enimmäisosuuden määräksi 2,6 prosenttiyksikköä*. Noudettu osoitteesta Energiavirasto: <https://energiavirasto.fi/-/energiavirasto-vahvisti-ravinto-ja-rehukasveista-tuotettujen-biopolttoaineiden-ja-biokaasun-enimmaisosuuden-maaraksi-2-6-prosenttiyksikköä>
- Energiavirasto. (26. 10 2021b). *Kestävyys ja liikennepolttoaineiden päästöjen vähentäminen*. Noudettu osoitteesta Energiavirasto: <https://energiavirasto.fi/biomassojen-ja-biopolttoaineiden-kestavyys>
- Energimyndigheten. (2020). *Drivmedel 2019*. Bromma: Statens energimyndighet.
- Eni. (2020). *Eni SpA Ordinary and Extraordinary Shareholder's Meeting*. Eni.
- Eni. (27. 10 2021). *Deal between Eni and RenOils to boost collection of used food oil and oil used for frying*. Noudettu osoitteesta Eni: <https://www.eni.com/en-IT/media/press-release/2019/02/deal-between-eni-and-renoils-to-boost-collection-of-used-food-oil-and-oil-used-for-frying.html>
- Espí, E.;Ribas, Í.;Díaz, C.;& Sastrón, Ó. (2020). Feedstocks for Advanced Biofuels. *Sustainable Mobility, IntechOpen*, DOI: 10.5772/intechopen.91006.

- EURACTIV. (27. 10 2021a). *Investing in consumer 'proximity' to produce biodiesel from UCO*. Noudettu osoitteesta EURACTIV: <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/investing-in-consumer-proximity-to-produce-biodiesel-from-uco/>
- EURACTIV. (27. 10 2021b). *EU lacks 'complete overview' about used cooking oil origins*. Noudettu osoitteesta EURACTIV: <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/eu-lacks-complete-overview-about-used-cooking-oil-origins/>
- Euroopan komissio. (2011). *Asetus (EU) 142/2011*. Euroopan unionin virallinen lehti.
- Euroopan komissio. (2018). *Study to support the impact assessment of the initiative to limit industrial trans fats in the EU*. Brussels: Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (2020). *Heavy-duty vehicles CO2 emissions: EU policy context*. Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (21. 10 2021a). *CO2 emission performance standards for cars and vans*. Noudettu osoitteesta Euroopan komissio: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission\\_fi](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission_fi)
- Euroopan komissio. (2021b). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2018/2001, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/1999 ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 98/70/EY muuttamisesta uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämi*. Bryssel: Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (21. 10 2021c). *Reducing CO2 emissions from heavy-duty vehicles*. Noudettu osoitteesta Euroopan komissio: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions_en)
- Euroopan komissio. (2021d). *Regulation of the European Parliament and of the council*. Brussels: Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (2021d). *Regulation of the European parliament and of the council on ensuring a level playing field for sustainable air transport*. Bryssel: Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (2021e). *Regulation of the European parliament and of the council on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending*. Bryssel: Euroopan komissio.
- Euroopan komissio. (21. 10 2021g). *Vehicle Energy Consumption calculation TOol - VECTO*. Noudettu osoitteesta Euroopan komissio: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/vehicle-energy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/vehicle-energy_en)
- Euroopan komissio. (2021h). *Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle*. Bryssel: Euroopan komissio.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. ((EU) 2018/851). Euroopan parlamentti ja neuvosto.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2009). *Asetus (EY) 1069/2009*. Euroopan unionin virallinen lehti.

- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2018). *Direktiivi (EU) 2018/2011*. Euroopan unionin virallinen lehti.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2019). *Direktiivi (EU) 2018/2001*. Euroopan unionin virallinen lehti.
- FAO. (2019). *Standard for named vegetable oils CXS 210-1999*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (6. 10 2021a). *Modern Oil Palm Cultivation*. Noudettu osoitteesta FAO: <http://www.fao.org/3/t0309e/T0309E01.htm#ch1.3>
- FAO. (2021b). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030*. Paris, France: FAO.
- Farm Europe. (27. 10 2021). *Palm oil from deforested areas defrauds EU certification*. Noudettu osoitteesta Farm Europe.
- Fediol. (2021). *Vegetable oils production, imports, exports and consumption*. Fediol.
- Forest News. (18. 10 2021). *Pongamia: Potential benefits for restoration and bioenergy in Indonesia*. Noudettu osoitteesta Forest News: <https://forestsnews.cifor.org/71875/pongamia-potential-benefits-for-restoration-and-bioenergy-in-indonesia?fnl=>
- Gasum. (22. 10 2021). *Gasum ja Oulun Energia suunnittelevat uuden biokaasulaitoksen rakentamista Ouluun – sekajätteen joukkoon päätyvä biohajoava jäte biokaasuksi*. Noudettu osoitteesta Gasum: <https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/medialle/uutiset/2020/gasum-ja-ouluun-energia-suunnittelevat-uuden-biokaasulaitoksen-rakentamista-ouluun--sekajatteen-joukkoon-paatyva-biohajoava-jate-biokaasuksi/>
- George, S.;Seepaul, R.;Geller, D.;Dwivedi, P.;Dilorenzo, N.;Altman, R.;. . . Philippidis, G. (2021). A regional inter- disciplinary partnership focusing on the development of a carinata- centered bioeconomy. *GCB Bioenergy.*, 2021;13:1018–1029.
- Golden Agri-Resources. (2021). *PFAD Factsheet*. Singapore: Golden Agri-Resources.
- Greenea. (2016). *Analysis of hte current development of household UCO collection systems in the EU*. European Waste-to-Advanced Biofuels Association.
- Greenea. (27. 10 2021). *And do you recycle your used cooking oil at home?* Noudettu osoitteesta Greenea: <http://www.greenea.com/publication/and-do-you-recycle-your-used-cooking-oil-at-home/>
- Heilä, J. (2019). *Keskitetty biokaasulaitos Seinäjoelle*.
- Honkajoki. (2019). *Vastuullisuusraportti*. Honkajoki.
- Honkajoki. (2020). *Vastuullisuusraportti*. Honkajoki.
- Hosseini , S.;& Wahid, M. (2015). Pollutant in palm oil production process. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65:7, 773-781.
- ICCT. (2016). *Ecological impacts of palm oil expansion in Indonesia*. The International Council on Clean Transportation.
- ICCT. (27. 10 2021). *Kein cap? There's more than meets the eye with the EU's waste fats and oils limit*. Noudettu osoitteesta the International Council on Clean

Transportation: <https://theicct.org/blog/staff/eu-alternative-fuels-oils-limit-20191119>

ICCT, IEEP, NNFCC. (2016). *WASTED Europe's untapped resource*. the International Council on Clean Transportation.

IEA. (2021). *World Energy Outlook 2021*. Paris: IEA.

IFFO. (16. 10 2021). *Global Food Security*. Noudettu osoitteesta IFFO: <https://www.iffocom.com/global-food-security>

Indonesian Palm Oil Association. (6. 10 2021). *Palm Oil Industry Moving Toward Net-Zero Emissions*. Noudettu osoitteesta Indonesian Palm Oil Association: <https://gapki.id/en/news/20543/palm-oil-industry-moving-toward-net-zero-emissions>

INOCAS. (2015). *Macauba - Plant Oil with Impact*. Innovative oil and carbon solutions.

INOCAS. (18. 10 2021). INOCAS. Noudettu osoitteesta Home: <https://www.inocas.com.br/>

Laki 446/2007, 446/2007 (Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä 2007).

Liew, W.;Kassim, M.;Muda, K.;Loh, S.;& Affam, A. (2015). Conventional methods and emerging wastewater polishing technologies for palm oil mill effluent treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, Volume 149, Pages 222-235.

Lihatiedotus. (21. 10 2021). *Lihantuotanto Suomessa*. Noudettu osoitteesta Lihatiedotus: <https://www.lihatiedotus.fi/tilastotietoa/lihantuotanto-suomessa-2.html>

LUKE. (22. 10 2021a). *Biokaasun tuotanto maatalouden sivuvirroista ympäristöhyötyjä ja resurssitehokkuutta*. Noudettu osoitteesta Luke: <https://www.luke.fi/blogi/blogi-biokaasun-tuotanto-maatalouden-sivuvirroista-ymparistohyotyja-ja-resurssitehokkuutta/>

LUKE. (26. 10 2021b). *Rypsin ja rapsin tuotantovolyymit*. Noudettu osoitteesta LUKE: [https://www.luke.fi/ruokafakta/peltomaan\\_kasvit/rypsin-ja-rapsin-tuotantovolyymit/](https://www.luke.fi/ruokafakta/peltomaan_kasvit/rypsin-ja-rapsin-tuotantovolyymit/)

LUKE. (1. 11 2021c). *Biokaasun tuotanto maatalouden sivuvirroista – ympäristöhyötyjä ja resurssitehokkuutta*. Noudettu osoitteesta LUKE: <https://www.luke.fi/blogi/blogi-biokaasun-tuotanto-maatalouden-sivuvirroista-ymparistohyotyja-ja-resurssitehokkuutta/>

LUKE. (2021d). *Raakapuuta käytettiin 78 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2020 – metsähakkeen merkitys kasvoi*. LUKE.

Maaseudun tulevaisuus. (18. 10 2021). *Neste Oil ei rakenna olkidiesellaitosta*. Noudettu osoitteesta Maaseudun tulevaisuus: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/politiikka-talous/neste-oil-ei-rakenna-olkidiesellaitosta-1.72064>

Malaysian Palm Oil Board. (6. 10 2021). *About Palm Oil*. Noudettu osoitteesta MPOC: <http://mpoc.org.my/about-palm-oil/>

Malaysian Palm Oil Board. (6. 10 2021). *Malaysian Palm Oil Industry*. Noudettu osoitteesta Malaysian Palm Oil Board: <http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>

- Miljødirektoratet. (15. 10 2021a). *Biodrivstoff*. Noudettu osoitteesta Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fornybar-energi/biodrivstoff/>
- Miljødirektoratet. (15. 10 2021b). *Ny klassifisering av PFAD fra 1. januar 2017*. Noudettu osoitteesta Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2016/april-2016/ny-klassifisering-av-pfad-fra-1.-januar-2017/>
- MPOC. (11. 10 2021). *Overview Of The Global Palm Oil Sector In 2020 And Outlook For 2021*. Noudettu osoitteesta MPOC: <http://mpoc.org.my/overview-of-the-global-palm-oil-sector-in-2020-and-outlook-for-2021/>
- Myllykosken Bioetanoli Oy. (18. 10 2021). *Myllykosken Bioetanoli Oy:n olkietanolilaitos*. Noudettu osoitteesta Myllykosken Bioetanoli Oy: <https://www.mbio.fi/>
- NC Soybean Producers Association. (16. 10 2021). *Uses of Soybeans*. Noudettu osoitteesta NCSOY: <https://ncsoy.org/media-resources/uses-of-soybeans/>
- Nederlandse Emissieautoriteit. (2021). *Rapportage Energie en Vervoer 2020*. Nederlandse Emissieautoriteit.
- Neste. (2018). *Neste-lead project verified 50% methane emission reduction at palm oil mills*. Neste.
- Neste. (16. 10 2021a). *Neste ja Hesburger aloittavat merkittävän kiertotalousyhteistyön*. Noudettu osoitteesta Neste: <https://news.cision.com/fi/neste/r/neste-ja-hesburger-aloittavat-merkittavan-kiertotalousyhteistyon---yli-300-ravintolan-paistooljy-uus,c3434597>
- Neste. (18. 10 2021b). *Neste Oil ja Raisioagro tutkivat oljen hyödyntämistä uusiutuvan polttoaineen raaka-aineena*. Noudettu osoitteesta Neste: <https://www.neste.com/fi/neste-oil-ja-raisoagro-tutkivat-oljen-hy%C3%B6dynt%C3%A4mist%C3%A4-uusiutuvan-polttoaineen-raaka-aineena>
- Neste. (22. 10 2021c). *Nesteen liiketoiminta-alustojen innovaatiohankkeet etenevät luoden pohjaa uusiutuvien ja kiertotalousratkaisuiden tulevaisuuden kasvulle*. Noudettu osoitteesta Neste: <https://news.cision.com/fi/neste/r/nesteen-liiketoiminta-alustojen-innovaatiohankkeet-etenevat-luoden-pohjaa-uusiutuvien-ja-kiertotalou,c3359702>
- Neste. (2021d). *Nesteen vastuullisuusraportti 2020*. Neste.
- Neste. (2021e). *Nesteen yritysesite 2021*. Neste.
- Neste. (28. 10 2021f). *PFAD residue from palm oil refining*. Noudettu osoitteesta Neste: <https://www.neste.com/products/all-products/raw-materials/pfad-residue-palm-oil-refining#93cd83ce>
- Neste. (28. 10 2021g). *Waste and residue as raw materials*. Noudettu osoitteesta Neste: <https://www.neste.com/products/all-products/raw-materials/waste-and-residues#93cd83ce>
- Neste. (2021h). *Neste Capital Markets Day 2021*. Neste.
- Netherlands Emissieautoriteit. (2016). *Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2015*. Nederlandse Emissieautoriteit.



- Nederlandse Emissieautoriteit. (2020). *Rapportage Energie voor Vervoer 2019*. Nederlandse Emissieautoriteit.
- NordFuel. (25. 10 2021). *Biorefinery*. Noudettu osoitteesta Nordfuel: <https://nordfuel.fi/en/biorefinery/>
- NRCS. (2009). *Rotations for Soil Fertility*. Natural Resources Conservation Service. Noudettu osoitteesta Natural Resources Conservation Service.
- OECD, FAO. (2018). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. OECD, FAO.
- Osman, N.;Ujang, F.;Roslan, A.;Ibrahim, M.;& Hassan, M. (2020). The effect of Palm Oil Mill Effluent Final Discharge on the Characteristics of *Pennisetum purpureum*. *Scientific Reports volume 10, Article number: 6613*, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62815-0>.
- Osman, N.;Ujang, F.;Roslan, A.;Ibrahim, M.;& Hassan, M. (2020). The effect of Palm Oil Mill Effluent Final Discharge on the Characteristics of *Pennisetum purpureum*. *Pennisetum purpureum. Sci Rep 10, 6613*.
- Palmoil Investigations. (16. 10 2021). *What is palm oil?* Noudettu osoitteesta Palmoil Investigations: <https://www.palmoilinvestigations.org/about-palm-oil.html>
- Preem. (2021). *Sustainability Report 2020*. Preem.
- Pilorgé, E. (2020). Sunflower in the global vegetable oil system: situation,. *OCL, Volume 27*, <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>.
- Preem. (2021). *Sustainability Report 2020*. Preem.
- PT Indo Energy Solutions. (2019). *POME - A Valuable Renewable Energy Resource*. Jakarta: PT Indo Energy Solutions.
- Rainforest Foundation Norway - Aviation biofuels,vegetable oil and land use change. (2019). *Destination deforestation* . Rainforest Foundation Norway.
- Rainforest Foundation Norway. (2019). *Aviation biofuels,vegetable oil and land use change*. Rainforest Foundation Norway.
- Renewable Energy Group. (27. 10 2021). *Busting biodiesel myths*. Noudettu osoitteesta Renewable Energy group: <https://www.regi.com/blogs/blog-details/resource-library/2019/10/04/busting-biodiesel-myths>
- Rijkdienst voor Ondernemend Nederland voor het Ministerie van I&W. (2021). *Factsheet restproducten palmolieproductie*. Rijkdienst voor Ondernemend Nederland voor het Ministerie van I&W.
- Ritchie, H.;& Roser, M. (2021). *Forests and Deforestation*. OurWorldInData.org.
- Ruokavirasto. (16. 10 2021). *Palmuöljy*. Noudettu osoitteesta Ruokavirasto: <https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/ravitsemus/palmuoljy/>
- Sekab. (25. 10 2021). *Sekab is the technology supplier in Finland's investment in bioethanol*. Noudettu osoitteesta Sekab: <https://www.sekab.com/en/products-services/product/project-nordfuel/>
- SER. (2020). *Biomass in the balance*. Sociaal-Economische Raad.

- Sipilä, E.;Kiuru, H.;Jokinen, J.;Saarela, J.;Saara, T.;Marita, L.;& Petteri, P. (2018). *Biopolttoaineiden kustannustehokkaat toteutuspolut vuoteen 2030*. Valtioneuvoston kanslia.
- SPOTT. (10. 27 2021). *Environmental impacts*. Noudettu osoitteesta SPOTT: <https://www.spott.org/palm-oil-resource-archive/impacts/environmental/>
- St1. (2021). *SCA ja St1 ovat perustaneet yhteisyrityksen tuottamaan ja kehittämään nestemäisiä biopolttoaineita*. St1.
- Statens energimyndighet. (2014). *Drivmedel 2013*. Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet. (2017). *Drivmedel 2016*. Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet. (2018). *Drivmedel 2017 redovisning av uppgifter enligt drivmedelslagen och hållbarhetslagen*. Bromma: Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet. (2019). *Drivmedel 2018*. Bromma: Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet. (2020). *Drivmedel 2019*. Bromma: Statens energimyndighet.
- Statens energimyndighet. (2021). *Drivmedel 2020*. Statens energimyndighet.
- Suomen Biokierto & Biokaasu ry. (22. 10 2021a). *Tuotanto*. Noudettu osoitteesta Biokierto: <https://biokierto.fi/biokaasu/tuotanto/>
- Suomen Biokierto & Biokaasu ry. (1. 11 2021b). *Mediatiedote: Kotimaisen biokaasun 2030 tavoitteeksi 4 TWh*. Noudettu osoitteesta Biokierto: <https://biokierto.fi/mediatiedote-kotimaisen-biokaasun-2030-tavoitteeksi-4-twh/>
- Talousvaliokunta. (21. 10 2021). *TaVM 17/2021 vp - HE 48/2021 vp*. Noudettu osoitteesta Edilex: <https://www.edilex.fi/mt/tavm20210017>
- Tilastokeskus. (2021a). *Biokaasun tuotanto ja kulutus laitostyypeittäin 2017-2020*. Tilastokeskus.
- Tilastokeskus. (2021b). *Liikenteen energiankulutus, 1990-2020*. Tilastokeskus.
- Tilastokeskus. (2021c). *Suomen kasviuonekaasupäästöt 2020*. Tilastokeskus.
- Toldrá-Reig, F.;Mora, L.;& Toldrá, F. (2020). Trends in Biodiesel Production from Animal FatWaste. *MDPI*.
- Traficom. (1. 11 2021). *Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen*. Noudettu osoitteesta Traficom: <https://www.traficom.fi/fi/polttoainekustannusvertailu>
- Transport & Environment. (21. 10 2021a). *Europe's surging demand for used cooking oil could fuel deforestation*. Noudettu osoitteesta Transport Environment: <https://www.transportenvironment.org/discover/europes-surgings-demand-used-cooking-oil-could-fuel-deforestation/>
- Transport & Environment. (27. 10 2021b). *Is soy the new palm oil?* Noudettu osoitteesta Transport Environment: <https://www.transportenvironment.org/discover/soy-new-palm-oil/>
- Transport & Environment. (27. 10 2021c). *Oil major Total undermining French palm oil diesel law with doublespeak*. Noudettu osoitteesta Transport Environment: <https://www.transportenvironment.org/discover/oil-major-total-undermining-french-palm-oil-diesel-law-doublespeak/>

- Transport&Environment. (5. 11 2019). Noudettu osoitteesta <https://www.transportenvironment.org/discover/worlds-biggest-truckmaker-rules-out-gas-trucks-pursuing-carbon-neutrality/>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2021). *Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräiksi muiksi laeiksi*. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- U.S. Energy Information Administration. (16. 10 2021a). *Soybean oil comprises a larger share of domestic biodiesel production*. Noudettu osoitteesta EIA: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39372>
- U.S. Energy Information Administration. (2021b). *U.S. Inputs to biodiesel production*. U.S. Energy Information Administration.
- UFOP. (2017). *Supply report 2016/2017*. Berlin: UFOP.
- UFOP. (2021). *Report on global market supply*. Berlin: UFOP.
- UNDP. (2020). *Mapping the Palm Oil Value Chain*. UNDP.
- UPM. (18. 10 2021a). *Brassica carinata - a new profitable winter crop alternative*. Noudettu osoitteesta UPM: <https://www.upm.com/news-and-stories/articles/2018/06/brassica-carinata--a-new-profitable-winter-crop-alternative/>
- UPM. (18. 10 2021b). *Carinata farms absorb carbon dioxide from the atmosphere*. Noudettu osoitteesta UPM: <https://www.upm.com/news-and-stories/articles/2019/07/carinata-farms-absorb-carbon-dioxide-from-the-atmosphere/>
- UPM. (27. 10 2021c). *Hyödynämme olemassa olevia raaka-aineita kestävästi*. Noudettu osoitteesta UPM Biopolttoaineet: <https://www.upmbiofuels.com/fi/kestava-valinta/kestavat-raaka-aineet/>
- UPM. (22. 10 2021d). *Tätä on UPM Biopolttoaineet*. Noudettu osoitteesta UPM: <https://www.upmbiofuels.com/fi/upm-biopolttoaineet/>
- UPM. (22. 10 2021e). *UPM Biopolttoaineet*. Noudettu osoitteesta UPM: <https://www.upm.com/fi/liiketoiminnot/upm-biopolttoaineet/>
- USDA. (2019). *EU Biofuels Annual 2019*. USDA.
- USDA. (2020a). *Grain Crushings and Co-Products Production*. United States Department of Agriculture.
- USDA. (2020b). *Brazil, Biofuels Annual*. USDA Foreign Agricultural Service.
- USDA. (2020c). *Biofuels Annual, Malaysia*. Kuala Lumpur: USDA Foreign Agricultural Service.
- USDA. (2021a). *Oilseeds: World Markets and Trade*. United States Department of Agriculture.
- USDA. (2021b). *Biofuels Annual, European Union*. USDA.
- USDA. (2021c). *Argentina, Biofuels Annual*. USDA Foreign Agricultural Service.
- USDA. (2021d). *Biofuels Annual, Indonesia*. Jakarta: USDA Foreign Agricultural Service.
- USDA. (2021e). *Biofuels Annual, Thailand*. Bangkok: USDA Foreign Agricultural Service.

- Valin, H.;Daan, P.;Maarten, v.;Stefan, F.;Petr, H.;Nicklas , F.;& Carlo, H. (2015). *The land use change impact of biofuels consumed in the EU*. ECOFYS Netherlands B.V.
- Valio. (22. 10 2021). *Valio ja St1 tuottamaan biokaasua lannasta – uusi pelinavaus liikenteen päästöjen pienentämiseksi*. Noudettu osoitteesta Valio: <https://www.valio.fi/yritys/media/uutiset/valio-ja-st1-tuottamaan-biokaasua-lannasta-uusi-pelinavaus-liikenteen-paastojen-pienentamiseksi/>
- World Economic Forum. (2020). *Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation*. Geneva: World Economic Forum.
- WWF. (27. 10 2021a). *What is Palm Oil?* Noudettu osoitteesta WWF: <https://www.wwf.org.au/what-we-do/food/palm-oil#gs.epgy08>
- WWF. (27. 10 2021b). *Sustainable Agriculture - Soy*. Noudettu osoitteesta WWF: <https://www.worldwildlife.org/industries/soy>
- Xu, H.;Lee, U.;& Wang, M. (2020). Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions of palm fatty acid distillate derived renewable diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 134, 110144*, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110144>.
- Yao, Y.;You, Q.;Duan, G.;Ren, J.;Chu, S.;Zhao, J.;. . . Zhou, X. (2020). Quantitative trait loci analysis of seed oil content and composition of wild and cultivated soybean. *BMC Plant Biology volume 20, Article number: 51*, <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2199-7>.

## 10 Liitteet

*Liite 1 Toimijahaastatteluiden kysymykset*

### **Haastattelukysymykset**

Miten näette jakeluvuorituksen ehdotetut tasot (30 %, 34 % ja 40 %)?

Miten arvioisitte jakeluvuorituksen eri tasojen kustannusvaikutuksia?

Miten näette kotimaisen tuotantokapasiteetin kehittymisen seuraavan kymmenen vuoden aikana?

Miten näette biokaasun roolin jakeluvuorituksessa?

Miten näette kestävien raaka-aineiden saatavuuden?

Ruotsi kieli PFAD käytön 2019, miten näette tämän vaikuttaneen Ruotsin raaka-ainepohjaan?

Miten merkittäviksi näette uusien raaka-aineiden (kuten brassica carinata, pongamiaöljy, macaubaöljy) mahdollisuudet vuoteen 2030?

Millaisia vaikutuksia vielä valmistelussa olevilla EU-säädöksillä olisi uusiutuvien polttoaineiden markkinaan ja Suomen jakeluvuoritukseen?




## Liite 2 Polttoaineiden kuluttajahinnat vuonna 2030 eli kysyntä- ja hintaskenaarioissa

Pumppuhinta	2030 reaalin						
Dieselin hinta	30 % velvoite						
EUR/l	Veroton	Valmistevero	ALV	Yhteensä	Bio-osuus	Kehittynyt	
Perus 18 %	0,811	0,549		0,326	1,687	23,0 %	2,0 %
Perus 18 % - matala	0,678	0,549		0,294	1,521	23,0 %	2,0 %
Perus 18 % - korkea	0,971	0,549		0,365	1,885	23,0 %	2,0 %
EUR/l	Veroton	Valmistevero	ALV	Yhteensä	Bio-osuus	Kehittynyt	
Perus 30 %	1,034	0,505		0,369	1,909	39,8 %	6,2 %
Perus 30 % - matala	0,886	0,505		0,334	1,725	39,8 %	6,2 %
Perus 30 % - korkea	1,330	0,505		0,440	2,275	39,8 %	6,2 %
Perus 34 %	1,087	0,494		0,379	1,959	45,9 %	6,2 %
Perus 34 % - matala	0,935	0,494		0,343	1,771	45,9 %	6,2 %
Perus 34 % - korkea	1,405	0,494		0,456	2,354	45,9 %	6,2 %
Perus 40 %	1,165	0,476		0,394	2,035	55,1 %	6,2 %
Perus 40 % - matala	1,007	0,476		0,356	1,840	55,1 %	6,2 %
Perus 40 % - korkea	1,517	0,476		0,478	2,472	55,1 %	6,2 %
EUR/l	Veroton	Valmistevero	ALV	Yhteensä	Bio-osuus	Kehittynyt	
Perus 30 % lisävelvoite	1,034	0,505		0,369	1,909	39,8 %	12,5 %
Perus 30 % - matala	0,886	0,505		0,334	1,725	39,8 %	12,5 %
Perus 30 % - korkea	1,330	0,505		0,440	2,275	39,8 %	12,5 %
Perus 34 % lisävelvoite	1,133	0,487		0,389	2,009	45,9 %	18,6 %
Perus 34 % - matala	0,979	0,487		0,352	1,817	45,9 %	18,6 %
Perus 34 % - korkea	1,495	0,487		0,476	2,457	45,9 %	18,6 %
Perus 40 % lisävelvoite	1,282	0,458		0,418	2,159	55,1 %	27,9 %
Perus 40 % - matala	1,118	0,458		0,378	1,955	55,1 %	27,9 %
Perus 40 % - korkea	1,743	0,458		0,528	2,730	55,1 %	27,9 %
EUR/l	Veroton	Valmistevero	ALV	Yhteensä	Bio-osuus	Kehittynyt	
WAM 30 %	0,935	0,524		0,350	1,809	33,8 %	6,2 %
WAM 30 % - matala	0,793	0,524		0,316	1,633	33,8 %	6,2 %
WAM 30 % - korkea	1,164	0,524		0,405	2,092	33,8 %	6,2 %
WAM 34 %	0,987	0,512		0,360	1,859	39,9 %	6,2 %
WAM 34 % - matala	0,841	0,512		0,325	1,678	39,9 %	6,2 %
WAM 34 % - korkea	1,238	0,512		0,420	2,171	39,9 %	6,2 %
WAM 40 %	1,065	0,495		0,374	1,935	49,0 %	6,2 %
WAM 40 % - matala	0,914	0,495		0,338	1,747	49,0 %	6,2 %
WAM 40 % - korkea	1,350	0,495		0,443	2,288	49,0 %	6,2 %
EUR/l	Veroton	Valmistevero	ALV	Yhteensä	Bio-osuus	Kehittynyt	
WAM 30 % lisävelvoite	0,935	0,524		0,350	1,809	33,8 %	6,2 %
WAM 30 % - matala	0,793	0,524		0,316	1,633	33,8 %	6,2 %
WAM 30 % - korkea	1,164	0,524		0,405	2,092	33,8 %	6,2 %
WAM 34 % lisävelvoite	1,034	0,505		0,369	1,908	39,9 %	12,3 %
WAM 34 % - matala	0,885	0,505		0,334	1,724	39,9 %	12,3 %
WAM 34 % - korkea	1,328	0,505		0,440	2,273	39,9 %	12,3 %
WAM 40 % lisävelvoite	1,182	0,477		0,398	2,057	49,0 %	21,5 %
WAM 40 % - matala	1,024	0,477		0,360	1,862	49,0 %	21,5 %
WAM 40 % - korkea	1,575	0,477		0,492	2,544	49,0 %	21,5 %

## Liite 3 Kuluttajavaikutukset dieselautoilijoille

	Hinnannousu EUR/l	Keskikulutus, l/100km	Ajomatka, km/a	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	35 000	40 000	45 000
Esimerkkikuluttaja			10 000								
<b>Perus 34 %</b>	0,051	6	30	46	61	76	91	106	122	137	152
Perus 34 % - matala	0,046	6	27	41	55	69	82	96	110	124	137
Perus 34 % - korkea	0,079	6	47	71	95	118	142	165	189	213	237
<b>Perus 40 %</b>	0,127	6	76	114	152	190	228	266	304	342	380
Perus 40 % - matala	0,114	6	69	103	137	172	206	240	275	309	342
Perus 40 % - korkea	0,197	6	118	177	236	295	354	414	473	532	591
<b>Perus 34 % lisävelvoite</b>	0,100	6	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Perus 34 % - matala	0,092	6	55	83	110	138	166	193	221	248	275
Perus 34 % - korkea	0,182	6	109	164	218	273	327	382	436	491	545
<b>Perus 40 % lisävelvoite</b>	0,250	6	150	225	300	375	450	524	599	674	748
Perus 40 % - matala	0,230	6	138	207	276	345	414	483	552	621	690
Perus 40 % - korkea	0,454	6	273	409	545	682	818	954	1090	1227	1363
<b>WAM 34 %</b>	0,050	6	30	45	60	76	91	106	121	136	151
WAM 34 % - matala	0,046	6	27	41	55	68	82	96	109	123	137
WAM 34 % - korkea	0,078	6	47	71	94	118	141	165	188	212	235
<b>WAM 40 %</b>	0,126	6	76	113	151	189	227	264	302	340	377
WAM 40 % - matala	0,114	6	68	102	137	171	205	239	273	307	340
WAM 40 % - korkea	0,196	6	118	176	235	294	353	411	470	529	588
<b>WAM 34 % lisävelvoite</b>	0,099	6	60	89	119	149	179	209	239	268	297
WAM 34 % - matala	0,092	6	55	82	110	137	165	192	220	247	274
WAM 34 % - korkea	0,181	6	108	163	217	271	325	380	434	488	542
<b>WAM 40 % lisävelvoite</b>	0,248	6	149	224	298	373	447	522	596	671	745
WAM 40 % - matala	0,229	6	137	206	275	343	412	481	549	618	687
WAM 40 % - korkea	0,452	6	271	407	542	678	814	949	1085	1220	1355

## Liite 4 Velvoitetason taloudelliset vaikutukset perusskenaariossa

	LÄHTÖTASO 30 %		→ 34 % (4 % nosto)		→ 40 % (10 % nosto)	
	Jakelovelvoite	Lisävelvoite	Jakelovelvoite	Lisävelvoite	Jakelovelvoite	Lisävelvoite
<b>VALTIONTALOUS</b>						
 Valmisteverot	- 30 MEUR	- 48 MEUR	- 45 MEUR	- 72 MEUR	- 45 MEUR	- 72 MEUR
ALV	+ 25 MEUR	+ 50 MEUR	+ 38 MEUR	+ 74 MEUR	+ 38 MEUR	+ 74 MEUR
Yhteensä	- 5 MEUR	+ 2 MEUR	- 7 MEUR	+ 2 MEUR	- 7 MEUR	+ 2 MEUR
<b>VAIHTOTASE</b>	- 136 MEUR	- 256 MEUR	- 204 MEUR	- 384 MEUR	- 204 MEUR	- 384 MEUR
<b>SEKTORIT</b>						
 Maantiiliikenne	+ 29 MEUR	+ 59 MEUR	+ 74 MEUR	+ 147 MEUR	+ 74 MEUR	+ 147 MEUR
Vientiteollisuus	+ 19 MEUR	+ 37 MEUR	+ 46 MEUR	+ 91 MEUR	+ 46 MEUR	+ 91 MEUR
<b>KULUTTAJA-VAIKUTUKSET</b>						
 Dieselautoilija 20 000 km vuodessa	+ 61 EUR/a	+ 120 EUR/a	+ 152 EUR/a	+ 300 EUR/a	+ 152 EUR/a	+ 300 EUR/a

**Liite 5 Liikenteen käytössä olevien autojen energiankäyttö (ktoe/a) perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa**

	Perusskenaario		WAM-skenaario		
	2025	2030	2025	2030	
Fossiilinen bensiini	1 091	1 021	1 021	1 022	775
Fossiilinen diesel	1 619	1 270	1 270	1 561	1 150
Uusiutuva diesel	788	890	890	760	754
Etanoli	82	76	76	77	58
Fossiilinen kaasu	23	31	31	27	0
Biokaasu	23	31	31	41	173
Sähkö	75	208	208	92	256
Vety					
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>3 700</b>	<b>3 527</b>	<b>3 527</b>	<b>3 580</b>	<b>3 166</b>

**Liite 6 Biopolttoaineiden kokonaistarve perusskenaariossa ja WAM-skenaariossa vuonna 2030**

ktoe	Perusskenaario				
	Jakeluvolvoite 30 %	Jakeluvolvoite 34 %	Lisävolvoite 34 %	Jakeluvolvoite 40 %	Lisävolvoite 40 %
2030					
Fossiilinen bensiini	1 021	1 021	1 021	1 021	1 021
Fossiilinen diesel	1301	1169	1169	969	969
Uusiutuva diesel	589	721	589	921	589
Kehittynyt diesel	270	270	403	270	602
Etanoli	76	76	76	76	76
Fossiilinen kaasu	0	0	0	0	0
Biokaasu	62	62	62	62	62
Sähkö	208	208	208	208	208
Vety	0	0	0	0	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>3 527</b>	<b>3 527</b>	<b>3 527</b>	<b>3 527</b>	<b>3 527</b>

ktoe	WAM-skenaario				
	Jakeluvolvoite 30 %	Jakeluvolvoite 34 %	Lisävolvoite 34 %	Jakeluvolvoite 40 %	Lisävolvoite 40 %
2030					
Fossiilinen bensiini	775	775	775	775	775
Fossiilinen diesel	1 262	1146	1 146	971	971
Uusiutuva diesel	525	641	525	816	525
Kehittynyt diesel	118	118	234	118	409
Etanoli	58	58	58	58	58
Fossiilinen kaasu	0	0	0	0	0
Biokaasu	173	173	173	173	173
Sähkö	256	256	256	256	256
Vety	0	0	0	0	0
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>3 166</b>	<b>3 166</b>	<b>3 166</b>	<b>3 166</b>	<b>3 166</b>